



**TRABALHO DE GRADUAÇÃO**

**PROJETO E PROTOTIPAGEM DE CARREGADOR  
USB PORTÁTIL PARA O EASYGLIC, DISPOSITIVO  
NÃO INVASIVO PARA DETECÇÃO DE  
HIPOGLICEMIA**

**André Ricardo Vargas da Silva Junior**

Brasília, julho de 2017



**ENGENHARIA  
MECATRÔNICA**  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

**PROJETO E PROTOTIPAGEM DE CARREGADOR USB  
PORTÁTIL PARA O EASYGLIC, DISPOSITIVO NÃO INVASIVO  
PARA DETECÇÃO DE HIPOGLICEMIA**

**ANDRÉ RICARDO VARGAS DA SILVA JUNIOR**

Trabalho final de graduação submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Controle e Automação.

**APROVADA POR:**

---

**Prof. João Luiz Azevedo de Carvalho, (ENE-UnB)**  
(Orientador)

---

**Prof. Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa (FGA-UnB)**  
(Co-orientadora)

---

**Sr. Egmar Alves da Rocha**  
(Examinador Externo)

Brasília/DF, 27 de julho de 2017.

## FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA JUNIOR, ANDRÉ RICARDO VARGAS

Projeto e prototipagem de carregador USB portátil para o Easyglic, dispositivo não invasivo para detecção de hipoglicemia. [Distrito Federal] 2017.

xi, 69p., 210 x 297 mm (FT/UnB, Engenheiro, Controle e Automação, 2015).

Trabalho de Graduação – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

1. Protótipo

3. Carregador USB

I. Mecatrônica/FT/UnB

2. Pulseira

4. Diabetes

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA JUNIOR, A. R. V. (2017). Projeto e prototipagem de carregador USB portátil para o Easyglic, dispositivo não invasivo para detecção de hipoglicemia. Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG-nº11/2017, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 69p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTORES: André Ricardo Vargas da Silva Junior

TÍTULO: Projeto e prototipagem de carregador USB portátil para o Easyglic, dispositivo não invasivo para detecção de hipoglicemia.

GRAU: Engenheiro. ANO: 2017.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse trabalho de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito dos autor.

---

André Ricardo Vargas da Silva Junior  
SQN 305, Bloco A, Apto. 406 - Asa Norte  
70737-010 Brasília DF, Brasil.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, a minha família. Meu pai André, minha mãe Luciane e minha irmã, Andressa. Muito obrigado por todo o apoio, incentivo e compreensão dedicados a mim ao longo desses anos. Já passamos juntos por muitas dificuldades e vocês sempre foram minha fortaleza, e sempre estiveram presentes quando eu precisei. Se eu consegui, podem ter certeza que vocês foram fundamentais nesse processo. Sei que sou privilegiado pela família que tenho, amo vocês.

A professora Suélia por ter me proporcionado a oportunidade de realizar este trabalho. Ao Egmar e ao Bruno, em nome de toda a *Easythings*, pela oportunidade de estágio, pelo aprendizado, e por toda a ajuda que todos me proporcionaram ao longo deste projeto.

Aos amigos do grupo “Migas do Massaya<sup>TM</sup>”, por terem sido uma das melhores coisas que me aconteceram nos últimos anos. Vocês são pessoas fantásticas das quais faço questão que estejam presentes pelo resto da minha vida. Espero que tenham compreendido a ausência dos últimos meses.

A Laís pela paciência, pela compreensão, pelo carinho, e por todo o apoio fundamental que me deu durante esse período.

Aos meus colegas de curso, em especial Matheus, Nathalya, Felipe, Lucas Alcides, Pedro, Luisa, Renata e Lucas de Levy, por todos os “perrengues” compartilhados, todo o aprendizado obtido, e pelas amizades para o resto da vida.

Aos membros da Aliança Pela Liberdade, por terem transformado a minha maneira de pensar e agir durante o período em que fui membro ativo.

A todos os professores com quem tive contato, seja dentro ou fora da sala de aula, meu agradecimento por todo o conhecimento passado. E a todos que em algum momento fizeram parte da minha vida acadêmica, o meu mais sincero muito obrigado.

**André Ricardo Vargas da Silva Junior**

## RESUMO

Este trabalho visa projetar e criar um protótipo de carregador USB portátil para o projeto Easyglyc, um método não invasivo para detecção de hipoglicemia. Inicialmente foi feito um levantamento de informações importantes a respeito da bateria LIPO utilizada no projeto, para que então os rumos do trabalho pudessem ser tomados. O trabalho foi dividido em duas etapas: projeto eletrônico e projeto mecânico. O projeto eletrônico foi realizado de acordo com as especificações dos fabricantes dos componentes, o circuito final foi testado e verificou-se que ele funcionava conforme o esperado. Para o projeto mecânico, outros produtos similares foram estudados de forma a obter insumos para gerar um protótipo que seguisse padrões de ergonomia e usabilidade. Foi gerada uma carcaça em uma impressora 3D baseada nesses estudos. Os resultados mostram que foi cumprido o que havia sido proposto.

Palavras-chave: Diabetes; Pulseira; Easyglyc; Carregador; USB; Bateria LIPO; Protótipo.

## ABSTRACT

This work aims to design and create a portable USB charger prototype for the Easyglic project, a non-invasive method for detecting hypoglycaemia. Initially a survey of important information was made regarding the LIPO battery used in the project, so that the directions of work could be taken. The work was divided into two stages: electronic design and mechanical design. The electronic design was performed according to the specifications of the component manufacturers, the final circuit was tested and found to work as expected. For the mechanical design, other similar products were studied in order to obtain inputs to generate a prototype that followed standards of ergonomics and usability. A carcass was generated on a 3D printer based on these studies. The results show that what was proposed was fulfilled.

**Keywords:** Diabetes; Bracelet; Easyglic; Charger; USB; LIPO Battery; Prototype.

# SUMÁRIO

<b>Sumário</b>	<b>ii</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>iv</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de Símbolos</b>	<b>vii</b>
<b>Glossário</b>	<b>viii</b>
<b>Capítulo 1 – Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Contextualização . . . . .	<b>1</b>
1.2 Projeto Easyglyc . . . . .	<b>3</b>
1.3 Justificativa da proposta . . . . .	<b>5</b>
1.4 Objetivos . . . . .	<b>7</b>
1.5 Estrutura do trabalho . . . . .	<b>7</b>
<b>Capítulo 2 – Fundamentos</b>	<b>9</b>
2.1 Baterias . . . . .	<b>9</b>
2.1.1 Conceitos Básicos . . . . .	<b>9</b>
2.1.2 Componentes Principais . . . . .	<b>11</b>
2.1.3 Classificação . . . . .	<b>12</b>
2.1.3.1 Baterias Primárias . . . . .	<b>12</b>
2.1.3.2 Baterias Secundárias ou Recarregáveis . . . . .	<b>13</b>
2.1.4 Carga e Descarga . . . . .	<b>14</b>
2.2 Baterias Lítio-Polímero . . . . .	<b>15</b>
2.2.1 Tensão Nominal . . . . .	<b>16</b>
2.2.2 Circuito de Proteção . . . . .	<b>17</b>
2.2.3 Carregamento . . . . .	<b>18</b>
2.2.3.1 Etapa de Pré-Condicionamento . . . . .	<b>20</b>
2.2.3.2 Etapa de Corrente Constante . . . . .	<b>20</b>

2.2.3.3	Etapa de Tensão Constante . . . . .	20
2.2.4	Taxa de Carga . . . . .	21
2.2.5	Riscos . . . . .	21
2.3	USB . . . . .	23
2.3.1	Classificação . . . . .	23
2.3.1.1	USB 1.0 e 1.1 . . . . .	24
2.3.1.2	USB 2.0 . . . . .	24
2.3.1.3	USB 3.0 . . . . .	25
2.3.2	Tipos de Conectores . . . . .	26
2.3.2.1	Tipo A . . . . .	26
2.3.2.2	Tipo B . . . . .	26
2.3.2.3	Tipo C . . . . .	26
2.3.2.4	Mini . . . . .	26
2.3.2.5	Micro . . . . .	27
2.3.3	Características . . . . .	28
2.3.4	USB como fonte de energia . . . . .	29
2.4	<i>Design</i> de Produto . . . . .	30
2.4.1	Fatores Humanos e Ergonomia . . . . .	31
2.4.2	Usabilidade . . . . .	31
2.4.3	Sustentabilidade . . . . .	33
<b>Capítulo 3 – Materiais e Métodos</b>		<b>35</b>
3.1	Características da bateria . . . . .	35
3.2	Projeto Eletrônico . . . . .	36
3.2.1	MCP73831 . . . . .	36
3.2.1.1	Dimensões . . . . .	37
3.2.1.2	Pinagem . . . . .	37
3.2.2	Esquemático . . . . .	38
3.3	Projeto Mecânico . . . . .	40
3.3.1	Análise de produtos similares . . . . .	40
3.3.1.1	ID107 . . . . .	40
3.3.1.2	A99 . . . . .	41
3.3.2	Proposta de design . . . . .	42
3.3.3	Modelo criado . . . . .	43
3.4	Configurações para teste do circuito . . . . .	43
3.4.1	Primeiro teste: Circuito na <i>protoboard</i> . . . . .	43
3.4.2	Segundo teste: Circuito na placa ilhada . . . . .	44



---

3.4.3	Terceiro teste: Circuito na PCI caseira . . . . .	45
3.4.4	PCI finalizada . . . . .	46
3.4.4.1	Teste final: PCI finalizada . . . . .	47
<b>Capítulo 4 – Resultados</b>		<b>48</b>
4.1	Projeto Eletrônico . . . . .	48
4.1.1	Primeiro teste: Circuito na protoboard . . . . .	48
4.1.2	Segundo teste: Circuito na placa ilhada . . . . .	48
4.1.3	Terceiro teste: Circuito na PCI caseira . . . . .	49
4.1.4	Teste final: PCI finalizada . . . . .	50
4.2	Projeto Mecânico . . . . .	50
4.2.1	Protótipo Finalizado . . . . .	50
<b>Capítulo 5 – Conclusões</b>		<b>52</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>		<b>53</b>

## LISTA DE FIGURAS

1.1	Dispositivo proposto por Flávia Miranda (2013). . . . .	4
1.2	Modelo 3D antigo da pulseira inteligente Easyglic. . . . .	6
1.3	Módulo antigo de alimentação e carregamento. . . . .	7
2.1	Esquema básico de uma bateria (Traduzida de Britannica). . . . .	12
2.2	Esquemático do comportamento de uma bateria durante descarga. . . . .	14
2.3	Esquemático do comportamento de uma bateria durante carga. . . . .	15
2.4	Bateria LIPO. . . . .	16
2.5	Circuito de proteção da bateria (Figura adaptada). . . . .	18
2.6	Etapas do carregamento de uma bateria LIPO (traduzida). . . . .	19
2.7	Bateria LIPO “estufada” após sobrecarga. . . . .	22
2.8	Riscos possíveis: (a) Bateria LIPO explodindo; (b) Pessoa ferida após curto circuito. . . . .	23
2.9	USB padrão 2.0. . . . .	23
2.10	USB padrão 3.0. . . . .	25
2.11	Diferentes tipos de conectores USB: (a) Tipo A; (b) Tipo B; (c) Tipo C; (d) Mini; (e) Micro. . . . .	27
2.12	Visualização da corrente fornecida pela porta USB no Sistema Operacional <i>Windows</i> . . . . .	29
2.13	Objetivos da Ergonomia (Adaptado de Mondelo, 1999). . . . .	32
2.14	Abrangência da usabilidade em interação humano-computador. . . . .	33

3.1	Bateria LIPO utilizada no Projeto Easyglic. . . . .	35
3.2	Dimensões do MCP73831 (Adaptada). . . . .	37
3.3	Pinagem do MCP73831. . . . .	37
3.4	Esquemático do projeto do carregador. . . . .	39
3.5	(a) Relógio inteligente ID107; (b) Carregador do ID107. . . . .	41
3.6	(a) Relógio inteligente A99; (b) Carregador do A99. . . . .	41
3.7	Estrutura de um Pogo Pin. . . . .	42
3.8	Modelo criado para a carcaça do carregador: (a) visão frontal e (b) visão traseira. . . . .	43
3.9	Configuração de teste na <i>protoboard</i> . . . . .	44
3.10	Segundo teste: (a) Configuração utilizada; (b) Detalhe dos fios no MCP. . . . .	44
3.11	Projeto da PCI para teste. . . . .	45
3.12	PCI final vista de cima. . . . .	46
3.13	Configuração de teste com a PCI caseira: (a) Bateria sendo carregada; (b) Carga completa. . . . .	46
3.14	Placa final do Carregador: (a) Visão frontal; (b) Visão traseira. . . . .	47
3.15	Placa final ligada sem bateria conectada. . . . .	47
3.16	Teste final: (a) Bateria carregando; (b) Bateria carregada. . . . .	47
4.1	Tensão na bateria durante carregamento com PCI caseira. . . . .	49
4.2	Tensão na bateria durante carregamento na placa final. . . . .	50
4.3	Protótipo finalizado: (a) Visão traseira; (b) Visão frontal. . . . .	51

## LISTA DE TABELAS

1.1	Top 5 países/territórios em número de pessoas com diabetes em 2015 (Adaptada).	<b>3</b>
1.2	Top 5 países/territórios em número de pessoas com diabetes em 2040 (Adaptada).	<b>3</b>
3.1	Tensões reguladas de saída disponíveis (Adaptada de Microchip). . . . .	<b>37</b>
3.2	Regulação de Corrente baseada no pino PROG (Adaptada). . . . .	<b>38</b>
3.3	Funcionamento dos LEDs do circuito. . . . .	<b>39</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS

V	Volts, unidade de medida de tensão elétrica
A	Ampére, unidade de medida de corrente elétrica
$\Omega$	Ohms, unidade de medida de resistência elétrica
W	Watts, unidade de medida de potência elétrica
Ah	Ampére-hora, unidade de medida de capacidade elétrica
Zn	Zinco, elemento químico
Cl	Cloro, elemento químico

## GLOSSÁRIO

OMS	Organização Mundial da Saúde
IFD	Federação Internacional de Diabetes
SBD	Sociedade Brasileira de Diabetes
UnB	Universidade de Brasília
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
LIPO	Lítio-Polímero
DDP	Diferença de Potencial
CC	Corrente Contínua
USB	Universal Serial Bus
EMA	Equipamento Médico-Assistencial
ISO	International Standard Organization
CI	Circuito Integrado
PCI	Placa de Circuito Impresso
MCP	Abreviação para o nome do componente MCP73831

Este capítulo apresenta um panorama geral sobre a patologia diabetes, uma apresentação do projeto *Easyglic*, e a relevância de se ter um carregador bem projetado e robusto para o bom funcionamento do dispositivo.

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O *Diabetes Mellitus* (ou simplesmente diabetes, como é mais conhecido) é uma doença crônica séria que ocorre ou porque o pâncreas não produz insulina suficiente, ou porque o corpo não consegue usar efetivamente a insulina que produz. Insulina é o hormônio necessário para transportar glicose do sangue para as células do corpo, onde é convertida e utilizada como energia. A falta ou inefetividade de insulina em uma pessoa com diabetes significa que a glicose continua circulando no corpo (FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE DIABETES, 2015). As altas taxas de glicose no sangue, podem, com o tempo, levar graves danos ao coração, veias sanguíneas, olhos, rins e nervos. No mundo, mais de 400 milhões de pessoas vivem com a doença (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2016b).

Existem 3 tipos principais de diabetes<sup>1</sup>:

- Tipo 1: Caracterizado pela produção deficiente de insulina, o que requer que ela seja administrada pelo paciente diariamente. A causa do diabetes Tipo 1 não é conhecida e não pode ser prevenida com os conhecimentos científicos atuais. Sintomas incluem excreção excessiva na urina (poliúria), sede constante (polidipsia), fome, perda de peso, mudanças na visão e fadiga. Esses sintomas podem surgir de repente.
- Tipo 2: Caracterizado pelo uso inefetivo da insulina produzida pelo pâncreas. Compreende o maior número de pessoas com diabetes ao redor do mundo, provocado prin-

---

<sup>1</sup>(ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2016a). Informações disponíveis em <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/>

principalmente por excesso de peso e sedentarismo. Sintomas podem ser similares aos do Tipo 1, mas normalmente são menos evidentes. Como resultado, a doença pode ser diagnosticada muitos anos após o início, quando as complicações já estão acontecendo. Até pouco tempo este tipo de diabetes era visto apenas em adultos, mas agora está ocorrendo frequentemente também em crianças.

- Gestacional: Caracterizado por hiperglicemia com valores de glicose no sangue acima do normal, mas abaixo dos padrões tradicionais de diabetes, ocorrendo durante a gravidez. Mulheres com diabetes gestacional possuem maior risco de complicações durante a gravidez e no parto. Tanto elas quando seus filhos são potenciais portadores da diabetes Tipo 2 no futuro. O diabetes gestacional é diagnosticado através de exames de imagem pré-natal, ao invés dos sintomas já relatados.

No caso específico do diabetes tipo 1, sua incidência relaciona-se diretamente a fatores não modificáveis e, portanto, não pode ser evitado. Dessa forma, torna-se imprescindível o desenvolvimento de técnicas que permitam ao paciente um acompanhamento completo da doença, mas que, ao mesmo tempo, minimizem o sofrimento. Se a doença é inevitável, espera-se ao menos que o seu tratamento possa ser realizado da melhor maneira possível (MIRANDA, 2013).

O diabetes não é uma doença transmissível, sua aparição está relacionada unicamente a fatores de risco pessoais não modificáveis, como idade, sexo, estrutura genética, entre outros, além de fatores que podem ser controlados tais como obesidade, tabagismo e sedentarismo. Não existe absolutamente nenhum risco de se adquirir esta enfermidade a partir do contato com alguém que a tenha (MIRANDA, 2013).

Embora não seja transmissível, o número de portadores da doença vem crescendo assustadoramente nos últimos anos, o que tem provocado alarde nas autoridades competentes na área de saúde (MIRANDA, 2013). A Organização Mundial de Saúde (WHO) estima que, em uma escala global, a alta taxa de glicose no sangue é o terceiro maior fator de risco de morte prematura, perdendo apenas para pressão alta e o tabagismo (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2016b). O número de pessoas com diabetes cresceu de 108 milhões em 1980 para 422 milhões em 2014, com a perspectiva assustadora de que este número chegue a mais de 642 milhões em 2040, cerca de 10,4% da população mundial estimada para o período (FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE DIABETES, 2015).



Se os dados de incidência de diabetes no mundo são alarmantes, a situação no Brasil não é diferente. De acordo com a Federação Internacional de Diabetes (IFD), o Brasil é o quarto país em número de diabéticos, com cerca de 14,3 milhões de portadores da doença, com a estimativa de que essa quantidade aumente para 23,3 milhões em 2040, como pode ser visto nas tabelas [1.1](#) e [1.2](#)<sup>2</sup>.

**Tabela 1.1.** Top 5 países/territórios em número de pessoas com diabetes em 2015 (Adaptada).

Posição	País/Território	Número de pessoas com diabetes
1	China	109,6 milhões
2	Índia	69,2 milhões
3	Estados Unidos	29,3 milhões
4	Brasil	14,3 milhões
5	Rússia	12,1 milhões

**Tabela 1.2.** Top 5 países/territórios em número de pessoas com diabetes em 2040 (Adaptada).

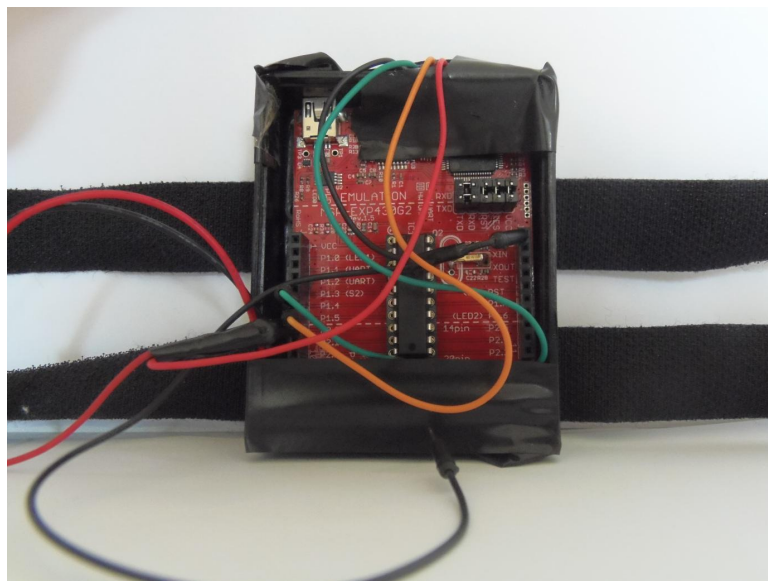
Posição	País/Território	Número de pessoas com diabetes
1	China	150,7 milhões
2	Índia	123,5 milhões
3	Estados Unidos	35,1 milhões
4	Brasil	23,3 milhões
5	México	20,6 milhões

Apesar dos números impressionantes, muitos governantes e profissionais da saúde pública parecem não perceber os impactos e complicações que a doença pode causar. Segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD), o diabetes é uma epidemia em curso que ocasiona um elevado número de complicações para os pacientes e altas taxas de mortalidade, além de gerar custos diretos excessivos no orçamento anual de saúde (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2009). Pessoas convivendo com diabetes podem ser encontradas em todos os países. Sem os programas de prevenção efetivos, os impactos continuarão crescendo mundialmente.

## 1.2 PROJETO EASYGLIC

O diabetes é uma doença crônica que atormenta diariamente milhões de pessoas no mundo inteiro. Embora seja uma doença tratável, infelizmente os métodos utilizados neste tratamento

<sup>2</sup>Tabelas originais disponíveis no documento IDF Diabetes Atlas (2015)



**Figura 1.1.** Dispositivo proposto por Flávia Miranda (2013).

são essencialmente invasivos, e ainda não existe uma cura para esta enfermidade (MIRANDA, 2013). Neste contexto, Miranda (2013) propôs uma metodologia diferenciada que propiciasse algum tipo de controle glicêmico não invasivo.

Em seu trabalho, a autora apresentou um dispositivo feito de uma pele derivada de látex natural (*Hevea brasiliensis*), na qual foi acoplado um sensor de temperatura e umidade. De acordo com suas pesquisas, ela verificou que pacientes portadores de diabetes e pacientes em situações de hipoglicemia tem maior predisposição a apresentar um quadro de hipotermia - uma queda perigosa na temperatura corporal<sup>3</sup> - além disso, agentes hipoglicemiantes podem desencadear o mesmo problema. Com base neste contexto, infere-se que pacientes portadores de doença, quando submetidos a uma situação de hipoglicemia, terão significativa redução em suas temperaturas corporais. Como a umidade está diretamente relacionada à temperatura corporal, ela optou por realizar também neste estudo a medição da umidade relativa, proporcionando um controle mais específico das alterações no paciente em situação de hipoglicemia.

O objetivo era que a partir de reduções percebidas por medições periódicas na temperatura e umidade da pele do paciente diabético do tipo 1 (que são os mais suscetíveis a crises hipoglicêmicas), o dispositivo emitisse um alerta indicando o desencadeamento de uma hipoglicemia, antes que a situação se instalasse de maneira mais severa (MIRANDA, 2013), na figura 1.1, é possível ver o dispositivo final apresentado.

<sup>3</sup>(WEBMD, 2017). Disponível em <<http://www.webmd.com/a-to-z-guides/what-is-hypothermia>>

Por ser bastante inovadora e capaz de ajudar muitas pessoas, a proposta despertou o interesse do mercado para dar continuidade ao seu desenvolvimento. A partir de então, a Easythings Serviços em Tecnologia LTDA. assumiu a frente deste projeto. A Easythings com o objetivo de prover soluções que facilitem os procedimentos médicos, buscando sempre obter o melhor *design* possível para os produtos, tornando-os acessíveis para os usuários, sejam profissionais médicos ou leigos, além de adequá-los aos requisitos impostos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

A empresa, com sede em Brasília, dispõe de parcerias com laboratórios de certificação, pré-homologação e de pesquisa, além de centros inseridos em renomadas universidades brasileiras, podendo proporcionar serviços com alta qualidade técnica e baixo custo. Os serviços auxiliam empresas que buscam ocupar espaços no mercado brasileiro sem deixar de ter uma visão das demandas do mercado externo. Tratam-se, portanto, de soluções voltadas à melhoria nos procedimentos médicos e também na facilitação de seu uso cotidiano.

Assim, inspirados no projeto e pesquisa de Miranda (2013), a Easythings propôs uma versão melhorada do dispositivo, dando origem ao Projeto Easyglic, o qual corresponde à fabricação de uma pulseira inteligente que acompanha um aplicativo móvel, cujo objetivo é detectar a aproximação de uma crise hipoglicêmica e alertá-la ao usuário ou a pessoas de sua confiança. Tal como o projeto original, a Easyglic monitora, por meio de sensores de temperatura e umidade da pele, as características do usuário de forma que seja possível detectar a aproximação de uma crise. Ao detectar alterações compatíveis com um estado hipoglicêmico, a Easyglic emite alertas por meio de vibração e luzes para o usuário, além de um alerta para outros celulares cadastrados no aplicativo. A figura 1.2 mostra um modelo 3D antigo do projeto da pulseira.

Prestes a ser lançado no mercado, o projeto da Easyglic ainda necessitava de alguns ajustes. Diante dessa necessidade, surgiu a proposta do presente trabalho.

### 1.3 JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA

O circuito da Easyglic<sup>4</sup> possui 5 módulos: alimentação e carregamento, microcontrolador, eletrodos, sensor de temperatura e saídas. O módulo de alimentação e carregamento corres-

---

<sup>4</sup> (EASYTHINGS SERVIÇOS EM TECNOLOGIA LTDA., 2017) Reproduzida de <<http://www.easyglic.com/>>.



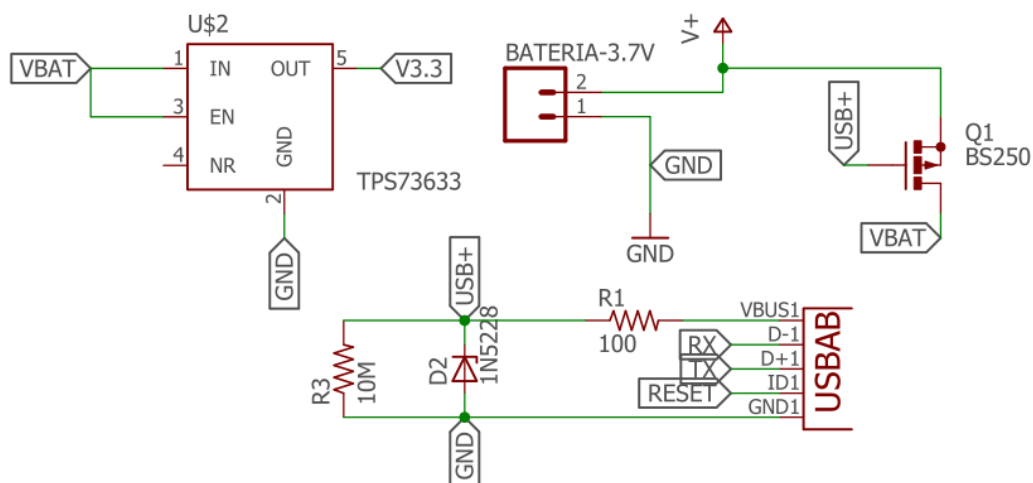
**Figura 1.2.** Modelo 3D antigo da pulseira inteligente Easyglic.

ponde ao mais importante para fins deste estudo, onde ocorre a alimentação do circuito da Easyglic por uma bateria lítio-polímero (LIPO) de 120 mAh de capacidade.

No projeto anterior, essa bateria era carregada diretamente via cabo USB, conforme o circuito visualizado na figura [1.3](#).

A conexão USB carregava a bateria da Easyglic com o sinal USB+ enquanto estivesse conectado. Os resistores R1 e R3 garantiam o funcionamento do diodo dentro de sua faixa de operação, e o transistor BS250 funcionava como uma chave. Ao conectar o USB, o sinal USB+ fechava a chave fazendo com que o transistor BS250 operasse em corte, dessa forma USB+ carregava a bateria. Quando o USB estava desconectado, o transistor operava em saturação, abrindo a chave, e a bateria descarregava com o sinal VBAT. VBAT então era enviado para o regulador de tensão TPS73633, apenas para garantir que a tensão enviada para o restante do circuito da pulseira fosse de 3,3 V.

Embora funcionasse, esse método de carregamento não era o ideal devido à natureza das baterias LIPO, que necessitam de cuidados especiais na maneira em que são carregadas e descarregadas. Para evitar problemas, o ideal seria utilizar um carregador compatível para este tipo de bateria. Ao carregar ligando diretamente na porta USB, aumentam-se consideravelmente os



**Figura 1.3.** Módulo antigo de alimentação e carregamento.

riscos de explosões, danos ao equipamento, além de riscos ao próprio usuário<sup>5</sup>.

Diante deste cenário, neste trabalho, propõe-se a elaboração de um carregador compatível com as baterias LIPO para a Easyglic, abrangendo desde a seleção dos componentes elétricos ideais até o design do projeto mecânico, levando em consideração fatores como ergonomia e usabilidade, para garantir a melhor segurança, rendimento e conforto para o usuário.

## 1.4 OBJETIVOS

Projetar, prototipar e testar um carregador compatível com as baterias LIPO do projeto Easyglic de forma a:

- Reduzir os riscos de explosões e danos ao equipamento;
- Melhorar o desempenho e o rendimento das baterias do Easyglic, garantindo equilíbrio durante o carregamento;
- Facilitar o manuseio do usuário com uma solução simples e intuitiva de utilizar.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado da seguinte maneira:

<sup>5</sup> (ROGER'S HOBBY CENTER, 2017) Informações disponíveis em <<https://rogershobbycenter.com/lipoguide/>>

- No Capítulo 2 será apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre o que são baterias, baterias LIPO e suas características relevantes para este projeto, uma visão geral sobre USB, além de noções importantes sobre design de produto.
- No Capítulo 3 será descrita a metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto, com destaque para as ferramentas utilizadas para consolidação dos objetivos propostos.
- No Capítulo 4 serão mostrados os resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho.
- No Capítulo 5 apresentam-se as conclusões e perspectivas para trabalhos futuros a serem desenvolvidos com a mesma temática.

Este capítulo apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre o que são baterias, baterias LIPO e suas características relevantes para este projeto, uma visão geral sobre USB, além de noções importantes sobre design de produto.

### 2.1 BATERIAS

Uma bateria é um dispositivo que converte a energia química contida em seus materiais ativos diretamente em energia elétrica por meio de uma reação de oxidação-redução eletroquímica (redox). No caso de um sistema recarregável, a bateria é recarregada por uma inversão do processo. Esse tipo de reação envolve a transferência de elétrons de um material para outro através de um circuito elétrico. Em uma reação redox não eletroquímica, como ferrugem ou queima, a transferência de elétrons ocorre diretamente e apenas o calor está envolvido (LINDEN; REDDY, 2002). A bateria converte eletroquimicamente energia química em energia elétrica e, diferentemente dos motores de combustão ou de calor, não está sujeita às limitações ditadas pela segunda lei da termodinâmica, segundo a qual é impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, retirar calor de uma fonte e transformá-lo integralmente em trabalho (GASPAR, 2013). As baterias, portanto, são capazes de ter maiores eficiências de conversão de energia (LINDEN; REDDY, 2002).

#### 2.1.1 Conceitos Básicos

Para compreender o seu funcionamento, é preciso ter conhecimento de alguns conceitos elétricos importantes em relação às baterias:

- Tensão elétrica: Também conhecida como diferença de potencial (DDP), é a diferença

de potencial elétrico entre dois pontos ou a diferença em energia potencial elétrica por unidade de carga elétrica entre dois pontos. É medida em volts (V).

- Corrente elétrica: Movimento ordenado de partículas eletricamente carregadas por meio de uma DDP. É medido em ampères (A).
- Resistência elétrica: Capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica mesmo quando existe uma DDP aplicada. Todos os materiais que conduzem eletricidade possuem alguma resistência elétrica. Isso inclui materiais dos quais baterias são feitas. É medido em ohms ( $\Omega$ ).
- Resistência interna: A resistência elétrica de uma bateria possui um nome especial, a resistência interna, a qual é a maior influência em determinar o quão apropriada para altas correntes a bateria em questão é.
- Potência elétrica: É medida em watts (W) e é encontrada multiplicando a tensão pela corrente elétrica.
- Ciclo: Um ciclo é uma carga e descarga de uma bateria (ou vice-versa). É o número de ciclos que ela pode fornecer antes de sua performance se deteriorar por completo.
- Estado de carga: A quantidade de energia disponível em uma bateria pode ser referenciada como “estado de carga”. Por exemplo, uma bateria quase esgotada é dita como em um baixo estado de carga. Da mesma forma, pode-se dizer também que ela se encontra em um alto estado de descarga.
- Capacidade: Trata-se da capacidade de fornecimento de energia. É definida em ampère-hora (Ah). Fazendo uma analogia, pode-se imaginar um tanque de água. Se esse tanque pode fornecer um fluxo de um galão de água por hora, diz-se que a capacidade do tanque é de 1 galão-hora. Similarmente, a bateria que pode fornecer uma corrente de 1 A por 1 hora possui uma capacidade de 1 Ah.
- Taxa de carga: Este termo indica a quantidade de corrente fornecida por uma bateria em relação à sua capacidade. Por exemplo, a taxa de 1 C para uma bateria de 1200 mAh de capacidade significa 1200 mA.



### 2.1.2 Componentes Principais

Embora o termo “bateria” seja usado frequentemente, a unidade eletroquímica básica a que se refere é a “célula”. Uma bateria consiste em uma ou mais dessas células, conectadas em série ou em paralelo, ou ambas, dependendo da tensão e capacidade de saída desejadas.

Em seu livro “*Handbook of Batteries*” (Ed. McGraw-Hill, 2002), David Linden define os três principais componentes de uma célula:

- Ânodo ou eletrodo negativo – o eletrodo redutor ou combustível, que fornece elétrons para o circuito externo e oxida durante a reação eletroquímica.
- Cátodo ou eletrodo positivo – o eletrodo oxidante, que aceita elétrons do circuito externo e sobre redução durante a reação eletroquímica.
- Eletrólito – o condutor iônico – que fornece o meio para transferência de carga, em formato de íons, dentro da célula e entre o ânodo e o cátodo. O eletrólito é tipicamente um líquido, como água ou outros solventes, com sais, ácidos ou álcalis. Algumas baterias usam eletrólitos sólidos, que são condutores iônicos na temperatura de operação da célula.

A figura [2.1](#) mostra esses elementos em destaque.

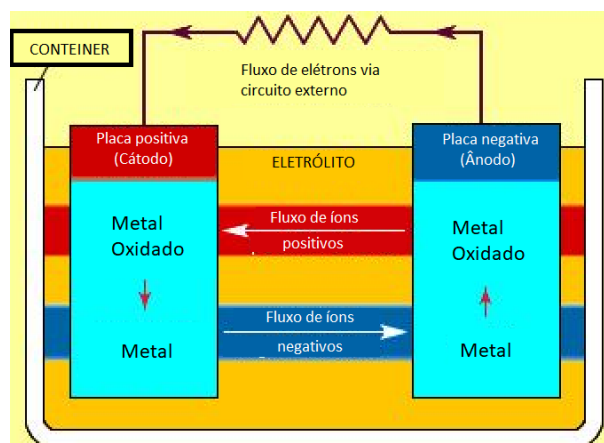
Os materiais dos eletrodos e do eletrólito são escolhidos e organizados de forma que os terminais da bateria forneçam tensão (medida em volts) e corrente elétrica (medida em ampères) suficientes para realizar a tarefa desejada. Como um eletrodo possui apenas um limitado número de unidades de energia química para conversível para energia elétrica, entende-se que uma bateria de determinado tamanho possua uma certa capacidade para operar dispositivos e eventualmente se esgotar<sup>1</sup>

As combinações mais vantajosas de materiais de ânodo e cátodo são aquelas que serão mais leves e proporcionarão uma alta tensão e capacidade de célula. Tais combinações nem sempre são práticas, devido à reatividade com outros componentes celulares, polarização, dificuldade de manipulação e alto custo.

A célula pode ser construída em várias formas e configurações – cilíndrica, botão, plana e prismática – e os componentes são projetados para acomodar cada formato particular. As células são seladas de várias maneiras para evitar vazamentos e secagem, algumas são fornecidas

---

<sup>1</sup>Informações e imagem disponíveis em <https://www.britannica.com/technology/battery-electronics>



**Figura 2.1.** Esquema básico de uma bateria (Traduzida de Britannica).

com dispositivos de ventilação ou outros meios para permitir que os gases acumulados escapem.

### 2.1.3 Classificação

As baterias são divididas em dois grupos gerais: primárias e secundárias. As baterias primárias são projetadas para serem usadas até que a tensão seja muito baixa para operar um determinado dispositivo, e então são descartadas. As baterias secundárias têm algumas características peculiares de design, bem como materiais específicos para os eletrodos, que as permitem serem recarregadas. Após descarga parcial ou completa, elas podem ser recarregadas pela aplicação de uma tensão de corrente contínua (CC). Embora o estado original geralmente não seja completamente restaurado, a perda por ciclo de recarga em baterias comerciais é apenas uma pequena fração de 1% mesmo em condições variadas (ENCYCLOPEDIA BRITANNICA; SCHUMM, 2017).

#### 2.1.3.1 Baterias Primárias

Essas baterias não são capazes de serem recarregadas de forma fácil ou efetiva eletricamente e, portanto, são descarregadas uma vez e descartadas. Muitas células primárias nas quais o eletrólito está contido por um material absorvente ou separador (não há eletrólito livre ou líquido) são chamadas de “células secas”. A bateria primária é uma fonte leve, geralmente de baixo custo, de energia embalada para dispositivos portátil eletrônicos portáteis e elétricos, iluminação, equipamentos fotográficos, brinquedos, *backup* de memória e uma série de outras

aplicações.

As vantagens gerais das baterias primárias são: uma boa vida útil, alta densidade de energia para taxas de descarga baixas a moderadas, pouca manutenção, se houver, além de facilidade de uso. As principais baterias primárias de alta capacidade são utilizadas em aplicações militares, sinalização, dentre outros. (LINDEN; REDDY, 2002).

### 2.1.3.2 Baterias Secundárias ou Recarregáveis

Estas baterias podem ser recarregadas eletricamente, após a descarga, até a condição original, passando corrente através deles na direção oposta à da corrente de descarga. São dispositivos de armazenamento para energia elétrica e são conhecidos também como “baterias de armazenamento” ou “acumuladores”.

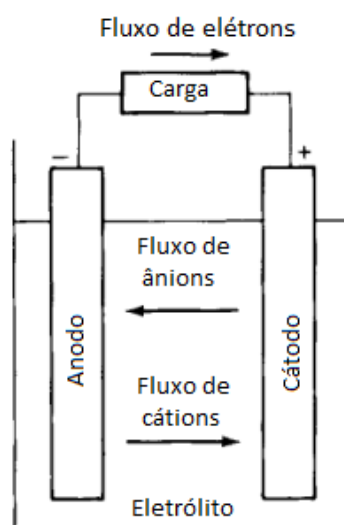
As aplicações de baterias secundárias se enquadram em duas categorias principais:

- Os dispositivos em que a bateria secundária é usada como dispositivo de armazenamento de energia, geralmente sendo conectado eletricamente e carregado por uma fonte de energia principal e entregando sua energia à carga sob demanda. Exemplos são sistemas automotivos e de aeronaves, fontes de energia de emergência (UPS), veículos elétricos híbridos e sistemas de armazenamento de energia estacionária para nivelamento de carga de energia elétrica.
- Os aplicativos em que a bateria secundária é usada ou descarregada essencialmente como uma bateria primária, mas recarregada após o uso em vez de ser descartada. Baterias secundárias são usadas desta maneira, por exemplo, em eletrônicos de consumo portáteis, ferramentas elétricas, veículos elétricos, etc., para economia de custos (como eles podem ser recarregados em vez de substituídos), e em aplicações que requerem drenos de energia além da capacidade das baterias primárias.

As baterias secundárias são caracterizadas (além da capacidade de serem recarregadas) pela alta densidade de potência, alta taxa de descarga, curvas de descarga plana e bom desempenho em baixa temperatura. Suas densidades de energia são geralmente inferiores às das baterias primárias, e sua carga de retenção também é inferior, embora a capacidade da bateria secundária perdida possa ser restaurada por recarga (LINDEN; REDDY, 2002).

### 2.1.4 Carga e Descarga

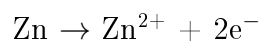
O funcionamento de uma célula durante a descarga é mostrado esquematicamente na figura 2.2. Quando a célula está conectada a uma carga externa, os elétrons fluem do ânodo, que é oxidado, através da carga externa para o cátodo, onde os elétrons são aceitos e o cátodo sofre redução. O circuito elétrico é completado no eletrólito pelo fluxo de ânions (íons negativos) e cátions (íons positivos) ao ânodo e ao cátodo, respectivamente.



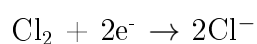
**Figura 2.2.** Esquemático do comportamento de uma bateria durante descarga.

A reação de descarga pode ser escrita, assumindo um metal como zinco (Zn) como o material do ânodo e cloro ( $\text{Cl}_2$ ) como o material do cátodo, da seguinte maneira:

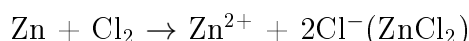
Eletrodo negativo, reação anódica (oxidação, perda de elétrons):



Eletrodo positivo, reação catódica (redução, ganho de elétrons):

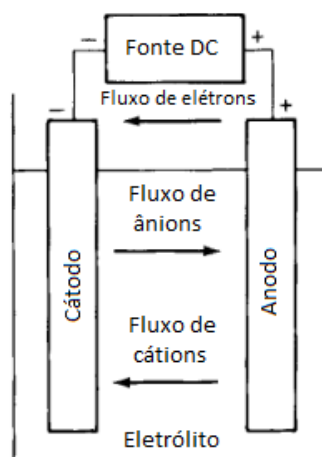


Reação final de descarga:



Durante a recarga de uma bateria recarregável, o fluxo de corrente é revertido por uma fonte externa, de forma que a oxidação aconteça no eletrodo positivo e o eletrodo negativo sofra redução, conforme representado por Linden (2002) (na figura 2.3).

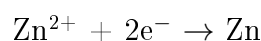
Como o ânodo é, por definição, o eletrodo no qual ocorre a oxidação e o cátodo, a redução,



**Figura 2.3.** Esquemático do comportamento de uma bateria durante carga.

o eletrodo positivo agora passa a ser o ânodo, e o negativo, o cátodo. No exemplo da célula de Zn/Cl<sub>2</sub> anterior, a reação de carga por ser escrita da seguinte maneira:

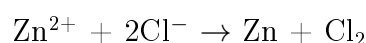
Eletrodo negativo, reação catódica (redução, ganho de elétrons):



Eletrodo positivo, reação anódica (oxidação, perda de elétrons):



Reação final de carga:



No caso da Easyglic, como já foi relatado no Capítulo [1](#), a pulseira possui uma bateria do tipo Lítio-Polímero (LIPO), uma bateria classificada como secundária (recarregável), mas que possui características importantes a serem levadas em conta, especialmente com relação ao processo de recarga. Por isso, o próximo tópico abordará mais a fundo este tipo específico de bateria.

## 2.2 BATERIAS LÍTIO-POLÍMERO

Baterias recarregáveis de lítio-polímero (LIPO) tem sido desenvolvidas desde o início da década de 1990 e podem ser consideradas uma versão evoluída da comercialmente bem sucedida célula de íon-lítio. Embora a primeira geração de eletrólitos feitos de polímeros datados de 1973 tenha sofrido algumas desvantagens práticas relevantes, o conceito rapidamente atraiu a atenção

de entusiastas e pesquisadores industriais, e uma evolução acelerada se iniciou.

As formulações subseqüentes de eletrólitos mostraram melhoras nas características eletroquímicas e mecânicas dos materiais, mas logo se tornou evidente que a principal limitação era a pobre condução em baixa temperatura. O investimento industrial continuou, mas com uma mudança clara na direção do desenvolvimento, para alcançar um produto comercial viável para a eletrônica portátil, atingindo o mercado dentro de uma escala de tempo realista. Em 1996, as primeiras baterias LIPO apareceram, anunciando o que iria se tornar uma grande subdivisão do mercado na próxima década (GRAY; SMITH, 2009).

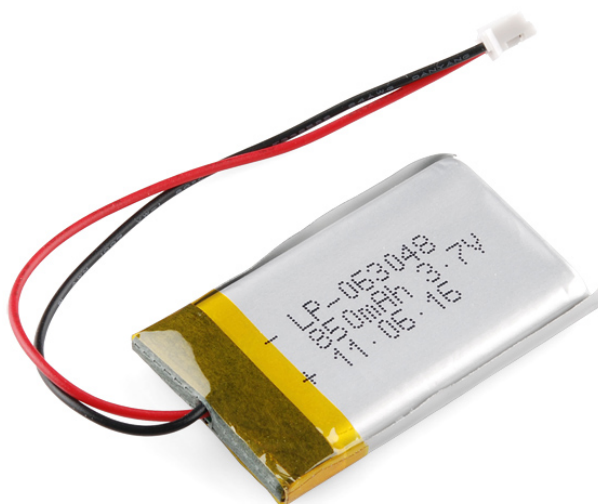


Figura 2.4. Bateria LIPO.

Serão apresentados agora os conceitos básicos referentes a baterias LIPO<sup>2</sup> cuja compreensão é importante para o entendimento das próximas etapas deste projeto.

### 2.2.1 Tensão Nominal

Dependendo do design e da química da célula de lítio, é possível ver essas baterias sendo vendidas com tensões nominais diferentes. Por exemplo, quase todas as baterias de lítio-polímero possuem 3,7 ou 4,2 V de tensão, isso significa que a tensão máxima da célula é 4,2 V, e a tensão média é 3,7 V. À medida em que a bateria é utilizada, a voltagem vai reduzir até o seu mínimo, que costuma ser um pouco menos de 3,0 V. A tensão nominal aparece sempre indicada na própria bateria, como mostra a indicação 3,7 V na bateria presente na figura 2.4. Neste caso,

<sup>2</sup>Figura 2.4 disponível em [https://cdn.sparkfun.com/assets/learn\\_tutorials/1/7/0/](https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/1/7/0/)

trata-se do perfil de tensão de uma clássica bateria de 3,7 V/4,2 V, a tensão começa a 4,2 V no máximo e rapidamente cai para cerca de 3,7 V, onde permanece durante a maior parte do tempo de vida da bateria. Uma vez atingido cerca de 3,3 V, a bateria para de funcionar, e a partir de 3,0 V um circuito de corte desconecta a bateria (UTC, 2016).

O motivo pelo qual as baterias LIPO atuam apenas na faixa entre 3 V e 4,2 V é a segurança. Se uma bateria dessas ultrapassar 4,2 V, o risco de danos internos será muito grande, incluindo a possibilidade de pegar fogo, caso esquente em demasiado. Da mesma forma, se a tensão for inferior a 3 V, traços de cobre poderão ficar expostos na região entre o ânodo e o cátodo da célula. Quanto mais concentrados esses pequenos depósitos de cobre estiverem entre as placas, maior o dano à bateria. O cobre é um condutor elétrico poderoso, uma quantidade muito pequena pode causar um grande aumento da resistência entre as placas positivas e negativas, resultando em uma enorme perda de capacidade. Manter as baterias LIPO dentro dessa tensão segura é extremamente importante e deve ser levado em consideração durante o seu uso ou recarga (GIBBS, 2013).

### 2.2.2 Circuito de Proteção

Baterias LIPO são extremamente densas, o que as torna excelentes para reduzir tamanho e peso dos projetos. No entanto, elas não são baterias 100% seguras e requerem cuidados especiais, uma vez que carregar ou usar essas baterias incorretamente pode causar explosões ou ocorrência de fogo.

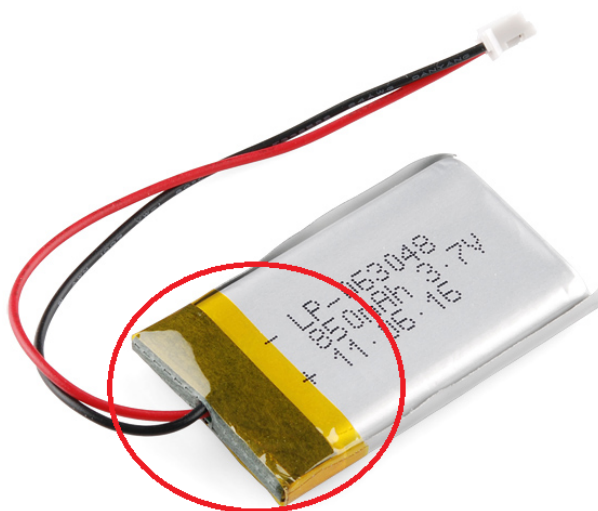
Há 5 detalhes que precisam ser observados no uso dessas baterias:

- Não carregá-las acima da tensão de segurança máxima (4,2 V);
- Não descarregá-las abaixo da tensão de segurança mínima (3,0 V);
- Não exigir mais corrente do que a bateria consegue fornecer (taxa de carga de 1 ou 2 C);
- Não carregar com mais corrente do que a bateria pode suportar (taxa de carga de 1 C);
- Não carregar as baterias acima ou abaixo de certas temperaturas limites (normalmente entre 0 e 50 °C).

Para detalhes específicos de cada bateria, deve-se consultar a especificação de cada uma para saber a tensão, corrente e temperaturas de segurança – elas podem variar de célula para

célula. Para os primeiros três itens relatados acima, um circuito é anexado de modo que a bateria consiga monitorar a tensão e a corrente de saída. Esses circuitos são comumente conhecidos como circuitos de proteção e são bastante comuns nas baterias, mas é preciso checar nas especificações do fabricante ou na imagem do produto se esse circuito de fato está presente (UTC, 2016).

Normalmente o circuito de proteção é soldado na bateria e não é vendido separadamente. Na figura 2.5, é possível perceber o circuito de proteção em destaque na bateria utilizada como exemplo.



**Figura 2.5.** Circuito de proteção da bateria (Figura adaptada).

Se uma bateria LIPO não possuir um circuito de proteção, o seu uso não é recomendado, uma vez que o menor erro pode provocar uma explosão ou fogo.

### 2.2.3 Carregamento

A maioria absoluta dos acidentes envolvendo baterias LIPO ocorrem durante o carregamento. Dito isso, é importante ressaltar que carregar baterias LIPO é uma atividade de risco relativamente baixo se as providências corretas forem tomadas (GIBBS, 2013).

Conforme foi relatado anteriormente, as baterias do projeto Easyglic seriam carregadas diretamente por um dispositivo USB e, dessa forma, o risco de um acidente era muito alto. Diante disso, evidenciou-se a necessidade de utilizar um carregador apropriado para baterias lítio-polímero que obedeça às características de carregamento dessas baterias, pois elas exigem



uma técnica diferente das outras para serem carregadas. Ressalta-se, portanto, que pode ser perigoso usar um carregador projetado para baterias com outros componentes eletroquímicos para carregá-las.

Existem dois requisitos essenciais: primeiro, a corrente de carga aplicada deve ser limitada a um valor seguro e, segundo, a tensão da célula nunca pode ultrapassar 4,2 V. O processo de carregamento de uma bateria LIPO é composto de três etapas: o carregamento inicia com uma corrente aumentando gradativamente, chamada de pré-condicionamento; em seguida, após um determinado valor, a corrente passa a ser constante até que a bateria esteja quase cheia, na qual atinge, por fim, o estado de tensão constante. Essas etapas são cruciais no desenvolvimento do carregador, que precisa respeitar essas características.

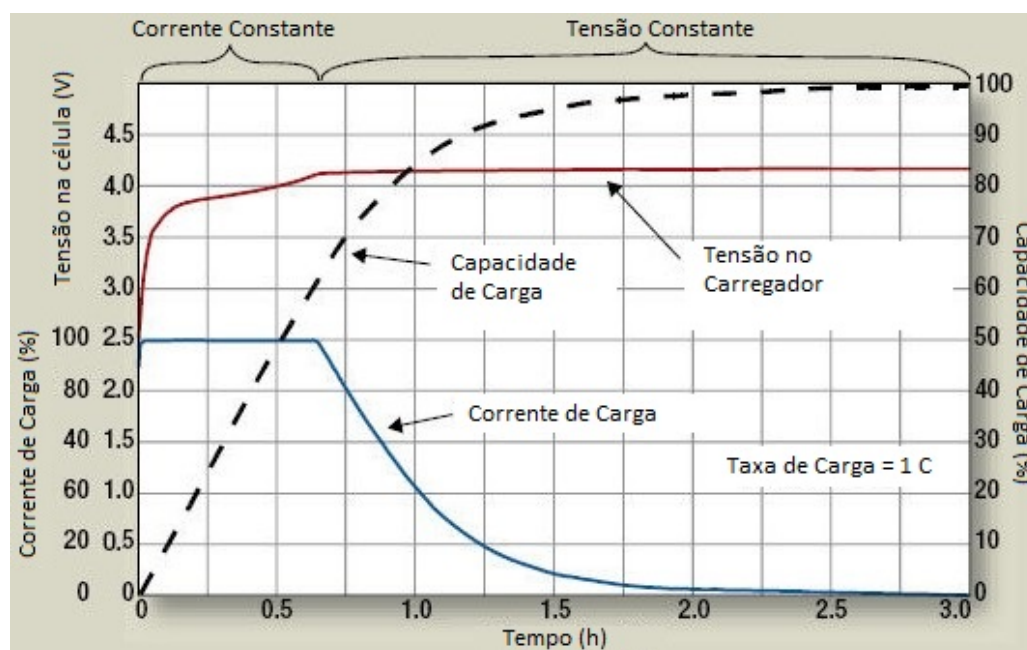


Figura 2.6. Etapas do carregamento de uma bateria LIPO (traduzida).

Na figura 2.6 é possível ver a demonstração do comportamento de uma bateria LIPO durante a sua recarga<sup>3</sup>. A tensão é representada pela linha vermelha, a corrente pela linha azul, a capacidade está representada pela linha tracejada.

<sup>3</sup>Figura 2.6 traduzida de <[batteryuniversity.com/learn/article/charging\\_lithium\\_ion\\_batteries](http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries)>

### 2.2.3.1 Etapa de Pré-Condicionamento

O carregamento da bateria LIPO segue um perfil projetado para garantir segurança e longa vida sem comprometer o desempenho. Se uma bateria estiver completamente descarregada (por exemplo, abaixo de 3 V), é aplicada uma pequena carga de “pré-condicionamento” de cerca de 10% da corrente de carga total. Isso evita que a célula superaqueça até que seja capaz de aceitar a corrente total da fase de corrente constante. Na realidade, esta fase raramente é necessária porque a maioria dos dispositivos móveis modernos são projetados para desligar enquanto ainda há alguma carga deixada, porque a descarga profunda, conforme foi explicado anteriormente, pode danificar a célula da mesma forma que uma sobrecarga (DIGIKEY ELECTRONICS, 2016).

Ainda na figura 2.6, é possível notar uma fase de pré-condicionamento muito discreta, na qual a tensão está abaixo de 3 V e uma pequena corrente é aplicada até que a tensão chegue próximo a este valor e, então, essa corrente aumenta e permanece constante.

### 2.2.3.2 Etapa de Corrente Constante

Em seguida, a bateria é carregada a uma corrente constante de 0,5 A ou menos, até a tensão da bateria atingir 4,1 ou 4,2 V (dependendo da eletroquímica exata). Quando a tensão da bateria atinge este valor, o carregador muda para uma fase de “tensão constante” para eliminar a sobrecarga. Os carregadores de bateria superiores gerenciam a transição da corrente constante para a tensão constante suavemente para garantir a máxima capacidade alcançada sem arriscar danos na bateria (DIGIKEY ELECTRONICS, 2016). Na figura 2.6, a tensão da bateria está aumentando gradativamente enquanto a corrente se mantém constante até que ela atinja a marca dos 4,2 V.

### 2.2.3.3 Etapa de Tensão Constante

Ao manter a tensão constante no final do processo, a corrente inicia seu processo de redução até atingir cerca de 0,1 A, momento em que o carregamento é encerrado. Se o carregador for deixado ligado à bateria, é aplicada uma carga de “recarga” periódica para neutralizar a auto-

descarga da bateria. A carga de recarga é tipicamente iniciada quando a tensão de circuito aberto da bateria cai para menos de 3,9 a 4 V e termina quando a tensão de carga total de 4,1 a 4,2 V é novamente alcançada. Conforme mencionado, a sobrecarga reduz severamente a vida da bateria e é potencialmente perigosa. Uma vez que os íons não estão mais em movimento, a maior parte da energia elétrica aplicada à bateria é convertida em energia térmica. Isso causa superaquecimento, podendo levar a uma explosão devido ao descarte do eletrólito. Como resultado, os fabricantes de baterias defendem um controle preciso e recursos de segurança adequados do carregador (DIGIKEY ELECTRONICS, 2016).

#### 2.2.4 Taxa de Carga

Até recentemente, recomendava-se que maioria das baterias LIPO fossem carregadas com uma taxa de no máximo 1 C, mesmo que taxas de descarga muito maiores fossem possíveis. Hoje, algumas baterias LIPO podem ser consideradas a taxas maiores. De qualquer forma, uma taxa superior a 1 C só pode ser utilizada se for especificamente autorizada pelo fabricante, caso contrário, na dúvida, a taxa de 1 C é a ideal. Então por exemplo, uma bateria LIPO de 100 mAh de capacidade deve ser carregada com no máximo 100 mA. Como existe a necessidade de manter a tensão dentro dos limites de segurança, a taxa de carga deve ser reduzida até o final do processo, por isso na etapa de tensão constante, a corrente gradativamente diminui até cerca do seu mínimo (GIBBS, 2013).

#### 2.2.5 Riscos

Considerando todo o acima exposto, fica claro que as baterias que passaram por significantes sobrecargas ou descargas devem ser descartadas, mesmo se elas parecerem em boas condições. Dessa forma, é importante destacar que o custo de uma substituição de bateria é muito menor do que o custo de lidar com os danos possíveis.

Baterias que sofrem sobrecarga começam a apresentar uma característica “estufada”, e se tornam perigosas para o uso. Entretanto, essa condição poderá ser provocada por outras razões também. Um exemplo dessa situação pode ser visto na figura 2.7.



**Figura 2.7.** Bateria LIPO “estufada” após sobrecarga.

Poucos detalhes de design de dispositivos eletrônicos usáveis geraram tanto interesse nos últimos tempos quanto a segurança das baterias de lítio. É justo dizer que o uso de baterias LIPO é um pouco mais criterioso que outros tipos de baterias no que se refere à segurança. No entanto, se usadas com cuidado e obedecendo a todos os critérios necessários, apresenta-se como uma excelente fonte de energia (GIBBS, 2013).

O objetivo desta seção é aumentar a conscientização sobre os possíveis riscos e garantir que as baterias LIPO não representem um perigo ao usuário. Desde que sejam utilizados corretamente e tratados com cuidado, é possível esperar uma boa resposta.

Na figura 2.8 é possível ver uma pequena célula LIPO logo após a ruptura, depois de uma sobrecarga em condições de teste. O revestimento normalmente retangular e chato cresceu sob pressão e explodiu, e um curto porém poderoso jato de fogo se iniciou. Também é mostrada uma lesão causada por uma bateria com um curto circuito. Os dois fios da bateria encostaram no metal do relógio, e uma grande corrente fluiu pela pulseira, aquecendo-a rapidamente. Isso causou uma queimadura localizada (GIBBS, 2013).

Todos esses conhecimentos acima discutidos serão levados em conta na metodologia deste trabalho.



**Figura 2.8.** Riscos possíveis: (a) Bateria LIPO explodindo; (b) Pessoa ferida após curto circuito.

## 2.3 USB

A interface USB (do inglês *Universal Serial Bus*, barramento serial universal), permite que um computador se comunique com periféricos. Os dispositivos conectados a USB cobrem uma ampla gama, desde teclados e mouses até tocadores de música e unidades flash. A USB também pode ser usado para enviar energia para determinados dispositivos, como *smartphones* e *tablets*, além de carregar suas baterias (COMPUTER HOPE, 2017). A figura 2.9 mostra um conector do tipo USB padrão 2.0.



**Figura 2.9.** USB padrão 2.0.

### 2.3.1 Classificação

O padrão USB começou a ser desenvolvido por um grupo de sete empresas (Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC e Nortel), em 1994. Como a própria sigla mostra, a USB tem o objetivo de simplificar diversas interfaces em um único padrão, substituindo as portas paralelas,

seriais, entre diversas outras (ZOOMTECH, 2017). Praticamente quase todos os computadores vendidos hoje - desde os mais simples *notebooks* até os *desktops* de jogos mais potentes - vem equipados com portas USB 2.0, e é possível encontrar a USB 3.0 em modelos mais modernos. Em compensação, ainda existem computadores mais antigos que possuem entradas USB 1.1 (CANALTECH, 2017). Nesta seção, serão explicadas as principais diferenças entre os tipos de USB.

### 2.3.1.1 USB 1.0 e 1.1

A versão 1.0, em 1996, trazia velocidades de transmissão de dados que seriam impraticáveis hoje: 1,5 Mb/s (velocidade baixa) e até 12 Mb/s (velocidade alta). Era um padrão finalizado, mas o primeiro a ser largamente utilizado foi o 1.1, de 1998, em grande parte devido à empresa *Apple*, que abandonou todos os seus padrões anteriores em favor da USB, no caso do *iMac*. Essa versão foi desenvolvida para unificar o tipo de interface utilizada para conectar periféricos, pois o padrão 1.0 definia as especificações técnicas para todos os dispositivos USB, mas não dizia nada sobre um conector padrão para ser utilizado, de forma que existia uma mesma interface de implementação para todos os dispositivos, mas com vários tipos de conectores (ZOOMTECH, 2017).

Mesmo na época em que foi lançado, a USB 1.1 trazia velocidades já consideradas lentas em relação a outros barramentos, como o *fireware* e o SCSI (*Small Computer System Interface*), mas já era um grande avanço em relação às portas seriais e paralelas e na universalização de um conector padrão para periféricos (CANALTECH, 2017).

### 2.3.1.2 USB 2.0

A atualização do padrão USB para a versão 2.0 em 2000 deu um grande passo em relação à sua popularização. Com a velocidade máxima teórica de 480 Mbps de transferência, começou a ser bastante utilizado por dispositivos que exigiam mais largura banda, como pendrives, discos rígidos externos e até monitores.

Com uma largura de banda 40 vezes maior que o modelo anterior, a versão 2.0 é o padrão até hoje, pois preenche a necessidade da maioria dos dispositivos utilizados. Dispositivos mais

lentos, como teclados, *mouses* e *pendrives*, requerem uma largura de banda, consumo de energia e tempos de acesso bastante baixos, de forma que a USB 2.0 possui especificações que suportam bem a necessidade desses produtos (CANALTECH, 2017).

### 2.3.1.3 USB 3.0

Em 2008, a USB 3.0 introduziu o conceito de “*gigabit*”, oferecendo velocidades de transferência de até 5 Gb/s, mas chegando ao mercado somente em 2010. O conector era diferente, com 9 pinos, mas mantinha a compatibilidade com as versões anteriores. Se um dispositivo 3.0 for usado em uma porta 2.0, ele funcionará normalmente, mas trabalhará com 480 Mb/s. Neste caso, os 5 pinos do 3.0 não são utilizados, e o mesmo vale para o cenário oposto, com um dispositivo 2.0 conectado em uma porta 3.0.

Por padrão, entradas USB 3.0 são identificadas com a cor azul como mostrado na figura 2.10, mas diversos fabricantes adotam cores diferentes por uma questão de identidade visual. Além de consumir menos energia, é capaz de fornecer quantidades maiores dela. Em muitos casos, chegam transferir até 10 W de potência, contra 5 W “padrão” do 2.0 (1 A, 5 V) (ZOOMTECH, 2017).



**Figura 2.10.** USB padrão 3.0.

Após entender quais são as versões da USB, deve-se dominar os conceitos a respeito dos tipos de conectores USB disponíveis, uma escolha importante a ser feita neste projeto.

### 2.3.2 Tipos de Conectores

Existem vários tipos de conectores USB, cada um dos quais com benefícios diferentes e adequado a uma tarefa diferente.

#### 2.3.2.1 Tipo A

Encontrado em controladores de *host* em computadores e *hubs*, o conector do Tipo A possui uma interface plana e retangular. Esta interface mantém a conexão no lugar por fricção, o que facilita a conexão e a desconexão dos usuários. Ao invés de pinos redondos, o conector usa contatos planos que podem suportar a fixação e remoção contínuas (C2G, 2017).

#### 2.3.2.2 Tipo B

O conector do tipo B foi projetado para uso em dispositivos USB periféricos. Sua interface possui um formato quadrada e tem cantos ligeiramente chanfrados nas extremidades superiores. Assim como o conector do tipo A, ele usa o atrito do corpo do conector para permanecer no lugar. O soquete tipo B é um conector usado apenas em dispositivos periféricos. Por isso, boa parte das aplicações USB requerem um cabo A-B (C2G, 2017).

#### 2.3.2.3 Tipo C

O conector Tipo C é o mais novo conector USB do mercado. Ele possui design simétrico e pode ser conectado a qualquer dispositivo USB-C usando qualquer extremidade. Um cabo Tipo C é capaz de transportar sinais USB 3.1, USB 3.0, USB 2.0 e USB 1.1 (C2G, 2017).

#### 2.3.2.4 Mini

Uma desvantagem para o conector tipo B é seu tamanho, que mede quase uma meia polegada em cada lado. Isso tornou a interface do estilo B inadequada para muitos dispositivos eletrônicos compactos, como câmeras digitais e celulares. Por isso, muitos fabricantes de dispositivos





**Figura 2.11.** Diferentes tipos de conectores USB: (a) Tipo A; (b) Tipo B; (c) Tipo C; (d) Mini; (e) Micro.

começaram a realizar miniaturização de conectores USB, e assim surgiu o tipo Mini. O conector Mini de 5 pinos é o mais popular no mercado. Este conector é bem pequeno, cerca de dois terços da largura de um conector Tipo A (C2G, 2017).

### 2.3.2.5 Micro

O tipo Micro foi projetado exclusivamente para dispositivos que permitem que a entrada Micro USB de um dispositivo seja habilitada para ler e se conectar a dispositivos externos com uma entrada USB comum (USB *On The Go*). Sua interface pode ser identificada pelo seu receptáculo cinza e *design* compacto de 5 pinos<sup>4</sup>, como pode ser visto na figura 2.11. O USB Micro é agora a porta USB padrão para quase todos os dispositivos móveis. Este tipo de conexão permite que os dados sejam lidos sem precisar de um computador. Por exemplo, é possível conectar unidades flash ou cartões de memória diretamente ao dispositivo móvel (C2G, 2017).

<sup>4</sup>Figuras disponíveis em <<http://www.samsung.com/uk/support/skp/faq/1124379>>

As letras e números podem parecer confusas à primeira vista. São mais de duas décadas de evolução, e a própria compatibilidade fez com que diversas gerações e conectores coexistissem, o que causa a impressão de existir mais opções do que parece. Atualmente é bastante comum ter *notebooks* e *desktops* com portas USB 2.0 e USB 3.0. O mesmo vale para *smartphones*, com a conexão micro USB ainda sendo a dominante (ZOOMTECH, 2017).

### 2.3.3 Características

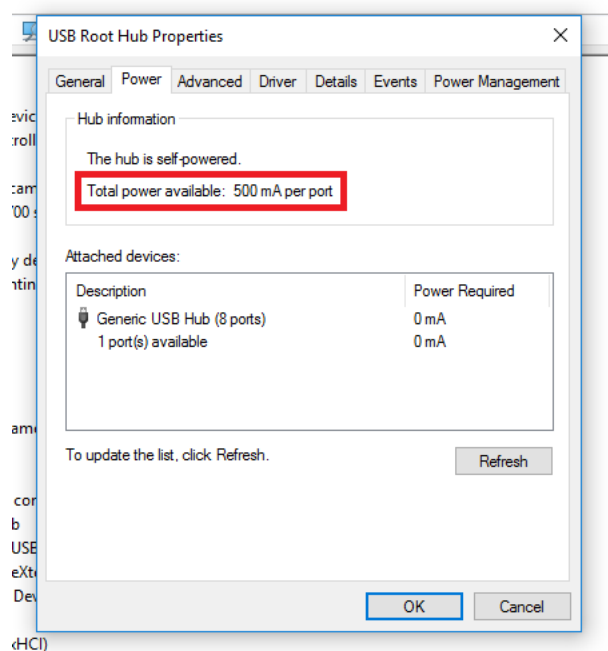
Há outras características importantes a serem levadas em conta sobre USB (COMPUTER HOPE, 2017):

- O computador atua como o *host*;
- Até 127 dispositivos podem se conectar ao *host*, diretamente ou por meio de *hubs* USB;
- Cabos USB individuais podem funcionar com até 5 metros. Utilizando *hubs*, os dispositivos podem ter até 30 metros;
- Um cabo USB 2.0 possui dois fios para energia (+5 volts e terra) e um par trançado de fios para carregar os dados. O padrão USB 3.0 adiciona mais quatro fios para transmissão de dados. Enquanto a USB 2.0 só pode enviar dados em uma direção ao mesmo tempo (para cima ou para baixo), a USB 3.0 pode transmitir dados em ambas as direções simultaneamente;
- Nos fios de alimentação, o computador pode fornecer até 500 mA de potência a 5 V. Um cabo USB 3.0 pode fornecer até 900 mA;
- Os dispositivos de baixa potência (como *mouses*) podem tirar sua potência diretamente do *host*. Dispositivos de alta potência (como impressoras) têm suas próprias fontes de energia;
- Os dispositivos conectados a uma porta USB dependem do cabo para transportar energia e dados.

### 2.3.4 USB como fonte de energia

Conforme citado anteriormente, USBs também são utilizados para fornecer energia e recarregar baterias de alguns dispositivos. Esse princípio é fundamental na execução deste trabalho, uma vez que uma porta USB será responsável por fornecer a corrente e a tensão necessária para recarregar a bateria.

A alimentação pode ser fornecida a dispositivos periféricos USB através de um cabo. A tensão em uma porta do *hub* alimentada não pode ser inferior a 4,75 V, enquanto a tensão em um *hub* movido a barramento pode não ser inferior a 4,4 V. Consequentemente, os dispositivos USB devem funcionar adequadamente com apenas 4,4 V na extremidade a montante do seu cabo (ANDERSON; DZATKO, 2001).



**Figura 2.12.** Visualização da corrente fornecida pela porta USB no Sistema Operacional *Windows*.

Uma porta USB funcional deve poder fornecer 500 mA ao dispositivo conectado. Os *hubs* autoalimentados (incluindo o *hub* raiz) que possuem sua própria fonte de alimentação local e podem fornecer a potência nominal máxima para cada porta. No entanto, os *hubs* movidos por barramento possuem apenas a energia que eles recebem do cabo a montante para distribuir para todas as suas portas USB. Isso pode limitar severamente a quantidade de corrente disponível para dispositivos USB que se conectam a portas de *hub* com barramento. A corrente mínima disponível em uma porta é 100 mA (ANDERSON; DZATKO, 2001).

Saber quanto de energia a porta USB do computador fornece pode ser útil caso o usuário tenha interesse em utilizar um dispositivo externo, como um periférico para uso específico, HD externo mais potente ou um *gadget* diferente. O *Windows* fornece essa informação através do gerenciador de dispositivos, sem a necessidade de instalar qualquer aplicativo extra. Na figura 2.12, verifica-se a confirmação de que as portas USB do computador oferecem 0,5 A de corrente.

## 2.4 DESIGN DE PRODUTO

A palavra *design* tem vários significados segundo como e quem a emprega, e isto acontece pela abrangência de significados que o termo possui em inglês. Pode significar: um produto, um projeto, um processo, um desenho. Em seu livro “*Design, a very short introduction*”, John Heskett elaborou a seguinte frase:

“*Design is to design a design to produce a design*” (HESKETT, 2002).

Pode-se perceber que o uso da palavra *design* tem um significado tanto de substantivo como de verbo. O *design* quando usado como substantivo refere-se a um projeto ou um objeto; a forma verbal de *design* refere-se à ação humana de projetar ou criar. Já como adjetivo e advérbio, a palavra *design* adquire significados que qualificam ou modificam um substantivo ou verbo. *Design* utilizado como um adjetivo ou advérbio é frequentemente utilizado sem critério para completar a designação de um objeto ou processo, ou seja, com a intenção de adicionar ou qualificar sua natureza, como por exemplo, gestão do *design*, *design* emocional, *eco design*, entre outros termos (LOVE, 2002).

Para fins do presente trabalho, o *design* de produtos é definido como uma atividade projetual e multidisciplinar, que por meio de um processo de análise, síntese e criatividade, transforma, modifica e melhora o ambiente satisfazendo as necessidades e anseios das pessoas. A modificação do ambiente se dá pela configuração de objetos fabricados industrialmente com características estéticas, ergonômicas, econômicas, funcionais e tecnológicas.

Esse tipo de abordagem possui diversas variáveis externas e internas que influenciarão na performance da tecnologia e daquele que a utiliza. Por contemplar diversas variáveis de análise, essa seção foi subdividida em itens que são de importante compreensão para este projeto.

### 2.4.1 Fatores Humanos e Ergonomia

Os Fatores Humanos e a Ergonomia correspondem a um grupo de informações relacionadas com as habilidades, limitações e outras características humanas que são relevantes para um projeto (SANTOS *et al.*, 2008). Estas informações são diferenciadas entre os indivíduos devido à formação, experiência, idade e familiaridade com a tecnologia. O conhecimento desses fatores é de fundamental importância com relação ao modo de trabalho, ao arranjo, às máquinas, aos equipamentos e ferramentas para que sejam adaptados às capacidades psicofisiológicas, antropométricas e biomecânicas do ser humano (ALVES, 2002). Para os equipamentos médico-assistenciais (EMA), as características técnicas e da infraestrutura necessária para o uso adequado devem ser estudadas (MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL, 2011).

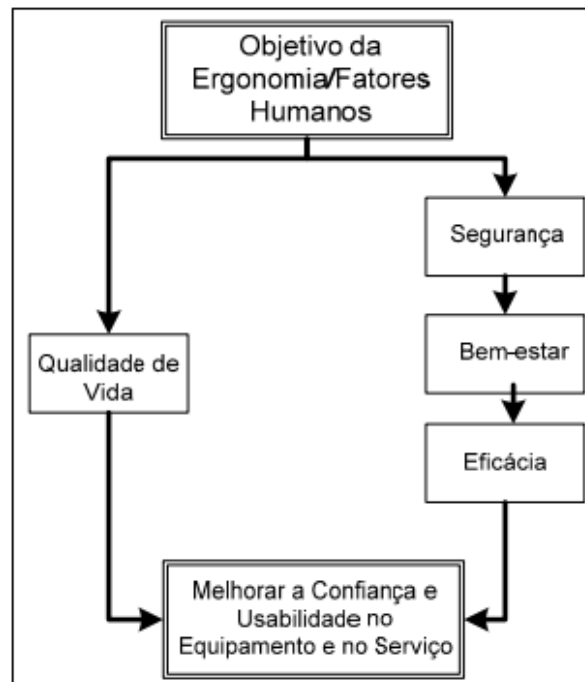
A ergonomia é o estudo da relação entre o homem e seu ambiente de trabalho. Esse termo não abrange somente o ambiente propriamente dito, como também envolve os instrumentos, as máquinas, o mobiliário, os métodos e a organização do trabalho (ALEXANDRE, 1998). A evolução da tecnologia permite projetar ferramentas, máquinas, equipamentos e serviços com um alto desempenho, porém os projetos devem respeitar as exigências para que sejam adequados aos limites e capacidades do ser humano (MONDELO *et al.*, 1999). Os objetivos práticos da ergonomia são segurança, satisfação e o bem-estar dos trabalhadores no seu relacionamento com sistemas produtivos (IIDA, 2005).

Com isso, a ergonomia integra o objetivo em melhorar a qualidade de vida dos usuários, tanto para o profissional durante a utilização do equipamento, quanto para o paciente, visando a redução de erros, aumentando a qualidade dos serviços e o bem-estar dos usuários (MONDELO *et al.*, 1999), conforme aparece na Figura 2.13.

### 2.4.2 Usabilidade

A usabilidade pode ser compreendida como uma característica do fator humano relacionada à facilidade de uso, efetividade, eficiência e satisfação do usuário, e deve ser considerada desde o desenvolvimento do produto (MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL, 2013).

Em seu sentido mais amplo, a usabilidade da interação humano-computador, por exemplo,



**Figura 2.13.** Objetivos da Ergonomia (Adaptado de Mondelo, 1999).

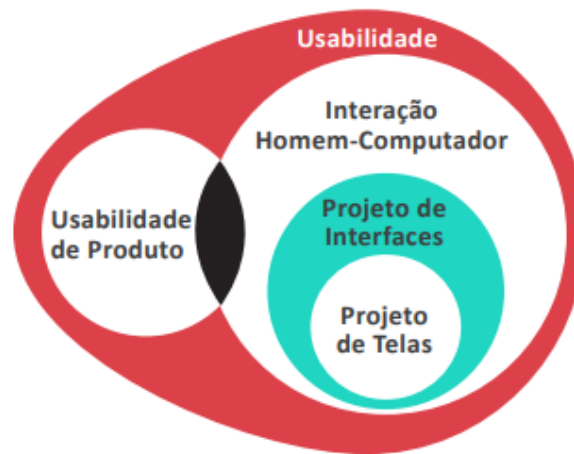
não abrange apenas o sistema informatizado, mas o equipamento e o mobiliário incluídos no ambiente de trabalho, fazendo interseção com a usabilidade de produtos. A Figura 2.14 demonstra um modelo de abrangência da usabilidade na interação humano-computador (DOS SANTOS, 2000).

Os principais fatores relativos à abrangência do termo usabilidade (MORAES, 2004) são:

- Efetividade – deve ser alcançada por uma proporção definida da população usuária, em relação a um limite de variação de tarefas e a um limite de variação de ambientes.
- Atitude – devem ser considerados custos humanos aceitáveis em termos de fadiga, estresse, frustração, desconforto e satisfação.
- Flexibilidade – o produto deve ser capaz de lidar com um limite razoável de variação de tarefas.
- Facilidade de aprendizagem – deve permitir que os usuários alcancem níveis de desempenho aceitáveis.
- Utilidade percebida do produto – o maior indicador da usabilidade de um produto é se ele é usado. Porém, deve-se levar em conta questões como: há outras alternativas no mercado? É usado por causa de um custo menor? Por causa da disponibilidade? etc.
- Adequação à tarefa – um produto “usável” deve apresentar uma adequação aceitável entre

as funções oferecidas pelo sistema e as necessidades e requisitos dos usuários.

- Características da tarefa – a frequência com que uma tarefa pode ser desempenhada e o grau no qual a tarefa pode ser modificada.
- Características dos usuários – incluída nas definições de usabilidade que se refere ao conhecimento, habilidade e motivação da população usuária.



**Figura 2.14.** Abrangência da usabilidade em interação humano-computador.

As medidas de usabilidade mais frequentemente consideradas para a avaliação, utilizadas de acordo com a International Standard Organization (ISO) são: efetividade, eficiência e satisfação. Segundo a ISO 9241-11, pela ótica da ergonomia, a usabilidade é definida como: “a capacidade de um produto ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso” (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1998).

Assim, o contexto de uso é composto pelos usuários, as tarefas e os equipamentos, bem como o ambiente físico e social em que o produto é utilizado.

### 2.4.3 Sustentabilidade

O conceito de sustentabilidade deve ser analisado de forma abrangente, pois é uma questão complexa, com diversas abordagens. De modo geral, as definições de sustentabilidade procuram integrar viabilidade econômica com prudência ecológica e justiça social. Em outras palavras, a sustentabilidade é composta de três dimensões que se relacionam: econômica, ambiental e social. A dimensão econômica inclui não apenas a economia formal, mas também as ativida-

des informais que proveem serviços para os indivíduos e grupos, aumentando assim, a renda monetária e o padrão de vida dos indivíduos. A dimensão ambiental considera o impacto das atividades empresariais sobre o meio ambiente, na forma de utilização dos recursos naturais, contribuindo para a integração da administração ambiental na rotina de trabalho. A dimensão social consiste no aspecto social, relacionado às qualidades dos seres humanos, como as habilidades, dedicação e experiências, abrangendo tanto o ambiente interno da empresa quanto o externo (ALMEIDA, 2002).

As três dimensões precisam necessariamente ser contempladas para que o desenvolvimento sustentável de um programa com EMA seja atingido, preferencialmente de forma equilibrada. Portanto, para que uma iniciativa empreendimento ou EMA seja considerado sustentável, este deve possuir a produção e a utilização que promova, na análise geral, um resultado socialmente justo, ambientalmente correto e economicamente viável. Com isso, a aquisição do equipamento com seus acessórios, insumos e materiais devem atender as normas de segurança que priorizem a qualidade, bem como aqueles que contenham a identificação de insumos ou partes recicláveis, economia energética e possibilidade de reutilização.

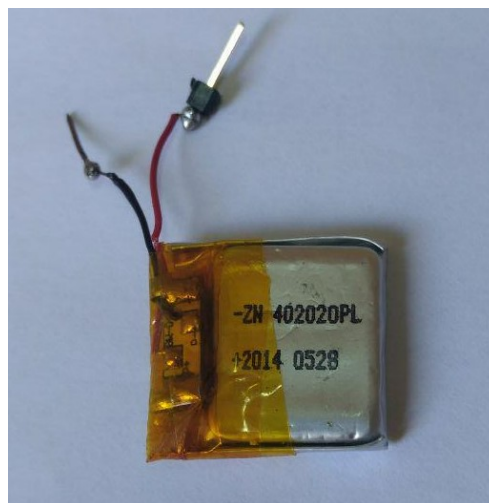


# MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será descrita a metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto, com destaque para as ferramentas utilizadas para consolidação dos objetivos propostos. Ele será dividido em três seções. Na primeira seção serão mostradas as características da bateria LIPO utilizada na Easyglic, na segunda seção será explicado o projeto eletrônico do carregador, na terceira seção será explicado o projeto mecânico do carregador, e finalmente na última seção serão mostradas as diferentes configurações para testar o circuito eletrônico durante o processo.

### 3.1 CARACTERÍSTICAS DA BATERIA

A bateria utilizada no projeto Easyglic é bateria LIPO de  $20 \times 20$  mm por 4 mm de espessura, tensão nominal de 3,7 V e capacidade de 110 mAh. Para manter a taxa de carga de no máximo 1 C, essa bateria deve ser carregada com uma corrente de no máximo 110mA.



**Figura 3.1.** Bateria LIPO utilizada no Projeto Easyglic.

Conforme relatado no Capítulo [2](#), as baterias LIPO precisam ser carregadas de uma maneira bastante específica, caso contrário podem trazer sérios riscos àqueles ao seu redor. Isso precisa

ser levado em conta principalmente no projeto eletrônico, pois a seleção dos componentes deverá realizar o tratamento do sinal necessário para que o processo obedeça as etapas de carregamento já discutidas anteriormente: pré-condicionamento, corrente constante e tensão constante.

## 3.2 PROJETO ELETRÔNICO

Dentre os componentes eletrônicos disponíveis no mercado que executam esse tipo de tarefa, aquele que melhor se adequou ao projeto foi o MCP73831 da Microchip, um controlador linear de carga altamente avançado para uso em espaços limitados.

### 3.2.1 MCP73831

O MCP73831, que a partir de agora será referido apenas como MCP, está disponível em configurações de 8 pinos ou 5 pinos. Pelo seu pequeno tamanho físico, ele é ideal para aplicações portáteis devido ao baixo número de componentes externos necessários. Para aplicações que carregam a partir de uma porta USB, o MCP adere a todas as especificações que regem os barramentos de energia via USB (MICROCHIP, 2005).

O MCP emprega um algoritmo de corrente constante e tensão constante, além de um pré-condicionamento selecionável. A regulação de tensão constante é fixada em quatro opções disponíveis: 4,20 V; 4,35 V; 4,40 V ou 4,50 V. Já o valor da corrente constante é selecionado por meio de um resistor externo. Várias opções estão disponíveis para o limite de pré-condicionamento, pré-condicionamento do valor atual, valor de terminação da carga e limite de recarga automática. O valor de pré-condicionamento e o valor da terminação da carga são definidos como uma relação, ou porcentagem, do valor atual constante programado. O pré-condicionamento pode ser desativado (MICROCHIP, 2005).

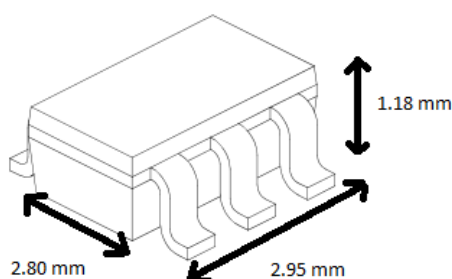
De acordo com as limitações já descritas da bateria utilizada, escolheu-se uma tensão fixada em 4,2 V, portanto, será utilizado o MCP73831-2, que fornece essa tensão de acordo com a tabela 3.1, disponível nas informações do fabricante do CI (Circuito integrado).

**Tabela 3.1.** Tensões reguladas de saída disponíveis (Adaptada de Microchip).

Mín.	Típico	Máx.	CI
4,168 V	4,20 V	4,232 V	MCP73831-2
4,317 V	4,35 V	4,383 V	MCP73831-3
4,367 V	4,40 V	4,433 V	MCP73831-4
4,466 V	4,50 V	4,534 V	MCP73831-5

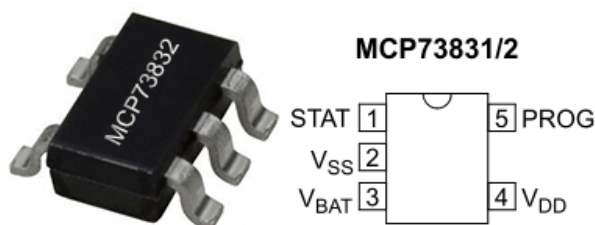
### 3.2.1.1 Dimensões

Como já fora mencionado, o MCP possui dimensões bastante pequenas, sendo ideal para aplicações portáteis. O CI utilizado neste trabalho possui 2,80 mm × 2,95 mm e 1,18 mm de altura, como pode ser vista na figura 3.2 adaptada de Microchip.

**Figura 3.2.** Dimensões do MCP73831 (Adaptada).

### 3.2.1.2 Pinagem

Para este trabalho será utilizado o MCP de 5 pinos, que estão demonstrados na figura 3.3, cujas funções serão descritas a seguir:

**Figura 3.3.** Pinagem do MCP73831.

- Pino 1 - STAT: Saída lógica de 3 estados para se conectar um LED com o objetivo de indicar o status da recarga.

- Pino 2 -  $V_{SS}$ : Referência negativa para a bateria que deve ser conectado ao terminal negativo da mesma.
- Pino 3 -  $V_{BAT}$ : Pino de alimentação da bateria que deve ser conectado ao terminal positivo da mesma. É necessário conectá-lo a  $V_{SS}$  por meio de um capacitor de no mínimo  $4.7 \mu\text{F}$  para garantir estabilidade quando a bateria estiver desconectada.
- Pino 4 -  $V_{DD}$ : Pino de alimentação do MCP que receberá a tensão proveniente do cabo USB, ou seja, algo entre 4 e 5 V.
- Pino 5 - PROG: Pino de programação. As correntes de pré-condicionamento e final podem ser selecionadas colocando um resistor entre PROG e  $V_{SS}$ . Considerando que a bateria possui uma capacidade de 110 mAh e é necessário carregá-la com uma corrente de no máximo 110 mA para garantir a taxa de carga de 1 C, o resistor escolhido para conectar ao pino de programação foi o de  $10 \text{ k}\Omega$ , garantindo uma corrente de 100 mA. Essa escolha foi feita baseada nas informações do fabricante, como mostra a tabela 3.2.

**Tabela 3.2.** Regulação de Corrente baseada no pino PROG (Adaptada).

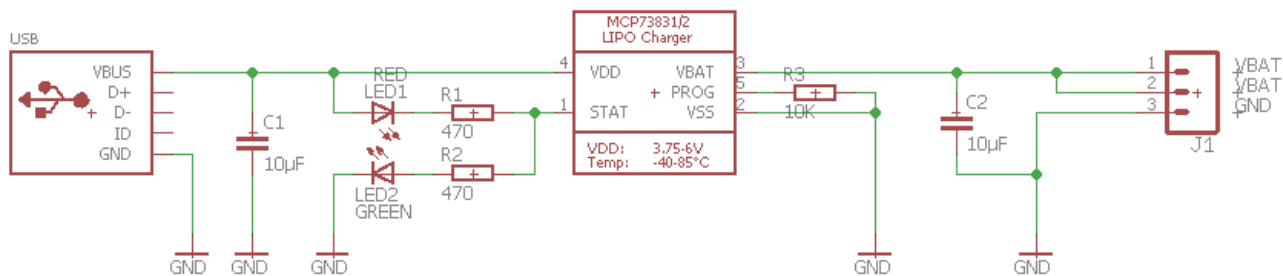
Mín.	Típico	Máx.	Resistor
90 mA	100 mA	110 mA	PROG = $10 \text{ k}\Omega$
450 mA	505 mA	550 mA	PROG = $2 \text{ k}\Omega$

Dadas todas essas informações, é possível definir o circuito para testar o funcionamento do CI.

### 3.2.2 Esquemático

Utilizando o Eagle da Autodesk, um poderoso software para criar esquemáticos de circuitos elétricos, e seguindo as especificações definidas pelo fabricante, o circuito abaixo na figura 3.4 foi projetado com alguns ajustes que serão explicados em seguida.

O bloco mais à esquerda representa a conexão via USB, que embora possua 5 pinos, apenas os de alimentação serão aproveitados. O terminal positivo do USB alimenta diretamente o  $V_{DD}$  do MCP. No pino STAT, há dois LEDs conectados, um verde ligado à GND e um vermelho ligado à  $V_{DD}$ . Na especificação inicial do fornecedor do CI, era necessário utilizar apenas um LED, porém é possível fazer uso do fato de que esse pino possui 3 estados em favor do projeto.



**Figura 3.4.** Esquemático do projeto do carregador.

Com essa configuração, o circuito irá responder da seguinte maneira:

**Tabela 3.3.** Funcionamento dos LEDs do circuito.

LED Vermelho	LED Verde	Situação
Aceso	Apagado	Bateria está sendo carregada
Apagado	Aceso	Bateria terminou de ser carregada
Aceso	Aceso	Bateria desconectada ou com defeito

No pino PROG, como já foi dito anteriormente, foi escolhido um resistor de 10 K $\Omega$ , garantindo uma corrente de no máximo 110 mA, o que não provocaria danos à bateria.

Entre  $V_{BAT}$  e  $V_{SS}$  há um capacitor que era recomendado para garantir estabilidade. O valor determinado pelo fabricante era de no mínimo 4,7  $\mu\text{F}$ , e foi selecionado um capacitor de 10  $\mu\text{F}$  apenas para garantir uma boa margem de segurança. Além disso, foi incluído também um capacitor de mesmo valor entre o terminal positivo da alimentação USB e o  $V_{SS}$  para evitar o surgimento de eventuais ruídos da porta USB.

No bloco mais à direita, estão as saídas do circuito que serão conectadas aos terminais da bateria que será carregada. Existem dois conectores para  $V_{BAT}$  devido a uma requisição dos engenheiros responsáveis pelo projeto da pulseira, que iriam precisar de um segundo sinal na saída, porém isto não implica diferença para este projeto do carregador.

Em relação ao USB, no projeto anterior utilizava-se uma conexão do tipo A. Entretanto, conforme já descrito nos fundamentos do Capítulo 2, a conexão do tipo Micro é mais utilizada para dispositivos portáteis, sendo portanto uma opção mais interessante para este projeto.

### 3.3 PROJETO MECÂNICO

Além da parte eletrônica, também se propõe neste trabalho a prototipação do carregador. Dessa maneira, a parte mecânica envolvendo o design do produto também compõe o escopo do projeto. Esta parte foi desenvolvida com o auxílio dos designers Leandro Cruz e Alefe Felipe, membros da equipe técnica da empresa Easythings.

#### 3.3.1 Análise de produtos similares

Com o objetivo de garantir os critérios desejados de ergonomia e usabilidade conforme descritos no Capítulo 2, optou-se primeiramente por analisar outras pulseiras já existentes no mercado que também utilizam baterias LIPO, para que assim pudessem ser obtidos insumos úteis na criação do projeto.

Neste cenário, dois fabricantes de relógios inteligentes foram estudados: As marcas “ID107” e “A99”.

##### 3.3.1.1 ID107

A ID107 é uma pulseira inteligente da companhia Zomtop. Além de possuir recursos de interatividade com smartphones, a pulseira possui funcionalidades como contador de passos, monitoração de qualidade e tempo de sono, calorias gastas durante exercícios, e também um sensor de batimentos cardíacos.

O dispositivo de recarga é um pequeno cabo USB ligado a um conector que se encaixa na tela do relógio, que por sua vez pode ser separada da pulseira. A ID107 possui uma bateria LIPO de 70 mAh de capacidade.

Esse conector é bastante intuitivo e fácil de utilizar, o usuário precisa apenas retirar a tela do relógio da pulseira e conectá-lo ao cabo. Só há uma maneira de encaixá-lo, o que torna o processo muito mais simples, como pode ser visto na figura 3.5.



**Figura 3.5.** (a) Relógio inteligente ID107; (b) Carregador do ID107.

### 3.3.1.2 A99

O A99 é um relógio inteligente disponível pela empresa Gearbest, com praticamente as mesmas funções do Mi Band 2. Sua bateria é uma LIPO de 100 mAh de capacidade, o que já se assemelha mais à bateria da Easyglic.



**Figura 3.6.** (a) Relógio inteligente A99; (b) Carregador do A99.

O dispositivo de recarga do A99 é um cabo USB que possui uma espécie de grampo em sua extremidade. Nesse grampo estão presentes os conectores que fazem contato com a pulseira e consequentemente a bateria. O usuário aperta o grampo tal como um prendedor de roupas para abri-lo, encaixa a pulseira na posição correta e libera o grampo para que ele se feche, como

pode ser observado na figura 3.6.

O contato do conector com a pulseira é feito por meio de pinos conhecidos no mercado como Pogo Pins. O Pogo Pin é um dispositivo eletrônico utilizado para estabelecer uma conexão (normalmente temporária) entre duas PCI's. Geralmente assume a forma de um cilindro delgado contendo dois pinos carregados por uma mola. Pressionados entre dois circuitos eletrônicos, os pontos afiados em cada extremidade do Pogo Pin tornam os contatos seguros com os dois circuitos e, assim, os conectam. Na figura 3.7, uma visão com corte interno de um Pogo Pin para compreender sua estrutura.



**Figura 3.7.** Estrutura de um Pogo Pin.

### 3.3.2 Proposta de design

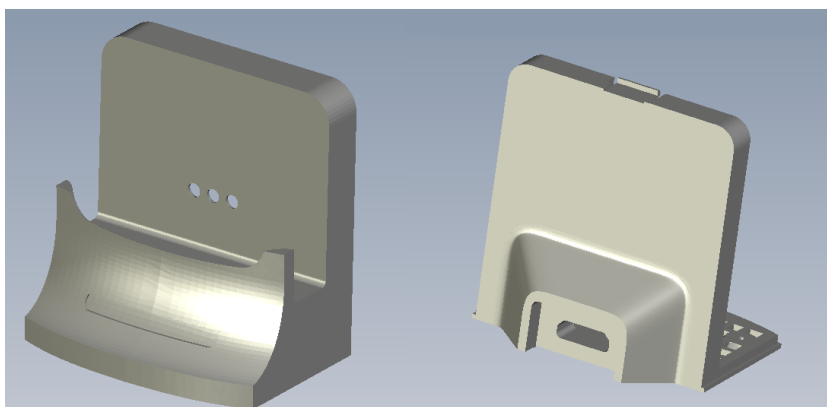
Dentre as duas propostas estudadas, a mais simples de utilizar era a do Mi Band 2, pois o encaixe era bastante intuitivo e só havia uma única maneira de fazê-lo, proporcionando certa facilidade ao usuário na manipulação do dispositivo. Entretanto, os Pogo Pins utilizados pela A99 também são bastante interessante pois dão uma segurança maior ao encaixe da pulseira, garantindo que o contato da bateria está sendo feito.

Após a análise e estudo dos dois produtos, foi desenvolvida uma proposta que utilizasse as principais vantagens de cada um: um dispositivo de encaixe único, de modo que o usuário só possa utiliza-lo de uma única maneira, combinado à presença dos Pogo Pins, para garantir o bom funcionamento da pulseira. Dessa forma, o projeto final estará respeitando as normas de ergonomia e usabilidade adequadas para o usuário.



### 3.3.3 Modelo criado

Utilizando o programa Solid Works, um software baseado em computação paramétrica, capaz de criar formas tridimensionais a partir de formas geométricas elementares, foi gerado o modelo de carcaça para o carregador indicado na figura [3.8](#).



**Figura 3.8.** Modelo criado para a carcaça do carregador: (a) visão frontal e (b) visão traseira.

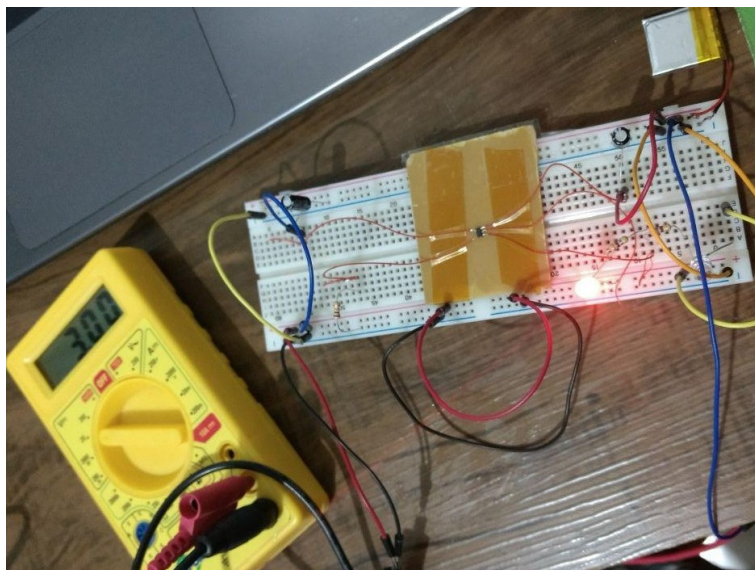
## 3.4 CONFIGURAÇÕES PARA TESTE DO CIRCUITO

Com o circuito teórico finalizado, era preciso saber se ele de fato funcionava conforme o esperado para ser produzido em conjunto com a estrutura mecânica. Para tanto, foram elaboradas três configurações para testar o circuito: a primeira utilizando uma *protoboard* comum, a segunda utilizando uma placa de circuito virgem ilhada, e a última utilizando uma PCI (Placa de Circuito Impressa) gerada por método caseiro. Os resultados desses testes estarão descritos no Capítulo [4](#).

### 3.4.1 Primeiro teste: Circuito na *protoboard*

Pelo fato do MCP ser um CI extremamente pequeno, foi necessário realizar algumas adaptações para efetuar os testes. Inicialmente, optou-se por soldar pequenos fios nas extremidades dos conectores, de modo que facilitasse a sua manipulação e fosse possível testá-lo em uma *protoboard* comum. Após essa alteração, o circuito do projeto foi montado na *protoboard*, com a alimentação sendo fornecida por uma porta USB do computador e as saídas conectadas aos

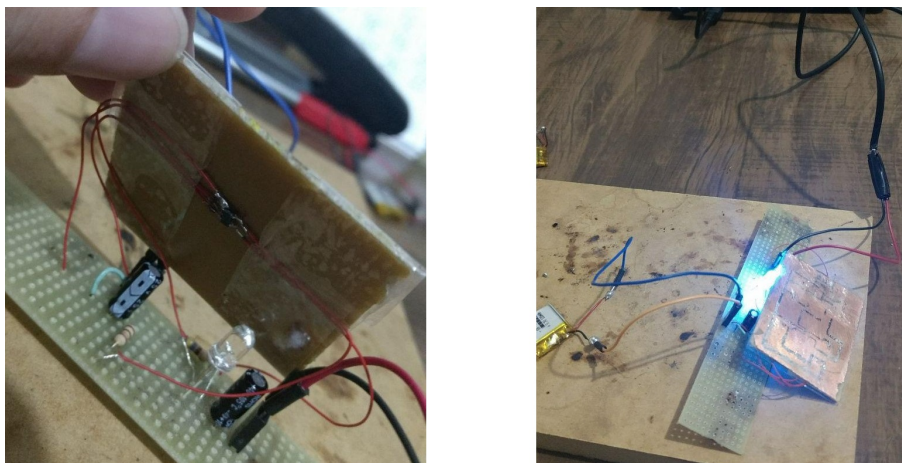
terminais da bateria. A figura [3.9](#) mostra o sistema montado.



**Figura 3.9.** Configuração de teste na *proto-board*.

### 3.4.2 Segundo teste: Circuito na placa ilhada

A segunda configuração feita para testar o circuito consistiu na utilização de uma placa ilhada, característica pela presença de pequenos orifícios que permitem que os componentes sejam soldados e funcionem de forma semelhante a uma PCI. Para este teste, foi utilizado a mesma adaptação com os pequenos fios soldados aos pinos do MCP, conforme pode ser visto na figura [3.10](#).



**Figura 3.10.** Segundo teste: (a) Configuração utilizada; (b) Detalhe dos fios no MCP.

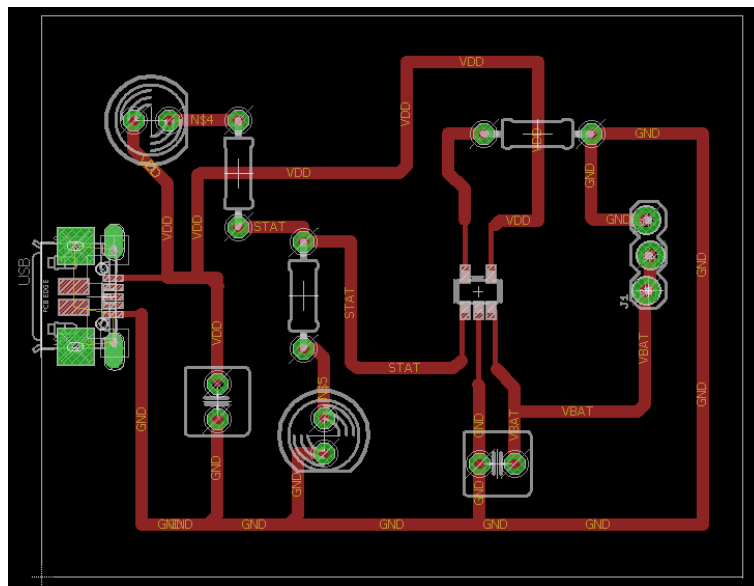


Figura 3.11. Projeto da PCI para teste.

### 3.4.3 Terceiro teste: Circuito na PCI caseira

Para garantir um teste bem sucedido e aumentar o índice de confiabilidade, um dos testes propostos do circuito envolveu a produção de uma PCI caseira, utilizando um método de transferência de tinta por meio de calor.

Utilizando o software Eagle, foi gerado o projeto do circuito para ser curado em uma placa de cobre virgem.

Após finalizado, o projeto — que pode ser visto na figura 3.11. — foi impresso em uma folha de papel cartão. Em seguida, foi realizada a transferência da tinta do papel para a placa de cobre por meio do calor fornecido por um ferro de passar roupas. Por fim, a placa foi corroída com uma solução de percloroeto de ferro, de forma que as trilhas de cobre ficassem apenas aonde a tinta havia sido impressa, mantendo a coerência do circuito. O resultado deste método pode ser visto na figura 3.12, já com os componentes soldados na placa.

Por fim, após os testes realizados, o projeto pode ser encaminhado para o fornecedor que iria fabricar a PCI final, utilizando métodos industriais profissionais, ao contrários dos métodos caseiros até então utilizados.

Na figura 3.13 é possível ver respectivamente as situações onde a bateria está sendo carregada (LED vermelho aceso) e quando a bateria terminou de ser carregada (LED verde aceso).



Figura 3.12. PCI final vista de cima.

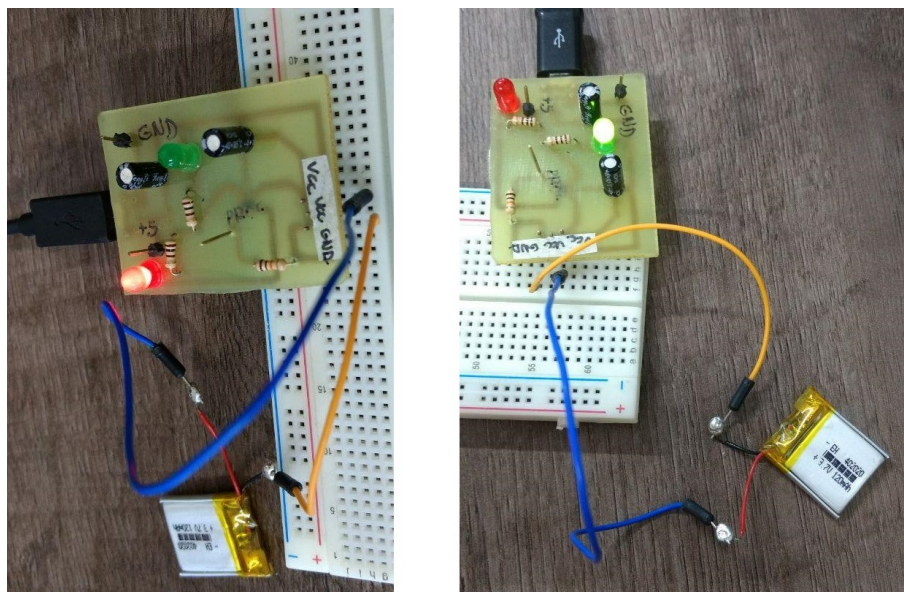


Figura 3.13. Configuração de teste com a PCI caseira: (a) Bateria sendo carregada; (b) Carga completa.

#### 3.4.4 PCI finalizada

Este é resultado final do projeto eletrônico, responsável pelo carregamento das baterias do Projeto Easyglic. Na figura [3.14](#) é possível ver os Pogo Pins instalados nas saídas J1, J2 e J3 do circuito.

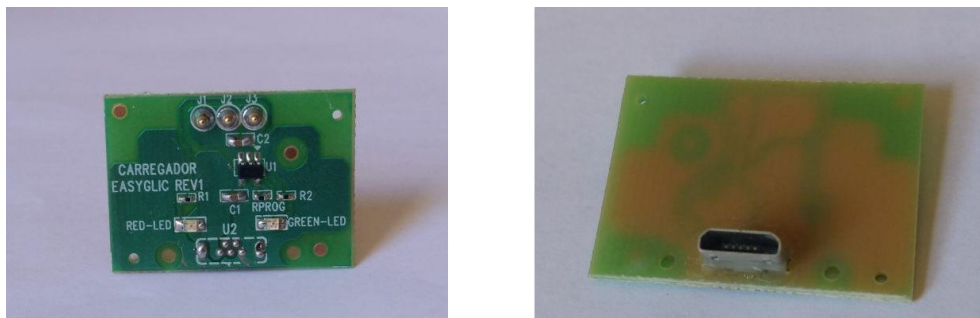


Figura 3.14. Placa final do Carregador: (a) Visão frontal; (b) Visão traseira.

#### 3.4.4.1 Teste final: PCI finalizada

Para finalizar o projeto eletrônico, foram feito também testes na placa final. Nas figuras 3.15 e 3.16 a seguir, é possível observar as 3 situações possíveis para a placa, respectivamente: nenhuma bateria conectada, bateria sendo carregada e bateria carregada.

Tal como o teste anterior, também foi gerado um gráfico com os valores de tensão ao longo do tempo para verificar se a bateria estava sendo carregada conforme o esperado.

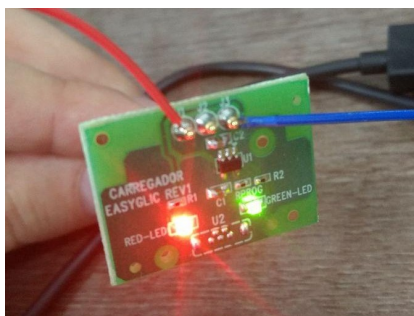


Figura 3.15. Placa final ligada sem bateria conectada.

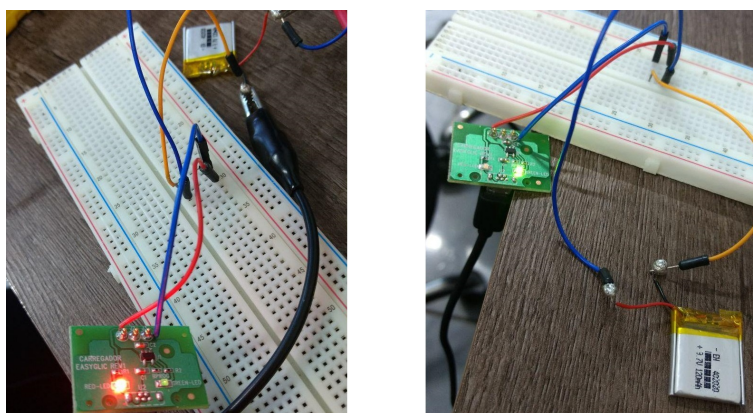


Figura 3.16. Teste final: (a) Bateria carregando; (b) Bateria carregada.

Neste capítulo serão mostrados os resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho.

### 4.1 PROJETO ELETRÔNICO

#### 4.1.1 Primeiro teste: Circuito na protoboard

No teste realizado na protoboard, o circuito não se comportou conforme o esperado. Os LEDs não corresponderam ao que era previsto e a bateria não foi carregada. As principais suspeitas dessa falha são o fato de que, por ser muito pequeno, o MCP não oferece condições ideais para esse tipo de teste mesmo que estivesse adaptado, e também possíveis falhas na estrutura elétrica da protoboard utilizada.

O resultado desse teste foi considerado inconclusivo, por conseguinte insatisfatório.

#### 4.1.2 Segundo teste: Circuito na placailhada

Pelo insucesso do primeiro teste, propôs-se o segundo teste em uma placailhada na qual seria possível soldar os componentes. Isso daria uma segurança maior em relação a protoboard, pois seria possível testar todas as conexões do circuito, sendo possível assim saber se o problema era de fato pelos problemas citados anteriormente ou se o circuito não funcionava.

Ao contrário do primeiro teste, desta vez o circuito funcionou conforme o esperado. Os LEDs responderam corretamente e a bateria foi carregada. Entretanto, mesmo com a placailhada, o MCP continuava apresentando instabilidades devido às adaptações. Após funcionar por duas vezes, a partir da terceira os fios soldados ao MCP começaram a ceder, impossibilitando a

realização de novos testes e uma coleta de dados precisa. Entretanto, conforme o esperado, sabia-se que o projeto do circuito funcionava, bastava agora uma maneira mais estável de testá-lo.

### 4.1.3 Terceiro teste: Circuito na PCI caseira

A melhor opção para testar o circuito com o MCP seria gerando uma placa de circuito impresso. De qualquer forma seria possível garantir que, uma vez que o MCP estaria sendo utilizado da maneira como era prevista, os problemas anteriores, causados por adaptações no CI, não se repetiriam. A placa gerada por um método caseiro pode ser observada na figura 3.12 do Capítulo 3.

Com essa configuração, os testes ficaram muito melhores de serem executados, com uma coleta de dados mais eficiente.

Abaixo, na figura 4.1, é possível ver a evolução da tensão na bateria. Nota-se que o gráfico se comporta como o da teoria apresentada na figura 2.6.

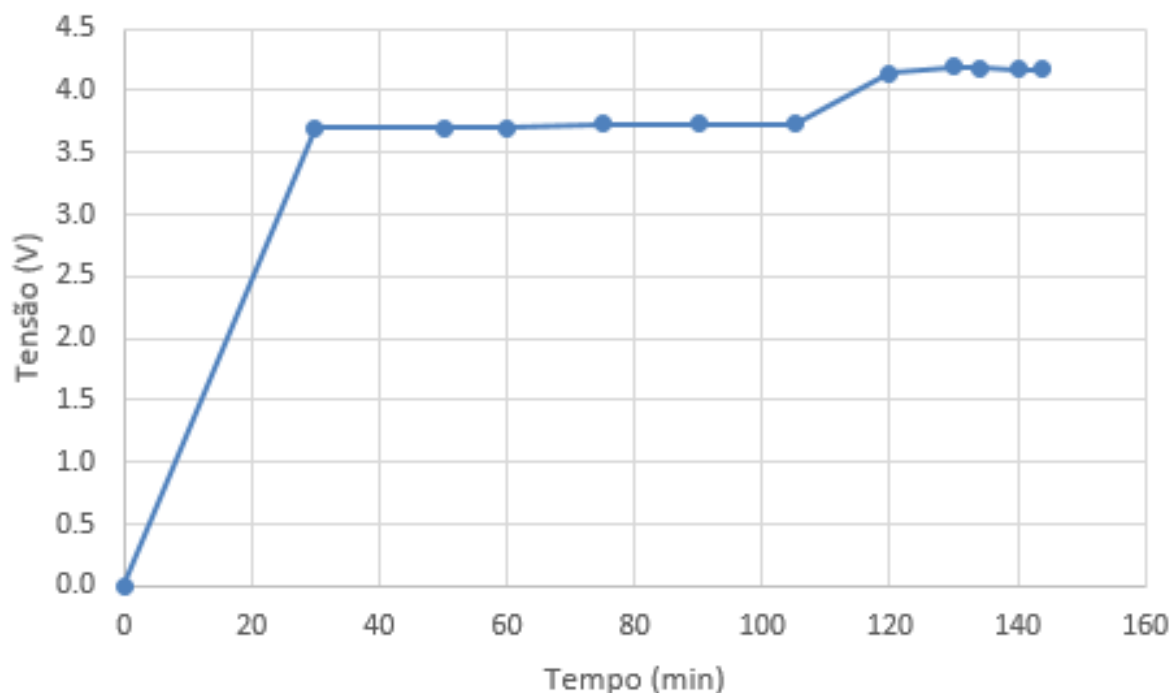


Figura 4.1. Tensão na bateria durante carregamento com PCI caseira.

Após o término do projeto do circuito e dos testes realizados, com a certeza do seu funcio-

namento, o projeto eletrônico foi enviado para fabricação.

#### 4.1.4 Teste final: PCI finalizada

Para finalizar o projeto eletrônico, foram feitos também testes na placa final. Tal como o teste anterior, também foi gerado um gráfico com os valores de tensão ao longo do tempo para verificar se a bateria estava sendo carregada conforme o esperado.

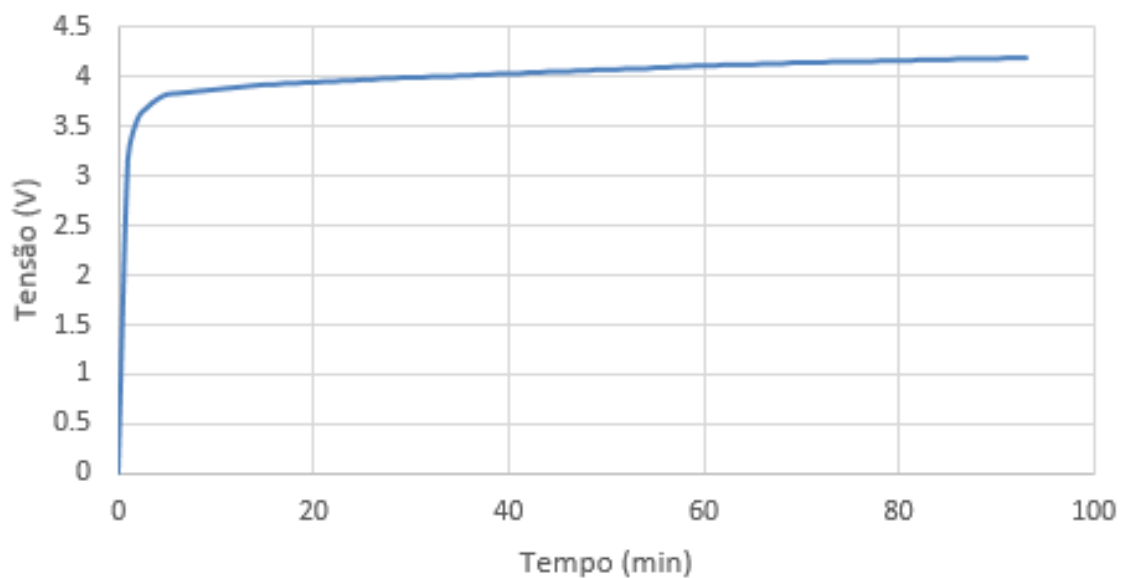


Figura 4.2. Tensão na bateria durante carregamento na placa final.

## 4.2 PROJETO MECÂNICO

Por fim, conforme mencionado anteriormente, o projeto mecânico criado foi produzido por uma impressora 3D para finalizar o protótipo.

### 4.2.1 Protótipo Finalizado

Na figura [4.3](#), é possível ver o protótipo proposto neste trabalho finalizado e montado, unindo projetos mecânico e eletrônico.





**Figura 4.3.** Protótipo finalizado: (a) Visão traseira; (b) Visão frontal.

# CONCLUSÕES

O projeto de carregador para o projeto Easyglic foi executado de acordo com o que foi proposto. Tanto as partes mecânica quanto eletrônica foram projetadas e executadas baseadas na teoria abordada no Capítulo 5.

O circuito projetado funcionou conforme o esperado, realizando as recargas nas baterias LIPO de acordo com o que era previsto na literatura utilizada, respeitando as etapas de pré-condicionamento, corrente constante e tensão constante que garantem uma maior segurança e usuário reduzindo os possíveis riscos de acidentes e, por consequência, aumentando o rendimento das baterias.

Já o projeto da carcaça foi realizada respeitando critérios de usabilidade e ergonomia, de modo a garantir ao usuário uma experiência mais agradável e confortável.

Entretanto, é importante ressaltar que um importante teste não foi realizado ainda: o carregamento das baterias juntamente com a pulseira. Deve-se verificar o funcionamento do projeto nessas circunstâncias uma vez que é dessa forma que os usuários da Easyglic vão carregar o dispositivo, com a pulseira acoplada à bateria. É preciso saber se o fato de haver um segundo circuito acoplado a essa bateria irá afetar o desempenho do carregador. Em princípio imagina-se que não.

Para projetos futuros, sugere-se uma possibilidade de circuito ainda menor, de modo que o projeto mecânico também pudesse ser reduzido, e consequentemente os custos do projeto também seriam menores, o que é uma vantagem para produções em larga escala.

Por fim, o projeto pode ser considerado bem sucedido uma vez que cumpriu os objetivos propostos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, N. M. C. Aspectos ergonômicos relacionados com o ambiente e equipamentos hospitalares. *Revista Latino Americana de Enfermagem*, Ribeirão Preto, p. 103–109, 1998. Citado na página [31](#).

ALMEIDA, F. *O bom negócio da sustentabilidade*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2002. Citado na página [34](#).

ALVES, J. U. Avaliação dos fatores humanos e das condições de trabalho em viveiros florestais. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, p. 127–133, 2002. Citado na página [31](#).

ANDERSON, D.; DZATKO, D. *Universal Serial Bus System Architecture*. [S.l.: s.n.], 2001. ISBN 0201461374. Citado na página [29](#).

C2G. *USB Conector Guide - Guide to use USB Cables*. 2017. Disponível em: <http://www.cablestogo.com/learning/connector-guides/usb>. Citado 2 vezes nas páginas [26](#) and [27](#).

CANALTECH. *Quais são as diferenças entre o USB 1.1, 2.0 e 3.0?* 2017. Disponível em: <https://canaltech.com.br/hardware/quais-sao-as-diferencas-entre-o-usb-11-20-e-30-639/>. Citado 2 vezes nas páginas [24](#) and [25](#).

COMPUTER HOPE. *USB*. 2017. Disponível em: <https://www.computerhope.com/jargon/u/usb.htm>. Citado 2 vezes nas páginas [23](#) and [28](#).

DIGIKEY ELECTRONICS. *A Designer's Guide to Lithium (Li-ion) Battery Charging*. 2016. Disponível em: <https://www.digikey.com/en/articles/techzone/2016/sep/a-designer-guide-fast-lithium-ion-battery-charging>. Citado 2 vezes nas páginas [20](#) and [21](#).

DOS SANTOS, R. L. G. *Ergonomização da interação homem-computador: abordagem heurística para avaliação da usabilidade de interfaces*. Tese (Doutorado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2000. Citado na página [32](#).

EASYTHINGS SERVIÇOS EM TECNOLOGIA LTDA. *Easyglic*. 2017. Disponível em: <http://www.easyglic.com/>. Citado na página [5](#).

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA; SCHUMM, B. *Battery Electronics*. 2017. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/battery-electronics>. Citado na página [12](#).

FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE DIABETES. *IDF Diabetes Atlas*. 7th. ed. [S.l.: s.n.], 2015. ISBN 9782930229812. Citado 2 vezes nas páginas [1](#) and [2](#).

GASPAR, A. *Compreendendo a Física*. 2ª. ed. [S.l.: s.n.], 2013. ISBN 978 8508 16365-6. Citado na página [9](#).

GIBBS, A. *The Gibbs Guide to Lithium Polymer Batteries*. [S.l.: s.n.], 2013. 1–67 p. Citado 4 vezes nas páginas [17](#), [18](#), [21](#), and [22](#).

GRAY, F. M.; SMITH, M. J. Lithium Polymer Batteries. p. 169–176, 2009. Citado na página [16](#).

HESKETT, J. *Design - A Very Short Introduction*. [S.l.: s.n.], 2002. 169 p. Citado na página [30](#).

IIDA, I. *Ergonomia: Projeto e Produção*. São Paulo: [s.n.], 2005. 632 p. Citado na página [31](#).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 9241-11: ergonomic requirements for office work with Visual Display Terminals (VDTs): part 11: guidance on usability*. Genebra, 1998. Citado na página [33](#).

LINDEN, D.; REDDY, T. B. *Handbook of Batteries*. [S.l.: s.n.], 2002. ISBN 0071359788. Citado 2 vezes nas páginas [9](#) and [13](#).

LOVE, T. Constructing a Coherent Cross-Disciplinary Body of Theory about Designing and Designs: Some Philosophical Issues. In: *Design Studies*. [S.l.: s.n.], 2002. p. 345–361. Citado na página [30](#).

MICROCHIP. *MCP73831 Datasheet*. 2005. 1–24 p. Citado na página [36](#).

MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. *Diretrizes Metodológicas: elaboração de pareceres técnico-científicos*. [S.l.], 2011. Citado na página [31](#).

MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. *Diretrizes Metodológicas: Elaboração de Estudos para Avaliação de Equipamentos Médico-Assistenciais*. Brasília, 2013. Citado na página [31](#).

MIRANDA, F. M. Dispositivo Para Detecção de Hipoglicemia em Diabéticos do Tipo 1 A Partir de Variações de Temperatura e Umidade. 2013. Citado 2 vezes nas páginas [2](#) and [4](#).

MONDELO, P. R.; GREGORI, E.; BARRAU, P. *Ergonomia: Fundamentos*. Upc. Barcelona: Ed. Mutua Universal, 1999. Citado na página [31](#).

MORAES, A. *Ergonomia, ergodesign e usabilidade: algumas histórias, precursores, divergências e convergências*. Rio de Janeiro, 2004. Citado na página [32](#).

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Diabetes*. 2016. Disponível em: [<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/>](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/). Citado na página [1](#).

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Global Report on Diabetes*. 2016. Citado 2 vezes nas páginas [1](#) and [2](#).

ROGER'S HOBBY CENTER. *A Guide to Understanding LiPo Batteries*. 2017. Disponível em: [<https://rogershobbycenter.com/lipoguide/>](https://rogershobbycenter.com/lipoguide/). Citado na página [7](#).

SANTOS, I. J. A.; GRECCO, C. H. S.; CHICRALLA, R. *Ergonomia e fatores humanos no gerenciamento da segurança de instalações industriais: contribuições do setor nuclear brasileiro*. Niteroi, 2008. Citado na página [31](#).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. *Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes*. 2009. Citado na página [3](#).

UTC, P. M. *Li-Ion & LiPoly Batteries*. [S.l.], 2016. Citado 2 vezes nas páginas [17](#) and [18](#).

WEBMD. *What is hypothermia*. 2017. Disponível em: <http://www.webmd.com/a-to-z-guides/what-is-hypothermia>. Citado na página 4.

ZOOMTECH. *USB é tudo igual? Conheça a diferença do USB 1.0 até o 3.1*. 2017. Disponível em: <https://www.zoomtech.com.br/usb-e-tudo-igual-conheca-a-diferenca-do-usb-1-0-ate-o-3-1/>. Citado 3 vezes nas páginas 24, 25, and 28.