PROTÓTIPO DE TECLADO ERGONÔMICO E A IMPORTÂNCIA DA ERGONOMIA EM SUAS ÁREAS DE ATUAÇÃO

Bruno Kitsutani Ishikawa; Henrique Kazunori Ogata da Silva; Miguel Haruo Martins Yamashita; Dr. Carlos Noriega

Resumo: Neste trabalho de conclusão de curso, iremos apresentar um protótipo de um teclado ergonômico (criado por impressão 3D), detalhando suas funcionalidades, materiais utilizados, prototipagem, montagem e a modelagem dizendo também sua importância no ramo da saúde. O problema proposto seria construir um protótipo funcional de teclado ergonômico inspirado no modelo *Sofle* do tipo *Split,* criando uma programação autoral para que o mesmo rode sem problemas, utilizando peças de impressão 3D. Em resposta aos desafios propostos, iremos buscar otimizar as peças do teclado em construção para que o mesmo possa ter um baixo custo de mercado e explorar as melhores características de cada peça. Iremos reforçar a ideia da ergonomia explorando algumas áreas de atuação como a biomecânica e sua importância no âmbito patológico, evitando as principais doenças que a ausência da ergonomia pode causar no ambiente de trabalho. Comparando o teclado ergonômico com o teclado *standard* ressaltando suas características e qualidades.

Palavras-chave: teclado; ergonômico; saúde; impressão-3D; conforto, trabalho, protótipo.

Ergonomic Keyboard Prototype and the Importance of Ergonomics in Its Acting Fields

Abstract: *In this course conclusion work, we will present a prototype of an ergonomic keyboard (created by 3D printing), detailing its funcionalities, materials used, prototyping, assembly and modeling, also saying its importance in the health sector. The proposed problem would be to build a functional prototype of an ergonomic keyboard inspired by the Sofle model of the Split type, creating an authorial programming so that it runs smoothly, using 3D printing parts. In response to the proposed challenge, we will seek to optimize the keyboard parts under construction so that it can have a low market cost and explore the best characteristics of each part. We will strengthen the idea of ergonomics by exploring some areas of action such as biomechanics and its importance in the pathological field, avoiding the main diseases that the absence of ergonomics can cause in the work environment. Comparing the ergonomic keyboard with the standard keyboard, highlighting its characteristics and qualities.*

Keywords: *keyboard; ergonomic; health; 3D-printing; comfort, work, prototype.*

1. Introdução

A ergonomia começou a se desenvolver durante a II Guerra Mundial (1939-1945). Com problemas causados pelo uso dos equipamentos militares complexos, médicos, psicólogos, engenheiros, entre outros, trabalharam juntos para resolver esses problemas. Tendo em vista o resultado obtido, foi aproveitado pelas indústrias esse estudo interdisciplinar pós guerra (DUL; WEERDMEESTER, 2012).

O termo ergonomia é derivado das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (regras). Nos Estados Unidos, usa-se também, como sinônimo, *human factors* (fatores humanos). Segundo Itiro Iida (2016), é o estudo da adaptação do trabalho ao ser humano, onde máquinas e equipamentos são adaptados para que os trabalhadores tenham mais conforto e menos riscos de ter um acidente de trabalho ou até mesmo uma lesão como a tendinite, bursite, entre outros. Para que esse estudo da ergonomia seja aplicado, o estudo da biomecânica ajuda a desenvolver através

dos estudos anatômicos,fisiológicos e mecânicos do corpo humano (AMADIO, Alberto Carlos, 1999).

As aplicações da ergonomia começam antes de exercer o trabalho, estudando as características dos trabalhadores para, depois, começar o projeto visando a saúde e bem estar dos trabalhadores. Através de monitoramento durante a execução do trabalho, avaliando e fazendo correções, tudo para que no fim possa ser atingido o resultado desejado.

Segundo Itiro Iida (2016), a ergonomia mudou o panorama das empresas. Grandes empresas, como produtores de aparelhos eletrônicos, telefones celulares, eletrodomésticos e automóveis, estão investindo mais na ergonomia. No Brasil, foram feitas através das leis, normas regulamentadoras (NR-15 e NR-17), para manter a segurança do trabalhador no ambiente de trabalho. Sendo assim, as empresas aplicam o estudo da ergonomia junto da biomecânica, adaptando equipamentos e máquinas de acordo com as características psicofisiológicas dos trabalhadores.

Com base na história e estudo da ergonomia e suas aplicações, desenvolvemos um teclado mecânico ergonômico baseado no modelo "*Sofle* versão 2" (*Sofle Keyboard*), do tipo *Split*, dividido em duas metades, estabelecendo a facilidade e melhor conforto ao utilizá-lo.

Este projeto é operado por um arduino Pro Micro em cada uma de suas metades, com teclas ortholineares, e uma divisão falângica. Além disso, o *plate* e o *case* do teclado foram modelados e impressos utilizando o PLA como material escolhido.

Existem vários tipos de "*Key Switches*", mas os principais tipos são os Tácteis e Lineares. Os tácteis possuem feedbacks sonoros e táteis, já os lineares atuam apenas linearmente. No projeto utilizamos o *Switch* Táctil roxo da marca Kailh, que tem apenas a sensação táctil ao ser pressionado.

Optamos por utilizar o PLA pois, além de ser mais acessível, o teclado não precisa de um acabamento forte que resiste a temperaturas altas e fortes pressões. Com isso, o PLA se tornou mais viável para o uso. O ABS é um filamento que pode ser utilizado caso queira uma resistência mecânica maior.

No momento de realizar a montagem, foi seguido as instruções do criador com algumas mudanças como modelos de peças diferentes. Através da soldagem feita na placa, foi possível começar os encaixes dos *switches* e o *plate*, e logo em seguida os *keycaps*.

A programação do arduino será realizada através de um sistema chamado "QMK", que se trata de uma linguagem de programação para teclados diversos.

Ao chegar nos resultados esperados de um teclado ergonômico, podemos analisar e comparar com um teclado normal como, custo, conforto, efetividade, entre outros. Em um teclado convencional, a posição do pulso pode gerar um desconforto dependendo da angulação do cotovelo e da altura da mesa e da cadeira. Utilizando de um teclado ergonômico, a posição do pulso e do punho são ajustada para um conforto maior e tendo mais efetividade na hora do uso, evitando algumas doenças e lesões.

As Lesões por esforço repetitivo (LER) e as doenças osteoarticulares relacionadas ao trabalho (DORT), e em particular as lesões a nível do membro superior são doenças muito frequentes em meio industrial, particularmente quando existem solicitações ou exigências organizacionais que determinam que os trabalhadores se exponham a fatores de risco, designadamente posturas extremas, repetitividade, aplicações de força com a mão ou dedos e exposição a vibrações (SERRANHEIRA; UVA, 2012).

1.1 Justificativa

Dados levantados pela CLT, funcionários afetados pela insalubridade física, segundo os critérios da NR-15 (Norma regulamentadora. No 15. Atividades e operações insalubres), possuem direito a um benefício, este adicional varia de 10% a 40% dependendo do grau e risco. Muitas empresas

sofrem com esse "prejuízo" e queda de produtividade do funcionário. O próprio funcionário acaba tendo sequelas dependendo do risco que ele foi exposto, é aí que entra a ergonomia, ela irá prevenir doenças, lesões e até acidentes, deixando o ambiente de trabalho, muito mais seguro e produtivo. No nosso caso, o teclado ergonômico, que seria a solução para os problemas de postura e tensão muscular dos punhos e pulsos, evitando o famoso STC (Síndrome do Túnel Cárpico).

1.2 Objetivos (Geral e específicos)

O objetivo geral do trabalho é construir um protótipo de um teclado ergonômico funcional através de impressão 3D, que atenda a necessidade das áreas responsáveis por sua utilização. Para cumprir o objetivo geral, foram definidos três objetivos específicos descritos a seguir.

- Exemplificar as especificações técnicas do teclado e suas propriedades físicas/mecânicas em função da análise obtida.
- Descrever a montagem e prototipagem do teclado ergonômico criado, explicando o processo de modelagem e a programação utilizada.
- Retratar as principais particularidades da impressão 3D no protótipo.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Importância da Ergonomia

A ergonomia está mais presente no nosso dia a dia do que imaginamos (REBELO, 2004, p.1), ela se preocupa com as condições gerais de trabalho como: postura, temperatura, iluminação e ruídos. Com leis e tecnologias assistivas, a ergonomia existe para melhorar o conforto e minimizar a ineficiência a longo prazo do trabalhador, gerando mais produtividade para empresa, além de prevenir doenças a longo prazo como tendinites e insalubridade física.

Tabela 1 – Tabela de desconforto Térmico

Intervalo de Temperatura	Nível de desconforto Térmico
20°C < ICF < 29°C	Confortável
30°C < ICF < 39°C	Desconfortável
40°C < ICF < 45°C	Altamente desconfortável
Acima de 45°C	Perigoso
Acima de 54°C	Insolação Iminente

Fonte: Onsafety.com.br, 2022

Na tabela mostra os níveis de desconforto térmico e como o aumento é prejudicial a produtividade no ambiente de trabalho, tornando até perigoso em alguns casos. Acima de 30° a produtividade tende a tornar-se improdutiva, de acordo com a CLT (Consolidação das Leis Trabalhistas - 01 de maio de 1943) a empresa é responsável por oferecer condições favoráveis aos funcionários, de acordo com o trabalho realizado, isso inclui o conforto térmico.

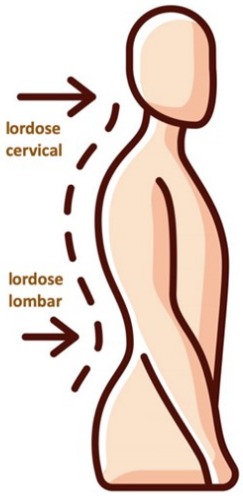
2.2 Doenças Evitadas pela Ergonomia

Muitas doenças podem ser evitadas através da ergonomia, vale ressaltar que não são apenas doenças físicas, mas psicológicas também. Dentre elas temos:

2.2.1 Lordose

Curvatura da coluna voltada para ‘’dentro’’. Dois tipos de lordose se destacam, a cervical e a lombar.

Figura 1 – Imagem ilustrativa da lordose lombar

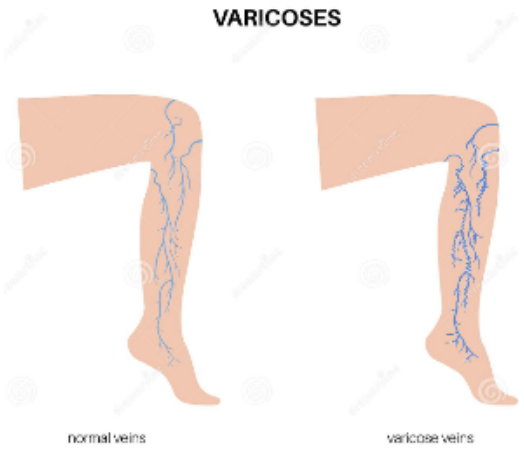


Fonte: drgotfryd.com.br, 2022

2.2.2 Varizes

Veias dilatadas abaixo da pele. Causadas também pela falta de movimento das pernas (sedentarismo) e pela temperatura ambiente elevada onde foi exposta.

Figura 2 – Varizes Ilustradas

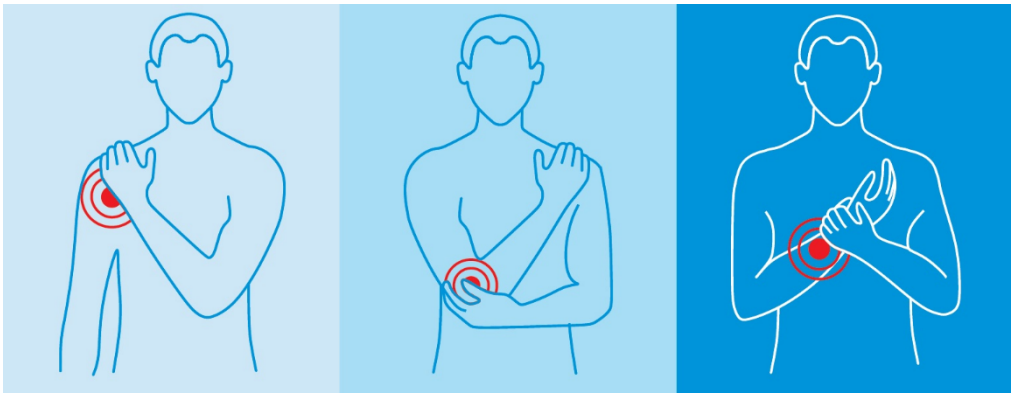


Fonte: dreamstime.com, 2022

2.2.3 LER/DORT (Ombro,Cotovelo e Pulso)

Essa em específico já diz muito pela sigla, “Lesões por Esforços Repetitivos” e "Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho”. Essas são as principais doenças consequentes da insalubridade física no ambiente de trabalho. Afetando principalmente as regiões ilustradas.

Figura 3 – Figura ilustrativa LER/DORT

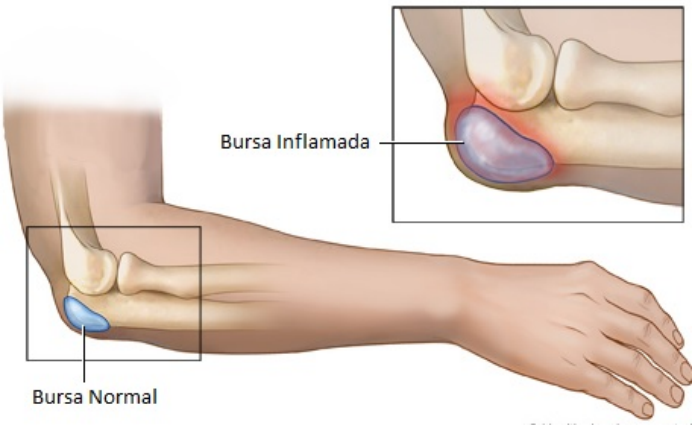


Fonte: vigilanciatrabalhadorpe.blogspot.com, 2022

2.2.4 Bursite

A bursite é uma inflamação da Bursa, que ocorre entre os músculos, ossos e tendões, sendo essas as principais, mas não as únicas, outras regiões afetadas por essa doença são pés, quadril, joelhos e cotovelos.

Figura 4 – Imagem ilustrativa Bursite no cotovelo

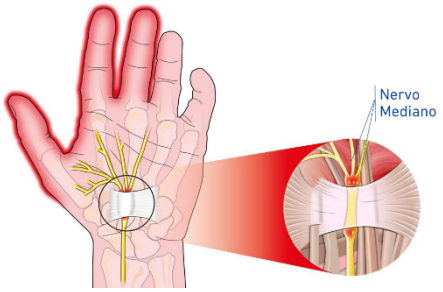


Fonte: drfilipebaracho.com, 2022

2.2.5 STC

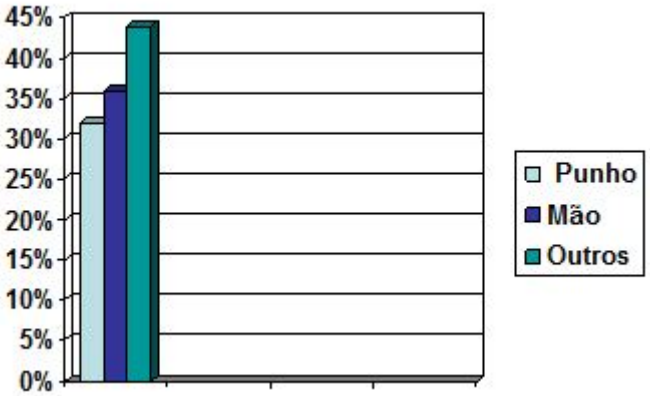
A famosa Síndrome do Túnel do Carpo, é relacionada muitas vezes a esforços repetitivos, causando lesões e sintomas como formigamentos e dormência. Em alguns casos mais severos é necessária cirurgia para reverter a lesão.

Figura 5 – Imagem Ilustrativa STC



Fonte:bauerfeind.com.br/, 2022

Figura 6 - Local da dor referida pelos entrevistados (25 professores)



Fonte: (Dados da pesquisa de campo 2010) Efdeportes.com, 2022

3. Materiais e Métodos (ou Metodologia se corresponde)

Para o desenvolvimento deste trabalho, o teclado ergonômico foi baseado no modelo "*Sofle* versão 2" (*Sofle Keyboard*), onde foi utilizado o *layout* de teclas ortholinear e uma divisão falângica, que faz com que o teclado seja adequado para uso sem que as mãos sejam movidas com muita frequência, além de ser um teclado do tipo *Split*, dividido em duas metades, facilitando assim o uso do mesmo em posições ergonômicas e mais confortáveis.

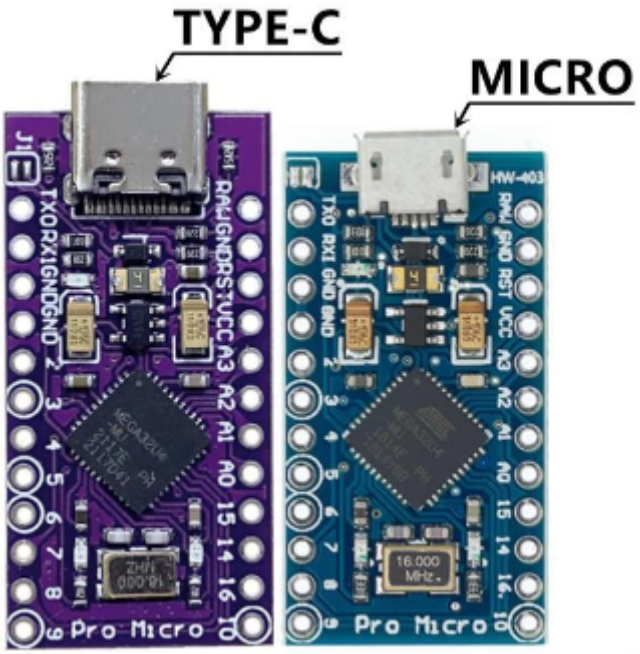
Tabela 2 – Arduino Pro Micro

Características	Valores
Voltagem min/máx	3/16V
Corrente máx no chip	200mA
Corrente máx no pino	40mA
Voltagem do Tipo-C	15V
Voltagem do micro-usb	6V
Memória para *flash*	32kB
SRAM interno	2,5kB

Fonte: cdn.sparkfun.com, 2022

O Arduino é o micro controlador que foi utilizado neste projeto, em específico o modelo Pro Micro (figura 1) que é uma versão do Arduino Leonardo que é uma versão que utiliza o microcontrolador ATMEGA32U4, como cérebro das duas metades do teclado, um para cada metade dado ao número de pinos disponíveis em cada um dos Arduinos ser limitado para que a matriz de 6 por 5 que é utilizada na organização das teclas seja alcançada. Na tabela 2 podemos ver algumas informações sobre as características e diferenças dos dois tipos de Pro micros, e na tabela 3 temos as informações sobre as pinos em relação a matriz que forma as linhas e colunas para o mapeamento das teclas.

Figura 7 – Arduinos utilizados no projeto



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 3 – Pinos utilizados no Arduino Pro Micro

Pinos	Para o que foram utilizados
5	linha 0
6	linha 1
7	linha 2
8	linha 3
9	linha 4
A1	coluna 0
A0	coluna 1
15	coluna 2
14	coluna 3
16	coluna 4
10	coluna 5
A3	pino A do encoder
A2	pino B do encoder
GND	pino G do encoder

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8 - Encoder rotativo EC11

Fonte: Elaborado pelo autor

O encoder rotativo foi escolhido EC11 por sua capacidade de ser utilizado como um botão e como um potenciômetro, seus pinos para o botão foram ligados a última linha e coluna da matriz de cada metade do teclado, já os pinos do potenciômetro foram soldados a pinos específicos como mostra a tabela 3, algumas das características desta peça podem ser encontradas na tabela 4.

Tabela 4 – Características do encoder rotativo EC11

Características	
Número de terminais:	5
Botão de pressão no eixo:	função click
Ângulo de rotação total:	360°
Vida útil:	300.000 ciclos
Resolução:	20 pulsos / revolução
Tensão de operação:	5V
Corrente máx:	10mA

Fonte: Vendedor do Mercado livre onde foi comprado, 2022

Os “*Key Switches*”, usualmente chamados de simplesmente Switches, usados nos teclados mecânicos, são botões que ativam no momento que pressionados dando como resposta no dispositivo utilizado um sinal de duração variável dependente do tempo de pressão.

Figura 9 – Key Switch utilizado no protótipo

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o projeto usaremos o *Switch* Táctil roxo da marca Kailh, que tem apenas a sensação táctil. (Figura 8)

Tabela 5 – Características do *Switch*

Marca	**Cores**	**Tipos**	**Força em escala de 0/100 para atuação do *switch***	**Tipo de encaixe**
Kailh	Azul	*Clicky*	50	Cherry
Kailh	Roxo	Táctil	50	Cherry
Kailh	Vermelho	Linear	50	Cherry
Cherry	Azul	*Clicky*	50	Cherry
Cherry	Marrom	Táctil	45	Cherry
Cherry	Vermelho	Linear	45	Cherry
Gateron	Azul	*Clicky*	55	Cherry
Gateron	Marrom	Táctil	45	Cherry
Gateron	Vermelho	Linear	45	Cherry

Fonte: thegamingsetup.com, 10/2022

A tabela 3 indica informações que diferenciam algumas das marcas e seus produtos, principalmente o tipo de *Switch* e a força necessária para atuar a mola dentro do mesmo.

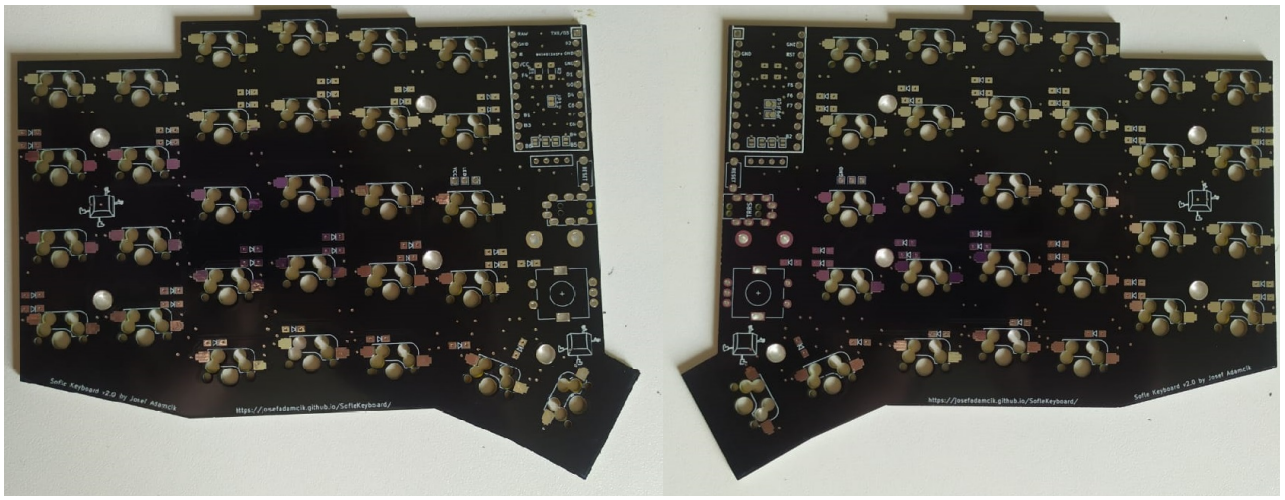
Para que o reconhecimento das teclas utilizamos de *Keycaps*, o conjunto que foi comprado tem aparência roxa com verde com as teclas no formato inglês, como mostra a imagem 9, pois não foi possível encontrar no período deste projeto um conjunto mais barato no formato ABNT2, que corresponde ao formato padrão brasileiro de teclados (MOTA;CABRAL, 2017, p.30)

Figura 10 - Conjunto de *keycaps* que foi utilizado neste projeto

Fonte: Aliexpress.com, 2022

O PCB (*Printed Circuit Board* ou PCI Placa de Circuito Impresso) é o que possibilita que todos os componentes sejam fixados e conectados para o funcionamento do teclado como uma unidade só. O PCB que utilizamos tem duas camadas de cobre para fazer as conexões entre todos os componentes do teclado. A placa que utilizamos foi encomendada de uma fábrica na China chamada "*PCBway*" a partir do desenho que foi produzido dos caminhos que as conexões fariam.

Figura 11 - Foto dos dois lados do PCB



Fonte: Elaborado pelo autor

Além dos componentes comentados acima, temos também alguns componentes eletrônicos como diodos e fios que foram usados para fazer as conexões entre as teclas e os arduino, dois conectores TRRS de cabo 3,5mm (figura 12) de fone de ouvido que conecta os dois arduinos juntos, para que as duas metades dos teclados funcionem como um. Os pinos utilizados para a conexão das duas metades podem ser vistos na tabela 6, visto que para que ambas as metades funcionem como um teclado os pinos utilizados para a comunicação devem ser os mesmos em ambos os Arduinos.

Tabela 6 – Pinos utilizados para a conexão das metades

Pino no conector TRRS	Pino no Arduino
A	2
B	3
C	RXI
G	GND

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12 - Foto e dimensões de um dos conectores TRRS utilizado no teclado

Fonte: Elaborado pelo autor

O PLA foi o material escolhido para ser utilizado na impressora 3D, o método de impressão 3D foi utilizado para que os custos fossem mais baixos como mostra a tabela 3, onde foram impressos o "*plate*" figura 13, para o posicionamento e encaixe dos *Switches* e também o "*case*", figura 14, para manter tudo dentro e encaixado, ambos foram modelados pelos integrantes utilizando as medidas do PCB que foi encomendado para este trabalho.

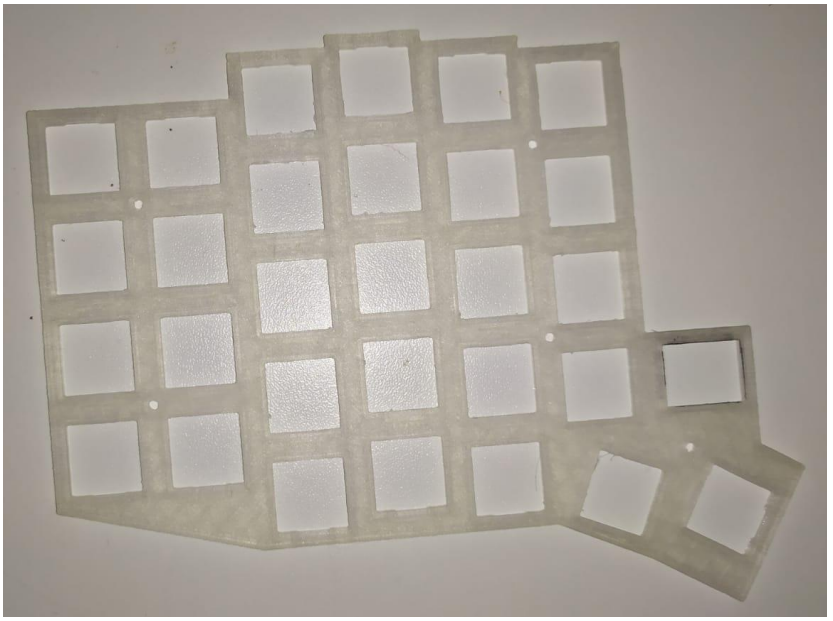
Tabela 7 – Tabela das diferenças entre valores dos dois tipos de *plate* e *case*

Peça	Tipos	Valores
Plate	PCB	R$425,00
Case	PCB	R$425,00
Plate	Impresso	R$7,00
Case	Impresso	R$16,00

Fonte: pcbway.com, 2022, e elaborado pelo autor

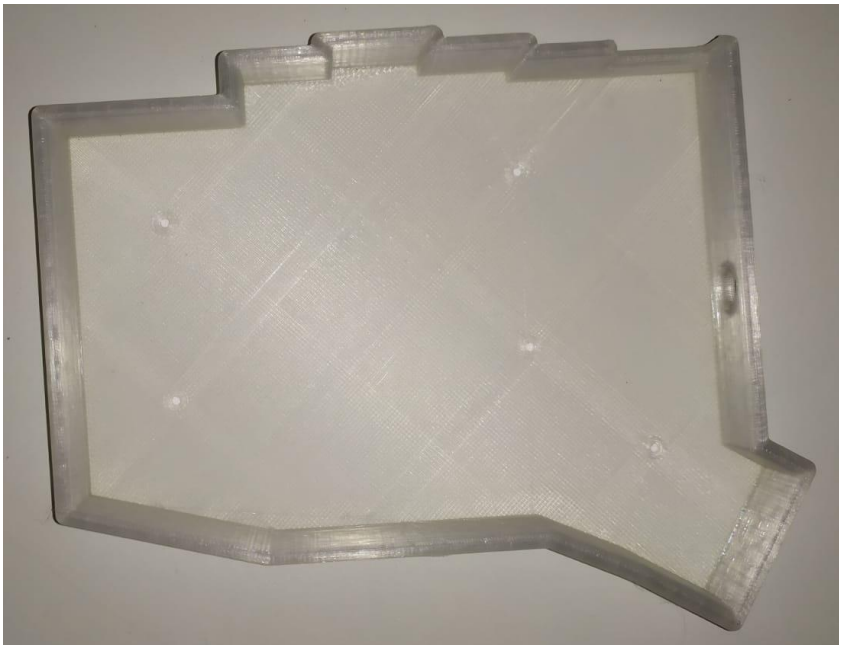
A modelagem das duas peças foi feita a partir das medidas retiradas do PCB encomendado de forma que tudo encaixasse em seu devido lugar e de maneira correta.

Figura 13 - Foto do *plate* impresso em PLA



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14 - Foto do *case* impresso em PLA



Fonte: Elaborado pelo autor

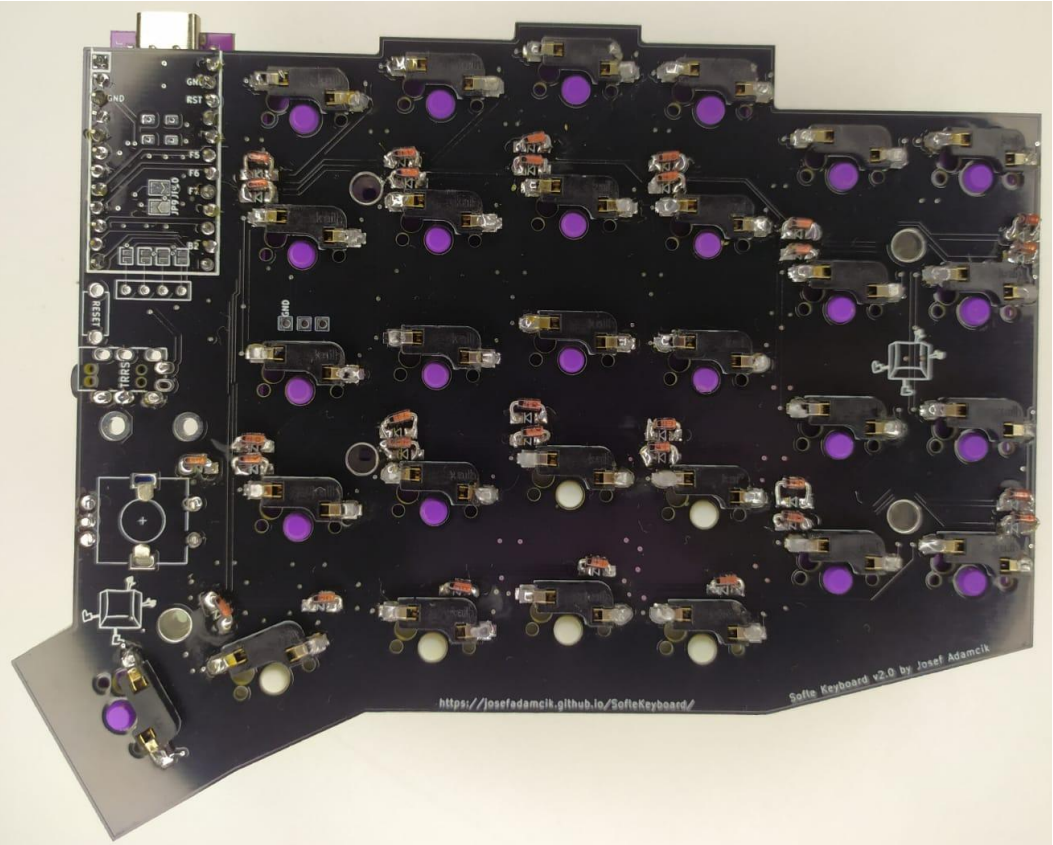
A tabela 7 apresenta a diferença entre os custos de impressão e do PCB, considerando os valores atuais do dólar e o preço total de 1kgf de filamento PLA.

3.1 Montagem

Para a montagem do protótipo do teclado, como este foi baseado em um projeto *open-source*, foi utilizado as etapas de montagem do teclado com algumas pequenas diferenças entre os modelos de peças como os diodos que nas instruções que o criador passa são de um modelo para solda de refluxo, já os que foram soldados neste teclado são do tipo comum, outras foram

desnecessárias para a construção do protótipo como os espaçadores e parafusos M2 pelo fato de não serem utilizados os outros dois PCBs, que são disponibilizados pelo criador, esses outros dois PCBs seriam utilizados para propósitos estruturais como o *plate* para fixação dos *switches* e o terceiro seria utilizado para a proteção dos componentes e do PCB onde os mesmos estão soldados.

Figura 15 - PCB esquerdo com componentes soldados



Fonte: Elaborado pelo autor

No processo de soldagem dos componentes na placa, foi preciso que os diodos tivessem seus conectores cortados para que tivessem o tamanho adequado ao dos contatos que estão presentes no PCB, em seguida solda-los aos mesmos conectores. Todos os outros componentes puderam ser soldados de forma padrão sem qualquer tipo de modificação em seus respectivos locais, como mostra a figura 15.

No momento de juntar todas as partes temos primeiro o encaixe dos *switches* e o *plate* no PCB para que todas as teclas fiquem em suas respectivas posições, logo após são colocados os *keycaps* para identificação das teclas e por fim são posicionados dentro dos *cases* respectivamente de cada metade.

E finalmente o teclado será operado por um sistema chamado “QMK”, que se trata de um projeto open-source para a programação de teclados diversos encontrado no Github onde podemos encontrar documentação, programas que são utilizados na construção do *layout* e a mapeação das teclas (onde já são suportados centenas de *layouts*), além de um compilador para as modificações que se possa fazer em mapeamentos criados ou para mapas criados pelo usuário para suas necessidades ou preferências.

```
#include QMK_KEYBOARD_H


#define _LAYER0 0
#define _LAYER1 1
#define _LAYER2 2
 enum custom_keycodes {
    LAYER0 = SAFE_RANGE,
    LAYER1,
    LAYER2,
};
 const uint16_t PROGMEM keymaps[][MATRIX_ROWS][MATRIX_COLS] = {
  [_LAYER0] = LAYOUT(KC_ESC, KC_1, KC_2, KC_3, KC_4, KC_5, KC_6, KC_7,
KC_8, KC_9, KC_0, KC_MINS,
KC_TAB, KC_Q, KC_W, KC_E, KC_R, KC_T, KC_Y, KC_U, KC_I, KC_O, KC_P,
KC_BSPC,
KC_GRV, KC_A, KC_S, KC_D, KC_F, KC_G, KC_H, KC_J, KC_K, KC_L, KC_SLSH,
KC_QUOT,
KC_LSFT, KC_Z, KC_X, KC_C, KC_V, KC_B, KC_MUTE, KC_MPLY, KC_N, KC_M,
KC_COMM, KC_DOT, KC_INT1, KC_RSFT,
KC_LGUI,  KC_LALT,  KC_LCTL,  MO(1),  KC_SPC,  KC_ENT,  MO(2),  KC_RCTL,
KC_RALT, KC_RGUI),
```

Figura 16 - Imagem do *Layer* 0

Fonte - config.qmk.fm, 2022

```
[_LAYER1] = LAYOUT(KC_F1, KC_F2, KC_F3, KC_F4, KC_F5, KC_F6, KC_F7,
KC_F8, KC_F9, KC_F10, KC_F11, KC_F12,
KC_GRV, KC_1, KC_2, KC_3, KC_4, KC_5, KC_6, KC_7, KC_8, KC_9, KC_0,
KC_NO,
KC_TRNS, KC_EXLM, KC_AT, KC_HASH, KC_DLR, KC_PERC, KC_CIRC, KC_AMPR,
KC_ASTR, KC_LPRN, KC_RPRN, KC_PIPE,
KC_TRNS, KC_EQL, KC_MINS, KC_PLUS, KC_LCBR, KC_RCBR, KC_TRNS, KC_TRNS,
KC_LBRC, KC_RBRC, KC_SCLN, KC_COLN, KC_BSLS, KC_NO,
```

```
KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS,
KC_TRNS),
```

Figura 17 - Imagem do *Layer* 1

Fonte - config.qmk.fm, 2022

```
[_LAYER2] = LAYOUT(KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS,
KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS,

KC_TRNS, KC_INS, KC_PSCR, KC_APP, KC_NO, KC_NO, KC_PGUP, LCTL(KC_LEFT),
KC_UP, LCTL(KC_RGHT), LCTL(KC_BSPC), KC_BSPC,

KC_TRNS, KC_LALT, KC_LCTL, KC_LSFT, KC_NO, KC_CAPS, KC_PGDN, KC_LEFT,
KC_DOWN, KC_RGHT, KC_DEL, KC_BSPC,

KC_TRNS, LCTL(KC_Z), LCTL(KC_X), LCTL(KC_C), LCTL(KC_V), KC_NO,
KC_TRNS, KC_TRNS, KC_NO, KC_HOME, KC_NO, KC_END, KC_NO, KC_TRNS,

KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS, KC_TRNS,
KC_TRNS),
```

Figura 18 - Imagem do *Layer* 2

Fonte - config.qmk.fm, 2022

```
};
 bool process_record_user(uint16_t keycode, keyrecord_t *record) {
    switch (keycode) {
        case KC_COPY:
            if (record->event.pressed) {
```

```
            register_mods(mod_config(MOD_LCTL));
            register_code(KC_C);
        } else {
            unregister_mods(mod_config(MOD_LCTL));
            unregister_code(KC_C);
        }
        return false;
    case KC_PASTE:
        if (record->event.pressed) {
            register_mods(mod_config(MOD_LCTL));
            register_code(KC_V);
        } else {
            unregister_mods(mod_config(MOD_LCTL));
            unregister_code(KC_V);
        }
        return false;
    case KC_CUT:
        if (record->event.pressed) {
            register_mods(mod_config(MOD_LCTL));
            register_code(KC_X);
        } else {
            unregister_mods(mod_config(MOD_LCTL));
            unregister_code(KC_X);
        }
        return false;
        break;
    case KC_UNDO:
        if (record->event.pressed) {
            register_mods(mod_config(MOD_LCTL));
            register_code(KC_Z);
        } else {
            unregister_mods(mod_config(MOD_LCTL));
            unregister_code(KC_Z);
        }
        return false;
}
```

```
    return true;
}
bool encoder_update_user(uint8_t index, bool clockwise) {
    if (index == 0) {
        if (clockwise) {
            tap_code(KC_VOLU);
        } else {
            tap_code(KC_VOLD);
        }
    } else if (index == 1) {
        if (clockwise) {
            tap_code(KC_PGDOWN);
        } else {
            tap_code(KC_PGUP);
        }
    }
    return true;
}
```

Nosso código foi escrito com base no que foi ensinado no manual sobre “QMK” encontrado no Github, onde cada uma das teclas foi definida em seus respectivos *layouts* e no final temos as definições do que os potenciômetros são programados para fazer, o esquerdo deve aumentar e diminuir o volume do computador, além de deixar ele mudo ao clicar o botão do potenciômetro, e o direito utiliza a função “*page up/page down”* para subir ou descer a página que esteja lendo ou escrevendo, e assim como no lado esquerdo, o botão deste lado utiliza a função de “*pause/play”* que são auto explicativos.

4. Resultados e Discussão

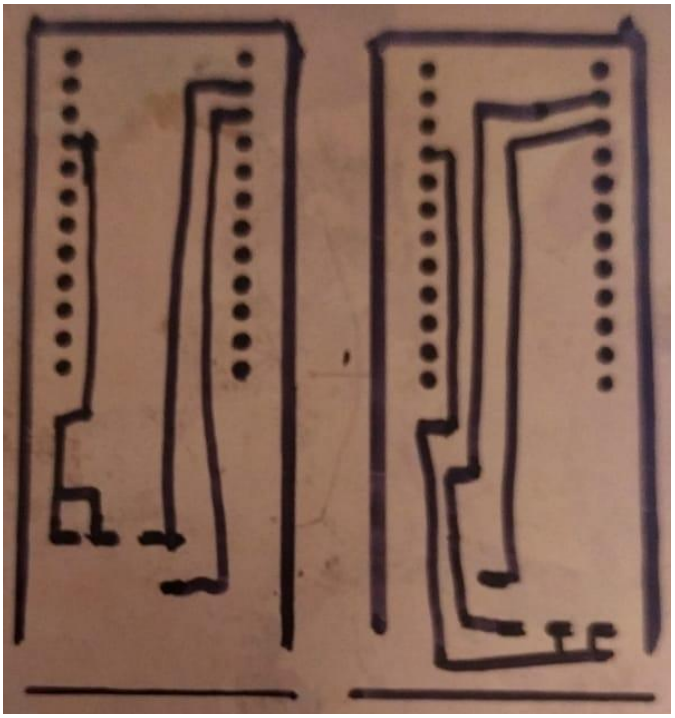
Tabela 8 – Tabela de resultados

Pontos Positivos	Pontos Negativos
Aparência estética melhor	Alto custo do PCB
Fácil construção devido ao PCB	Não há conjuntos de peças no mercado
Fácil manutenção devido a escolha dos componentes	Necessidade de conhecimento de soldagem
Melhor conforto e menores chances de lesões	Caso não tenha impressora 3D custo pode ser maior
Customizável a preferência do usuário, tanto aparência quanto funcionalidade	
Compacto para transporte	

4.1 Problemas encontrados

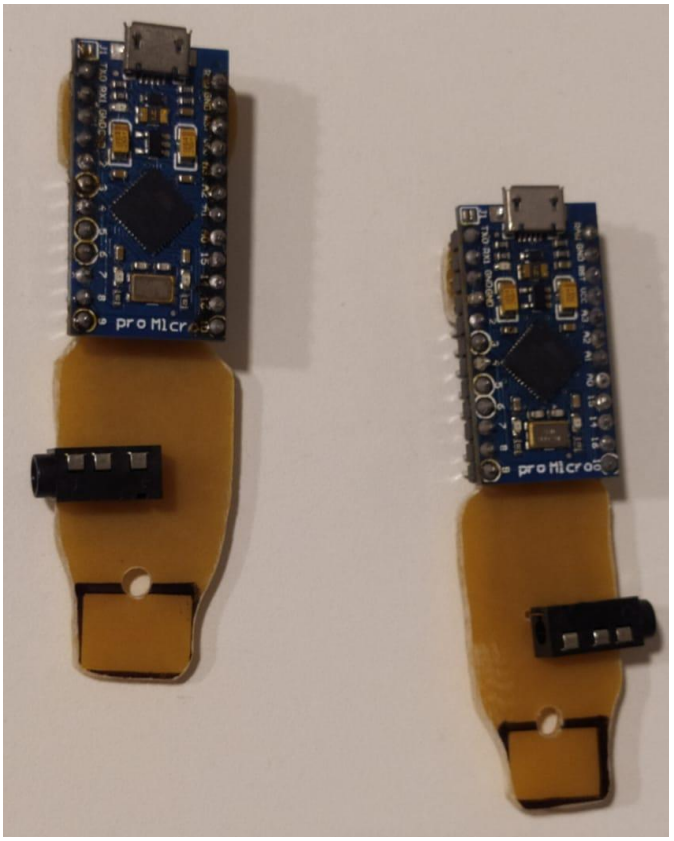
Um dos problemas encontrados foi com a construção do protótipo, inicialmente o objetivo era fazer com que o custo da construção do teclado fosse totalmente soldado com jumpers para que as conexões fossem feitas com jumpers e diodos, além de utilizar um PCB caseiro, que se resume a criar os caminhos que as conexões farão e em seguida mergulhar a placa de fenolite cobreada em uma solução de percloreto de ferro para que o cobre desnecessário seja descartado do PCB (MELO et al., 2019,p. 30) para conectar os conectores TRRS como mostram as figuras 19, 20 e 21, o teclado quando estava apenas em uma metade funcionava perfeitamente, porém quando foi realizado o teste do teclado por inteiro com a conexão feita pelo cabo de áudio TRS e TRRS as duas metades não conseguiam comunicar entre si.

Figura 19 - PCB antes de ser banhado em solução de percloreto de ferro



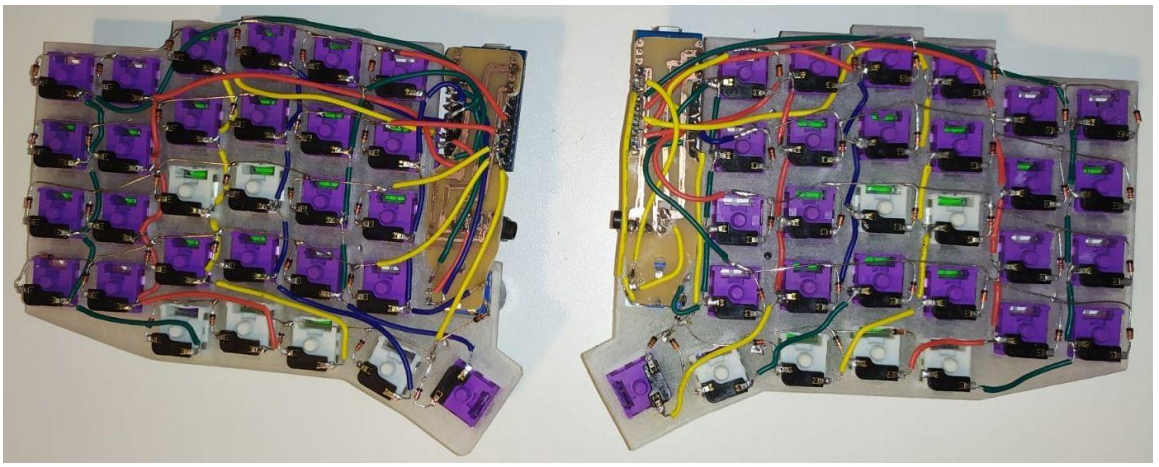
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 20 - Arduinos e conectores soldados ao PCB caseiro



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 21 - Teclado soldado com jumpers e diodos ao PCB e



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Soluções propostas

A principal solução para o problema da montagem foi a encomenda de um PCB fabricado para sanar qualquer problema que estivesse ocorrendo de conexões ou de interrupções nos contatos do arduino e os conectores TRRS

5. NR-15 e NR-17

As normas regulamentadoras NR-15 e NR-17, são voltadas justamente para a segurança do trabalhador. A NR-15 indica atividades insalubres ao trabalhador que ficam em exposição ao ruído, radiações, calor, frio, umidade, agentes químicos, poeiras minerais, entre outros. A NR-17 permite a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores.

Perante as normas citadas, a ergonomia foi ajudando empresas e principalmente trabalhadores, dando conforto, segurança e eficiência, e consequentemente um ambiente de trabalho melhor e mais produtivo.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005) a ergonomia tende a atender a algumas necessidades primordiais:

a) Adaptar às exigências do trabalho com o intuito de reduzir a carga externa.
b) Disponibilizar equipamentos e máquinas para assegurar a postura correta para o trabalhador, pensando na melhor precisão, eficácia e segurança do mesmo.
c) Adaptar o ambiente físico para a atender as necessidades do homem.

6. Biomecânica na Ergonomia

A biomecânica é um estudo dos movimentos humanos que utiliza como base a anatomia, a fisiologia e a mecânica, tendo como objetivo analisar as forças mecânicas exercidas no corpo, como movimentos de trabalho, atividades físicas ou mesmo atividades diárias.

Ao analisar e avaliar os movimentos, podemos utilizar o estudo da ergonomia para melhorias de ferramentas e ambiente, prevenindo as consequências físicas como dores e desconforto. No teclado utilizamos mais os punhos e os dedos, mas a altura do cotovelo em relação ao teclado também é muito importante para uma postura melhor.

A posição para se ter mais conforto no cotovelo é um ângulo entre 90º e 110º, facilitando a posição das mãos e do antebraço apoiado e alinhado, fazendo com que o punho não precise estender ou flexionar. Uma pequena inclinação de 5º até 13º do teclado deve oferecer mais conforto aos dedos (Brandimiller, 1999).

7. Teclado Ergonômico x Teclado Convencional

A principal característica do teclado ergonômico é seu formato único e eficiente para pessoas que passam muito tempo na frente do computador, seja para estudar, trabalhar ou jogar. Agora o teclado normal/convencional seria um teclado que segue o padrão de digitação QWERTY. Além da diferença de valor, sendo o teclado convencional mais barato e o ergonômico mais caro devido suas características únicas e funções de comando extras.
Hoje em dia o teclado convencional pode vir com um apoio ergonômico para os punhos, sendo essa uma das versões mais atuais, essa versão seria para que usuários do teclado standard (convencional), pudessem continuar utilizando este modelo de teclado e reduzir problemas gerados a partir do uso contínuo do equipamento.

Figura 22 - Teclado standard com apoio ergonômico

Fonte: casadaergonomia.com.br, 2022

7.1 Vantagens e Desvantagens

O teclado ergonômico mecânico é um investimento muito bom para grandes empresas e pessoas que utilizam o equipamento durante várias horas do dia, pois possuem mais vantagens do que desvantagens.

Tabela 9 – Tabela de Vantagens e Desvantagens teclado ergonômico

Vantagens	Desvantagens
Conforto	
Durabilidade	Alto valor de compra
Estética melhorada	Demora para se acostumar
Previne lesões	
Fácil higienização	
Fácil troca de componentes	

Fonte: Elaborado pelo autor

7.2 Tipos de Teclados Ergonômicos

Os teclados ergonômicos são fabricados de acordo com a necessidade e adaptação necessária pelo usuário, dentre eles existem modelos que permitem uma melhor experiência profissional, conforto, facilidade e versatilidade, dependendo do que o cliente necessita.

7.2.1 Teclado Dividido

Este teclado é o mais visto atualmente no mercado ergonômico, e com o design tradicional. Normalmente este teclado é dividido em duas partes ou até mesmo em três, permitindo ao usuário experimentar digitar em ângulos diferentes, proporcionando mais conforto na digitação.

Figura 23 - Teclado dividido (*split*)

Fonte: Xataka.com, 2022

7.2.2 Teclado Contornado

Este teclado possui uma versatilidade restrita em relação ao anterior, por se manter sempre na mesma posição. Sua característica principal é o posicionamento das teclas seguindo o contorno ergonômico da base do teclado. Bem parecido com o teclado tradicional, porém com esse contorno da base com as teclas.

Figura 24 - Teclado Contornado

Fonte: jivochat.com, 2022

7.2.3 Teclado de Mão (*One Hand*)

Este teclado apresenta um design diferente dos demais teclados, se assemelhando a um controle e com uma versatilidade maior do que os outros. Alguns modelos são feitos especificamente para gamers, contendo teclas específicas para auxiliar na jogabilidade e contendo teclas programáveis para utilidade diversa.

Figura 25 - Teclado de Mão

Fonte: br.banggood.com, 2022

7.2.4 Teclado Dividido em Ângulo (*Klockenberg*)

O teclado dividido em ângulo ou como é conhecido popularmente no mercado ergonômico ‘’*Klockenberg*”, possui características semelhantes ao do teclado divido, com algumas características únicas como a angulação nas teclas e com a base ergonomicamente inclinada.

Figura 26 - Teclado *Klockenberg*

Fonte: tendencee.com.br, 2022

8. Considerações Finais

Neste trabalho de conclusão de curso, construímos um teclado ergonômico inspirado no modelo “*Sofle* versão 2”, contamos sobre a importância da ergonomia, suas principais áreas de atuação, doenças que podem ser evitadas com a prática da ergonomia no ambiente de uso e os principais modelos de teclados ergonômicos existentes e suas características.

A importância do tema escolhido é a melhoria da qualidade de vida das pessoas, no ambiente de trabalho, em casa, nos hospitais…. etc. Para o ambiente acadêmico este artigo irá auxiliar na área de pesquisa sobre o assunto e facilitar informações referente ao tema proposto. Até mesmo para nós, foi de grande importância este artigo, com as pesquisas feitas podemos perceber os grandes riscos que a falta de um equipamento como um teclado ergonômico pode impactar nas nossas vidas, aumentamos nosso conhecimento pessoal e profissional também.

Os objetivos foram alcançados, conseguimos deixar bem explicado as propriedades físicas e mecânicas do protótipo construído, como foi feita a programação para que o mesmo funcionasse de forma precisa e detalhamos a modelagem.

Outras dificuldades que tivemos durante a realização do TCC foi principalmente o gasto investido na compra de alguns componentes do protótipo, estima-se que gastamos cerca de R$1600,00.

9. Referências bibliográficas

Livro

DUL, J; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2012.

IIDA, I; BUARQUE, L. **Ergonomia:** Projeto e produção. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2016.

KROEMER K. H. E; GRANDJEAN E. **Manual de ergonomia:** Adaptando o trabalho ao homem. 5. ed. Bookman, 2005.

WACHOWICZ, M. C. **Ergonomia**. Curitiba: e-Tec, 2013.

Artigo de periódico

AMADIO, A. C; SERRÃO, J. C. A Biomecânica em Educação Física e Esporte. **Revista brasileira de educação física e esporte**, São Paulo, v. 25, p. 15-24, 2011.

BAESSO, M. M; GAZZOLA, M; BERNARDES, S; BRANDELERO, E; MODOLO, A. Avaliação do nível de ruído, itens de segurança e ergonomia em tratores agrícolas. **Revista brasileira de engenharia de biossistema**. v. 9, p. 368-380, 9 dez. 2015.

Melo, L; Portes, M; Menezes, A; Azzi, G; **Fabricação de Placa de Circuito Impresso (PCI) usando Método Fotográfico e Redução Significativa de Soluções Químicas.** Revista do CBPF v. 9, n. 3, p. 26–33, 2019

MEZÊNCIO, B; FERREIRA, J. C; AMADIO, A. C. Biomecânica do movimento humano. **Revista Corpoconsciência**, Cuiabá, v. 25, n. 2, p. 87-109, 2021.

SERRANHEIRA, F; UVA, A. S. LER/DORT: que métodos de avaliação do risco?. **Revista brasileira de saúde ocupacional.** São Paulo, v. 1, ed. 1, 2012.

Monografia, dissertação e tese

GASPAR, H. M. **Estudo da Biomecânica da Mão por aplicação do Método dos Elementos Finitos**. p. 65, 2010. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

GOMES, E. T. **Análise ergonômica da prática do paratletismo de lançamentos: Rendimento esportivo e prevenção de lesões musculoesqueléticas relacionadas ao esporte**. 183 f., 2018. Dissertação (Pós graduação) - Universidade federal do Rio Grande do Norte.

MOTA, T; CABRAL, R; **ACESSIBILIDADE COMPUTACIONAL POR MEIO DE TECLADO ADAPTADO.** 2017, p. 56. Dissertação (Bacharelado) - Universidade Federal de Santa Catarina

OLIVEIRA, A. S. **A ergonomia no ambiente de trabalho: estudo de caso na SUPGA/SERPRO**. Brasília, 140 p., 2001. Dissertação (Bacharelado) – Centro Universitário de Brasília.

Internet

Adamcik, J. **Sofle Keyboard**. Disponível em

< https://josefadamcik.github.io/SofleKeyboard/> Acesso em 11 nov. 2022

ALFANO, D. **Citação de referências, dados tabelados.** Disponível em: <https://onsafety.com.br/ergonomia-no-trabalho-e-sua-importancia-nr-17/> Acesso em: 03 out 2022

BANGGOOD, **Citação de referências, imagem ilustrativa.** Disponível em: <https://br.banggood.com/Shipadoo-F6-Wired-Single-Handed-RGB-Backlight-Gaming-Keyboard-39-Keys-One-Hand-Ergonomic-Game-Keypad-for-PC-Laptop-Pro-PUBG-Gamer-p-1642151.html?cur_warehouse=CN> Acesso em: 11 nov. 2022.

BARACHO, F. **Citação de referências, imagem ilustrativa.** Disponível em: <https://drfilipebaracho.com/bursite-no-cotovelo/> Acesso em: 17 out. 2022.

BAUERFEIND, **Citação de referências, textos informativos.** Disponível em: <https://www.bauerfeind.com.br/blogs/news/como-prevenir-e-tratar-a-sindrome-do-tunel-do-carpo#:~:text=A%20Bauerfeind%20possui%20em%20sua,desliza%20e%20aumenta%20a%20circula%C3%A7%C3%A3o.> Acesso em: 10 out. 2022.

BERWANGER, E. Citação **de referências, textos informativos.** Disponível em: <https://geek360.com.br/melhores-teclados-ergonomicos/ > Acesso em: 04 nov. 2022.

CARDOSO, B. **Citação de referências, textos informativos.** Disponível em: <https://seugame.com/teclado-gamer-kgm-1000bk/> Acesso em: 24 out. 2022.

DREAMSTIME, **Citação de referências, imagem ilustrativa.** Disponível em: <https://pt.dreamstime.com/tratamento-com-varizes-conceito-de-veias-varicosas-incha%C3%A7o-e-dor-nas-pernas-femininas-diagn%C3%B3stico-da-doen%C3%A7a-vascular-tens%C3%A3o-image250650964 > Acesso em: 10 out. 2022.

FELIPE, A. Citação **de referências, textos informativos.** Disponível em: <https://www.jivochat.com.br/blog/reviews/produtos/teclado-ergonomico.html> Acesso em: 04 nov. 2022.

Gerência de Atenção à Saúde do Trabalhador (GEAST) da Secretaria de Saúde de Pernambuco e pela equipe do Centro de Referência em Saúde do Trabalhador de Pernambuco (CEREST/PE). **Citação de referências, imagem ilustrativa.** Disponível em < http://vigilanciatrabalhadorpe.blogspot.com/2018/02/28-de-fevereiro-dia-mundial-de-combate.html > Acesso em: 23 nov. 2022.

GMK **Conjunto GMK Mecha 01**. Disponível em < https://pt.aliexpress.com/item/1005004242575978.html?spm=a2g0o.productlist.main.39.698161dcHjq2Wk&algo_pvid=de31148a-a4e9-44a9-9a5d-43431b8e1fa8&algo_exp_id=de31148a-a4e9-44a9-9a5d-43431b8e1fa8-19&pdp_ext_f=%7B"sku_id"%3A"12000028499593612"%7D&pdp_npi=2%40dis%21BRL%21233.75%21205.69%21%21%21%21%21%40211bf3f716693899450077219d07d3%2112000028499593612%21sea&curPageLogUid=wDWsqC3DtSKt > Acesso em 15 nov. 2022

GOTFRYD, A. **Citação de referências, imagem ilustrativa.** Disponível em: <https://www.drgotfryd.com.br/lordose-lombar-curvatura-da-coluna/> Acesso em: 03 out. 2022.

MATHIAS, C. A; BRITO, F. P. **Citação de referências, imagem ilustrativa.** Disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd167/alongamento-na-sindrome-do-tunel-carpiano.htm#:~:text=A%20S%C3%ADndrome%20do%20t%C3%BAnel%20Carpiano,de%20les%C3%B5es%20por%20esfor%C3%A7os%20repetitivos.> Acesso em: 03 out. 2022.

MERCADO LIVRE. **Encoder rotativo EC11 5 pinos**. Disponível em: < https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2936734242-encoder-rotativo-ec11-5-pinos-potenciometro-digital-arduino-_JM?matt_tool=40343894&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14303413655&matt_ad_group_id=133855953276&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=584156655519&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=325976021&matt_product_id=MLB2936734242&matt_product_partition_id=1413191055026&matt_target_id=aud-1456438191359:pla-1413191055026&gclid=Cj0KCQiAsoycBhC6ARIsAPPbeLvspBhfFFSmA-PXM-BZRPGnoeFVYJNeq8pCB1-kJhjKEQg6JZ0q2k4aApSlEALw_wcB > Acesso em: 20/11/2022

QMK **Configurador para QMK.** Disponível em < https://config.qmk.fm/#/ > Acesso em 18 nov. 2022

QMK **Programação de teclados**. Disponível em < https://github.com/qmk > Acesso em 11 nov. 2022.

RELIZ, **Citação de referências, textos informativos.** Disponível em: <https://reliza.com.br/6-beneficios-do-apoio-ergonomico-de-teclado/> Acesso em: 14 out. 2022.

Sam, R. **Mechanical Keyboard Switch Chart Table**. Disponível em < https://thegamingsetup.com/gaming-keyboard/buying-guides/keyboard-switch-chart-table > Acesso em 18 nov. 2022

SOCIEDADE, B. R **Citação de referências, textos informativos.** Disponível em: <https://www.reumatologia.org.br/doencas-reumaticas/ler-dort/> Acesso em: 10 out. 2022.

Sparkfun electronics **Ficha de dados arduino Pro Micro**. Disponível em < https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Boards/ProMicro16MHzv1.pdf > Acesso em 10 nov. 2022

TECHNOLOGIES, D. **Citação de referências, imagem ilustrativa.** Disponível em: <https://deals.dell.com/fr-fr/category/gaming-deals?dealexpired=true> Acesso em: 29 set. 2022.

TENDECEE, **Citação de referências, imagem ilustrativa.** Disponível em: <http://www.tendencee.com.br/2013/10/combimouse-um-hibrido-de-teclado-e-mouse-que-te-permite-obter-uma-experiencia-computacional-ainda-mais-fluida/> Acesso em: 11 nov. 2022.

TOLEDO, V. **Citação de referências, textos informativos.** Disponível em: <.https://tecnoblog.net/responde/4-dicas-para-escolher-um-teclado-ergonomico/#:~:text=Tecnologia-,O%20que%20%C3%A9%20um%20teclado%20ergon%C3%B4mico%3F,teclas%20seguem%20no%20padr%C3%A3o%20QWERTY.> Acesso em: 21 out. 2022.

TOSCANO, I. **Citação de referências, textos informativos.** Disponível em: <https://www.reviewbox.com.br/teclado-ergonomico-melhores-modelos/#:~:text=O%20teclado%20ergon%C3%B4mico%20tem%20um,as%20m%C3%A3os%20descansem%20ao%20digitar> Acesso em: 04 nov. 2022.

UFRRJ, R. P. **Citação de referências, textos informativos.** Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/voz3.htm#:~:text=Lordose%20lombar%2C%20varizes%2C%20LER%2F,E%20outras> Acesso em: 04 out. 2022.

VARELLA, D. **Citação de referências, textos informativos.** Disponível em: <https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/sindrome-do-tunel-do-carpo/> Acesso em: 14 out. 2022.