



Ministério da Educação
**Universidade Tecnológica Federal do
Paraná**
Campus de Ponta Grossa



MANUAL DIDÁTICO PARA CONSTRUÇÃO DE THEREMIN ÓTICO

**Christian de Sá Quimelli
Marcos Cesar Danhoni Neves**

**PONTA GROSSA
2019**

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Tabela 1 -	Custo do Material para a produção.....	11
Figura 1 -	Projeto de eletrônica via Arduino (placa azul) em uma Protoboard (placa branca).....	6
Figuras 2A e 2B -	Projetos de eletrônica construídos para elaboração deste produto.....	6
Figura 3A -	Protótipo feito à mão.....	8
Figura 3B -	Protótipo feito com a impressão gerada pelo programa Protheus.....	8
Figura 4 -	Raio-X com indicação colorida das peças internas de um <i>Iphone X</i>	9
Figura 5A -	Limpeza da placa de fenolite.....	14
Figura 5B -	Placa de fenolite já limpa.....	14
Figura 6A -	Circuito a ser impresso.....	14
Figura 6B -	Molde corretamente posicionado.....	13
Figuras 7A e 7B -	Molde posicionado com o auxílio de fita adesiva.....	15
Figura 8A -	Placa sendo aquecida pelo Ferro.....	15
Figura 8B -	Placa sendo passada com o Ferro.....	15
Figura 9A -	Placa de fenolite com a folha fotográfica sendo removida.....	15
Figura 9B -	Impressão com partes faltando.....	16
Figura 9C -	Placa com a impressão sendo corrigida com a caneta para DVD.....	16
Figuras 10A e 10B -	Exemplo de 2 circuitos impressos corretamente.....	16
Figura 11A -	Furador de placa.....	17
Figura 11B -	Placa sendo perfurada.....	17
Figura 12A -	Percloroeto reagindo com a água.....	18
Figura 12B -	Placa sendo mergulhada.....	18
Figura 13A -	Placa de fenolite parcialmente corroída.....	18
Figura 13B -	Placa de fenolite corretamente corroída.....	18
Figura 14A -	Placa de fenolite sendo limpa na água.....	19
Figura 14B -	Placa de fenolite sendo seca após o processo de corrosão.....	19
Figura 15A -	Placa de fenolite sendo limpa após o processo de corrosão.....	19
Figura 15B -	Placa de fenolite já limpa.....	19
Figura 16A -	Placa de fenolite sendo furada.....	20
Figura 16B -	Placa de fenolite já perfurada.....	20
Figura 17 -	Placa de fenolite corretamente perfurada para comparação.....	20
Figura 18A -	Ferro de solda.....	21
Figura 18B -	Suporte para ferro de solda.....	21
Figura 19 -	Circuito Integrado – C.I. Ne555.....	21
Figura 20 -	Marca do C.I.....	22
Figuras 21A e 21B -	Localização da sigla UTFPR nos dois lados da placa.....	22

Figuras 22A e 22B -	Localização dos 8 furos em que o C.I. deverá ser soldado.....	23
Figuras 23A e 23B -	C.I. já posicionado.....	23
Figura 24A -	Ferramenta opcional facilitadora para o processo de soldagem: <i>Helping Hand</i>	24
Figura 24B -	Placa segurada pela <i>Helping Hand</i>	24
Figuras 25A a 25D -	Componente sendo soldado à placa.....	24
Figura 26A -	Sugador de solda.....	25
Figura 26B -	Sugador de solda sendo acionado.....	25
Figura 26C -	Sugador sendo liberado.....	25
Figura 27A -	Curto circuito causado por muita solda.....	25
Figura 27B -	Ferro de solda aquecendo a solda excedente e sugador eliminando excesso de solda.....	25
Figuras 27C e 27D -	Solda com o curto circuito consertado.....	25
Figura 28 -	CI com todas as hastes corretamente soldadas.....	26
Figura 29 -	Resistor de 1k Ω 1/4W.....	26
Figuras 30A a 30C -	Localização dos furos em que o resistor deverá ser inserido.....	27
Figura 30D -	Resistor soldado à placa.....	27
Figuras 31A e 31B -	Resistor com as hastes sendo cortadas.....	28
Figura 32 -	Capacitor cerâmico de 100nf.....	28
Figura 33 -	Localização de onde o Capacitor 104 deverá ser soldado.....	29
Figuras 34A e 34B -	Capacitor corretamente inserido.....	29
Figura 35 -	Capacitor cerâmico de 10nf.....	30
Figura 36 -	Localização de onde o Capacitor 103 deverá ser soldado.....	30
Figuras 37B e 37B -	Capacitor 103 corretamente inserido.....	31
Figura 38 -	LDR.....	31
Figura 39 -	Localização de onde o LDR deverá ser soldado.....	32
Figuras 40A e 40B -	LDR corretamente inserido.....	32
Figura 41 -	Capacitor eletrolítico.....	32
Figura 42 -	Faixa indicativa do lago negativo do capacitor eletrolítico e diferença no tamanho das hastes com a menor indicando o lado negativo (-).....	33
Figura 43 -	Localização de onde o capacitor eletrolítico deverá ser soldado e indicação de onde o lado negativo do capacitor deverá ser inserido.....	33
Figuras 44A e 44B -	Capacitor corretamente inserido.....	34
Figuras 45A e 45B -	Foto de um Buzzer de 5V não apto ao nosso projeto.....	35
Figuras 46A a 46C -	Foto dos 3 falantes que funcionaram com este circuito. Da esquerda para a direita: TDK RV 23, Panasonic WM-71 e S-30V-LP / AT3040.....	35
Figura 47 -	Localização de onde o falante deverá ser soldado com a localização das cores.....	36
Figuras 48A e 48B -	Falante corretamente inserido.....	36
Figura 49 -	Clip de bateria 9V.....	36

Figura 50 -	Localização de onde o Clip deverá ser soldado com a localização das cores.....	37
Figuras 51A e 51B -	Clip corretamente inserido.....	37
Figura 52 -	Circuito completo do Theremin para comparação.....	38
Figura 53A -	Solda mal feita.....	39
Figura 53B -	Solda bem feita.....	39
Figuras 54A a 54D -	Fotos de uma falha na trilha e de um <i>jumper</i> feito com uma sobra de componente.....	40
Figuras 55A a 55C -	LDR exposto à luz e coberto com a mão.....	49
Figuras 56A e 56B -	Bateria meio encaixada para variação de duração das notas.....	50
Figuras 57A a 57C -	Falante com a saída de som coberta pelo dedo e com a saída de som liberada.....	51

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	5
1.1	MOTIVAÇÃO.....	9
2	THEREMIN.....	11
2.1	MATERIAL NECESSÁRIO.....	11
2.2	CONSTRUÇÃO.....	12
2.2.1	Cuidados a Ser Obrigatoriamente Observados.....	12
2.2.2	Preparação da Placa.....	13
2.2.3	Impressão do Circuito.....	14
2.2.4	Corrosão da Placa.....	17
2.2.5	Furando a Placa.....	19
2.2.6	Soldando os Componentes.....	21
3	COLOCANDO O THEREMIN PARA FUNCIONAR.....	38
4	CONCEITOS.....	41
4.1	CONCEITOS DE FÍSICA.....	41
4.2	CONCEITOS DE MÚSICA.....	44
5	PRÁTICA MUSICAL.....	47
5.1	GLISSANDO: 1º Gesto.....	48
5.2	FÓRMULA RÍTMICA: 2º Gesto.....	49
5.3	TREMOLO: 3º Gesto.....	50
5.4	VARIAÇÃO DE INTENSIDADE E TIMBRE: 4º Gesto.....	50
5.5	COMBINAÇÃO DE GESTOS E COMPOSIÇÃO EM GRUPO.....	51
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
	REFERÊNCIAS.....	53

1 APRESENTAÇÃO

Este trabalho se trata de um guia para construção de um Theremin Óptico e é voltado para professores da área da Física e Música. Todavia, o mesmo pode ser utilizado por indivíduos que não possuem nenhum conhecimento na área de eletrônica, dado que o mesmo foi elaborado com imagens e detalha minuciosamente cada passo e etapa de sua construção. Desde o início, este produto foi pensado como instrumentalizador de docentes das áreas de Física e Música, visando contribuir para disseminar o acesso a esse tipo de conhecimento.

Este guia orientará o professor aspirante a eletrônico em seus primeiros passos nesta área, o que também pode ser considerado uma arte. O guia registra em suas páginas: lista de materiais, os cuidados que o professor deve tomar, um passo-a-passo com fotos detalhando o processo de construção, uma breve explicação da função de cada componente que está sendo soldado e uma discussão sobre as práticas musicais possíveis com o Theremin Óptico em sala de aula.

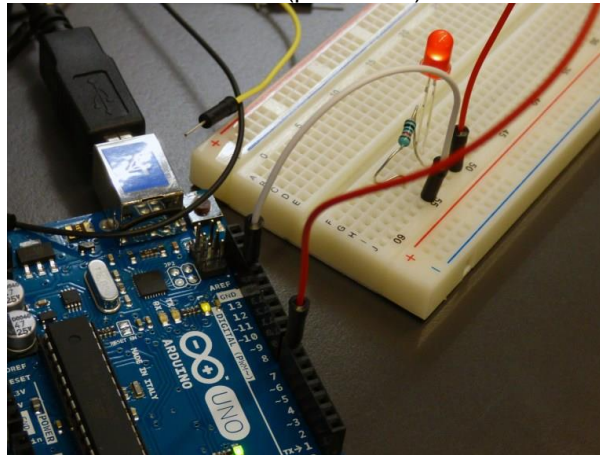
Em nossa busca estudamos, compreendemos e construímos alguns protótipos, até que chegássemos em um produto final considerado suficientemente eficiente para o que se pretende. A primeira dúvida era se o Theremin seria provisório, como, por exemplo, aqueles que são feitos em protoboards¹ ou por arduino², ou se seria uma construção permanente em PCB³ que o aluno levaria para casa. O último caso foi o escolhido devido à intervenção causada na vida do aluno.

¹ Também conhecida como placa de ensaio ou matriz de contato. É uma placa de plástico com furos interligados por uma liga de metal para construir circuitos provisórios. É de uso comum aos estudantes de eletrônica e possui a grande vantagem de ter seus componentes “facilmente retirados para serem utilizados posteriormente em novas montagens.” (ELETRÔNICA DIDÁTICA)

² Segundo o site do próprio fabricante, o “Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software de fácil manuseio. Placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem no Twitter - e transformá-lo em uma saída - ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online.” Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em 24 jul. 2018.

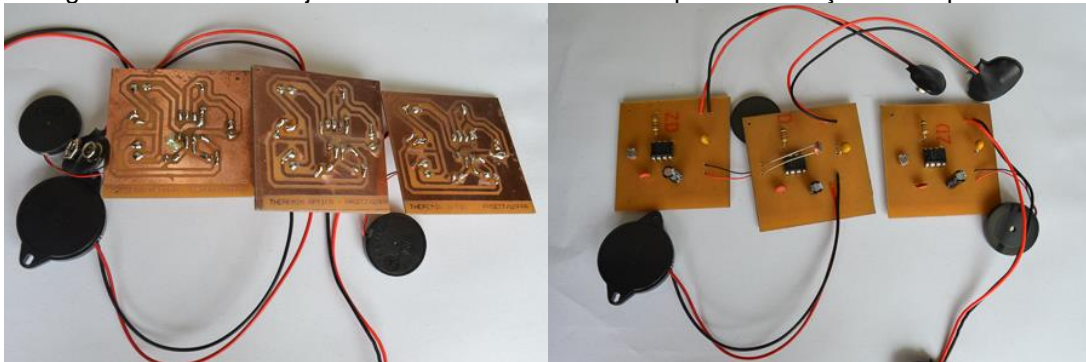
³ Sigla para *printed circuit board*. Mais detalhes sobre o mesmo à frente no texto.

Figura 1 – Projeto de eletrônica via Arduino (placa azul) em uma Protoboard (placa branca).



Fonte: MOTA (2018).

Figuras 2A e 2B – Projetos de eletrônica construídos para elaboração deste produto⁴.



Fonte: MOTA (2018).

Essa intervenção “pressupõe alterar o estilo de vida de pessoas, seja através de uma atividade física orientada (...) de uma leitura, uma ida ao cinema, um bom cochilo após o almoço, um fim de semana na praia; enfim, um infinito de opções...” (DEVIDE, 2002, p.2). Porém, não se trata de uma ação vazia de sentido. Não se pode fazer uma intervenção apenas por fazer, pois “se desejamos que nossa intervenção seja bem sucedida, nós, professores/as, devemos oferecer aquilo que certamente melhorará a qualidade de viver dos nossos destinatários.” (DEVIDE, 2002, p.2). Ao levar os alunos a fazer um modelo de instrumento que possa o pertencer, após a construção, se abre portas permanentes – e positivas – no universo deste educando. Ele levará para o seu “habitat” algo que ele mesmo fabricou e isso poderá incentivá-lo à

⁴ Foram construídos 3 Theremins simultâneos para elaboração desta obra para podermos aproveitar as melhores fotos e ângulos. Algumas variações poderão ser encontradas, porém sem afetar a qualidade do produto final.

motivação escolar e ao empoderamento do fazer – e aqui se utiliza esta expressão do “empoderar-se” livre de qualquer viés político-ideológico.

Mas o que seria então o PCB, esta plataforma escolhida? A sigla significa *Printed Circuit Board*, ou “placa de circuito impresso”, em português. Trata-se de uma chapa de resina epóxi, reforçada com fibra de vidro e com pelo menos um dos lados coberto com cobre. Os componentes são fixados no lado sem o cobre e suas hastes, ou “pernas”, atravessam a placa e são soldadas no lado condutor. “Ela basicamente traz uma base para que os componentes estejam “ligados para que a unidade funcione” (ARIES, 2018). Essa tecnologia se tornou cada vez mais miniaturizada e permite hoje a existência de drones, membros prostéticos e aparelhos de audição, de acordo com Sattel (2018).

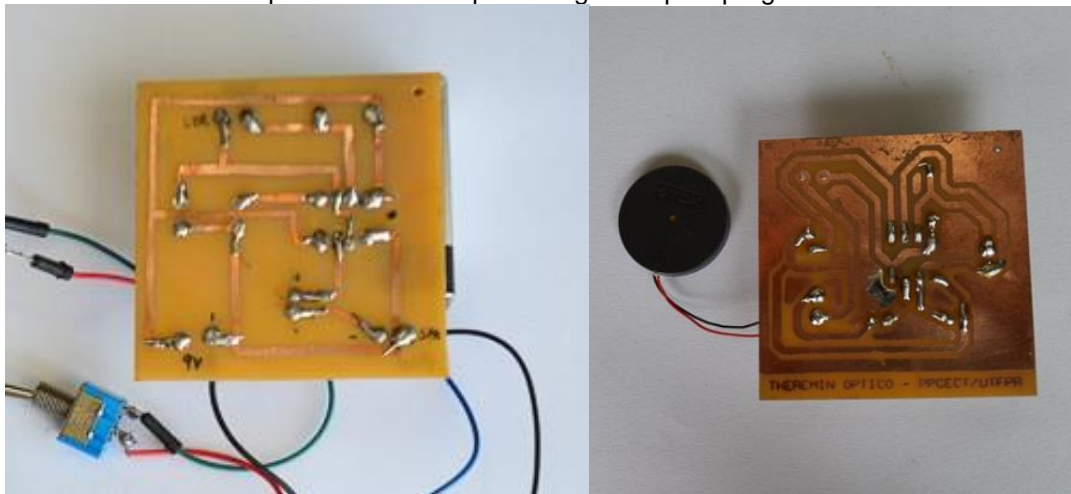
A segunda escolha a ser feita é sobre como a trilha seria demarcada na placa escolhida. A chapa de fenolite virgem não tem nenhuma marcação de qual caminho a eletricidade deve seguir, então deve-se corroer algumas partes do material condutor para que apenas o caminho entre os componentes exista. Estavam disponíveis dois métodos para escolher e foram construídos protótipos – funcionais e não funcionais – nos dois. O primeiro deles seria a demarcação manual, em que se desenha a trilha a ser protegida com uma caneta de DVD/CD, copiando algum molde⁵. Com esse método, foi feito o primeiro Theremin desta pesquisa que se mostrou funcional, porém o manuseio do processo o torna cansativo e, de certo modo, desinteressante.

O segundo método seria utilizar um programa como o Protheus, que permite que se construa digitalmente um molde, que pode ser impresso numa folha, com uma impressora a laser comum, e reimpresso em uma placa de fenolite, com um material que exale calor – neste caso, um ferro de passar roupa. Este processo é mais rápido e interessante, porém não foi possível começar por ele, pois é necessária uma base sólida de conhecimentos eletrônicos para conseguir construir a placa no software. Graças à ajuda de parceiros na área, o circuito foi doado por um formando em Engenharia Eletrônica da própria UTFPR, que utilizou o molde inicial criado por Marg e criou uma adaptação do mesmo no Protheus. A gentileza acompanha-se

⁵ O nosso molde foi tirado do site: <http://margtecnologia.blogspot.com/2012/02/proyecto-n-11-el-botofono.html>.

também na escrita feita no circuito do nome do produto, a universidade e o programa de pós-graduação⁶.

Figura 3A – Protótipo feito à mão.
3B – Protótipo feito com a impressão gerada pelo programa Protheus.



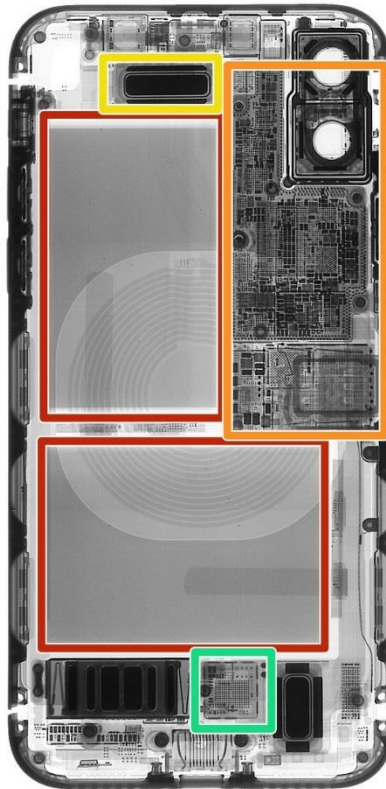
Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

A terceira e última escolha a ser feita se baseia em como se guiaria o leitor na construção do instrumento. Para isto foi utilizada uma metodologia simples, porém bastante efetiva, de um site que reúne manuais de reparos gratuitos, chamado *IFIXIT*⁷ – ou EUCONSERTOISTO, em uma tradução literal. Nesta plataforma, é possível encontrar guias para desmontar, consertar e remontar vários itens eletrônicos e do dia a dia como celulares, controles de vídeo game, câmeras fotográficas, tablets, computadores e até automóveis. Para isto, as imagens são minuciosamente detalhadas e indicadas com cores para assinalar o leitor do que se trata cada peça e o que deve fazer com ela. Um exemplo de um guia para desmontar e remontar o *Iphone X* pode ser visto abaixo:

⁶ Theremin Óptico – UTFPR/PPGECT (Universidade Tecnológica Federal do Paraná / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia) como pode ser visto na figura número _.

⁷ Disponível em: <https://pt.ifixit.com/>

Figura 4 – Raio-X com indicação colorida das peças internas de um *iPhone X*.



Fonte: IFIXIT (2018).

Este produto está dividido em 6 capítulos. O capítulo 1 é esta apresentação sobre o projeto. O capítulo 2 trabalha a construção do Theremin passo a passo com fotos e instruções minuciosas sobre o processo. O capítulo 3 apresenta possibilidades de *troubleshooting* caso o Theremin construído apresente algum problema ou não venha a funcionar. O capítulo 4 aborda os conceitos de Física e de Música que podem ser trabalhados em sala de aula com este experimento. O capítulo 5 propõe algumas atividades musicais a serem exploradas com o instrumento recém construído. Por último o capítulo 6 discute os resultados e as considerações sobre o processo.

1.1 MOTIVAÇÃO

A motivação por trás desta obra vem de um anseio particular do autor da mesma, que, como muitos professores, se sente refém da tecnologia. O mestrandando que vos escreve toca, em sua maior parte, instrumentos eletrônicos ou que dependem de dispositivos eletrônicos para funcionarem em uma

apresentação ao vivo, como guitarra, violão, bandolim e o próprio Theremin. O fato de não saber soldar um cabo, limpar um *jack* de pedais ou de instrumento ou remover o ruído em um potenciômetro, o fazia refém do medo de qualquer dispositivo na cadeia falhar, por mais simples que seja a falha. Qualquer problema destes renderia uma ida ao centro da cidade, gastando tempo e recursos (que no início da caminhada musical são bem escassos) e deixando o instrumentista desamparado por um certo tempo, sem sua ferramenta de trabalho. Na busca por este conhecimento (que se provou de difícil acesso em alguns momentos), o autor se empoderou e se libertou deste medo do “fazer”.

O que seria esse medo? Ele se torna presente, mesmo sem total consciência, na aversão à exploração. Toma forma em um receio de realizar a manutenção no próprio instrumento, fazendo com que o instrumentista fique subordinado àqueles que possuem o conhecimento especializado. Para superar tal impasse, a interdisciplinaridade se mostrou como uma cura e o grande objetivo daqueles que produziram este guia é trazer essa mesma cura através deste empoderamento do fazer para o leitor interessado. Essa solução virá em forma de Theremin, mas poderá, e deverá tomar todas as formas que se apresentarem necessárias na vida do docente.

Desta forma, este “Manual didático para construção de Theremin Ótico”, faz parte da dissertação de mestrado “Theremin: música e eletrônica no ensino da arte-ciência”. Assim, sugerimos também a leitura da dissertação com o intuito de que o leitor possa melhor absorver os conteúdos relacionados ao tema, bem como se apropriar da trajetória percorrida por este autor.

2 THEREMIN

2.1 MATERIAL NECESSÁRIO

Para um bom aproveitamento deste guia, a separação prévia do material é necessária, pois em vários momentos a falta de um dos elementos pode impedir a continuidade do trabalho.

A seguir, apresenta-se uma tabela com o nome do material e seu preço médio em lojas de eletrônica e supermercados, em solo brasileiro, no ano de 2018. Uma observação necessária é de que a maioria dos componentes tem seus preços mais viáveis se comprados em atacado. Às vezes um componente solitário custa R\$ 1, mas, ao comprar uma centena, o custo será de R\$ 15.

Tabela 1 – Custo do Material para a produção

Unidade	Item	Valor
Pacote	Esponja de aço	R\$ 3,25
1	Folha fotográfica 180g	R\$ 3
1	Tesoura	R\$ 8
1	Alicate de Corte	R\$ 12
1	Ferro de passar roupa	R\$ 60
1	Placa de Fenolite 5cm x 5cm	R\$ 4
1	Caneta de DVD/CD	R\$ 3,20
Pacote	Percloroeto de Ferro 250g	R\$ 15
1	Recipiente de plástico descartável	R\$ 0 (pode ser um pote usado de margarina ou sorvete)
1	Carretel de linha	R\$ 2
1	Furador de placa	R\$ 55
1	Ferro de solda entre 30W e 60W	R\$ 40
1	Sugador de solda	R\$ 18
Tubo	Liga de estanho	R\$ 8
1	Circuito Integrado (C.I.) Ne555	R\$ 2,50
1	Resistor 1kΩ 1/4W	R\$ 1,50
1	Capacitor cerâmico de 10nf, chamado também de “103”	R\$ 1,50
1	Capacitor cerâmico de 100nf, chamado também de “104”	R\$ 1,50
1	Capacitor eletrolítico de 22nf 25V	R\$ 1,50
1	LDR – Fotoresistor	R\$ 1,50
1	Mini alto-falante de no mínimo 10V	R\$ 5
1	Clip de bateria 9V	R\$ 2
1	Bateria de 9V de carbono	R\$ 4

Obs: os valores monetários destes materiais são de Agosto/2018

Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora todos esses itens sejam necessários para a construção e sejam do cotidiano de engenheiros eletrônicos, nem todos são encontrados em lojas especializadas de eletrônica. A esponja de aço, o alicate de corte, o ferro de passar roupa, o recipiente de plástico descartável e o carretel de linha poderão ser encontrados em supermercados. A folha fotográfica, a tesoura e a caneta para DVD/CD serão encontradas em papelarias. O percloroeto de ferro, o furador de placa, o ferro de solda, a liga de estanho, o sugador de solda, e os componentes: C.I. Ne555, Resistor de $1k\Omega$, capacitores cerâmicos 103 e 104, capacitor eletrolítico de 22nf, LDR, Clip de Bateria 9V, Mini alto-falante e Bateria de 9V podem todos ser encontrados em lojas especializadas de eletrônica.

Pode-se levar em conta um aspecto bem específico no valor do Theremin: construir apenas uma unidade não é barato. Porém, é possível reduzir drasticamente o valor unitário do Theremin quando mais unidades são produzidas com o valor do item no atacado, como explicado antes, e também pelo fato de alguns itens serem reutilizáveis e não haver necessidade de comprar uma nova unidade para construir um segundo Theremin. As unidades reutilizáveis são: Esponja de aço, tesoura, alicate, ferro de passar roupa, caneta de DVD/CD, percloroeto de ferro, recipiente de plástico descartável, carretel de linha, furador de placa, ferro de solda, sugador de solda e a liga de estanho. Com um rápido passar de olhos, percebe-se que estes são os itens mais caros, então para que este Theremin seja um produto educacional de “baixo custo”, não pode ser feito em pequenas quantidades.

2.2 CONSTRUÇÃO

2.2.1. Cuidados a Ser Obrigatoriamente Observados

1) O ferro de passar roupa e o ferro de solda podem causar queimaduras.

2) A fumaça branca que sai da solda não deve ser aspirada por conter chumbo, que é altamente tóxico. Portanto, o local em que a soldagem ocorrerá deve ser bem ventilado. Máscaras de proteção são uma medida adicional de

segurança desejável e, no caso de o produto ser aplicado com menores de idade, julga-se ser obrigatória.

3) Por conta dos motivos do item 2, o local em que o produto for construído deve ser bem ventilado. Existem ligas de solda sem chumbo, porém são difíceis de obter no Brasil. Mesmo assim, encoraja-se que o professor consiga um exemplar destes para sua ação, porém isso não quer dizer que não se deve continuar tomando cuidado com a fumaça.

4) O percloroeto de ferro não deve entrar em contato com roupas e olhos. O contato com a pele deve ser o mínimo possível e, após, lavado com água corrente. O contato do mesmo com a roupa causa manchas praticamente irremovíveis.

2.2.2. Preparação da Placa:

Antes deste primeiro passo é bom, para economia de tempo, deixar o ferro de passar roupas esquentando, pois ele será utilizado logo após a preparação da placa.

No início da eletrônica, os componentes eram todos soldados diretamente um no outro, através de seus terminais, utilizando uma pequena placa de acrílico como suporte. Com o desenvolvimento de novas técnicas, a placa de fenolite tomou posse deste cargo, sendo não apenas uma plataforma para segurar os componentes, mas parte do caminho da corrente elétrica, pois uma de suas faces é condutora. É comum que a Placa de Fenolite, plataforma escolhida para o instrumento deste trabalho, apresente uma leve oxidação em sua superfície e o primeiro processo a se fazer é limpá-la. Esfregue a esponja de aço na mesma, até que a placa apresente um aspecto brilhante e homogêneo.

Figura 5A – Limpeza da placa de fenolite. 5B – Placa de fenolite já limpa.

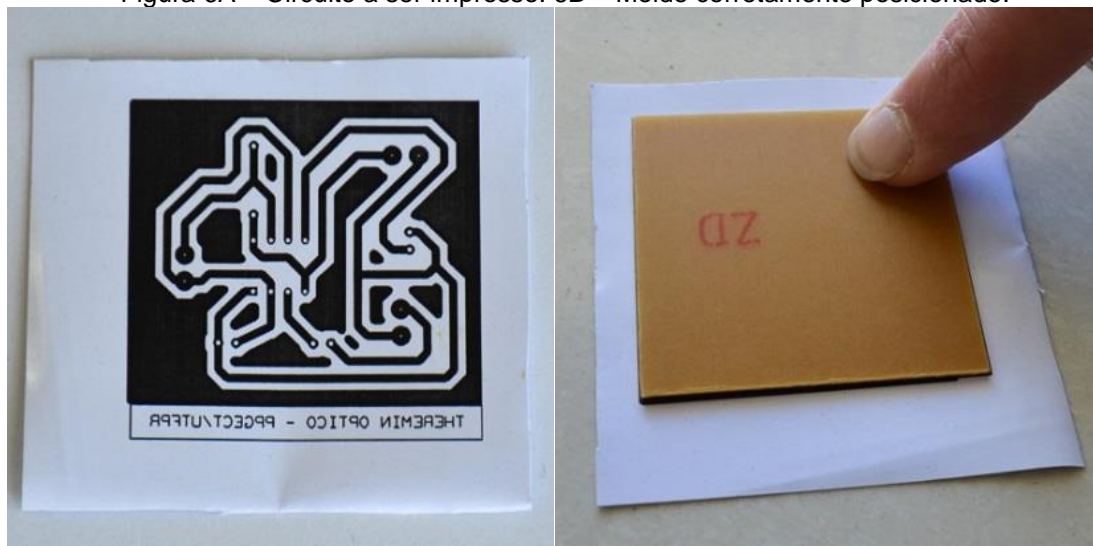


Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

2.2.3. Impressão do Circuito:

O circuito que será impresso na placa está no Anexo A, no final deste trabalho, e deverá ser impresso em uma folha fotográfica por uma impressora a laser. A gramatura da folha não deve ser superior a 180g, pois pode ficar presa na máquina de impressoras comuns. Esse molde deve ser recortado e a face impressa posicionada de frente para o lado brilhante da placa de fenolite.

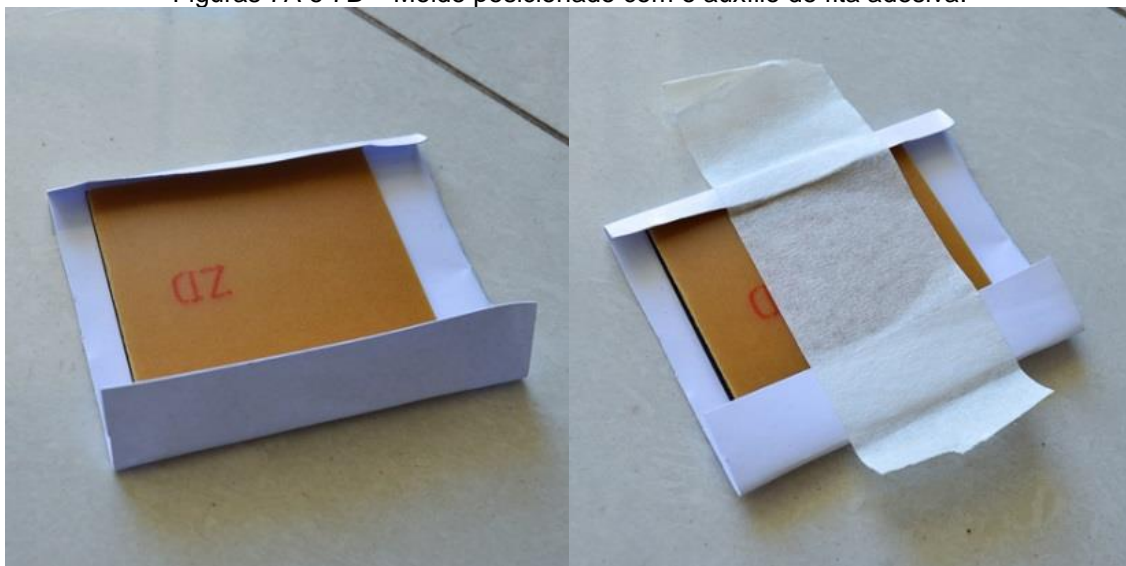
Figura 6A – Circuito a ser impresso. 6B – Molde corretamente posicionado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Caso uma melhor fixação seja desejada, fitas adesivas podem ser utilizadas para segurar a impressão contra a placa.

Figuras 7A e 7B – Molde posicionado com o auxílio de fita adesiva.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

A placa deve ser aquecida com o ferro de passar roupa, para que o circuito seja impresso na placa. Esse processo consiste em posicionar o ferro em cima do circuito, pegando toda a área da placa, segurar durante alguns segundos – no mínimo 10 – e depois “passar” o nosso protótipo como se estivesse fazendo com uma peça de roupa. Utiliza-se o ferro em potência alta nessa etapa.

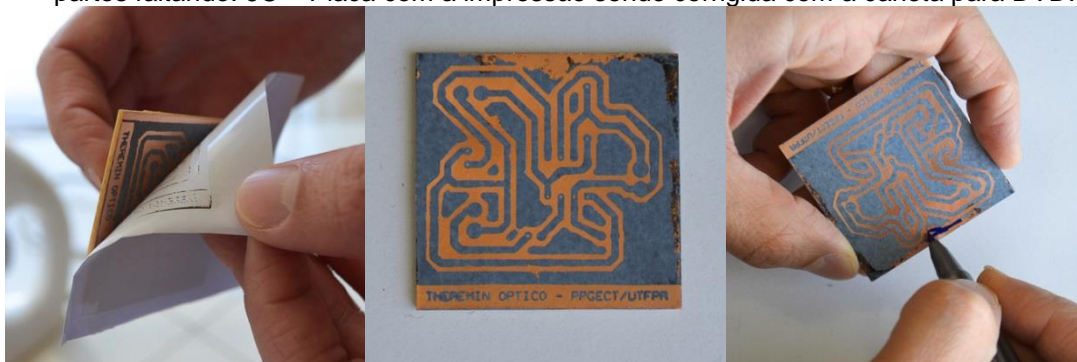
Figura 8A – Placa sendo aquecida pelo Ferro. 8B – Placa sendo passada com o Ferro.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Com cuidado, o papel deve começar a ser removido por uma das pontas. Caso a qualidade da impressão seja satisfatória, ele pode ser removido por completo, caso contrário ele deve ser reposicionado e o ferro deverá ser passado novamente. Se, mesmo após algumas repetições deste processo, a trilha estiver incompleta, ela pode ser acabada com a caneta para marcar DVDs.

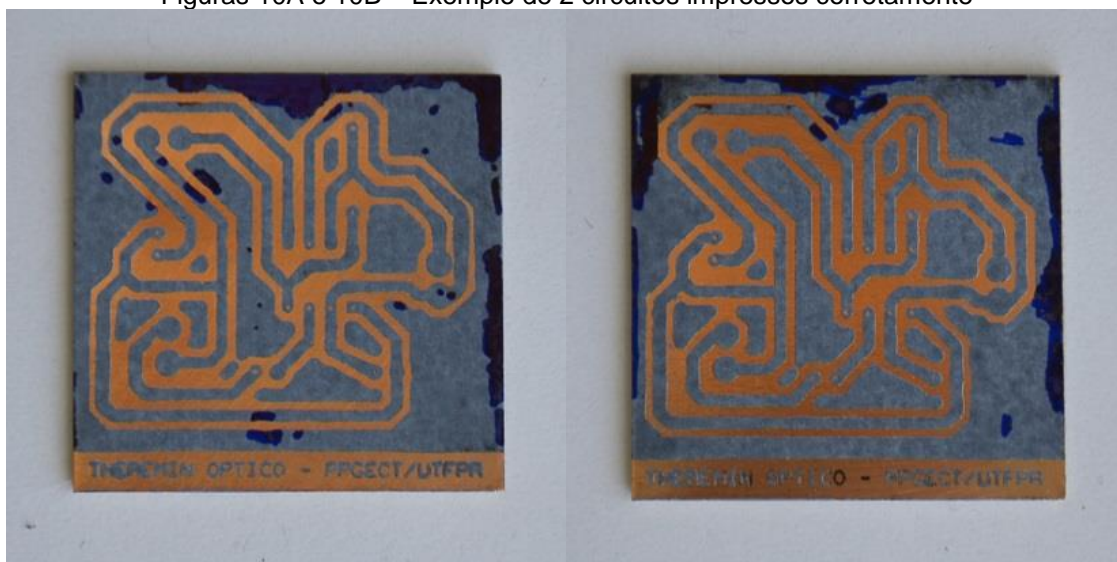
Figura 9A – Placa de fenolite com a folha fotográfica sendo removida. 9B – Impressão com partes faltando. 9C – Placa com a impressão sendo corrigida com a caneta para DVD.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Observação: Se alguma parte da trilha estiver inconsistente, ou faltando, o projeto estará condenado ao não funcionamento! Para verificar se a trilha está correta, você pode compará-la com a figura abaixo:

Figuras 10A e 10B – Exemplo de 2 circuitos impressos corretamente



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

ATENÇÃO: Se o ferro de passar roupas não for mais ser utilizado, não se esqueça de desligá-lo!

O leitor pode estar se perguntando como a impressão da folha fotográfica foi passada para a placa de fenolite. Nessa situação, a tinta é gravada no papel por um processo elétrico, na impressora a laser, e quando se passa o ferro de passar roupas o mesmo efeito ocorre, porém agora do papel para a placa.

2.2.4. Corrosão da Placa:

Esta etapa consiste em corroer as partes que não estão protegidas pela impressão na placa. O material escolhido para esse processo é o percloroeto de ferro em pó, que será dissolvido em água no recipiente de plástico escolhido pelo leitor. Uma orientação é que o recipiente seja barato ou reutilizado, como um pote de sorvete ou de margarina, pois ele não poderá ser empregado novamente na cozinha. Para misturar a solução, você deve encher o recipiente com água e inserir o percloroeto lentamente. Uma reação química ocorrerá com vapor e aumento de temperatura do líquido, por isso indicamos que todas as etapas devam ser feitas em área arejada. A proporção mais comum dada pelos fabricantes é 2:1, isto quer dizer, 200 ml de água para cada 100g de percloroeto.

ATENÇÃO 1: Nunca faça o processo ao contrário! O percloroeto deve ser inserido lentamente na água e não a água no percloroeto, pois a reação química pode sair do controle!

ATENÇÃO 2: O percloroeto não pode ser utilizado em recipientes de metal, pois pode reagir com o mesmo!

Faça um furo na borda da placa com o furador e passe um fio de linha para depois poder “pescá-la” mais facilmente e, então, mergulhe-a na solução.

Figura 11A – Furador de placa. 10B – Placa sendo perfurada.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Figura 12A – Percloreto reagindo com a água. 12B – Placa sendo mergulhada.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

O que está impresso não será corroído e as partes livres entram em reação com o percloreto. Aproximadamente 15 minutos depois, a placa já estará com a trilha definida. Caso a placa ainda não tenha sido corroída completamente, deverá ser mergulhada novamente e removida a cada 5 minutos, até que o processo tenha se completado. Caso queira acelerar o processo de corrosão, você poderá dar uma mexida na placa através do fio de vez em quando. Após essa etapa, a placa deverá ser enxaguada com água corrente e seca.

Figura 13A – Placa de fenolite parcialmente corroída.
13B – Placa de fenolite corretamente corroída.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Figura 14A – Placa de fenolite sendo limpa na água.
 14B – Placa de fenolite sendo seca após o processo de corrosão.

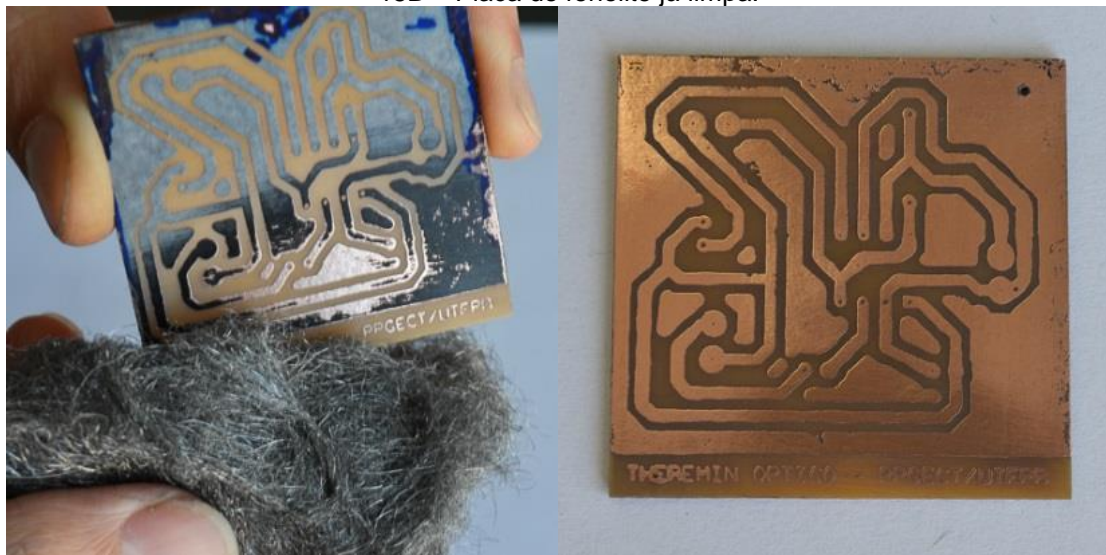


Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

2.2.5. Furando a Placa:

Esta etapa consiste em criar uma passagem para os componentes, através da placa, utilizando o furador. Primeiramente, a placa deve ser limpa novamente com a esponja de aço, para remover a tinta protetora.

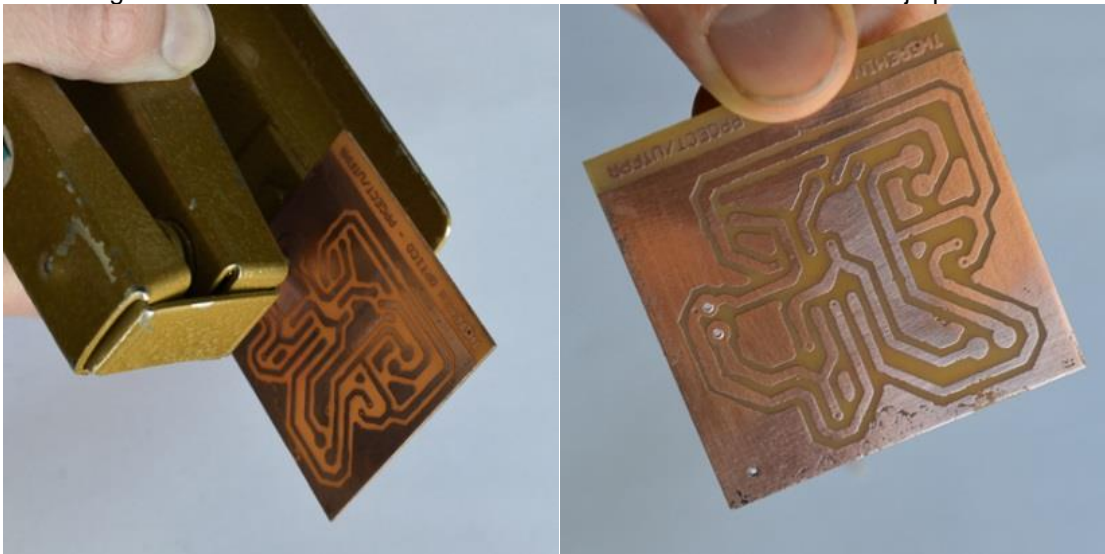
Figura 15A – Placa de fenolite sendo limpa após o processo de corrosão.
 15B – Placa de fenolite já limpa.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

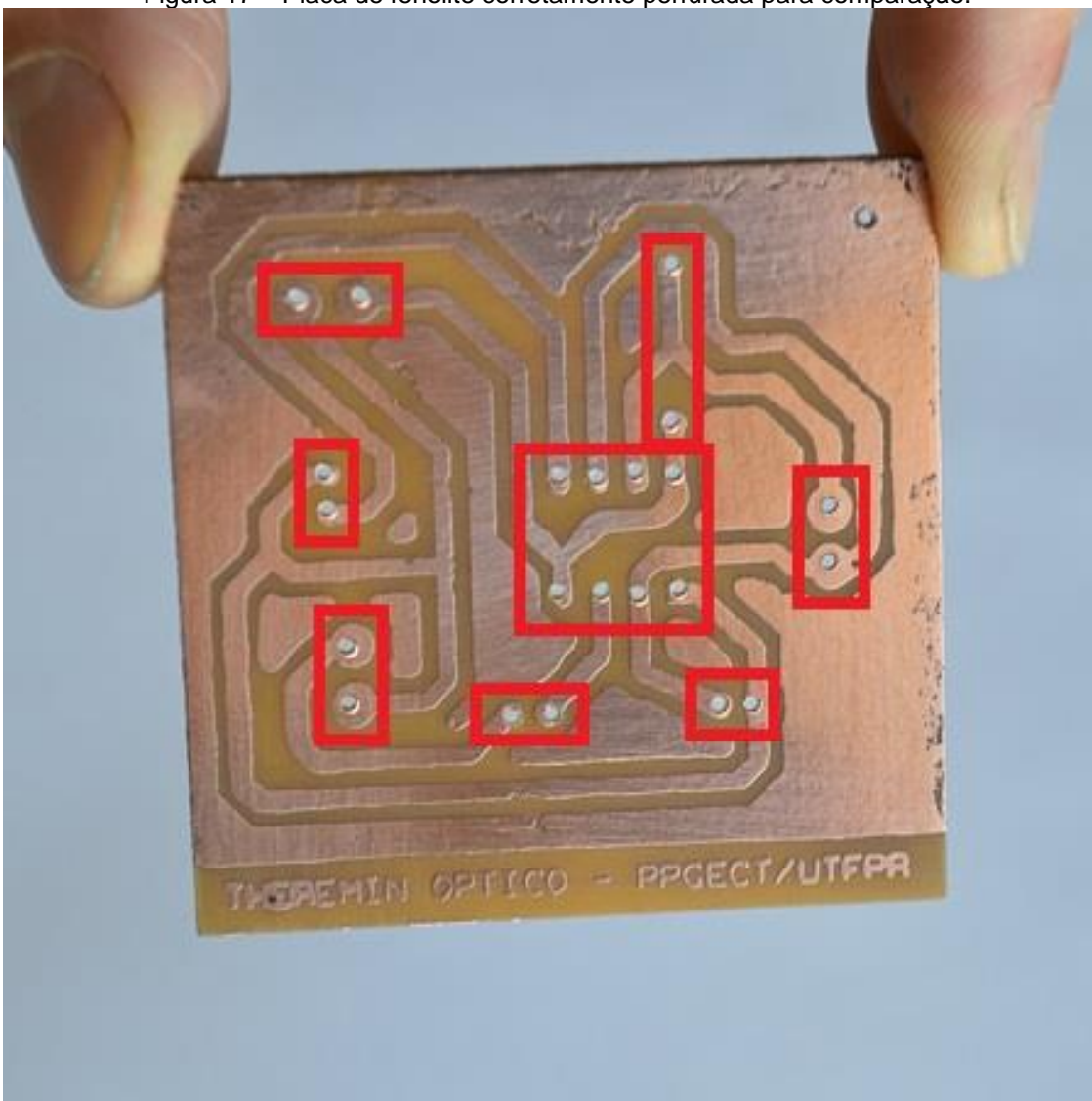
Depois, ela deverá ser furada nas marcações em forma de bolinha na trilha com o furador de placa. Caso elas não estejam tão claras, você poderá comparar a sua placa com a foto abaixo:

Figura 16A – Placa de fenolite sendo furada. 16B – Placa de fenolite já perfurada.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Figura 17 – Placa de fenolite corretamente perfurada para comparação.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

2.2.6. Soldando os Componentes:

ATENÇÃO: Nesta etapa se começa a fazer uso do ferro de solda. Ele deve ser manuseado com muito cuidado, pois, no caso de um ferro de 40W, a ponta pode chegar a 380 graus Celsius. O ferro apresenta sempre uma área segura para manuseá-lo, normalmente encoberta por uma borracha colorida de fácil visualização, e os dedos do usuário não devem ultrapassar aquele ponto. Outro item que pode esquentar quase tanto quanto o ferro e que deve ser considerado é o suporte aonde o ferro descansará. Caso o aluno encoste em qualquer um destes itens, enquanto aquecidos, água corrente deve ser aplicada no local o mais rápido possível.

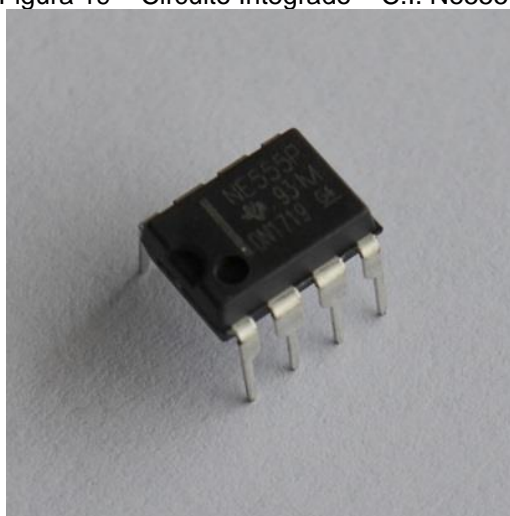
Figura 18A – Ferro de solda. 18B – Suporte para ferro de solda.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

CIRCUITO INTEGRADO

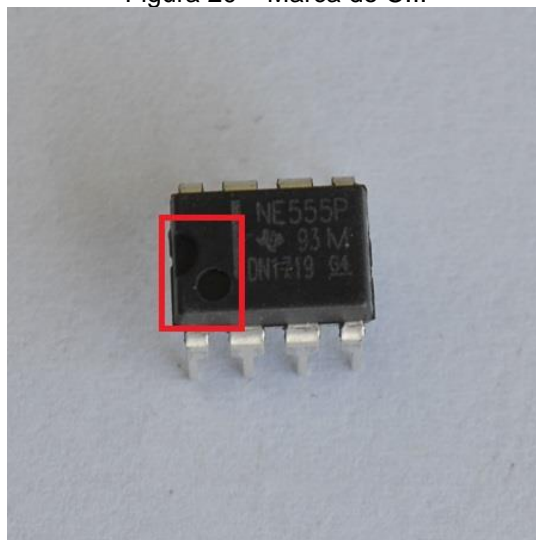
Figura 19 – Circuito Integrado – C.I. Ne555



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

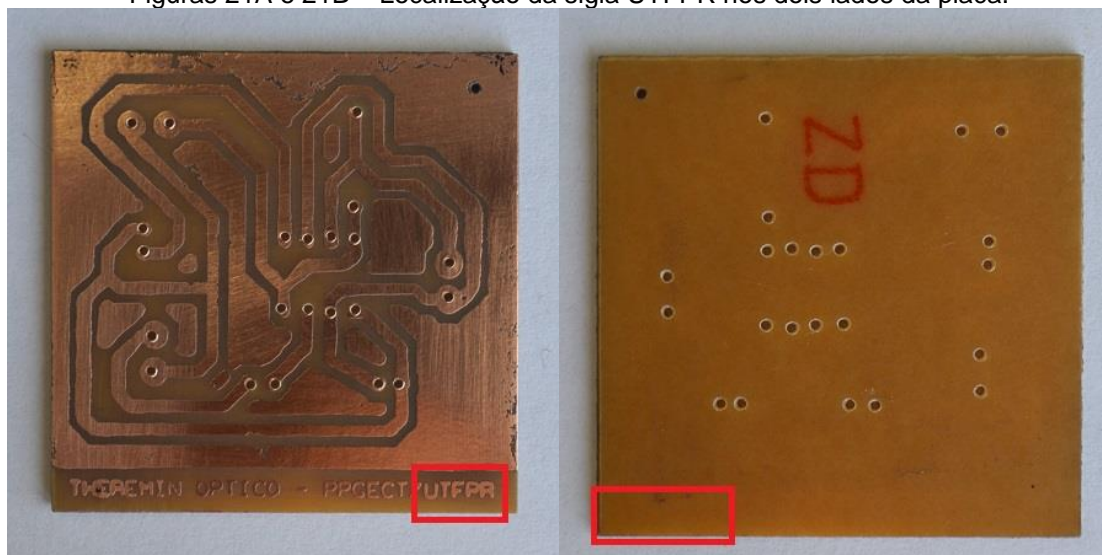
Deve-se agora começar a soldar os componentes. Para facilitar a localização das peças, o primeiro a ser inserido é o Circuito Integrado (que será chamado de C.I.), por ser o maior componente e estar bem no meio da placa. Para inseri-lo corretamente, você deverá encontrar a marca em forma de bolinha e a meia lua e ela deverá estar apontando para o mesmo lado da sigla UTFPR.

Figura 20 – Marca do C.I.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

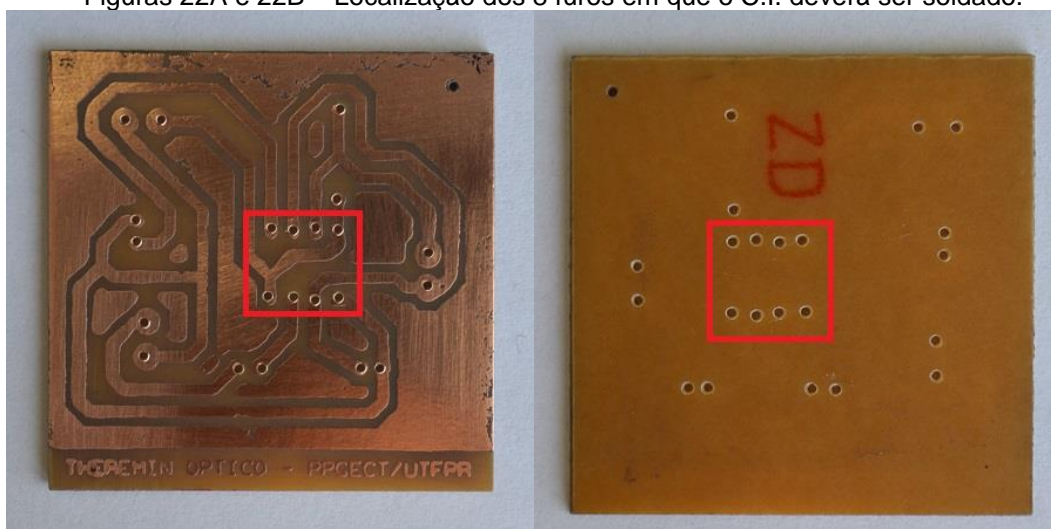
Figuras 21A e 21B – Localização da sigla UTFPR nos dois lados da placa.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

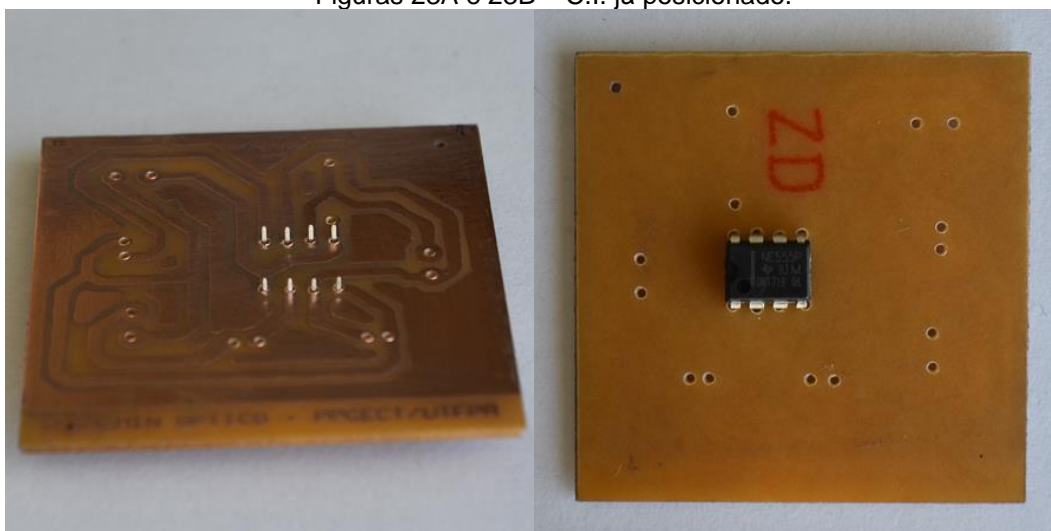
Após esta localização, o C.I. deve ser encaixado nos oito furos que estão no centro da placa. Vale a nota que todos os componentes que serão soldados ficarão posicionados no lado contrário da escrita "Theremin Óptico – PPGECT/UTFPR".

Figuras 22A e 22B – Localização dos 8 furos em que o C.I. deverá ser soldado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

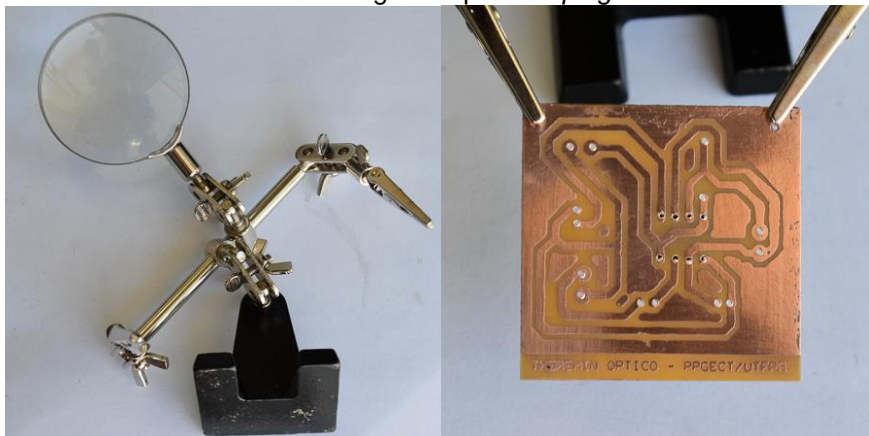
Figuras 23A e 23B – C.I. já posicionado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

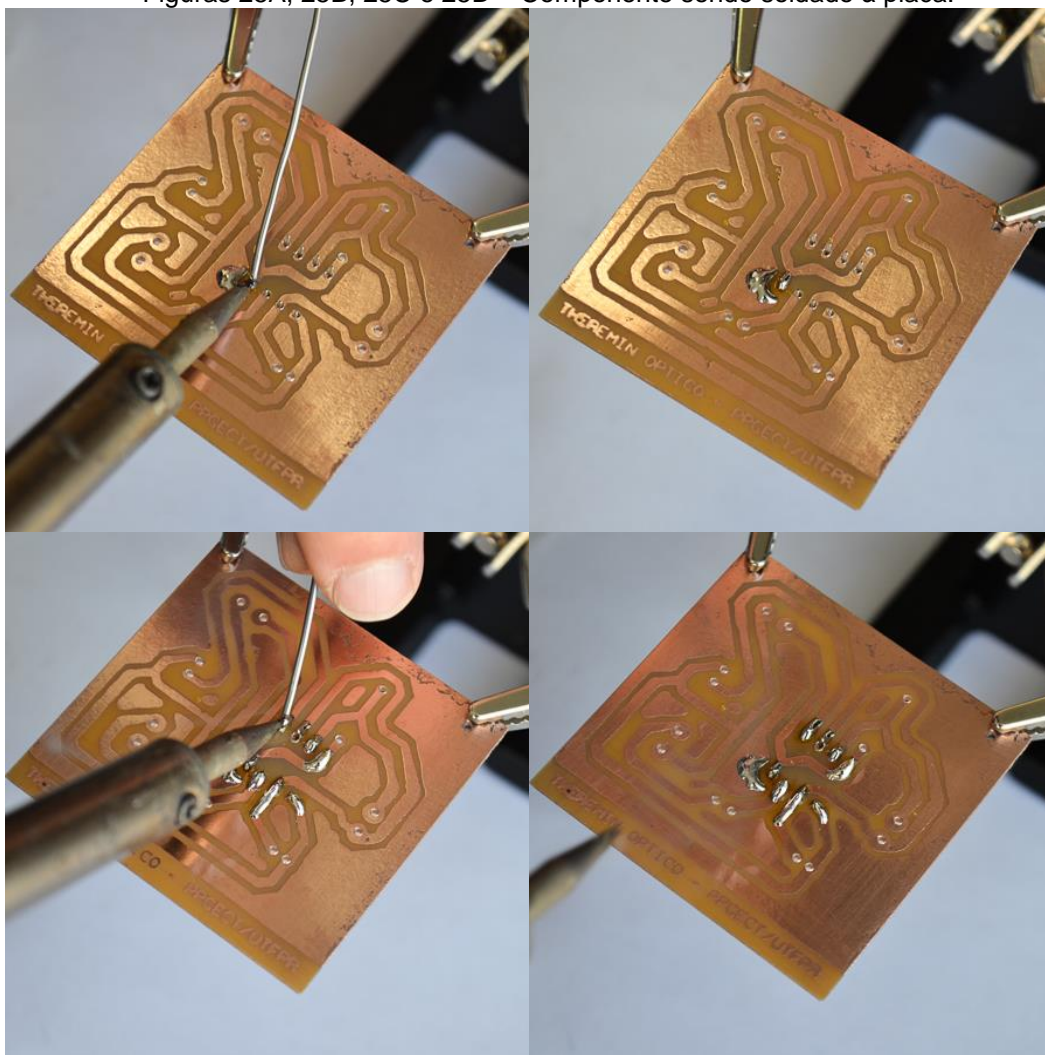
Agora com o C.I. encaixado pela parte fosca da placa e com suas 8 pernas saindo pela parte corroída, deve-se soldá-lo. Para fazer isto corretamente, você deve pegar o ferro de solda pré-aquecido, encostar na perna do componente e aquecê-lo durante 3 a 4 segundos. Você deverá então pegar a liga de estanho, aplicá-la no ponto aquecido até que ela comece a derreter e empurrá-la levemente para que tenha liga o suficiente para criar contato entre a trilha da placa e a haste do componente. Depois de alguns segundos inserindo o estanho, você deverá remover primeiro ele e depois o ferro de solda. Tente não mexer a solda enquanto ela esfria e terá um componente bem anexado à placa.

Figura 24A – Ferramenta opcional facilitadora para o processo de soldagem: *Helping Hand*.
24B – Placa segura pela *Helping Hand*.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Figuras 25A, 25B, 25C e 25D – Componente sendo soldado à placa.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Solde todas as 8 pernas do C.I. e não deixe que uma solda encoste na outra, fazendo uma “ponte” entre pontos que não deveriam ser conectados,

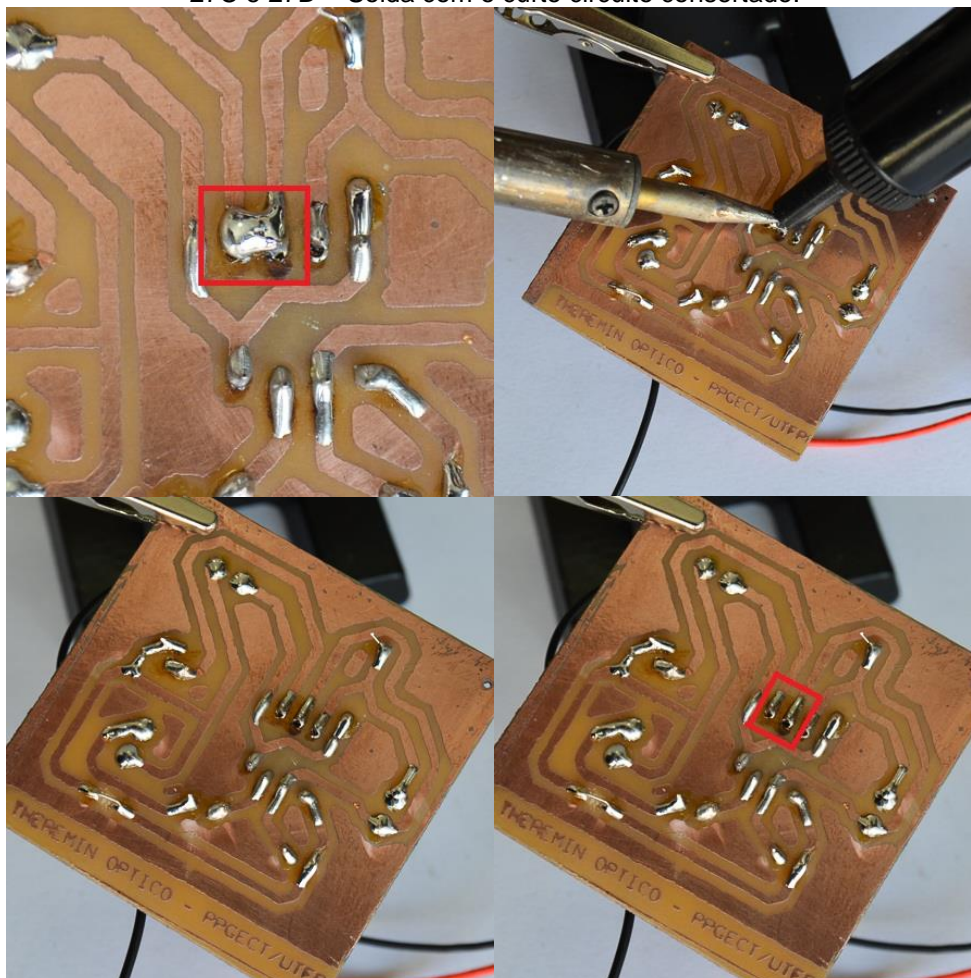
causando assim um curto circuito. Caso isso aconteça, você deverá sugar a solda excedente com o sugador⁸ e aplicar novamente a liga, até que nenhuma ponte exista e as soldas existentes apresentem um aspecto limpo e uniforme.

Figura 26A – Sugador de solda. 26B – Sugador de solda sendo acionado.
26C – Sugador sendo liberado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

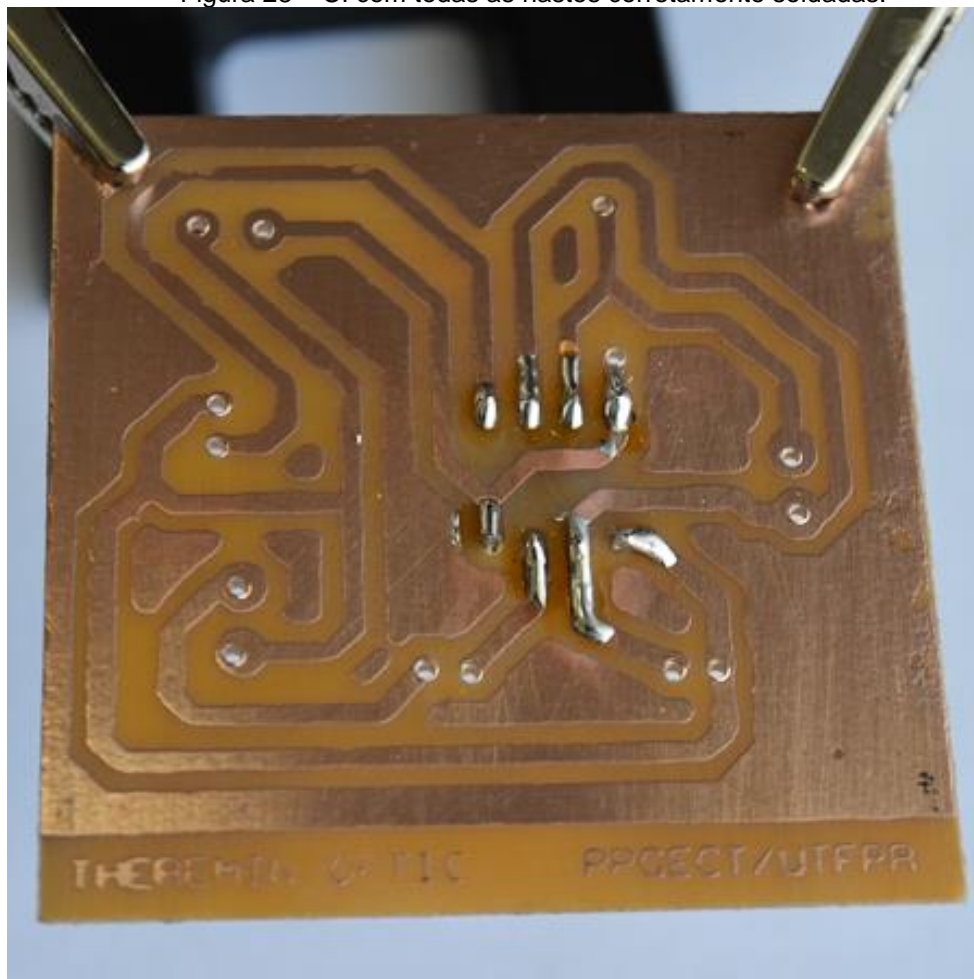
Figura 27A – Curto circuito causado por muita solda.
27B – Ferro de solda aquecendo a solda excedente e sugador eliminando excesso de solda.
27C e 27D – Solda com o curto circuito consertado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

⁸ O sugador é uma ferramenta de uso simples, onde o usuário pressiona uma mola que é acionada por um botão na lateral. O movimento de retorno da mola ao seu estado inicial suga rapidamente o ar junto com a solda que foi derretida novamente pelo ferro.

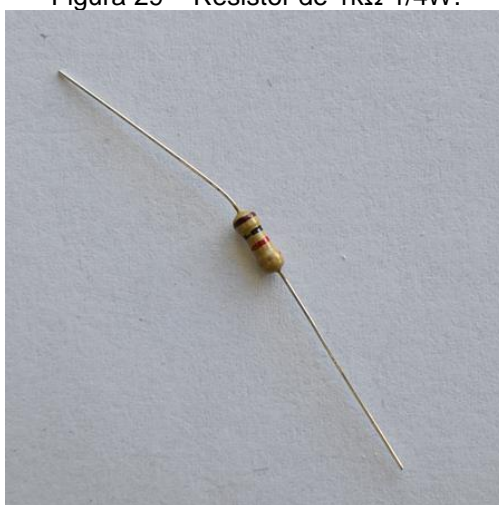
Figura 28 – CI com todas as hastes corretamente soldadas.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

A) RESISTOR

Figura 29 – Resistor de 1k Ω 1/4W.

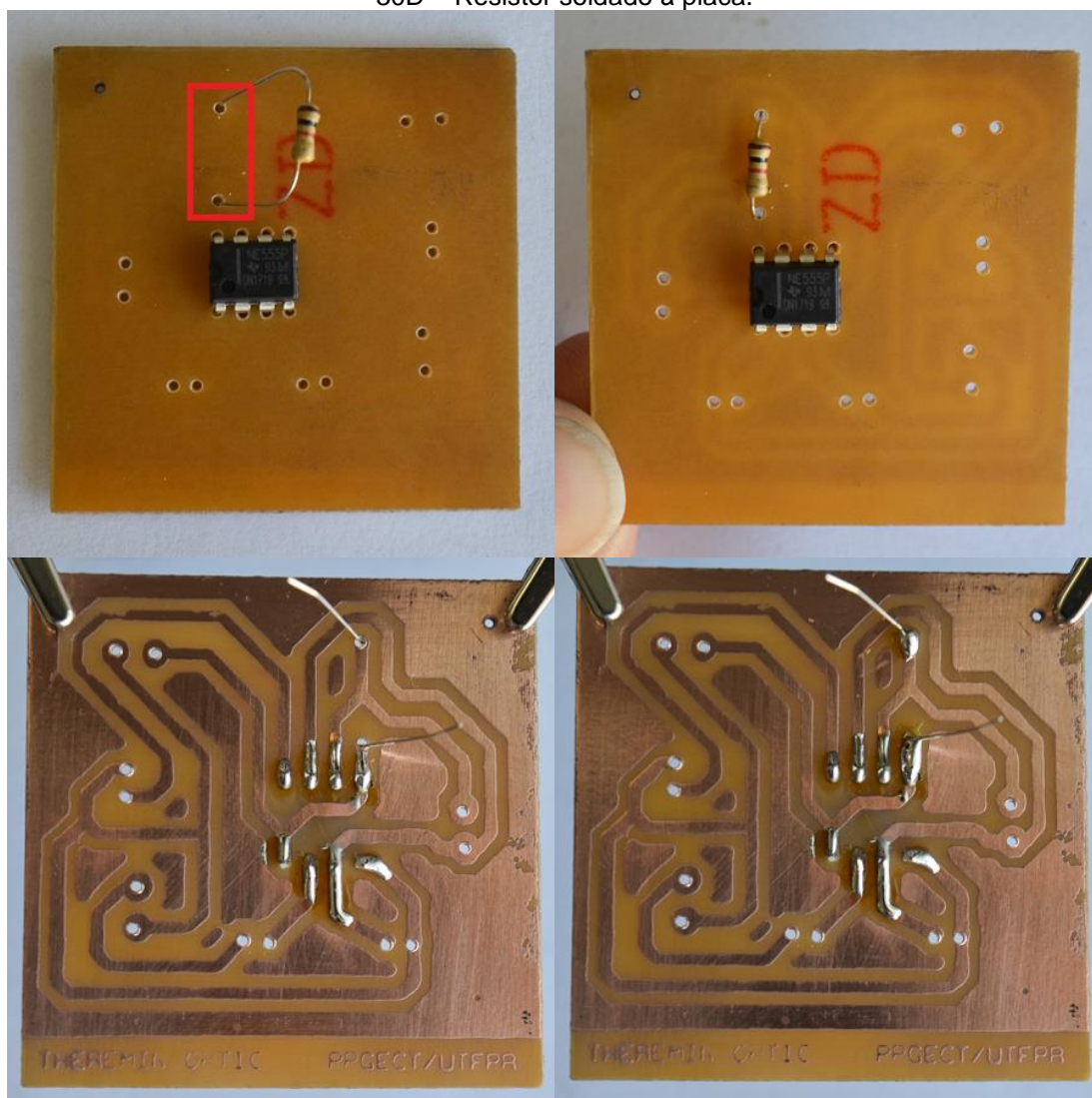


Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Agora que o C.I. está corretamente posicionado, para nortear o projeto, vamos começar a soldar os outros componentes. Primeiro se coloca os que não possuem polaridade específica, ou seja, as peças que não têm um lado específico obrigatório, então se forem colocadas ao contrário, não farão diferença para o funcionamento do Theremin.

Encabeçando a lista está o resistor, que será inserido nos dois furos verticais logo acima do C.I., conforme a foto abaixo:

Figuras 30A, 30B e 30C – Localização dos furos em que o resistor deverá ser inserido.
30D – Resistor soldado à placa.

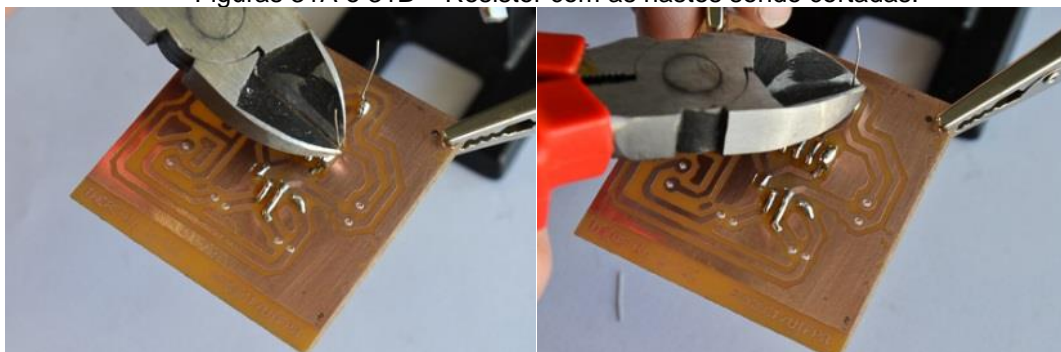


Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Como pode ser observado na imagem acima, as pernas do resistor se mostram muito maiores do que o necessário e esta sobra pode ser eliminada com o uso de um alicate.

Observação: Não jogue fora estas hastes até que o circuito esteja funcionando, pois elas poderão ser necessárias mais tarde!

Figuras 31A e 31B – Resistor com as hastes sendo cortadas.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

B) CAPACITOR CERÂMICO “104”

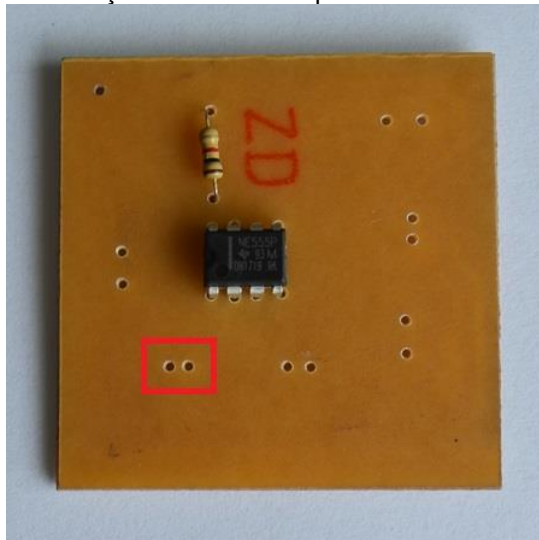
Figura 32 – Capacitor cerâmico de 100nf.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

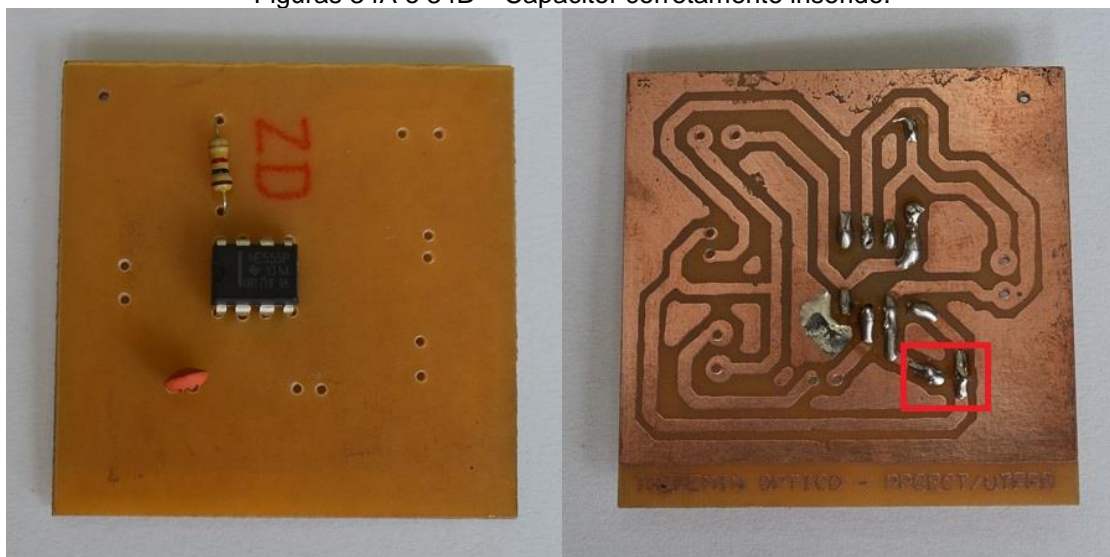
Este capacitor deverá ser inserido nos dois furos horizontais abaixo e um pouco à esquerda do C.I. e, assim como o resistor, deverá ter suas sobras cortadas com o alicate.

Figura 33 – Localização de onde o Capacitor 104 deverá ser soldado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Figuras 34A e 34B – Capacitor corretamente inserido.

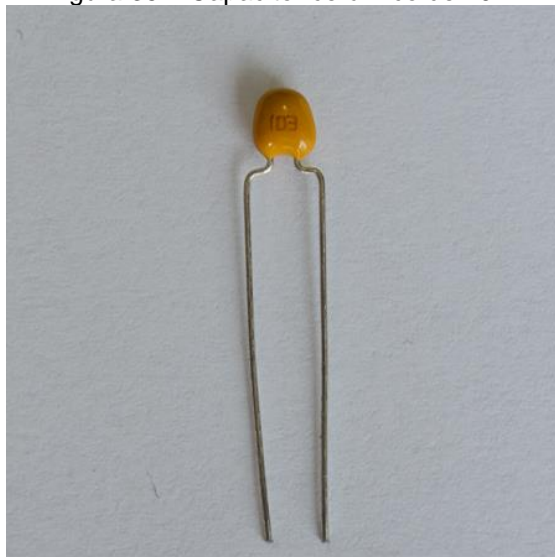


Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Observação: Caso o leitor tenha chegado até esse ponto e não percebido, a seguinte dica é válida: as partes da placa que foram corroídas não apresentam aderência para a solda, então você pode usar isso a seu favor na hora de inserir os componentes!

C) CAPACITOR CERÂMICO “103”

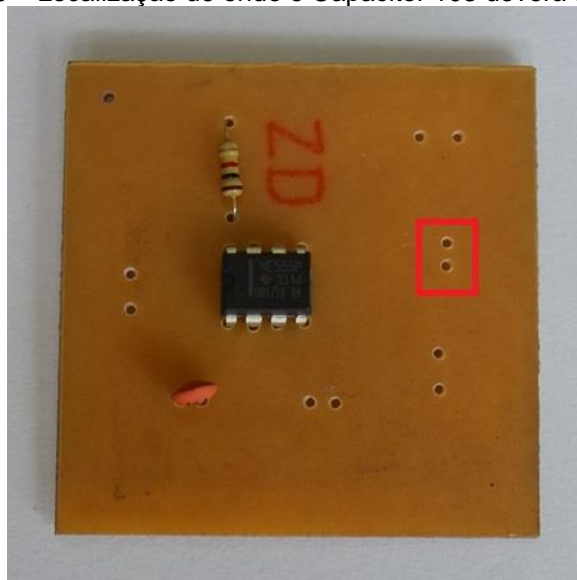
Figura 35 – Capacitor cerâmico de 10nf.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

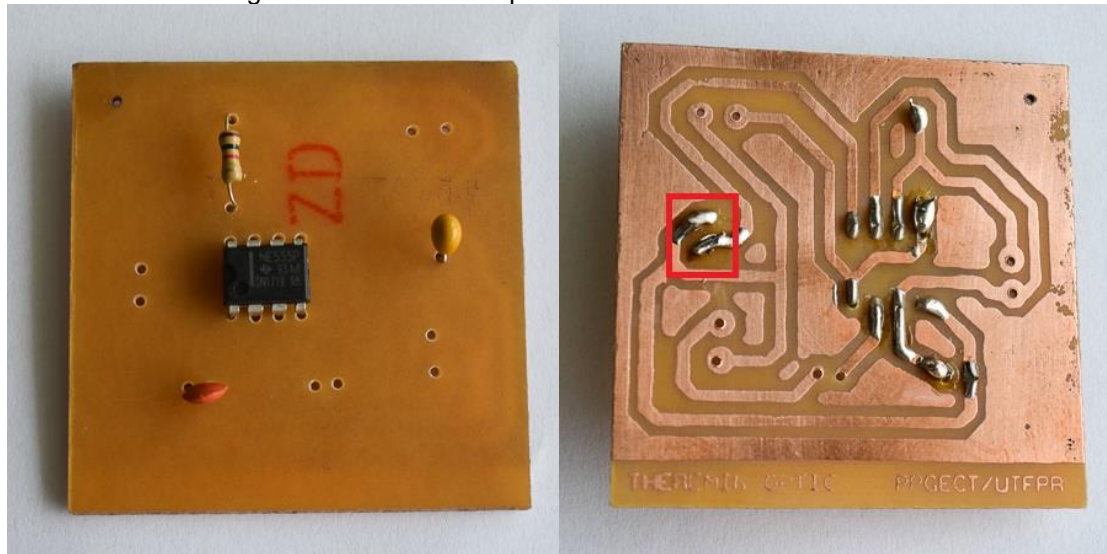
Este capacitor deverá ser inserido nos dois furos verticais à direita do C.I., conforme a foto abaixo:

Figura 36 – Localização de onde o Capacitor 103 deverá ser soldado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

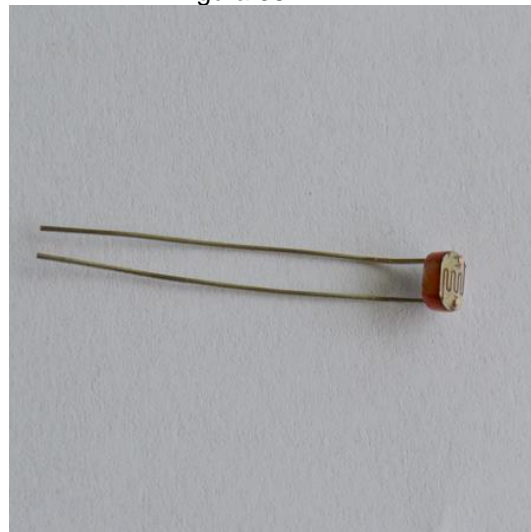
Figuras 37A e 37B – Capacitor 103 corretamente inserido.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

D) LDR – *LIGHT DEPENDENT RESISTOR*

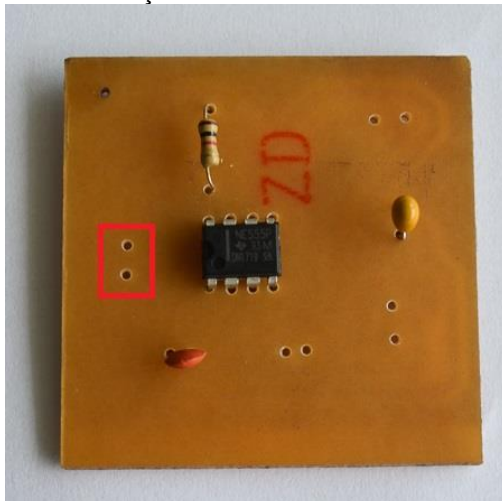
Figura 38 – LDR.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

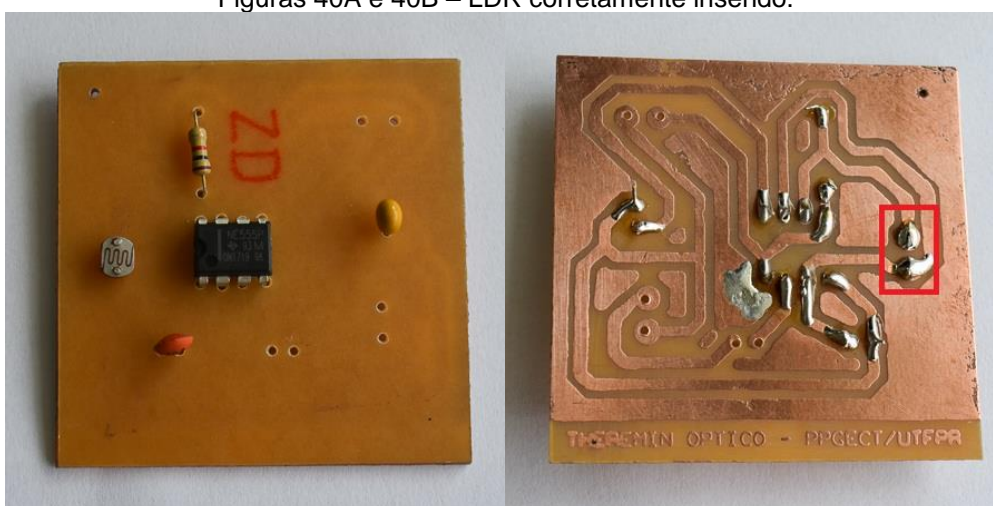
O resistor dependente de luz, ou fotoresistor, como é mais comumente conhecido na nossa língua, é o último dos componentes a ser soldado, dentre os que não possuem polaridade específica. Ele deve ser inserido nos dois furos verticais à esquerda do C.I.

Figura 39 – Localização de onde o LDR deverá ser soldado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

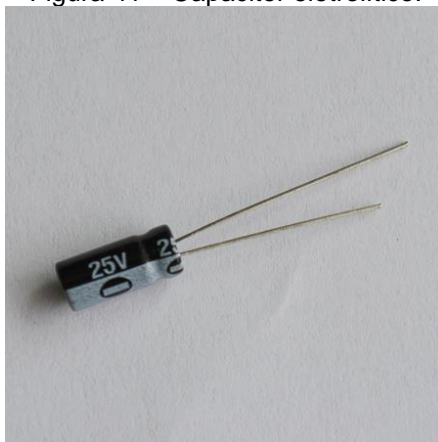
Figuras 40A e 40B – LDR corretamente inserido.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

E) CAPACITOR ELETROLÍTICO

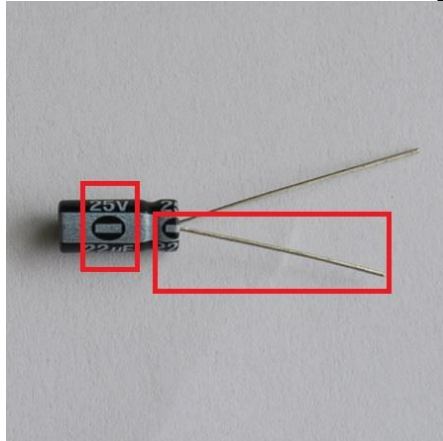
Figura 41 – Capacitor eletrolítico.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Este capacitor será o primeiro componente a ser soldado que possui polaridade específica. Deve-se prestar muita atenção nessas próximas etapas, pois um componente soldado ao contrário pode comprometer o circuito. Observe na foto abaixo que o capacitor eletrolítico possui uma faixa indicativa de seu lado negativo, que é cinza e possui o símbolo (-). Este lado também possui uma haste mais curta que o lado positivo (+), outro fator que auxilia a identificar a polaridade do componente.

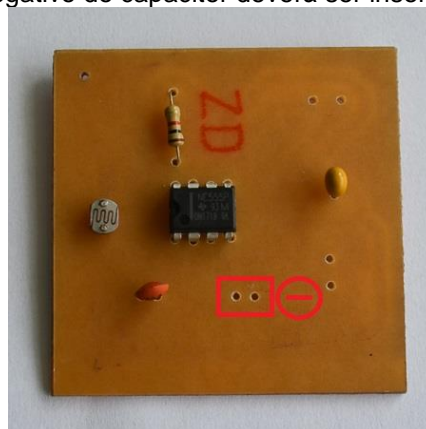
Figura 42 – Faixa indicativa do lado negativo do capacitor eletrolítico e diferença no tamanho das hastes com a menor indicando o lado negativo (-).



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

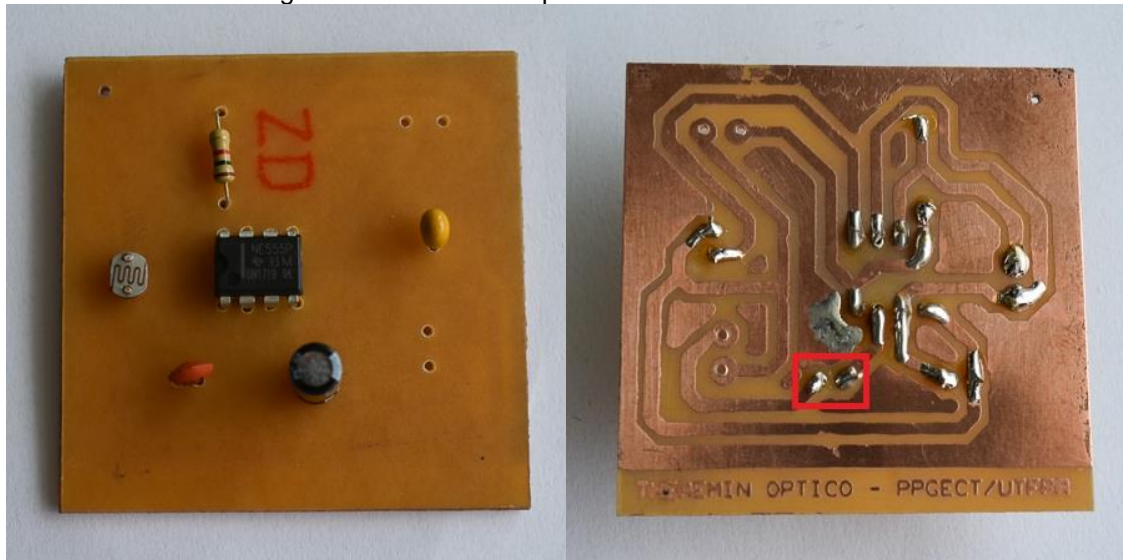
Este componente deve ser soldado nos dois furos horizontais logo abaixo e à direita do C.I., com a perna que possui o símbolo (-) apontando para a direita, em direção oposta ao C.I e de face ao capacitor 103.

Figura 43 – Localização de onde o capacitor eletrolítico deverá ser soldado e onde o lado negativo do capacitor deverá ser inserido.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Figuras 44A e 44B – Capacitor corretamente inserido.



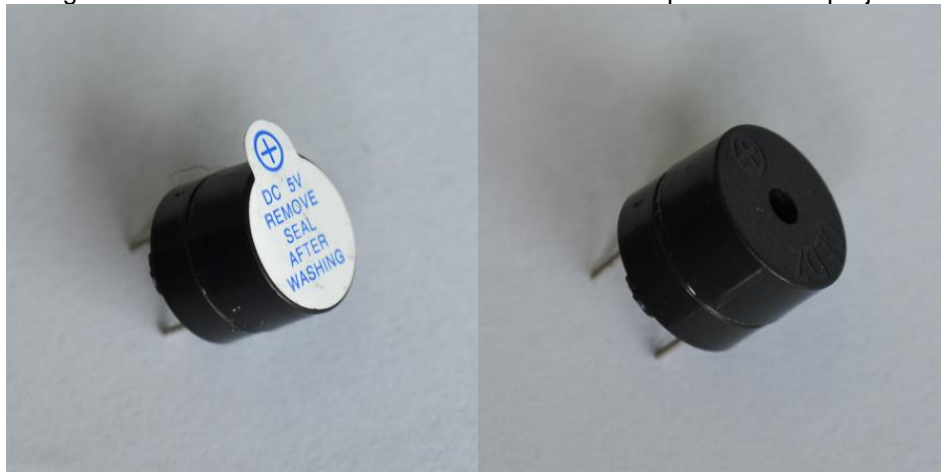
Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

F) MINI ALTO-FALANTE

Primeiramente devemos esclarecer aqui que o mini-falante⁹ deve ser capaz de suportar no mínimo 9,6V de alimentação, que é aproximadamente o tanto de energia que uma bateria de 9V dará a ele enquanto estiver com a capacidade máxima. Os falantes mais comuns desta categoria, na atualidade, são de 5V e não são funcionais para este circuito e, se chegar a funcionar, não será por muito tempo, pois queimará logo em seguida. Neste trabalho, gastou-se muito tempo para descobrir essa informação, pois não estava sendo levada em conta a proporção de alimentação bateria x falante. O circuito estava sendo montado corretamente, às vezes funcionava e parava, às vezes nem chegava a funcionar. Quando se fez a troca dos falantes, a maioria dos projetos que se achava que tinham dado errado mostraram-se funcionais.

⁹ Em muitas lojas e sites de eletrônica ele pode ser chamado também de buzzer.

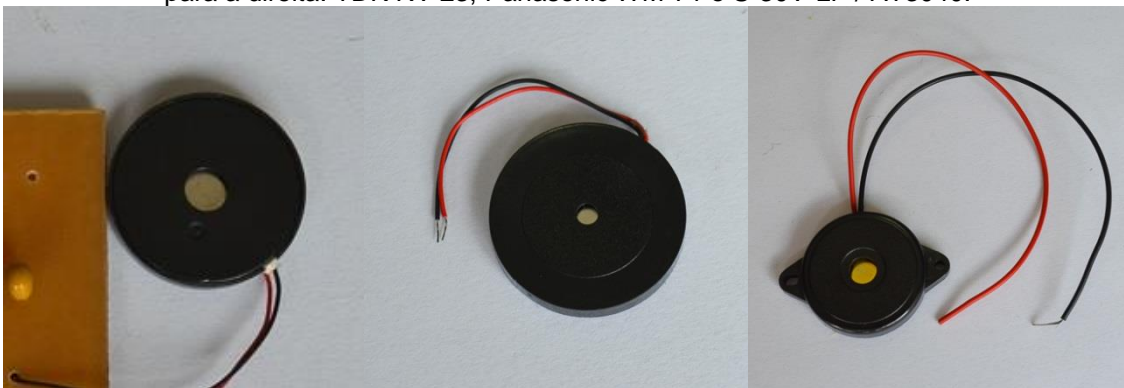
Figuras 45A e 45B – Foto de um Buzzer de 5V não apto ao nosso projeto.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Os 3 modelos testados neste Theremin e que funcionaram são: Panasonic WM-71 de 10V, TDK RV 23 de 10V e S-30V-LP / AT3040 de 30V. Se o leitor não conseguir encontrá-los em lojas de eletrônica, uma busca em sites de compras, como o Mercado Livre, poderá se mostrar bastante eficaz.

Figuras 46A, 46B e 46C – Foto dos 3 falantes que funcionaram com este circuito. Da esquerda para a direita: TDK RV 23, Panasonic WM-71 e S-30V-LP / AT3040.

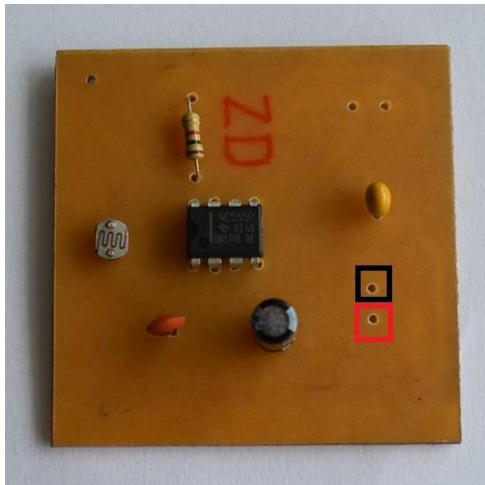


Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Esses componentes têm dois fios condutores, o positivo representado pela cor **VERMELHA** e o negativo representado pela cor **PRETA**. Esse código é universal e não se aplica apenas a este componente.

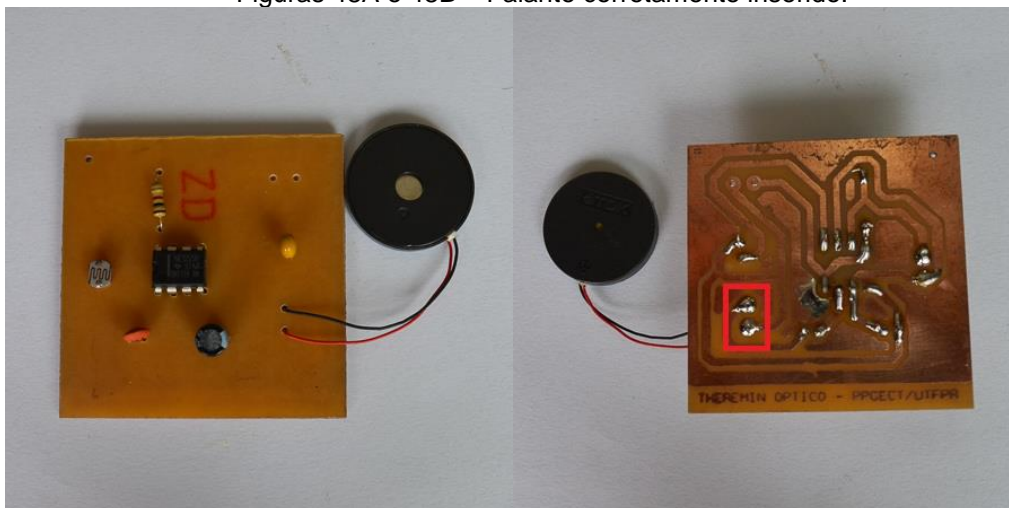
O falante será inserido nos dois furos verticais na parte de baixo e direita da placa com o fio **POSITIVO** soldado para baixo e o **NEGATIVO** para cima, em direção ao capacitor “103”.

Figura 47 – Localização de onde o falante deverá ser soldado com a localização das cores.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Figuras 48A e 48B – Falante corretamente inserido.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

G) CLIP DE BATERIA 9V

Figura 49 – Clip de bateria 9V.

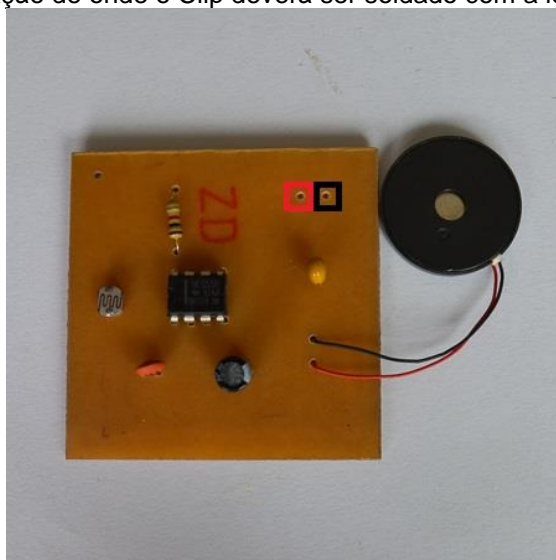


Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Este é o último elemento a ser inserido no circuito. Assim como o falante, possui os dois fios com o código universal de cores com o positivo representado pela cor **VERMELHA** e o negativo representado pela cor **PRETA**.

Ele será soldado nos dois furos horizontais, no topo e à direita da placa. O fio **NEGATIVO** deve ficar para a direita e o **POSITIVO** para a esquerda apontando para o resistor.

Figura 50 – Localização de onde o Clip deverá ser soldado com a localização das cores.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

Figura 51A e 51B – Clip corretamente inserido.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

3 COLOCANDO O THEREMIN PARA FUNCIONAR

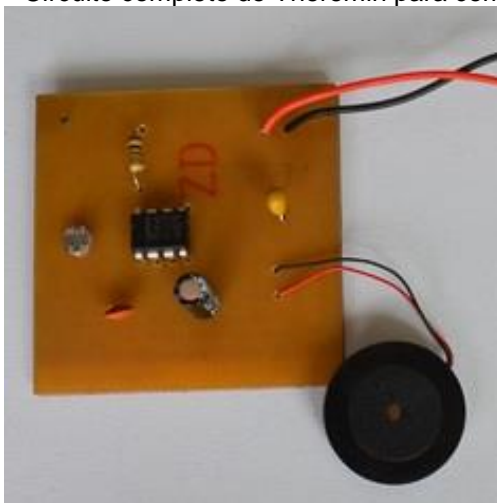
Se todas as etapas tiverem dado certo até o exato momento, tudo o que o leitor precisa é inserir a Bateria de 9V no Clip e o Theremin estará funcionando. Detalhes mais profundos do funcionamento musical do mesmo estarão disponíveis no item 5 deste produto. Se o leitor desejar testar seu instrumento, deve variar a quantidade de luz recebida pelo LDR, seja com a mão, desligando a luz do cômodo onde se encontra, ou ainda acendendo a lanterna do celular.

Porém, se ao fazer todas estas etapas o Theremin não se mostrar funcional, a seguir se apresenta um guia rápido de solução de problemas que foi utilizado nas oficinas de construção do Theremin Óptico. Com ele, com maior ou menor grau de dificuldade, todos os instrumentos saíram funcionais ao seguir esta ordem:

A) Análise visual dos componentes

Se algum dos componentes estiver na localização errada, ou com a orientação invertida (o pólo positivo onde deveria estar o negativo e vice-versa), será o suficiente para o instrumento não funcionar. Então, se há algo errado nessa etapa, o componente deverá ser removido, realocado e ressoldado, eliminando o problema. Abaixo, há uma foto com o Theremin pronto para comparação.

Figura 52 – Circuito completo do Theremin para comparação.

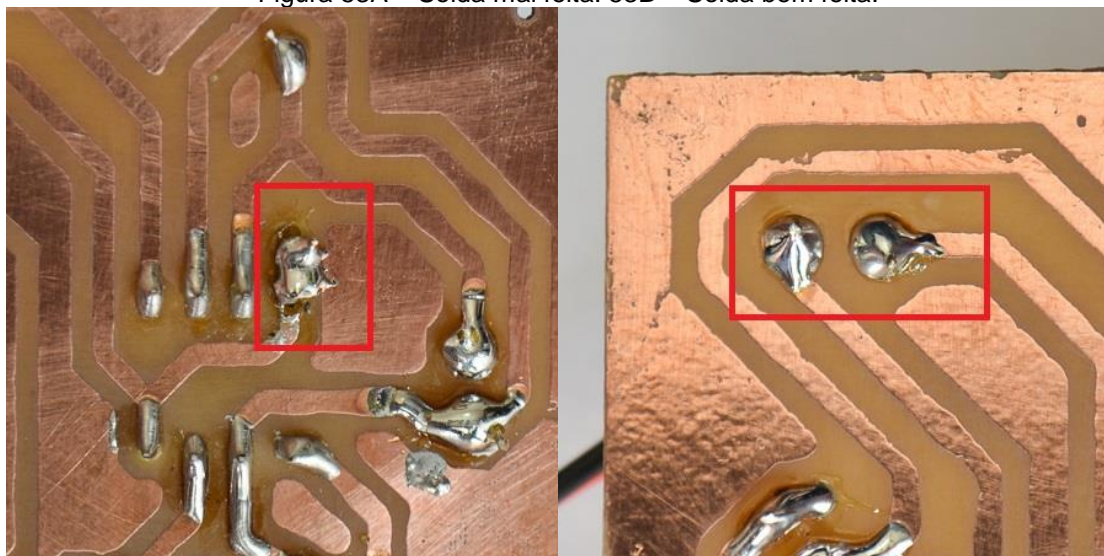


Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

B) Ressoldagem de componentes

Se esta for sua primeira vez no manuseio de um ferro de solda pode acontecer de alguma delas não estar estável, ou não ter sido bem feita. Todas elas devem demonstrar um aspecto liso, brilhante e devem fornecer um bom contato entre a haste do componente e a trilha. Se alguma das soldas não apresentar estes aspectos, deve ser esquentada com o ferro de solda, sugada, removida e refeita, como mostrado no item 2.2.6 A.

Figura 53A – Solda mal feita. 53B – Solda bem feita.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

C) Análise visual da trilha

A trilha não pode se mostrar intermitente, então, se durante o processo de Impressão ou Corrosão ela apresentar alguma falha em sua continuidade, um *jumper* deverá ser construído na região. Isso consiste em usar algum material condutor para conectar dois pontos que não estão ligados diretamente entre si. Nesse caso, podemos usar uma das hastes cortadas dos componentes durante o processo de solda para criar esta “ponte” (*jumper*).

Figuras 54A, 54B, 54C e 54D – Fotos de uma falha na trilha e de um *jumper* feito com uma sobra de componente.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

D) Troca de componentes defeituosos

Se após as etapas anteriores o Theremin ainda não estiver funcionando, os componentes deverão ser trocados na ordem do mais frágil até o mais resistente. O primeiro a ser trocado deve ser o Capacitor Eletrolítico, pois este pode “estufar” se for colocado invertido, ou receber uma corrente maior do que o esperado. Caso o Theremin ainda não esteja funcionando, o próximo será o C.I., que apresenta um circuito complexo dentro dele, depois o Clip da Bateria e o mini alto-falante, pois apresentam partes móveis e estas podem se soltar ou quebrar. Os últimos seriam os Capacitores cerâmicos e os Resistores, porém esses são de menor probabilidade de virem defeituosos.

4 CONCEITOS

4.1 CONCEITOS DE FÍSICA

Neste item, serão abordados alguns conceitos de Física que podem ser instigados pelo professor através da construção do Theremin. Todos estes conceitos explorados foram tirados do livro *Getting Started in Electronics*, de Forrest M. Mims, de 1994. Esta obra se mostrou de grande valia para nossa caminhada com a eletrônica, pois apresenta, através de uma boa didática, conceitos importantes e muitas vezes mal compreendidos. Não é o objetivo aqui explicar termos complexos ou aprofundar os temas propostos, mas se pretende dar um início e apontar o rumo de como os temas podem ser expostos pelos professores. Este produto é destinado a professores de Física e de Música e, apesar deste item ser mais voltado aos professores de Música, os conteúdos de Música serão escritos pensando nos professores de Física. Desta forma, teremos um conhecimento mínimo comum, necessário para que qualquer professor destas duas áreas possa aplicar o projeto. Por mais que se aponte um início e um norte para o assunto, é muito indicado que o professor que queira trabalhar estes pontos de Física e nunca os tenha visto com afinco, que os estude mais profundamente do que o que mostrado aqui, para possuir um pouco mais de domínio do assunto.

A) CORRENTE ELÉTRICA

O primeiro, e mais óbvio, conceito é a da própria corrente elétrica. Pode-se ir além e tratar também sobre o elétron, que é a carga negativa de um átomo que pode ser perdida e transferida para outro átomo. Quando temos vários elétrons livres movendo-se por uma superfície ou material condutor, temos uma corrente elétrica. Essa corrente se move com características muito parecidas com uma corrente de água, dando origem a uma das metáforas mais utilizadas no ensino de física. É muito comum a comparação entre as duas para explicar conceitos como resistor e ligação em série e paralelo, recurso este que é utilizado no produto deste trabalho.

B) RESISTOR

Quando se liga a bateria de 9V no clip, há nas trilhas da placa de fenolite deste produto uma corrente elétrica fornecida por esta fonte. Se o intuito é limitar a passagem da corrente em um determinado ponto da trilha, pode-se inserir um resistor, que causará uma determinada oposição (não um impedimento completo) da passagem dos elétrons, limitando assim a corrente (MIMS, 1994, p. 28). Lançando mão da metáfora da corrente de água, pode-se comparar o resistor a uma torneira aberta pela metade, pois neste caso ainda há uma corrente de água constante, porém limitada. Quanto maior a resistência do resistor, que é medida em Ohms (Ω), menos corrente elétrica passa naquele determinado ponto.

C) CAPACITOR

Embora neste trabalho se tenha trabalhado com apenas dois tipos diferentes de capacitores (há outros tipos diferentes que não foram inseridos no circuito) “eles fazem todos a mesma coisa: armazenam elétrons. O tipo de capacitor mais simples que existe compõe-se de dois condutores separados por um material isolante, chamado de dielétrico”. Esse material dielétrico é o responsável, na maioria das vezes, pelo nome do capacitor e pode ser de “papel, filme plástico, mica, vidro, cerâmica, ar ou vácuo”. Os dois condutores são feitos de alguma liga metálica, geralmente alumínio. Essa estrutura feita de condutor \Leftrightarrow isolante \Leftrightarrow condutor pode ser “enrolada em um cilindro ou deixada plana” (MIMS, 1994, p. 32).

Se o leitor teve acesso à dissertação que vem junto com este produto, lembrará de um capacitor bem específico tratado no texto (se não leu, indicamos incisivamente que leia, pois facilitará o entendimento destes conceitos). Esse capacitor é a antena do Theremin, ou no caso, a antena do Theremin é um terço do capacitor controlador das notas do mesmo. O conjunto condutor \Leftrightarrow isolante \Leftrightarrow condutor é formado por Theremin \Leftrightarrow Ar \Leftrightarrow Mão do executante. Sim, nosso corpo é um ótimo condutor e faz parte do esquema elétrico do Theremin!

D) LDR – *LIGHT DEPENDENT RESISTOR*

O fotoresistor (LDR) tem a mesma função de um resistor comum: limitar a passagem da corrente elétrica, porém com uma resistência variada pela quantidade de luz captada pelo mesmo, ao contrário do resistor comum, que tem uma constante de resistência. “Quando não há nenhuma luz presente sua resistência pode chegar até milhões de Ohms. Quando iluminado sua resistência se torna bem baixa, chegando a centenas de Ohms” (MIMS, 1994, p. 70). A corrente elétrica é variada pelo tanto de luz que o LDR capta, por isso que, ao aproximar, ou distanciar o componente de uma fonte de luz, a nota produzida pelo instrumento é alterada.

E) C.I. – CIRCUITO INTEGRADO

Alguns circuitos são de uso tão frequente que empresas especializadas fazem uma produção em massa da miniaturização do mesmo. Os componentes mais comuns, como resistores, capacitores, diodos e transistores¹⁰, estão presentes, porém todos reduzidos em uma pequena chapa de silício dentro de uma peça protetora feita de plástico (que é um isolante). Para ter acesso a esse circuito e suas funções, pequenas “pernas”, mais conhecidas como terminais, saem da pequena carcaça para serem soldados na placa. Um pequeno C.I. “pode conter desde um pequeno conjunto até centenas de milhares de transistores. Eles tornaram possíveis videogames, relógios digitais, computadores acessíveis e muitos outros produtos muito sofisticados” (MIMS, 1994, p. 78). Mims escreveu isto em 1994 e já falava de inovações tecnológicas “avançadas” graças aos circuitos integrados. Imaginem o que não seria hoje sem a existência dos mesmos!

F) ALTO-FALANTE

A corrente elétrica provida ao circuito pela bateria é transformada pelos componentes e regulada pelo LDR que, como vimos anteriormente, tem sua resistência cambiada pela quantidade de luz, e essa oscilação traduz a

¹⁰ O diodo e o transistor não são tratados neste produto, porém são de uso comum na eletrônica.

eletricidade em notas através do alto-falante, pois “um alto-falante converte variações em uma corrente elétrica em ondas sonoras” (MIMS, 1994, p. 27).

O modelo mais comum de falante é o de bobina magnética móvel, com um cone de papel anexado. A energia elétrica é transformada em energia acústica com a movimentação dessa bobina. Essa energia acústica produz ondas sonoras que viajam pelo ar, trazendo as notas aos nossos ouvidos.

G) BATERIA

A bateria é um aparato que provê ao circuito uma corrente elétrica decorrente de uma reação química. Segundo Dias (2018, p. 1), “são dispositivos eletroquímicos nos quais ocorrem reações de oxidorredução, produzindo uma corrente elétrica”. A bateria foi um dos primeiros dispositivos elétricos criados, no início do desenvolvimento dessa área no século XVIII por Alessandro Volta. Ela permite hoje a grande portabilidade de aparelhos eletrônicos graças à possibilidade de se poder carregar uma DDP (diferença de potencial) no bolso. Essa diferença de potencial é o “desnível” elétrico entre suas extremidades.

A corrente elétrica sempre tende a migrar de um ponto de maior concentração para um de menor, assim como a corrente de água ligada entre dois recipientes por um cano sempre tenderá pelo equilíbrio de quantidade entre os reservatórios, no caso de estarem na mesma altura. No caso da bateria de 9V, a DDP é de 9V, por isso esta indicação em seu nome. Um dos terminais possui 9V de potencial, e o outro, 0V. A corrente tenderá a sair do terminal de maior potencial para o de menor, para entrar em equilíbrio, até que os dois se estabilizem. Quando não há mais DDP, a bateria chegou ao fim de sua carga; neste caso, quando os dois terminais chegarem ao equilíbrio de 4,5V.

4.2 CONCEITOS DE MÚSICA

Assim como a Física, também podem ser trabalhados conceitos de Música neste produto, pois ele não termina quando o circuito está pronto. O instrumento que foi construído deve ser utilizado e os alunos devem ser levados à compreensão e sensibilização para tocar o mesmo. A obra utilizada

para falar sobre esses conceitos é o livro Teoria da Música, de Bohumil Med, de 1996. Assim como os conceitos de Física foram escritos para professores de Música, os seguintes aspectos foram escritos pensando nos professores de Física. Os pontos escolhidos para trabalhar em música foram os parâmetros sonoros, que são as características principais do som. Esses parâmetros (altura, duração, intensidade e timbre) são peculiaridades básicas do som e devem ser compreendidos para uma boa prática musical, pois, segundo Med (1996, p. 12), “todo som musical tem, simultaneamente, as quatro propriedades”. Isso não isenta o professor de buscar por si só mais conhecimento no assunto, mas dá ao mesmo um ponto de partida de muita valia.

A) ALTURA

A primeira das propriedades aqui tratadas (e uma das mais confundidas) é a altura. Ela é “determinada pela frequência das vibrações, isto é, sua velocidade. Quanto maior for a velocidade da vibração, mais agudo será o som” (MED, 1996, p. 11-12). Neste caso, uma nota alta é aguda e uma nota baixa é uma nota grave. A maior confusão mostrada pelos alunos é com a Intensidade, que se apresenta mais à frente. Uma nota alta pode ser de baixa intensidade, sendo assim aguda e de baixo volume. Já uma nota baixa pode ser de grande intensidade, sendo grave com alto volume.

B) DURAÇÃO

A duração é de simples entendimento, pois é a “extensão de um som; é determinada pelo tempo de emissão das vibrações” (MED, 1996, p. 12). Uma nota que dura muito tempo é uma nota longa e uma nota que dura pouco tempo é uma nota curta. Quando há uma organização e sequência de durações, faz-se o ritmo.

C) INTENSIDADE

Intensidade se trata da “amplitude das vibrações; é determinada pela força ou pelo volume do agente que as produz. É o grau de volume sonoro” (MED, 1996, p. 12). Como dito antes, uma nota de grande intensidade possui um grande volume sonoro e uma de pequena intensidade possui um pequeno

volume sonoro. Nesta etapa se pode começar a combinar parâmetros, como, por exemplo, uma nota grave (baixa) que dure pouco (pequena duração) e com grande volume (muita intensidade). Ou uma nota aguda (alta) que dure bastante (grande duração) e com pouco volume (pequena intensidade). O primeiro caso pode ser comparado a um item pesado caindo no chão e o segundo a um chiado constante.

D) TIMBRE

O último dos parâmetros é o timbre, que se trata da “‘cor’ do som de cada instrumento ou voz, derivado da intensidade dos sons harmônicos que acompanham os sons principais” (MED, 1996, p. 12). É o timbre que faz identificar o som da voz de um conhecido de olhos fechados, ou que determina se certo som é agradável (com vários harmônicos), ou se “fulano” tem uma voz de “taquara rachada” (um timbre áspero e com poucos harmônicos).

5 PRÁTICA MUSICAL

O último ponto a ser trabalhado neste produto é o que “fazer” com aquilo que foi construído. Se fosse construído o produto apenas pela repetição da obra mecânica, se cairia no mesmo erro criticado no início desse texto. Como o que foi fabricado é um instrumento musical, logo, o “fazer” será musical. O controle de notas específicas neste Theremin em particular é limitado. É difícil, porém não impossível, construir uma escala com notas de alturas bem definidas como Dó, Ré, Mi, Fá, Sol... Porém é fácil, depois de uma breve exploração, fazer alguns gestos musicais.

O que seria este gesto? Ele faz parte do discurso musical e assim como temos a sintaxe nas frases, temos o gesto na música. “A menor unidade musical significativa é a frase ou gesto, e não um intervalo, pulso ou compasso” (SWANWICK, 1999, p.44). Assim, como há os elementos da escrita e da fala, como palavras, vírgulas, acentos e pontos, também há os mesmos na música, como notas, fermatas, staccato e compassos. As notas musicais só fazem sentido se estão inseridas em um gesto no discurso, assim como as palavras só fazem sentido graças à sintaxe. Pode-se ter um gesto musical longo, como uma nota grave de grande duração, seguida de um glissando ascendente e um trinado agudo, que seria equivalente a uma frase explicativa e longa, como esta que vocês leram agora. Também pode-se ter um gesto musical curto, como uma nota forte em staccato, seguida de uma pausa com uma fermata, que seria o equivalente ao gritar um “Não!” e esperar a resposta. Ele possibilita uma ligação do discurso musical com discurso humano falado, não importa qual língua seja. Assim como é possível, embora com grandes limitações, comunicar-se com pessoas que falam línguas desconhecidas, apenas com a linguagem corporal.

“O gesto sempre foi elemento essencial para a produção musical, tendo em vista que é ele quem impulsiona os instrumentos a tocar. No entanto, durante o século XX ele ganha um lugar de destaque na música” (ZAGONEL, 2007, p. 9). Essa movimentação é o que se busca como prática neste produto. Não se pretende com esta ação formar grandes intérpretes e virtuosos no

instrumento, mas se deseja que, através dela, o aluno consiga construir a ponte entre discurso falado e musical.

Como é possível, então, utilizar estes gestos musicais no Theremin? O primeiro passo para alcançá-los é a livre exploração do instrumento. Sem nada a esperar ou copiar, não há parâmetros de julgamento sobre o que é bom, errado, ou mais complexo ainda, sobre o que é “erudito” a este instrumento. O aluno acaba por descobrir sozinho possibilidades que podem, às vezes, surpreender o próprio professor. O tempo de exploração livre não deve exceder o tempo de interesse sobre o instrumento. Se aluno se tornar exausto ao som do Theremin (esse dispositivo tem um som bem peculiar que pode causar fadiga auditiva rapidamente) ou perder a empolgação inicial da descoberta do novo, a atividade não será impedida, mas comprometida. Cabe ao professor “ler” o andamento de turma e decidir por si mesmo quanto tempo durará esta etapa.

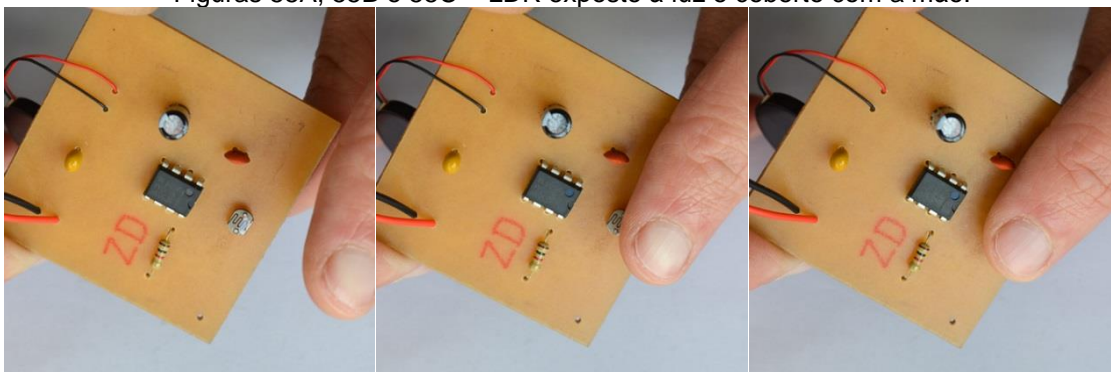
A livre exploração também traz outra vantagem para esta prática. Ao tentar trabalhar direto com os alunos a exploração direcionada, pode-se perder um bom tanto de atenção dos educandos, pois a curiosidade sobre a nova descoberta construída por eles mesmos dominará sobre o desejo de um conhecimento ordenado. Depois da investigação autônoma do Theremin pelo educando, o desejo de um conhecimento ordenado virá mais naturalmente, pois ele aspirará compreender e utilizar de maneiras mais amplas o que tem em mãos. A seguir, mostra-se como os gestos podem ser trabalhados no uso de Theremin:

5.1 GLISSANDO: 1º gesto

O primeiro gesto que se pode trabalhar é o glissando. Ao iluminar o LDR com luz solar, ou alguma luz forte caso seja noite, a nota emitida pelo Theremin será aguda. Se o LDR for tampado, a nota emitida por ele será grave. Pode-se, assim, fazer uma transição entre esses dois estados, fazendo com que a nota “escorregue” lentamente entre o agudo e o grave. Esse é o glissando e ele pode ser feito do agudo para o grave, como proposto, ou do grave para o agudo, que seria o caminho inverso. A velocidade dessa mudança pode ser rápida ou devagar, e esse gesto (como todos os outros que serão tratados

depois deste) podem e devem ser feitos em conjunto, ampliando assim a prática para uma execução em grupo.

Figuras 55A, 55B e 55C – LDR exposto à luz e coberto com a mão.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

5.2 FÓRMULA RÍTMICA: 2º gesto

O segundo gesto é a variação de duração da nota, ou seja, a construção de uma fórmula rítmica ou algum evento rítmico. A fórmula rítmica seria a repetição de um conjunto de durações. Por exemplo, uma nota longa e duas curtas sendo tocadas em *loop*, ou três notas curtas e um pequeno espaço de silêncio antes das próximas três, logo após mais um pequeno espaço de silêncio e mais três notas curtas, e assim sucessivamente. Porém, como isto é feito no Theremin? Ao deixar a bateria de 9V com apenas um dos polos conectado, o outro polo pode ser usado como um conector temporário para ligar o Theremin. Quando este é encostado no clip, mesmo sem encaixar completamente, o instrumento funciona, e quando é solto, o instrumento desliga.

Figuras 56A e 56B – Bateria meio encaixada para variação de duração das notas.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

5.3 TREMOLO: 3º gesto

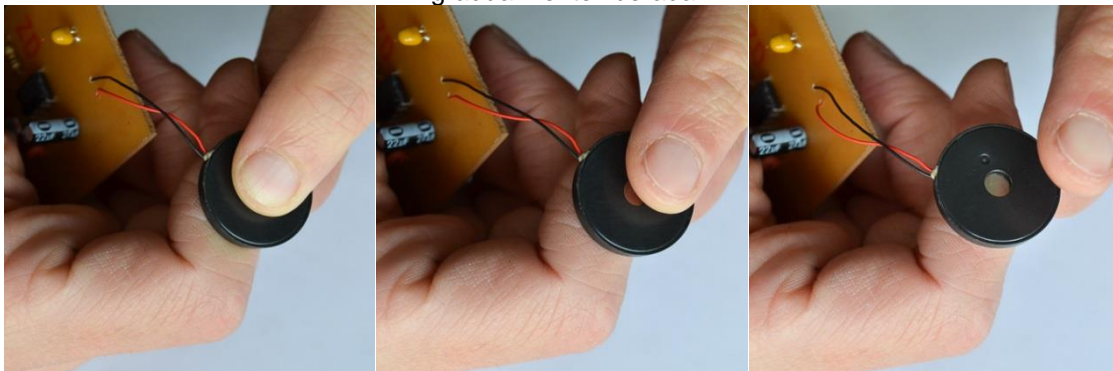
Com esta configuração, se pode inclusive fazer um terceiro gesto musical com a variação de duração das notas: o tremolo. Se trata da variação super rápida da duração das notas, fazendo um efeito parecido de falar contra um ventilador ligado. Para fazer isto, deve-se encostar e desencostar rapidamente o conector no clip, fazendo com que o circuito ligue e desligue.

5.4 VARIAÇÃO DE INTENSIDADE E TIMBRE: 4º gesto

O último gesto proposto é o da variação de intensidade e timbre. Embora esses dois parâmetros sejam independentes entre si, não é o caso deste instrumento. Para criar variações nestes parâmetros, deve-se encostar o dedo na saída do mini alto-falante. Fazendo isso, tem-se uma variação na intensidade, visto que o som ficará mais fraco, mas também uma variação no timbre, pois o som se tornará opaco e com um filtro em que apenas as frequências mais graves serão ouvidas. Quando se tira o dedo lentamente da saída, o som se torna gradualmente mais intenso e o timbre é alterado juntamente, pois será liberto do filtro e liberará as outras frequências, médias e aguda, que não estávamos escutando antes. O som será parecido com a vocalização humana, por conta da variação de filtro de frequências e de

dinâmica e, como este gesto inclui esses dois parâmetros diferentes, se torna um movimento musical com uma característica bem forte.

Figuras 57A, 57B e 57C – Falante com a saída de som coberta pelo dedo e sendo gradualmente liberada.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2018).

5.5 COMBINAÇÃO DE GESTOS E COMPOSIÇÃO EM GRUPO

Os gestos tratados aqui são uma pequena fração do que o professor pode explorar com os alunos em sala de aula. São um *start* para uma prática exploratória que deve ser incentivada, examinada e investigada tanto por educadores quanto educandos. Pode-se também misturar dois ou mais gestos aqui propostos, como o tremolo, rápida variação de volume, com a variação de timbre e dinâmica, criando assim um terceiro movimento com uma característica própria. Também é possível unir um gesto proposto neste produto com algum outro que o leitor crie. A criatividade não deve ser limitada por um fator de medo do erro, pois, no processo criativo, o erro faz parte de sua gênese.

Para encerrar o tópico da prática, encorajamos os professores a organizar um exercício musical em conjunto. Após a exploração dos gestos, a turma pode construir coletivamente uma peça musical de curta duração, na qual os gestos musicais dispostos ordenadamente possam construir um pequeno discurso musical. Esta prática trabalha todos os pontos vistos anteriormente, junto com uma composição e execução em grupo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a dificuldade no acesso a informação presenciada constantemente em nosso país, mais projetos como este se fazem necessários. Instrumentalizar professores é um objetivo que todo cientista educacional deveria ter em mente. Ao equipar o professor com novas técnicas, métodos e mecanismos, ajuda-se a educação de todo um país a andar um passo adiante, pois o efeito que uma boa produção faz sempre será em cascata.

O alvo final deste tipo de elaboração vai além do professor de Ensino Médio, pois é no educando que o maior investimento psíquico deve fluir. Educando > Educador > Produção acadêmica, é nessa ordem que a importância deve ser colocada ao se pensar em novos produtos educacionais.

Um, entre vários, dos efeitos que esse tipo de produção concebe é o do empoderamento, que é um caminho sem volta. Ao mexer – e quem sabe até revolver - com a vida do aluno através da inserção de um conhecimento prático, abrem-se portas e caminhos que jamais, ou dificilmente, teriam sido descobertas ou consideradas pela mente do educando. O fazer por si sem medo é algo verdadeiramente belo.

Deixamos através dessa produção o incentivo a um trabalho continuado. Como não há espaço ou tempo suficiente para dispor neste produto tudo o que desejamos que o aluno aprendesse – de uma maneira livre de travas educacionais tradicionais – na área da Física e Música, estimulamos os próximos produtores acadêmicos a construírem sua parte no processo.

É possível construir instrumentos ou acessórios musicais eletrônicos mais complexos? É viável planejar um curso de eletrônica voltado à música para ser aplicado no Ensino Superior? Podemos criar outros elementos instrumentalizadores para os professores das áreas propostas? Essas perguntas – junto com suas respostas e resultados – são oferecidas ao leitor em forma simultânea de presente e provocação na esperança de que este trabalho tenha instigado com a profundidade que tencionamos.

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. **What is Arduino?**. 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 24 jul. 2018.
- ARIES, Benjamin. **How Does a Printed Circuit Board Work?**. Techwalla, 2018. Disponível em: <<https://www.techwalla.com/articles/how-does-a-printed-circuit-board-work>>. Acesso em: 24 jul. 2018.
- DIAS, Diogo. **Baterias**. Manual da Química, 2018. Disponível em: <<https://manualdaquimica.uol.com.br/fisico-quimica/baterias.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2018.
- DEVIDE, Fabiano Pries. Educação Física, Qualidade de Vida e Saúde: campos de intersecção e reflexões sobre a intervenção. **Movimento**, n. 8, mai./ago. 2002. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=115318043007>>. Acesso em: 23 jul. 2018.
- Eletrônica Didática. **Protoboard**. 2005. Disponível em: <<http://www.eletronicadidatica.com.br/protoboard.html>>. Acesso em: 24 jul. 2018.
- EYCK, Carolina. **Theremin**. Workshop, 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lfEw_ZMN8Ps>. Acesso em: 17 set. 2016.
- MARG. **Proyecto nº 11. – El "Botófono"** (Organo con integrado 555). Margtecnologia, 2012. Disponível em: <<http://margtecnologia.blogspot.com/2012/02/proyecto-n-11-el-botofono.html>>. Acesso em: 15 ago. 2016.
- MED, Bohumil. **Teoria da Música**. 4. Ed. Musimed, Brasília, 1996.
- MIMS, Forest M. **Getting Started in Electronics**. 1994.
- MOTA, Allan. **Como usar uma Protoboard?** Vida de Silício, 2008. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/protoboard/>> Acesso em: 04 set. 2018.
- SATTEL, Sam. **Printed Circuit Boards from 10,000 Feet – An Introduction for Electronics Beginners**. Eagle Academy, 2018. Disponível em:

<<https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/printed-circuit-boards-10000-feet-introduction-electronics-beginners/>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

SWANWICK, Keith. **Teaching music musically**. London, Routledge, 1999.

ZAGONEL, Bernadete. Descobrindo a música contemporânea.

In: **Arte contemporânea em questão**. UNIVILLE/Instituto Schwanke, Joinville, Santa Catarina, 2007.

ANEXO

MODELO DO THEREMIN PARA IMPRESSÃO

