

Universidade Federal de Minas Gerais



# **Climbing Wall LED System**

Fernando Italo dos Reis Gutierrez

Orientador: Daniel Fernandes Macedo

Setembro de 2021

## Resumo

O objetivo do presente trabalho é criar um sistema para controlar LEDs RGB em uma parede de escalada utilizando um dispositivo Arduino e um aplicativo mobile. O objetivo do sistema é utilizar os LEDs RGB, estes que ficam posicionados abaixo das agarras, possibilitando que estas peças possam ser sinalizadas e dessa forma, seja possível construir caminhos em uma parede de escalada. O sistema em Arduino possui um módulo Bluetooth que possibilita o recebimento de comandos emitidos pelo aplicativo Android. Além disso, o sistema possibilita o armazenamento dessas rotas para que posteriormente outras pessoas tentem escalar esses caminhos que foram criados e salvos por outros usuários. A segunda parte desta monografia teve como objetivo criar um recomendador de rotas de escalada. Este aplicativo sugere uma graduação em que a pessoa pode escalar com facilidade, considerando dez informações que ela fornece ao programa. Esse aplicativo foi desenvolvido utilizando uma base de dados gerada por uma pesquisa encontrada na web. A partir dessa base de dados foi criado um modelo de Machine Learning.

### **Palavras Chave:**

Escalada, LED, RGB, Agarra Iluminada, Arduino, Automação, Aprendizado de Máquina, Inteligência Artificial, Recomendador de graduação, Boulder

## Abstract

The purpose of this work is to create a system to control RGB LEDs on a climbing wall using an Arduino device and a mobile application. The objective of the system is to use the RGB LEDs, which are positioned below the grips, allowing these parts to be signaled and in this way, it is possible to build paths on a climbing wall. The Arduino system has a Bluetooth module that makes it possible to receive commands issued by the Android application. In addition, the system makes it possible to store these routes so that later on, other people try to climb these paths that were created and saved by other users. The second part of this essay is aimed to create a climbing route recommender. This application requires a degree that a person can climb easily, considering ten pieces of information that it offers to the program. This application was developed using a database generated by a search found on reddit. From this database, a Machine Learning was created.

### Keywords:

Rock Climbing, LED, RGB, Lighted Climbing Hold, Arduino, Automation, Machine Learning, Artificial Intelligence, grade recommender, boulder

# Sumário

<b>Introdução</b>	<b>5</b>
<b>Contextualização</b>	<b>9</b>
2.1 Soluções já existentes	9
<b>Desenvolvimento</b>	<b>11</b>
3.1 Custos dos componentes físicos	12
3.1.2 Custo de uma implementação simples	12
3.1.3 Preço final para comercialização	13
3.2 Hardware 1 - Arduino	14
3.3 Bibliotecas de software	15
3.4.1 Arduino Mega R3 ATmega2560	15
3.4.2 Módulo Bluetooth RS232 - HC-06	16
3.4.3 Módulo MH-SD Card	16
3.4.4 Hardware 2 – Módulo LED RGB WS1128	17
3.5 Instalação dos LEDs RGB	18
3.6 Aplicativo	20
3.6.1 Dependências	20
3.6.2 Screenshots	21
3.7 Canvas	24
3.7.1 Detalhando o Canvas	24
3.8 Recomendador de graduação	27
3.8.1 Criação do modelo de Machine Learning	28
3.8.2 Criando um aplicativo WEB para o modelo	30
3.8.3 Hospedagem do aplicativo	31
<b>Resultados</b>	<b>32</b>
<b>Conclusão</b>	<b>33</b>

# Lista de Figuras

<b>Introdução</b>	<b>6</b>
Figure 1.1: Academia de escalada indoor	6
Figure 1.2: Parede de escalada utilizando agarras da mesma cor	7
<b>Contextualização</b>	<b>10</b>
2.1 Soluções já existentes	10
Figure 2.2: Versão completa do Moonboard	10
<b>Desenvolvimento</b>	<b>12</b>
Figure 2.3: Objetivo final do projeto	12
Figure 3.2: Esquemático Arduino	15
Figure 3.4.1: Arduino Mega R3	16
Figure 3.4.2: Módulo Bluetooth RS232	17
Figure 3.4.3: Módulo leitor de SD card	17
Figure 3.4.4: Fita de LED WS2811 RGB	18
Figure 3.5: Fiação do LED WS2811 na parede de escalada	19
Figure 3.5.1: Tension board, um exemplo de resultado final do projeto	20
Figure 3.6.2: Tela de conexão bluetooth	22
Figure 3.7: Modelo Canvas de Negócio	25
Figure 3.8: Tabela de graduação de escalada	28
Figure 3.8.2: Formulário criado para obter os dados do escalador	31
Figure 3.8.3: Resultado fornecido pelo modelo de machine learning	32

# Capítulo 1

## Introdução

A escalada indoor é um esporte que ao longo dos anos vem conquistando mais espaço no contexto global. Em Agosto de 2016 foi anunciado que a atividade física faria parte dos Jogos Olímpicos 2020. Desde então, foi observado um crescimento na indústria do esporte segundo o site *TheAspenTimes*[1]. No contexto Brasileiro, o esporte está presente na grande maioria das capitais e em muitas outras cidades do interior.

Assim como a grande maioria dos esportes, a escalada indoor é uma atividade que depende muito de espaço físico e estrutura para funcionar. As academias de escalada possuem paredes com painéis fixados em estruturas de metal montadas de diversas formas e inclinações para simular uma rocha real. Nessas paredes, são fixadas agarras feitas de resina que são utilizadas para subir nesses muros.



*Figure 1.1: Academia de escalada indoor*

O objetivo da escalada é basicamente chegar até o topo da parede. Isso é feito através de rotas específicas que a pessoa deve percorrer utilizando as mãos e os pés em agarras predeterminadas. Esses trajetos são sinalizados de duas formas: **utilizando agarras da mesma cor** ou **fixando uma fita colorida próximo da agarra**.

Essas formas de sinalizar esses trajetos são muito limitadas e não fazem um bom aproveitamento da área disponível na parede. Além disso, podem ficar visualmente confusas e são apenas geradas por algum profissional da academia. A atividade de criação dessas rotas, chamada de **Routesetting[2]**, envolve um profissional pois é necessário a utilização de escadas, ferramentas e equipamentos de segurança. Esses percursos devem ser renovados de tempos em tempos para oferecer novos desafios aos clientes.

### **Sinalização de rotas com agarras da mesma cor**



**Figure 1.2:** *Parede de escalada utilizando agarras da mesma cor*

#### **Vantagens:**

- A parede fica mais limpa, sem muitos detalhes.
- As rotas ficam bem evidentes para quem está escalando.
- É possível identificar as cores a partir de qualquer lado da agarra.
- A parede fica visualmente mais bonita.

**Desvantagens:**

- Não há muitas possibilidades de cores distinguíveis entre si, logo, há menos possibilidades de rotas.
- Há menos rotas por metro quadrado, portanto a área total da parede é pouco utilizada.
- Devido ao menor número de rotas, é necessário uma manutenção mais frequente para adicionar rotas novas.
- As combinações de agarras são menores pois elas precisam ser da mesma cor.

**Sinalização de rotas utilizando fitas coloridas**

**Figure 1.3:** Parede de escalada utilizando fitas coloridas

**Vantagens:**

- Há mais rotas por metro quadrado.
- Sem a restrição de cores, existem mais combinações de agarras.
- Exige menor rotatividade na criação de novas rotas.

**Desvantagens:**

- A parede fica com muitos detalhes, tornando as rotas confusas.
- Não é possível ver as fitas de qualquer lado da agarra.
- As fitas podem descolar e a rota ficar incompleta.
- A parede fica visualmente menos bonita.
- A cor da agarra e da fita podem acabar confundindo ainda mais o cliente.

A partir do **Google My Business**[3] foram encontradas mais de 60 academias de escalada. Essas academias, em sua grande maioria, possuem um porte médio a pequeno, onde uma melhor utilização da área útil disponível seria muito desejável para oferecer mais opções para o cliente.

A partir dessas informações, o objetivo desse projeto é desenvolver um produto baseado em um MVP já existente. Esse produto deve possibilitar um melhor aproveitamento da área útil das paredes de escalada e permitir a criação de rotas pelo cliente, ou seja, introduzir o aspecto de interação por parte do cliente.

O MVP existente consiste em um sistema capaz de controlar LEDs RGB através de um microcontrolador Arduino e um aplicativo Android. Os LEDs RGB são instalados atrás da parede de escalada, em furos posicionados abaixo de cada agarra de escalada.

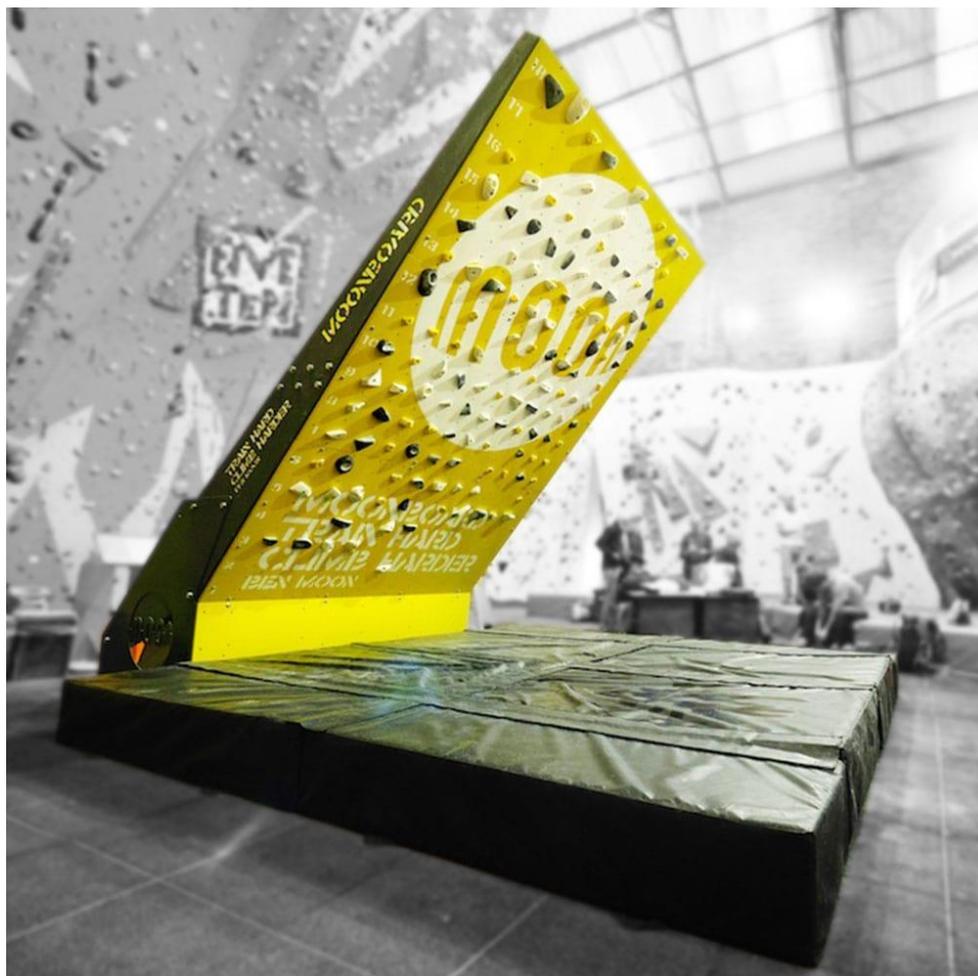
# Capítulo 2

## Contextualização

Este projeto tem como um dos objetivos oferecer uma opção mais acessível em termos de custo para as academias no Brasil. Ao oferecer personalização no produto, as modificações necessárias na estrutura já existentes seriam mínimas e o frete seria consideravelmente mais acessível por estar no mesmo país.

### 2.1 Soluções já existentes

A partir de 2016, foram lançados alguns modelos de sistemas de LED para escalada pelo mundo, esses modelos geralmente são mais compactos e seguem uma configuração fechada, onde é necessário seguir um padrão pré estabelecido para a instalação correta do sistema. Um dos modelos mais conhecidos mundialmente é o **Moonboard [4]**.



**Figure 2.2:** *Versão completa do Moonboard*

Além do **Moonboard**, foram pesquisados os 3 maiores sistemas de LED para escalada usados na atualidade:

## MoonBoard

O **Moonboard** possui 5 versões diferentes que variam em tamanho ou quantidade

Modelo	Valor(£)	Frete(£)	Valor total(£)	Valor total (R\$)*
Kit 2016	£2,200.00	£850.00	£3050,00	R\$19.825,00
Kit 2017	£2,900.00	£850.00	£3.750,00	R\$24.375,00
Kit 2019	£3,100.00	£850.00	£3.950,00	R\$25.675,00
Kit com estrutura	£8,800.00	£1000.00	£9.800,00	R\$63.700,00
Kit completo**	£12,000.00	£1500.00	£13.500,00	R\$87.750,00

\*Cotação Euro (6,50) sem taxas de câmbio

\*\*Kit completo com estrutura e crash pads

## Tension Board[5]

O Tension Board é comercializado em três tamanhos diferentes:

Modelo [Alt x Larg]	Valor(U\$)	Frete(U\$)	Valor total(U\$)	Valor total (R\$)*
3,0m x 1,5m [10' x 5']	\$3.016,60	\$249,40	\$3.266,00	R\$17.636,40
3m x 2,4m [10' x 8']	\$3.902,20	\$313,30	\$4.215,50	R\$22.763,70
3,6m x 2,4m [12' x 8']	\$4.706,50	\$335,90	\$5.042,40	R\$27.228,96

\*Cotação dólar (5,40) sem taxas de câmbio

## Kilter Board[6]

(Modelos sem sistema de inclinação Lemur Frame)

Com o sistema Lemur Frame, existe um valor inicial de U\$19.000,00 ao valor total do modelo 3,6m x 2,4m e U\$22.500,00 no modelo 3,6m x 3,6m.

Modelo [Alt x Larg]	Valor(U\$)	Frete(U\$)	Valor total(U\$)	Valor total (R\$)*
3m x 2,1m [10' x 7']	\$3.016,60	\$2000,00	\$5.016,60	R\$27.089,64
3,6m x 2,4m [12' x 8']	\$3.902,20	\$2000,00	\$5.902,20	R\$31.871,88
3,6m x 3,6m [12' x 12']	\$4.706,50	\$2000,00	\$6.706,50	R\$36.215,10

\*Cotação dólar (5,40) sem taxas de câmbio

# Capítulo 3

## Desenvolvimento

Este projeto foi dividido em 3(três) principais projetos: Um hardware para agir como interface física capaz de controlar LEDs RGB; Um conjunto de módulos de LED RGB para fazer a iluminação das agarras de escalada; E um aplicativo para dispositivos Android para controlar os LEDs, criar e salvar as rotas propostas pelos usuários.



**Figure 2.3:** *Objetivo final do projeto*

### 3.1 Custos dos componentes físicos

A tabela abaixo foi gerada a partir de uma pesquisa no site *AliExpress* e *Mercado Livre*.

<b>Componente</b>	<b>Valor China</b>	<b>Valor Brasil</b>
Arduino Mega R3 ATmega2560	R\$ 33,00	R\$ 68,00
Módulo Bluetooth RS232	R\$ 9,00	R\$ 25,00
Módulo MH-SD Card	R\$ 3,00	R\$ 15,00
Módulo LED RGB WS2811	R\$ 27,00	R\$ 105,00
Fonte de Alimentação 5v 20A	R\$ 82,00	R\$ 75,00
Fonte Dc Chaveada 9v 1a	R\$ 12,00	R\$ 18,00

#### 3.1.2 Custo de uma implementação simples

Em uma implementação simples, utilizando 250 LEDs teria o custo de componentes na tabela abaixo (não incluem valores de entrega):

<b>Componente</b>	<b>Qntd</b>	<b>Valor China</b>	<b>Valor Brasil</b>
Arduino Mega R3 ATmega2560	1	R\$ 33,00	R\$ 68,00
Módulo Bluetooth RS232	1	R\$ 9,00	R\$ 25,00
Módulo MH-SD Card	1	R\$ 3,00	R\$ 15,00
Módulo LED RGB WS2811	5	R\$ 27,00	R\$ 105,00
Fonte de Alimentação 5v 20A	1	R\$ 82,00	R\$ 75,00
Fonte Dc Chaveada 9v 1a	1	R\$ 12,00	R\$ 18,00
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>R\$ 274,00</b>	<b>R\$ 726,00</b>

Assim como as demais soluções existentes, não há serviço de instalação, o cliente deve instalar por conta própria, seguindo um instruções simples e utilizando ferramentas indicadas em um manual.

### 3.1.3 Preço final para comercialização

**Preço final: R\$9.000,00**

Para definir o preço final do produto, foram consideradas os seguintes aspectos:

- **Valores dos demais produtos já existentes no mercado.**

Dos três sistemas já existentes, o modelo mais acessível seria o Tension Board, possui o valor em média R\$17.000,00 com frete incluso.

- **Custo dos componentes físicos.**

Em torno de R\$450,00 com o sistema pronto.

- **Custo do frete para qualquer localidade do Brasil.**

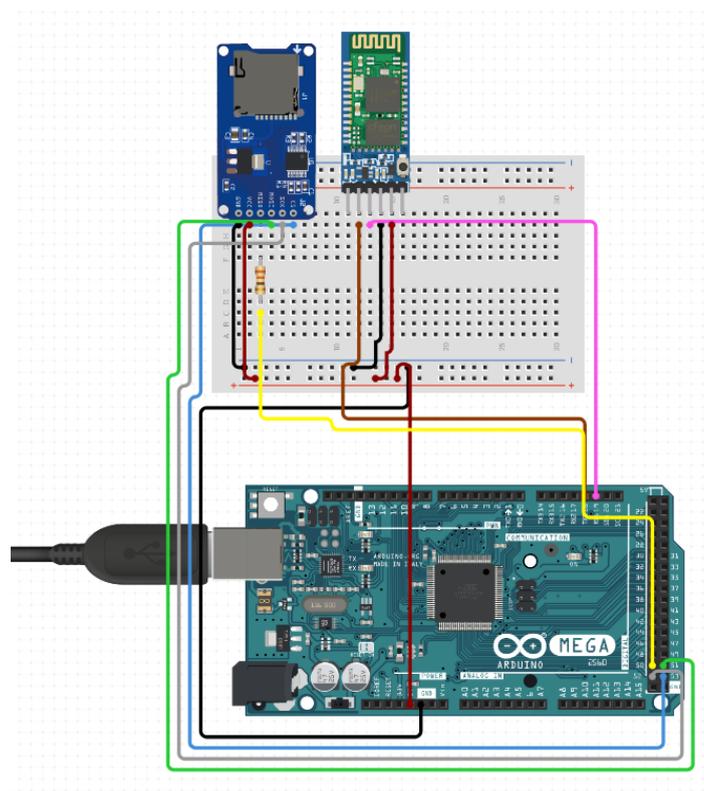
O custo do frete ficaria em até R\$200,00

- **Não inclusão de agarras de escalada junto ao produto.**

Os demais produtos possuem agarras de escaladas inclusas. A decisão de não inclusão das agarras visa tornar o produto e o frete mais acessíveis, assim como não ter que fabricar agarras, atividade que exige um espaço físico considerável. A não inclusão de agarras possibilita que a academia utilize as suas próprias agarras e tenha mais possibilidades de escolher as agarras que deseja com os fabricantes já existentes no Brasil.

### 3.2 Hardware 1 - Arduino

O hardware para controle dos leds foi feito utilizando um Arduino Mega R3 Atmega2560 como microcontrolador principal. Os demais módulos são conectados a ele para oferecer mais funcionalidades; Um módulo bluetooth Rs232 – HC-06 para comunicação entre o microcontrolador Arduino e o dispositivo Android; E um módulo para leitura e escrita de SD Card, utilizado para armazenamento das rotas criadas pelos usuários.



**Figure 3.2:** Esquemático Arduino

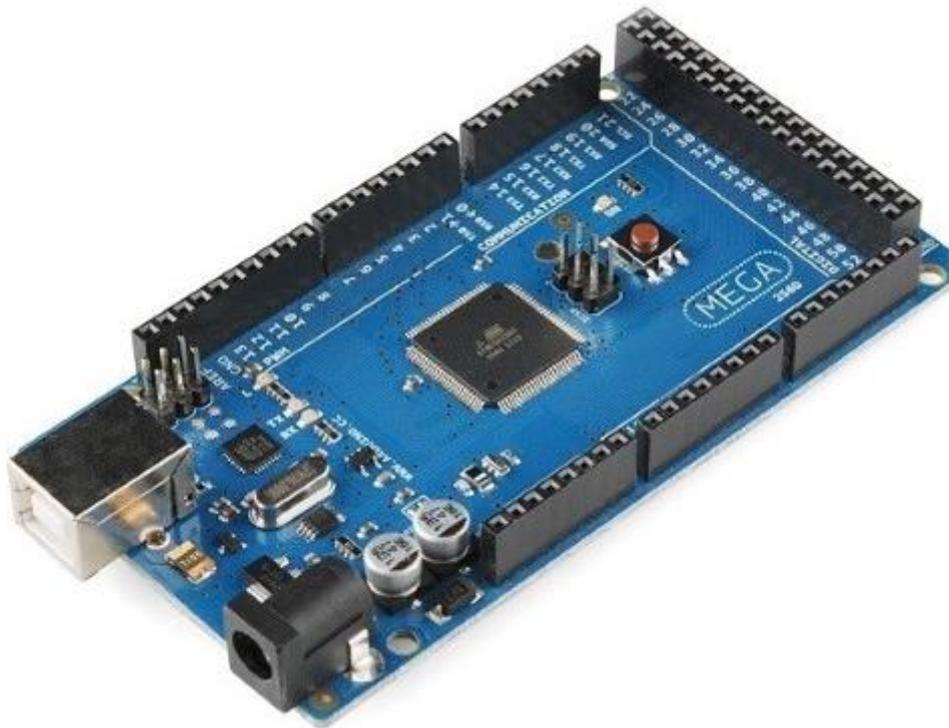
### 3.3 Bibliotecas de software

As bibliotecas utilizadas neste projeto foram:

- **SPI.h[7]:** Biblioteca para comunicação entre dispositivos SPI (Interface Periférica Serial).
- **FastLED.h[8]:** Biblioteca para manipulação de diversos tipos de módulos de LED RGB.
- **SD.h[9]:** Biblioteca para leitura e escrita em SD cards.

#### 3.4.1 Arduino Mega R3 ATmega2560

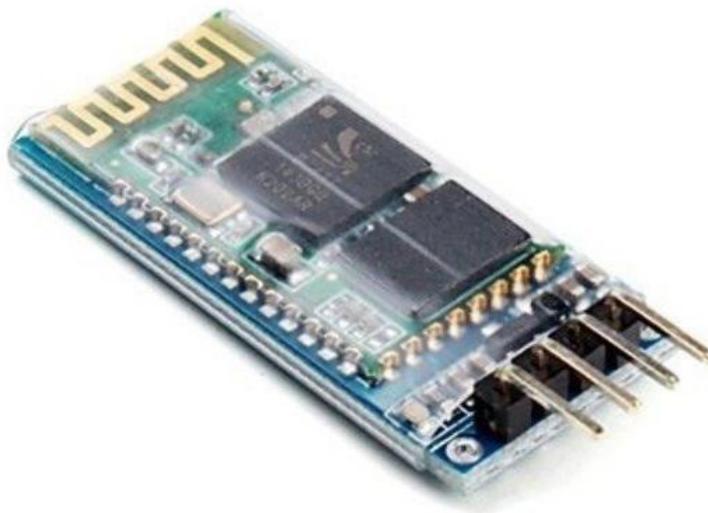
O Arduino Mega é uma placa microcontroladora na ATmega2560. Foi usada no projeto para controlar todos os demais componentes e o LEDs. Essa placa possui 54 pinos digitais de input/output, 16 inputs analógicos e 4 portas seriais.



**Figure 3.4.1:** *Arduino Mega R3*

### 3.4.2 Módulo Bluetooth RS232 - HC-06

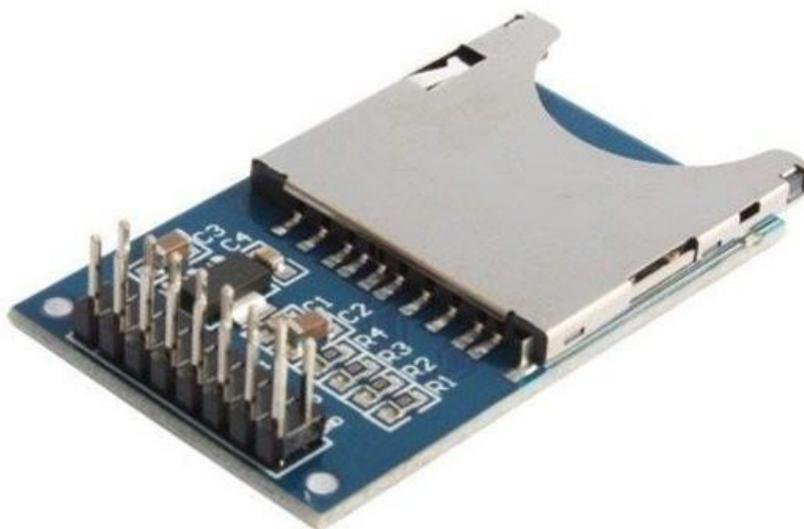
Esse módulo Bluetooth permite a comunicação entre o arduino e outros dispositivos bluetooth por meio de transferência de dados serial. Nesse projeto, foi utilizado um smartphone com o sistema operacional Android KitKat. Possui um alcance de até 10 metros sem obstáculos.



**Figure 3.4.2:** *Módulo Bluetooth RS232*

### 3.4.3 Módulo MH-SD Card

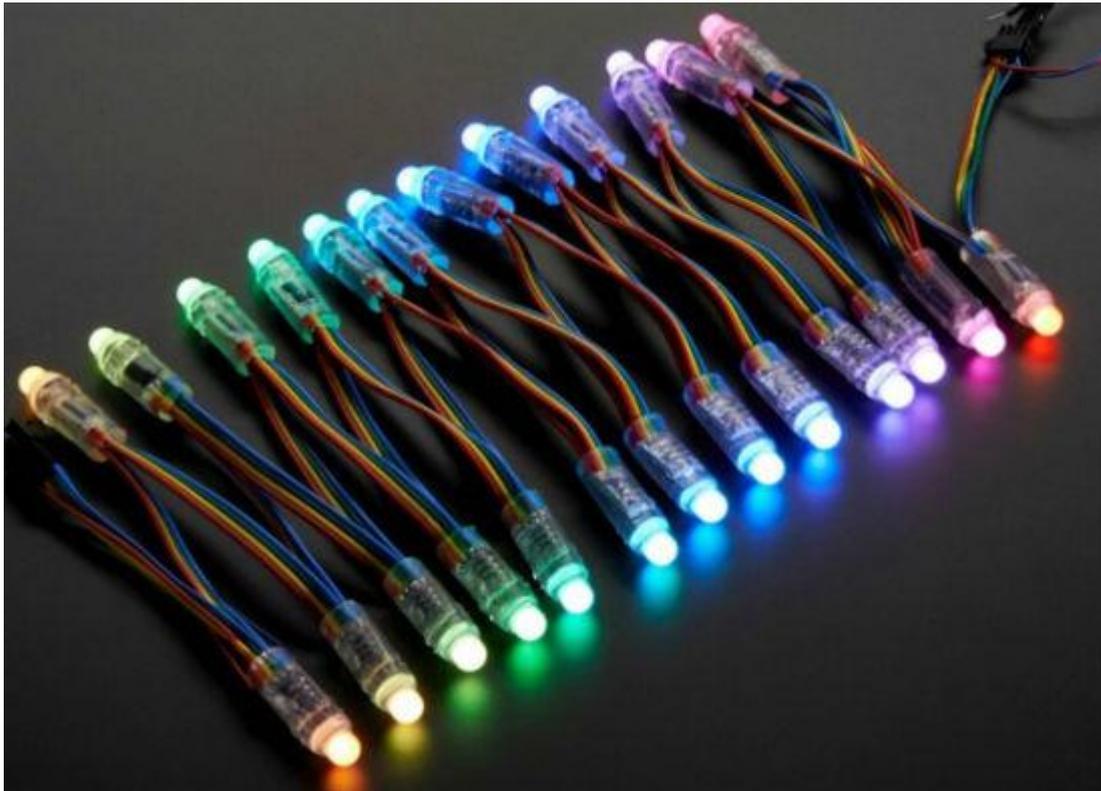
Esse módulo permite a leitura e escrita em cartão SD formatado em FAT32 com capacidade de até 4GB.



**Figure 3.4.3:** *Módulo leitor de SD card*

### 3.4.4 Hardware 2 – Módulo LED RGB WS1128

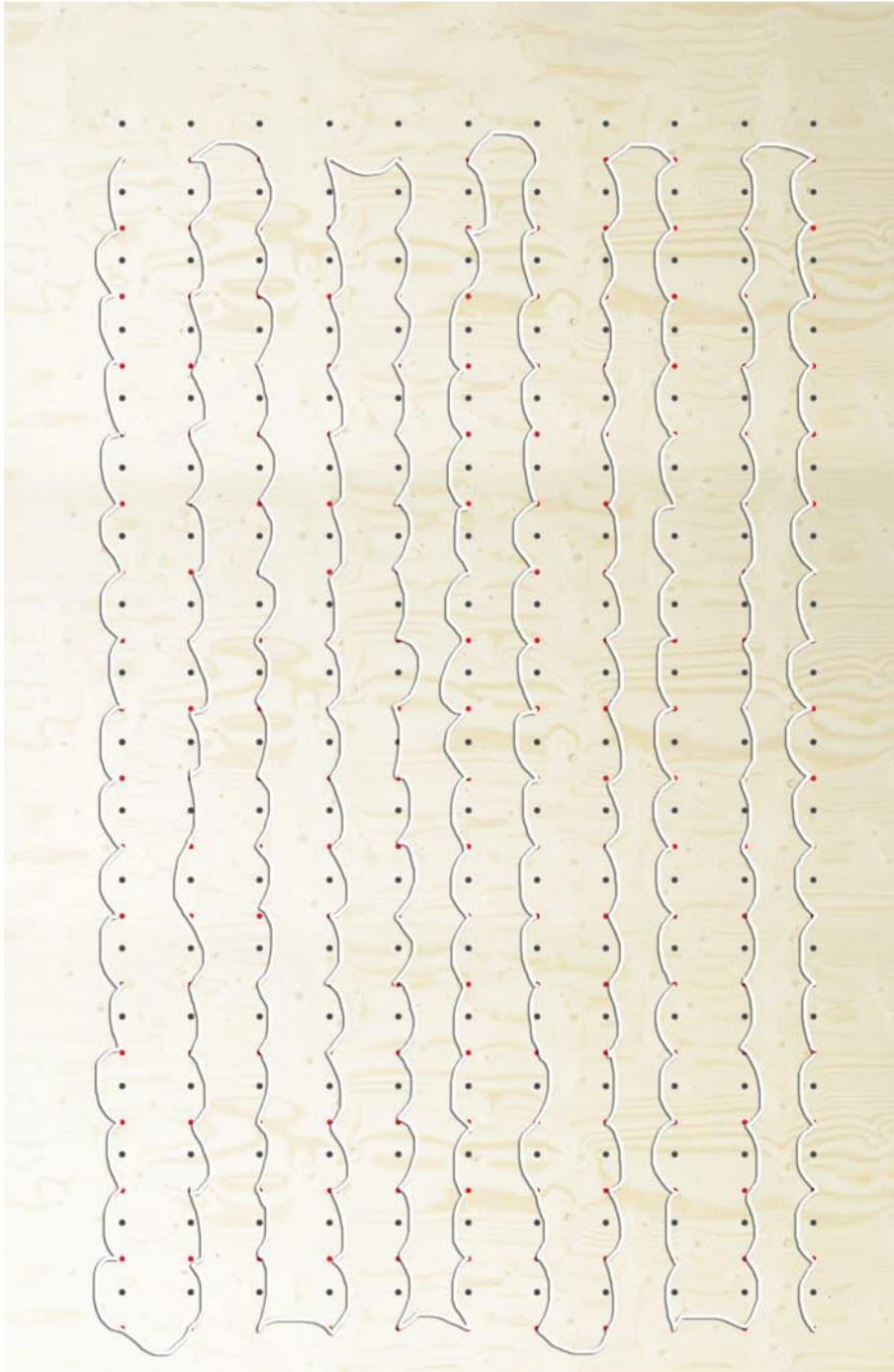
O módulo de LED RGB escolhido foi o WS1128. É um módulo que possui 50 leds alimentados por uma fonte de alimentação DC de 5V. Os LEDs são impermeáveis com preenchimento de resina de cola epoxy, ideal para uso semi-aberto e com presença de umidade. A vida útil dos LEDs é estimada em 35000 horas. Os módulos ainda podem ser conectados em série, caso haja a necessidade. Cada LED consome até 0,3w, com um total de 15w por módulo de 50 LEDs.



**Figure 3.4.4:** *Fita de LED WS2811 RGB*

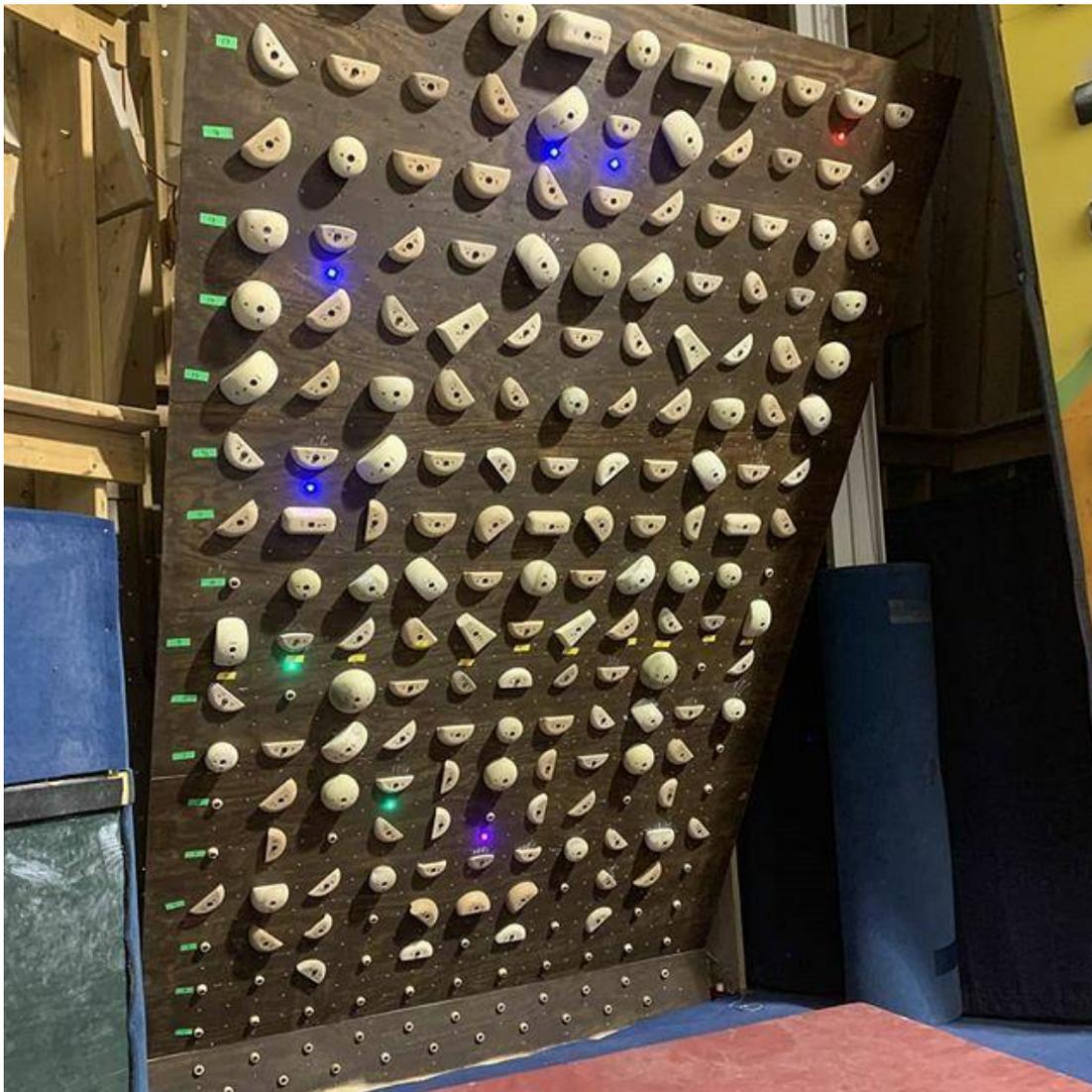
### 3.5 Instalação dos LEDs RGB

Os LEDs são instalados em um furo feito com uma broca de aço rápido de 12mm. Esse furo fica a uma distância de 10 cm a partir do furo onde a agarra de escalada é instalada. Esse padrão é repetido em toda a parede, de forma a fazer o melhor aproveitamento do espaço disponível e aumentar as possibilidades de rotas possíveis.



**Figure 3.5:** Fiação do LED WS2811 na parede de escalada

O resultado final após a instalação dos LEDs RGB pode ser visto na figura abaixo:



**Figure 3.5.1:** *Tension board, um exemplo de resultado final do projeto*

## 3.6 Aplicativo

O Aplicativo foi desenvolvido em **Kotlin[10]**, com foco no sistema Android. Ele estabelece conexão via Bluetooth com o dispositivo Arduino e envia comandos via transferência serial. Esses comandos envolvem conexão com o dispositivo bluetooth do arduino, controle dos LEDs, acender, apagar, mudar de cor, alterar o brilho, salvar e apagar a configuração de LEDs em um arquivo .txt armazenado em um cartão SD.

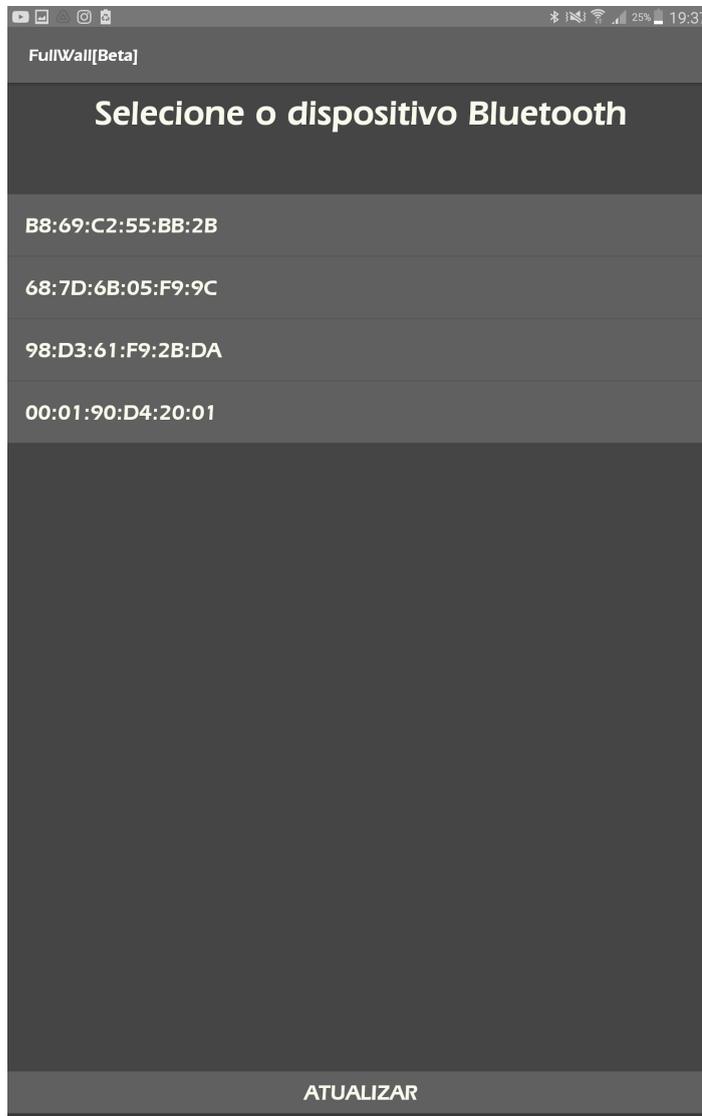
### 3.6.1 Dependências

As dependências do projeto do aplicativo são:

- **BluetoothAdapter[11]:** Essa biblioteca permite que o aplicativo utilize tarefas simples de bluetooth, como iniciar a descoberta de dispositivos, listar dispositivos conectados e instanciar um dispositivo de bluetooth utilizando um endereço MAC conhecido.
- **BluetoothDevice[12]:** Essa biblioteca permite criar uma conexão com um dispositivo e solicitar informações sobre ele, como nome, endereço, classe e estado.

### 3.6.2 Screenshots

#### Tela inicial para conexão do aplicativo com o Arduino Mega



**Figure 3.6.2:** *Tela de conexão bluetooth*

O aplicativo faz uma varredura e mostra os dispositivos bluetooth através dos seus endereços MAC. Caso o Arduino Mega esteja disponível, a conexão pode ser feita.

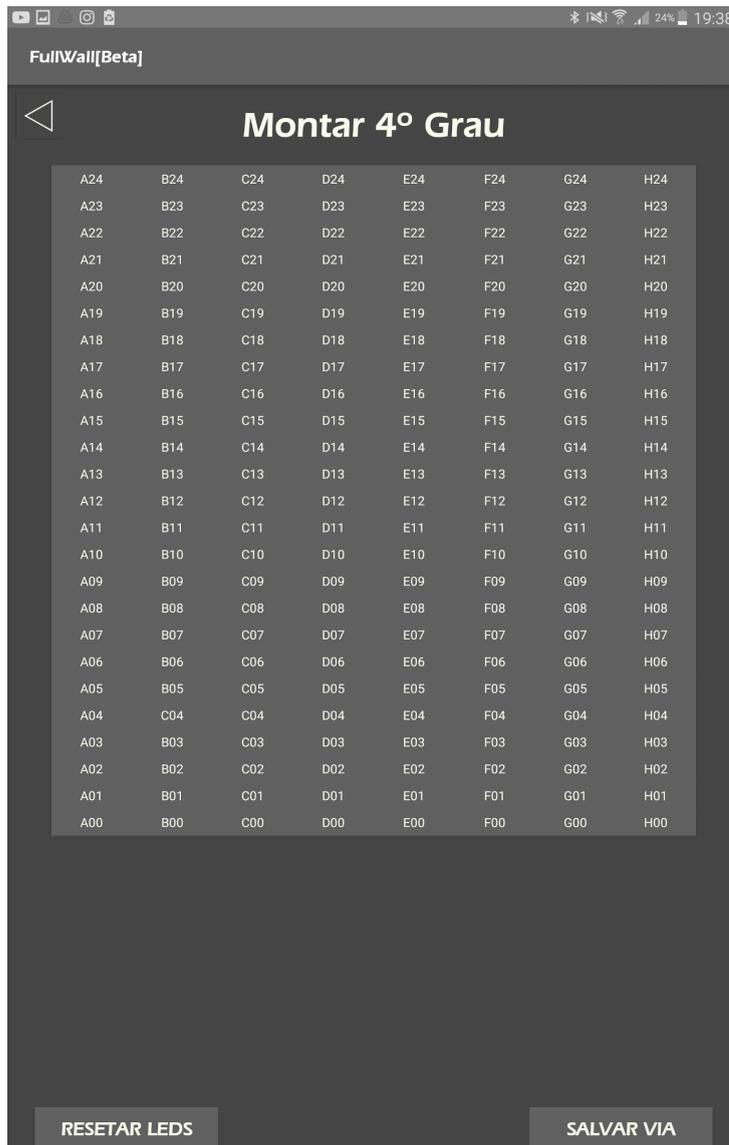
## Tela principal do aplicativo



**Figure 3.6.3:** Tela de escolha de graduação

Nessa tela é possível selecionar uma graduação por dificuldade e adicionar novas vias através do símbolo “+” ao lado de cada uma. Há um botão para fazer uma demonstração básica dos LEDs, onde todos eles acendem e mudam de cor. Também é possível desligar os LEDs e alterar o brilho.

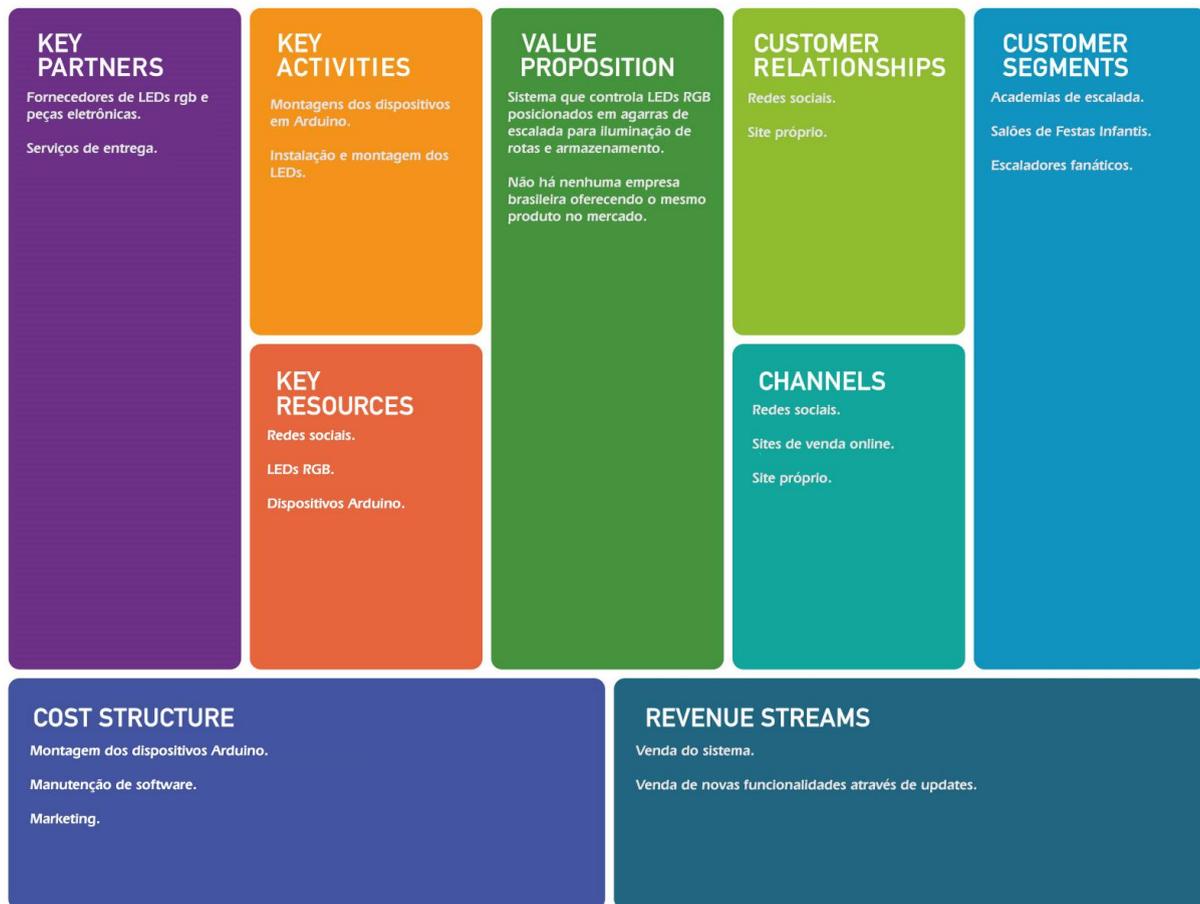
## Tela de montagem de vias



**Figure 3.6.4:** Tela de montagem de rotas

Essa tela dispõe os botões de forma matricial para controle dos LEDs. Um toque liga o LED, tornando o botão branco, tocando novamente o apaga e o botão fica cinza novamente. Há um botão de **Reset** para apagar todos os LEDs ao mesmo tempo e um botão para **Salvar** a atual configuração e possibilitar que outras pessoas tenham acesso a Via salva.

## 3.7 Canvas



**Figure 3.7:** *Modelo Canvas de Negócio*

### 3.7.1 Detalhando o Canvas

#### Parcerias Principais:

- Fornecedores de peças eletrônicas como Arduino, Módulos, Shields, Fontes de energia e LEDs RGB. Esses fornecedores podem ser empresas brasileiras, porém essas empresas geralmente adquirem seus produtos diretamente com fornecedores da China e os revendem no Brasil por um preço mais alto. Portanto, é preferível negociar diretamente com esses fornecedores da China de forma a reduzir os custos dessas peças e interagir diretamente com o fornecedor final.
- Para envio do sistema, é possível optar pelos correios tradicionais ou um alguma transportadora, caso houvesse a necessidade.

### **Atividades Chave:**

- Montagem dos dispositivos Arduino. Como não há uma demanda para produção em larga escala do projeto, não será utilizada uma PCB própria para conectar os dispositivos. A montagem envolve a solda permanente dos módulos de SD card e Bluetooth no microcontrolador Arduino utilizando fios como meio.
- Venda do sistema em um site online próprio. Outros sites de venda como Mercado Livre serão utilizados para abranger ainda mais a divulgação do produto nos mais diversos meios possíveis.

### **Recursos Principais:**

- LEDs RGB.
- Dispositivos Arduino.
- Redes sociais e sites de venda para divulgação do produto para academias de escalada, salões de festa e escaladores fanáticos que desejam ter seu próprio muro de escalada em casa.

### **Proposta de Valor:**

- Sistema que utiliza Arduino e um aplicativo Android para controlar LEDs RGB posicionados abaixo de cada agarra em uma parede de escalada. Esses leds são acesos conforme a vontade do usuário, de forma a criar uma rota de escalada. Essa rota é salva e disponibilizada para outros usuários tentarem o desafio.
- Os LEDs posicionados na parede de escalada geram um impacto visual muito bonito e atraente para não apenas os clientes escaladores, mas também para salões de festa infantis.
- Não há nenhuma empresa brasileira que ofereça esse produto no mercado. Além disso, as soluções existentes estão todas presentes na Europa, onde o esporte é consideravelmente mais relevante, tornando o produto consideravelmente mais caro devido a conversão da moeda Euro para Real e entrega do produto.

### **Relacionamento com Clientes:**

- Email, chat online, WhatsApp Business.

### **Canais:**

- Venda pela internet.

**Segmentos de Clientes:**

- Academias de escalada.
- Salões de festa infantil.
- Escaladores que desejam ter um muro de escalada particular .

**Estruturas de Custo:**

- Montagem dos componentes eletrônicos.
- Marketing.
- Manutenção do software.
- Distribuição.

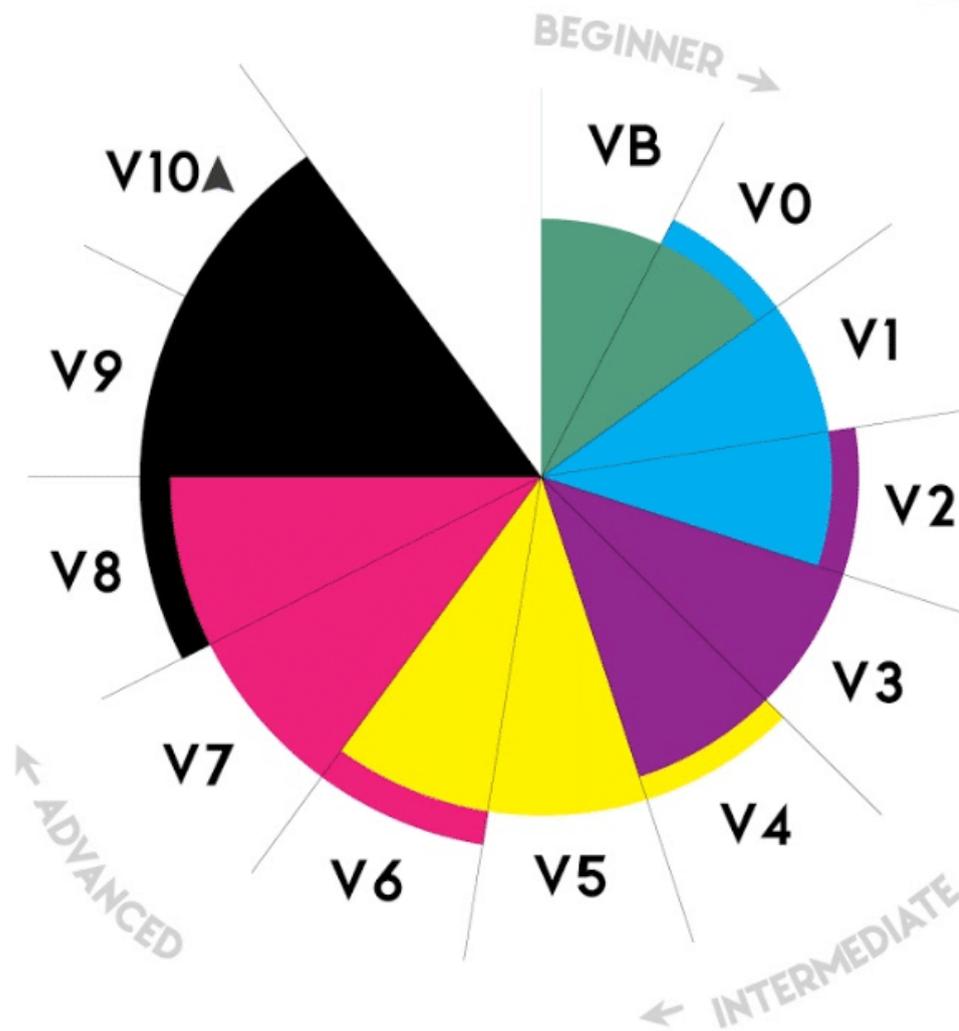
**Fontes de Receita:**

- Venda do produto.
- Venda de novas funcionalidades em forma de updates.
- Venda de novos módulos de LEDs (no caso de algum LED original queimar).
- Instalação do produto fisicamente (caso seja financeiramente viável)

### 3.8 Recomendador de graduação

De forma a tornar o Sistema de LEDs mais atraente como produto, foi desenvolvido um recomendador de graduação de escalada utilizando **Machine Learning**[13] e uma pesquisa encontrada no **Reddit**[14].

As rotas de escalada são graduadas de acordo com a tabela abaixo:



**Figure 3.8:** Tabela de graduação de escalada

O recomendador funciona adquirindo dados do escalador que deseja uma graduação de escalada recomendada, de acordo com as suas limitações, características físicas e hábitos de treinamento no esporte.

A **pesquisa**[15] encontrada perguntava ao público escalador sobre diversos aspectos físicos e habituais como, altura, peso, treinos por semana, dentre outras informações. A partir dessa pesquisa, foi obtida uma **base de dados**[16] a qual foi utilizada para iniciar a criação do recomendador de rotas de escalada.

O processo se iniciou com o aprendizado sobre machine learning, e a linguagem **Python**[17], **Jupyter Notebook**[18], uma ferramenta utilizada para criação de códigos dinâmicos.

### **3.8.1 Criação do modelo de Machine Learning**

A seguinte sequência de passos foi feita para criar o modelo de Machine Learning

#### **1- Importação dos dados.**

Os dados obtidos a partir da pesquisa foram importados utilizando o formato .csv

#### **2- Limpeza dos dados.**

Foi feita a remoção de duplicatas, dados irrelevantes ou incompletos. Dados incompletos podem ser modificados de forma a se tornarem válidos como entrada. Dados que possuem formato em texto devem ser convertidos em valores numéricos. Esse passo é importante pois caso contrário, o modelo aprenderá padrões ruins e produzirá resultados errados. Após a limpeza, dos 590 dados originais, 524 dados válidos foram obtidos.

Das 35 perguntas feitas no formulário, apenas as 11 abaixo foram utilizadas para criação do modelo:

1. Sexo
2. Altura
3. Peso
4. Envergadura
5. A quanto tempo escala
6. Lugar que pratica escalada
7. Graduação mais difícil já escalada
8. Graduação mais difícil que foi escalada ultimamente
9. Quantas vezes escala por semana
10. Média de horas de escalada por semana
11. Qual graduação mais difícil a pessoa se sente a vontade de fazer com uma grande chance de sucesso.

O objetivo do modelo é utilizar os dez primeiros dados acima para tentar fazer uma predição a respeito do décimo primeiro dado: “Qual graduação mais difícil a pessoa se sente à vontade de fazer com uma grande chance de sucesso?”.

### **3- Divisão dos dados em Training e Test.**

Os dados de entrada precisam ser divididos em duas partes: Uma parte para treinar o modelo e a outra para testá-lo de forma a ter certeza que o modelo produzirá o resultado certo.

**Exemplo:** Se você tem 1000 imagens de gatos e cachorros, podemos reservar 80% das imagens para treinar o modelo e 20% para testar.

### **4- Criação do Modelo.**

Envolve selecionar um algoritmo para analisar os dados.

Existem muitos algoritmos de machine learning, cada um possui prós e contras em termos de precisão e performance. O algoritmo escolhido depende do problema a ser solucionado e os dados de entrada. O algoritmo escolhido foi o **DecisionTreeClassifier[19]**.

### **5- Treinamento do Modelo.**

Para treinar o modelo, é necessário entrar com os dados de Training. Dessa forma, o modelo irá procurar por padrões nos dados.

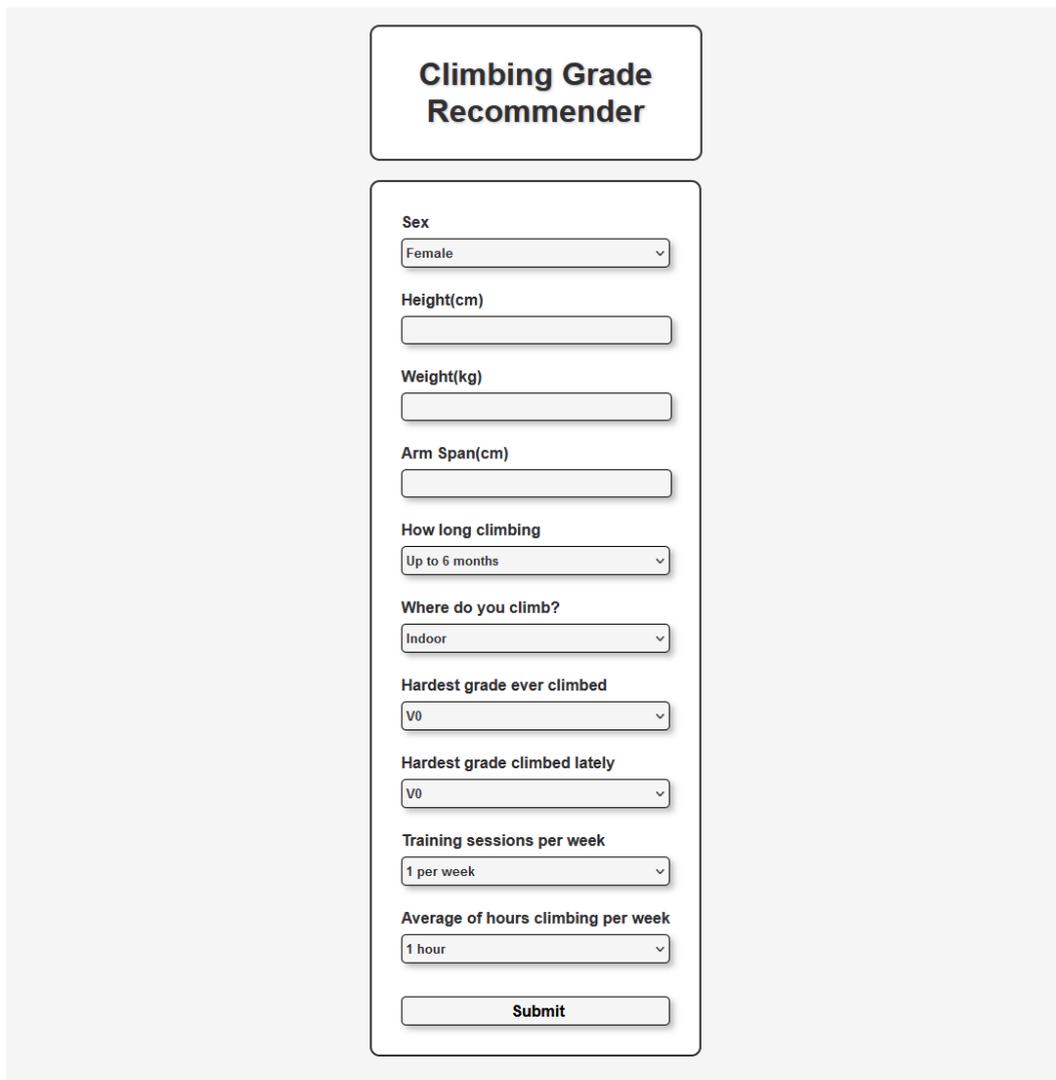
### **6- Fazer Predições.**

Ao entrar com uma sequência de dados válida, o modelo vai fazer uma predição, essa predição não é sempre precisa, principalmente nas primeiras iterações do modelo.

### 3.8.2 Criando um aplicativo WEB para o modelo

A partir desse modelo, foi feita uma pesquisa sobre o framework **Flask[20]**, que possibilita a criação de aplicativos WEB utilizando Python.

Foi criado um formulário em **HTML[21]** e **CSS[22]** com 10 perguntas importantes sobre o escalador, que ao serem respondidas, são enviadas para o modelo de machine learning, que por sua vez, faz uma recomendação da graduação que esse escalador poderia escalar de acordo com as respostas dadas.

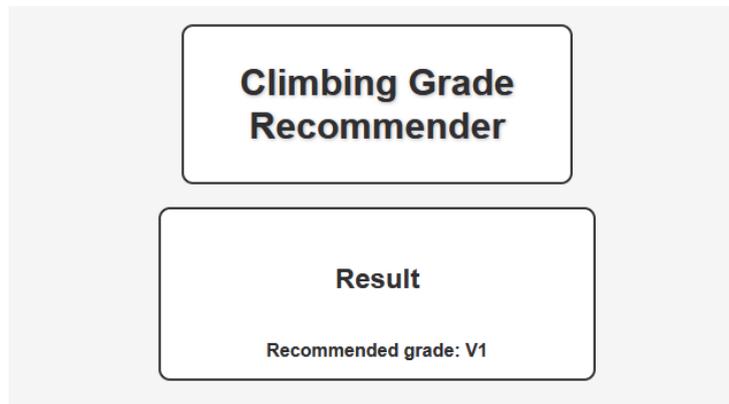


The image shows a web form titled "Climbing Grade Recommender". The form is contained within a rounded rectangular box. It features the following fields and options:

- Sex:** A dropdown menu with "Female" selected.
- Height(cm):** A text input field.
- Weight(kg):** A text input field.
- Arm Span(cm):** A text input field.
- How long climbing:** A dropdown menu with "Up to 6 months" selected.
- Where do you climb?:** A dropdown menu with "Indoor" selected.
- Hardest grade ever climbed:** A dropdown menu with "V0" selected.
- Hardest grade climbed lately:** A dropdown menu with "V0" selected.
- Training sessions per week:** A dropdown menu with "1 per week" selected.
- Average of hours climbing per week:** A dropdown menu with "1 hour" selected.
- Submit:** A button at the bottom of the form.

**Figure 3.8.2:** Formulário criado para obter os dados do escalador

O formulário criado pede essas informações da pessoa que pratica escalada, e faz o input dela no modelo gerado, que devolve a predição em uma outra página simples.



*Figure 3.8.3: Resultado fornecido pelo modelo de machine learning*

### **3.8.3 Hospedagem do aplicativo**

A hospedagem do aplicativo foi feita utilizando uma plataforma chamada **Heroku**[23], onde é possível fazer o deploy do aplicativo gratuitamente a partir do **Github**[24].

**O link abaixo contém o aplicativo desenvolvido:**

<https://climbing-grade-recommender.herokuapp.com/>

# Capítulo 4

## Resultados

Essa monografia tem como objetivo desenvolver um produto utilizando o MPV já citado e disponibilizar um recomendador de graduação de escalada de forma a tornar o produto mais atraente.

### **Pesquisa sobre modelos já existentes:**

Uma pesquisa sobre os modelos de sistemas de LEDs já existentes foi feita de forma a registrar os valores de cada um dos sistemas para auxiliar a definição de um valor para o produto final deste projeto.

### **Pesquisa sobre valores e fornecedores de peças e componentes físicos**

As peças físicas necessárias e seus valores foram anotados para estimar um custo mínimo de implementação do produto. A pesquisa foi feita com revendedores no Brasil e fornecedores diretos na China.

### **Pesquisa sobre academias de escalada no Brasil**

Com o objetivo de entender melhor sobre o público alvo para o produto, foi feita uma pesquisa para saber aproximadamente quantas academias de escalada existem no Brasil.

### **Proposta de um modelo Canvas de negócio**

Um canvas de negócio foi proposto visando desenvolver e esboçar o produto do atual projeto.

### **Pesquisa sobre Machine Learning**

De forma a implementar o aplicativo, foi necessário aprender sobre o básico da área, limpeza de dados, training, test e demais passos até ser possível gerar um modelo.

### **Pesquisa sobre a plataforma Flask e Heroku**

Para fazer um aplicativo e disponibilizá-lo online, foi necessário aprender sobre as plataformas Flask e Heroku

# Capítulo 5

## Conclusão

Os principais desafios enfrentados durante a implementação deste projeto incluem o domínio de diversas tecnologias, como dispositivos de comunicação bluetooth, eletrônica básica, instalação física do projeto, assim como a criação de interfaces gráficas para usuários. O recomendador de graduação envolveu desafios como a organização dos dados, assim como o aprendizado de novas plataformas e o próprio Machine Learning.

No entanto, o resultado se mostrou funcional e recompensador, proporcionando um grande aprendizado acerca de múltiplas tecnologias e áreas de conhecimento complementares à Ciência da Computação a partir do desenvolvimento de uma proposta para melhor aproveitamento da área útil de uma academia de escalada indoor, o aprimoramento no aspecto de interação do ponto de vista do cliente e uma alternativa de sistema de LED financeiramente mais viável comparada com as soluções já existentes.

Contudo, o projeto ainda pode ser melhorado a fim de oferecer ainda mais funcionalidades capazes de tornar o esporte ainda mais divertido para o usuário. Para tornar o produto final mais útil e desejável, seria importante a implementação do aplicativo em ambas as plataformas mobile mais usadas (Android e IOS), de forma que o usuário conseguisse criar um perfil pessoal com histórico das atividades realizadas no sistema de LED. Além disso, seria interessante criar novas modalidades de escalada que envolvessem regras baseadas na cor dos LEDs, cronômetro, e muitas outras possibilidades plausíveis e divertidas.

Em relação ao recomendador, o projeto ainda pode ser melhorado a fim de oferecer mais precisão e consistência na predição feita pelo modelo. Outros algoritmos diferentes do DecisionTreeClassifier podem ser utilizados de forma obter melhores resultados. Outra possibilidade é obter mais entradas além das 524 usadas, de forma a auxiliar o algoritmo a encontrar um padrão mais preciso para gerar o modelo de Machine Learning.

# Referências Bibliográficas

- [1] *TheAspenTimes*.  
<https://www.aspentimes.com/magazines/aspens-times-weekly/popularity-of-climbing-indoors-is-on-rise-might-be-time-to-get-back-in-the-harness/>
- [2] Routesetting. <https://www.climbingbusinessjournal.com/9-routesetting-essentials/>
- [3] Google My Business. <https://www.google.com/business/>
- [4] Moonboard. <https://www.moonboard.com/>
- [5] Tension Board. <https://www.tensionclimbing.com/product/tension-board-sets/>
- [6] Kilter Board. <https://settercloset.com/pages/the-kilter-board>
- [7] SPI.h. <https://www.arduino.cc/en/reference/SPI>
- [8] SD.h <https://www.arduino.cc/en/reference/SD>
- [9] FastLED.h <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/fastled/>
- [10] Kotlin. <https://kotlinlang.org/>
- [11] BluetoothAdapter  
<https://developer.android.com/reference/kotlin/android/bluetooth/BluetoothAdapter>
- [12] BluetoothDevice.  
<https://developer.android.com/reference/kotlin/android/bluetooth/BluetoothDevice>
- [13] Machine Learning [https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_Learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_Learning)
- [14] Reddit  
[https://www.reddit.com/r/climbharder/comments/6693ua/climbharder\\_survey\\_results/](https://www.reddit.com/r/climbharder/comments/6693ua/climbharder_survey_results/)
- [15] Pesquisa  
<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpOLSciYaa2iX79npcnPBltM7kx4EMS317jpLjTzopgogQBmfnoDQ/viewform>
- [16] Base de dados  
[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1J6d45EqIIIsIqNdi2X-Zl-EGFxf9d9T3R\\_W55xrpEAs/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1J6d45EqIIIsIqNdi2X-Zl-EGFxf9d9T3R_W55xrpEAs/edit?usp=sharing)
- [17] Python. <https://www.python.org/>
- [18] Jupyter Notebook <https://jupyter.org/>
- [19] DecisionTreeClassifier  
<https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.tree.DecisionTreeClassifier.html>
- [20] Flask. <https://flask.palletsprojects.com/en/2.0.x/>
- [21] HTML <https://pt.wikipedia.org/wiki/HTML>
- [22] CSS [https://pt.wikipedia.org/wiki/Cascading\\_Style\\_Sheets](https://pt.wikipedia.org/wiki/Cascading_Style_Sheets)
- [23] Heroku <https://www.heroku.com/>
- [24] GitHub. <https://github.com/>