

ARNALDO ALVES VIANA JÚNIOR  
OTÁVIO MOREIRA PETITO  
TIAGO AUGUSTO ORCAJO DEMAY CORDEIRO

# **SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA CUBESAT**

SÃO CAETANO DO SUL

2015

ARNALDO ALVES VIANA JÚNIOR  
OTÁVIO MOREIRA PETITO  
TIAGO AUGUSTO ORCAJO DEMAY CORDEIRO

# **SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA CUBESAT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Escola de Engenharia Mauá do Centro Uni-  
versitário do Instituto Mauá de Tecnologia,  
como parte dos requisitos necessários à obten-  
ção do grau de bacharel em Engenharia na  
habilitação Engenharia Eletrônica. Área de  
concentração: Engenharia Elétrica

Escola de Engenharia Mauá

Orientador: Prof. Me. Alessandro de Oliveira Santos

SÃO CAETANO DO SUL

2015

---

Júnior, Arnaldo Alves Viana

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA CUBESAT/ Arnaldo Alves Viana Júnior, Otávio Moreira Petito e Tiago Augusto Orcajo Demay. – SÃO CAETANO DO SUL, CEUN-EEM, 2015

44 p. : il.

– Escola de Engenharia Mauá, SÃO CAETANO DO SUL, 2015.

Orientador: Prof. Me. Alessandro de Oliveira Santos

1. Gerenciamento de energia. 2. CubeSat. I. Petito, Otávio Moreira. II. Cordeiro, Tiago Augusto Orcajo Demay III. Instituto Mauá de Tecnologia. Centro Universitário. IV. Sistema de Gerenciamento de Energia para CubeSat

CDU

---

ARNALDO ALVES VIANA JÚNIOR  
OTÁVIO MOREIRA PETITO  
TIAGO AUGUSTO ORCAJO DEMAY CORDEIRO

## **SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PARA CUBESAT**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de  
2015, pela banca examinadora composta por:

---

**Prof. Me. Alessandro de Oliveira  
Santos**  
Orientador

---

**Professor**  
Convidado 1

---

**Professor**  
Convidado 2

SÃO CAETANO DO SUL  
2015

# Agradecimentos

A Escola de Engenharia Mauá por fornecer toda a gama de conhecimento e estrutura para um melhor aprendizado.

Ao Prof. Me. Alessandro de Oliveira Santos pela assessoria prestada quanto ao desenvolvimento do tema.

Ao Prof. Rafael Corsi por todo empenho dedicado auxiliando o projeto de distintas maneiras.

E aos nossos pais, amigos e namoradas que apesar de todas as dificuldades sempre nos suportaram para o melhor desenvolvimento do projeto.

*O maior bem do homem é uma mente inquieta.*  
*(Isaac Asimov)*

# Resumo

Resumo do TCC

**Palavras-chaves:** palavra 1, palavra 2, palavra 3, palavra 4, palavra 5.

# Abstract

This is the english abstract.

**Key-words:** word1, word2, word3, word4, word5.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – MODELO DE UM CUBESAT DE 1U . . . . .	15
Figura 2 – ESTRUTURA DO CUBESAT PROPOSTA PELO NSEE-IMT . . . .	16
Figura 3 – PRINCIPAIS TIPOS DE ÓRBITAS . . . . .	19
Figura 4 – BATERIA DE ÍON-LÍTIO SELECIONADA . . . . .	20
Figura 5 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA BATERIA DE ÍON-LÍTIO	21
Figura 6 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UMA FOTOCÉLULA . . .	22
Figura 7 – FOTOCÉLULAS DA <i>VIS TECHNOLOGY</i> . . . . .	22
Figura 8 – <i>SET UP</i> PARA TESTE DAS FOTOCÉLULAS DA <i>VIS TECHNOLOGY</i>	23
Figura 9 – MODELO DE FOTOCÉLULA DA <i>SPECTROLAB</i> . . . . .	24
Figura 10 – MODELO DE FOTOCÉLULA DA <i>EMCORE</i> . . . . .	25
Figura 11 – MODELO DE FOTOCÉLULA DA <i>AZURSPACE</i> . . . . .	25
Figura 12 – MODELO DE FOTOCÉLULA DA <i>TRISOLX</i> . . . . .	26
Figura 13 – COEFICIENTES DE TEMPERATURA DOS CAPACITORES CERÂ- MICOS . . . . .	28
Figura 14 – VARIAÇÃO DA CAPACITÂNCIA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA	28
Figura 15 – LISTA DE COMPONENTES ELETRÔNICOS . . . . .	29
Figura 16 – CIRCUITOS DOS SUBCONJUNTOS DO SISTEMA . . . . .	30

# Lista de tabelas

Tabela 1 – TIPOS DE BATERIAS E AS PRINCÍPAIS CARACTERÍSTICAS . .	20
Tabela 2 – COMPARATIVO DAS FOTOCÉLULAS DA <i>SPECTROLAB</i> . . . . .	24
Tabela 3 – COMPARATIVO DAS FOTOCÉLULAS DA <i>EMCORE</i> . . . . .	24
Tabela 4 – COMPARATIVO DAS FOTOCÉLULAS DA <i>AZURSPACE</i> . . . . .	25
Tabela 5 – ORÇAMENTO DAS FOTOCÉLULAS DA <i>AZURSPACE</i> . . . . .	26
Tabela 6 – ORÇAMENTO DAS FOTOCÉLULAS DA <i>TRISOLX</i> . . . . .	27

# Lista de abreviaturas e siglas

<i>Cal Poly</i>	<i>California Polytechnic State University</i>
<i>NASA</i>	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NSEE-IMT	Núcleo de Sistemas Eletrônicos Embarcados do Instituto Mauá de Tecnologia
<i>LEO</i>	<i>Low Earth Orbit</i>
<i>PV</i>	<i>Photovoltaic</i>
<i>AM</i>	<i>Air Mass</i>
<i>WRC</i>	<i>World Radiation Center</i>
T	Temperatura
<i>SMD</i>	<i>Superficial Mounting Device</i>
<i>DF</i>	<i>Dissipation Factor</i>
<i>OSSI</i>	<i>Open Source Satellite Initiative</i>

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>CubeSat</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Surgimento</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>No Brasil</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Condições do espaço</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Definição dos componentes</b>	<b>19</b>
3.2.1	Bateria	19
3.2.1.1	Princípio de funcionamento	20
3.2.2	Fotocélulas	21
3.2.2.1	Princípio de funcionamento	21
3.2.2.2	VIS Technology	22
3.2.2.3	SpectroLab	23
3.2.2.4	Emcore	23
3.2.2.5	AzurSpace	25
3.2.2.6	Análise de preços	26
3.2.2.7	TrisolX	26
3.2.3	Componentes passivos	27
3.2.4	Semicondutores	29
3.2.5	Lista de componentes	29
<b>3.3</b>	<b>Ensaio possíveis</b>	<b>30</b>
3.3.1	Validação dos subconjuntos	30
3.3.2	Ensaio de radiação	30
3.3.3	Ensaio térmico	31
3.3.4	Ensaio de vácuo	31
3.3.5	Ensaio de termovácuo	31
<b>4</b>	<b>PROTÓTIPO</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>PLANO DE MARKETING</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>PLANO OPERACIONAL</b>	<b>35</b>

8	PLANILHA FINANCEIRA . . . . .	36
9	CONCLUSÕES . . . . .	37
	REFERÊNCIAS . . . . .	38
	 ANEXOS	 41
	ANEXO A – ORÇAMENTO DOS COMPONENTES DA FARNELL	42

# 1 Introdução

Os satélites artificiais amplamente utilizados e essenciais no dia-a-dia para diversas tarefas, como por exemplo para as transmissões televisivas e previsões meteorológicas, são objetos que orbitam os planetas em trajetórias circulares ou elípticas. Esses satélites, feitos pelo homem, são desenvolvidos especificamente para funções preestabelecidas que tornem possível alcançar objetivos maiores.

Esse formato de desenvolvimento individual faz o seu processo produtivo ser lento e com custos elevados, o que torna a alta tecnologia encontrada nos satélites restrita a pequenos grupos de engenheiros e cientistas. A combinação desses fatores acabou motivando, no final dos anos 90, os professores Jordi Puig-Suari e Bob Twiggs, a proporem o modelo do *CubeSat*, que são satélites miniaturizados com tempo de desenvolvimento e custos bem abaixo dos satélites tradicionais.

O presente trabalho apresenta o Sistema de Gerenciamento de Energia de um *CubeSat*, ele é o subsistema responsável pela geração, transmissão e gerenciamento de energia, tendo por finalidade fornecer energia elétrica suficiente para o funcionamento dos demais subsistemas pertencentes a este satélite miniaturizado, como por exemplo o subsistema de comunicação, controle de atitude e computador de bordo.

O processo de geração de energia depende da captação de luz solar suficiente para suprir a demanda energética do *CubeSat*, além de ser capaz de realizar o carregamento de uma bateria. Essa bateria, que por sua vez, tem a capacidade de assumir o fornecimento de energia para todo o sistema nos momentos nos quais o *CubeSat* estiver na região de sombra da Terra.

O Sistema de Gerenciamento de Energia foi totalmente dimensionado de forma a atender todos os pré-requisitos da construção de um *CubeSat*, que futuramente deverá ser enviado para a realização de uma missão espacial.

Esse subsistema visa fornecer a energia necessária, com incidência direta ou não de luz solar, para garantir o sucesso de missões espaciais, além de ajudar a fomentar a pesquisa e desenvolvimento de projetos para formar e capacitar alunos e pesquisadores na área espacial, além de ser parte de um projeto da Escola de Engenharia Mauá que objetiva o desenvolvimento de um *CubeSat* com tecnologia nacional.

O presente trabalho está dividido em XX capítulos contendo as seguintes abordagens.

O capítulo 1 traz a apresentação do trabalho, suas principais características, inovações e os objetivos principais.

O capítulo 2 apresenta um estudo histórico sobre os *CubeSats*, como surgiram e o

posicionamento do Brasil neste segmento.

O capítulo 3 faz um estudo sobre o estado da arte no segmento espacial, apresenta a proposta do estudo e faz a discretização dos componentes utilizados para o desenvolvimento do *CubeSat*.

O capítulo 4 mostra os resultados e discussões dos dados obtidos no levantamento dos rendimento do subsistema proposto.

O capítulo 5 trata das conclusões obtidas através das análises dos resultados dos ensaios realizados.

## 2 Referencial Teórico

A seguir será apresentado a definição de um *CubeSat*, assim como as suas principais características de projeto, o seu surgimento e uma breve análise dos projetos brasileiros.

### 2.1 *CubeSat*

É um tipo de satélite miniaturizado usado em pesquisas espaciais. Por definição de projeto, elaborado pela *California Polytechnic State University (Cal Poly)*, um *CubeSat* deve possuir volume máximo de um litro, ou seja, ser um cubo de 10x10x10 cm e com massa máxima de até 1,3 kg.<sup>(1)</sup>

Um *CubeSat* com essas especificações são chamados de *CubeSat* de 1U, ou seja, é um *CubeSat* de 1 unidade, conforme a Figura 1. Porém outras unidades podem ser adicionadas gerando os *CubeSats* de 2U, 3U, 4U e etc.

Figura 1 – MODELO DE UM CUBESAT DE 1U

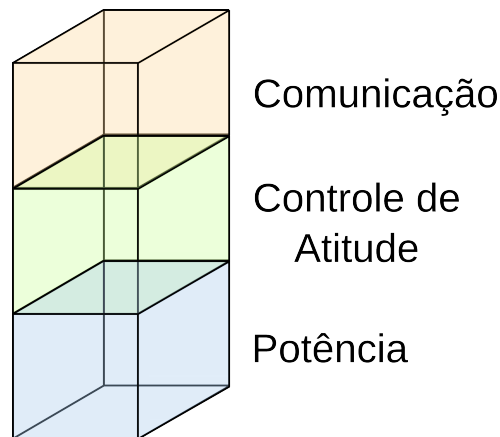


FONTE: NASA<sup>(2)</sup>

O *CubeSat* Mauá, proposto no NSEE-IMT, é um equipamento do modelo 3U, sendo as unidades distribuídas em unidade de comunicação, unidade de controle de atitude e unidade de potência.



Figura 2 – ESTRUTURA DO CUBESAT PROPOSTA PELO NSEE-IMT



FONTE: Especificação do produto CubeSat<sup>(3)</sup>

## 2.2 Surgimento

O primeiro projeto de um *CubeSat* foi proposto em 1999 pelos professores Jordi Puig-Suari, da *California Polytechnic State University*, e Bob Twiggs, da *Stanford University*. O objetivo do projeto foi o de padronizar o *design* de picosatélites, visando a redução de custos e de tempo de desenvolvimento, além de prover uma maior acessibilidade ao espaço e conseguir realizar lançamentos frequentes, o que é de inviável obtenção com os satélites de grande porte.<sup>(1)</sup>

## 2.3 No Brasil

Os projetos de picosatélites, nanosatélites e microsatélites se multiplicam a cada ano, não só no Brasil mas em todo o mundo. A *Cal Poly* estima que atualmente o projeto *CubeSat* conte com a colaboração internacional de mais de 100 universidades, colégios e de algumas empresas e governos.

Atualmente vários projetos nessa área, de pequenos satélites para diversas áreas da pesquisa científica e tecnológica, estão em curso no Brasil e outros ainda em fase de discussão, dentre eles se destacam os projetos abaixo:

- **Tancredo 1**

Picosatélite desenvolvido pelo grupo do professor Cândido Moura da Escola Tancredo Neves de Ubatuba, São Paulo. Primeiro satélite do Projeto UbatubaSat.<sup>(4)</sup>

- **AESP-14**

Cubesat desenvolvido pelo grupo do Dr. Pedro Lacava, professor e coordenador do Curso de Engenharia Aeroespacial do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).<sup>(5)</sup>

- **NanoSatC-Br2**

Nanosatélite em desenvolvimento pelo grupo coordenado pelo Dr. Nelson Schuch do Centro Regional Sul do INPE (CRS) e do Dr. Otávio Durão (INPE/SJC), em parceria com pesquisadores da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) do Rio Grande do Sul, em órbita desde 19/06/2014.<sup>(6)</sup>

- **14-BISat**

Nanosatélite científico em desenvolvimento pelo grupo liderado pelo professor Cedric Salotto, coordenador do Centro de Referência em Sistemas Embarcados e Aeroespaciais (CRSEA) do Instituto Federal Fluminense (IFF) da cidade de Campos dos Goytacazes (RJ), em parceria com a empresa Tekever S/A e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Portugal. Este projeto faz parte da missão internacional QB50.<sup>(7)</sup>

- **ITASAT-1**

Nanosatélite tecnológico em desenvolvimento pelo grupo liderado pelo Major Eloi Fonseca, professor do Curso de Engenharia Aeroespacial do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em parceria com a Agência Espacial Brasileira (AEB), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-SJC, INPE-CRN e INPE-SM), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).<sup>(8)</sup>

Nesse capítulo foram apresentadas as premissas básicas de um projeto de *CubeSat*, assim como o seu surgimento e um resumo do segmento de nanosatélites no Brasil.

## 3 Materiais e Método

Para auxiliar no projeto, as atividades foram divididas de forma a trazer, além do ganho teórico, uma maior dinâmica no desenvolvimento do mesmo. Essa etapa do projeto visou a máxima aquisição de dados possível sobre o tema proposto, foram abertas distintas frentes de trabalho para agilizar a aquisição teórica. Além do conhecimento adquirido foram definidos os principais componentes e equipamentos que foram utilizados no protótipo, como por exemplo as baterias, fotocélulas, componentes passivos e semicondutores.

Também foi possível identificar e conhecer, de forma mais profunda, possíveis testes que podem ser realizados no Sistema de Gerenciamento de Energia para *CubeSat*, como os testes de radiação, temperatura e pressão. Esses testes são de extrema importância para a detecção de possíveis problemas que possam existir, pois uma vez que o *CubeSat* for lançado nada mais poderá ser feito para reparar possíveis problemas.

### 3.1 Condições do espaço

Para o desenvolvimento do *CubeSat* é de extrema importância ter conhecimento das condições de operação que o equipamento irá operar.

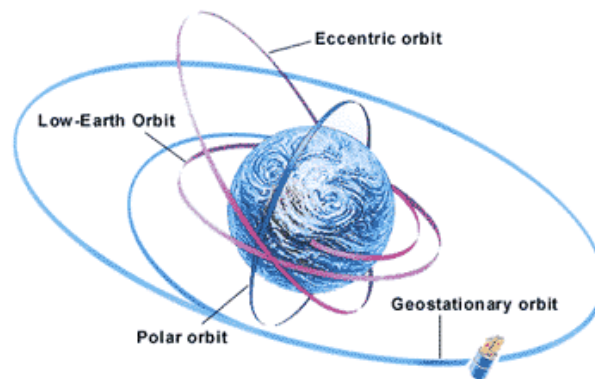
Os *CubeSats*, operam em órbita terrestre baixa (*LEO* - *Low Earth Orbit*). A órbita *LEO* é a órbita que se encontra abaixo de 2.000 km do nível do mar, os objetos que situam-se nela, geralmente, ficam entre 320 até 800 km da superfície terrestre, muito diferente dos satélites tradicionais que operam em órbita geoestacionária, cuja a distância é de 35.796 km em relação ao nível do mar.<sup>(9)(10)</sup>

Satélites situados na órbita *LEO* viajam em velocidades de aproximadamente 27.400 km/h ou 8 km/s, o que representa uma volta ao longo da Terra a cada 90 minutos. Já os satélites geoestacionários precisam ter uma velocidade que façam que eles acompanham sempre o mesmo ponto da Terra, por isso as velocidades deles são de aproximadamente 11.068 km/h ou 3 km/s. O planeta Terra tem uma velocidade de rotação de aproximadamente 1.669,8 km/h ou 0,5 km/s.<sup>(9)(10)</sup>

Outras características de destaque para a órbita *LEO* são as condições de temperatura, variando de -170 °C a 123 °C e de pressão variando de  $10^{-4}$  Pa a  $10^{-6}$  Pa.<sup>(9)</sup>

Órbitas inferiores a esta não apresentam muita estabilidade e são alvos de arrastamento atmosférico, que é a força de fricção que atua sobre o foguete ou satélite, cuja principal causa é a fricção entre as moléculas do ar e a superfície do foguete ou satélite.<sup>(11)</sup>

Figura 3 – PRINCIPAIS TIPOS DE ÓRBITAS

FONTE: Civil Air Patrol<sup>(12)</sup>

## 3.2 Definição dos componentes

A seguir será explicado de forma mais detalhada como foram realizadas as escolhas dos principais componentes do projeto. Importante ressaltar que os projetos de *CubeSats* possuem como premissa o conceito de ser um projeto de baixo custo, porém o referencial do custo utilizado são os custos de projetos de grandes satélites.

Para a utilização dos componentes que suportem as condições impostas no meio espacial, alguns fabricantes possuem linhas de produtos voltadas para utilização de componentes aeroespaciais que possuem um custo mais elevado em comparação aos componentes utilizados no mercado comum.

### 3.2.1 Bateria

As baterias têm a função principal de armazenar carga para poder assumir o controle do fornecimento de energia para todos os subsistemas do *CubeSat*, nos momentos no qual o equipamento estiver situado em regiões de sombras solares, por exemplo atrás do planeta Terra. Nessas regiões, não há incidência de luz solar portanto as fotocélulas não irão gerar energia para o sistema. Dessa forma é preciso haver outro meio de geração de energia até que o *CubeSat* volte a ter incidência de luz solar, caso contrário o sistema será desligado e o equipamento virará apenas lixo espacial.

Algumas das premissas básicas de projeto para a definição da bateria estão relacionadas com o seu poder de armazenamento de carga e o seu dimensional reduzido. Essas baterias ficaram alocadas no interior do *CubeSat*, por isso a importância do dimensional reduzido, além disso não podem ser baterias com peso elevado, uma vez que a definição do projeto diz que os *CubeSats* não podem ultrapassar 1,3 kg.

Para a definição da bateria foi realizado um levantamento dos prós e contras dos tipos mais comuns de baterias encontradas no mercado, sendo elas de: níquel cádmio, hidreto metálico de níquel, íon-lítio e polímero de lítio.

Tabela 1 – TIPOS DE BATERIAS E AS PRINCÍPAIS CARACTERÍSTICAS

Composição	Prós	Contras
Níquel cádmio	Baixo custo	Tecnologia obsoleta, baixo ciclo de vida, possui efeito memória, altamente tóxica
Hidreto metálico de níquel (NiMH)	Boa capacidade de armazenamento, ciclo de vida longo, rápida capacidade de carga, baixo desempenho, auto-descarga de 2% ao dia	Efeito memória
Íon-lítio	Armazena mais carga do que as anteriores, não tem efeito memória, peso e volume reduzido, alto desempenho, alta densidade energética, ampla faixa de temperatura de operação, baixo tempo de carga, ciclo de vida longo	Inflamável, inutilidade em caso de descarga total
Polímero de lítio	Os mesmos da íon-lítio, alta taxa de descarga	Mais inflamável, inutilidade em caso de descarga total, alto custo

FONTE: Elaborada pelos autores através de pesquisas realizadas na internet.

Dentre os modelos comparados na Tabela 1, foi escolhida a bateria do tipo íon-lítio. Foram utilizadas duas baterias de duas células de 7,4 V e 2000 mAh, sendo uma para o conjunto principal e a outra para o conjunto de redundância do Sistema de Gerenciamento de Energia para *CubeSat*. Na Figura 4, é possível visualizar a bateria selecionada.

Figura 4 – BATERIA DE ÍON-LÍTIO SELECIONADA



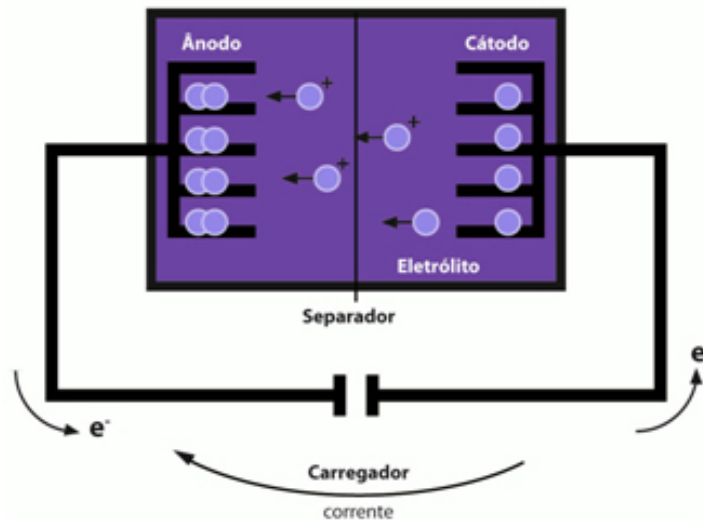
FONTE: Fotos tiradas pelos autores

### 3.2.1.1 Princípio de funcionamento

As baterias de íon-lítio, têm esse nome devido ao seu princípio de funcionamento o qual consiste no movimento dos íons de lítio (Li) que migram do ânodo para o cátodo por

meio de um solvente não aquoso, conforme pode ser visto na Figura 5.<sup>(13)</sup>

Figura 5 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA BATERIA DE ÍON-LÍTIO



FONTE: Brasil Escola<sup>(13)</sup>

O lítio (Li) é considerado o metal mais leve existente na Terra (desconsiderando os feitos em laboratório), por essa razão que as baterias de íon-lítio possuem baixo peso, o que é de fundamental importância para o projeto do *CubeSat*. Por se tratar de um dos tipos de bateria mais comuns, sendo amplamente encontrado em *smartphones* e *notebooks*, acaba tendo um impacto positivo nos custos de aquisição das mesmas.<sup>(14)</sup>

### 3.2.2 Fotocélulas

As fotocélulas são fundamental importância para o sistema, uma vez que elas são as responsáveis pela captação da luz solar que irá gerar a energia necessária para o funcionamento do *CubeSat*. É importante que elas possuam rendimento elevado, pois devido as condições impostas pela órbita *LEO*, na qual o *CubeSat* irá ficar um terço do período de translação em regiões de sombra, ou seja, estará sem a incidência direta de luz solar.

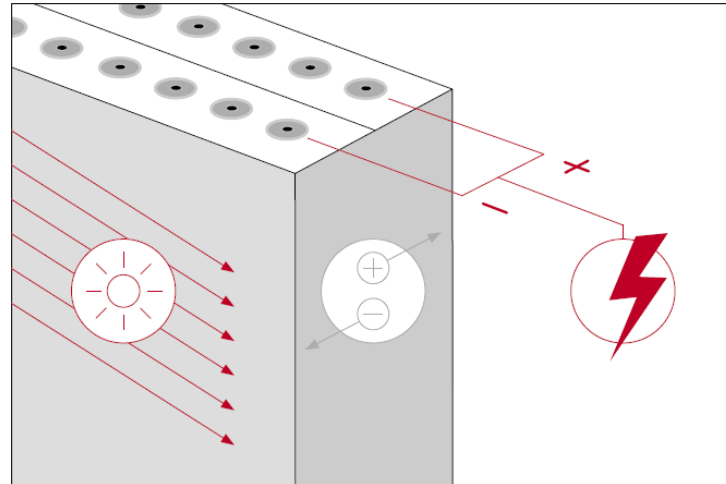
#### 3.2.2.1 Princípio de funcionamento

As fotocélulas são um exemplo de aplicação prática do efeito fotoelétrico, descoberto por Heinrich Rudolf Hertz, em 1887 e explicado por Albert Einstein, em 1905.<sup>(15)</sup>

Quando uma grande quantidade de fótons é incidida em uma fotocélula a energia é absorvida. Essa absorção de energia permite que os átomos dos elementos que constituem a célula liberem elétrons, o espaço liberado é preenchido por outro elétron de uma camada inferior do semicondutor. Essa movimentação de elétrons, faz com que um dos lados da

célula tenha uma concentração maior de elétrons, o que origina a diferença de potencial entre os lados, conforme pode ser visto na Figura 6.<sup>(16)</sup>

Figura 6 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UMA FOTOCÉLULA



FONTE: Sapa Solar<sup>(16)</sup>

#### 3.2.2.2 *VIS Technology*

Inicialmente foi indicado pelo Engenheiro Rafael Corsi, do NSEE-IMT, o contato da empresa *Vis Technology*, uma empresa nacional, localizada em São Paulo, que desenvolve projetos com energias renováveis. Porém as fotocélulas utilizadas por eles são para aplicações industriais. Essas fotocélulas possuem um rendimento entre 10% e 12%, muito abaixo comparado ao rendimento com as próprias de aplicações aeroespaciais, além de terem um dimensional maior, conforme pode ser visualizado na Figura 7.

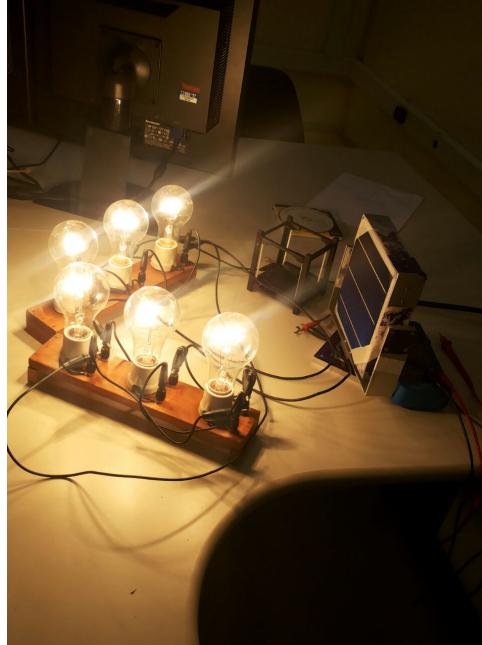
Figura 7 – FOTOCÉLULAS DA *VIS TECHNOLOGY*



FONTE: Foto tirada pelos autores

Mesmo sabendo dessas limitações, foram obtidas algumas amostras. Essas amostras serviram para um primeiro contato com essa tecnologia, conseguindo realizar alguns ensaios a fim de se obter uma familiaridade maior com o componente, conforme pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – *SET UP* PARA TESTE DAS FOTOCÉLULAS DA *VIS TECHNOLOGY*



FONTE: Foto tirada pelos autores

Após uma breve familiarização com as fotocélulas, foram analisados diversos projetos de *CubeSats* e identificados os principais fornecedores de fotocélulas (*SpectroLab*, *Emcore* e *AzurSpace Solar*) para aplicações aeroespaciais.

Foi realizado um estudo apurado dos principais tipos de fotocélulas disponíveis nos portfólios desses fornecedores, visando identificar os modelos que se melhor ajustavam no desenvolvimento do *CubeSat*.

### 3.2.2.3 *SpectroLab*

A *SpectroLab*, empresa subsidiária da *The Boeing Company*, é a fabricante líder mundial de células solares de multi-junção de alta eficiência e de painéis solares. A empresa é sediada nos Estados Unidos, mais especificamente em Los Angeles, Califórnia.<sup>(17)</sup>

Avaliando os dados da Tabela 2, os modelos *PV UTJ Cell* e *PV XTJ Cell*, foram os mais indicados para a aplicação, devido ao alto rendimento (superior a 28%) apresentado

### 3.2.2.4 *Emcore*

Em dezembro de 2014, a *Emcore* foi comprada pela *SolAero Technologies*, que é uma das fabricantes líderes mundial de alta eficiência, células solares e painéis solares para

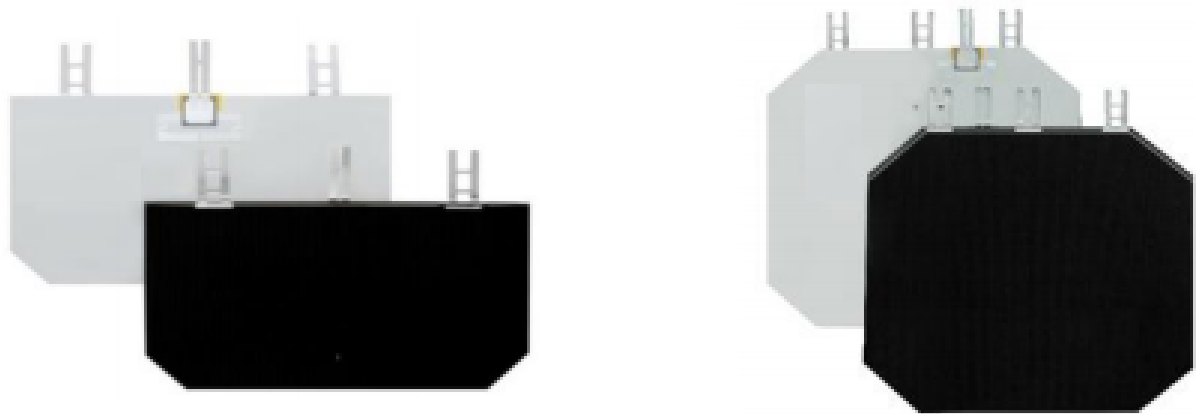


Tabela 2 – COMPARATIVO DAS FOTOCÉLULAS DA *SPECTROLAB*

Modelo	<i>PV UTJ Cell</i>	<i>PV XTJ Cell</i>	<i>PV NM TASC ITJ</i>	<i>PV ITJ Cell</i>
<b>Rendimento</b>	28,3%	29,5%	24% a 30%	26,8%
<b>Material</b>	GaInP2/GaAs/Ge	GaInP2/GaAs/Ge	GaInP2/GaAs/Ge	GaInP2/GaAs/Ge
<b>Tensão</b>	2,660 V	2,633 V	2,520 V	2,565 V
<b>Corrente</b>	454 mA	472 mA	31 mA	441 mA
<b>Dimensional</b>	26,62 cm <sup>2</sup>	26,62 cm <sup>2</sup>	2,277 cm <sup>2</sup>	31 cm <sup>2</sup>
<b>Peso</b>	84 mg/cm <sup>2</sup>	84 mg/cm <sup>2</sup>	0,234 g	84 mg/cm <sup>2</sup>

FONTE: Elaborada pelos autores através de informações coletadas nos *datasheets* dos produtos.

NOTA: Condições de teste: *AM* 0, *WRC* = 135,3 mW/cm<sup>2</sup>, T = 28°C.

Figura 9 – MODELO DE FOTOCÉLULA DA *SPECTROLAB*

FONTE: *SpectroLab*<sup>(18)</sup>

aplicações espaciais. Assim como a *SpectroLab*, está sediada nos Estados Unidos, porém no município de Albuquerque, Novo México.<sup>(19)(20)</sup>

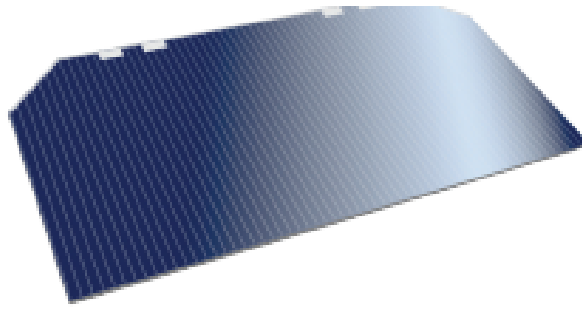
Tabela 3 – COMPARATIVO DAS FOTOCÉLULAS DA *EMCORE*

Modelo	<i>ATJ PV Cell</i>	<i>BTJ PV Cell</i>	<i>BTJM PV Cell</i>	<i>ZTJ PV Cell</i>
<b>Rendimento</b>	27,5%	28,5%	28%	29,5%
<b>Material</b>	GaInP/GaAs/Ge	GaInP/GaAs/Ge	GaInP/GaAs/Ge	GaInP/GaAs/Ge
<b>Tensão</b>	2,60 V	2,70 V	2,69 V	2,73 V
<b>Corrente</b>	454 mA	455 mA	454 mA	467 mA
<b>Dimensional</b>	26,6 cm <sup>2</sup>	26,6 cm <sup>2</sup>	26,6 cm <sup>2</sup>	26,6 cm <sup>2</sup>
<b>Peso</b>	84 mg/cm <sup>2</sup>	84 mg/cm <sup>2</sup>	84 mg/cm <sup>2</sup>	84 mg/cm <sup>2</sup>

FONTE: Elaborada pelos autores através de informações coletadas nos *datasheets* dos produtos.

NOTA: Condições de teste: *AM* 0, *WRC* = 135,3 mW/cm<sup>2</sup>, T = 28°C.

Avaliando os dados da Tabela 3, os modelos *BTJ PV Cell*, *BTJM PV Cell* e *ZTJ PV Cell*, foram os mais indicados para a aplicação, devido ao alto rendimento (superior a 28%) apresentado.

Figura 10 – MODELO DE FOTOCÉLULA DA *EMCORE*

FONTE: *SolAero Technologies*<sup>(21)</sup>

### 3.2.2.5 *AzurSpace*

A *AzurSpace* é a líder europeia no desenvolvimento e produção de células solares multi-junção para aplicações espaciais e terrestres, com quase 50 anos de experiência no mercado. A empresa localiza-se em Heilbronn, cidade em Baden-Württemberg, Alemanha.<sup>(22)</sup>

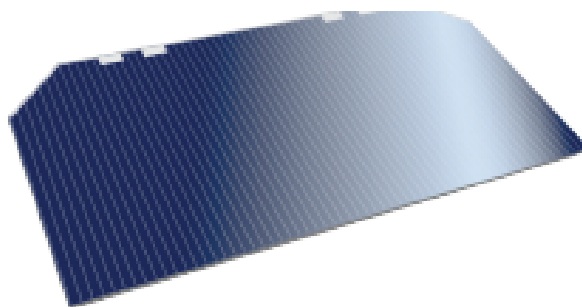
Tabela 4 – COMPARATIVO DAS FOTOCÉLULAS DA *AZURSPACE*

Modelo	<i>3G30C</i>	<i>3G30C-Large</i>	<i>3G30C-Large-120x60</i>	<i>3G28C</i>
<b>Rendimento</b>	30%	30%	30%	28%
<b>Material</b>	GaInP/GaAs/Ge	GaInP/GaAs/Ge	GaInP/GaAs/Ge	GaInP/GaAs/Ge
<b>Tensão</b>	2,700 V	2,700 V	2,700 V	2,667 V
<b>Corrente</b>	520,2 mA	1041 mA	1186 mA	506 mA
<b>Dimensional</b>	30,18 cm <sup>2</sup>	60,36 cm <sup>2</sup>	68,76 cm <sup>2</sup>	30,18 cm <sup>2</sup>
<b>Peso</b>	86 mg/cm <sup>2</sup>	114 mg/cm <sup>2</sup>	130 mg/cm <sup>2</sup>	86 mg/cm <sup>2</sup>

FONTE: Elaborada pelos autores através de informações coletadas nos *datasheets* dos produtos.

NOTA: Condições de teste:  $AM\ 0$ ,  $WRC = 1367\ W/m^2$ ,  $T = 28^\circ C$ .

Avaliando os dados da Tabela 4, os modelos *30G28C* e *30G30C*, foram os mais indicados para a aplicação, devido ao alto rendimento (superior a 28%) apresentado. Os demais modelos não atenderam o dimensionamento adequado para o projeto.

Figura 11 – MODELO DE FOTOCÉLULA DA *AZURSPACE*

FONTE: *AzurSpace*<sup>(23)</sup>

### 3.2.2.6 Análise de preços

Selecionados os modelos dos principais fornecedor, foi solicitado um orçamento das fotocélulas para realizar o comparativo dos preços e, por fim, realizar os procedimentos necessários para a aquisição das mesmas.

O contato com a *SpectroLab* não teve obtido sucesso, uma vez que a empresa não respondeu nenhuma das tentativas de contato realizadas. Já a solicitação do orçamento da *SolAero Technologies* (antiga *Emcore*) não caminhou conforme esperado, uma vez que uma das políticas de vendas da empresa é de um pedido mínimo de \$7.500,00 dólares.

A *AzurSpace* enviou um orçamento dos modelos solicitados, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – ORÇAMENTO DAS FOTOCÉLULAS DA *AZURSPACE*

Modelo	Valor unitário	Frete	Lead time
3G28C	€193,00	€195,00	8 a 10 semanas
3G30C	€198,00	€195,00	8 a 10 semanas

FONTE: Elaborada pelos autores através do orçamento recebido pela *AzurSpace*

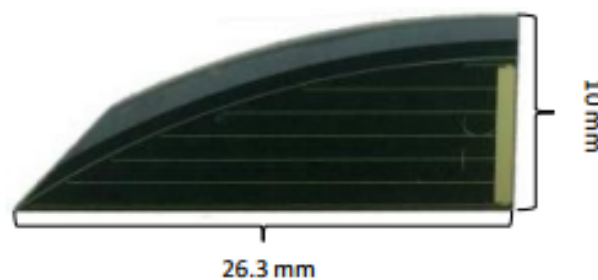
### 3.2.2.7 TrisolX

Devido ao alto custo e o grande *lead time* da *AzurSpace*, novas pesquisas foram feitas na tentativa de encontrar um novo fornecedor de fotocélulas com um custo mais acessível. Após uma busca detalhada em diversos grupos de discussões sobre o desenvolvimento de *CubeSats*, foi encontrada no *LinkedIn* a empresa *TrisolX*.

A *TrisolX* é uma pequena empresa, localizada em Nova Iorque, que oferece uma alternativa acessível para projetos com orçamentos reduzidos. A empresa, vende a *TrisolX Solar Wings*, que são fotocélulas cortadas a partir do modelo 3G28C da *AzurSpace*.

É o mesmo produto da *AzurSpace*, porém com tamanho e formato diferentes, conforme Figura 12.

Figura 12 – MODELO DE FOTOCÉLULA DA *TRISOLX*



FONTE: *TrisolX*<sup>(24)</sup>

Foi solicitado um orçamento à *TrisolX*, que prontamente foi recebido conforme Tabela 6.

Tabela 6 – ORÇAMENTO DAS FOTOCÉLULAS DA *TRISOLX*

Pacote	Quantidade	Valor	Frete	Prazo de entrega
<i>Sample Pack</i>	5 células	\$25,00	\$68,00	2 semanas
<i>Starter Pack</i>	25 células	\$100,00	\$68,00	2 semanas
<i>Development Pack</i>	100 células	\$400,00	\$68,00	2 semanas

FONTE: Elaborada pelos autores através do orçamento recebido pela *TrisolX*.

NOTA: O modelo das fotocélulas comercializado pela *TrisolX* é o *3G28C* da *AzurSpace*.

Tendo como objetivo inicial fazer a validação do sistema como um todo, realizar testes de pressão, temperatura e radiação, para fazer um levantamento completo do funcionamento do sistema, foi solicitado para a *TrisolX* o *Starter Pack*. Dessa forma foi possível ganhar experiência no manuseio das fotocélulas e validar o sistema, para depois fazer a aquisição das fotocélulas mais robustas da *AzurSpace*.

### 3.2.3 Componentes passivos

Os componentes passivos, são os componentes eletrônicos que não aumentam a intensidade da tensão ou da corrente de um circuito eletrônico, ou seja, são os resistores, indutores, capacitores e memristores.<sup>(25)</sup> No desenvolvimento do projeto não foram utilizados os memristores.

Resistores são componentes utilizados para controlar a intensidade da corrente elétrica que passa no circuito. Capacitores são componentes que armazenam e liberam cargas elétricas por meio da tensão elétrica. Indutor são componentes que utilizam o magnetismo para armazenar e liberar cargas por meio da corrente elétrica.

É de extrema importância que os componentes passivos atendam algumas premissas para a utilização no projeto. Esses componentes precisam possuir uma grande faixa de temperatura de operação, uma certa tolerância a radiação e um dimensional pequeno (*SMD*).

Os capacitores, devido as baixas pressões encontradas no espaço, não podem ser do modelo eletrolítico, ou seja, precisam ser ou cerâmicos ou de tântalo. Os capacitores cerâmicos geralmente são de 0,5 pF até 470 nF com tensão de isolamento de 25 V ou 50 V. Para esses capacitores tomou-se o cuidado de selecionar os capacitores com o coeficiente de temperatura X7R, devido a sua grande faixa de temperatura de operação, conforme indicado na Figura 13.<sup>(26)</sup>

Figura 13 – COEFICIENTES DE TEMPERATURA DOS CAPACITORES CERÂMICOS

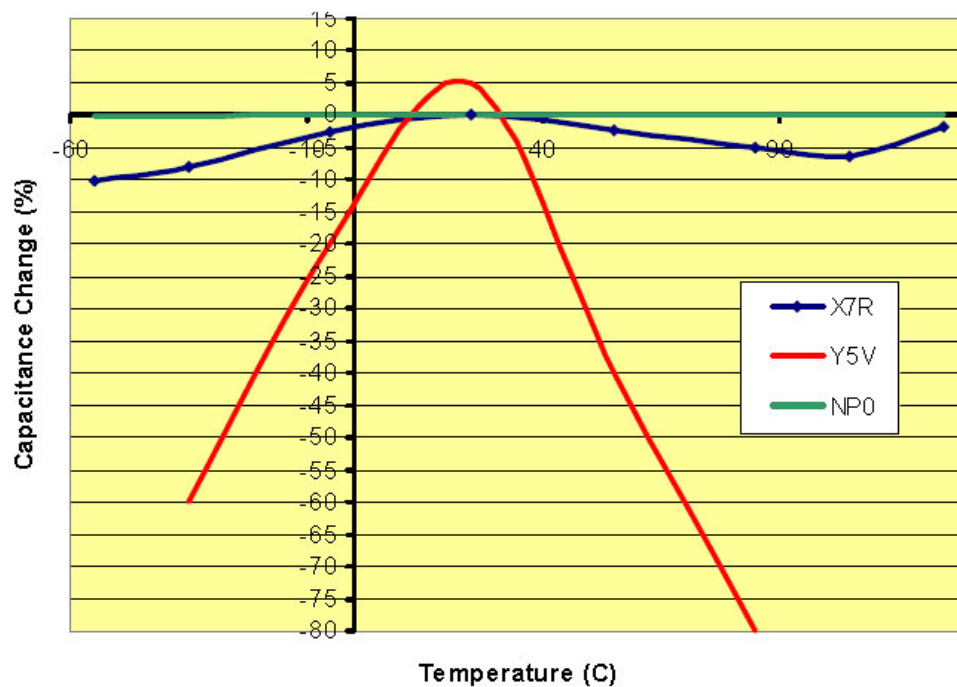
Low Temperature Limit	High Temperature Limit	Maximum Allowable Capacitance Change From +25°C ( 0 VDC )
<b>X</b> = -55°C	<b>5</b> = +85°C	<b>F</b> = $\pm 7.5\%$
<b>Y</b> = -30°C	<b>6</b> = +105°C	<b>P</b> = $\pm 10\%$
<b>Z</b> = +10°C	<b>7</b> = +125°C	<b>R</b> = $\pm 15\%$
	<b>8</b> = +150°C (SPECIAL)	<b>S</b> = $\pm 22\%$
		<b>T</b> = +22% / -33%
		<b>U</b> = +22% / -56%
		<b>V</b> = +22% / -82%

**X7R** =  $\pm 15\% \Delta C$  over -55°C ~ + 125°C

FONTE: PY2BBS<sup>(26)</sup>

Além dessa característica, os capacitores X7R apresentam um bom comportamento com a variação de temperatura, comparado com os capacitores Y5V (outro modelo amplamente encontrado no mercado), conforme pode ser visto na Figura 14.

Figura 14 – VARIAÇÃO DA CAPACITÂNCIA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

FONTE: Johanson Dielectrics<sup>(27)</sup>

Já os capacitores de tântalo apresentam valores de 0,22 pF até 100  $\mu\text{F}$ , esse tipo de capacitor possui baixa corrente de fuga e baixas perdas, além de uma vida útil maior comparado aos eletrolíticos.<sup>(26)</sup>

### 3.2.4 Semicondutores

### 3.2.5 Lista de componentes

Seguindo as premissas apresentadas anteriormente, foi finalizada a lista de componentes necessárias para o seguimento do projeto, também foi levado em consideração a questão financeira, portanto alguns componentes apresentados nessa lista podem ser substituídos após a realização de todos os ensaios e validações.

Na Figura 15 é possível visualizar a lista de componentes eletrônicos definida pelo grupo.

Figura 15 – LISTA DE COMPONENTES ELETRÔNICOS

VALOR	COMPONENTE	PACKAGE	DESCRIÇÃO	FABRICANTE	PART_NUMBER	QUANTIDADE
3300pF	CAPACITOR	SMD 0805	CERAMIC CAPACITOR 3300PF, 50V, X7R, 10%, 0805	MULTICOMP	MC0805B332K500CT	4
0.022uF	CAPACITOR	SMD 0805	CAP, MLCC, X7R, 0.022UF, 100V, 0805	Vishay	VJ0805Y223KXBBC31	4
1000pF	CAPACITOR	SMD 0805	CAPACITOR, European symbol	Vishay	VJ0805Y102KXBBC31	4
100nF	CAPACITOR	SMD 0805	CAP, MLCC, X7R, 0.1UF, 50V, 0805	Vishay	VJ0805Y104KXABE31	148
10nF	CAPACITOR	SMD 0805	CAP, MLCC, X7R, 0.01UF, 50V, 0805	Vishay	VJ0805Y103KXNAO	4
10uF	CAPACITOR	CASE R	CAP, TANT, 10UF, 16V, CASE R	Vishay	TP8R106M016C	16
1500pF	CAPACITOR	SMD 0805	CAPACITOR, European symbol	Vishay	VJ0805A152JXBMT	12
1uF	CAPACITOR	SMD 0805	TANT, 1UF, 20V, CASE W	Vishay	TP8W105M020C	4
2.2nF	CAPACITOR	SMD 0805	CAP, MLCC, X7R, 2200PF, 100V, 0805	Vishay	VJ0805Y222KXBBC31	4
220nF	CAPACITOR	SMD 0805	CAP, MLCC, X7R, 0.22UF, 25V, 0805	Vishay	VJ0805Y224KXNAT	4
22uF	CAPACITOR	CASE C	CAP, TANT, 22UF, 16V, CASE C	Vishay	TR3C226K016C0350	32
47nF	CAPACITOR	SMD 0805	CAP, MLCC, X7R, 0.047UF, 50V, 0805	Vishay	VJ0805Y473KXABC31	4
47uF	CAPACITOR	CASE C	CAP, TANT, 47UF, 16V, CASE C	Vishay	TR3C476K016C0350	28
LT1941	CIRCUITO INTEGRADO	TSSOP	IC, DC/DC CONVERTER, SMD, TSSOP28	Linear Technology	LT1941EFE#PBF	4
LT4412HV	CIRCUITO INTEGRADO	SOT-23	IC, POWER PATH CONTROLLER, TSOT23-6	Linear Technology	LT4412ES6#TRMPBF	16
MCP2551	CIRCUITO INTEGRADO	8-SOIC	CAN TRANSCEIVER, 1MBPS, 1/1, 5.5V, 8-SOIC	Microchip Technology	MCP2551-I/SN	4
PIC18F66K80	CIRCUITO INTEGRADO	TQFP64-10X10X1MM	MCU, 8BIT, PIC18, 64MHZ, TQFP-64	Microchip Technology	PIC18F66K80-I/PT-ND	4
BQ24005_PWP_20C	CIRCUITO INTEGRADO	PWP20_2P4X3P4-M	CARREGADOR DE BATERIA	Texas Instruments	BQ24005PWP	4
LM3488MM/NOPB	CIRCUITO INTEGRADO	VSSOP	IC, N-CH CONTROLLER, VSSOP-8	Texas Instruments	LM3488MM/NOPB	4
LMP2012	CIRCUITO INTEGRADO	VSSOP	OP AMP, 3MHZ, 4V/US, VSSOP-8	Texas Instruments	LMP2012MM/NOPB	16
LM3488MM/NOPB	CIRCUITO INTEGRADO	VSSOP	IC, N-CH CONTROLLER, VSSOP-8	Texas Instruments	LM3488MM/NOPB	4
LMP2012	CIRCUITO INTEGRADO	VSSOP	OP AMP, 3MHZ, 4V/US, VSSOP-8	Texas Instruments	LMP2012MM/NOPB	16
TPS563209DDCT	CIRCUITO INTEGRADO	SOT-23	SYNC BUCK REGULATOR, 650KHZ, SOT-23-6	Texas Instruments	TPS563209DDCT	12
B340A-13-F	DIODO	DO-214AC	SCHOTTKY DIODE, 3A, 40V, DO-214AC	DIODES INC.	B340A-13-F	24
10uH	INDUTOR	6.86mm x 6.47mm x 3mm	INDUCTOR, 3A, 10UH	Vishay	IHLF2525CZER100M01	4
2.2uH	INDUTOR	5.49mm x 5.18mm x 2mm	INDUCTOR, 2.2UH, 5.5A, 20%	Vishay	IHLF2525CZER2R2M11	4
3.3uH	INDUTOR	6.86mm x 6.47mm x 3mm	INDUCTOR, SMD, 3.3UH	Vishay	IHLF2525CZER3R3M01	16
33uH	INDUTOR	10.8mm x 10.8mm x 4.16mm	SHIELDED, 33UH, 3.7A, 20%	Vishay	IHLE4040DCER330M5A	4
LED	LED	SMD 0805	LED VERDE	KINGBRIGHT	KP-2012CGCK	12
CSD16323Q3	MOSFET CANAL N	8SON	MOSFET, N CH, 25V, 60A, 8SON	Texas Instruments	CSD16323Q3	4
FDN306P	MOSFET CANAL P	SUPER-SOT3	MOSFET, P, SMD, SSOT-3	FAIRCHILD SEMICONDUCTOR	FDN306P	4
SI9933CDY	MOSFET DUPLO CANAL P	SO8	MOSFET, PP-CH, 20V, 4A, SO8	Vishay	SI9933CDY-T1-GE3	24
0.1R	RESISTOR	SMD 2818	RESISTOR, METAL STRIP, 0.1OHM, 7W, 1%	Vishay	WSHM2818R1000FEB	25
470R	RESISTOR	SMD 0805	470R, 0.125W, 1%, 0805, SMD	Vishay	CRCW0805470RFKEA	16
100R	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM, 100R, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW0805100RFKEA	4
100k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM RESISTOR, 100KOHM, 125mW, 1%	Vishay	CRCW0805100KFKEB	20
10k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW080510K0FKTA	64
10k7	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM RESISTOR, 10.7KOHM, 125mW, 1%	Vishay	CRCW080510K7FKEA	4
115k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM RESISTOR, 115KOHM, 125mW, 1%	Vishay	CRCW0805115KFKEA	4
120R	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM RESISTOR, 120 OHM, 125mW, 1%	Vishay	CRCW0805120RFKEA	4
13k3	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM RESISTOR, 13.3KOHM, 125mW, 1%	Vishay	CRCW080513K3FKEA	4
17K4	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM RESISTOR, 17.4KOHM, 125mW, 1%	Vishay	CRCW080517K4FKEA	8
1k	RESISTOR	SMD 0805	1K, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW08051K00FKEA	4
1k5	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM RESISTOR, 1.5KOHM, 125mW, 1%	Vishay	CRCW08051K50FKEB	8
220k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW0805220KFKEA	32
22k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW080522K0FKEA	32
2K49	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM RESISTOR, 2.49KOHM, 125mW, 1%	Vishay	CRCW08052K49FKEA	8
2k2	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM RESISTOR, 2.2KOHM, 125mW, 1%	Vishay	CRCW08052K20FKEA	4
3.4k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW08053K40FKEA	12
0.033R	RESISTOR	SMD 2818	METAL STRIP, 0.033OHM, 7W, 1%	Vishay	WSHM2818R0330FEB	4
33.2k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW080533K2FKEA	12
56.2k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW080556K2FKEA	8
680k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW0805680KFKEA	24
71.5k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW080571K5FKEA	4
8.45k	RESISTOR	SMD 0805	THICK FILM, 0.125W, 1%, 0805	Vishay	CRCW08058K45FKEA	4
TMP35	SENSOR DE TEMPERATURA	SOT23-5	IC, SENSOR, TEMP, TO-92-3	ANALOG DEVICES	TMP36GT9Z	4

FONTE: Elaborado pelos autores.

Foi solicitado um orçamento para a *Farnell*, uma vez que o Instituto Mauá de Tecnologia tem a preferência de trabalhar com esse parceiro. O valor do orçamento, que tinha a disposição praticamente todos os componentes necessários com exceção do carregador de bateria (BQ24005PWP), ficou R\$ 2.065,66, conforme pode ser visto no Anexo A.

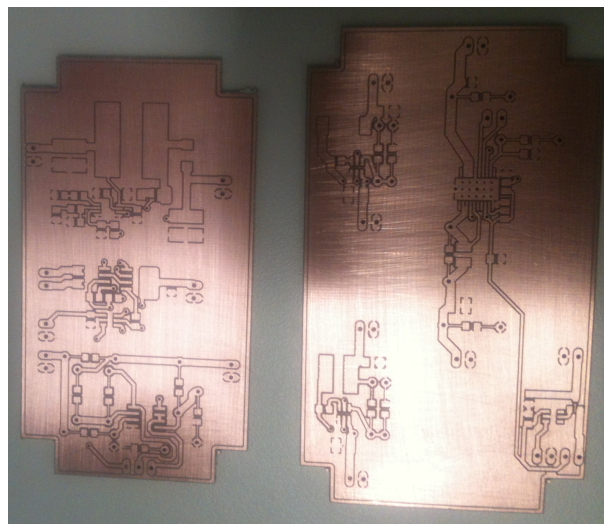
### 3.3 Ensaios possíveis

Durante a fase de aquisição teórica foram identificados possíveis ensaios que poderiam ser feitos no sistema para validação do circuito como um todo. Esses ensaios são de essencial importância para o projeto, pois dessa forma podem ser identificados possíveis problemas que devem ser corrigidos antes do lançamento da missão.

#### 3.3.1 Validação dos subconjuntos

Um dos ensaios identificados foi o de validação dos subconjuntos do Sistema de Gerenciamento de Energia para *CubeSat*. O circuito do sistema como um todo foi dividido em vários subconjuntos de funções específicas para serem validados, ou seja, foi separada a parte do carregador de bateria, do conversor 3,3 V, do conversor de 5 V, do conversor de 12 V e do conversor *backup*. Na Figura 16 pode ser visualizado um dos subconjuntos do sistema.

Figura 16 – CIRCUITOS DOS SUBCONJUNTOS DO SISTEMA



FONTE: Fotos tiradas pelos autores.

#### 3.3.2 Ensaio de radiação

O ensaio de radiação consiste na emissão de radiação nos semicondutores a fim de se obter a assinatura da tensão e corrente após a exposição a radiação. Para esse ensaio

foi necessário que os semicondutores estivessem decapados, ou seja, é necessário que a eletrônica do semicondutor esteja visível para que a emissão da radiação seja direta no componente, fato que não ocorrerá no espaço, uma vez que a película do componente estará presente o que, por sua vez, acaba dando uma pequena filtrada na radiação. Esse teste foi realizado em conjunto com o Centro Universitário da Faculdade de Engenharia Industrial (FEI), com a professora Marcilei da FEI.

Entre diversas pesquisas a respeito de possíveis testes de radiação, foi encontrado o projeto *Open Source Satellite Initiative*<sup>(28)</sup>. Na *wikipedia*<sup>(29)</sup> do projeto *OSSI* é disponibilizado um *link* para um *data base* que contém dados de testes de radiação da *NASA Goddard Space Flight Center*.<sup>(30)</sup>

### 3.3.3 Ensaio térmico

### 3.3.4 Ensaio de vácuo

### 3.3.5 Ensaio de termovácuo



## 4 Protótipo

## 5 Resultados e discussões

## 6 Plano de marketing

## 7 Plano operacional

## 8 Planilha financeira

## 9 Conclusões

# Referências

- 1 MEHRPARVAR A.; PIGNATELLI, D. *CubeSat Design Specification*. 13. ed. Califórnia, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.
- 2 NASA. *NASA's CubeSat Launch Initiative*. Washington, D.C, 2014. Disponível em: <[http://www.nasa.gov/directorates/somd/home/CubeSats\\_initiative.html](http://www.nasa.gov/directorates/somd/home/CubeSats_initiative.html)>. Acesso em: 06 dez. 2014. Citado na página 15.
- 3 FERRÃO, R. C. *Especificação do produto CubeSat*. 1. ed. São Caetano do Sul, 2014. Citado na página 16.
- 4 ETEC TANCREDO NEVES. *Projeto UbatubaSat*. Ubatuba, 2014. Disponível em: <<http://www.tancredoubatuba.com.br/ubatubasat/index.php>>. Acesso em: 24 out. 2014. Citado na página 16.
- 5 ITA. *AESP14*. São José dos Campos, 2014. Disponível em: <<http://www.aer.ita.br/~aesp14/>>. Acesso em: 24 out. 2014. Citado na página 16.
- 6 INPE. *NanoSatC-BR2*. São José dos Campos, 2014. Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/nanosat/NanoSatCBR2.php>>. Acesso em: 24 out. 2014. Citado na página 17.
- 7 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE. *Programas e Projetos desenvolvidos pelo IFF*. Campos dos Goytacazes, 2014. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/projetos>>. Acesso em: 24 out. 2014. Citado na página 17.
- 8 ITA. *Satélite ITASAT-1*. São José dos Campos, 2014. Disponível em: <<http://www.ita.br/noticias/itasat1>>. Acesso em: 09 out. 2014. Citado na página 17.
- 9 THE TECH. *Low Earth Orbit*. [S.l.], 2014. Disponível em: <<https://www.thetech.org/exhibits/online/satellite/4/4a/4a.1.html>>. Acesso em: 23 de nov. de 2014. Citado na página 18.
- 10 HOWELL, E. *What Is a Geosynchronous Orbit?* [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.space.com/29222-geosynchronous-orbit.html>>. Acesso em: 27 de jun. de 2015. Citado na página 18.
- 11 NASA. *Rocket Aerodynamics*. Washington, D.C, 2014. Disponível em: <<http://microgravity.grc.nasa.gov/education/rocket/rktaero.html>>. Acesso em: 23 de nov. de 2014. Citado na página 18.
- 12 CIVIL AIR PATROL. *Satellites*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.cap-ny153.org/satellites.htm>>. Acesso em: 05 de jun. de 2015. Citado na página 19.
- 13 FOGAÇA, J. *Pilhas e bateria de lítio*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/quimica/pilhas-baterias-litio.htm>>. Acesso em: 08 de jun. de 2015. Citado na página 21.

- 14 KARASINSKI, L. *Como são produzidas as baterias de lítio*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/bateria/42123-como-sao-produzidas-as-baterias-de-litio-.htm>>. Acesso em: 08 de jun. de 2015. Citado na página 21.
- 15 DIAS, C. B. *Como funciona uma célula fotovoltaica?* [S.l.], 1988. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ciencia/celula-fotovoltaica>>. Acesso em: 10 de jul. de 2015. Citado na página 21.
- 16 SAPA SOLAR. *Como funciona uma célula fotovoltaica?* [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.sapa-solar.com/portugal/fotovoltaicas/Como-funciona-uma-celula-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 10 de jul. de 2015. Citado na página 22.
- 17 SPECTROLAB. *Company profile*. Los Angeles, 2015. Disponível em: <<http://www.spectrolab.com/company.htm>>. Acesso em: 17 de jun. de 2015. Citado na página 23.
- 18 SPECTROLAB. *High Efficiency Space Solar Cells*. Califórnia, 2009? Citado na página 24.
- 19 ENGLISH, M. *Emcore completes sale to SolAero*. Albuquerque, NM, 2015. Disponível em: <<http://www.bizjournals.com/albuquerque/blog/morning-edition/2014/12/emcore-completes-sale-to-solaero.html>>. Acesso em: 17 de jun. de 2015. Citado na página 24.
- 20 SOLAERO TECHNOLOGIES. *About us*. Albuquerque, NM, 2015. Disponível em: <<http://solaerotech.com/about-us/>>. Acesso em: 17 de jun. de 2015. Citado na página 24.
- 21 SOLAERO TECHNOLOGIES. *ZTJ Space Solar Cell - Datasheet*. Albuquerque, NM, 2015. Citado na página 25.
- 22 AZURSPACE SOLAR POWER GMBH. *We develop future from space to Earth*. Heilbronn, 2015. Disponível em: <<http://www.azurspace.com/index.php/en/>>. Acesso em: 17 de jun. de 2015. Citado na página 25.
- 23 AZURSPACE SOLAR POWER GMBH. *3G30C - Advanced*. Heilbronn, 2015. Citado na página 25.
- 24 TRISOLX. *TrisolX Solar Wings*. Nova Iorque, 2015. Citado na página 26.
- 25 NOVA ELETRÔNICA. *O que são componentes passivos*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.novaeletronica.com.br/o-que-sao-componentes-passivos/>>. Acesso em: 07 de jul. de 2015. Citado na página 27.
- 26 PY2BBS. *Conhecendo capacitores*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.py2bbs.qsl.br/capacitores.php>>. Acesso em: 08 de jul. de 2015. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- 27 JOHANSON DIELECTRICS. *Basics of ceramic chip capacitors*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.johansondielectrics.com/technical-notes/product-training/basics-of-ceramic-chip-capacitors.html#.VZ2knvIVikp>>. Acesso em: 08 de jul. de 2015. Citado na página 28.



- 
- 28 OPEN SOURCE SATELLITE INITIATIVE. *Open Source Satellite Initiative*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://opensat.cc/>>. Acesso em: 10 de jul. de 2015. Citado na página 31.
- 29 OPEN SOURCE SATELLITE INITIATIVE. *Open Source Satellite Initiative Wiki*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://opensat.cc/wiki/parts:radiation>>. Acesso em: 10 de jul. de 2015. Citado na página 31.
- 30 RADHOME. *GSFC Radiation Data Base*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://radhome.gsfc.nasa.gov/radhome/RadDataBase/RadDataBase.html>>. Acesso em: 10 de jul. de 2015. Citado na página 31.



## Anexos

# ANEXO A – Orçamento dos componentes da *Farnell*

Orçamento enviado pelo Sr. Helder Sant'ana Viana da *Farnell Newark element14*.

Orçamento de Vendas

Page 1 of 3

		<b>Pedido 189845</b>											
<b>R EMIR MACEDO NOGUEIRA, 240</b> DIADEMA SP 09961-720		55-11-40669400 vendas@farnellnewark.com www.farnellnewark.com.br											
<b>DESTINATÁRIO</b> Nome/Razão Social 203671 - INSTITUTO MAUA DE TECNOLOGIA IMT		CNPJ/CPF 60.749.736/0002-70		Inscrição Estadual ISENT0									
Endereço de Fatura PC MAUA, 01		Bairro/Distrito MAUA		CEP 09580-900									
Município SAO CAETANO DO SUL		UF SP		Fone/Fax 11 42393049									
Condição de pagamento 28 DDL		Vendedor HELDER VIANA											
Contato 054776 - ARNALDO VIANA JR		Telefone (11) 42393000											
<b>CÁLCULO DO IMPOSTO</b>													
Base de cálculo do ICMS 2.065,66		Valor do ICMS 314,13		Base do ICMS substituição 0,00									
Valor do ICMS Substituição 0,00		Valor total dos produtos 2.017,52											
Valor do Frete 0,00		Valor do Seguro 0,00		Desconto 0,00									
Valor do IPI 48,14		Valor Total 2.065,66											
<b>TRANSPORTADOR</b>													
Razão Social UPS DO BRASIL REMESSAS EXPRESSAS LTDA.		Frete por Conta CIF											
Endereço de Entrega PC MAUA, 01		Bairro/Distrito MAUA		CEP 09580-900									
Município SAO CAETANO DO SUL		UF SP											
<b>DADOS DOS PRODUTOS/SERVIÇOS</b>													
Produto	Part-number	Descrição do Produto/Serviço	NCM/SH	Fabricante	Previsão de Entrega	Quantidade UN	V. Unitário	V. Total	BC.ICMS	V.ICMS	V.IPI	A.ICM	A.IPI
<a href="#">06R3830</a>	MC0805B332K500CT	CAPACITOR CERAMICO MULTI CAMADAS 330PF 50V X7R MUL	85322410	MULTICOMP	30/06/2015	4 UN	0,04	0,16	0,16	0,02	0,00	12,00	2,00
2407374	VJ0805Y223KXBB31	CAPACITOR CERAMICO MULTICAMADAS 0.022UF 100V SMD 0805 - MULTIPLOS DE 10 UN0	85322410	VISHAY	30/06/2015	10 KT	0,27	2,70	2,76	0,33	0,06	12,00	2,00
2407369	VJ0805Y102KXBB31	CAPACITOR CERAMICO MULTI CAMADAS 100PF 100V SMD 0805 - MULTIPLOS DE 10 UN0	85322410	VISHAY	30/06/2015	10 UN	0,17	1,70	1,73	0,21	0,03	12,00	2,00
2407376	VJ0805Y104KXABE31	CAPACITOR CERAMICO MULTI CAMADAS 0.1UF 50V 0805 X7R 10%	85322410	VISHAY	30/06/2015	150 UN	0,46	69,00	70,38	8,44	1,38	12,00	2,00
2407329	VJ0805Y103KNAAO	CAPACITOR CERAMICO MULTI CAMADAS 0.01UF 50V 0805 X7R 10%	85322410	VISHAY	30/06/2015	4 UN	1,34	5,36	5,47	0,66	0,11	12,00	2,00
2425577	TP8R106M016C	TANTALUM CAPACITOR	85322310	VISHAY	30/06/2015	16 UN	2,47	39,52	41,49	4,98	1,97	12,00	5,00
<a href="#">45C3460</a>	VJ0805A152JXBMT	CAPACITOR CERAMICO MULTI CAMADAS 1500PF 100 VDC 805	85322410	VISHAY VITRAMON	30/06/2015	12 UN	0,90	10,80	11,88	1,42	1,08	12,00	10,00
2425583	TP8W105M020C	CAPACITOR DE TANTALO 1UF 20V TAMANHO W 20%	85322111	VISHAY	30/06/2015	4 UN	2,14	8,56	8,74	1,58	0,18	18,00	2,00
2407370	VJ0805Y222KXBB31	CAPACITOR CERAMICO MULTI CAMADAS 2200PF 100V 0805 X7R 10% - MULTIPLOS DE 05 UN0	85322410	VISHAY	30/06/2015	10 KT	0,20	2,00	2,04	0,24	0,04	12,00	2,00
2407332	VJ0805Y224KXNAT	CAPACITOR CERAMICO MULTI CAMADAS 0.22UF 25V 0805 X7R 10%	85322410	VISHAY	30/06/2015	4 UN	1,44	5,76	5,87	0,71	0,11	12,00	2,00
2353165	TR3C226K016C0350	CAPACITOR DE TANTALO 22UF 16V TAMANHO C 10%	85322111	VISHAY	30/06/2015	32 UN	2,86	91,52	93,35	16,80	1,83	18,00	2,00
2407375	VJ0805Y473KXABC31	CAPACITOR CERAMICO MULTI CAMADAS 0.047UF 50V 0805 X7R 10%	85322410	VISHAY	30/06/2015	4 UN	0,32	1,28	1,31	0,16	0,03	12,00	2,00
<a href="#">1754090</a>	TR3C476K016C0350	CAPACITOR DE TANTALO 47UF 16V TAMANHO C 10% - MULTIPLOS DE 05 UN0	85322111	VISHAY SPRAGUE	30/06/2015	30 UN	2,36	70,80	72,21	12,99	1,41	18,00	2,00
<a href="#">1273793</a>	LT1941EFE#PBF	IC SM SW REG	85423120	LINEAR TECHNOLOGY LINEAR	30/06/2015	4 UN	60,59	242,36	247,21	29,67	4,85	12,00	2,00

## Orçamento de Vendas

Page 2 of 3

<a href="#">1663917</a>	LTC4412ES6#TRMPBF	CI SMD 6P SOT-23	85423120	TECHNOLOGY	30/06/2015	16 UN	16,52	264,32	269,61	32,35	5,29	12,00	2,00
<a href="#">69K7604</a>	MCP2551-I/5N	CIRCUITO INTEGRADO TRANSCHEPTOR 5.5V SOIC-8	85423939	MICROCHIP	30/06/2015	7 UN	7,93	55,51	58,28	10,49	2,77	18,00	5,00
1823178	PIC18F66K80-I/PT	CIRCUITO INTEGRADO MICROCONTROLADOR 8BIT 64PINOS T	85423120	MICROCHIP	30/06/2015	7 UN	32,23	225,61	230,12	27,62	4,51	12,00	2,00
41K4832	LM3488MM/NOPB	CIRCUITO INTEGRADO CONTROLADOR TENSÃO MSOP-3	85423120	TEXAS INSTRUMENTS	30/06/2015	4 UN	9,34	37,36	38,11	4,57	0,75	12,00	2,00
2382791	LMP2012MM/NOPB	CIRCUITO INTEGRADO AMPLIFICADOR OPERACIONAL VSSOP 8 PINOS	85423390	TEXAS INSTRUMENTS	30/06/2015	16 UN	14,61	233,76	245,45	44,18	11,69	18,00	5,00
2455147	TPS563209DDCT	CIRCUITO INTEGRADO REGULADOR SINCRONO SOT-23 6PINOS	85423939	TEXAS INSTRUMENTS	30/06/2015	12 UN	9,17	110,04	115,54	20,80	5,50	18,00	5,00
12T1465	B340A-13-F	DIODO SCHOTTKY 3A 40V DO-214AC	85411022	DIODES INC.	30/06/2015	24 UN	0,56	13,44	14,11	1,69	0,67	12,00	5,00
<a href="#">1669272</a>	IHL2525CZER100M01	INDUTOR SMD 10UH 3A 20% VISHAY DALE	85045000	VISHAY DALE	30/06/2015	4 UN	10,76	43,04	43,04	7,75	0,00	18,00	0,00
<a href="#">1741312</a>	IHL2020BZER2R2M11	INDUTOR 2.2UH 5.5A 20% SMD	85045000	VISHAY DALE	30/06/2015	4 UN	9,84	39,36	39,36	7,08	0,00	18,00	0,00
<a href="#">1187066</a>	IHL2525CZER3R3M01	INDUTOR SMD 3.3UH - 1187066	85045000	VISHAY DALE	30/06/2015	16 UN	8,11	129,76	129,76	23,36	0,00	18,00	0,00
2469472	IHLE4040CER330M5A	INDUTOR SMD 33UH 3.7A 20% VISHAY	85045000	VISHAY	30/06/2015	4 UN	30,00	120,00	120,00	21,60	0,00	18,00	0,00
2290331	KP-2012CGCK	LED 0805 50MCD GREEN	85414029	KINGBRIGHT	30/06/2015	12 UN	0,29	3,48	3,55	0,64	0,07	18,00	2,00
<a href="#">1778306</a>	CSD16323Q3	TRANSISTOR MOSFET N CH 25V 60A SON-8	85412120	TEXAS INSTRUMENTS	30/06/2015	4 UN	4,59	18,36	18,73	3,37	0,37	18,00	2,00
<a href="#">1471047</a>	FDN306P	TRANSISTOR MOSFET P - MULTIPLOS DE 05 UND	85412920	FAIRCHILD SEMICONDUCT	30/06/2015	5 UN	1,09	5,45	5,56	1,00	0,11	18,00	2,00
<a href="#">1779275</a>	SI9933CDY-T1-GE3	TRANSISTOR MOSFET P-CH 20V 4A SMD	85412120	VISHAY	30/06/2015	24 UN	2,09	50,16	51,16	9,21	1,00	18,00	2,00
2469459	WSHM2818R0330FEB	RESISTOR DE FAIXA METALICA 0.033R 7W 1% 2818	85332120	VISHAY	30/06/2015	25 UN	3,01	75,25	76,76	13,82	1,51	18,00	2,00
<a href="#">1469932</a>	CRCW0805470RFKEA	RESISTOR FILME ESPESSE 470 OHM 125 MW 1% 0805 - MULTIPLOS DE 10 UND	85332120	VISHAY DRALORIC	30/06/2015	20 UN	0,03	0,60	0,61	0,11	0,01	18,00	2,00
<a href="#">1469862</a>	CRCW0805100RFKEA	RESISTOR FILME ESPESSE 100OHM 125MW 1% SMD 0805	85332120	VISHAY DRALORIC	30/06/2015	10 UN	0,03	0,30	0,31	0,05	0,01	18,00	2,00
65J1373	CRCW0805100KFKEB	RESISTOR FILME ESPESSE 100K SMD 0805 1% 125MW VISHAY DALE	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	20 UN	0,03	0,60	0,61	0,11	0,01	18,00	2,00
<a href="#">1652909</a>	CRCW080510K0FKTA	RESISTOR FILME ESP 10K 125VDC	85332120	VISHAY DRALORIC	30/06/2015	64 UN	0,03	1,92	1,96	0,36	0,04	18,00	2,00
<a href="#">52K9800</a>	CRCW080510K7FKEA	RESISTOR THICK FILM 10.7KOHM 125MW 1% SMD 0805	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	4 UN	0,03	0,12	0,12	0,02	0,00	18,00	2,00
<a href="#">52K9832</a>	CRCW0805115KFKEA	RESISTOR SMD FILME ESPESSE 115 KOHM 125 mW 1% 0805	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	4 UN	0,03	0,12	0,12	0,02	0,00	18,00	2,00
<a href="#">52K9845</a>	CRCW0805120RFKEA	RESISTOR SMD FILME ESPESSE 120 OHM 125 MW 1% 0	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	4 UN	0,03	0,12	0,12	0,02	0,00	18,00	2,00
<a href="#">52K9855</a>	CRCW080513K3FKEA	RESISTOR FILME ESPESSE 13.3KOHM 125MW 1% VISHAY DA	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	4 UN	0,03	0,12	0,13	0,02	0,01	18,00	2,00
<a href="#">52K9914</a>	CRCW080517K4FKEA	RESISTOR FILME ESPESSE 17.4 KOHM 125 MW 1% 0805	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	8 UN	0,03	0,24	0,24	0,05	0,00	18,00	2,00
<a href="#">52K9723</a>	CRCW08051K00FKEA	RESISTOR FILME ESPESSE 1KOHM 125MW 1% SMD 0805 - IGUAL AO COD 1469847	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	4 UN	0,03	0,12	0,12	0,02	0,00	18,00	2,00
65J1295	CRCW08051K50FKEB	RESISTOR FILME ESPESSE 1.5K SMD 0805 1% 125MW VISHAY DALE	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	8 UN	0,03	0,24	0,25	0,04	0,01	18,00	2,00
<a href="#">1469653</a>	CRCW0805220KFKEA	RESISTOR FILME ESP 220K 150V - MULTIPLOS DE 10 UND	85332120	VISHAY DRALORIC	30/06/2015	40 UN	0,03	1,20	1,22	0,22	0,02	18,00	2,00
<a href="#">1469806</a>	CRCW080522K0FKEA	RESISTOR FILME ESP 22K - MULTIPLOS DE 10 UND	85332120	VISHAY DRALORIC	30/06/2015	40 UN	0,03	1,20	1,23	0,23	0,03	18,00	2,00
<a href="#">52K9959</a>	CRCW08052K49FKEA	RESISTOR SMD FILME ESPESSE 2.49 KOHM 125 MW 1% 0	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	8 UN	0,03	0,24	0,24	0,04	0,00	18,00	2,00
<a href="#">52K9951</a>	CRCW08052K20FKEA	RESISTOR FILME ESPESSE 2.2KOHM 125MW 1% SMD 0805	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	4 UN	0,03	0,12	0,12	0,02	0,00	18,00	2,00
2138953	CRCW08053K40FKEA	RESISTOR FILME ESPESSE 3K4 SMD 0805 1% 125MW VISHAY DRALORIC - MULTIPLOS DE 10 UND	85332120	VISHAY DRALORIC	30/06/2015	20 UN	0,03	0,60	0,61	0,11	0,01	18,00	2,00
2469459	WSHM2818R0330FEB	RESISTOR DE FAIXA METALICA 0.033R 7W 1% 2818	85332120	VISHAY	30/06/2015	4 UN	3,01	12,04	12,29	2,21	0,25	18,00	2,00

## Orçamento de Vendas

Page 3 of 3

<a href="#">1653020</a>	CRCW080556K2FKEA	56.2KOHM 125MW 1% 0805 - MULTIPLOS DE 10 UND	85332120	VISHAY DRALORIC	30/06/2015	10 UN	0,03	0,30	0,30	0,06	0,00	18,00	2,00
<a href="#">53K0432</a>	CRCW0805680KFKEA	RESISTOR FILME ESPESSO 680K SMD 0805 1% VISHAY DRALORIC - MULTIPLOS DE 10 UND	85332120	VISHAY DALE	30/06/2015	30 UN	0,03	0,90	0,92	0,16	0,02	18,00	2,00
<a href="#">1653034</a>	CRCW080571K5FKEA	RESISTOR THICK FILM 71.5KOHM 125MW 1% - MULTIPLOS DE 10 UND	85332120	VISHAY DRALORIC	30/06/2015	10 UN	0,03	0,30	0,31	0,06	0,01	18,00	2,00
2138971	CRCW08058K45FKEA	RESISTOR FILME ESPESSO 8.45K 1% SMD 0805 VISHAY DRALORIC - MULTIPLOS DE 10 UND	85332120	VISHAY DRALORIC	30/06/2015	10 UN	0,03	0,30	0,30	0,05	0,00	18,00	2,00
1438760	TMP36GT9Z	CIRCUITO INTEGRADO SENSOR DE TEMPERATURA TO-92- 3	85423190		30/06/2015	4 UN	4,70	18,80	19,18	2,30	0,38	12,00	2,00

## OBSERVAÇÕES

- 1 - Faturamento mínimo para 28 ddi será no valor de R\$ 250,00, após aprovação de limite de crédito. Para pagamento a vista (antecipado), o pedido será liberado mediante a compensação bancária.
- 7 - Estoque sujeito à alteração. Previsão/ disponibilidade a partir da liberação crédito/compensação bancária.
- 8 - Não aceitamos cancelamento ou devoluções de itens que necessitem ser importados.
- 9 - Esse documento, se for um orçamento, é válido por 10 dias.

Acelere suas compras! Acesse [www.farnellnewark.com.br](http://www.farnellnewark.com.br) / [www.element14.com](http://www.element14.com)