

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**KLEITON LINNEKER BARBOSA PINHEIRO**

**FOGUETEC: PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE UM BRINQUEDO LÚDICO  
PARA ENSINO DE ELETRÔNICA E CIRCUITOS DIGITAIS.**

SÃO LUÍS - MA  
2025

**KLEITON LINNEKER BARBOSA PINHEIRO**

**FOGUETEC: PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE UM BRINQUEDO LÚDICO  
PARA ENSINO DE ELETRÔNICA E CIRCUITOS DIGITAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Me. Marcio Mendes Cerqueira

SÃO LUÍS - MA  
2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Pinheiro, Kleiton Linneker Barbosa.

Foguetec: proposta de desenvolvimento de um brinquedo lúdico para ensino de eletrônica e circuitos digitais / Kleiton Linneker Barbosa Pinheiro. - 2025.

52 f.

Orientador(a): Marcio Mendes Cerqueira.

Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2025.

1. Brinquedo Lúdico. 2. Foguete. 3. Circuitos Digitais. 4. Portas Lógicas. 5. Aprendizado Interativo.  
I. Cerqueira, Marcio Mendes. II. Título.

**KLEITON LINNEKER BARBOSA PINHEIRO**

**FOGUETEC: PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE UM BRINQUEDO LÚDICO  
PARA ENSINO DE ELETRÔNICA E CIRCUITOS DIGITAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Aprovação em: / /

---

ORIENTADOR

---

1º EXAMINADOR

---

2º EXAMINADOR

Dedico este trabalho a Deus, por me conceder saúde, força e a oportunidade de superar os desafios da minha jornada acadêmica. A Ele, toda honra e glória. Também dedicado à memória do colega de turma Kelvin Rodrigues Ribeiro, que teve sua trajetória interrompida tragicamente, mas cuja lembrança seguirá viva entre nós.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, minha eterna gratidão por ter me dado força, saúde e coragem para superar os desafios mais difíceis da minha jornada. Durante a graduação, enfrentei um grave problema de saúde e cheguei a ficar na UTI, mas foi Sua graça que me sustentou e permitiu que eu chegasse até aqui. Sou imensamente grato por cada oportunidade, cada aprendizado e, principalmente, pela vida.

Ao professor orientador, Me. Marcio Mendes Cerqueira, agradeço por ter contribuído com ideias fundamentais para este projeto, pela paciência, atenção e por tornar este trabalho possível, mesmo conciliando suas atividades docentes com os desafios do doutorado.

À minha mãe, Cleitiany Barbosa, por toda a luta para garantir a minha educação e sempre me dar o suporte necessário aos estudos. Ao meu pai, Liciel Pinheiro, que me trouxe ao mundo, mas não pôde estar vivo para ver até onde seu filho conseguiu chegar. Aos meus irmãos Esther, Davi e Isaque, ao meu padrasto Gilsiberg, à minha avó Maria e à minha grande amiga Renilde, conhecida carinhosamente como Rainha, por estarem sempre apoiando e incentivando minha caminhada acadêmica.

À minha esposa, Denyse Pinheiro, minha companheira dentro e fora da UFMA, que esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis da graduação, sempre me oferecendo apoio, incentivo e cuidado inestimável.

E, por fim, à minha tão amada Universidade Federal do Maranhão (UFMA), instituição da qual tenho imenso orgulho de fazer parte como discente.

*“Tudo posso naquele que me fortalece.”  
(Filipenses 4:13)*

## RESUMO

O ensino de eletrônica e circuitos digitais pode ser desafiador para crianças devido à abstração dos conceitos teóricos. Diante disso, este trabalho apresenta a proposta de desenvolvimento do Foguetec, um brinquedo projetado para introduzir noções de eletrônica digital de forma lúdica e interativa. O brinquedo consiste em um quebra-cabeça 3D que, ao ser montado corretamente, acende LEDs e ativa um sistema de contagem regressiva utilizando *flip-flops* J-K e portas lógicas, simulando o lançamento de um foguete. Para validar a proposta, foi desenvolvido um protótipo eletrônico em *protoboard*, permitindo testar o funcionamento dos circuitos. A metodologia incluiu pesquisa sobre brinquedos educacionais similares, projeto de circuito eletrônico, simulação no *software* Tinkercad e testes práticos com componentes físicos. Como resultado, foi possível demonstrar a previsão do projeto e seu potencial como ferramenta didática. O Foguetec diferencia-se de brinquedos existentes por integrar montagem física, circuitos digitais e gamificação, proporcionando um aprendizado interativo e integrado ao contexto tecnológico do Maranhão, onde está localizado o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA).

Palavras-chave: foguetec; brinquedo lúdico; foguete; leds; circuitos digitais; portas lógicas; aprendizado interativo; eletrônica; educação tecnológica.

## **ABSTRACT**

Teaching electronics and digital circuits can be challenging for children due to the abstraction of theoretical concepts. In this context, this work presents the development proposal of Foguetec, a toy designed to introduce digital electronics concepts in a playful and interactive way. The toy consists of a 3D puzzle that, when correctly assembled, lights up LEDs and activates a countdown system using J-K flip-flops and logic gates, simulating a rocket launch. To validate the proposal, an electronic prototype was developed on a protoboard, allowing the circuit's functionality to be tested. The methodology included research on similar educational toys, electronic circuit design, simulation using Tinkercad software, and practical tests with physical components. As a result, it was possible to demonstrate the feasibility of the project and its potential as a didactic tool. Foguetec stands out from existing toys by integrating physical assembly, digital circuits, and gamification, providing an interactive learning experience while being contextually aligned with the technological landscape of Maranhão, home to the Alcântara Launch Center (CLA).

**Keywords:** foguetec; educational toy; rocket; LEDs; digital circuits; logic gates; interactive learning; electronics; technological education.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Tabela-verdade para a operação AND e símbolo da porta AND.....	21
<b>Figura 2</b> – Tabela-verdade para a operação OR e símbolo da porta OR. ....	22
<b>Figura 3</b> – <i>Flip-flop</i> J-K que responde às bordas positivas do <i>clock</i> .....	22
<b>Figura 4</b> – Ilustração de um par de peças do Foguetec .....	28
<b>Figura 5</b> – Implementação de par de peças na simulação. ....	29
<b>Figura 6</b> – Implementação de par de peças na simulação com primeira chave fechada. ....	29
<b>Figura 7</b> – Implementação de par de peças na simulação com as duas chaves fechadas.....	30
<b>Figura 8</b> – Implementação de par de peças na simulação com segunda chave fechada. ....	30
<b>Figura 9</b> – Implementação de 04 peças na simulação. ....	31
<b>Figura 10</b> – Esquema das ligações entre os <i>flip-flops</i> . ....	33
<b>Figura 11</b> – Implementação de contagem regressiva no simulador. ....	33
<b>Figura 12</b> – <i>Displays</i> do contador exibindo a contagem no número 10.....	34
<b>Figura 13</b> – <i>Displays</i> do contador exibindo a contagem no número 9.....	34
<b>Figura 14</b> – <i>Displays</i> do contador exibindo a contagem no número 0.....	34
<b>Figura 15</b> – Implementação de transistor TBJ do tipo NPN para atuar como chave eletrônica.....	35
<b>Figura 16</b> – Simulação completa do circuito eletrônico do Foguetec.....	35
<b>Figura 17</b> – Implementação de um circuito de <i>timer</i> .....	36
<b>Figura 18</b> – Simulação do circuito eletrônico do Foguetec com um circuito de <i>timer</i> . .....	36
<b>Figura 19</b> – Circuito eletrônico do Foguetec montado em <i>protoboard</i> .....	37
<b>Figura 20</b> – Circuito eletrônico do Foguetec montado em <i>protoboard</i> .....	38
<b>Figura 21</b> – Circuito eletrônico do Foguetec montado em <i>protoboard</i> .....	38

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** – Configuração das portas J e K para realizar mudanças de estado.....23
- Quadro 2** – Associação dos valores das saídas no tempo n e n+1 nos *flip-flops*.....32
- Quadro 3** – Expressões booleanas para as entradas J e K dos *flip-flops*. .....32

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	Justificativa .....	15
1.2	Objetivo Geral .....	16
1.3	Objetivos Específicos.....	16
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1	Aprendizado Lúdico e Tecnologia Educacional .....	17
2.2	Brinquedos Educativos e Ensino de Eletrônica .....	17
2.3	Projetos Similares e Diferenciais do Foguetec .....	18
2.4	Circuitos Digitais .....	20
2.4.1	Conceito de Circuitos Digitais .....	21
2.4.2	Portas Lógicas .....	21
2.4.3	<i>Flip-Flops</i> e Contadores Síncronos .....	22
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>24</b>
3.1	Tipo de Pesquisa .....	24
3.2	Desenvolvimento do Protótipo Eletrônico .....	24
3.2.1	Pesquisa e Levantamento de Requisitos.....	24
3.2.2	Escolha dos Componentes .....	25
3.2.3	Projeto do Circuito Eletrônico .....	25
3.2.4	Desenvolvimento do Protótipo .....	26
3.2.5	Testes e Validação .....	26
3.2.6	Documentação Técnica .....	26
3.3	Materiais e Ferramentas.....	27
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
4.1	Simulações e Testes Iniciais .....	28
4.2	Protótipo Eletrônico e Testes Práticos .....	37
4.3	Análise dos Resultados .....	38
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>41</b>
	<b>APÊNDICE A – Cálculos das expressões booleanas para as entradas J e K dos <i>flip-flops</i></b> .....	<b>44</b>

<b>APÊNDICE B – Diagrama esquemático do circuito eletrônico do Foguetec.....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICE C – Diagrama esquemático do circuito eletrônico do Foguetec com agregação de <i>timer</i>.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino de eletrônica e circuitos digitais para crianças e jovens tem se tornado cada vez mais relevante em um mundo impulsionado pela tecnologia. A necessidade de introduzir conceitos fundamentais de eletrônica de forma lúdica e interativa se destaca como uma estratégia eficaz para estimular o interesse e o desenvolvimento de habilidades relacionadas à educação STEM, que segundo Medeiros, Lopes e Dávila (2023), é a integração entre Ciência (*Science*), Tecnologia (*Technology*), Engenharia (*Engineering*) e Matemática (*Mathematics*).

Neste contexto, surge o Foguetec, um brinquedo educativo baseado na montagem de um foguete tridimensional (3D) que incorpora circuitos digitais e utiliza portas lógicas para o acionamento de LEDs. Durante a montagem, cada encaixe correto de uma peça do foguete aciona um circuito que acende os LEDs, proporcionando um *feedback* visual imediato e incentivando o raciocínio lógico. Quando todas as peças estão corretamente posicionadas, o brinquedo desencadeia uma contagem regressiva de 10 até 0, como ocorre nos foguetes reais (Granath, 2024), tornando a experiência ainda mais imersiva e emocionante.

O foguete foi escolhido como tema do brinquedo devido à localização de nossa universidade no estado do Maranhão, onde está abrigado o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), que segundo Leão (2019), é um dos mais avançados centros espaciais do mundo. Dessa forma, a escolha do foguete não apenas reforça a identidade regional, mas também busca despertar o interesse das crianças pela exploração espacial e pelas ciências, conectando a educação lúdica à realidade tecnológica e científica presente no estado.

A proposta pedagógica do Foguetec está fundamentada na aprendizagem baseada em projetos, incentivando a experimentação e a solução de problemas de forma ativa. Com isso, as crianças podem compreender conceitos fundamentais da eletrônica, como o funcionamento de circuitos, a interação entre componentes e os princípios das portas lógicas OR e AND. O contato com esses conceitos de forma prática e intuitiva contribui para o desenvolvimento cognitivo, a coordenação motora e o pensamento analítico dos participantes.

Este trabalho tem como foco principal descrever o início do desenvolvimento do Foguetec, apresentando sua concepção, os fundamentos teóricos sobre circuitos

digitais e portas lógicas, os processos de desenvolvimento do circuito eletrônico do brinquedo em uma *proto-board*, bem como as próximas etapas a serem executadas. Espera-se que este estudo contribua para a disseminação do ensino de eletrônica de forma acessível e estimulante, incentivando a formação de futuras gerações de cientistas e engenheiros.

### 1.1 Justificativa

A necessidade de ensinar conceitos de eletrônica e circuitos digitais de forma prática e divertida surge com o crescente interesse por tecnologias e inovações no mundo atual. O aprendizado prático, por meio da experimentação e da interatividade, tem se mostrado uma abordagem eficaz na fixação de conceitos complexos, especialmente no campo das ciências exatas e tecnológicas. No entanto, grande parte dos métodos tradicionais de ensino ainda é baseada na teoria, o que pode dificultar a assimilação e o interesse dos estudantes. “O desenvolvimento de competências e habilidades ligadas à tecnologia é fator de relevância para combater o desinteresse escolar” (GOULART, 2022).

O Foguetec traz uma proposta educativa ao unir um quebra-cabeça 3D em formato de foguete com circuitos eletrônicos funcionais, permitindo que os usuários compreendam na prática conceitos fundamentais da eletrônica digital, como portas lógicas e acionamento de LEDs. Essa abordagem torna o aprendizado mais intuitivo e instigante, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio lógico.

Além disso, com o crescente incentivo à educação STEM, é fundamental que novos métodos de ensino sejam implementados para estimular o interesse dos alunos por essas áreas. O Foguetec não apenas oferece um brinquedo educativo, mas também serve como uma ferramenta pedagógica que pode ser aplicada em diferentes contextos educacionais, desde escolas até atividades extracurriculares.

Dessa forma, a justificativa para o desenvolvimento deste projeto está na necessidade de criar um recurso didático que alie diversão e conhecimento, preparando as novas gerações para um mundo cada vez mais tecnológico e digital e que sirva como um modelo para futuras abordagens educacionais baseadas em tecnologia interativa.

## 1.2 Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é desenvolver um protótipo eletrônico do brinquedo educativo Foguetec, implementado em *protoboard*, como proposta para o ensino de eletrônica digital e circuitos lógicos, visando proporcionar uma abordagem interativa e prática no aprendizado de conceitos fundamentais.

## 1.3 Objetivos Específicos

Desenvolver e validar a lógica de funcionamento do sistema por meio de simulações digitais, garantindo a correta operação dos circuitos e a interação entre os componentes.

Projetar e implementar um circuito eletrônico funcional em *protoboard*, que se ativa à medida que as peças do foguete são montadas, iluminando LEDs de forma sequencial e que realize uma contagem regressiva quando todas as peças estiverem montadas.

Analisar a viabilidade do protótipo como ferramenta pedagógica, destacando sua aplicabilidade no ensino de eletrônica digital e lógica combinacional.

Elaborar a documentação técnica do projeto, incluindo diagramas esquemáticos e cálculos de transição de estados, com a finalidade de facilitar sua reprodução.

Explorar possibilidades de expansão do projeto, como a substituição ou adição de mais componentes eletrônicos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo tem como objetivo contextualizar a pesquisa, demonstrando o ensino de eletrônica por meio de atividades lúdicas e o que já foi desenvolvido na área de brinquedos educativos eletrônicos. Além disso, são abordados conceitos de eletrônica, circuitos digitais, portas lógicas e aprendizado lúdico, fornecendo subsídios para a compreensão dos princípios envolvidos no funcionamento do brinquedo.

### **2.1 Aprendizado Lúdico e Tecnologia Educacional**

O desenvolvimento de metodologias educacionais inovadoras tem sido amplamente abordado na literatura acadêmica brasileira. Segundo Fürstenau e Hoffmann (2024), para auxiliar na viabilização de uma experiência de aprendizagem mais efetiva na área de ciências, a utilização de recursos lúdicos é uma estratégia que tem o potencial de proporcionar sentimentos de alegria para docentes e discentes e estreitar os laços entre esses dois importantes atores do processo de ensino-aprendizagem. De acordo com Felício e Soares (2018), o lúdico seria todo processo divertido e prazeroso, que pelas suas características de liberdade e pela legalidade, permite o desenvolvimento de qualidades e valores nos educandos, propiciando que estes assumam a autoria do seu processo de desenvolvimento, por encontrar no professor um estimulador e encorajador de suas potencialidades.

Segundo Pugliese (2020), a educação STEM tem se tornado uma prioridade em muitos países, impulsionando a criação de metodologias inovadoras para o ensino de conceitos técnicos desde a infância. Dentro desse panorama, brinquedos educativos que integram eletrônica vêm se consolidando como ferramentas eficazes no processo de aprendizagem, pois estimulam a criatividade, a resolução de problemas e o pensamento lógico (Resnick, 2017).

### **2.2 Brinquedos Educativos e Ensino de Eletrônica**

Nos dias de hoje, os circuitos digitais passaram a ser utilizados em quase todas as áreas: computadores, automação, robôs, tecnologia e ciência médica, transportes, telecomunicações, entretenimento, exploração espacial, e assim por

diante (Tocci, Widmer e Moss, 2011). No entanto, seu ensino muitas vezes é restrito a níveis mais avançados de educação (Silva, 2011), dificultando o acesso de jovens e crianças a esses conceitos.

Segundo Lima e Abdalla (2021), o ensino de circuitos lógicos é frequentemente associado a uma atividade monótona e maçante. A utilização de portas lógicas em brinquedos educativos representa uma oportunidade valiosa para introduzir esses fundamentos de forma acessível e envolvente, fazendo com que crianças tenham um processo de desenvolvimento como também de interação por meio de uma educação voltada para o progresso e também para o mundo mais tecnológico e atrativo (Lima e Araújo, 2021). O Foguetec busca preencher essa lacuna ao oferecer um brinquedo que não apenas introduz circuitos digitais, mas também proporciona um contexto prático para a aplicação desses conceitos. Com a montagem progressiva do foguete e a ativação de LEDs por meio de portas lógicas, as crianças podem compreender de forma tangível como diferentes configurações eletrônicas influenciam o funcionamento do sistema.

Portas lógicas desempenham um papel crucial em uma variedade de dispositivos, desde o microcontrolador de um simples micro-ondas até os circuitos sofisticados de computadores supermodernos, com capacidade de processamento avançada (Pessôa, 2023). A introdução desses conceitos na infância pode contribuir para uma melhor compreensão da tecnologia e estimular o interesse por áreas como engenharia e ciência da computação.

### **2.3 Projetos Similares e Diferenciais do Foguetec**

Segundo Abreu, Uchoa e Martins (2020), os brinquedos educativos eletrônicos permitem que as crianças possam manifestar o seu entendimento, possibilitando o desenvolvimento da sua inteligência enquanto exploram conceitos como circuitos elétricos, sensores e lógica digital.

Para contextualizar o desenvolvimento do Foguetec, é essencial analisar brinquedos já existentes no mercado. Esses produtos compartilham características educacionais e tecnológicas que podem servir de referência para a concepção do protótipo. Entre eles, estão:

Robô RoPE: segundo informações disponíveis no site do Laboratório de Inovação Tecnológica na Educação (LITE) da Universidade do Vale do Itajaí

(UNIVALI), cujos são os desenvolvedores do brinquedo, o Robô Programável Educacional, é um brinquedo que possibilita as crianças a partir dos 3 anos a começarem a ter contato com o pensamento computacional. As crianças programam o RoPE por meio de botões coloridos em sua cabeça que representam as direções e a trajetória que o brinquedo deve seguir.

Robô Bee-Bot: segundo informações disponíveis no site da loja botnroll.com, o Bee-Bot é um robzinho desenhado para ser usado por crianças pequenas. Por ser “amigável” e fácil de operar, é uma excelente ferramenta para ensinar direcionalidade, sequenciamento, estimativa, solução de problemas ou simplesmente para se divertir.

ScratchJr: segundo informações disponíveis no site oficial da ferramenta, o ScratchJr é uma linguagem de programação introdutória que permite crianças de cinco a sete anos criarem suas próprias histórias interativas e jogos. As crianças ligam blocos gráficos de programação para fazer atores se moverem, pularem, dançarem e cantarem.

LEGO® Education: segundo informações disponíveis no site da Educacional Ecosistema de Tecnologia e Educação, este brinquedo consiste em blocos de construção de plástico com uma proposta pedagógica. Cada kit é acompanhado de planos de aula alinhados à Base Nacional Comum Curricular, com objetivos definidos de aprendizagem. As atividades são interdisciplinares e impulsionam a aprendizagem STEM.

Cubetto: segundo informações disponíveis no site da loja WSKITS, O Cubetto é um robô de madeira tátil e resistente, inspirado no LEGO® Turtle, alimentado por uma linguagem de programação lúdica. Sem tela e pronto para jogar, ele usa blocos de codificação, uma linguagem de codificação que você pode tocar e manipular como LEGO®. Cada bloco é uma ação.

3D Quebra-cabeça de madeira DIY: segundo informações disponíveis no site da loja Shopee, este brinquedo feito de madeira e componentes eletrônicos, se transforma em um barco de controle remoto ao ser montado, possuindo um motor para realizar sua propulsão. Seu diferencial perante outros brinquedos de controle remoto é a necessidade ser montado antes de ser utilizado, estimulando o aprendizado sobre transmissão de rádio, ação de engrenagem e princípio do motor.

Segundo Miguel (2023), brinquedos interativos são ferramentas que podem contribuir para que as crianças se aproximem dos princípios básicos da

programação. Durante a brincadeira, elas percebem que para comandar as ações que serão realizadas pelos objetos, ou personagens virtuais, precisam criar um conjunto de instruções.

Embora muitos desses produtos tenham foco na eletrônica básica e princípios de programação, poucos abordam diretamente o uso de portas lógicas e sua aplicação prática em projetos interativos. Sendo assim, os diferenciais do Foguetec perante os brinquedos analisados são:

**Integração entre eletrônica digital e montagem física:** diferente dos brinquedos que focam apenas na programação visual ou montagem mecânica, o Foguetec combina conceitos de eletrônica digital com a montagem física de um quebra-cabeça, proporcionando um aprendizado mais amplo e interdisciplinar.

**Aprendizado prático e tangível:** enquanto brinquedos como o RoPE, Bee-Bot e ScratchJr priorizam interfaces digitais e blocos de programação, o Foguetec exige interação manual direta com componentes eletrônicos reais, incentivando a experimentação e a compreensão prática de circuitos digitais.

**Conexão com o setor aeroespacial:** inspirado no CLA, o brinquedo introduz conceitos de exploração espacial, algo não abordado pelos demais brinquedos, tornando-se um diferencial temático e educativo.

**Montagem modular e interativa:** assim como o 3D Quebra-cabeça de madeira DIY, o Foguetec exige montagem antes do uso, mas se diferencia por integrar circuitos digitais ao quebra-cabeça, desafiando as crianças a entender tanto a estrutura física quanto o funcionamento eletrônico.

Com esses diferenciais, o Foguetec vai além do ensino de programação e lógica, oferecendo uma experiência completa que une eletrônica digital, pensamento computacional e raciocínio lógico, preparando as crianças para desafios técnicos de forma interativa e lúdica.

## 2.4 Circuitos Digitais

Os circuitos digitais são sistemas eletrônicos que processam informação de forma discreta, baseando-se na lógica binária (Tocci, Widmer e Moss, 2011). Eles são compostos por componentes como portas lógicas, *flip-flops*, registradores, contadores e multiplexadores, fundamentais para o funcionamento de dispositivos computacionais e eletrônicos modernos.

### 2.4.1 Conceito de Circuitos Digitais

Circuitos digitais operam com sinais binários, onde cada estado é representado por "0" (nível lógico baixo) ou "1" (nível lógico alto). Esses circuitos utilizam portas lógicas para manipular os sinais, permitindo a execução de operações lógicas e matemáticas. Eles podem ser classificados em circuitos combinacionais e circuitos sequenciais (Floyd, 2015).

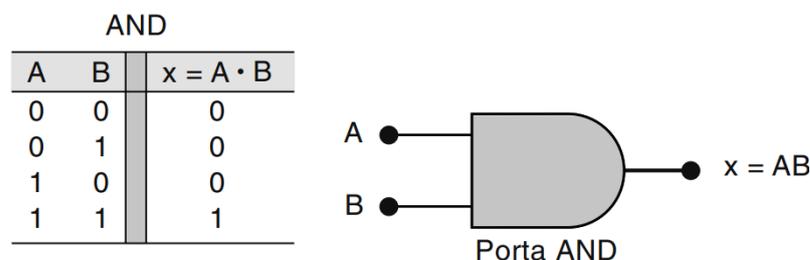
Nos circuitos combinacionais, o estado de saída depende apenas das entradas atuais. Exemplos incluem portas lógicas, multiplexadores e decodificadores. Nos circuitos sequenciais, o estado de saída depende das entradas atuais e do histórico de entradas anteriores. Exemplos incluem registradores, *flip-flops* e contadores.

### 2.4.2 Portas Lógicas

As portas lógicas são os blocos fundamentais dos circuitos digitais, pois executam as operações booleanas. As saídas das portas lógicas podem ser representadas através da tabela-verdade. Uma tabela-verdade é uma técnica para descrever como a saída de um circuito lógico depende dos níveis lógicos presentes nas entradas do circuito (Tocci, Widmer e Moss, 2011). Neste projeto são explorados os conceitos das portas AND e OR:

Porta AND: produz um sinal "1" apenas quando todas as entradas são "1". A expressão booleana para a operação AND é  $x = A \cdot B$ . A tabela-verdade e símbolo da porta AND estão ilustrados na Figura 1:

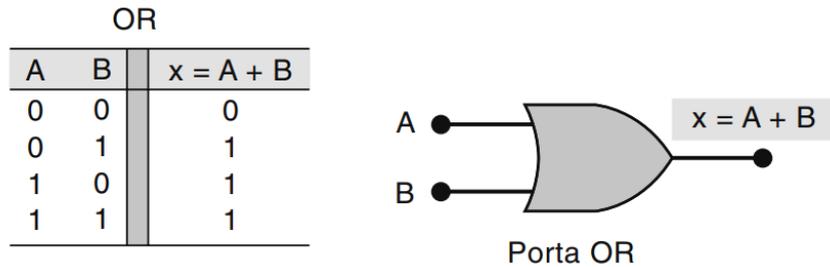
**Figura 1** – Tabela-verdade para a operação AND e símbolo da porta AND.



Fonte: (Tocci, Widmer e Moss, 2011)

Porta OR: produz um sinal "1" se pelo menos uma das entradas for "1". A expressão booleana para a operação OR é  $x = A + B$ . A tabela-verdade e símbolo da porta OR estão ilustrados na Figura 2:

**Figura 2** – Tabela-verdade para a operação OR e símbolo da porta OR.



Fonte: (Tocci, Widmer e Moss, 2011)

A combinação dessas portas permite a criação de circuitos lógicos complexos, amplamente utilizados na indústria eletrônica e computacional. O Foguetec tem como objetivo ensinar o conceito destas portas lógicas a partir da montagem sequencial das peças do brinquedo.

### 2.4.3 Flip-Flops e Contadores Síncronos

Os *flip-flops* são dispositivos de armazenamento que alteram seu estado em resposta a um sinal de *clock* (Mano e Kime, 2013). Dentre os tipos de *flip-flops*, existem os *flip-flops* J-K que alteram seu estado de acordo com a Figura 3:

**Figura 3** – *Flip-flop* J-K que responde às bordas positivas do *clock*.



Fonte: (Tocci, Widmer e Moss, 2011)

A partir das mudanças do estado “Q” elencadas na Figura 3, foi possível montar o Quadro 1 com a configuração das portas J e K para realizar cada mudança de estado possível.

**Quadro 1** – Configuração das portas J e K para realizar mudanças de estado.

<b>FLIP FLOP - JK (BORDA SUBIDA)</b>				
<b>CLK</b>	<b>Q<sub>n</sub></b>	<b>Q<sub>n+1</sub></b>	<b>J</b>	<b>K</b>
↑	0	0	0	x
↑	0	1	1	x
↑	1	0	x	1
↑	1	1	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os contadores síncronos são circuitos sequenciais amplamente utilizados na eletrônica digital para gerar sequências numéricas de forma controlada. Eles são compostos por *flip-flops* disparados simultaneamente (em paralelo) pelos pulsos de *clock* de entrada (Tocci, Widmer e Moss, 2011).

Para o desenvolvimento da contagem regressiva para “lançamento” do foguete, foi construído um contador síncrono composto por *flip-flops* J-K.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve a abordagem metodológica adotada para o desenvolvimento do protótipo eletrônico do Foguetec. Como este trabalho se concentra na validação da proposta por meio de um protótipo funcional em *proto-board*, são apresentados o tipo de pesquisa, desenvolvimento do protótipo eletrônico e materiais e ferramentas utilizados.

#### 3.1 Tipo de Pesquisa

Neste estudo foi adotada a pesquisa de natureza aplicada, pois busca gerar conhecimento voltado para a solução de um problema específico, no caso, o desenvolvimento de um brinquedo lúdico que auxilie no aprendizado de eletrônica e circuitos digitais.

Para o desenvolvimento do protótipo, foi utilizada uma abordagem experimental, focada na construção e avaliação de um protótipo eletrônico montado em *proto-board*. Não foi realizada a confecção das peças físicas do brinquedo, mas sim a implementação dos circuitos lógicos responsáveis pelo funcionamento interativo do sistema.

A pesquisa também envolve revisão bibliográfica sobre aprendizado lúdico, brinquedos educativos, ensino de eletrônica e análise comparativa com outros brinquedos educativos.

#### 3.2 Desenvolvimento do Protótipo Eletrônico

O processo de desenvolvimento foi dividido nas etapas de pesquisa e levantamento de requisitos, escolha dos componentes, projeto do circuito eletrônico, desenvolvimento do protótipo, testes e validação e documentação técnica:

##### 3.2.1 Pesquisa e Levantamento de Requisitos

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre circuitos digitais, aprendizado lúdico e brinquedos educativos. Esta fase envolveu a coleta de dados

sobre tipos de brinquedos educativos, circuitos lógicos aplicáveis e aspectos pedagógicos.

### 3.2.2 Escolha dos Componentes

Para garantir a viabilidade do protótipo, foram selecionados componentes eletrônicos de fácil acesso e compatíveis com a proposta educacional do projeto. Dentre os componentes utilizados, destacam-se:

- Interruptores DIP DPST (chaves): posicionados no circuito simulando as peças do brinquedo, chave aberta representa peça não encaixada e chave fechada representa peça encaixada no local correto;
- LEDs indicadores: posicionados no circuito simulando a resposta visual que seria obtida no brinquedo final;
- Portas lógicas: utilizadas para condicionar a ativação dos LEDs de acordo com a montagem das peças do brinquedo;
- *Displays* de 07 segmentos: utilizados para exibir a contagem regressiva para “lançamento” do foguete;
- *Flip-flops* J-K: escolhidos para a implementação do contador síncrono responsável pela contagem regressiva do lançamento do foguete.

### 3.2.3 Projeto do Circuito Eletrônico

A estrutura do circuito foi desenvolvida com base nos conceitos das portas lógicas AND e OR, permitindo que LEDs se acendam conforme a montagem do foguete. Utilizou-se o *software* de simulação, Tinkercad, para realizar a prototipagem virtual e testar a viabilidade do circuito antes da montagem física. A escolha do *software* Tinkercad se deu por ele possuir uma interface muito próxima da montagem real de um circuito eletrônico em uma *protoboard*, facilitando a implementação física do protótipo com base na simulação realizada. Além disso, o Tinkercad facilita a extração do diagrama esquemático e lista de componentes utilizados a partir do protótipo virtual.

O projeto do circuito eletrônico inclui as etapas a seguir:

- Não permitir que LEDs se acendam enquanto nenhuma peça estiver encaixada no local correto;

- Acender LEDs de cor verde de acordo com o conceito da Porta Lógica OR;
- Acender LEDs de cor azul de acordo com o conceito da Porta Lógica AND;
- Acender um LED de cor branca e realizar uma contagem regressiva de 10 até 0 para lançamento do foguete a partir da montagem correta de todas as peças do brinquedo (conceito de porta AND com múltiplas entradas). Para implementação da contagem regressiva deverá ser implementado um contador síncrono utilizando *flip-flops* J-K.

#### 3.2.4 Desenvolvimento do Protótipo

Nesta etapa, foram utilizados os componentes eletrônicos selecionados e agregados durante o processo de prototipagem virtual, tais como LEDs, resistores, chaves, circuitos integrados (CI) e fios de conexão. A montagem do protótipo ocorreu em *protoboard* para possibilitar testes e ajustes de maneira ágil.

#### 3.2.5 Testes e Validação

Os testes do protótipo foram conduzidos para verificar a funcionalidade do circuito e sua conformidade com os objetivos do projeto. Os testes foram realizados primeiramente no *software* de simulação para evitar a queima desnecessária de componentes eletrônicos e posteriormente foram realizados no protótipo físico. Durante os testes, foram observados aspectos como correta transição de estados do contador síncrono, ativação dos LEDs conforme a lógica definida e estabilidade do circuito montado em *protoboard*.

Os erros identificados foram corrigidos e melhorias detectadas foram implementadas.

#### 3.2.6 Documentação Técnica

Foi preparada uma documentação técnica detalhada para registrar as etapas do projeto. Essa documentação inclui esquemas dos circuitos, tabelas verdade associadas às portas lógicas utilizadas, esquema de ligação do contador síncrono com *flip-flops* J-K, além de diagrama de montagem em *protoboard*. Essa abordagem garante a reprodutibilidade do projeto e facilita futuras melhorias, possibilitando sua

evolução para versões mais avançadas, como a implementação em placa de circuito impresso (PCB).

A documentação técnica também servirá como um material complementar ao projeto, possibilitando que outros pesquisadores ou educadores utilizem o Foguetec como referência para o ensino de eletrônica e circuitos digitais.

### 3.3 Materiais e Ferramentas

Os materiais utilizados incluem:

- 01 Placa de ensaio (*protoboard*);
- Fios de conexão coloridos (*jumper*s);
- 02 Circuitos integrados 74HC08 - portas AND quádrupla;
- 02 Circuitos integrados 74HC32 - portas OR quádrupla;
- 01 Circuito integrado 74HC11 - portas AND de três entradas tripla;
- 01 Circuito integrado 74HC86 - porta XOR quádrupla;
- 02 Circuitos integrados 74HC73 - *flip-flop* J-K duplo;
- 01 Circuito integrado CD4511 - decodificador para *display* de sete segmentos;
- 04 Interruptores DIP DPST;
- 02 Botões;
- 01 Transistor TBJ do tipo NPN;
- 01 Fonte de energia CC;
- 07 Resistores 180  $\Omega$ ;
- 04 Resistores 120  $\Omega$ ;
- 09 Resistores 220  $\Omega$ ;
- 05 Resistores 10 k $\Omega$ ;
- 03 LEDs de cor azul;
- 03 LEDs de cor verde;
- 01 LED de cor branca;
- 02 *Displays* de sete segmentos catódicos.

## 4 RESULTADOS

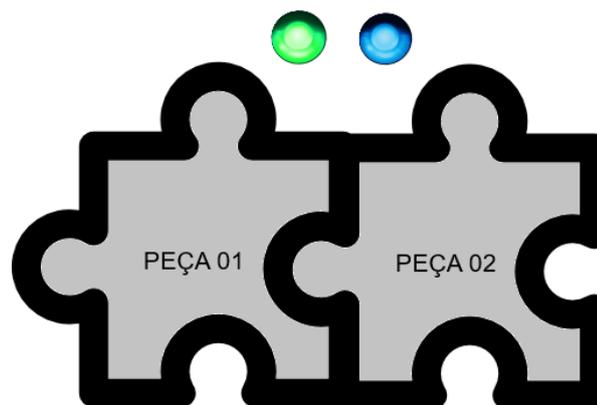
Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir do desenvolvimento do protótipo eletrônico do Foguetec, montado em uma *protoboard*. O objetivo dessa fase foi validar o funcionamento do circuito digital e demonstrar a viabilidade do projeto como um brinquedo educativo. Ainda não foi realizada a confecção das peças físicas do brinquedo nem sua montagem final, pois esta etapa será objeto de estudos futuros. O protótipo eletrônico serve, portanto, como uma proposta inicial para o desenvolvimento completo do Foguetec.

### 4.1 Simulações e Testes Iniciais

Para validar o funcionamento dos circuitos digitais que compõem o Foguetec, foram realizadas simulações utilizando o *software* Tinkercad. As simulações permitiram analisar o comportamento das portas lógicas, dos LEDs e contagem regressiva em diferentes configurações de montagem, garantindo que a lógica digital do brinquedo estivesse correta antes da implementação prática.

Conforme ilustrado na Figura 4, entre cada par de peças do Foguetec existe um par de LEDs, sendo um na cor verde e um na cor azul.

**Figura 4** – Ilustração de um par de peças do Foguetec.



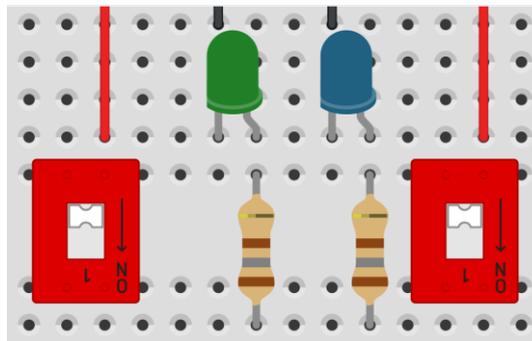
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O funcionamento básico do brinquedo consiste em cada vez que uma peça for montada no local correto, o LED de cor verde se acende, trazendo assim o conceito da porta lógica OR (basta apenas uma peça correta para que se acenda);

cada vez que um par de peças estiver montado no local correto, além do LED de cor verde que já deverá estar aceso após a colocação da primeira peça, o LED de cor azul se acende, trazendo assim o conceito da porta lógica AND (as duas peças devem estar corretas para que se acenda). Esta lógica de funcionamento estará distribuída por todos os pares de peças do brinquedo.

Desta forma, o primeiro passo da simulação foi implementar esta lógica para cada par de peças, conforme demonstrado na Figura 5. Foram utilizados interruptores DIP DPST para simular as peças, sendo que a chave aberta representa peça não encaixada e a chave fechada representa peça encaixada corretamente.

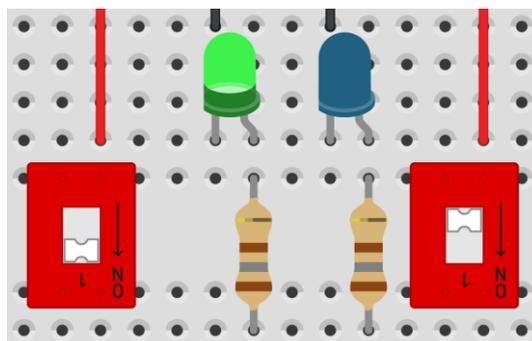
**Figura 5** – Implementação de par de peças na simulação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Ao fechar a primeira chave (encaixe da primeira peça), o LED verde se acende de acordo com o conceito da porta lógica OR, conforme demonstrado na Figura 6:

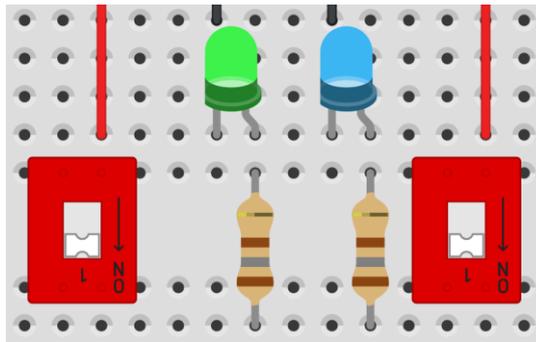
**Figura 6** – Implementação de par de peças na simulação com primeira chave fechada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Ao fechar a segunda chave (encaixe da segunda peça), o LED azul se acende de acordo com o conceito da porta lógica AND, conforme demonstrado na Figura 7:

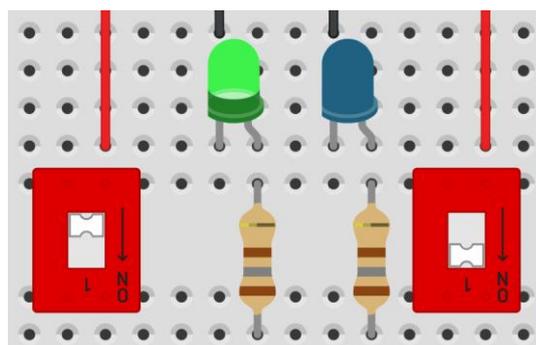
**Figura 7** – Implementação de par de peças na simulação com as duas chaves fechadas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Se a primeira chave for aberta (desencaixe da primeira peça) e a segunda chave continuar fechada (segunda peça encaixada), o LED azul apaga, mas o LED verde continua ligado por conta do conceito da porta lógica OR, conforme demonstrado na Figura 8:

**Figura 8** – Implementação de par de peças na simulação com segunda chave fechada.

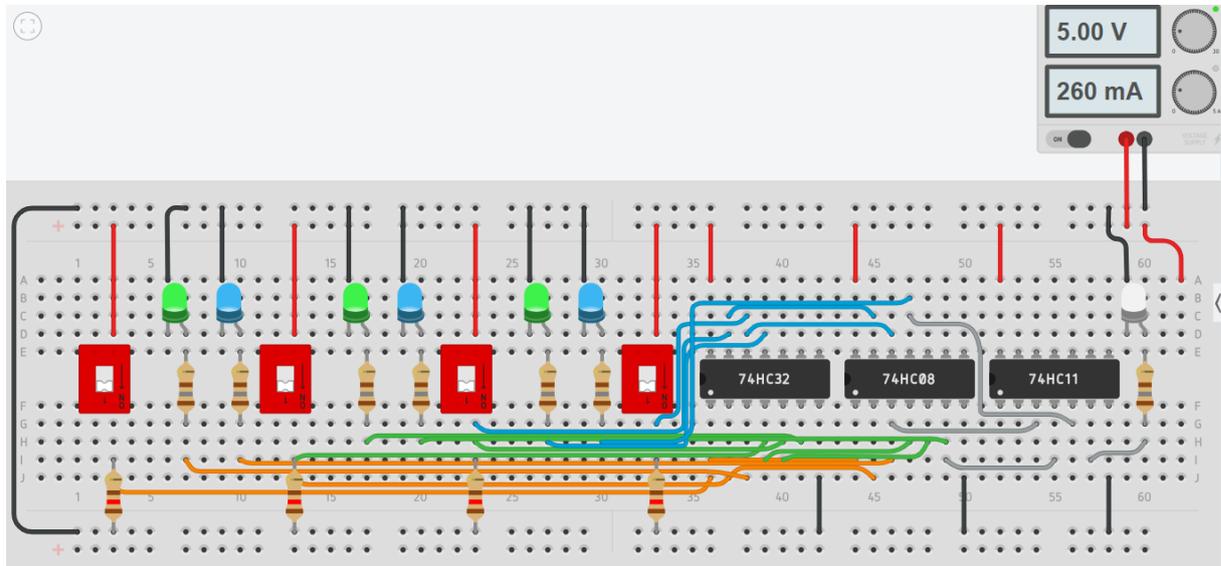


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após a implementação individual para o primeiro de par de peças, a simulação foi estendida para 04 peças, que podem ser agrupados em 03 pares, ilustrando o brinquedo completo. Além do funcionamento entre os pares de peças, o Foguetec deve acender um LED de cor branca quando todas as peças estiverem

encaixadas corretamente, conforme Figura 9, avisando o usuário que a montagem do brinquedo está completa.

**Figura 9** – Implementação de 04 peças na simulação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com a implementação da simulação da primeira etapa do circuito do Foguetec concluída, iniciou-se a simulação da segunda etapa. Após a montagem completa de todas as peças, além do acendimento do LED de cor branca, uma contagem regressiva iniciando em 10 e finalizando em 0, da mesma forma que ocorre com os foguetes reais, deve ser iniciada.

A implementação de uma contagem regressiva pode ser realizada utilizando circuitos integrados de contadores disponíveis no mercado, a partir da construção de contadores utilizando *flip-flops*, ou através de um microcontrolador programado para executar a contagem. Para esta etapa, buscou-se utilizar circuitos integrados mais básicos, uma vez que o laboratório de sistemas eletrônicos disponível para implementação da montagem do protótipo físico não dispõe de ampla variedade de circuitos integrados. Além disso, para que o Foguetec possa atingir sua proposta educativa, é necessário que ele tenha o menor custo possível, facilitando a aquisição para todos que desejem usá-lo. Utilizando circuitos integrados simples, o Foguetec atende a estes dois requisitos.

Desta forma, optou-se pelo uso de 04 *flip-flops* J-K para implementação de um contador síncrono para a contagem regressiva. Essa escolha foi feita para

permitir a implementação de um contador personalizado que inicie em 10 (1010<sub>2</sub>), finalize em 0 (0000<sub>2</sub>) e retorne para 10 (1010<sub>2</sub>), pois os circuitos integrados de contadores disponíveis no mercado possuem sequências de contagem pré-definidas de fábrica, geralmente iniciando em 15 (1111<sub>2</sub>) e finalizando em 0 (0000<sub>2</sub>). Para garantir a correta transição entre estados, foi elaborado o Quadro 2, que associa os valores das saídas no tempo  $n$  e  $n+1$ .

**Quadro 2** – Associação dos valores das saídas no tempo  $n$  e  $n+1$  nos *flip-flops*.

n				n+1				FF3		FF2		FF1		FF0	
Q3	Q2	Q1	Q0	Q3	Q2	Q1	Q0	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
1	0	1	0	1	0	0	1	x	0	0	x	x	1	1	x
1	0	0	1	1	0	0	0	x	0	0	x	0	x	x	1
1	0	0	0	0	1	1	1	x	1	1	x	1	x	1	x
0	1	1	1	0	1	1	0	0	x	x	0	x	0	x	1
0	1	1	0	0	1	0	1	0	x	x	0	x	1	1	x
0	1	0	1	0	1	0	0	0	x	x	0	0	x	x	1
0	1	0	0	0	0	1	1	0	x	x	1	1	x	1	x
0	0	1	1	0	0	1	0	0	x	0	x	x	0	x	1
0	0	1	0	0	0	0	1	0	x	0	x	x	1	1	x
0	0	0	1	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	x	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	x	0	x	0	x	x	1
0	0	0	0	1	0	1	0	1	x	0	x	1	x	0	x

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após associar os estados de saída, é possível escrever as expressões booleanas para as entradas J e K de cada um dos *flip-flops*, conforme elencados no Quadro 3. Os cálculos das expressões booleanas estão elencados no APÊNDICE A. Para um entendimento do desenvolvimento de Mapas de Karnaugh, recomenda-se a consulta aos livros de Tocci, Widmer e Moss (2011) e Floyd (2015), onde o tema é abordado de forma detalhada.

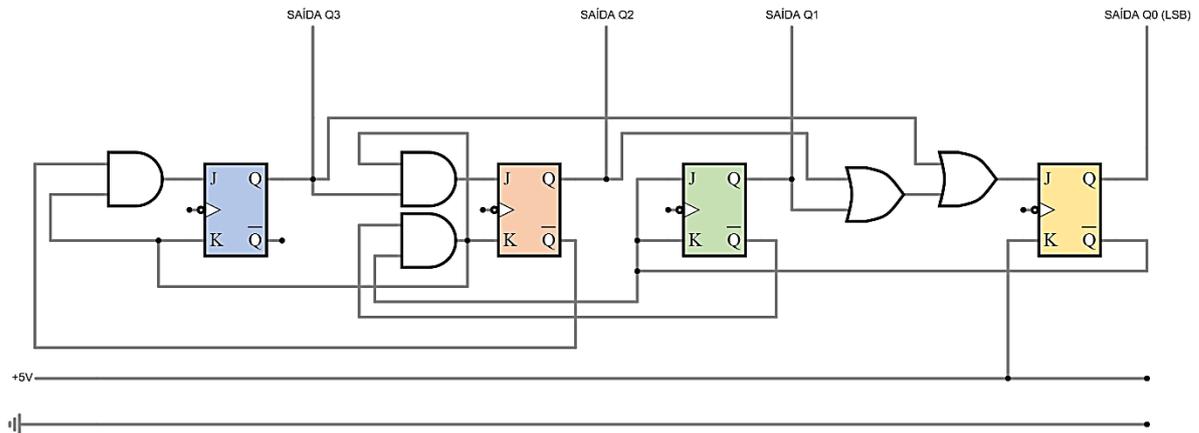
**Quadro 3** – Expressões booleanas para as entradas J e K dos *flip-flops*.

J3	$Q2' * Q1' * Q0'$
K3	$Q1' * Q0'$
J2	$Q3 * Q1' * Q0'$
K2	$Q1' * Q0'$
J1	$Q0'$
K1	$Q0'$
J0	$Q3 + Q2 + Q1$
K0	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A partir das expressões booleanas elencadas, foi montado o esquema das ligações entre os *flip-flops*, conforme Figura 10:

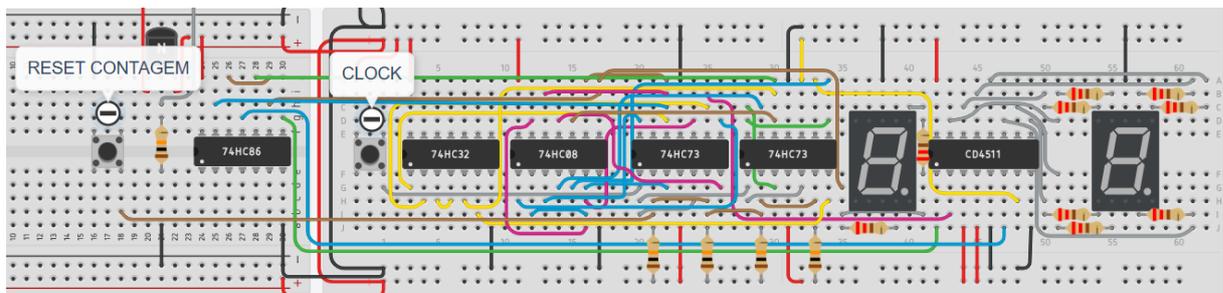
**Figura 10** – Esquema das ligações entre os *flip-flops*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

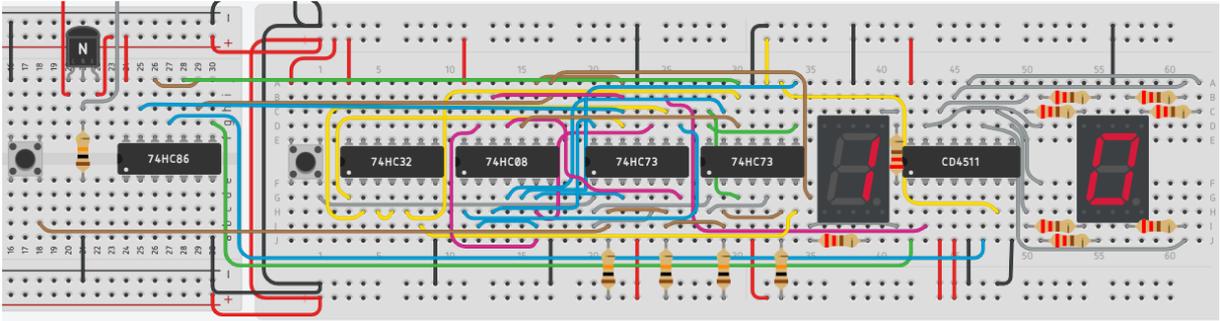
Com o esquema das ligações entre os *flip-flops* pronto, implementou-se a contagem regressiva no simulador, conforme as Figuras 11, 12, 13 e 14. Como contadores necessitam receber pulsos de *clock* para mudar de estado, implementou-se um botão de *clock*, onde o usuário irá pressioná-lo para que a contagem avance. Cada vez que o usuário pressiona o botão, a contagem decresce uma unidade. Desta forma o usuário poderá declarar em voz a contagem “dez, nove, oito, sete, ...” ao mesmo tempo que pressiona o botão. Além do botão de *clock*, também há um botão para que usuário possa reiniciar a contagem.

**Figura 11** – Implementação de contagem regressiva no simulador.



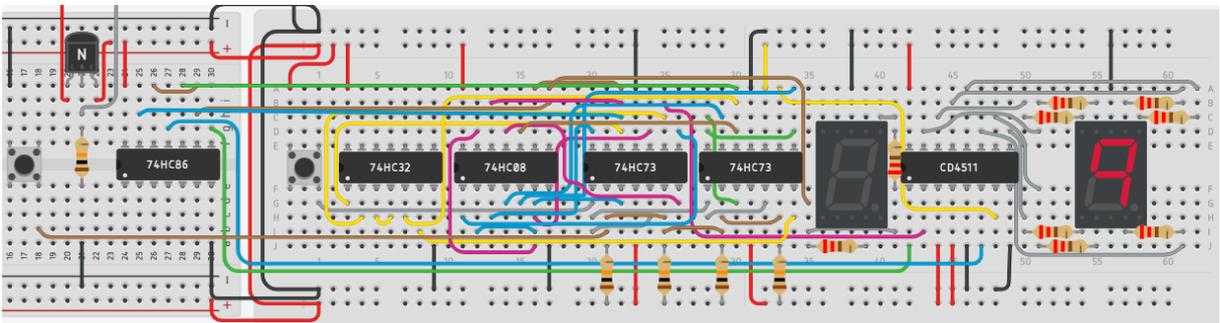
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

**Figura 12** – *Displays* do contador exibindo a contagem no número 10.



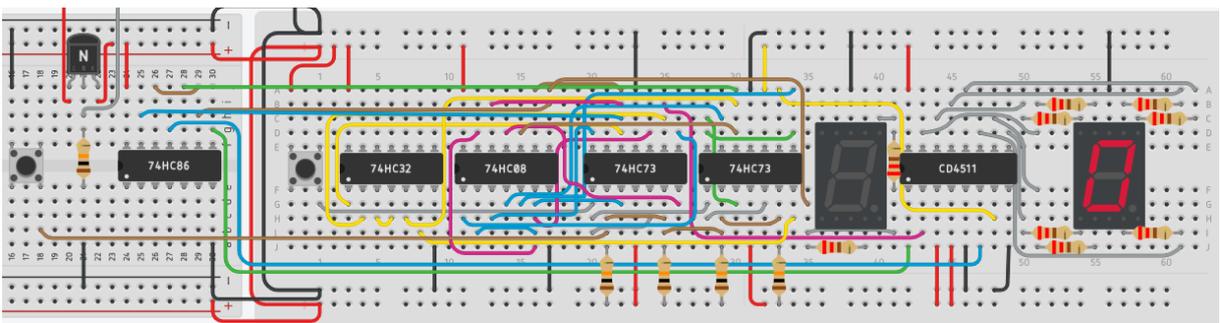
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

**Figura 13** – *Displays* do contador exibindo a contagem no número 9.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

**Figura 14** – *Displays* do contador exibindo a contagem no número 0.

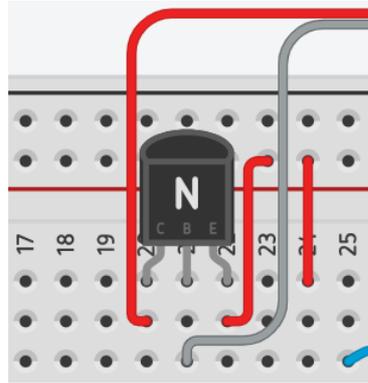


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Para garantir que o circuito da contagem regressiva seja ligado apenas quando ocorrer a montagem completa de todas as peças, foi colocado um transistor TBJ do tipo NPN na entrada da alimentação desta parte do circuito, conforme Figura 15. Este transistor que atua como uma chave eletrônica, recebe como sinal de controle (base) o mesmo sinal enviado para o LED de cor branca, fazendo com que

exista passagem de corrente elétrica apenas quando a condição de montagem completa for atendida.

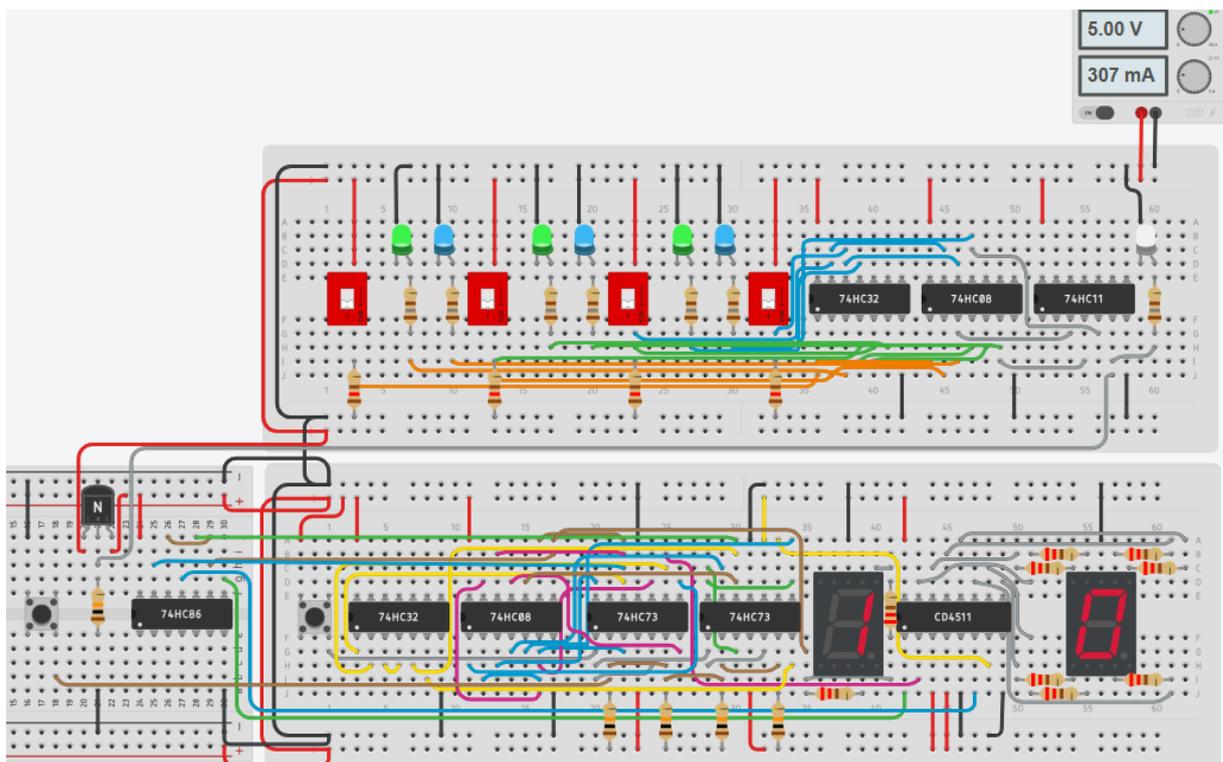
**Figura 15** – Implementação de transistor TBJ do tipo NPN para atuar como chave eletrônica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após a implementação de todas as etapas da simulação do Foguetec, temos o resultado da simulação ilustrado na Figura 16. O diagrama esquemático completo está catalogado no APÊNDICE B.

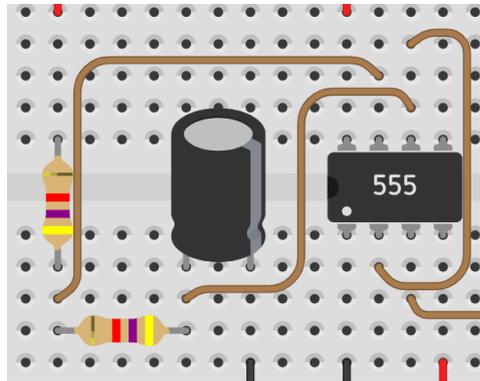
**Figura 16** – Simulação completa do circuito eletrônico do Foguetec.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

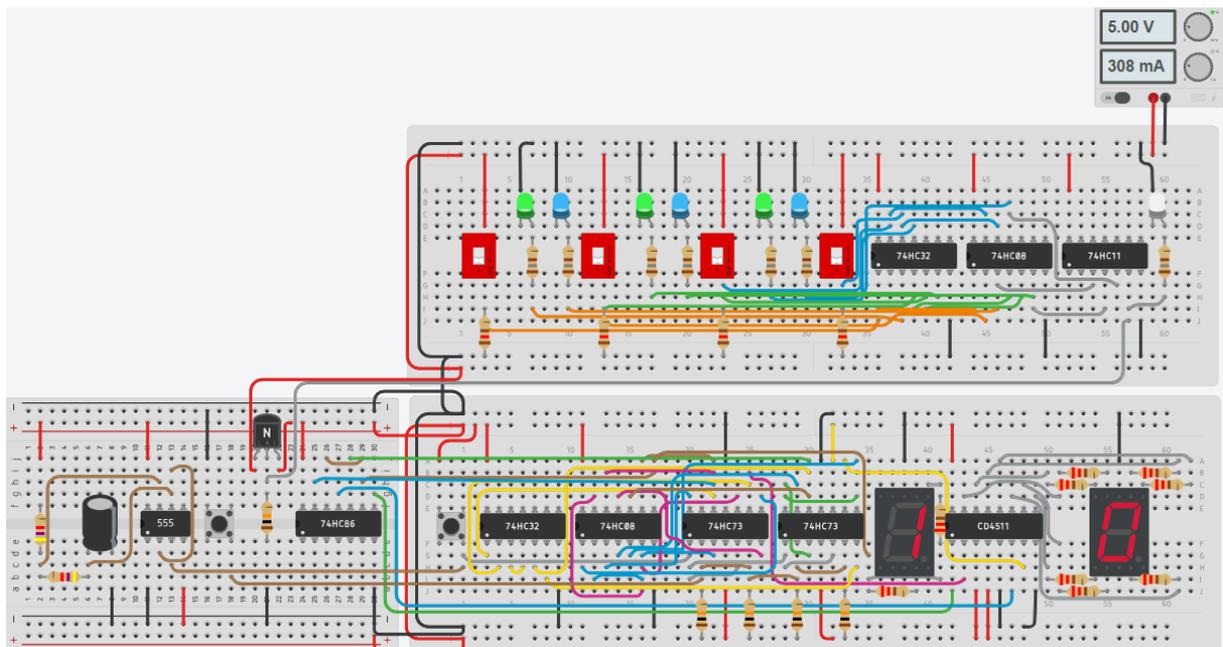
Com a implementação da simulação concluída, foi simulada uma outra versão do circuito do Foguetec, onde agregou-se um circuito de *timer*, ilustrado na Figura 17, para que os pulsos de *clock* sejam gerados automaticamente a cada 1 segundo decorrido. Com esta atualização, não é necessário que o usuário pressione manualmente o botão de *clock*. A Figura 18 apresenta a simulação do circuito com esta atualização. O diagrama esquemático completo com a agregação do *timer* está catalogado no APÊNDICE C. Esta versão simulada tem como objetivo servir de base para uma futura atualização.

**Figura 17** – Implementação de um circuito de *timer*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

**Figura 18** – Simulação do circuito eletrônico do Foguetec com um circuito de *timer*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os resultados das simulações indicaram que os circuitos planejados funcionam conforme esperado, permitindo a ativação sequencial dos LEDs de acordo com a montagem correta das peças do foguete, além de disparar a contagem regressiva apenas após a montagem completa de todas as peças.

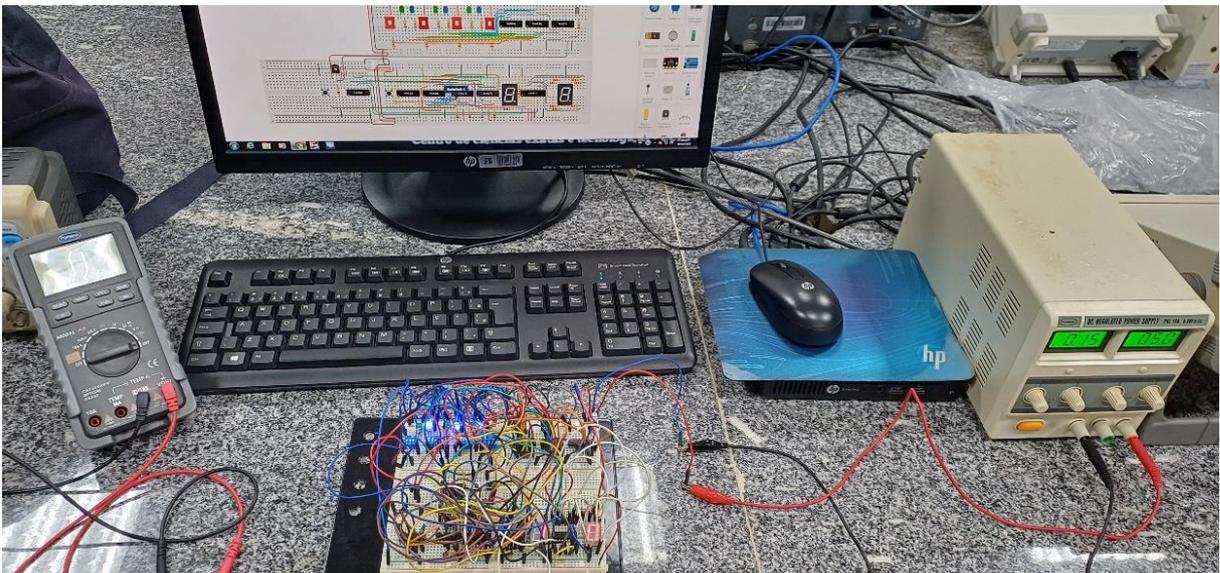
#### 4.2 Protótipo Eletrônico e Testes Práticos

Após a fase de simulação, foi montado um protótipo físico utilizando uma *protoboard* e componentes eletrônicos. Foram realizados testes para verificar ativação do circuito de contagem e a correta ativação dos LEDs, conforme as combinações esperadas de entrada. Os testes práticos tiveram como objetivo validar as configurações previstas nas simulações e identificar possíveis melhorias.

Os principais resultados observados foram: (1) o circuito com as chaves que representam as peças se comportou conforme o esperado, ativando os LEDs de acordo com o conceito das portas lógicas; (2) o circuito de contagem regressiva foi ativado apenas após a ligação de todas as chaves (montagem de todas as peças); (3) pequenas interferências na conexão dos componentes foram corrigidas com ajustes nos fios e encaixes na *protoboard*. (4) o tempo de resposta das portas lógicas foi adequado para um brinquedo educativo.

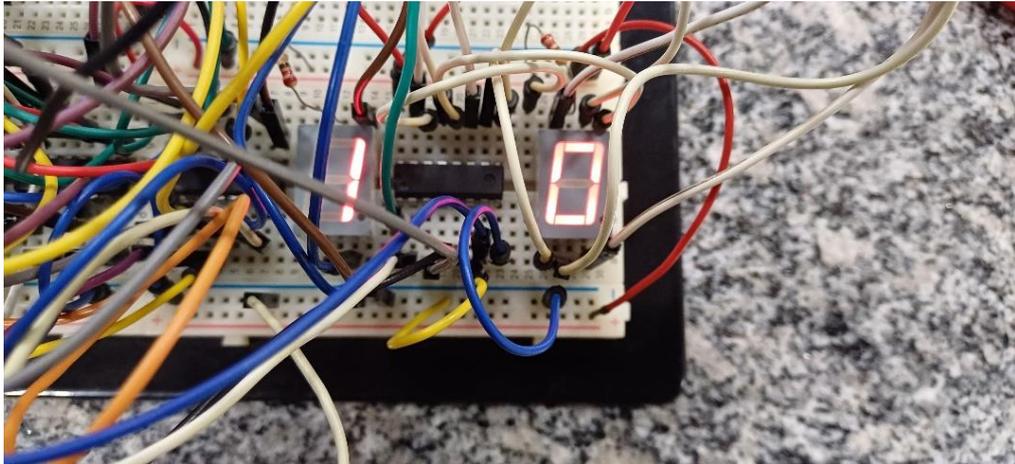
As Figuras 19, 20 e 21 apresentam o circuito montado em *protoboard*.

**Figura 19** – Circuito eletrônico do Foguete montado em *protoboard*.



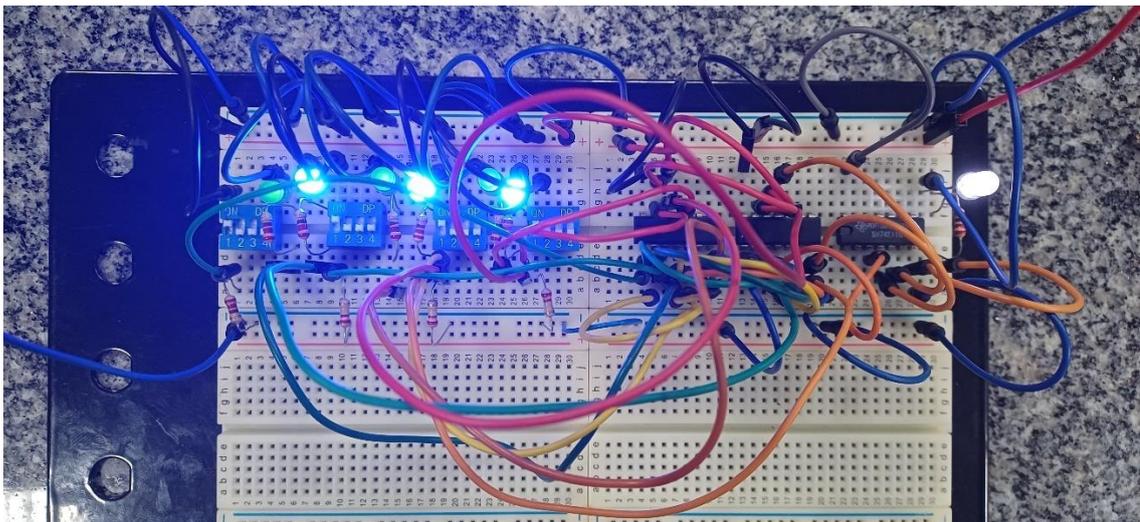
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

**Figura 20** – Circuito eletrônico do Foguetec montado em *protoboard*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

**Figura 21** – Circuito eletrônico do Foguetec montado em *protoboard*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

### 4.3 Análise dos Resultados

Os resultados apresentados neste capítulo demonstram que o circuito eletrônico do Foguetec é funcional, atendendo aos objetivos de ensino de eletrônica digital de forma lúdica e interativa. A implementação dos circuitos lógicos foi validada tanto por simulações computacionais quanto por testes práticos, garantindo seu correto funcionamento. Entretanto, desafios como a estabilidade das conexões na *protoboard* e a durabilidade dos componentes ainda devem ser aprimorados em futuras versões do projeto.

Futuras melhorias podem incluir a otimização dos materiais utilizados, testes com o público-alvo e a implementação de novos recursos eletrônicos para ampliar as possibilidades pedagógicas do brinquedo.

Os próximos passos do projeto incluem a evolução para a implementação do circuito em PCB e o desenvolvimento das peças físicas para montagem final do brinquedo, tornando-o acessível e interativo para o público-alvo.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um protótipo eletrônico do brinquedo Foguetec, que visa ensinar conceitos de eletrônica e circuitos digitais de forma lúdica. O projeto se mostrou viável dentro das condições estabelecidas e os resultados obtidos fornecem uma base sólida para futuras etapas, como a confecção das peças físicas do Foguetec e a montagem final do brinquedo.

A partir da fundamentação teórica, constatou-se que brinquedos educativos eletrônicos desempenham um papel fundamental no ensino de STEM. O Foguetec se propõe a isto ao aliar a montagem física de um foguete a um circuito interativo baseado em portas lógicas. Enquanto outros brinquedos analisados priorizam programação visual ou mecânica, o Foguetec proporciona aprendizado prático por meio da manipulação de componentes eletrônicos reais e um sistema de contagem regressiva, incentivando o raciocínio lógico e a experimentação. Sua abordagem modular e temática, inspirada no CLA, amplia o ensino STEM de forma lúdica e inovadora.

A construção do protótipo eletrônico do Foguetec permitiu validar os princípios de funcionamento do brinquedo e demonstrar que a aplicação de circuitos digitais pode ser utilizada para fins educacionais de maneira interativa. Embora a montagem física do brinquedo ainda não tenha sido realizada, os testes em *protoboard* mostraram que a lógica digital do sistema é funcional, sendo um passo importante para o desenvolvimento futuro do produto final.

Como trabalhos futuros, sugere-se a confecção de um protótipo final utilizando uma PCB e a produção das peças físicas do brinquedo por meio de impressão 3D ou moldagem industrial. Além disso, serão necessários testes com o público-alvo para avaliar a eficácia do brinquedo como ferramenta pedagógica e possíveis ajustes no design e nas funcionalidades.

Dessa forma, o Foguetec se apresenta como um projeto promissor, com potencial para expandir o ensino de eletrônica para crianças de maneira interativa e acessível. Com as devidas melhorias, este brinquedo poderá se tornar um importante recurso didático para professores e alunos interessados em conceitos fundamentais da eletrônica e da computação.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Tereza Cristina; UCHOA, Sayonara Abrantes de Oliveira; MARTINS, Maria Audenora das Neves Silva. Educação infantil conectada: jogos digitais, contribuições e desafios para o ensino e a aprendizagem. **Revista Educação, Cultura e Sociedade**, [S. l.], v. 10, n. 3, 2020. DOI: 10.30681/ecs.v10i3.3940. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/recs/article/view/8681>. Acesso em: 17 fev. 2025..

AUTODESK. **Tinkercad – Simulador de Circuitos e Modelagem 3D**. 2025. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BOTNROLL.COM. **Bee-Bot: Robô programável**. Disponível em: <https://www.botnroll.com/pt/asmblados/2325-bee-bot-robo-programavel.html>. Acesso em: 17 fev. 2025.

EDUCACIONAL ECOSSISTEMA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO. **Aprendendo com LEGO® Education**. Disponível em: <https://educacional.com.br/lego/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

FELÍCIO, Chintia. M.; SOARES, Marlon. H. F. B. Da intencionalidade à responsabilidade lúdica: novos termos para uma reflexão sobre o uso de jogos no ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 160-168, 2018. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/artigos/EA-33-17.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2025.

FLOYD, Thomas L. **Digital fundamentals**. 11a edição. New Jersey: Pearson, 2015.

FÜRSTENAU, Brenda Bianca Jesse; HOFFMANN, Marilisa Bialvo. A ludicidade como estratégia didática docente: possibilidades no ensino de ciências nos anos finais do ensino fundamental. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 13, n. 1, 2024. DOI: 10.35819/tear.v13.n1.a7188. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/7188>. Acesso em: 17 fev. 2025.

GOULART, Joender Luiz. Desinteresse escolar: em busca de uma compreensão. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano. 07, Ed. 01, Vol. 04, pp. 89-110. Janeiro de 2022. ISSN: 2448-0959, Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/desinteresse-escolar>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/educacao/desinteresse-escolar. Acesso em: 16 fev. 2025.

GRANATH, Bob. **A tradição da contagem regressiva de lançamento começou com um filme mudo**. Disponível em: <https://spaceagechronicle.com/launch-countdown-tradition-began-with-a-silent-movie/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

LABORATÓRIO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA EDUCAÇÃO. **RoPE**. Disponível em: <https://lite.acad.univali.br/rope-brinquedo-de-programar/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

LEÃO, Rafael. O Centro de Lançamento de Alcântara e as possibilidades de ganhos comerciais e estratégicos para o Brasil. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, 2019. p. 13-15. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9415>. Acesso em: 16 fev. 2025.

LIMA, Luís R. Santos de; ABDALLA, Kalyf. Logicæ: Um jogo educativo sobre portas lógicas. ESCOLA REGIONAL DE COMPUTAÇÃO DO CEARÁ, MARANHÃO E PIAUÍ (ERCEMAPI), 9, 2021, Quixadá/CE. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 67-73. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/ercemapi.2021.17909>. Acesso em: 12 fev. 2025.

LIMA, Marília Freires de; ARAÚJO, Jefferson Flora Santos de. A utilização das tecnologias de informação e comunicação como recurso didático-pedagógico no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Educação Pública**, v. 21, nº 23, 22 de junho de 2021. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/23/a-utilizacao-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-como-recurso-didatico-pedagogico-no-processo-de-ensino-aprendizagem>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MANO, M.; KIME, C. R. **Fundamentos de lógica e design de computadores: Pearson nova edição internacional**. 4ª edição, Londres, Inglaterra: Pearson Education, 2013.

MEDEIROS, Juliana Guarize; LOPES, Wesllen Martins; DÁVILA, Eliziane da Silva. Educação STEM no Brasil: As Perspectivas de Professores Participantes de um Curso Online de Formação Continuada. **Revista Cocar**, [S. l.], v. 18, n. 36, 2023. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/6163>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MIGUEL, Carolina Costa. Tecnologia Na Educação Infantil: Letramento Digital e Computação Desplugada. **Cadernos CEDES** v. 120, pág. 60–72, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/CC271211>. Acesso em: 17 fev. 2025.

PÊSSOA, Camila. **Portas lógicas: entendendo os tipos e características**. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/portas-logicas-tipos-caracteristicas>. Acesso em: 11 fev. 2025.

PUGLIESE, Gustavo Oliveira. STEM Education – um panorama e sua relação com a educação brasileira. **Curriculo sem Fronteiras**. 2020. 10.35786/1645-1384.v20.n1.12. Disponível em: <https://www.curriculosemfronteiras.org/vol20iss1/articles/pugliese.pdfv>. Acesso em: 17 fev. 2025.

RESNICK, Mitchel. **Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play**. The MIT Press: Cambridge, MA, 2017.

SCRATCHJR. **ScratchJr-About**. Disponível em: <https://www.scratchjr.org/about/info>. Acesso em: 17 fev. 2025.

**SHOPEE. 3D Quebra-Cabeça De Madeira DIY Montado RC Barco Modelo/Embarcação Ciência Kit Montagem Brinquedos Física Projeto.**

Disponível em: <https://shopee.com.br/3D-Quebra-Cabe%C3%A7a-De-Madeira-DIY-Montado-RC-Barco-Modelo-Embarca%C3%A7%C3%A3o-Ci%C3%Aancia-Kit-Montagem-Brinquedos-F%C3%ADsica-Projeto-Escola-Eletr%C3%B4nica-De-Experi%C3%Aancia-Cient%C3%ADfica-i.1228094944.24979377386>. Acesso em: 17 fev. 2025.

SILVA, Ângela Carrancho da. Educação e tecnologia: entre o discurso e a prática. **Ensaio**, v. 19, n. 72, p. 527–554, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362011000400005>. Acesso em: 17 fev. 2025.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**. 11a edição, Pearson Brasil, 2011.

WSKITS. **Primo Cubetto Educacional Playset programável codificação Robô STEM**. Disponível em: <https://www.wskits.com.br/playset-cubetto?srsItid=AfmBOorUiN8hodawtilTVgH47BdPhF2Qh2HUWIKI5714UJR0em30p7KU>. Acesso em: 17 fev. 2025.

## APÊNDICE A – Cálculos das expressões booleanas para as entradas J e K dos *flip-flops*

Mapa de Karnaugh - J3				
Q3Q2/Q1Q0	00	01	11	10
00	1	0	0	0
01	0	0	0	0
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

Expressão final:

<b>J3</b>	$Q2' * Q1' * Q0'$
-----------	-------------------

Mapa de Karnaugh - K3				
Q3Q2/Q1Q0	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	X
11	X	X	X	X
10	1	0	X	0

Expressão final:

<b>K3</b>	$Q1' * Q0'$
-----------	-------------

Mapa de Karnaugh - J2				
Q3Q2/Q1Q0	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	X	X	X	X
11	X	X	X	X
10	1	0	X	0

Expressão final:

<b>J2</b>	$Q3 * Q1' * Q0'$
-----------	------------------

Mapa de Karnaugh - K2				
Q3Q2/Q1Q0	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	1	0	0	0
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

Expressão final:

<b>K2</b>	$Q1' * Q0'$
-----------	-------------

Mapa de Karnaugh - J1				
Q3Q2/Q1Q0	00	01	11	10
00	1	0	X	X
01	1	0	X	X
11	X	X	X	X
10	1	0	X	X

Expressão final:

<b>J1</b>	$Q0'$
-----------	-------

Mapa de Karnaugh - K1				
Q3Q2/Q1Q0	00	01	11	10
00	X	X	0	1
01	X	X	0	1
11	X	X	X	X
10	X	X	X	1

Expressão final:

<b>K1</b>	$Q0'$
-----------	-------

Mapa de Karnaugh - J0				
Q3Q2/Q1Q0	00	01	11	10
00	0	X	X	1
01	1	X	X	1
11	X	X	X	X
10	1	X	X	1

 $Q1 * Q3 * (Q3' * Q2 * Q1')$  $(Q1 * Q3 * Q3') + (Q1 * Q3 * Q2) + (Q1 * Q3 * Q1')$  $Q1 + (Q1 * Q3 * Q2) + Q3$ 

Expressão final:

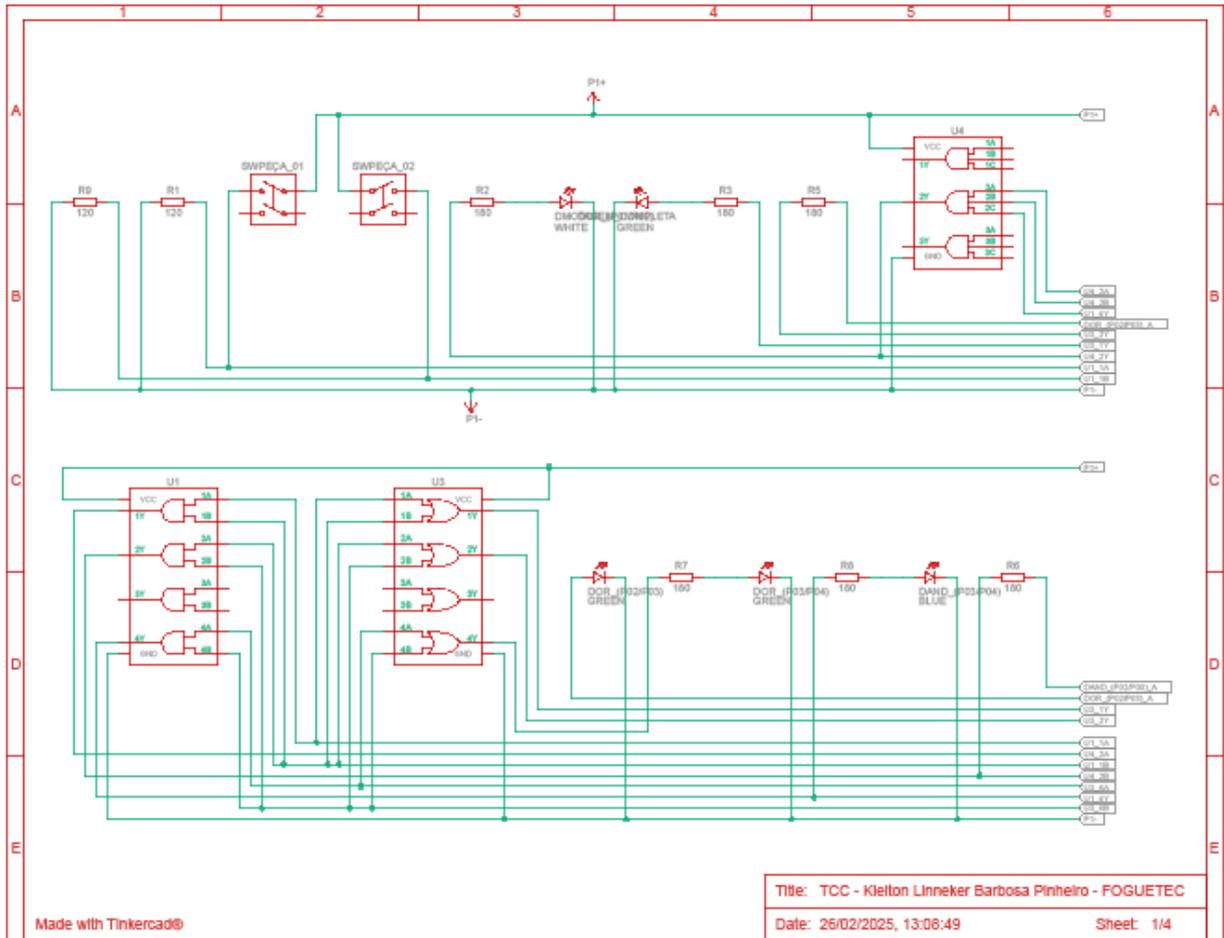
<b>J0</b>	$Q3 + Q2 + Q1$
-----------	----------------

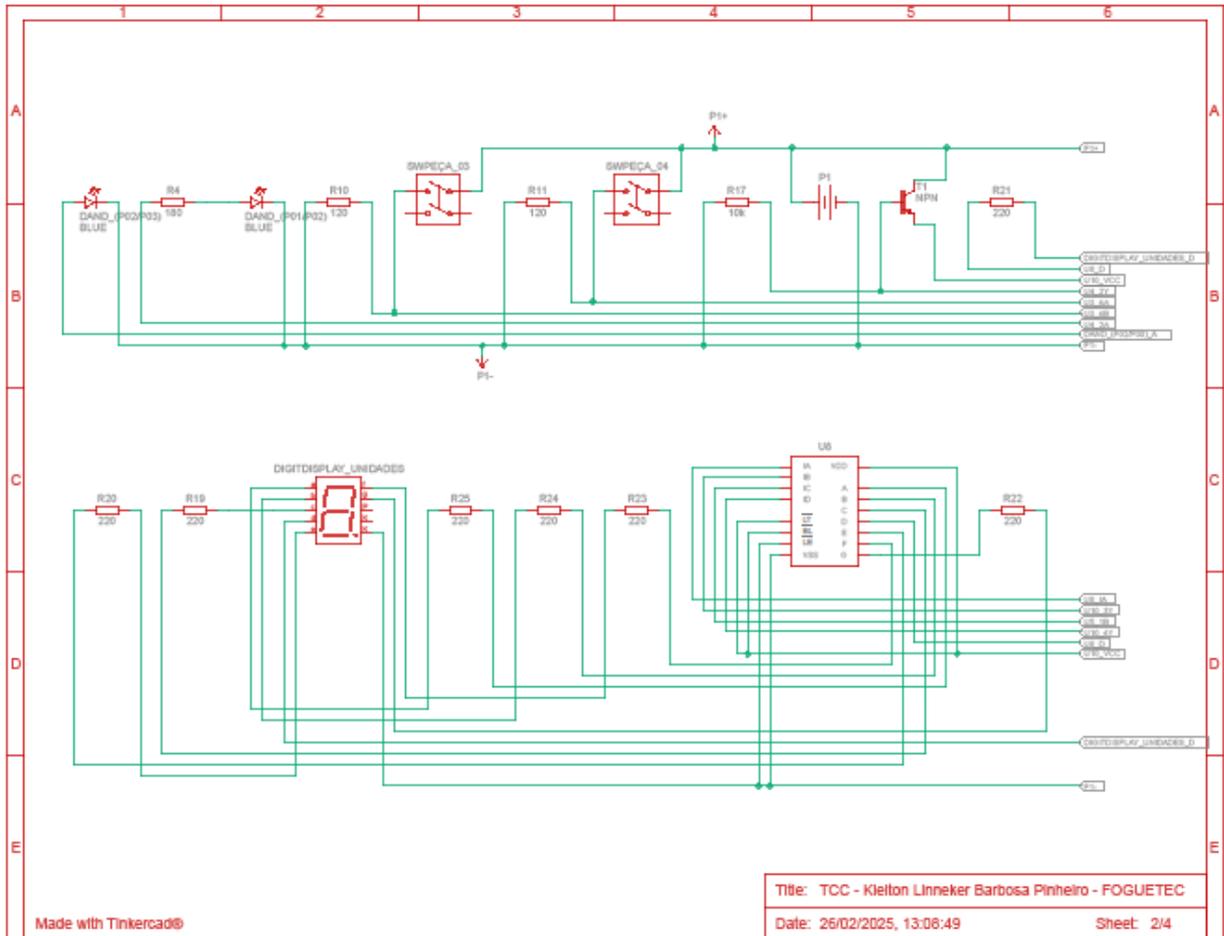
Mapa de Karnaugh - K0				
Q3Q2/Q1Q0	00	01	11	10
00	X	1	1	X
01	X	1	1	X
11	X	X	X	X
10	X	1	X	X

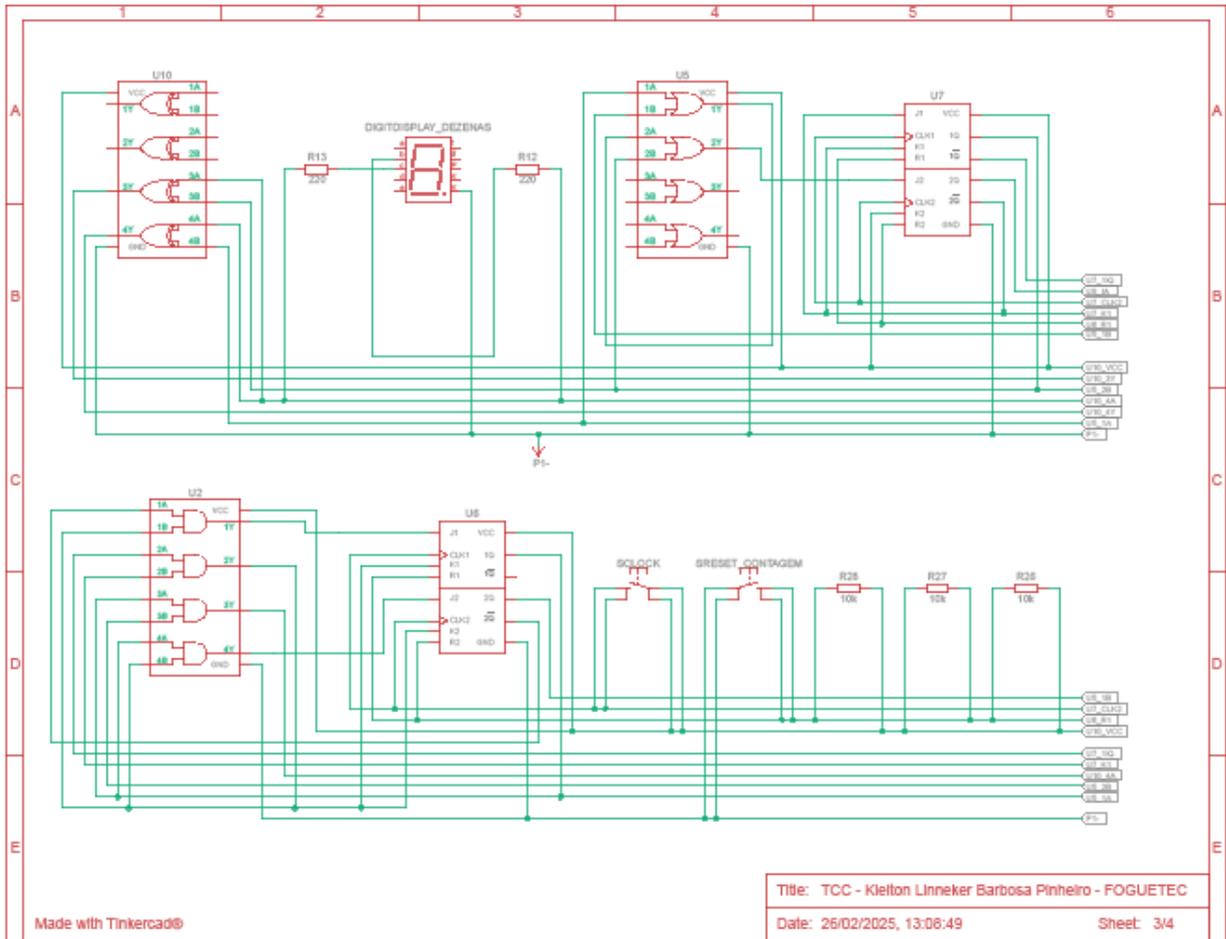
Expressão final:

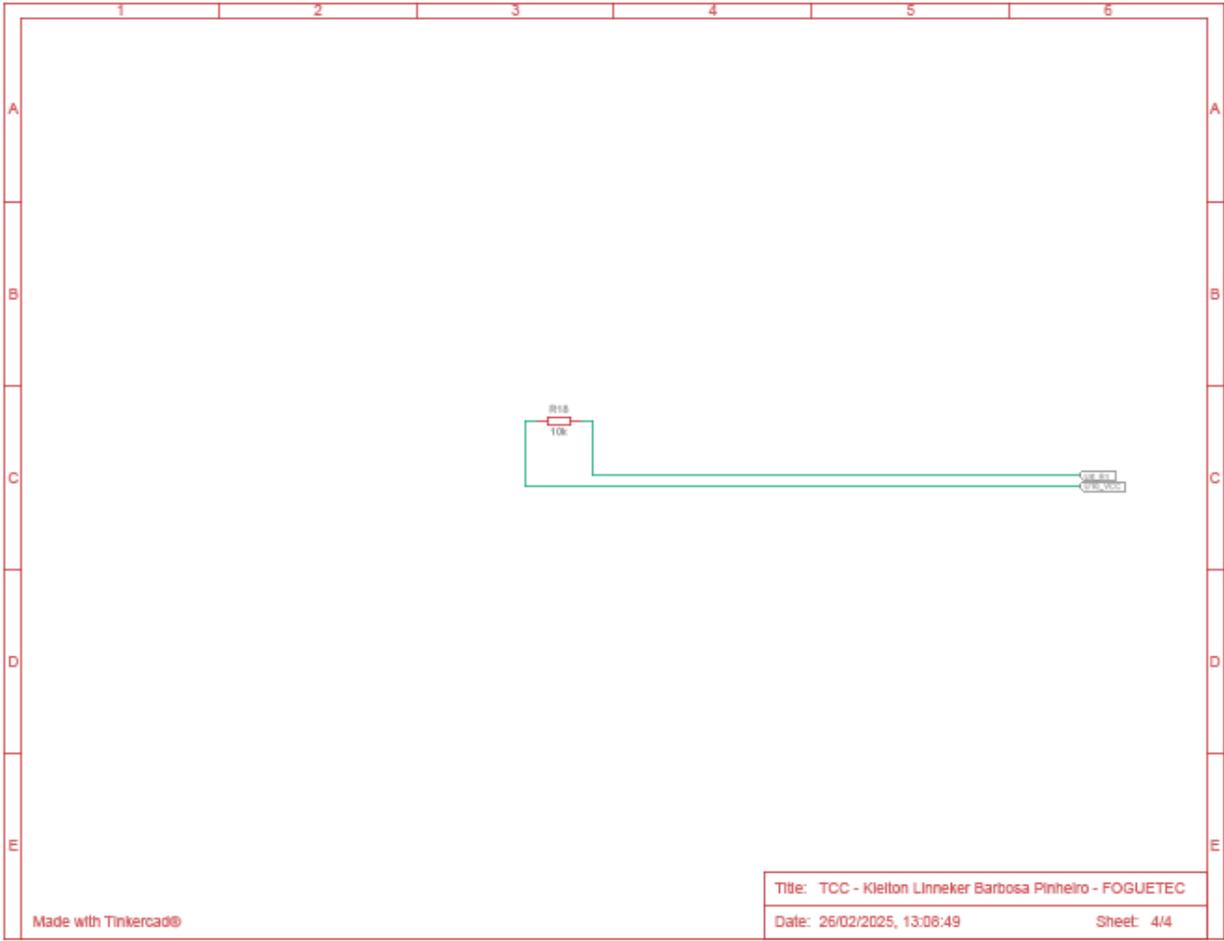
<b>K0</b>	1
-----------	---

## APÊNDICE B – Diagrama esquemático do circuito eletrônico do Foguetec

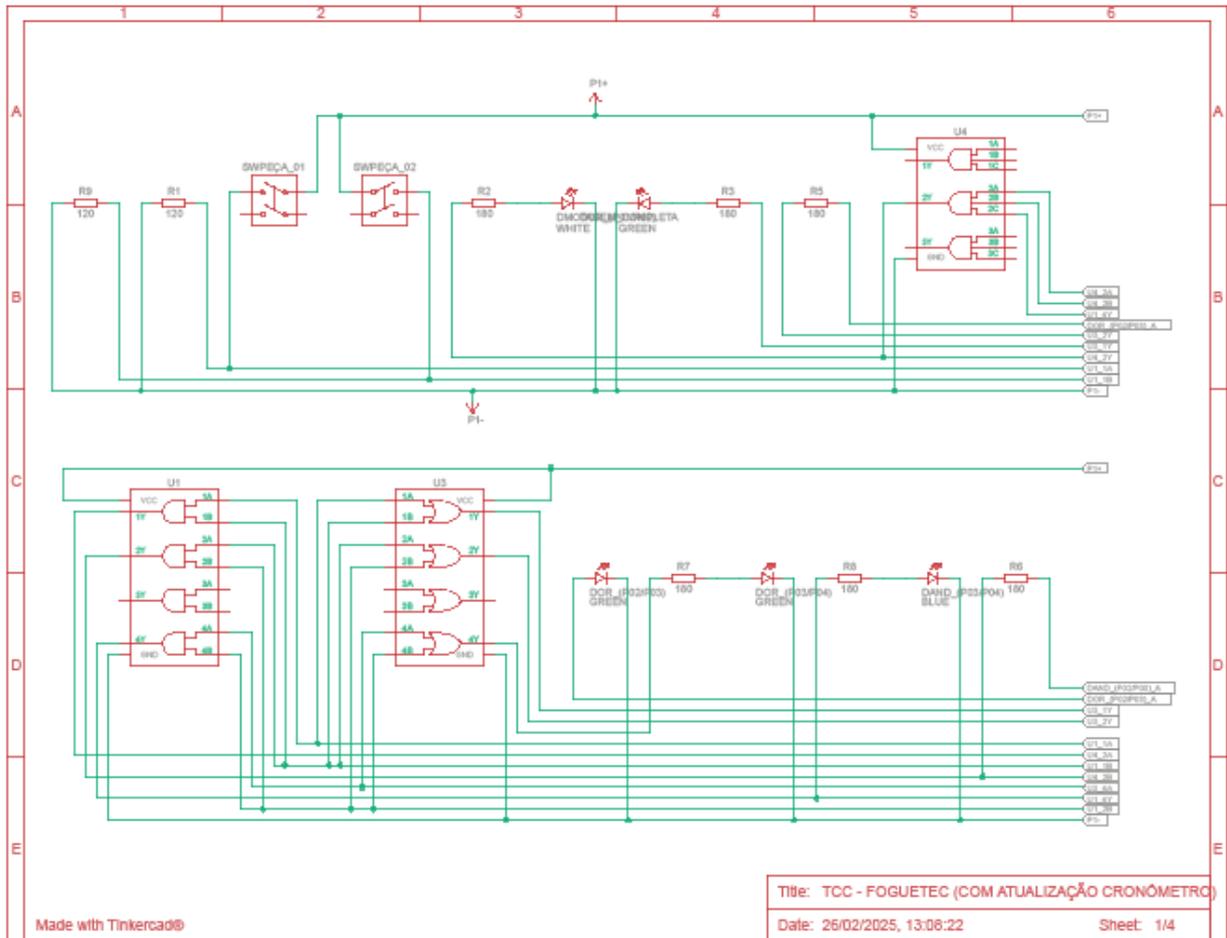


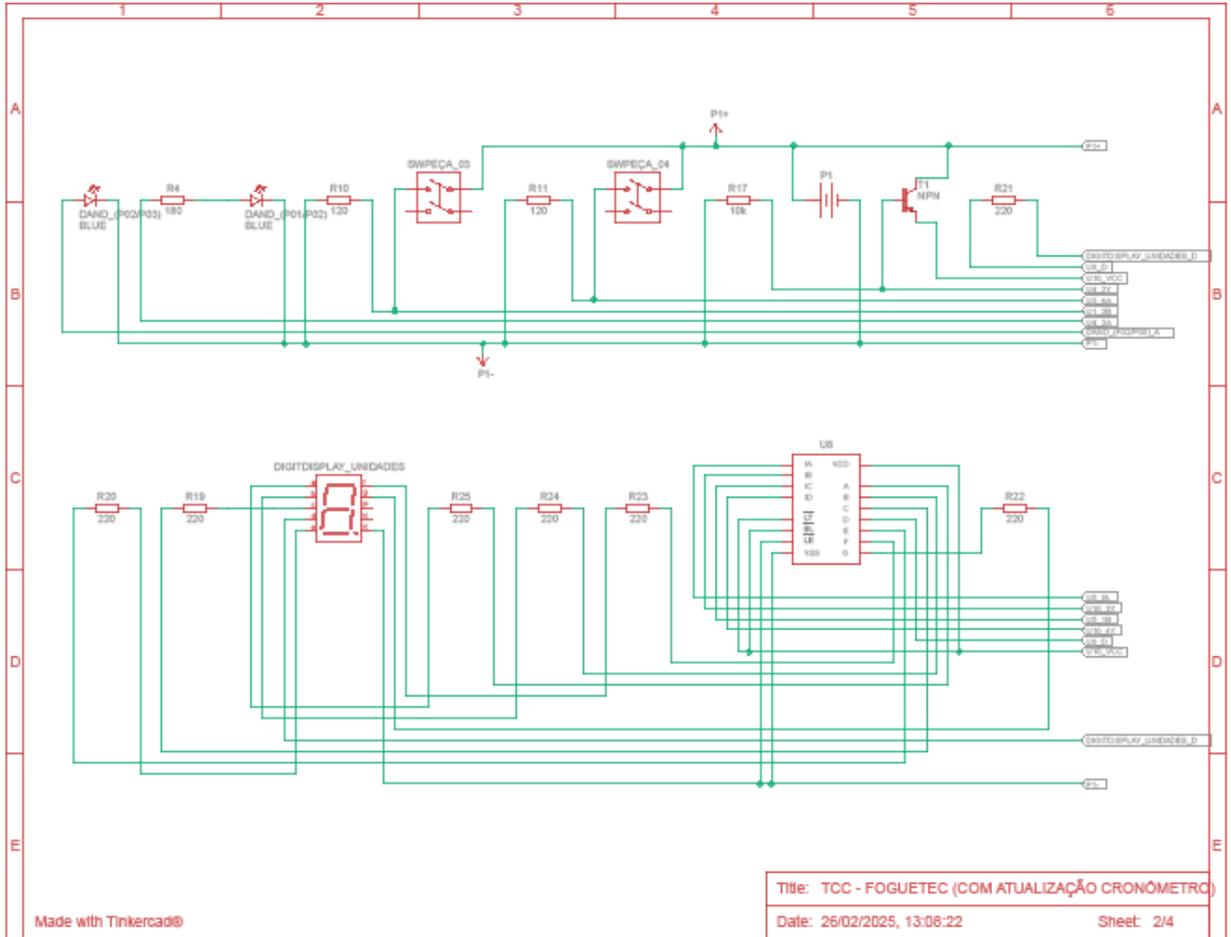


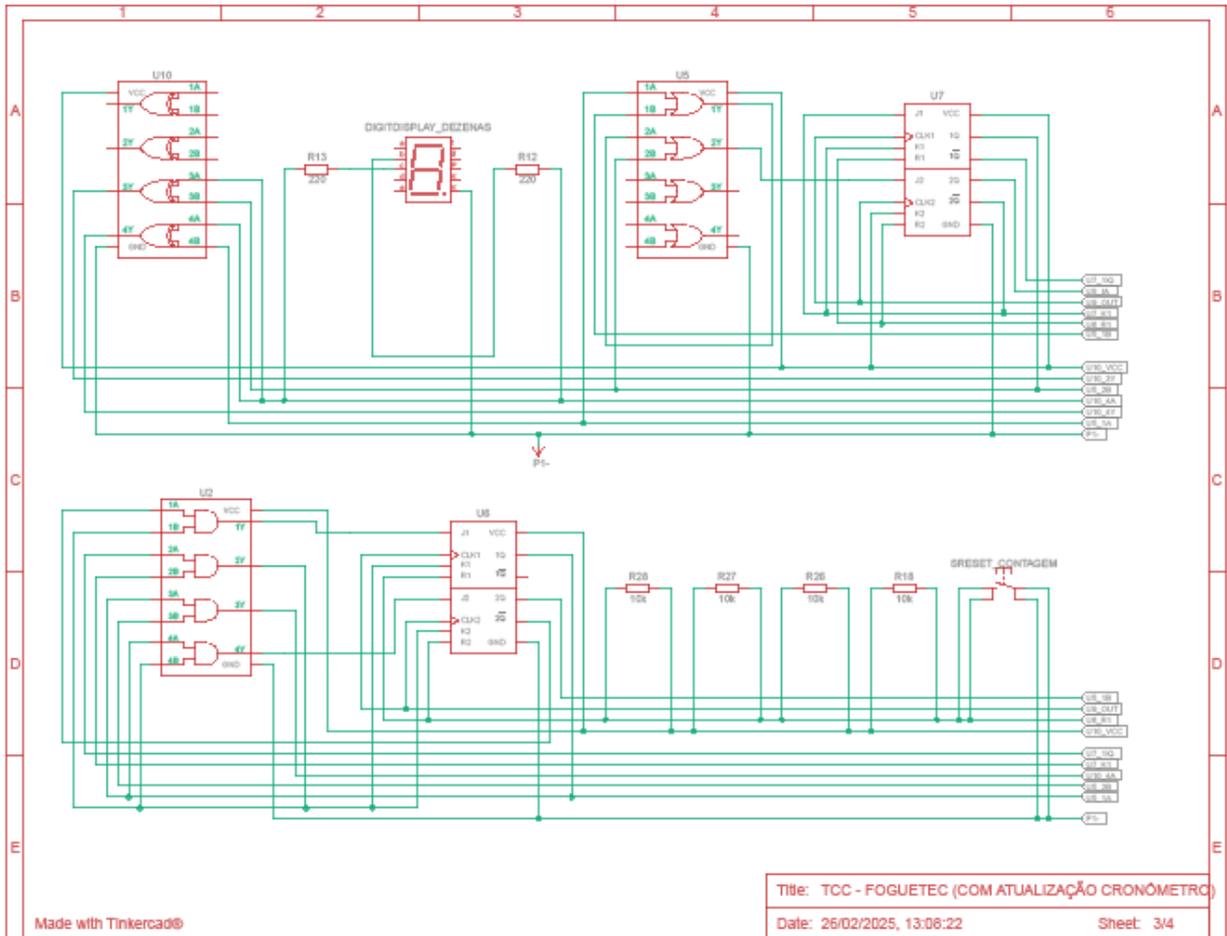


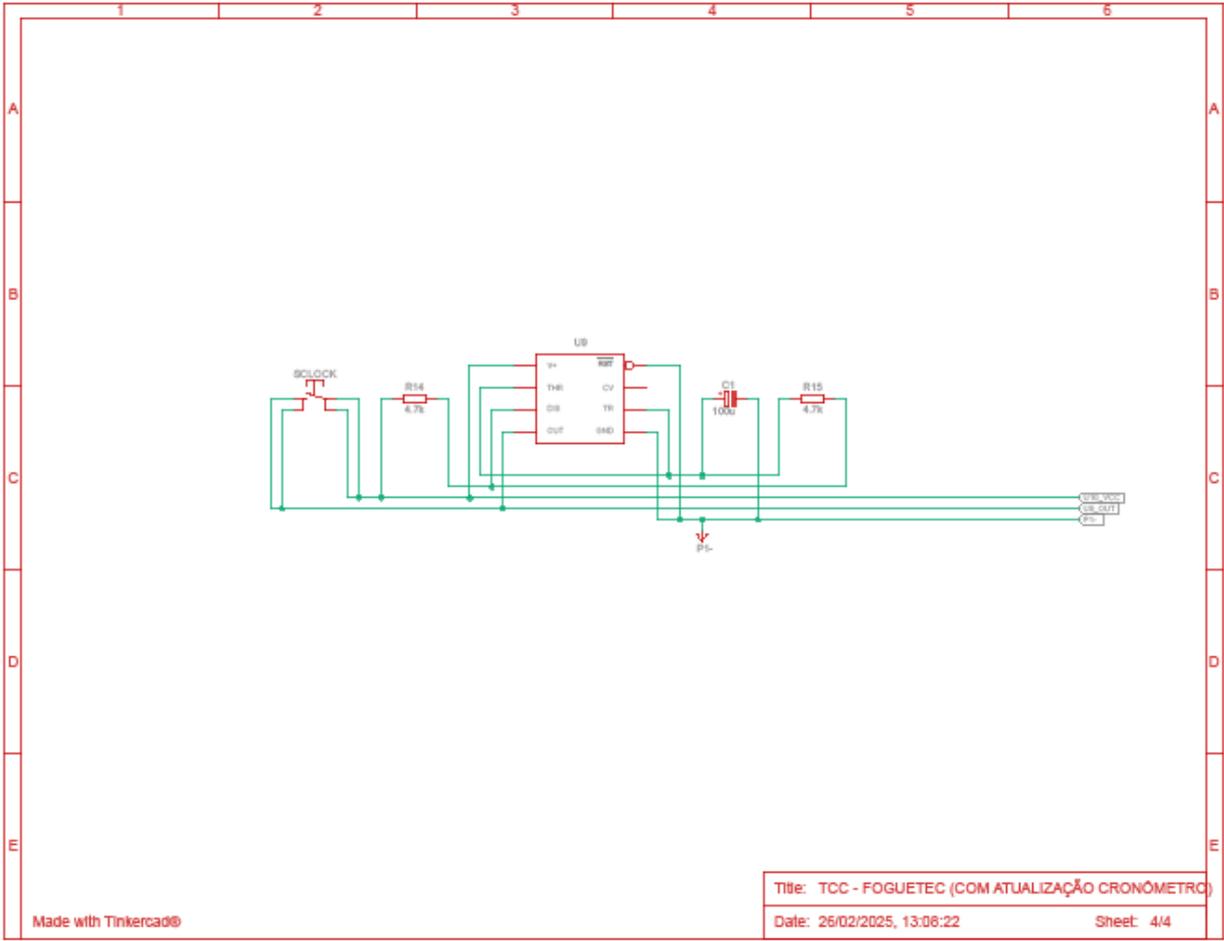


## APÊNDICE C – Diagrama esquemático do circuito eletrônico do Foguetec com agregação de *timer*









Made with Tinkercad®

Title: TCC - FOGUETEC (COM ATUALIZAÇÃO CRONÔMETRO)
Date: 26/02/2025, 13:06:22
Sheet: 4/4