

## Conversão Eletromecânica de Energia Sonora em Elétrica

Paulo Nathan Sepúlveda Teixeira<sup>1</sup>  
Marcos Alexandre Talocchi Barbosa<sup>2</sup>  
Guilherme Ricci Coubee<sup>3</sup>  
Luís Otávio Bernardi<sup>4</sup> (Orientador)

Colégio Visconde de Porto Seguro, São Paulo - SP

**Resumo:** A pesquisa foi motivada por um questionamento: seria possível empregar o som, uma fonte de energia limpa, renovável e à qual se está constantemente exposto, de modo a gerar energia elétrica? Para responder à pergunta, tentou-se desenvolver um mecanismo que eletromecanicamente – a forma mais simples e direta – convertesse ruídos em energia elétrica a fim de carregar um aparelho celular, assim demonstrando uma aplicação prática dessa forma de energia. Para tanto, utilizou-se de um procedimento de análise teórico-dedutiva seguida de testes práticos, sempre sob uma ótica quantitativa, a fim de definir a melhor composição de cada parte do protótipo confeccionado: quais transdutores acústicos, como associá-los e como retificar e filtrar a corrente AC neles gerada. Dessa forma, o mecanismo foi idealizado tendo a seguinte configuração: *woofers* em série conectados a um circuito retificador e filtrador formado por uma ponte retificadora e um capacitor de 10  $\mu\text{F}$ , o qual, por sua vez, foi ligado a um carregador veicular conectado ao celular. Após a demonstração apriorística e a comprovação empírica da efetividade de cada um desses componentes separadamente, testou-se o mecanismo como um todo: sob um nível sonoro de aproximadamente 80 dB a uma frequência de 60 Hz -- produzida por uma caixa de som de 20 W rente ao aparato --, produziram-se cerca de 0,16 V de tensão, 0,05  $\mu\text{A}$  de corrente e, assim, apenas 8 nW. Desse modo, a pesquisa provou ser possível a geração de energia elétrica a partir do som, embora a conversão eletromecânica -- através de um transdutor como o *woofer* -- não seja a mais adequada, visto que o rendimento máximo do mecanismo é de ordem inferior à nanométrica. Pode-se dizer, portanto, que dessa maneira o som ainda não é alternativa viável a formas de energia menos ecológicas como a fóssil ou a hidroelétrica.

**Palavras-Chave:** Energia; Conversão eletromecânica; Som.

**Abstract:** The research project was motivated by the questioning: would it be possible to utilize sound, an abundant, renewable energy source to which one is constantly exposed, in order to generate electrical energy? To answer this question, it was attempted to develop a mechanism that electromechanically – the simplest and most direct way – converted sound into electrical power so that a cell phone could be charged, thus demonstrating a practical application of this form of energy. To do so, it was made use of a theoretical-deductive analysis procedure, followed by quantitative practical tests, with the aim to determine the best composition of each part of the confectioned prototype: which acoustic transducers, how to associate these and how to rectify and filter the alternate current produced by them. As a result, the mechanism was idealized having the following configuration: woofers in series connected to a rectifying, filtering circuit composed of a rectifying bridge and a 10  $\mu\text{F}$  capacitor, which was connected to a vehicular charger attached to the phone. After the *a priori* and empirical demonstration of the effectiveness of each of these components separately, the mechanism was tested as a whole: with a sound level of approximately 80 dB and a frequency of 60 Hz – produced by a 20 W speaker directed to the woofer – there were generated around 0,16 V and 0,05  $\mu\text{A}$ , that is, only 8 nW of power. Therefore, the research proved possible the generation of electrical energy from sound, albeit the electromechanical conversion – by means of a transducer such as the woofer – is not the most adequate, since the maximum efficiency achieved is of an order less than nanometric. It can be stated, thus, that by this method sound is not a viable alternative yet to less ecological energy sources such as fossil fuels or hydroelectric systems.

**Keywords:** energy; electromechanical conversion; sound.

### 1. Introdução

Uma das maiores emergências do Brasil atual reside na questão das fontes de energia utilizadas. Por um lado, a queima de combustíveis fósseis resulta na emissão anual de mais de um bilhão de toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente de gases de efeito estufa.

---

<sup>1</sup> Aluno da 3ª Série do Ensino Médio

<sup>2</sup> Aluno da 3ª Série do Ensino Médio

<sup>3</sup> Aluno da 2ª Série do Ensino Médio

<sup>4</sup> Licenciado em Física e Mestre em Engenharia de Materiais pela Unicamp, Professor de Física no Colégio Visconde de Porto Seguro, São Paulo, SP.

Por outro, a construção de cada usina hidrelétrica implica a inundação de uma área de mais de mil quilômetros quadrados, destruindo fauna e flora locais. Ainda assim, cerca de 10% da energia elétrica consumida no país é de origem termoelétrica e os outros 90%, de origem hidroelétrica, o que se deve ao alto custo de alternativas mais ecológicas, como as energias eólica e solar. A partir disso, surge um questionamento: não haveria outra fonte de energia sustentável menos custosa a ser aproveitada?

Hipotetizou-se ser esse o caso do som, uma forma de energia limpa, renovável e à qual se está constantemente exposto. A pesquisa centrou-se, assim, em verificar a possibilidade de conversão eletromecânica – a mais simples e direta – da energia sonora em elétrica. Para tanto, tentou-se confeccionar um mecanismo que pudesse carregar um aparelho celular, demonstrando uma aplicação prática do som. Dessa forma, de modo a ser uma alternativa realmente viável, o aparato deveria apresentar não só rendimento igual ou superior às fontes de energia fóssil e hidroelétrica, como também um baixo custo de produção e, idealmente, ser facilmente replicado.

Dessa maneira, a pesquisa dividiu-se em quatro etapas referentes ao desenvolvimento das respectivas partes de tal aparato, todas realizadas com base na consulta bibliográfica seguida de análises teóricas e, por fim, testes práticos:

- A. elaboração do arranjo de transdutores acústicos: determinação de quais transdutores acústicos a utilizar como meio de conversão da energia sonora em elétrica e do modo (em série ou paralelo) mais eficiente (produzindo a maior potência) de associá-los em um circuito elétrico;
- B. tentativa de elaboração de um circuito de aumento de potência: determinação dos componentes necessários para elevar a corrente fornecida pelos transdutores acústicos até cerca de 0,5 A, porém mantendo a tensão próxima a 5 V, produzindo o mínimo de potência necessário para carregar um celular;
- C. elaboração do circuito retificador e filtrador: determinação dos componentes necessários para converter a corrente alternada proveniente dos transdutores em corrente contínua, sem que o valor da tensão ultrapasse 5 V, o que poderia danificar o celular;
- D. elaboração do circuito de ligação ao celular: determinação dos componentes necessários para conectar um aparelho celular ao mecanismo desenvolvido, possibilitando com que seja carregado.

## **2. Objetivo e questão problema**

O objetivo da pesquisa foi responder ao questionamento: seria possível empregar o som de modo a gerar energia elétrica? Para tanto, tentou-se elaborar um mecanismo que permitisse carregar um celular a partir da conversão eletromecânica – a mais simples e direta – de ruído em energia elétrica. Primeiramente, ao longo do desenvolvimento do aparato, fizeram-se análises teóricas e testes práticos de cada uma de suas partes separadamente: o arranjo de transdutores acústicos, o circuito retificador e o circuito de conexão ao celular. Por fim, o mecanismo como um todo foi testado de modo a verificar se efetivamente o som poderia representar uma alternativa às energias fóssil e hidroelétrica e, de maneira análoga, se a conversão eletromecânica era de fato a mais eficiente para tanto.

### 3. Descrição de materiais e métodos

#### A. *Materiais*

1. Carregador veicular: adaptador que permite que aparelhos com entrada USB (celular, por exemplo) sejam carregados a partir da bateria de um veículo automotivo. Seu sistema já é adaptado para efetuar o *hand-shake* com celulares de sistema IOS, sem a necessidade de modificações no cabo USB utilizado.
2. Lâmpada de teste: pode ser conectada à fonte ajustável para simular um receptor de energia.
3. Fonte ajustável: gerador de tensão cuja saída pode ser regulada por potenciômetros.
4. Multímetro: aparelho utilizado para medir valores de corrente, tensão e resistência em um circuito elétrico.
5. *Woofers*: Alto-falante com a função de reproduzir frequências baixas (usualmente, de 30 Hz a 80 Hz). Funciona de maneira semelhante a um microfone, porém inversamente, uma vez que converte energia elétrica em sonora e não o contrário.
6. Microfone: Objeto que converte ondas sonoras em sinais elétricos, o que faz pela indução eletromagnética. Exerce processo inverso a um *woofers*.
7. Capacitor: componente elétrico capaz de armazenar cargas elétricas. Assim que completamente carregado e havendo um condutor entre as placas do capacitor, as cargas até então armazenadas por ele são liberadas de uma só vez. Por essa característica, ele pode ser utilizado para filtrar uma corrente contínua pulsante, aproximando-a de uma corrente contínua constante.
8. Transistor: componente elétrico que, dentre várias funções, pode ser usado como regulador de tensão -- atribuindo um valor fixo pré-determinado à ddp de um circuito- ou como amplificador de sinal --, podendo imbuir à função de onda gerada por uma fonte a potência fornecida por outra.
9. Diodo: componente elétrico semicondutor que admite a passagem de corrente elétrica em um único sentido.
10. Ponte retificadora: conjunto de quatro diodos utilizado para definir polos positivo e negativo em um circuito de fonte AC, convertendo a corrente em contínua pulsante.

## B. Métodos

1. Teste do microfone: um microfone cardioide de diafragma médio, ligado a um multímetro, foi submetido a ondas de nível sonoro  $I$  entre 70 dB e 100dB de frequências  $f$  de 70 Hz a 1 kHz (produzidas por uma caixa de som de potência  $P_1$  de 20W rente ao microfone, porém sem tocá-lo, ligada a um celular *Samsung Galaxy Gran Duos* com o aplicativo “Gerador de frequência” e, ao lado, um *tablet iPad 2 Mini* com o aplicativo “Decibelímetro”) em uma sala acusticamente isolada (evitando a interferência de sons não emitidos pela caixa). Calculou-se também o rendimento  $\eta$  do microfone, isto é, a razão entre a potência nele produzida e a utilizada na caixa.
2. Teste do *woofer*: mesmo procedimento adotado com o microfone, porém agora com um *woofer*.
3. Teste do tipo da associação dos *woofers*: duas fontes ajustáveis foram associadas em série e paralelo de modo a acender uma lâmpada incandescente. Além de medir os valores de tensão  $U_1$ ,  $U_2$  (das fontes) e  $U_3$  (fornecida à lâmpada) e de corrente total  $I$ , calcularam-se também as potências  $P_1$  (fornecida pelo conjunto das fontes) e  $P_2$  (consumida pela lâmpada) e a razão  $\eta$  entre  $P_2$  e  $P_1$ .

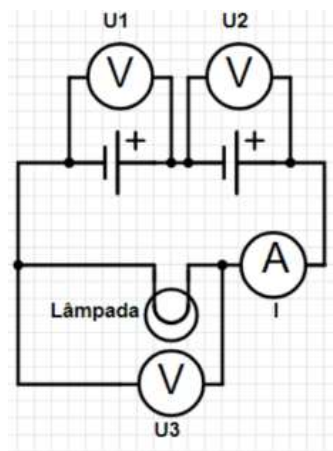


Figura 1: Circuito de teste com geradores em série  
Fonte: Autores

4. Teste do circuito de retificação: testou-se o circuito (a princípio composto por capacitores de 1  $\mu\text{F}$  e 10  $\mu\text{F}$  e um transistor L7805 regulador de 5 V) com uma fonte ajustável – fazendo o papel dos *woofers* – produzindo diferentes valores de tensão e corrente e multímetros digitais medindo as tensões e correntes  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $I_1$  e  $I_2$  ao longo do sistema, ainda sem um celular conectado:

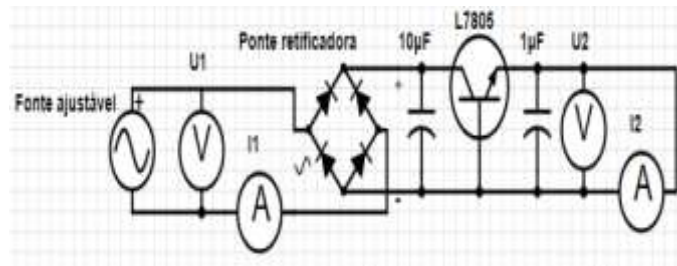


Figura 2: Circuito de teste com L7805  
Fonte: Autores

Testou-se novamente o circuito, porém agora sem o transistor e o capacitor de  $1\mu\text{F}$ :

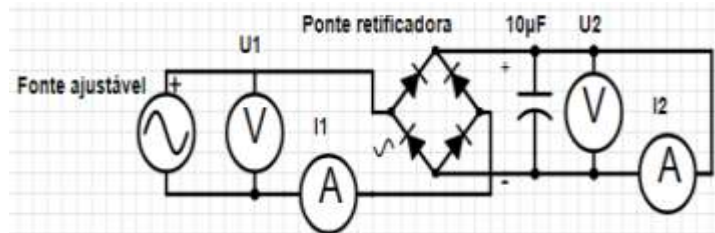


Figura 3: Circuito de teste sem L7805  
Fonte: Autores

5. Teste do carregador veicular: Conectou-se um celular *Android Galaxy Gran Duos* à fonte ajustável por meio do circuito retificador (conforme sua última configuração). Mediram-se os valores de tensão e corrente fornecidos pela fonte ( $U_1$  e  $I_1$ ) com um multímetro e aqueles consumidos pelo celular ( $U_2$  e  $I_2$ ) com o aplicativo “Ampere”. Calcularam-se também as potências  $P_1$  (da fonte) e  $P_2$  (no celular) e a razão  $\eta$  entre  $P_1$  e  $P_2$ .
  
6. Teste final: Para o teste do protótipo final foram utilizados: caixa de som de  $P_1$  20 W, *woofer* de faixa de frequências de 30 Hz a 80 Hz ligado a circuito retificador e filtrador composto por ponte retificadora e capacitor de  $10\mu\text{F}$ , dois multímetros digitais, celular *Samsung Galaxy Gran Duos* com o aplicativo “Gerador de frequência”, *iPad 2 Mini* com o aplicativo “Decibelímetro” e o circuito com ponte retificadora e capacitor de  $10\mu\text{F}$  (Figura 3). A caixa de som de 20 W ( $P_1$ ) foi utilizada para produzir ondas de nível sonoro  $I$ , sendo que a frequência  $f$  era determinada pelo aplicativo instalado no telefone. O *woofer* ficou rente à caixa de som (mas sem tocá-la) para evitar ao máximo a dispersão da energia sonora, enquanto o tablet fazia as medições de nível de intensidade sonora. O volume foi ajustado para que diferentes frequências tivessem um nível de intensidade sonora próximo. Um multímetro foi utilizado para medir a tensão  $U$  e, o outro, a corrente  $i$ .

#### 4. Resultados e discussão dos resultados

Como resultados das diferentes partes da pesquisa:

- A.** Tipo de transdutor: Optou-se pelo *woofer* ao invés do microfone devido à maior potência e à maior capacidade de conversão energética. A tabela mostra os resultados dos testes com o microfone e com o *woofer*. Por isso, a hipótese inicial, de que o microfone funcionaria melhor por causa de sua função de converter sons em energia elétrica, foi experimentalmente refutada. É importante ressaltar também que o melhor resultado gerado pelo *woofer* corresponde à frequência de 70 Hz pelo fato de sua frequência de ressonância ser próxima a esse valor. Na tabela a seguir comparam-se os melhores resultados obtidos com cada transdutor:

	Teste com microfone	Teste com <i>woofer</i>
$\frac{P_1}{W}$	20,00	20,00
$\frac{f}{dB}$	82,00	70,00
$\frac{f}{Hz}$	200,00	70,00
$\frac{I}{mA}$	38,80	330,00
$\frac{i}{\mu A}$	29,00	6000,00
$\frac{P_1}{nW}$	1125,20	1980000,00
$\frac{\eta}{10^{-11}}$	5630,00	9900000,00

Tabela 1: Comparação dos Transdutores  
Fonte: Autores

- B.** Maneira de associar os transdutores: Optou-se pela associação dos transdutores em série ao invés de em paralelo, já que, como provado teórica e experimentalmente, a potência produzida é maior.

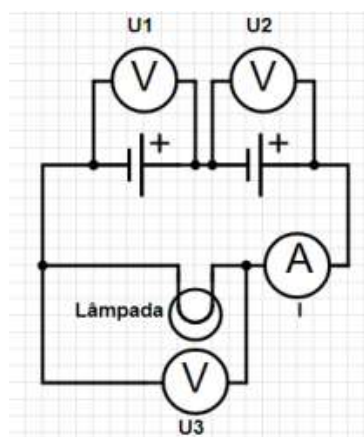


Figura 4: Circuito de teste com geradores em série  
Fonte: Autores

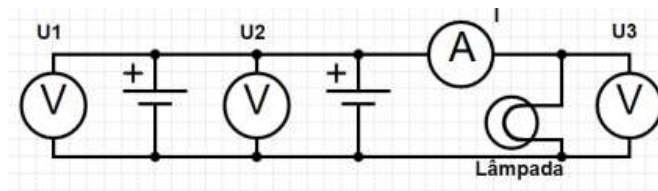


Figura 5: Circuito de teste com geradores em paralelo  
Fonte: Autores

	Fontes em série	Fontes em paralelo
$\frac{U_1}{V}$	0,49	0,50
$\frac{U_2}{V}$	0,54	0,50
$\frac{U_3}{V}$	0,79	0,33
$\frac{I}{mA}$	16,32	11,12
$\frac{P_1}{mW}$	16,81	5,56
$\frac{P_2}{mW}$	12,89	3,67
$\frac{\eta}{\%}$	76,68	66,00

Tabela 2: Comparação das associações dos transdutores  
Fonte: Autores

C. Maneira de retificar a corrente: Optou-se primeiramente por uma ponte retificadora, um capacitor e um regulador de tensão L7805. Porém, como a diferença de potencial produzida é muito baixa, removeu-se o regulador, deixando somente a ponte retificadora e o capacitor.

	Com regulador L7805	Sem regulador L7805
$\frac{U_1}{V}$ (AC)	5,09	5,02
$\frac{I_1}{mA}$ (AC)	7,51	120,86
$\frac{P_1}{mW}$ (AC)	38,23	606,71
$\frac{U_2}{V}$ (DC)	2,75	6,44
$\frac{I_2}{mA}$ (DC)	3,71	102,40
$\frac{P_2}{mW}$ (DC)	10,2	659,46
$\frac{\eta}{\%}$	26,68	108,69

Tabela 3: Comparação dos circuitos com e sem regulador de tensão  
Fonte: Autores

D. Maneira de aumentar a potência: Imaginou-se que, com o uso correto de transformadores ou transistores, seria possível aumentar a potência produzida.

Porém, logo verificou-se matematicamente, devido ao princípio de conservação da energia, que não é.

**E.** Maneira de carregar o celular: Para o carregamento do celular foi utilizado um carregador veicular, que também regulava a ddp, reiterando a dispensabilidade do transistor L7805.

$\frac{U_o}{V}$ (AC)	$\frac{I_o}{mA}$ (AC)	$\frac{P_o}{W}$	$\frac{U_o}{V}$ (DC)	$\frac{I_o}{mA}$ (DC)	$\frac{P_o}{W}$	$\eta$
7,09	17,96	0,12	3,87	400	1,55	12,60
10,07	15,68	0,16	3,88	350	1,36	8,50
15,04	174,00	2,62	3,97	4140	16,38	6,25

Tabela 4: Resultados dos testes com o carregador veicular.  
Fonte: Autores

**F.** Protótipo final: A partir dos resultados obtidos no teste do protótipo final, pode-se concluir que a energia convertida por um transdutor é muito baixa para recarregar um celular -- seriam necessários cerca de 2,5 W, enquanto as potências fornecidas pelo protótipo são de ordem nanométrica.

$\frac{P_o}{W}$	$\frac{I}{dB}$	$\frac{f}{Hz}$	$\frac{U}{V}$	$\frac{I}{\mu A}$	$\frac{P_o}{nW}$	$\frac{\eta}{10^{-10}}$
20,00	78,00	60,00	0,18	0,04	7,20	3,62
20,00	84,50	70,00	0,16	0,05	8,00	4,00
20,00	87,00	80,00	0,05	0,01	0,50	0,3

Tabela 5: Resultados mais significativos do teste do protótipo final  
Fonte: Autores

**G.** Levando em consideração que necessita-se de cerca de 2,5 W para carregar um celular e que foi obtido um máximo de 0,80 nW a partir de um único *woofer*, exposto a 70 Hz e 84,5 dB, podemos estimar que, desconsiderando qualquer perda extra, precisar-se-ia de no mínimo 320 milhões de transdutores desse tipo para carregar um só telefone.

## 5. Conclusões

No Brasil, 10% da energia elétrica consumida é fruto da queima de combustíveis fósseis e os outros 90% são provenientes de usinas hidrelétricas. Apesar de ser uma fonte limpa e renovável, as usinas necessitam inundar uma grande área, destruindo florestas, pântanos e outros habitats naturais de diversas espécies exóticas brasileiras, muitas das quais encontram-se em risco de extinção.



Não haveria outra fonte de energia sustentável a ser aproveitada? Pensando nisso, e com base em nossa pesquisa, verifica-se que é possível sim converter o som, uma fonte abundante e a qual estamos constantemente em exposição, em energia elétrica. A transformação de som em eletricidade não é prejudicial ao meio ambiente e tampouco requer a destruição de milhares de quilômetros quadrados de biomas naturais. Não obstante, o rendimento dessa forma de energia é baixíssimo, de maneira que, segundo os cálculos realizados, centenas de milhões de transdutores do modelo testado juntos não seriam suficientes para carregar um único celular.

Contudo, apesar de não se ter conseguido construir um gerador eficiente a partir dos transdutores, foi possível elaborar um circuito funcional para o carregamento do celular – circuito esse que pode ser adaptado para carregar um celular por meio de outras fontes alternativas de mais alto rendimento, como um dínamo mecânico. Tal sistema consiste numa associação em série das fontes, visando a aumentar a potência, sem o regulador de tensão L7805 (caso a tensão gerada não passe de 5 V) e com o carregador veicular para o carregamento do celular.

Também deve-se mencionar que o som é uma fonte de energia utilizável, mesmo não sendo eficiente, já que é abundante. A potência convertida em nossos testes foi muito baixa, porém, levando em consideração que o som está constantemente em nosso entorno, sendo “desperdiçado”, qualquer uso dele para obtenção de eletricidade já seria vantajoso, mesmo com uma baixíssima eficiência.

Para pesquisas futuras, pode-se pensar em utilizar transdutores mais potentes, a fim de converter maiores quantidades de energia ou até em associar diversos transdutores. Com um olhar mais ecológico, poder-se-ia reutilizar transdutores antigos, muitas vezes funcionais, que são descartados em lixões a céu aberto. Portanto, nesse caso, dois problemas seriam resolvidos: a falta de fontes de energia limpa que não são danosas ao meio ambiente e a diminuição do descarte de resíduos a céu aberto -- algo a ser definitivamente investigado em uma futura pesquisa.

## Referências bibliográficas

- FERRARO, NICOLAU G. et al. Física básica: volume único. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013.
- BEPPU, FERNANDA T. et al. CONVERSÃO DE ENERGIA SONORA PARA ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO ALTO-FALANTES. Curitiba: 2015.
- BOYLESTAD, ROBERT L. – Introdução à Análise de Circuitos – Prentice Hall/Pearson, 10a. Ed, 2004.
- NILSSON, JAMES W, SUSAN A. RIEDEL – Circuitos Elétricos – Prentice Hall/Pearson, 8a. Ed, 2008.
- GUSSOW, MILTON - Eletricidade Básica - Makron Books, SP, 1995.
- EDMINISTER, JOSEPH A - Circuitos Elétricos - Makron Books.
- MALLEY, JOHN 0- Análise de Circuitos - Makron Books.
- CLOSE, CHARLES M. -Circuitos Lineares - LTC.

- BOLTON, W - Análise de Circuitos Elétricos - Makron Books, SP, 1994.
  - VALKENBURGH/NEVILLE - . Eletricidade Básica - LTC.
  - CAPUANO / MARINO - Laboratório de Eletricidade e Eletrônica - Érica, SP.
  - MALVINO, A P - Eletrônica no Laboratório - Makron Books, SP.
  - BURIAN, IARO JR.; Circuitos Elétricos – Campinas, Unicamp, 1994.
  - DESORE, KUH; Teoria Básica de Circuitos – McGraw Hill, 1986.
  - BESSONOV, L A; Applied Electricity for Engineers – Mir, Moscow, 1976.
  - POPOV, V S; NIKOLAYEV, S A; Basic electricity and Electronics Mir, Moscow, 1979.
  - DURNEY, CARL H; HARRIS, L DALE; ALLEY, CHARLES L; Circuitos Elétricos – Teoria e Aplicações Engenharia – Edit. Campus Ltda, Rio de Janeiro, 1985.
- <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-uma-ponte-retificadora/> > Acesso em jul. 2018
- <<https://www.clubedohardware.com.br/forums/topic/1139820-como-aumentar-a-corrente-do-sistema/> > Acesso em jul. 2018.
- <<https://www.instructables.com/id/DIY-Bridge-Rectifier-With-Voltage-Regulator-Circui/> > Acesso em jul. 2018.
- <<https://www.registropublicodeemissoes.com.br/estatisticas/emissoes-historicas>> Acesso em jul. 2018.
- <<https://www.itaipu.gov.br/energia/reservatorio>> Acesso em jul. 2018.
- <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/caecc.php> > Acesso em jul. 2018.
- <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/InducaoMagnetica/transformadores.php>> Acesso em jul. 2018.
- <<https://www.mundodaeletrica.com.br/tipos-de-transformadores/> > Acesso em jul. 2018.
- <<http://blog.mundomax.com.br/somprofissional/alimentacao-phantom-power/> > Acesso em ago. 2018.
- <<https://www.youtube.com/watch?v=JNi6WY7WKAI>> Acesso em ago. 2018.
- <<https://www.youtube.com/watch?v=7ukDKVHnac4>> Acesso em ago. 2018.
- <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/679-configuracao-de-transistores-art077>> Acesso em ago. 2018.
- <[https://www.youtube.com/playlist?list=PLrzM0kp41yoFwRg\\_w8XOzPeYq-vzxI\\_qd](https://www.youtube.com/playlist?list=PLrzM0kp41yoFwRg_w8XOzPeYq-vzxI_qd)> Acesso em ago. 2018.
- <<http://www.arvm.org/exames/trasistor.htm> > Acesso em set. 2018.
- <[https://www.youtube.com/watch?v=mqKCeczWW\\_k&list=PLrzM0kp41yoFwRg\\_w8XOzPeYq-vzxI\\_qd&index=8](https://www.youtube.com/watch?v=mqKCeczWW_k&list=PLrzM0kp41yoFwRg_w8XOzPeYq-vzxI_qd&index=8) > Acesso em out. 2018.
- <<https://www.amazon.com/Seismic-Audio-Woofers-Speaker>

Replacement/dp/B0030NNRMW&gt; Acesso em out. 2018.

<lt;https://www.serenatanet.com.br/microfone-dinamico-behringer-xm8500-518/p&gt; Acesso em out.2018.

<lt;http://www.techtudo.com.br/platb/hardware/tag/microfone/&gt; Acesso em out.2018.

<lt;https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polar\_pattern\_cardioid.png&gt; Acesso em out. 2018.

<lt;https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polar\_pattern\_hypercardioid.png&gt; &lt;http://www.azden.com/understanding-microphone-polar-patterns/&gt; Acesso em out. 2018.

<lt;https://www.aearibbonmics.com/using-a-ribbons-pickup-patterns-and-nulls-to-prevent-bleed/figure-8-polar-pattern/&gt; Acesso em out. 2018.

<lt;https://www.practical-music-production.com/polar-pattern.html&gt; Acesso em out. 2018.

<https://www.bhphotovideo.com/c/product/1083343REG/akg\_3101h00410\_p170cardioid\_condenser\_microphone.html&gt; Acesso em out. 2018.

<lt;https://www.bhphotovideo.com/c/product/147306-REG/Neumann\_TLM\_103\_TLM103\_Cardioid\_Condensator.html&gt; Acesso em out. 2018.

<lt;http://marciasantos21.blogspot.com/2015/05/sentido-convencional-e-sentido-real-da.html&gt; Acesso em out. 2018.

<lt;https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/campo-eletrico.htm> Acesso em out. 2018.

<lt;https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinâmica/caecc.php> Acesso em out. 2018.

<lt;https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinâmica/caecc.php> Acesso em out. 2018.

<lt;https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinâmica/caecc.php&gt; Acesso em out. 2018.

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLrzm0kp41yoFwRg\_w8XOzPeYq-vzxI\_qd > Acesso em ago. 2018.

## **Anexo**

[experiência em Israel a partir do artigo – *Nathan Sepúlveda Teixeira*]

### **Uma viagem memorável!**

Por conta do projeto, fui premiado na Febrace com credenciais para o SciTech Technion 2019. Assim, financiado pelo meu Colégio, participei do *summer camp* de 17 de julho a 8 de agosto no Technion, Instituto Tecnológico de Israel, em Haifa.

No programa havia outros 62 jovens dos EUA, Reino Unido, Austrália, Espanha, Rússia, Bielo-Rússia, Ucrânia, Brasil e Israel. Divididos em grupos de até quatro integrantes, ao longo dessas três semanas nós atuamos na elaboração de projetos relacionados às pesquisas de estudantes de PhD da universidade, incluindo áreas desde Biomedicina a Engenharia de Materiais e Física Aplicada.

No meu caso, junto ao israelense Shimon Shoham Berrebi e sob orientação da doutoranda Inbal Hanuka Katz, no laboratório da Professora Doutora Avi Shpiglman, na Faculty of Biotechnology and Bioengineering, trabalhei no projeto “Stability of strawberry polyphenols as a function of chemical structure, presence of rapeseed proteins and storage temperature”. Basicamente, um estudo acerca dos fatores que afetam o ritmo de degradação de polifenóis, principal substância antioxidante presente em morangos e que é responsável pelas propriedades do fruto ligadas à prevenção de doenças cardiovasculares, cancerígenas e neurodegenerativas.

Dessa forma, todo dia fazíamos experimentos nos laboratórios das 8h30 às 15h30, com um intervalo de 1h para almoço – quase sempre shawarma. E após isso, havia dinâmicas de grupo, jogos culturais e viagens a diversas partes do país. Atividades durante as quais havia a oportunidade de conversar com estudantes de diferentes nacionalidades acerca das particularidades de seus respectivos países, idiomas e variados interesses sobretudo no campo das Ciências Naturais.

Entre as excursões realizadas, foram especialmente memoráveis aquelas ao deserto do Negueve, ao monte Massada, à cidade histórica de Acre, ao Mar Morto e, naturalmente, a Jerusalém, com visita ao Muro das Lamentações. Como era minha primeira vez no país, pude ter uma visão geral da nação, conhecendo sua heterogeneidade no tocante a paisagens, modelo de cidades e até costumes.

Por fim, expusemos as pesquisas realizadas aos outros estudantes e seus orientadores, que avaliaram as apresentações e o pôster feitos. Na cerimônia de encerramento, foram então anunciados os projetos com maior destaque e, para minha surpresa e alegria, o meu foi escolhido como um dos melhores apresentados.

Em suma, tratou-se de um programa fantástico, por meio do qual tive a chance de aprender sobre diferentes culturas e a realidade de diversas partes mundo sob o olhar de jovens como eu. Mais do que apenas Ciência, pude desenvolver habilidades de comunicação e convivência social, crescendo não só como acadêmico, mas como ser humano. E dessa maneira, por um lado triste pelo fim do camp, retornei ao Brasil transformado, contente pelas amizades e memórias eternas que construíra nesse curto período de tempo.

Recebido para publicação em 06-09-19; aceito em 08-10-19