



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO**  
**TOCANTINS**  
**CAMPUS PALMAS**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ALBERTO BARCELOS HOMRICH**  
**ANA PAULA DA SILVA**

**PROGRAMAÇÃO DE CLP: UM GUIA PRÁTICO**

**PALMAS - TO**  
**2023**

**ALBERTO BARCELOS HOMRICH**  
**ANA PAULA DA SILVA**

**PROGRAMAÇÃO DE CLP: UM GUIA PRÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel(a) em Engenharia Elétrica do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Dr. Márcio Augusto Tamashiro.

**PALMAS – TO**

**2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins**

---

H763p Homrich, Alberto Barcelos  
Programação de CLP : um guia prático / Alberto Barcelos Homrich, Ana Paula da Silva. – Palmas, TO, 2023.  
99 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2023.

Orientador: Dr. Márcio Augusto Tamashiro

1. CLP. 2. Softwares de programação e simulação. 3. Automação industrial. I. Silva, Ana Paula da. II. Tamashiro, Márcio Augusto III. , . IV. Título.

**CDD 621**

---

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

**ALBERTO BARCELOS HOMRICH**

**ANA PAULA DA SILVA**

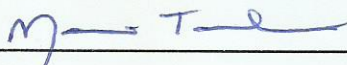
**PROGRAMAÇÃO DE CLP: UM GUIA PRÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel(a) em Engenharia Elétrica do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Dr. Márcio Augusto Tamashiro.

Aprovado em: 18/12 / 2023

**BANCA AVALIADORA**



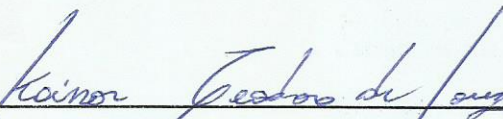
Doutor Márcio Augusto Tamashiro (Orientador)

IFTO – Campus Palmas



Doutor Maxwell Moura Costa

IFTO – Campus Palmas



Mestre Kaisson Teodoro de Souza

IFTO – Campus Palmas

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente à Deus pela dádiva da vida e por ter nos proporcionado chegar até aqui.

Os maiores e mais sinceros agradecimentos aos nossos pais, Glinys e Hilton, Sônia e Antônio, pelo incentivo, motivação e educação que puderam nos proporcionar. Aos nossos familiares pela dedicação e incentivo ao longo desta caminhada.

Oferecemos nossos honestos agradecimentos ao nosso orientador, Professor Dr. Márcio Augusto Tamashiro, pela proposta do tema, pelo conhecimento transmitido, assim como por todo apoio e disponibilidade demonstrada no decorrer de todo o trabalho, para que fosse concluído com êxito.

Gratidão aos amigos e professores que nos acompanharam na graduação, nesta jornada em busca de conhecimentos. Em especial, aos professores Dr. Maxwell Moura Costa e Me. Kaison Teodoro de Souza, pela orientação e contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

Ao longo dos anos, a crescente evolução da área da automação industrial ocasionou o surgimento de diferentes tipos de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), desenvolvidos por inúmeros fabricantes, os CLPs foram evoluindo e tornando-se essenciais no desempenho das plantas industriais. De modo que aprender sobre os CLPs, suas características, meios de utilização e programação são habilidades indispensáveis para profissionais que atuam na área da indústria. É neste contexto que surge o presente trabalho, cujo principal objetivo é a elaboração de um manual com roteiros de atividades práticas desenvolvidas para o aprendizado da programação do CLP, com a utilização da linguagem *Ladder* no *software* TIA Portal da SIEMENS associado a simulação de ambientes industriais no *software* Factory I/O da Real Games. Inicialmente, é realizada uma análise da evolução da automação industrial, os níveis de atuação dentro do setor fabril, as normas que regem os CLPs, especificações, princípios de funcionamento e características técnicas do controlador. Numa segunda fase, foram realizadas pesquisas com informações prévias de *softwares* de programação e simulação de CLPs, sendo disponibilizado uma lista com uma breve comparação das funcionalidades dos principais *softwares*. Posteriormente, é apresentado os recursos utilizados para elaboração deste trabalho, como o CLP S7-1200 da SIEMENS com suas principais características e os *softwares*, TIA Portal e Factory I/O, bem como os estudos de casos desenvolvidos com o intuito de aprimorar habilidades utilizando linguagem *Ladder* para o aprendizado e treinamento da programação de CLP. O trabalho foi desenvolvido empregando conceitos de engenharia, automação industrial, inteligência de negócios, simulação e protocolos de comunicação. Por fim, o estudo se justifica pela necessidade do aprendizado e entendimento nesta temática da área de automação na qual este trabalho vem contribuir e agregar na construção de conhecimentos, tanto no âmbito acadêmico quanto no contexto profissional. Logo, espera-se que profissionais possam entender a dinâmica, bem como o processo de controle do CLP para simulação de processos.

**Palavras-chave:** Ambientes industriais; Automação; TIA Portal; Factory I/O; CLP.

## **ABSTRACT**

Over the years, the growing evolution of the industrial automation area has led to the emergence of different types of Programmable Logic Controllers (PLCs), developed by numerous manufacturers. PLCs have evolved and become essential in the performance of industrial plants. Therefore, learning about PLCs, their characteristics, means of use and programming are essential skills for professionals working in the industry. It is in this context that the present work arises, whose main objective is to prepare a manual with scripts of practical activities developed for learning PLC programming, using the Ladder language in the SIEMENS TIA Portal software associated with the simulation of industrial environments. in Real Games' Factory I/O software. Initially, an analysis of the evolution of industrial automation is carried out, the levels of activity within the manufacturing sector, the standards that govern PLCs, specifications, operating principles and technical characteristics of the controller. In a second phase, research was carried out using previous information on PLC programming and simulation software, providing a list with a brief comparison of the functionalities of the main software. Subsequently, the resources used to prepare this work are presented, such as the SIEMENS PLC S7-1200 with its main features and the software, TIA Portal and Factory I/O, as well as case studies developed with the aim of improving skills using Ladder language for learning and training PLC programming. The work was developed using engineering concepts, industrial automation, business intelligence, simulation and communication protocols. Finally, the study is justified by the need for learning and understanding this topic in the area of automation in which this work contributes and adds to the construction of knowledge, both in the academic and professional context. Therefore, it is expected that professionals can understand the dynamics, as well as the PLC control process for process simulation.

**Keywords:** Industrial environments; Automation; TIA Portal; Factory I/O; PLC.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> – Pirâmide da Automação Industrial.....                             | 6  |
| <b>Figura 2</b> – CLP SIMATIC S7-1200 SIEMENS .....                                 | 8  |
| <b>Figura 3</b> – Diagrama em Blocos de um CLP.....                                 | 9  |
| <b>Figura 4</b> – Ciclo de funcionamento de um CLP .....                            | 10 |
| <b>Figura 5</b> – CLP S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY .....                             | 18 |
| <b>Figura 6</b> – <i>Softwares</i> para visualização .....                          | 20 |
| <b>Figura 7</b> – Tela de <i>Hardware</i> do TIA Portal .....                       | 21 |
| <b>Figura 8</b> – Programa em <i>Ladder</i> do TIA Portal .....                     | 21 |
| <b>Figura 9</b> – Cena exemplo de Linha de Produção - Factory I/O.....              | 23 |
| <b>Figura 10</b> – Configuração de tipo de comunicação no Factory I/O .....         | 24 |
| <b>Figura 11</b> – Fluxograma da Simulação 1.....                                   | 26 |
| <b>Figura 12</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 1 .....               | 27 |
| <b>Figura 13</b> – Cena 1 – <i>From A to B</i> para a Simulação 1 .....             | 27 |
| <b>Figura 14</b> – Configurando o <i>Driver</i> para a Simulação 1 .....            | 28 |
| <b>Figura 15</b> – Configuração I/O S7-PLCSIM para a Simulação 1 .....              | 28 |
| <b>Figura 16</b> – Fluxograma da Simulação 2.....                                   | 31 |
| <b>Figura 17</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 2 (parte 1 de 2)..... | 32 |
| <b>Figura 18</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 2 (parte 2 de 2)..... | 33 |
| <b>Figura 19</b> – Cena 1 – <i>From A to B</i> para a Simulação 2 .....             | 33 |
| <b>Figura 20</b> – Configurando o <i>Driver</i> para a Simulação 2 .....            | 34 |
| <b>Figura 21</b> – Configuração I/O S7-PLCSIM para a Simulação 2 .....              | 34 |
| <b>Figura 22</b> – Fluxograma da Simulação 3.....                                   | 37 |
| <b>Figura 23</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 3 (parte 1 de 3)..... | 38 |

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 24</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 3 (parte 2 de 3).....                   | 39 |
| <b>Figura 25</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 3 (parte 3 de 3).....                   | 39 |
| <b>Figura 26</b> – Cena 1 – <i>From A to B</i> para a Simulação 3 .....                               | 40 |
| <b>Figura 27</b> – Configuração do emissor para a Simulação 3.....                                    | 40 |
| <b>Figura 28</b> – Configurando o <i>Driver</i> para a Simulação 3 .....                              | 41 |
| <b>Figura 29</b> – Configuração I/O S7-PLCSIM para a Simulação 3.....                                 | 41 |
| <b>Figura 30</b> – Fluxograma da Simulação 4.....                                                     | 44 |
| <b>Figura 31</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 4 (parte 1 de 5).....                   | 45 |
| <b>Figura 32</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 4 (parte 2 de 5).....                   | 46 |
| <b>Figura 33</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 4 (parte 3 de 5).....                   | 46 |
| <b>Figura 34</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 4 (parte 4 de 5).....                   | 47 |
| <b>Figura 35</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 4 (parte 5 de 5).....                   | 47 |
| <b>Figura 36</b> – Cena 1 – <i>From A to B</i> para a Simulação 4 com adaptações (parte 1 de 2) ..... | 48 |
| <b>Figura 37</b> – Cena 1 – <i>From A to B</i> para a Simulação 4 com adaptações (parte 2 de 2) ..... | 48 |
| <b>Figura 38</b> – Configuração do emissor para a Simulação 4.....                                    | 49 |
| <b>Figura 39</b> – Configuração da base para a Simulação 4 .....                                      | 49 |
| <b>Figura 40</b> – Configurando o <i>Driver</i> para a Simulação 4 .....                              | 50 |
| <b>Figura 41</b> – Configuração I/O S7-PLCSIM para a Simulação 4.....                                 | 50 |
| <b>Figura 42</b> – Fluxograma da Simulação 5.....                                                     | 53 |
| <b>Figura 43</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 5 .....                                 | 54 |
| <b>Figura 44</b> – Cena 1 – <i>From A to B</i> para a Simulação 5 .....                               | 54 |
| <b>Figura 45</b> – Configurando o <i>Driver</i> para a Simulação 5 .....                              | 55 |
| <b>Figura 46</b> – Configuração I/O S7-1200 para a Simulação 5 .....                                  | 55 |
| <b>Figura 47</b> – Conexão dos cabos na maleta para a Simulação 5.....                                | 56 |
| <b>Figura 48</b> – Conexão na maleta para a Simulação 5 .....                                         | 56 |

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 49</b> – Fluxograma da Simulação 6.....                                                         | 58 |
| <b>Figura 50</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 6 (parte 1 de 2).....                       | 59 |
| <b>Figura 51</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 6 (parte 2 de 2).....                       | 59 |
| <b>Figura 52</b> – Cena 1 – <i>From A to B</i> para a Simulação 6 com emissor e removedor .....           | 60 |
| <b>Figura 53</b> – Configuração do emissor para a Simulação 6 .....                                       | 60 |
| <b>Figura 54</b> – Configurando o <i>Driver</i> para a Simulação 6 .....                                  | 61 |
| <b>Figura 55</b> – Configuração I/O S7-1200 para a Simulação 6 .....                                      | 61 |
| <b>Figura 56</b> – Conexão dos cabos na maleta para a Simulação 6.....                                    | 62 |
| <b>Figura 57</b> – Conexão na maleta para a Simulação 6 .....                                             | 62 |
| <b>Figura 58</b> – Fluxograma da Simulação 7.....                                                         | 64 |
| <b>Figura 59</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 7 (parte 1 de 2).....                       | 65 |
| <b>Figura 60</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 7 (parte 2 de 2).....                       | 65 |
| <b>Figura 61</b> – Cena 1 – <i>From A to B</i> para a Simulação 7 com esteira giratória (parte 1 de 2) .. | 66 |
| <b>Figura 62</b> – Cena 1 – <i>From A to B</i> para a Simulação 7 com esteira giratória (parte 2 de 2) .. | 66 |
| <b>Figura 63</b> – Configuração do emissor para a Simulação 7 .....                                       | 67 |
| <b>Figura 64</b> – Configuração da base para a Simulação 7 .....                                          | 67 |
| <b>Figura 65</b> – Configurando o <i>Driver</i> para a Simulação 7 .....                                  | 68 |
| <b>Figura 66</b> – Configuração I/O S7-1200 para a Simulação 7 .....                                      | 68 |
| <b>Figura 67</b> – Conexão dos cabos na maleta para a Simulação 7 .....                                   | 69 |
| <b>Figura 68</b> – Conexão na maleta para a Simulação 7 .....                                             | 69 |
| <b>Figura 69</b> – Fluxograma da Simulação 8.....                                                         | 71 |
| <b>Figura 70</b> – Programa em <i>Ladder</i> para a Simulação 8 .....                                     | 72 |
| <b>Figura 71</b> – <i>Define tag</i> para a Simulação 8 .....                                             | 73 |
| <b>Figura 72</b> – Configurando a <i>tag</i> para a Simulação 8.....                                      | 74 |
| <b>Figura 73</b> – Cena – <i>Level Control</i> para a Simulação 8.....                                    | 74 |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 74</b> – Configurando o <i>Driver</i> para a Simulação 8 .....               | 75 |
| <b>Figura 75</b> – Configuração I/O S7-1200 para a Simulação 8 .....                   | 75 |
| <b>Figura 76</b> – Conexão dos cabos na maleta para a Simulação 8 (parte 1 de 2) ..... | 76 |
| <b>Figura 77</b> – Conexão dos cabos na maleta para a Simulação 8 (parte 2 de 2) ..... | 76 |
| <b>Figura 78</b> – Conexão na maleta para a Simulação 8 .....                          | 77 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> – <i>Softwares</i> básicos para aprendizagem.....      | 13 |
| <b>Tabela 2</b> – <i>Softwares</i> avançados para desenvolvimento..... | 14 |
| <b>Tabela 3</b> – <i>Softwares</i> para simulação .....                | 15 |
| <b>Tabela 4</b> – <i>Hardware</i> utilizado .....                      | 16 |
| <b>Tabela 5</b> – <i>Software</i> utilizado .....                      | 17 |
| <b>Tabela 6</b> – Características do CLP S7-1200.....                  | 18 |

## LISTA DE SIGLAS

|      |                                                  |
|------|--------------------------------------------------|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas         |
| CLP  | Controlador Lógico Programável                   |
| CNC  | Comando Numérico Computadorizado                 |
| CPU  | <i>Central Processing Unit</i>                   |
| FBD  | <i>Function Block Diagram</i>                    |
| IA   | Inteligência artificial                          |
| IEC  | <i>International Electrotechnical Commission</i> |
| IFTO | Instituto Federal do Tocantins                   |
| IHM  | Interface Homem Máquina                          |
| IL   | <i>Instruction List</i>                          |
| I/O  | <i>Inputs/Outputs</i>                            |
| IoT  | Internet das Coisas                              |
| LD   | <i>Ladder Diagram</i>                            |
| NC   | <i>NetCat</i>                                    |
| PC   | <i>Programmable Controller</i>                   |
| PLC  | <i>Programmable Logic Controller</i>             |
| PnP  | <i>Plug and Play</i>                             |
| SDCD | Sistema Digital de Controle Distribuído          |
| SFC  | <i>Sequential Function Chart</i>                 |
| SOC  | <i>American Occupational Classification</i>      |
| ST   | <i>Structured Text</i>                           |

## SUMÁRIO

|            |                                                     |           |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                             | <b>1</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Justificativa.....</b>                           | <b>2</b>  |
| <b>1.2</b> | <b>Objetivo Geral .....</b>                         | <b>3</b>  |
| <b>1.3</b> | <b>Objetivos Específicos .....</b>                  | <b>3</b>  |
| <b>1.4</b> | <b>Estrutura do trabalho .....</b>                  | <b>4</b>  |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                     | <b>5</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Automação industrial .....</b>                   | <b>5</b>  |
| <b>2.2</b> | <b>Controlador lógico programável (CLP).....</b>    | <b>7</b>  |
| 2.2.1      | Aspectos gerais e arquitetura básica dos CLPs ..... | 8         |
| 2.2.2      | Princípio de funcionamento de um CLP .....          | 9         |
| 2.2.3      | Tipos de CLP .....                                  | 11        |
| <b>2.3</b> | <b>Normas reguladoras.....</b>                      | <b>11</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Softwares para programação e simulação.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>3</b>   | <b>RECURSOS UTILIZADOS .....</b>                    | <b>16</b> |
| <b>3.1</b> | <b>CLP S7-1200 SIEMENS .....</b>                    | <b>17</b> |
| <b>3.2</b> | <b>TIA portal .....</b>                             | <b>19</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Factory I/O.....</b>                             | <b>22</b> |
| <b>4</b>   | <b>ESTUDOS DE CASOS .....</b>                       | <b>25</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Caso 1 com CLP virtual.....</b>                  | <b>25</b> |
| 4.1.1      | Objetivos .....                                     | 25        |
| 4.1.2      | Material utilizado .....                            | 25        |
| 4.1.3      | Descrição da simulação.....                         | 25        |
| 4.1.4      | Procedimentos necessários.....                      | 26        |
| <b>4.2</b> | <b>Caso 2 com CLP virtual.....</b>                  | <b>30</b> |

|            |                                    |           |
|------------|------------------------------------|-----------|
| 4.2.1      | Objetivos .....                    | 30        |
| 4.2.2      | Material utilizado .....           | 30        |
| 4.2.3      | Descrição da simulação .....       | 30        |
| 4.2.4      | Procedimentos necessários.....     | 31        |
| <b>4.3</b> | <b>Caso 3 com CLP virtual.....</b> | <b>36</b> |
| 4.3.1      | Objetivos .....                    | 36        |
| 4.3.2      | Material utilizado .....           | 36        |
| 4.3.3      | Descrição da simulação.....        | 36        |
| 4.3.4      | Procedimentos necessários.....     | 38        |
| <b>4.4</b> | <b>Caso 4 com CLP virtual.....</b> | <b>43</b> |
| 4.4.1      | Objetivos .....                    | 43        |
| 4.4.2      | Material utilizado .....           | 43        |
| 4.4.3      | Descrição da simulação.....        | 43        |
| 4.4.4      | Procedimentos necessários.....     | 45        |
| <b>4.5</b> | <b>Caso 5 com CLP físico .....</b> | <b>52</b> |
| 4.5.1      | Objetivos .....                    | 52        |
| 4.5.2      | Material utilizado .....           | 52        |
| 4.5.3      | Descrição da simulação.....        | 52        |
| 4.5.4      | Procedimentos necessários.....     | 53        |
| <b>4.6</b> | <b>Caso 6 com CLP físico .....</b> | <b>57</b> |
| 4.6.1      | Objetivos .....                    | 57        |
| 4.6.2      | Material utilizado .....           | 57        |
| 4.6.3      | Descrição da simulação.....        | 57        |
| 4.6.4      | Procedimentos necessários.....     | 58        |
| <b>4.7</b> | <b>Caso 7 com CLP físico .....</b> | <b>63</b> |

|            |                                    |           |
|------------|------------------------------------|-----------|
| 4.7.1      | Objetivos .....                    | 63        |
| 4.7.2      | Material utilizado .....           | 63        |
| 4.7.3      | Descrição da simulação .....       | 63        |
| 4.7.4      | Procedimentos necessários.....     | 64        |
| <b>4.8</b> | <b>Caso 8 com CLP físico .....</b> | <b>70</b> |
| 4.8.1      | Objetivos .....                    | 70        |
| 4.8.2      | Material utilizado .....           | 70        |
| 4.8.3      | Descrição da simulação .....       | 70        |
| 4.8.4      | Procedimentos necessários.....     | 71        |
| <b>5</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>  | <b>78</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS .....</b>           | <b>81</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A automação industrial é a utilização de sistemas apoiados por computadores, robôs e tecnologias de informação para substituir as ações humanas, integrando eletrônica (*hardware*), mecânica (dispositivos atuadores) e a informática (*software*), possibilitando o controle dos processos nas indústrias. A evolução da automação industrial caminha junto com a evolução tecnológica, proporcionando uma maior flexibilidade e qualidade nos sistemas de produção das indústrias (BRETAS, 2019).

Essa área do conhecimento cresceu drasticamente nos últimos anos, e tornou-se essencial para as indústrias química, de petróleo, gás e biotecnologia, e demais segmentos industriais. Sistemas de instrumentação inovadores podem agora controlar processos complexos, garantir a confiabilidade e segurança do processo, e ainda fornecem a base para estratégias avançadas de manutenção. O controle do processo garante que os ativos da planta industrial continuem a operar de maneira previsível, dentro da faixa mais lucrativa, resultando em produtos, confiabilidade, rendimento e qualidade mais consistentes, e usando menos energia (KAILAS; CECCHI; MUKHERJEE, 2012; LU; XU; WANG, 2020; SCHUSTER et al., 2020).

Um dos impactos mais significativos da automação é a melhoria da qualidade de trabalho e o aumento da produção, uma vez que um sistema de automação industrial pode fazer o mesmo trabalho específico várias vezes, com precisão e velocidade, o que um trabalhador não consegue. Entretanto, essas transformações causam uma mudança grande de paradigma na sociedade, provocando impactos na produção de novos produtos e serviços nas diferentes formas de organização do processo produtivo e no processo de destruição e criação de empregos (GIMENEZ; SANTOS, 2019). Consequentemente, com a automação industrial, o número de pessoas necessárias para determinados empregos é significativamente reduzido, como nos sistemas de logística e estoque, por exemplo. Em contraponto, a redução de empregos, independentemente de quanto a automação evolua na indústria 4.0, ainda existem habilidades humanas que não podem ser automatizadas, mas que exigem que os trabalhadores se adaptem a um maior nível educacional, e aprimorem habilidades emocionais, criativas e capacidades cognitivas de alto nível (NOUZIL; RAZA; PERVAIZ, 2017).

Nesse contexto, pode-se destacar os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), que são dispositivos de processador único, de estado sólido, que emulam o comportamento de diagramas elétricos, sendo capazes de controlar muitos tipos de equipamentos industriais e sistemas de automação complexos, e são geralmente a parte principal do sistema de automação

industrial (BAYINDIR; CETINCEVIZ, 2011; SAAD; ARROFIQ, 2012). São altamente eficientes para processos envolvendo aplicações de controle sequencial, sincronização de processos e elementos auxiliares nas indústrias de manufatura, química e de processo.

Nas indústrias, muitos dos problemas encontrados na implementação de processos ou mesmo no desenvolvimento de um simples sistema de automação para esteira, podem ser solucionados ou até mesmo evitados com a simulação antecipada desses cenários de forma computacional, por meio de *softwares* adequados. No entanto, surgem dúvidas sobre qual *software* irá melhor atender as particularidades de cada situação, ou de um dado problema. Outra dificuldade encontrada, diz respeito ao uso ineficiente ou mesmo inadequado de recursos e metodologias de ensino com foco na programação dos controladores lógicos programáveis, de uma forma mais objetiva, clara e prática possível, sem deixar de lado os conhecimentos técnicos específicos da área de controle e automação de processos industriais.

Tudo isso reforça a importância da formação prática e teórica na programação de CLPs, uma habilidade essencial no atual estágio da automação industrial. E diante da ampla gama de atribuições profissionais do Engenheiro Eletricista, este trabalho surge com o objetivo de compilar e apresentar as informações essenciais e os principais procedimentos para o aprendizado e treinamento da programação de CLPs. Propõe ainda algumas simulações do processo industrial, utilizando o *software* TIA Portal (*Totally Integrated Automation Portal*) em interação com o *software* Factory I/O.

## **1.1 Justificativa**

A programação de CLPs é uma habilidade essencial para profissionais que atuam no campo da automação industrial. Os CLPs são a espinha dorsal de muitos sistemas industriais e são responsáveis por controlar e monitorar uma variedade de processos e máquinas.

A automação industrial, impulsionada por CLPs, tem o potencial de aumentar a eficiência, melhorar a segurança e reduzir os custos operacionais. Por exemplo, os CLPs podem ser programados para controlar sistemas de produção complexos, realizar tarefas repetitivas com precisão e rapidez, e responder a condições de processo em tempo real.

Além disso, com o advento da Indústria 4.0, a demanda por profissionais com habilidades em programação de CLPs está aumentando. A Indústria 4.0 se baseia na ideia de fábricas inteligentes que utilizam tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA) e análise de dados para otimizar a produção. Os CLPs, sendo dispositivos que podem ser integrados a essas tecnologias, desempenham um papel crucial nesse cenário.

Portanto, a disseminação e a melhoria do ensino da programação de CLPs, é de suma importância para a formação de profissionais preparados para enfrentar os desafios presentes e futuros da automação industrial. E torna possível ainda, a formação de mais indivíduos com habilidades que estão cada vez mais valorizadas na indústria.

## 1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é a elaboração de um guia prático de programação do CLP da SIEMENS associado a um ambiente para a simulação de plantas industriais, utilizando-se para isso os *softwares* TIA Portal e o Factory I/O, visando auxiliar acadêmicos e profissionais na área de automação industrial que já possuam conhecimento prévio com a linguagem de programação em *Ladder*. Com intuito de proporcionar uma aplicação prática dessas ferramentas e contribuir para o aprimoramento das habilidades dos usuários.

## 1.3 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento bibliográfico sobre o tema proposto;
- Descrever os conceitos básicos com base no tema proposto;
- Listar e realizar uma breve comparação das funcionalidades dos principais *softwares* para programação e simulação de CLPs;
- Aprender a utilizar e a programar CLPs na linguagem *Ladder* no *software* TIA Portal;
- Aprender a utilizar o *software* Factory I/O;
- Aprender a utilizar de forma integrada o TIA Portal e o Factory I/O;
- Aprimorar a habilidade de programação na linguagem *Ladder*, por meio da automação de algumas plantas virtuais no Factory I/O;
- Elaborar um manual com roteiros de atividades práticas para o aprendizado da programação de CLP, utilizando o *software* Factory I/O e o TIA Portal.

O manual encontra-se disponível para *download* no link [https://drive.google.com/file/d/14gLmeNrp3xOjAxCryhSURNmLTRQ\\_xMFC/view?usp=drivesdk](https://drive.google.com/file/d/14gLmeNrp3xOjAxCryhSURNmLTRQ_xMFC/view?usp=drivesdk).

## 1.4 Estrutura do trabalho

O presente projeto foi dividido e estruturado em cinco etapas:

**Etapa 1: INTRODUÇÃO** - Definição do escopo do projeto, justificativa e objetivo. Esta etapa consiste na definição e delimitação clara do escopo do trabalho, na justificativa para elaboração deste trabalho, bem como os objetivos específicos que devem ser alcançados no projeto, além de ser apresentada a introdução, sendo constituída por problema de pesquisa, justificativa, objetivos e estrutura do trabalho;

**Etapa 2: REFERENCIAL TEÓRICO** - Esta etapa consiste no referencial teórico, sobre os diversos elementos que constituem um sistema de automação industrial tais como instrumentação, controladores lógicos programáveis, aspectos gerais e arquitetura básica dos CLPs, o princípio de funcionamento de um CLP, os tipos de CLPs, normas reguladoras, *softwares* para programação e simulação, ferramentas computacionais e métodos de aprendizado;

**Etapa 3: RECURSOS UTILIZADOS** – Nesse tópico será apresentado os recursos utilizados, como: CLP S7-1200 SIEMENS, TIA Portal e Factory I/O; que serão utilizados para a elaboração deste trabalho e do manual prático;

**Etapa 4: ESTUDO DE CASOS** – É categorizado pelos casos apresentados após a comparação e definição do *software* que será utilizado na elaboração do manual prático do CLP para aprendizado e treinamento associado a um ambiente para a simulação de plantas industriais;

**Etapa 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS** – Consiste na conclusão do trabalho, apresentando os principais achados, com propostas e sugestões para trabalhos futuros, além da apresentação do manual prático. Todas estas etapas servem como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) Eletricista.

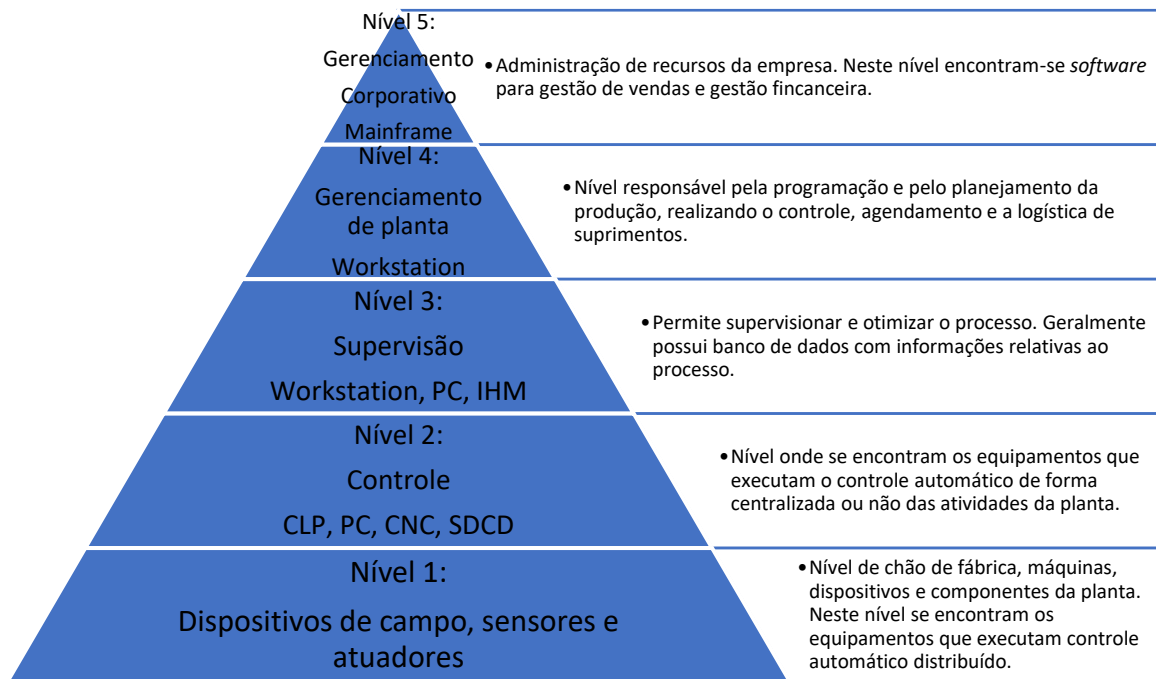
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Automação industrial

A automação se consolidou na indústria e como resultado direto melhorou a produtividade e a qualidade dos produtos e serviços. No início, a automação dependia muito das pessoas, pois as fábricas tinham máquinas automatizadas espalhadas, mas sem a integração necessária entre elas. Assim, um conceito mais amplo de automação foi adotado, e que pode ser definido como a integração de informações que substituem a observação, o esforço e o julgamento humano por equipamentos (incluindo mecânicos, elétricos e eletrônicos) e *softwares* desenvolvidos de acordo com especificações funcionais e técnicas (MANESIS; NIKOLAKOPOULOS, 2018). No século XX, a tecnologia da automação passou a contar com computadores e CLPs, e tornaram-se os alicerces de toda a tecnologia da automação contemporânea. Exemplos de sua aplicação são encontrados em praticamente todas as áreas do conhecimento e da atividade humana (BAYER; ECKHARDT; MACHADO, 2011).

A implementação da automação exige um processo de planejamento e preparação a fim de evitar gastos e prejuízos desnecessários, os investimentos que as indústrias realizam para automatizar seus processos de produção tem como um dos principais objetivos manter a competitividade de mercado da empresa e sua eficiência produtiva. O processo de automação pode ser aplicado tanto nas instalações e equipamentos da fábrica quanto nos sistemas de apoio que gerenciam a produção e solucionam problemas técnicos e logísticos (MOURAD, 2018).

Os níveis de automação são divididos em cinco e representados visualmente pela pirâmide de automação na Figura 1, que visa organizar e ilustrar de forma hierárquica os níveis de controle e de trabalho presentes no setor industrial. No primeiro nível, mais baixo da pirâmide, tem-se o chão de fábrica, onde estão as máquinas e componentes presentes na planta. No segundo nível entram as características de supervisão associada ao processo e as interfaces homem máquina (IHM), onde se localizam os CLPs e outros instrumentos para controlarem sensores e atuadores do chão de fábrica. No terceiro nível tem-se o controle do processo, normalmente associado a um banco de dados contendo índices de produtividade e algoritmos de otimização que refletem a qualidade da produção. No quarto nível tem-se o controle fabril total, responsável pelo gerenciamento da planta, planejamento da produção e logística de suprimentos. Por fim, no último nível está o gerenciamento corporativo, onde acontece a administração dos recursos e vendas (MORAES; CASTRUCCI, 2001).

**Figura 1** – Pirâmide da Automação Industrial

Fonte: MORAES; CASTRUCCI (2001), adaptado pelos autores.

Pode-se destacar ainda, que a automação pode ser dividida em três grandes classes específicas: a fixa, a flexível e a programável (VISWANADHAM; NARAHARI, 2015):

- **A automação fixa** é utilizada quando o volume de produção é alto; desta forma, a linha de produção é composta por diversas máquinas *Command - NC (NetCat)*, denominadas estações de trabalho. Uma série de procedimentos são realizados nessas estações e, uma vez realizados, as peças são transferidas para outras estações. Assim, a manufatura possui uma linha fixa de produtos que se concentra apenas no design de um determinado tipo de produto;
- **A automação flexível** é utilizada para volumes médios de produção devido à maior interação da indústria de máquinas com tecnologias eletrônicas embarcadas e sistemas de informação. Desta forma, a automação aliada à flexibilidade permite a produção de vários produtos simultaneamente com o mesmo sistema de produção;
- **A automação programável** é utilizada para um volume de produção relativamente pequeno e versátil, ou seja, a produção é feita em pequenos lotes. Nessa forma de produção, os equipamentos devem ser reprogramados a cada novo lote.

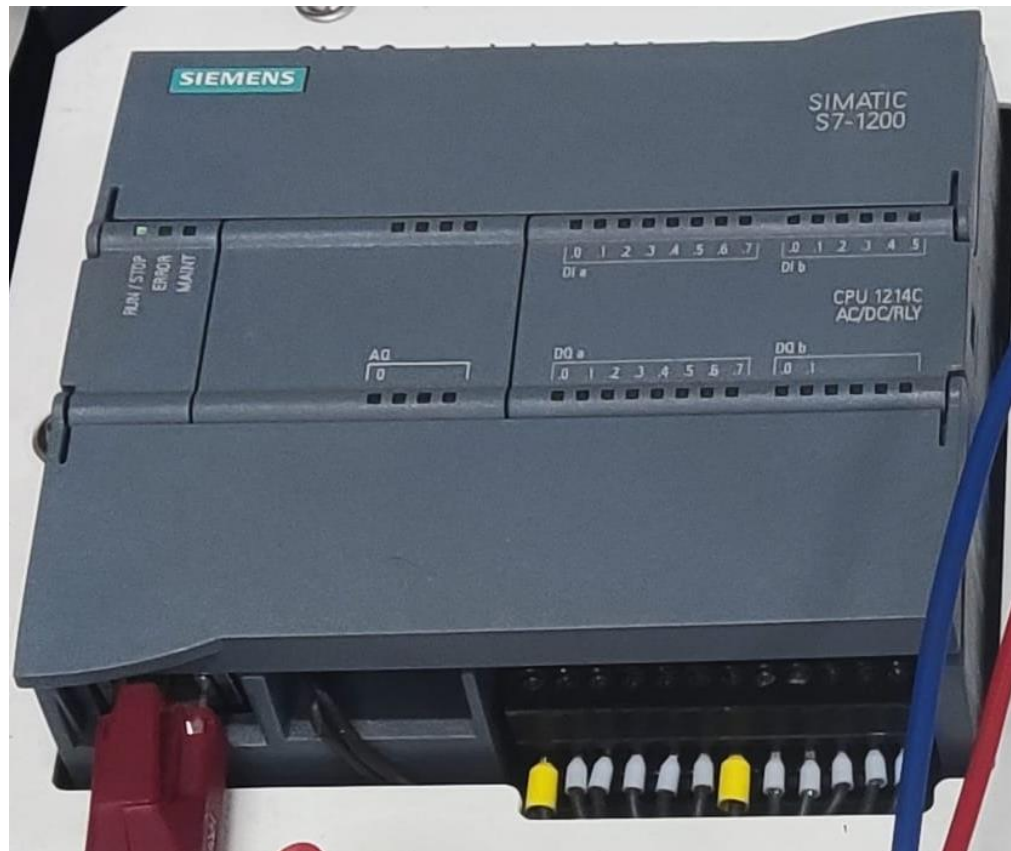
## 2.2 Controlador lógico programável (CLP)

Um CLP segundo a norma ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) pode ser definido como um dispositivo eletrônico digital compatível com aplicações industriais, conforme Figura 2. O CLP, também conhecido como PLC, vem do inglês: *programmable logic controller*, é um dispositivo de estado sólido, com *hardware* e *software* compatíveis com as práticas industriais, capaz de armazenar instruções para o controle de um processo e a implementação de blocos funcionais e funções específicas, tais como lógica, sequencial, contagem, temporização, manipulação de dados, comunicação em rede e aritmética, em um sistema de controle industrial. O primeiro CLP remonta a 1968 na divisão de hidramáticos da *General Motors*. Nasceu da evolução dos antigos painéis elétricos, cuja lógica estática impossibilitava maiores ajustes ao funcionamento. A tecnologia CLP só se tornou possível com o advento dos chamados circuitos integrados e o desenvolvimento da lógica digital (SILVA, 2016; SILVA, 2007). Contudo, os processos do CLP trouxeram consigo as principais vantagens:

- Fácil diagnóstico durante o projeto;
- Economia de espaço devido ao seu tamanho reduzido;
- Podem ser programados sem interromper o processo produtivo;
- Possibilidade de criar um banco de armazenamento de programas;
- Baixo consumo de energia;
- Necessita de uma reduzida equipe de manutenção;
- Tem a flexibilidade para expansão do número de entradas e saídas;
- Capacidade de comunicação com diversos outros equipamentos.

Basicamente, são equipamentos eletrônicos que usam a lógica programável para controlar diferentes processos automatizados. Eles têm um papel fundamental nos ambientes industriais, em que a automação é cada vez mais importante para garantir a eficiência e a produtividade (FERNANDES et al., 2020). A principal vantagem dos CLPs é a flexibilidade que oferecem. Eles podem ser programados de acordo com as necessidades da empresa, permitindo que ela adapte os processos aos seus objetivos específicos. Além disso, os CLPs são dispositivos bastante resilientes, capazes de operar em ambientes adversos e suportar altas temperaturas ou vibrações sem apresentar problemas. Baseiam-se no uso de diagramas que representam graficamente os processos que serão controlados pelo CLP (SILVA et al., 2020; SOUZA et al., 2020).

**Figura 2 – CLP SIMATIC S7-1200 SIEMENS**



Fonte: Elaboração própria.

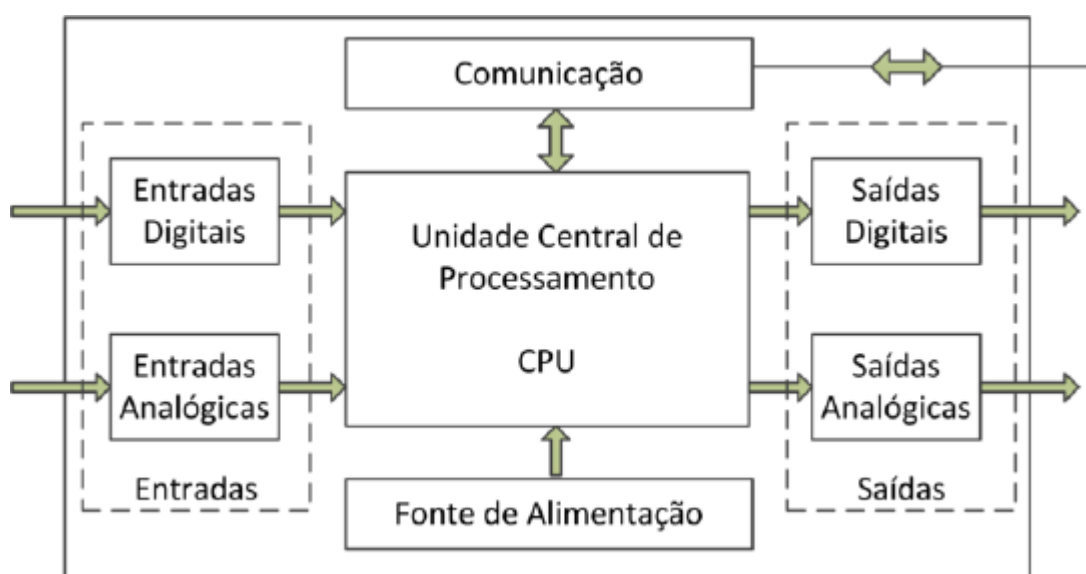
### 2.2.1 Aspectos gerais e arquitetura básica dos CLPs

Nos aspectos gerais e arquitetura básica do CLP (Figura 3), são detalhados a seguir o papel dos principais componentes que compõe o CLP (GEORGINI, 2003; SILVEIRA; SANTOS, 2007; FRANCHI; CAMARGO, 2012):

- **CPU (*Central Processing Unit* - Unidade Central de Processamento):** a unidade de processamento, é o cérebro do CLP, constituída por processador (microprocessador, microcontrolador ou processador dedicado), sistema de memórias (dados e programa) e um barramento para interligação;
- **Módulos de I/O (*Inputs/Outputs* - Entradas/Saídas):** As interfaces de entradas e saídas podem ser sinais digitais (discreto) ou analógicos (inteiro). Tais sinais de entrada podem ser gerados por botoeiras, chaves, sensores diversos. Como exemplo de variáveis de saídas tem-se as lâmpadas, *displays*, válvulas, entre outros;

- **Fonte de Alimentação:** Responsável pela tensão de alimentação a CPU e aos módulos I/O. Em algumas situações, possibilita saída auxiliar.
- **Sistema de comunicação:** É por meio da unidade de comunicação que é introduzido o programa aplicativo no CLP, monitora as operações e realiza transferência de dados, permitindo a comunicação com dispositivos ou sistemas externos, incluindo sistemas SCADA.

**Figura 3** – Diagrama em Blocos de um CLP



Fonte: MORAES; CASTRUCCI (2001).

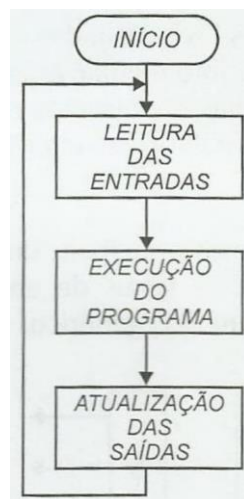
Alguns CLPs apresentam características avançadas de acordo com o seu modelo e fabricante que se tornam um diferencial competitivo, como a capacidade associada a quantidade de entradas e saídas, velocidade de processamento, comunicação, conjunto de instruções, memória etc. (SILVA, 2016).

### 2.2.2 Princípio de funcionamento de um CLP

O princípio básico de funcionamento do CLP é a execução por parte da CPU de um programa de controle, no qual o mesmo deve ser monitorado. A todo tempo, a informação das entradas está disponível, mas somente durante a operação de leitura essas informações são copiadas para a memória de entrada. O CLP recebe esses sinais elétricos de entrada, conectados a ele como chaves, sensores, medidores, transdutores, etc. Os sinais dos sensores são aplicados às entradas do controlador e em cada ciclo todos esses sinais são lidos e transferidos para uma

unidade de memória interna chamada memória de imagem de entrada. Esses sinais são conectados entre si e aos sinais internos. Logo, a CPU analisa as informações recebidas, percorre a lógica programada pelo usuário e no final do ciclo de digitalização, o resultado é transferido para a memória de imagem de saída e depois para o terminal de saída, no qual os dispositivos estão conectados à saída do CLP e que interagem diretamente com o processo como contadores, atuadores, esteiras, motores, etc. (ROSARIO, 2009; PETRUZELLA, 2014; GOUVÊA, 2021). A Figura 4, apresenta como a máquina funciona sequencialmente e executa um ciclo em várias etapas. O tempo total para execução do ciclo dessas tarefas, chamado de ciclo de varredura ou *scan* depende da complexidade, da velocidade do processador, e do tamanho e configuração do programa de controle de execução do CLP (SILVA, 2016).

**Figura 4** – Ciclo de funcionamento de um CLP



Fonte: SILVEIRA; SANTOS (2007).

Por fim, é importante destacar que os CLPs são equipamentos que ajudam a garantir a segurança dos processos industriais. Eles são programados para evitar acidentes e situações de risco, o que é especialmente importante em ambientes em que os riscos são mais elevados, como em indústrias químicas ou de petróleo. Em resumo, os CLPs são dispositivos importantes para a automação de processos industriais. Eles oferecem flexibilidade, segurança e eficiência, além de serem muito versáteis, adaptando-se facilmente às necessidades de cada empresa, o que permite que esses dispositivos sejam programados com facilidade e eficiência (WANG; FANG; DAI, 2010; TOPALOĞLU, 2021).

### 2.2.3 Tipos de CLP

Um CLP é um dispositivo eletrônico responsável por controlar processos industriais, utilizando lógica programável. Esses dispositivos são amplamente utilizados em linhas de produção e equipamentos industriais, devido à sua capacidade de controle preciso e programável (FRANCHI; CAMARGO, 2008; MARTIRANO; MITOLO, 2020). Existem vários tipos de CLPs, cada um com suas características e aplicações específicas disponíveis no mercado:

- **CLP modular:** também conhecido como CLP de *rack*, este tipo de CLP é composto de um gabinete que contém vários módulos de entrada e saída, juntamente com um módulo de processamento central. O CLP modular é altamente flexível, permitindo que seus usuários personalizem as configurações de entrada e saída de acordo com suas necessidades;
- **CLP compacto:** este tipo de CLP é ideal para espaços restritos, graças ao seu tamanho compacto. Apesar de ser menor em tamanho, o CLP compacto possui todos os recursos encontrados em um CLP modular, tornando-o uma excelente opção para aplicações onde o espaço é limitado;
- **CLP de segurança:** como o nome sugere, este tipo de CLP é projetado para garantir a segurança das linhas de produção e equipamentos industriais. O CLP de segurança geralmente incorpora dispositivos de segurança extras, como sensores ópticos e dispositivos de parada de emergência, para garantir a segurança dos trabalhadores;
- **CLP programável em campo:** este tipo de CLP é projetado para ser programado no campo, sem a necessidade de um computador ou *software* especializado. Isso é útil em aplicações onde a linha de produção deve ser ajustada rapidamente, sem atrasos.

## 2.3 Normas reguladoras

A Norma IEC 61131-1 é uma das mais importantes normas para controladores lógicos programáveis (CLPs). Esta norma, por sua vez, estabelece diretrizes para a linguagem de programação utilizada nesses dispositivos. A IEC (*International Electrotechnical Commission*) é uma organização internacional que atua na elaboração de normas internacionais para a área elétrica, eletrônica e afins. A norma IEC 61131-1 foi publicada em 1993 e tem sido atualizada ao longo dos anos, sendo a última revisão em 2013 (JOHN; TIEGELKAMP, 2001; IEC, 2003).

A norma IEC 61131-1 define duas linguagens de programação para CLPs: a linguagem

de diagrama de contatos e a linguagem de lista de instruções. Para cada uma dessas linguagens, há regras específicas de sintaxe, semântica e estruturação de programas. Essas regras são essenciais para que o programa possa ser compilado e executado de forma correta pelo CLP. Além disso, a norma IEC 61131-1 estabelece outras diretrizes importantes para CLPs, como a definição de variáveis e constantes, o tratamento de erros e exceções, a comunicação entre CLPs e outros dispositivos, entre outros (IEC, 2003). O cumprimento da norma IEC 61131-1 é importante tanto para os fabricantes de CLPs quanto para os usuários desses dispositivos. Para os fabricantes, a norma garante uma padronização na linguagem e nos recursos disponíveis em CLPs, o que facilita a criação de produtos e sua compatibilidade com outros equipamentos. Para os usuários, a norma garante que os CLPs adquiridos atendam a requisitos mínimos de qualidade e confiabilidade, além de facilitar a programação e manutenção dos equipamentos (LONDOÑO; LONDOÑO; MEJÍA, 2011; QUEZADA et al., 2014). Em resumo, a norma IEC 61131-1 é um importante guia para o desenvolvimento e utilização de CLPs. Seu conteúdo detalhado e atualizado garante uma padronização na linguagem de programação, o que contribui para a eficiência e segurança dos processos automatizados no ambiente industrial.

Por outro lado, a Norma IEC 61131-3 é uma das principais referências para a implementação de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). A Norma IEC 61131-3 foi criada para garantir a padronização e a interoperabilidade entre diferentes fabricantes de CLPs, de forma a possibilitar a utilização de linguagens de programação comuns e a troca de informações entre dispositivos de diferentes fabricantes. Esta norma define uma série de padrões para o desenvolvimento de *software* para CLPs. Esses padrões incluem cinco linguagens de programação diferentes, cada uma com uma finalidade específica: Diagrama de escada (*Ladder Diagram* - LD), Diagrama de funções em bloco (*Function Block Diagram* - FBD), Texto estruturado (*Structured Text* - ST), Lista de instruções (*Instruction List* - IL) e Gráfico de função sequencial (*Sequential Function Chart* - SFC) (IEC, 2003).

Cada uma dessas linguagens tem suas próprias regras de sintaxe e semântica, permitindo aos programadores escolher a melhor ferramenta para cada aplicação específica. Além disso, a Norma IEC 61131-3 contém especificações para outras características dos CLPs, como entradas e saídas, temporizadores, contadores, registradores e outros recursos. Essas especificações são detalhadas para garantir que os CLPs de diferentes fabricantes sejam compatíveis entre si e funcionem corretamente em diferentes ambientes, garantindo uma abordagem padronizada e segura para a programação e o uso de CLPs em diversas aplicações industriais (IEC, 2003; CRUZ et al., 2022).

## 2.4 Softwares para programação e simulação

Para usuários iniciantes que desejam aprender a programar um CLP, a Tabela 1 apresenta *softwares* básicos, nos quais a principal aplicação é a criação e a simulação de diagramas *Ladder*.

**Tabela 1** – *Softwares* básicos para aprendizagem

| SOFTWARE                    | DETALHES                                                          |                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | Disponibilidade                                                   | Funções                                                                                               | Websites                                                                                                                                                                                                                    |
| PLC <i>Ladder Simulator</i> | Dispositivo Android, computador <i>Windows</i> e Linux, gratuito. | Criação e simulação de diagramas <i>Ladder</i> .                                                      | <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.casdata.plcladdersimulator&amp;hl=pt_BR&amp;gl=US">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.casdata.plcladdersimulator&amp;hl=pt_BR&amp;gl=US</a>       |
| Macro PLC                   | Dispositivo Android, gratuito.                                    | Criação e simulação de diagramas <i>Ladder</i> .                                                      | <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ionicframework.macropLC365297&amp;hl=pt_BR&amp;gl=US">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ionicframework.macropLC365297&amp;hl=pt_BR&amp;gl=US</a> |
| CADe Simu                   | Computador <i>Windows</i> , gratuito.                             | Criação e simulação de diagramas <i>Ladder</i> . Criação e simulação de diversos diagramas elétricos. | <a href="https://www.cadesimu.net/">https://www.cadesimu.net/</a>                                                                                                                                                           |
| PLCS.NET                    | Computador online, gratuito.                                      | Criação e simulação de diagramas <i>Ladder</i> .                                                      | <a href="http://www.plcsimulator.net/">www.plcsimulator.net/</a>                                                                                                                                                            |
| PLC <i>Simulator Online</i> | Computador online, gratuito.                                      | Criação e simulação de diagramas <i>Ladder</i> . Simulação de uma esteira de transporte em 2D.        | <a href="https://codingplc.com/plc-simulator-online/">https://codingplc.com/plc-simulator-online/</a>                                                                                                                       |

Fonte: Elaboração própria.

Para usuários mais exigentes, como desenvolvedores de programas de CLP para utilizar

em plantas industriais, a Tabela 2 apresenta alguns *softwares* que podem ser utilizados para criação e simulação de diagramas *Ladder*. Alguns deles também podem ser utilizados conectados a um CLP para carregar e monitorar o programa.

**Tabela 2** – *Softwares* avançados para desenvolvimento

| <b>SOFTWARE</b>            | <b>DETALHES</b>                                                        |                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | <b>Disponibilidade</b>                                                 | <b>Funções</b>                                                                                                           | <b>Websites</b>                                                                                                                                                                       |
| TIA Portal                 | Computador<br><i>Windows</i> , pago.                                   | Criação e simulação de diagramas <i>Ladder</i> .<br>Conexão com CLPs da SIEMENS virtualmente e fisicamente.              | <a href="https://new.siemens.com/br/pt/produtos/software/industria/automacao/tia-portal.html">https://new.siemens.com/br/pt/produtos/software/industria/automacao/tia-portal.html</a> |
| EcoStruxure Machine Expert | Computador<br><i>Windows</i> , pago.                                   | Criação e simulação de diagramas <i>Ladder</i> .<br>Conexão com CLPs M221 da Schneider virtualmente e fisicamente.       | <a href="https://www.se.com/br/pt/product-range/2226-ecostruxure-machine-expert/">https://www.se.com/br/pt/product-range/2226-ecostruxure-machine-expert/</a>                         |
| OpenPLC                    | Computador<br><i>Windows</i> , MAC Operating System e Linux, gratuito. | Criação e simulação de diagramas <i>Ladder</i> .<br>Plataforma de código aberto.                                         | <a href="https://openplcproject.com/">https://openplcproject.com/</a>                                                                                                                 |
| CODESYS                    | Computador<br><i>Windows</i> , gratuito.                               | Criação e simulação de diagramas <i>Ladder</i> .<br>Conexão com CLPs virtualmente e fisicamente de diversos fabricantes. | <a href="https://www.codesys.com/">https://www.codesys.com/</a>                                                                                                                       |

Fonte: Elaboração própria.

Para usuários que desejam simular o funcionamento de uma planta industrial comandada por um CLP, a Tabela 3 apresenta *softwares* com esta finalidade.

**Tabela 3** – *Softwares* para simulação

| <b>SOFTWARE</b> | <b>DETALHES</b>                             |                                                                                                           |                                                                                                                                                     |
|-----------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | <b>Disponibilidade</b>                      | <b>Funções</b>                                                                                            | <b>Websites</b>                                                                                                                                     |
| PC Simu         | Computador<br><i>Windows</i> ,<br>gratuito. | Simulação para<br>visualização de processos<br>industriais em 2D. Conexão<br>automática com CAdE<br>SIMU. | <a href="https://cade-simu.com/pt/pc-simu-usos-e-processo-de-instalacao-pt/">https://cade-simu.com/pt/pc-simu-usos-e-processo-de-instalacao-pt/</a> |
| FACTORY I/O     | Computador<br><i>Windows</i> , pago.        | Simulação para<br>visualização de processos<br>industriais em 3D.                                         | <a href="https://factoryio.com/">https://factoryio.com/</a>                                                                                         |

Fonte: Elaboração própria.

### 3 RECURSOS UTILIZADOS

O manual tem por objetivo apoiar o aprendizado e treinamento da programação de CLPs, utilizando recursos adequados para isso, *hardware* (Tabela 4) e *software* (Tabela 5). Algumas simulações, 8 no total, foram propostas e estão devidamente descritas neste documento, que se encontra disponível para *download* no link [https://drive.google.com/file/d/14gLmeNrp3xOjAxCryhSURNmLTRQ\\_xMFC/view?usp=drive\\_sdk](https://drive.google.com/file/d/14gLmeNrp3xOjAxCryhSURNmLTRQ_xMFC/view?usp=drive_sdk). Espera-se que o leitor consiga desenvolver habilidades mínimas para programar, testar e tratar eventuais erros no CLP.

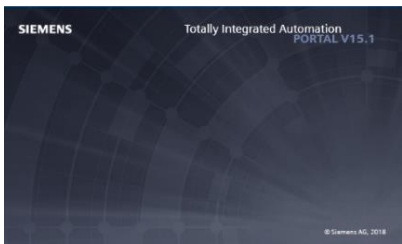
**Tabela 4** – Hardware utilizado

|                                                                 |                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Computador com sistema operacional <i>WINDOWS 7</i> ou superior |   |
| Maleta didática para treinamento com CLP                        |  |
| Cabos de ligação tipo banana 2 mm (azul e vermelho)             |  |
| Cabo de comunicação Ethernet                                    |  |

|                                        |                                                                                    |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Cabo de alimentação elétrica da maleta |  |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: Elaboração própria.

**Tabela 5 – Software utilizado**

|                                             |                                                                                      |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Software de Programação do CLP - TIA Portal |    |
| Software de Simulação 3D - Factory I/O      |  |

Fonte: Elaboração própria.

### 3.1 CLP S7-1200 SIEMENS

Para o controle do processo, o CLP escolhido foi o CLP da SIEMENS da série S7-1200, CPU 1214C AC/DC/Rly (Figura 5), trata-se de um controlador versátil, que admite expansão por blocos modulares de comunicação e de sinal, a escolha ocorreu devido possuir todas as funcionalidades desejadas, como atuar em atividades simples de pequeno e médio porte com alto desempenho, por apresentar conformidade com a norma IEC 61131-3 e a necessidade de utilizar o mesmo modelo de CLP físico, disponível no Instituto Federal do Tocantins (IFTO), campus Palmas (LAGE, 2017).

O CLP SIMATIC S7-1200 é capaz de controlar o ambiente industrial do Factory I/O, isso é possível pois o *software* de simulação dispõe de um *Driver* para comunicação com o CLP

S7-1200 através de um protocolo proprietário da SIEMENS sobre a porta Ethernet do controlador (PEREIRA, 2018).

Figura 5 – CLP S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY



Fonte: SIEMENS ([s. d.]).

Algumas das características funcionais mais relevantes do modelo do controlador utilizado S7-1200, CPU 1214C AC/DC/RLY, 6ES7 214-1BG40-0XB0 estão disponíveis na Tabela 6:

Tabela 6 – Características do CLP S7-1200

| CLP S7-1200<br>CPU 1214C  | CARACTERÍSTICAS<br>FUNCIONAIS |
|---------------------------|-------------------------------|
|                           | DETALHES                      |
| Versão do <i>Firmware</i> | V4.2                          |
| Módulo periférico         | 6ES7 214-1BG40-0XB0           |
| Tensão de Alimentação     | 120 a 240V AC                 |

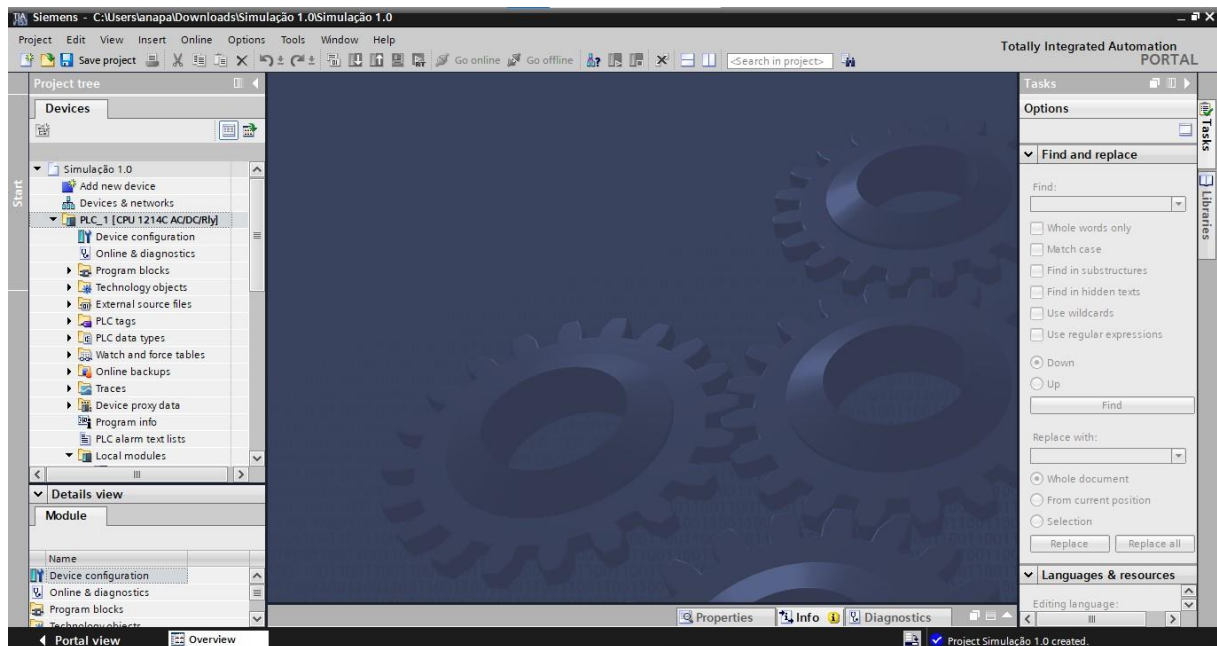
|                                                   |                                            |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Entradas/Saídas Digitais                          | 14 entradas (24 V DC)/10 saídas (Relé 2 A) |
| Entradas analógicas                               | 2 entradas                                 |
| Interface PROFINET                                | 1 porta de comunicação RJ45 (Ethernet)     |
| <b>EXPANSÃO</b>                                   |                                            |
| Módulo de sinal                                   | 8                                          |
| Placa de sinal, bateria ou comunicação            | 1                                          |
| Módulo de comunicação (expansão lateral esquerda) | 3                                          |

Fonte: FELGUEIRAS (2017), adaptado pelos autores.

### 3.2 TIA portal

O *Totally Integrated Automation Portal* (TIA Portal), é um *software* que compõe uma estrutura de intuição e eficácia. Essa plataforma possibilita a automação de forma eficaz, permitindo a projeção de todos os processos de automação de maneira inteligente, a partir de uma única tela de computador, fazendo a implementação e configuração de projetos para os CLPs, IHMs e sistemas SCADA do fabricante SIEMENS, para ser utilizado basta que o computador onde o programa está instalado esteja interligado na mesma rede Ethernet dos equipamentos que vão ser configurados, além de criar ou editar projetos, o programa também faz o monitoramento em tempo real do CLP, e a comparação entre o projeto que está sendo editado e o que está sendo executado no CLP (SILVA, 2017). A Figura 6 apresenta a tela inicial de um projeto aberto, estando no canto esquerdo a árvore do projeto, onde é possível selecionar qual componente se deseja programar, isso tudo com grande facilidade, neste caso, apenas o CLP está disponível para alterações.

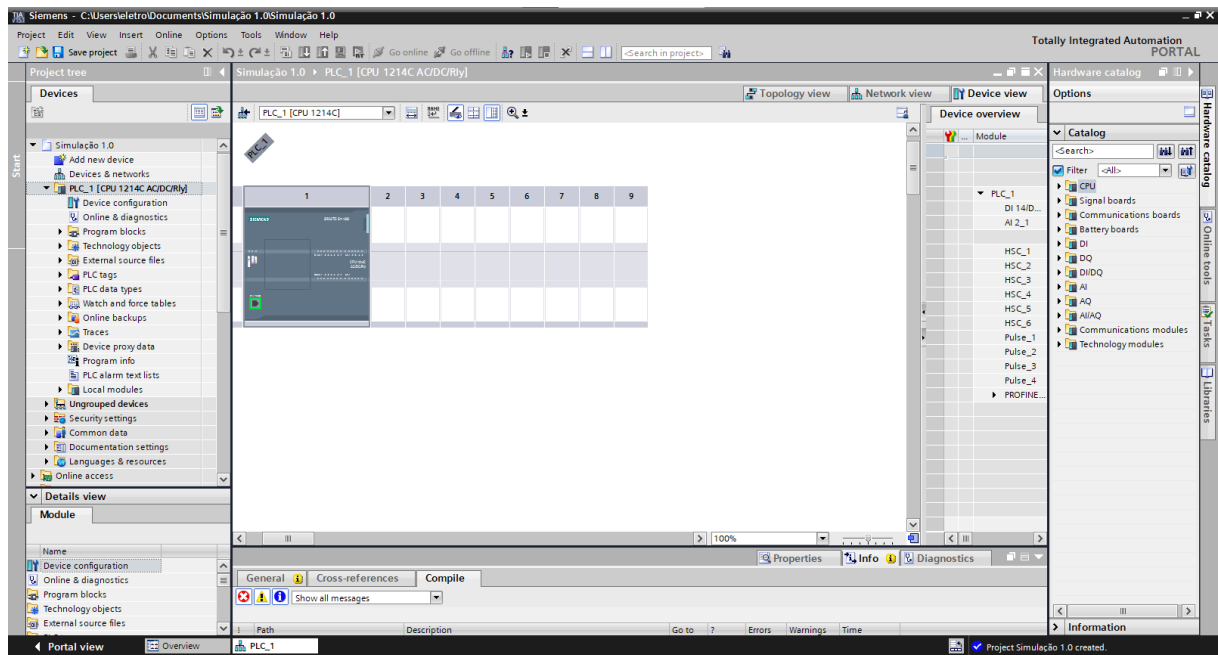
Figura 6 – Softwares para visualização



Fonte: Elaboração própria.

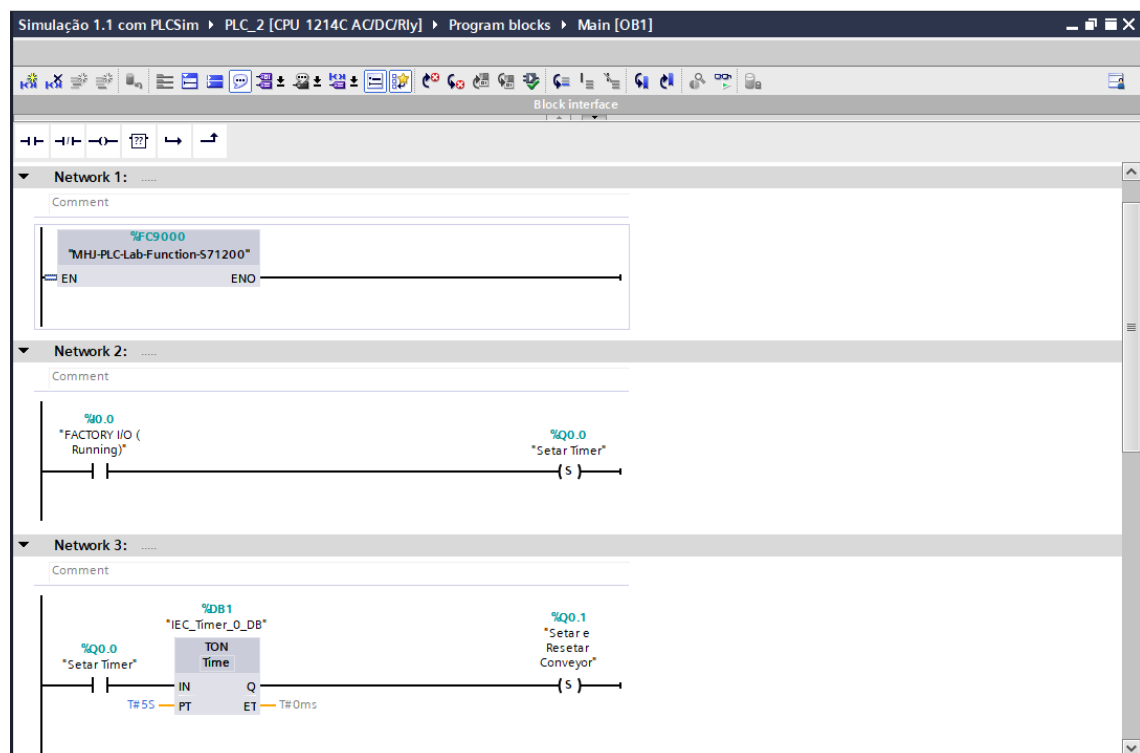
Por outro lado, a Figura 7, apresenta a interface de *hardware*, destacando, neste contexto, a inclusão do CLP SIEMENS SIMATIC S7-1200 no projeto. A programação em linguagem *Ladder* é estruturada em blocos de instruções, meticulosamente organizados conforme as diretrizes estabelecidas pelo programador. Na Figura 8, é possível visualizar um exemplar de um desses blocos de programação *Ladder* no TIA Portal, oferecendo a integração de todos os componentes importantes de um projeto de automação em um único *framework*, *drives*, *switchgear*, periféricos descentralizados, controle de movimento e distribuição de energia. Um banco de dados compartilhado e um conceito de biblioteca inteligente permite que se use funções superordenadas, fluxo de trabalho digital, soluções em nuvem flexíveis e simulações escaláveis com interfaces digitais duplas e abertas (SIEMENS, [s. d.]).

**Figura 7** – Tela de *Hardware* do TIA Portal



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 8** – Programa em *Ladder* do TIA Portal



Fonte: Elaboração própria.

Para a programação e monitoramento do CLP o *software* escolhido foi o SIMATIC TIA Portal V15.1, devido à grande variedade de recursos em comparação com *softwares* similares.

O TIA Portal é um *software* comercial, mas a desenvolvedora dispõe uma versão de teste completa de forma gratuita por um período de 21 dias, permitindo a simulação dos programas desenvolvidos com o uso do CLP da SIEMENS do modelo de sistema da SIMATIC S7-1200, além da utilização do SIMATIC S7 – PLCSIM no qual simula o CLP virtual (SIEMENS, [s. d.]).

### 3.3 Factory I/O

O *software* Factory I/O foi criado para o ensino e desenvolvimento de aplicações em automação industrial, é uma ferramenta que possibilita criar plantas industriais virtuais que podem ser controladas por tecnologias externas como os CLPs, seu uso otimiza o treinamento em automação e traz inúmeras vantagens como economia de espaço e zero risco de danos aos equipamentos (PEREIRA, 2021). Para a simulação do processo físico, o *software* Factory I/O, permite construir rapidamente um processo industrial usando uma seleção de peças e dispositivos industriais comuns, além de permitir conexão OPC. Segundo o próprio site Factory I/O, o cenário mais comum é utilizar o Factory I/O como uma plataforma de treinamento de controle usando CLP, uma vez que são os controladores mais comuns encontrados em aplicações industriais (REAL GAMES UNIPessoal LDA, [s. d.]).

Para a simulação do processo industrial, o *software* escolhido foi o FACTORY I/O, pelo fato dele ser uma plataforma intuitiva, dispondo de recursos de simulação em 3D, conectividade com o TIA Portal, além da facilidade de operação e interação com CLPs reais. O FACTORY I/O é um *software* comercial, mas o fabricante disponibiliza uma versão de teste completa gratuita por um período de 30 dias (REAL GAMES UNIPessoal LDA, [s. d.]). O Factory I/O dispõe de sete edições diferentes, sendo cada edição direcionada a tecnologias específicas, com *Drivers* de E/S direcionados. Para o desenvolvimento do trabalho foi adquirida a licença Factory I/O SIEMENS *Edition* (Edição SIEMENS de E/S de fábrica) por um período de três meses, compatível com as versões de CLP: LOGO!, S7-200/200 SMART/300/400, S7-1200/1500, S7-PLCSIM, visto que sua conexão aos CLPs da SIEMENS ocorre através de Ethernet, a conexão ao CLP S7-PLCSIM dá-se por meio do *plug and play* (PnP), sem necessidade de *hardware* e *software* extras (REAL GAMES UNIPessoal LDA, [s. d.]).

O *software* disponibiliza uma vasta gama de componentes modelados com base em equipamentos industriais de uso recorrente, os quais podem ser integrados e arranjados em um espaço tridimensional com vistas à concepção de um sistema simulado. Além disso, com o intuito de orientar o usuário e ilustrar o funcionamento do programa, o *software* oferece cenas

pré-fabricadas para simulação, as quais já se encontram incorporadas à instalação do aplicativo, a exemplo da representação da Linha de Produção, conforme ilustrado na Figura 9.

Cada componente e dispositivo incorporado à simulação ostenta atributos individuais passíveis de designação pelo usuário, com vistas a simplificar a supervisão e ativação dos mesmos. O Factory I/O, devido à sua capacidade de possibilitar simulações virtuais de procedimentos, que, tradicionalmente, são conduzidas em ambientes laboratoriais durante a formação acadêmica, emerge como uma ferramenta de estudo de notável relevância. Ademais, sua capacidade de estabelecer comunicação com controladores reais o torna particularmente indicado para inclusão no escopo deste projeto (GOUVÊA, 2021).

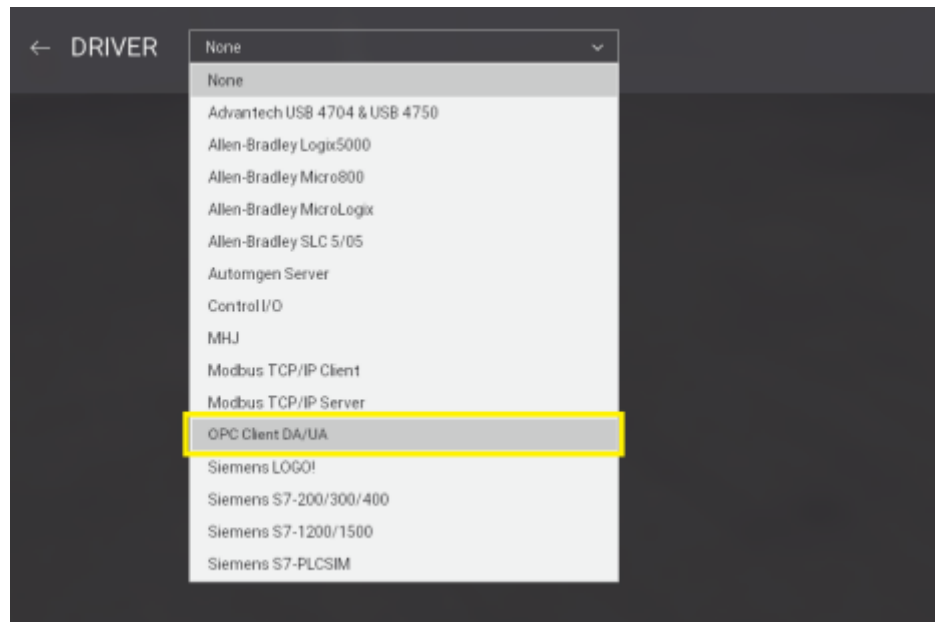
**Figura 9** – Cena exemplo de Linha de Produção - Factory I/O



Fonte: GOUVÊA (2021).

A comunicação no Factory I/O acontece por meio da janela de *Drivers*, nela é possível escolher o controlador com o qual deseja-se comunicar e protocolos como Modbus e OPC, conforme Figura 10.

**Figura 10** – Configuração de tipo de comunicação no Factory I/O



Fonte: GOUVÊA (2021).

## 4 ESTUDOS DE CASOS

Este capítulo descreve os estudos de casos experimentais desenvolvidos nesta monografia. A sua finalidade é o desenvolvimento de atividades práticas que permitam a reprodução para fins didáticos no âmbito acadêmico e industrial. Para tal finalidade, serão utilizados os PLCSIM e CLP S7-1200, a ferramenta computacional de programação TIA Portal e o simulador Factory I/O.

Na etapa inicial é realizada a programação do CLP no ambiente de desenvolvimento TIA Portal demonstrando as funcionalidades básicas e monitorando o funcionamento do programa, em seguida é definido o cenário a ser implementado no *software* Factory I/O, através de cenas pré-existentes que podem ser modificadas. De forma sucinta é descrito o problema proposto em cada estudo de caso, com seus requisitos de controle e visualização da simulação.

### 4.1 Caso 1 com CLP virtual

#### 4.1.1 Objetivos

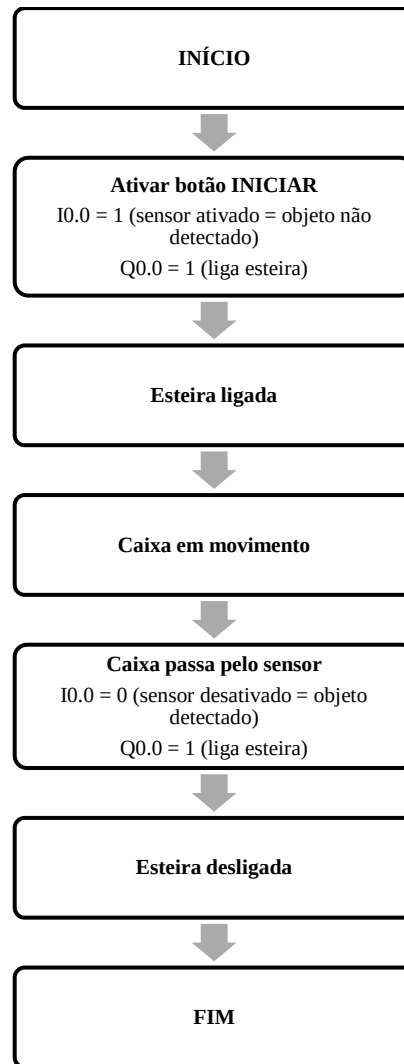
- Transportar uma caixa por uma esteira, até ela chegar a um sensor devidamente posicionado;
- Programar no TIA Portal essas ações na linguagem *Ladder*;
- Visualizar no Factory I/O a operação básica de um contato NA e uma bobina NA.

#### 4.1.2 Material utilizado

- Computador com configurações de *hardware* adequados e sistema operacional *Windows*;
- TIA Portal e Factory I/O.

#### 4.1.3 Descrição da simulação

O fluxograma da Figura 11 apresenta todos os passos necessários para a execução das ações especificadas nesta prática e simuladas no Factory I/O.

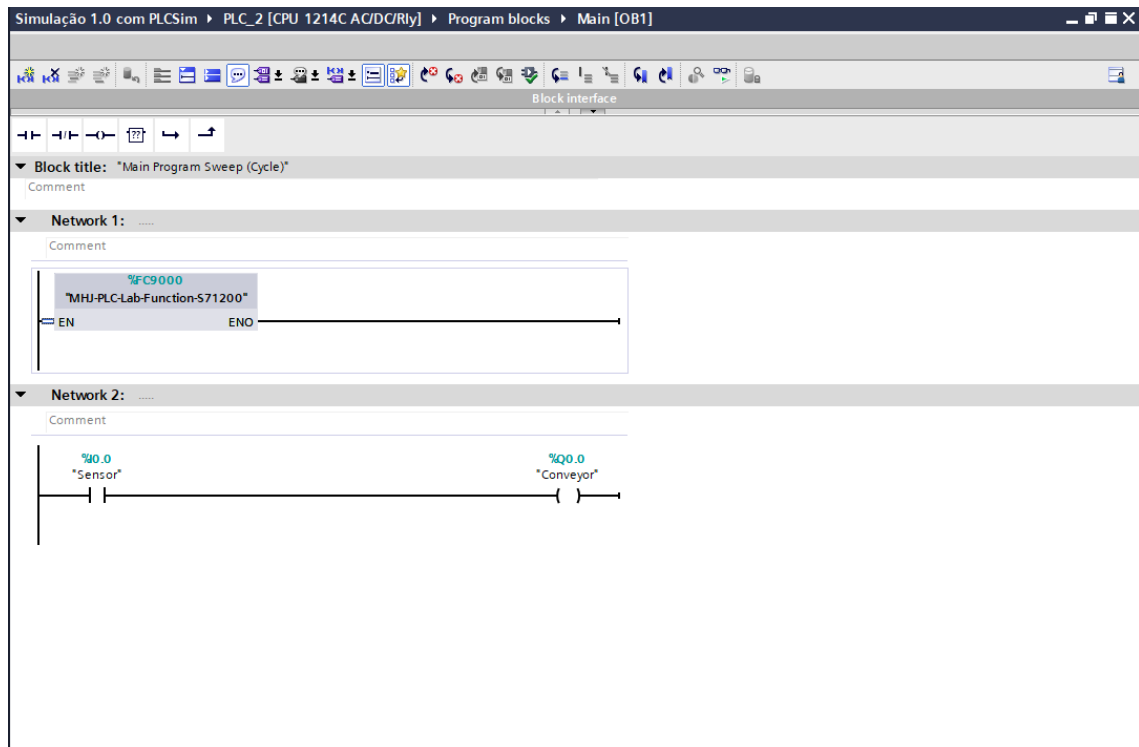
**Figura 11** – Fluxograma da Simulação 1

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.1.4 Procedimentos necessários

Para iniciar a execução da Simulação 1, siga todos os passos necessários para a criação do projeto no TIA Portal, utilizando a *template* do PLCSim. Crie o programa em *Ladder* como mostrado na Figura 12.

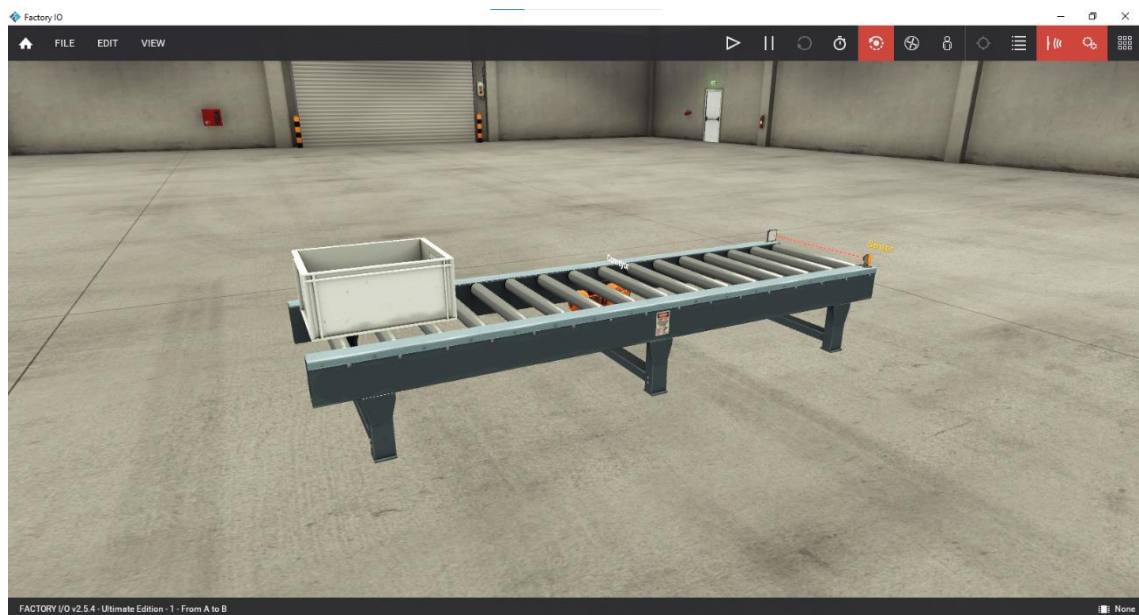
**Figura 12** – Programa em *Ladder* para a Simulação 1



Fonte: Elaboração própria.

No Factory I/O abra a Cena 1 – *From A to B* (Figura 13).

**Figura 13** – Cena 1 – *From A to B* para a Simulação 1

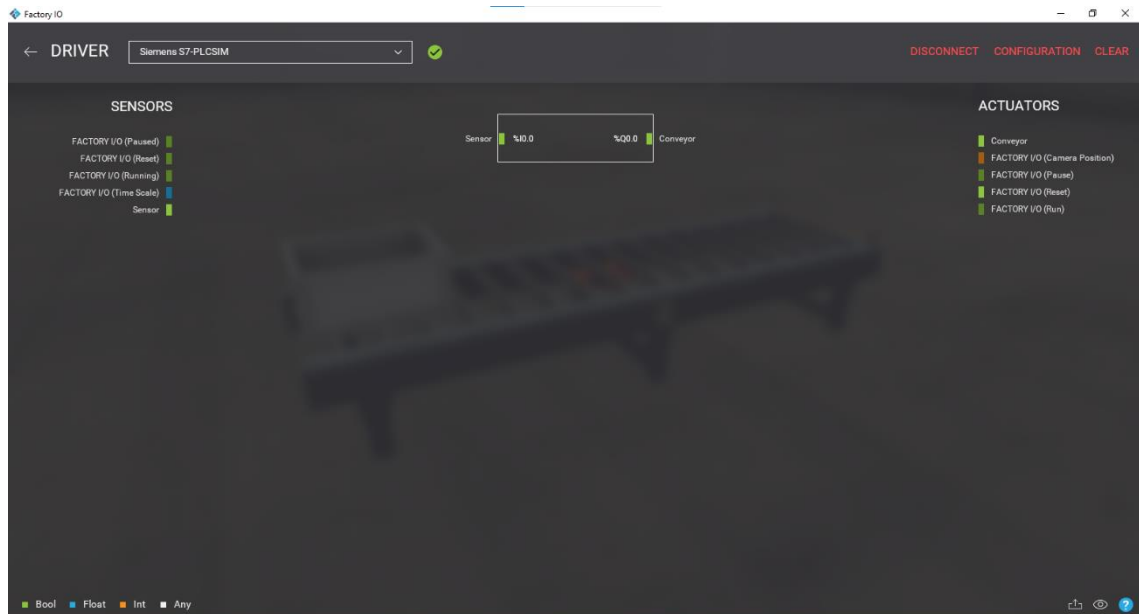


Fonte: Elaboração própria.

Na configuração de *Driver* do Factory I/O, selecione o PLCSim e realize as

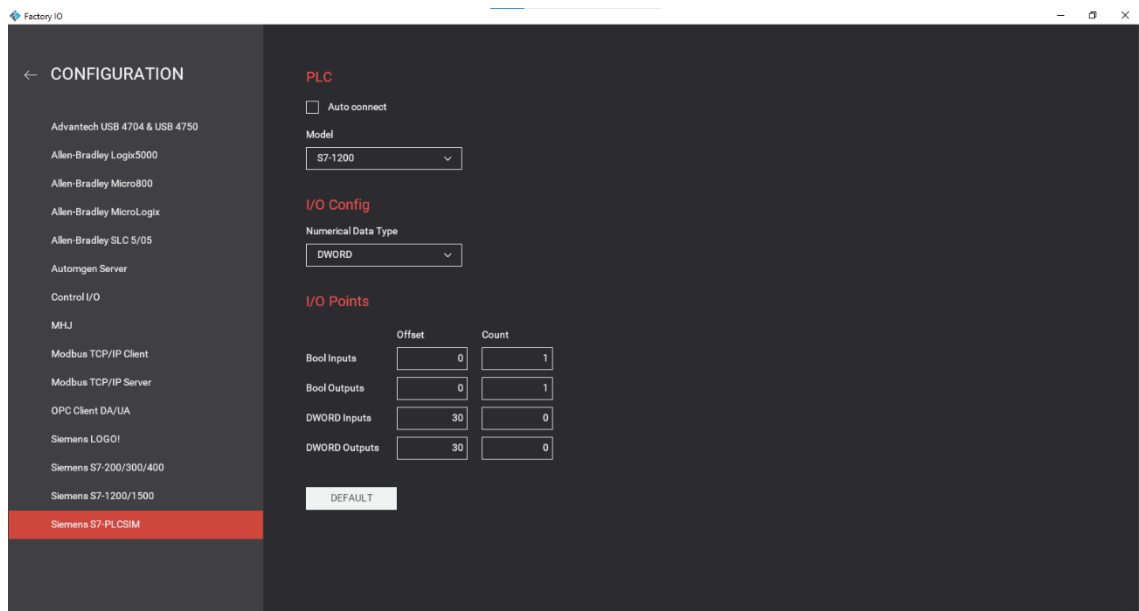
configurações indicadas nas Figuras 14 e 15.

**Figura 14** – Configurando o *Driver* para a Simulação 1



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 15** – Configuração I/O S7-PLCSIM para a Simulação 1



Fonte: Elaboração própria.

Na configuração do Factory I/O (Figura 15), clique no campo superior esquerdo para voltar a janela de *Driver* do Factory I/O (Figura 14), clique novamente em voltar para retornar a cena 1 do Factory I/O (Figura 13), clique no botão iniciar simulação.

**Vídeo aula da Simulação 1**

(<https://youtu.be/5BqoSEjsCDs?si=H-FevJ-IwPf9ozwv>).

## 4.2 Caso 2 com CLP virtual

### 4.2.1 Objetivos

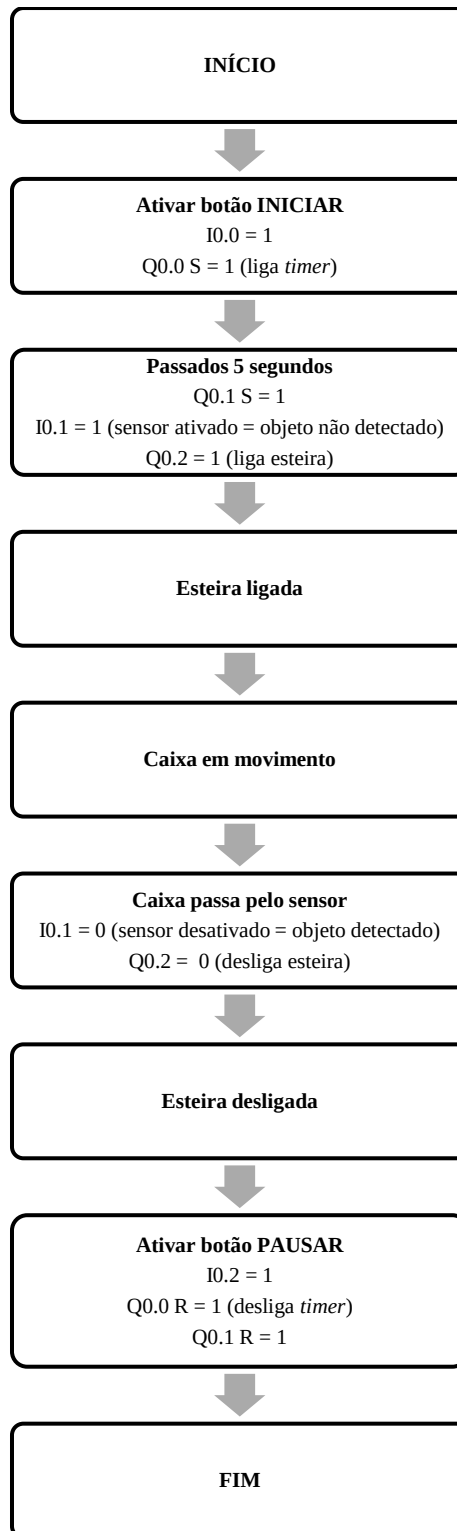
- Utilizar o timer para contagem do tempo, fazendo com que transcorrido o intervalo de tempo definido a caixa seja transportada pela esteira determinar que no momento em que a caixa passar pelo sensor, a esteira seja desativada e utilizar o botão Pause do Factory I/O para resetar o timer;
- Programar no TIA Portal essas ações na linguagem *Ladder*;
- Visualizar no Factory I/O a operação de um bloco temporizador do tipo TON (Timer On Delay – Temporizador com retardo na energização) e de bobinas do tipo SET e RESET.

### 4.2.2 Material utilizado

- Computador com configurações de *hardware* adequados e sistema operacional *Windows*;
- TIA Portal e Factory I/O.

### 4.2.3 Descrição da simulação

O fluxograma da Figura 16 apresenta todos os passos necessários para a execução das ações especificadas nesta prática e simuladas no Factory I/O.

**Figura 16** – Fluxograma da Simulação 2

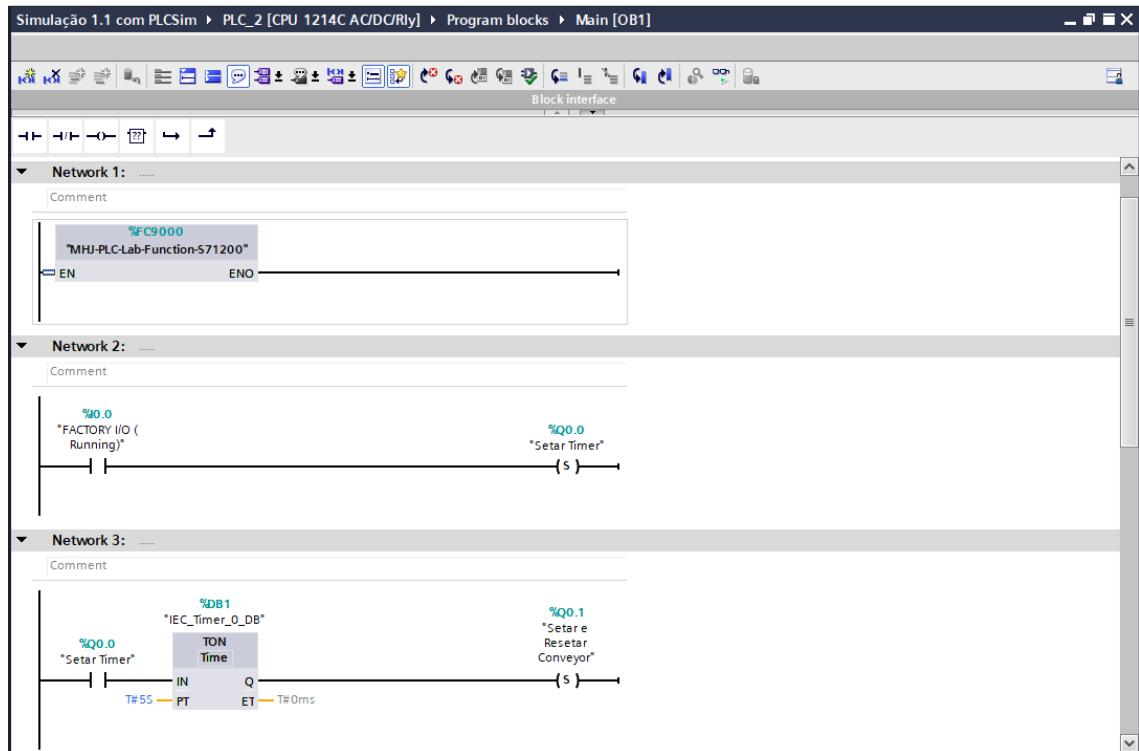
Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.4 Procedimentos necessários

Para iniciar a execução da Simulação 2, siga todos os passos necessários para a criação

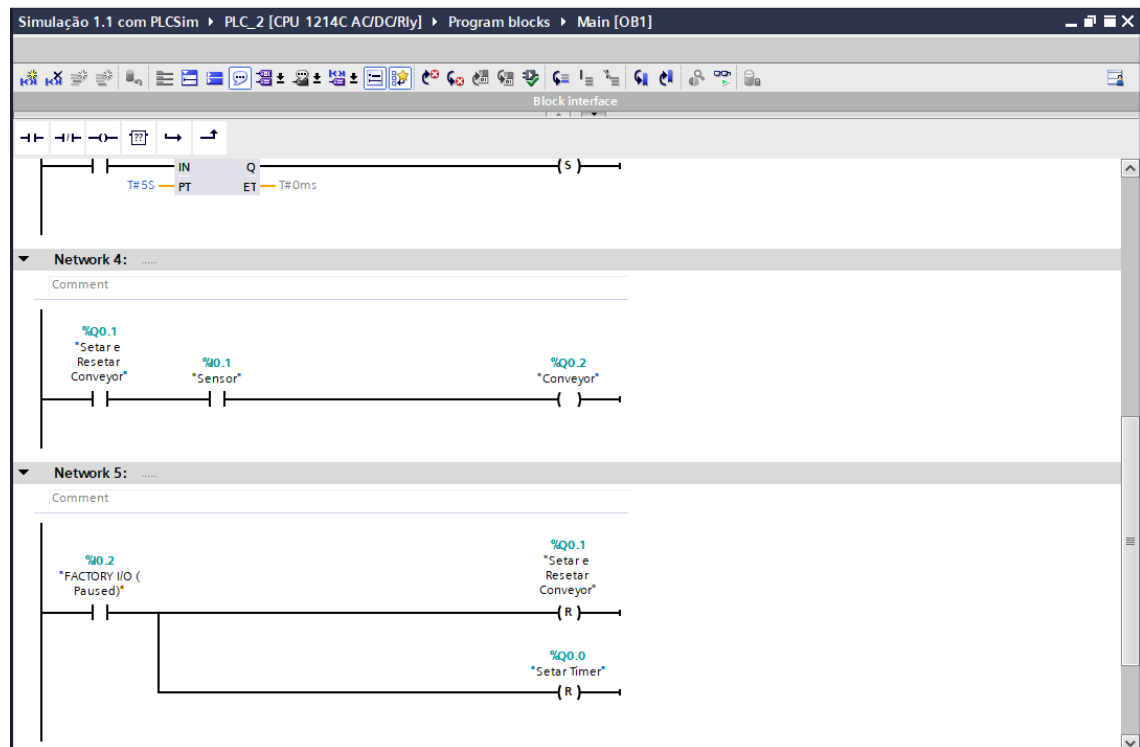
do projeto no TIA Portal, utilizando a *template* do PLCSim. Crie o programa em *Ladder* como mostrado nas Figuras 17 e 18.

**Figura 17** – Programa em *Ladder* para a Simulação 2 (parte 1 de 2)



Fonte: Elaboração própria.

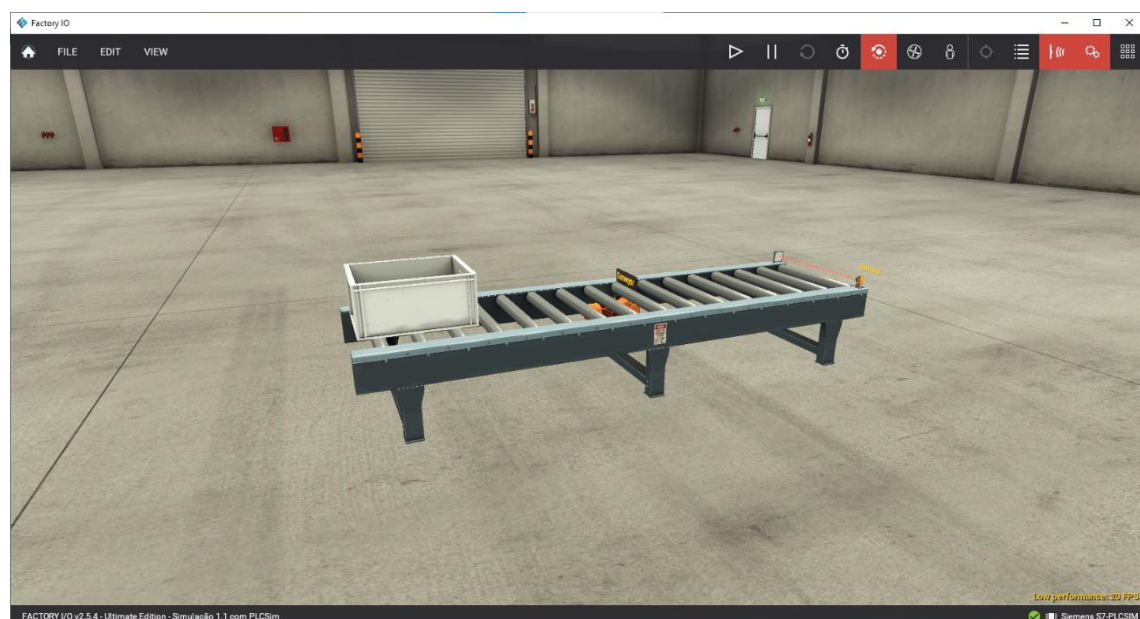
**Figura 18** – Programa em *Ladder* para a Simulação 2 (parte 2 de 2)



Fonte: Elaboração própria.

No Factory I/O abra a Cena 1 – *From A to B*, conforme a Figura 19.

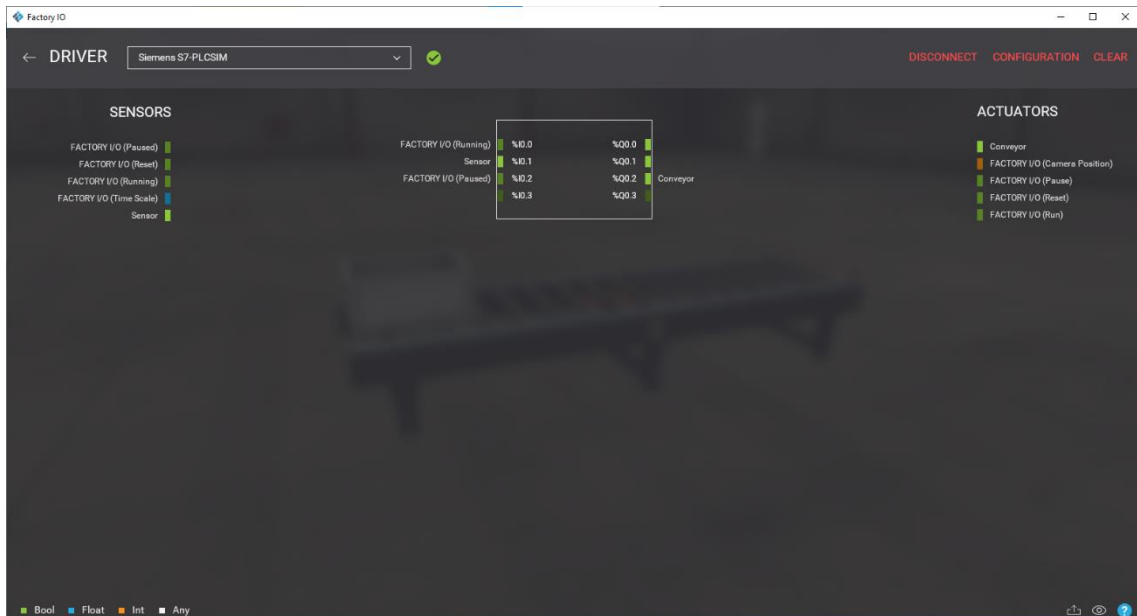
**Figura 19** – Cena 1 – *From A to B* para a Simulação 2



Fonte: Elaboração própria.

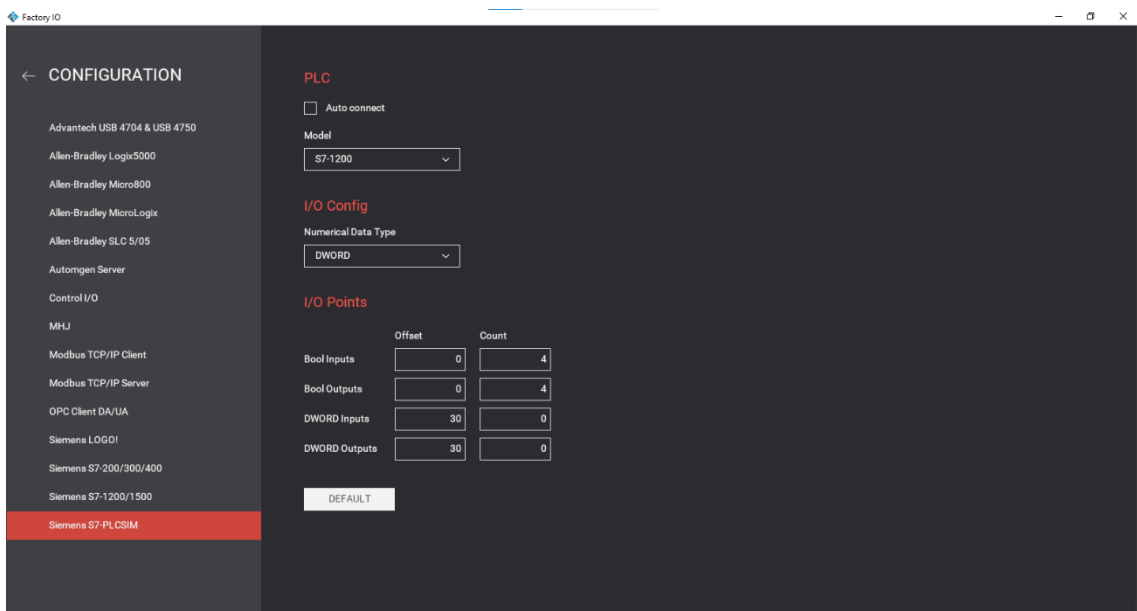
Configure para o PLCSim e configure as entradas e saídas conforme as Figuras 20 e 21.

**Figura 20** – Configurando o *Driver* para a Simulação 2



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 21** – Configuração I/O S7-PLCSIM para a Simulação 2



Fonte: Elaboração própria.

Na configuração do Factory I/O (Figura 21), clique no campo superior esquerdo para voltar a janela de *Driver* do Factory I/O (Figura 20), clique novamente em voltar para retornar a cena 1 do Factory I/O (Figura 19), clique no botão iniciar simulação.

**Vídeo aula da Simulação 2**

(<https://youtu.be/pVTQOnGXsFU?si=TdKTELY7iwOGpUJf>).

### 4.3 Caso 3 com CLP virtual

#### 4.3.1 Objetivos

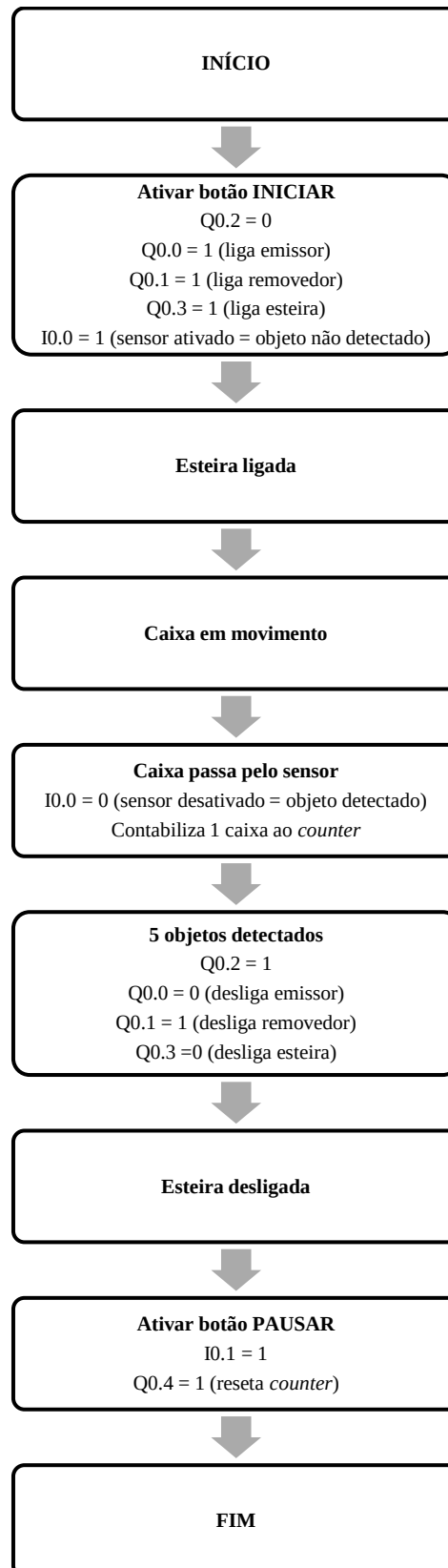
- Emitir caixa automaticamente, contar caixas ao passar pelo sensor, interromper o processo de emissão após um determinado número de caixas passar pelo sensor e resetar o contador;
- Programar no TIA Portal essas ações na linguagem *Ladder*;
- Visualizar no Factory I/O a operação de contatos NF e um bloco de contagem do tipo CTU (Contador Crescente).

#### 4.3.2 Material utilizado

- Computador com configurações de *hardware* adequados e sistema operacional *Windows*;
- TIA Portal e Factory I/O.

#### 4.3.3 Descrição da simulação

O fluxograma da Figura 22 apresenta todos os passos necessários para a execução das ações especificadas nesta prática e simuladas no Factory I/O.

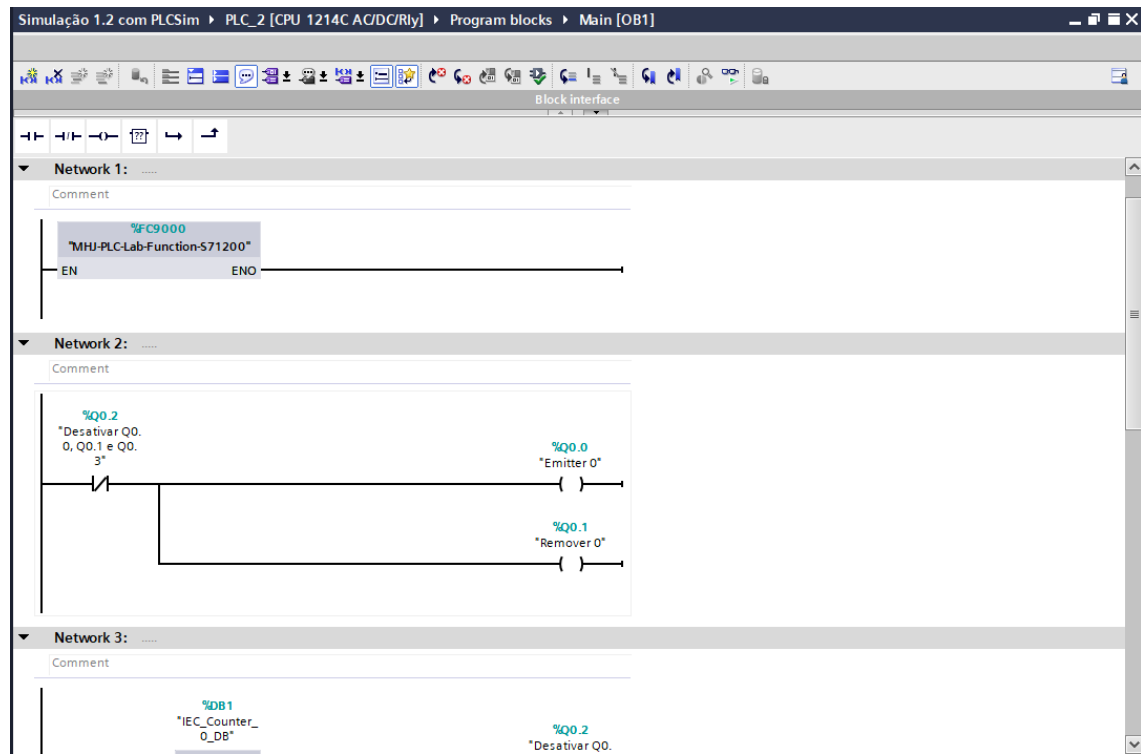
**Figura 22** – Fluxograma da Simulação 3

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.3.4 Procedimentos necessários

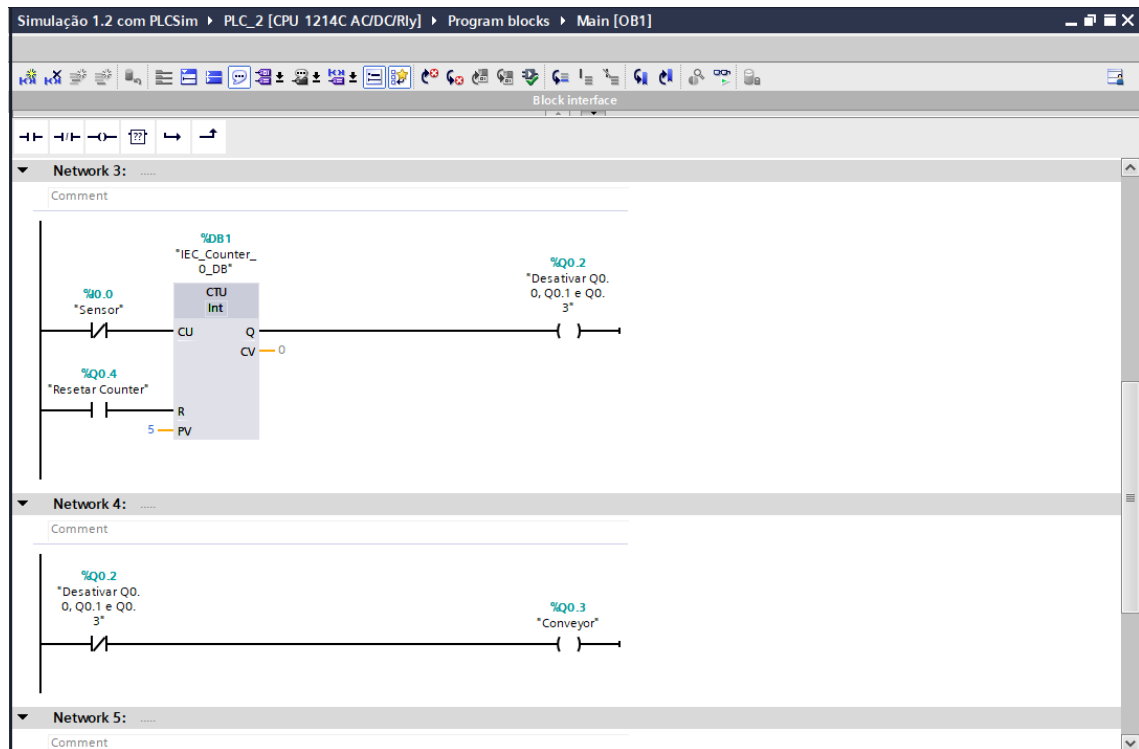
Para iniciar a execução da Simulação 3, siga todos os passos necessários para a criação do projeto no TIA Portal, utilizando a *template* do PLCSim. Crie o programa em *Ladder* como mostrado nas Figuras 23 a 25.

**Figura 23** – Programa em *Ladder* para a Simulação 3 (parte 1 de 3)



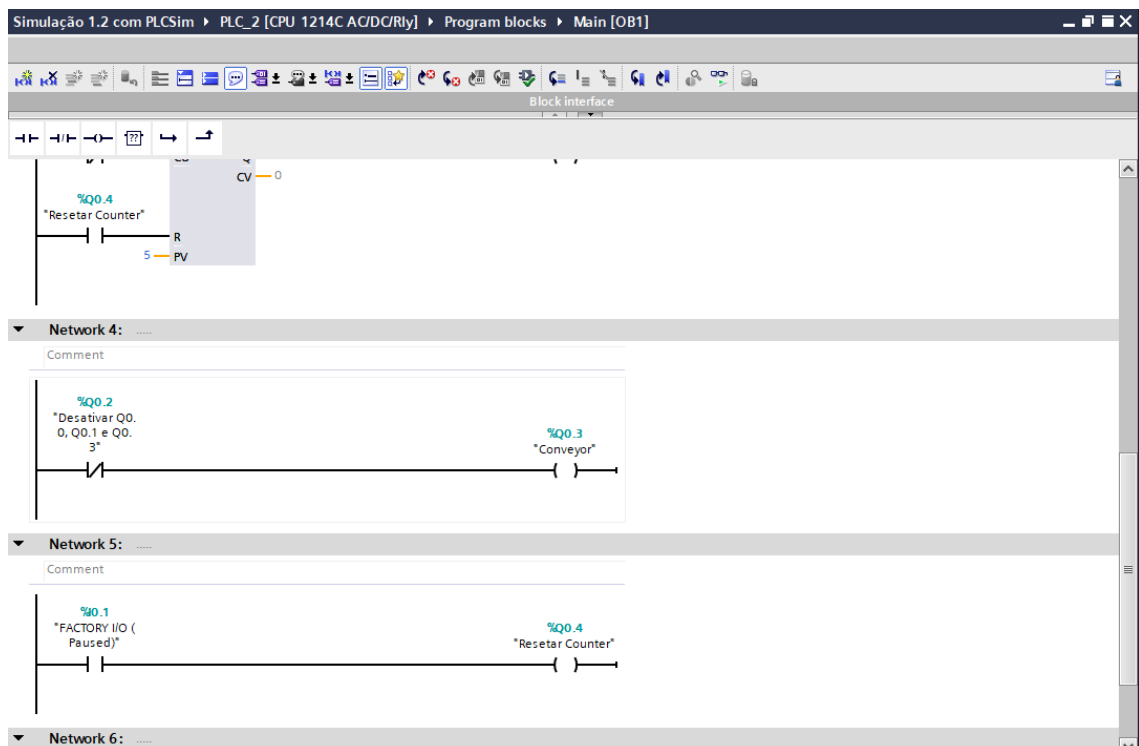
Fonte: Elaboração própria.

**Figura 24** – Programa em *Ladder* para a Simulação 3 (parte 2 de 3)



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 25** – Programa em *Ladder* para a Simulação 3 (parte 3 de 3)

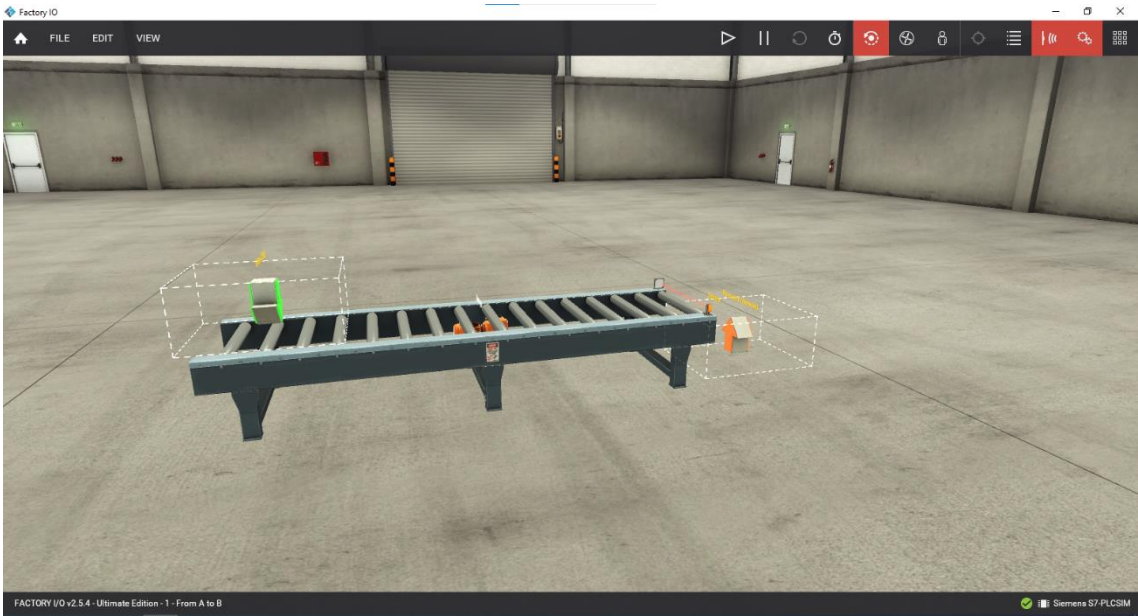


Fonte: Elaboração própria.

No Factory I/O abra a Cena 1 – *From A to B*, remova a caixa cinza, adicione um emissor

e um removedor, conforme a Figura 26.

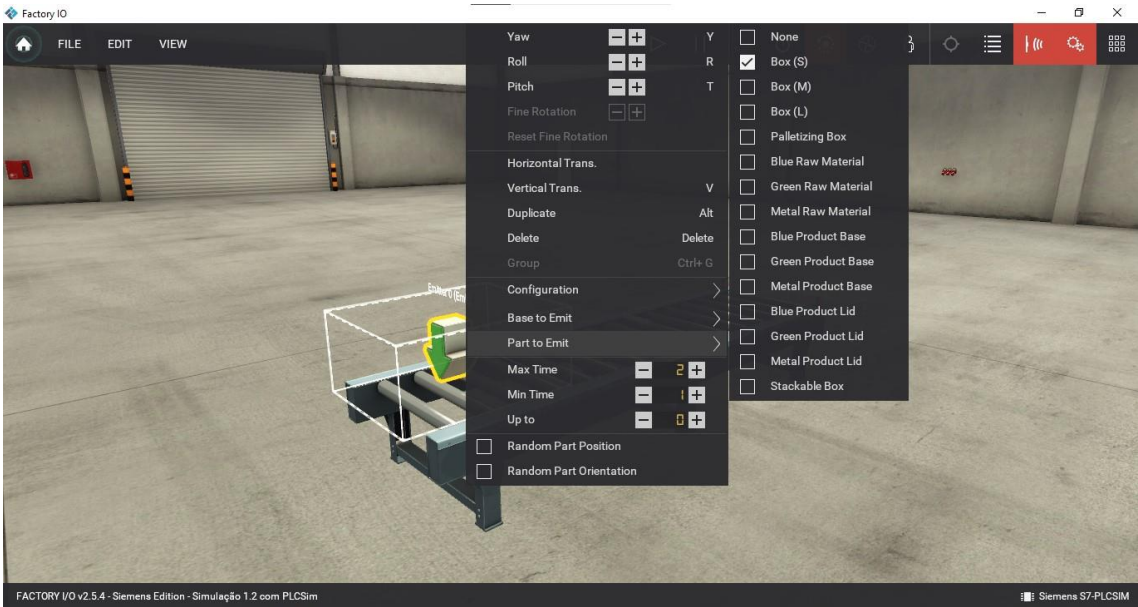
Figura 26 – Cena 1 – From A to B para a Simulação 3



Fonte: Elaboração própria.

Clicando com o botão direito em cima do emissor, no campo *Part to Emit* (Parte a emitir) configure o emissor para *Box (S)*, nos campos *Max time* altere para 2 e *Min time* para 1, conforme a Figura 27.

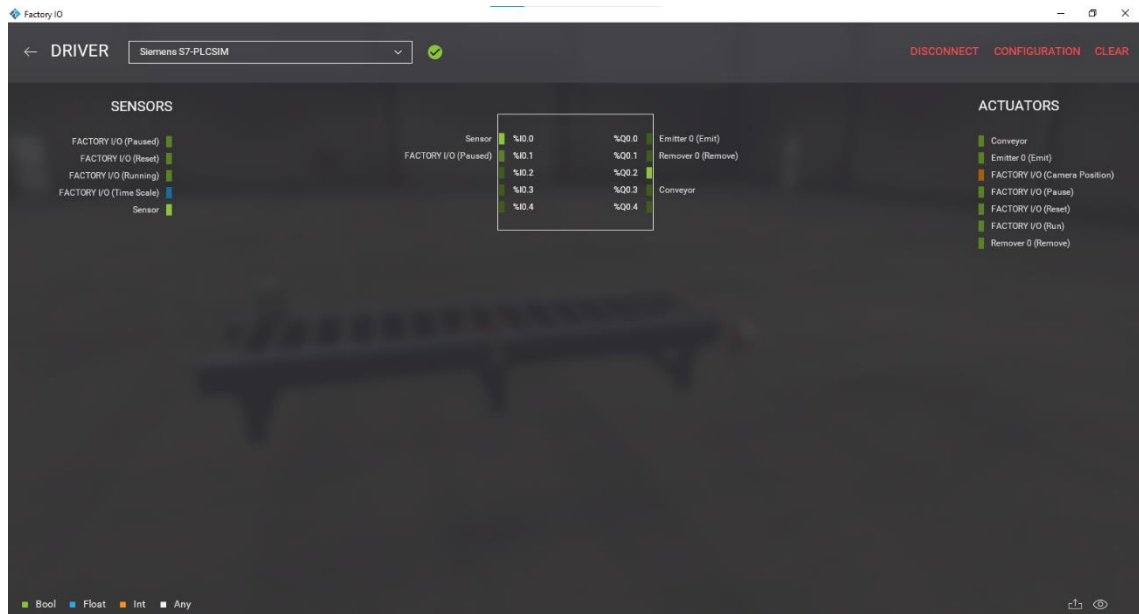
Figura 27 – Configuração do emissor para a Simulação 3



Fonte: Elaboração própria.

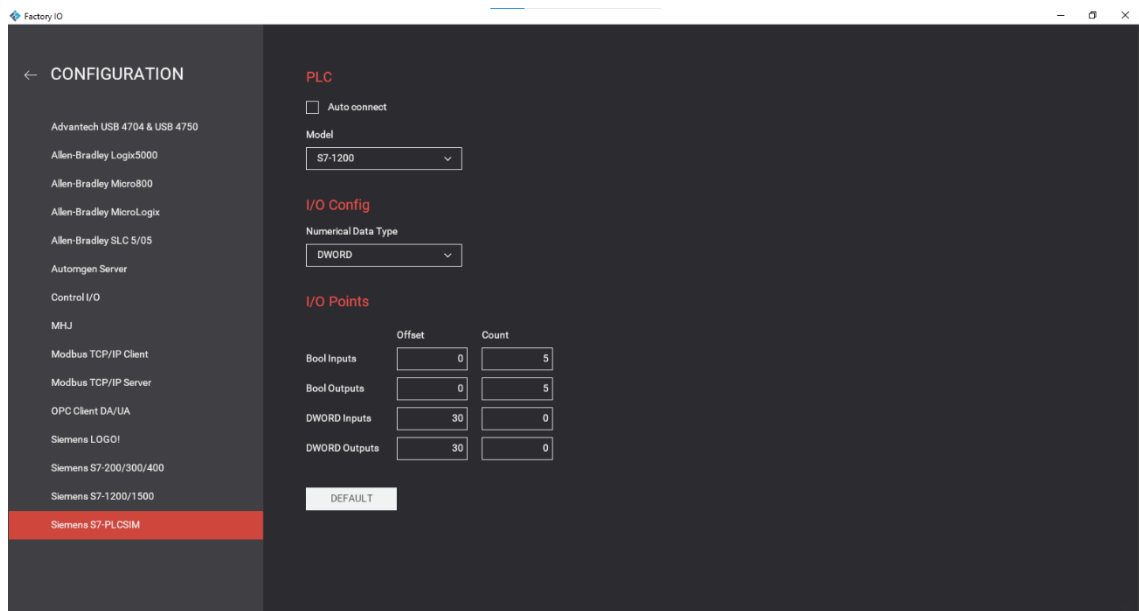
Configure para o PLCSim e configure as entradas e saídas conforme as Figuras 28 e 29.

**Figura 28** – Configurando o *Driver* para a Simulação 3



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 29** – Configuração I/O S7-PLCSIM para a Simulação 3



Fonte: Elaboração própria.

Na configuração do Factory I/O (Figura 29), clique no campo superior esquerdo para voltar a janela de *Driver* do Factory I/O (Figura 28), clique novamente em voltar para retornar a cena 1 do Factory I/O (Figura 26), clique no botão iniciar simulação.

**Vídeo aula da Simulação 3**

([https://youtu.be/jWTt6V6MGL0?si=hhZM5\\_wPUvZ4Y-v3](https://youtu.be/jWTt6V6MGL0?si=hhZM5_wPUvZ4Y-v3)).

## 4.4 Caso 4 com CLP virtual

### 4.4.1 Objetivos

- Fazer uma seleção de caixas pela altura, utilizar a esteira rotativa, utilizar o sensor de altura (emissor e receptor de matriz de luz) e utilizar emissor e removedor de caixas;
- Programar no TIA Portal essas ações na linguagem *Ladder*;
- Visualizar no Factory I/O a operação de contatos NA e NF, dois blocos temporizadores do tipo TON (Timer On Delay – Temporizador com retardo na energização e bobinas SET e RESET.

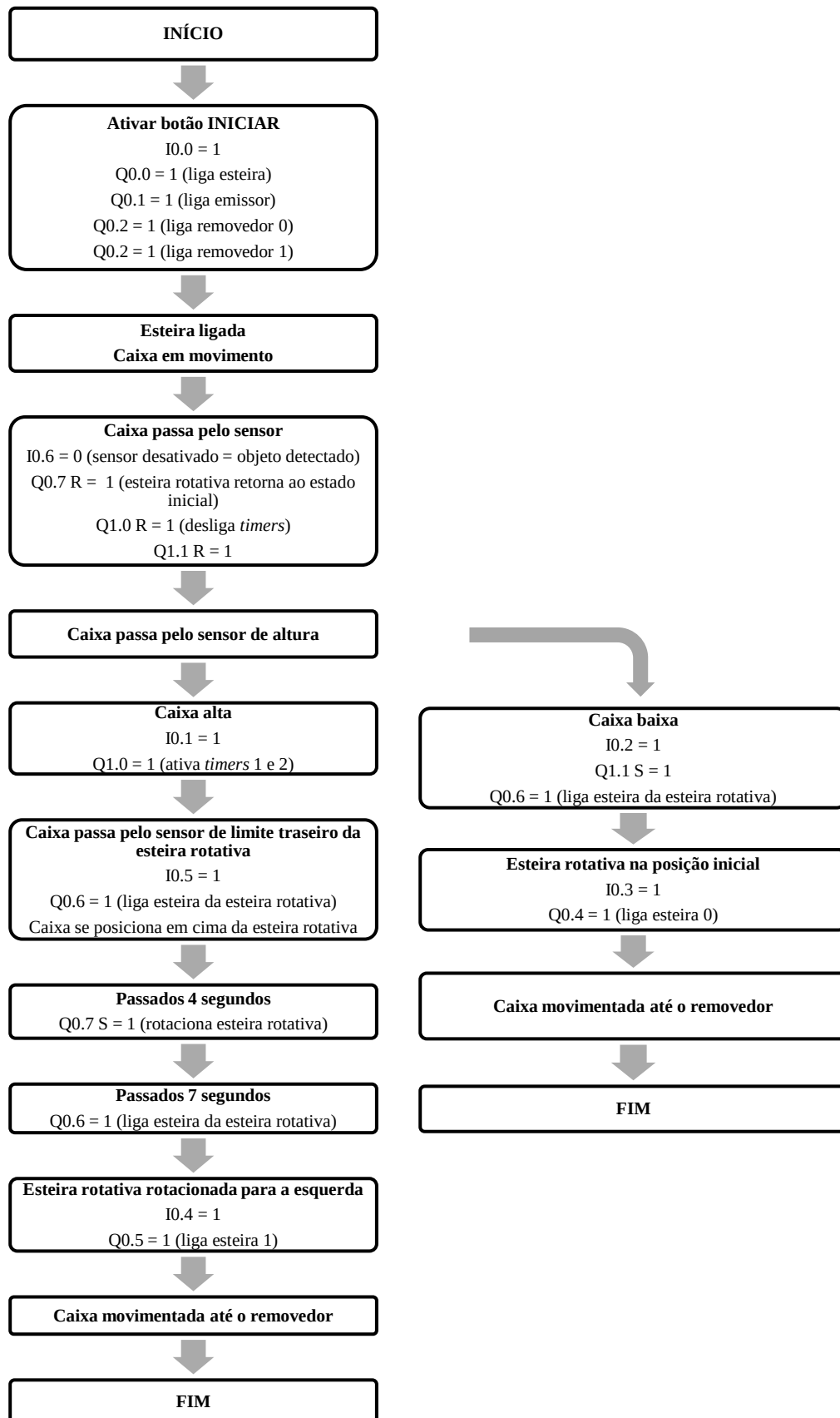
### 4.4.2 Material utilizado

- Computador com configurações de *hardware* adequados e sistema operacional *Windows*;
- TIA Portal e Factory I/O.

### 4.4.3 Descrição da simulação

O fluxograma da Figura 30 apresenta todos os passos necessários para a execução das ações especificadas nesta prática e simuladas no Factory I/O.

Figura 30 – Fluxograma da Simulação 4

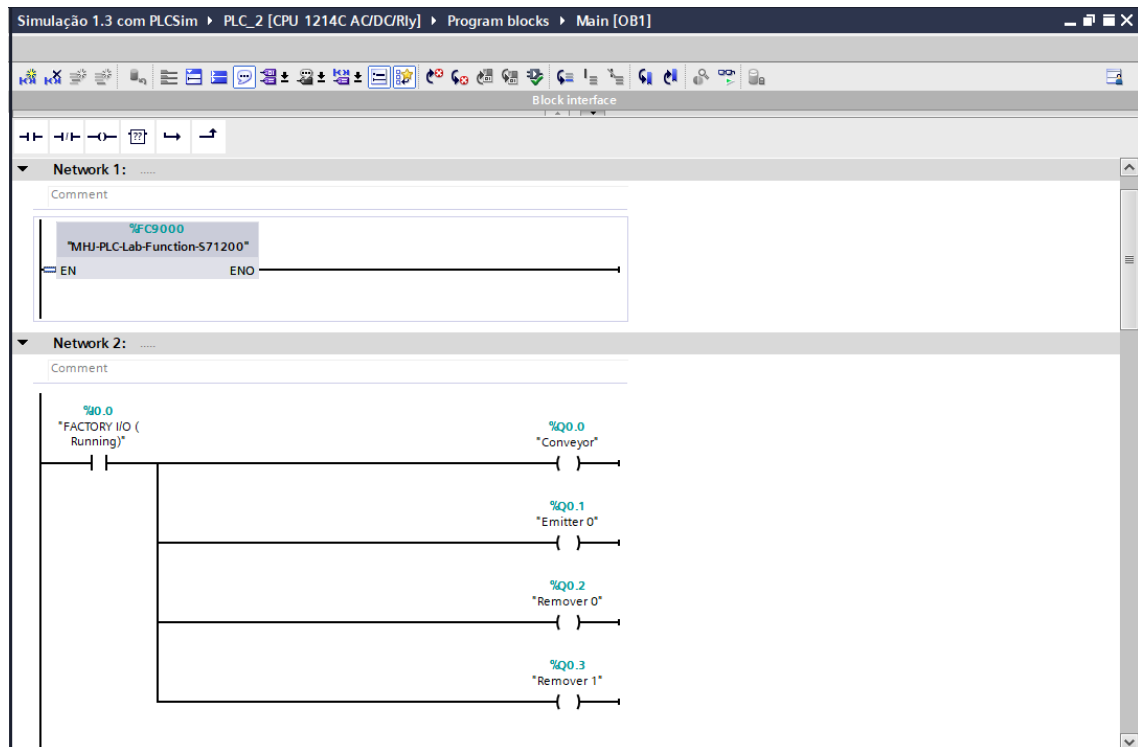


Fonte: Elaboração própria.

#### 4.4.4 Procedimentos necessários

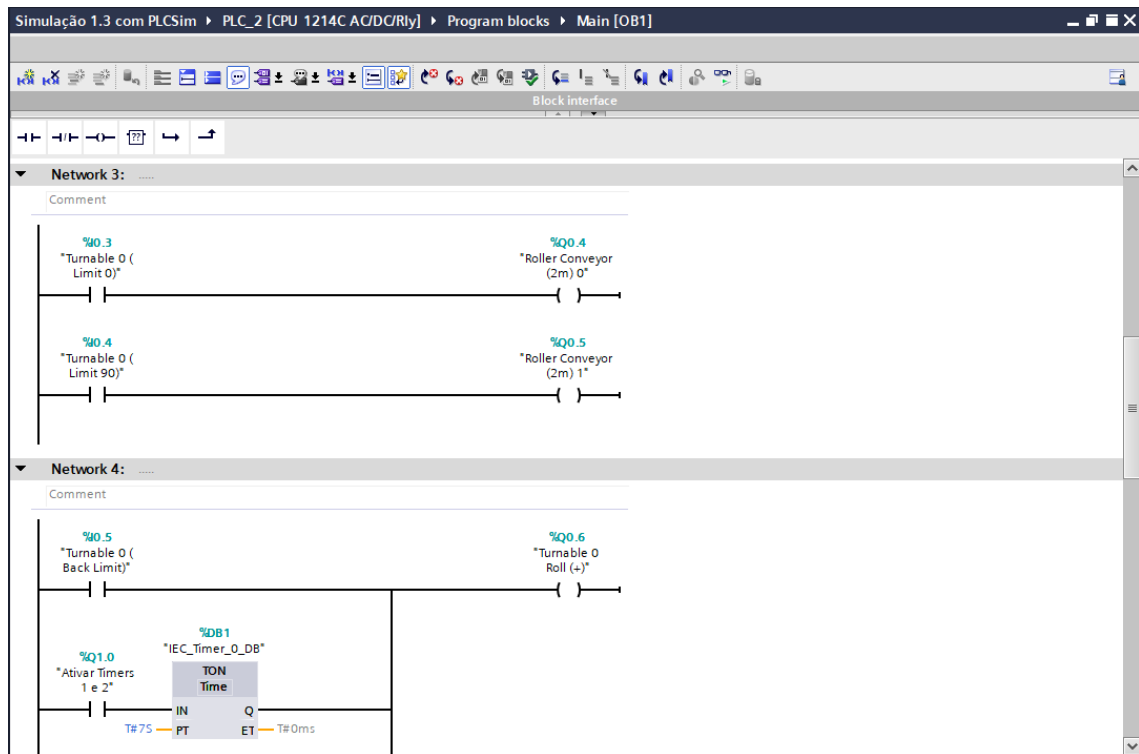
Para iniciar a execução da Simulação 4, siga todos os passos necessários para a criação do projeto no TIA Portal, utilizando a *template* do PLCSim. Crie o programa em *Ladder* como mostrado nas Figuras 31 a 35.

**Figura 31** – Programa em *Ladder* para a Simulação 4 (parte 1 de 5)



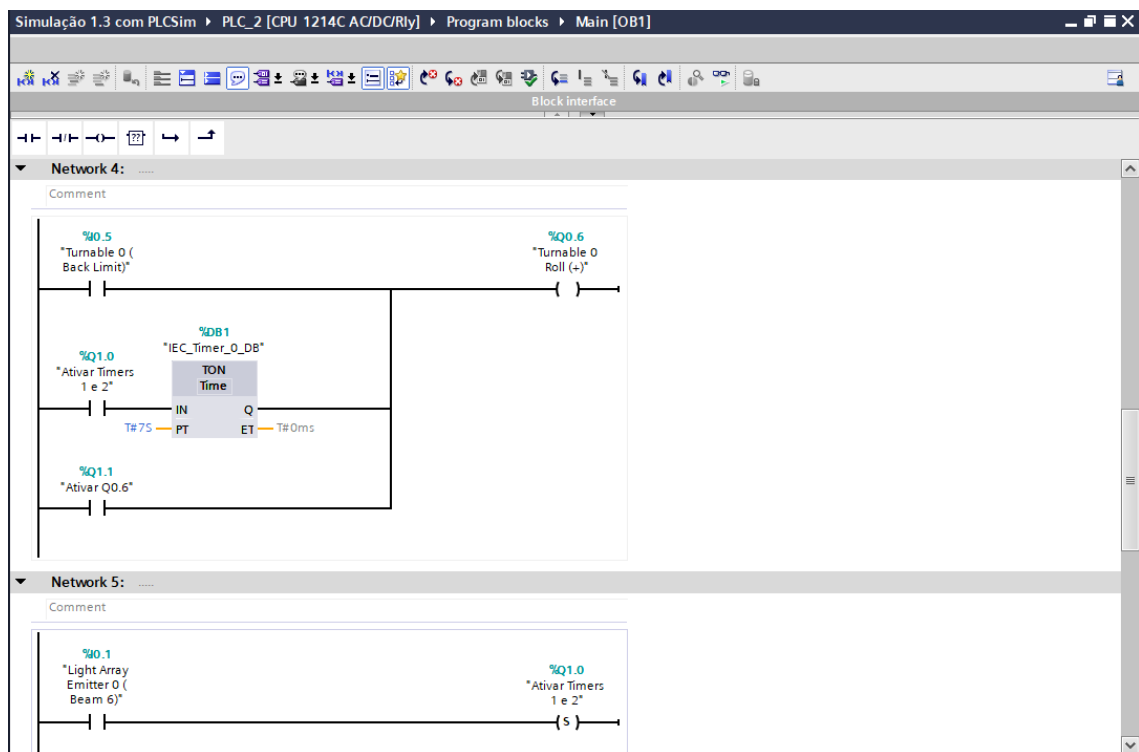
Fonte: Elaboração própria.

**Figura 32** – Programa em *Ladder* para a Simulação 4 (parte 2 de 5)



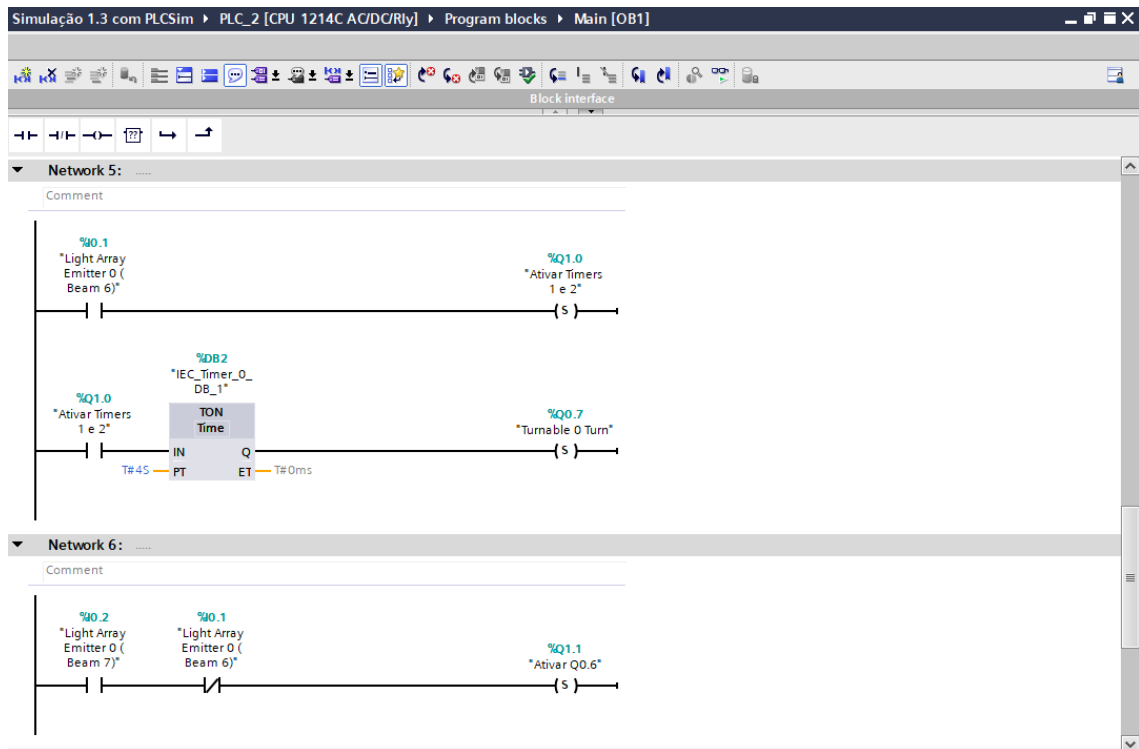
Fonte: Elaboração própria.

**Figura 33** – Programa em *Ladder* para a Simulação 4 (parte 3 de 5)



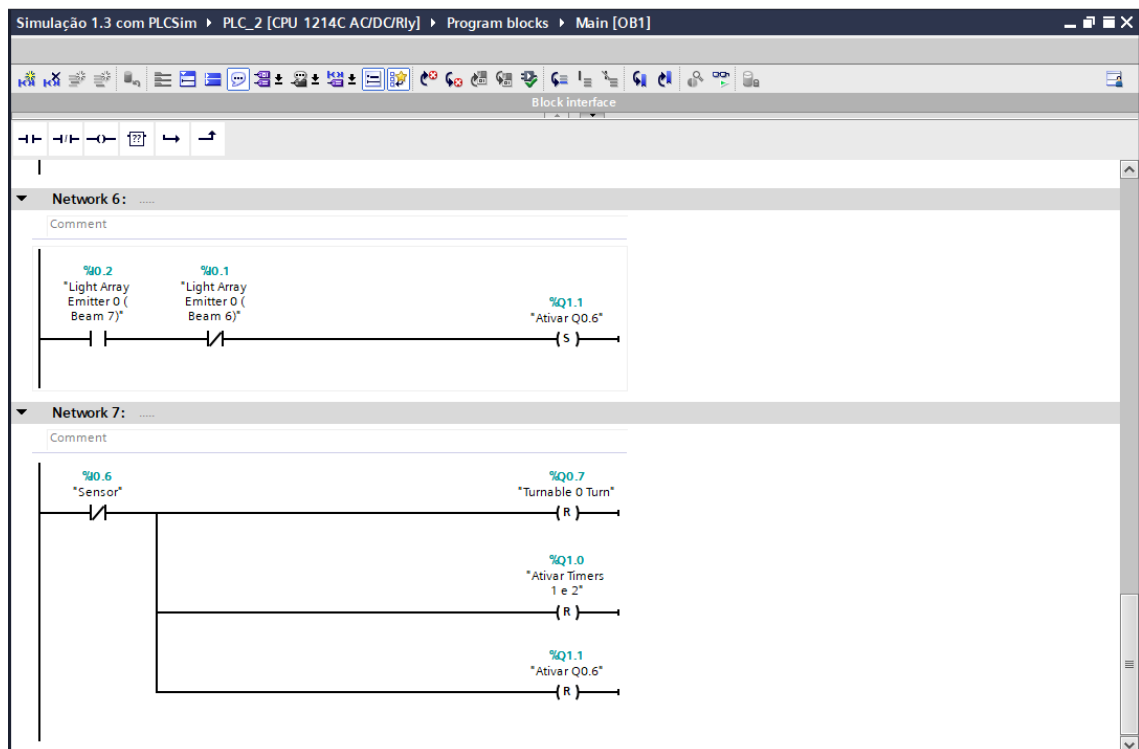
Fonte: Elaboração própria.

**Figura 34** – Programa em *Ladder* para a Simulação 4 (parte 4 de 5)



Fonte: Elaboração própria.

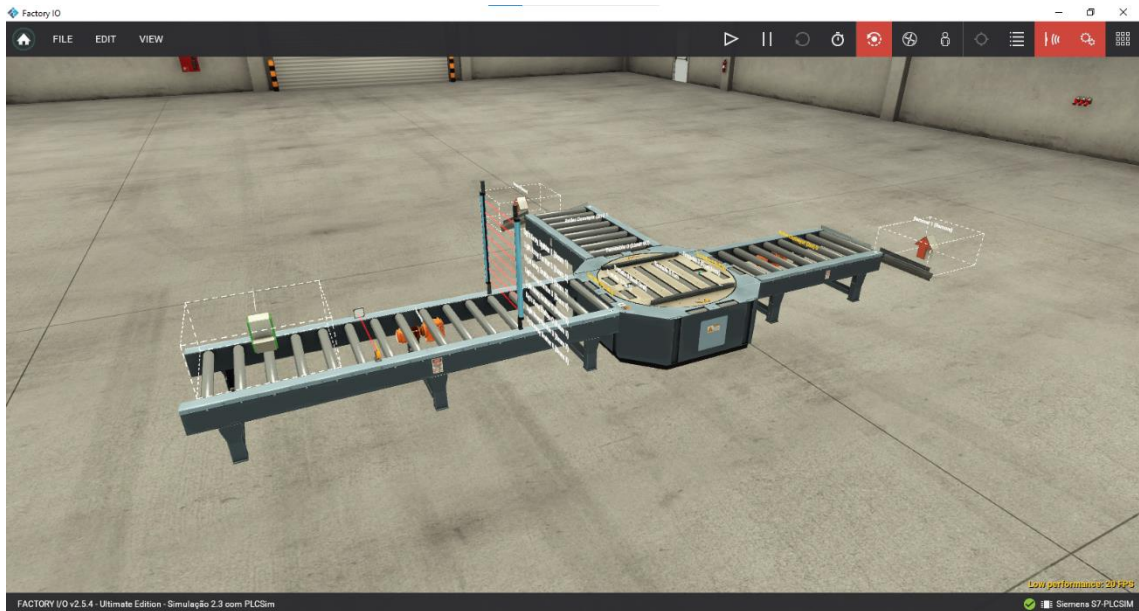
**Figura 35** – Programa em *Ladder* para a Simulação 4 (parte 5 de 5)



Fonte: Elaboração própria.

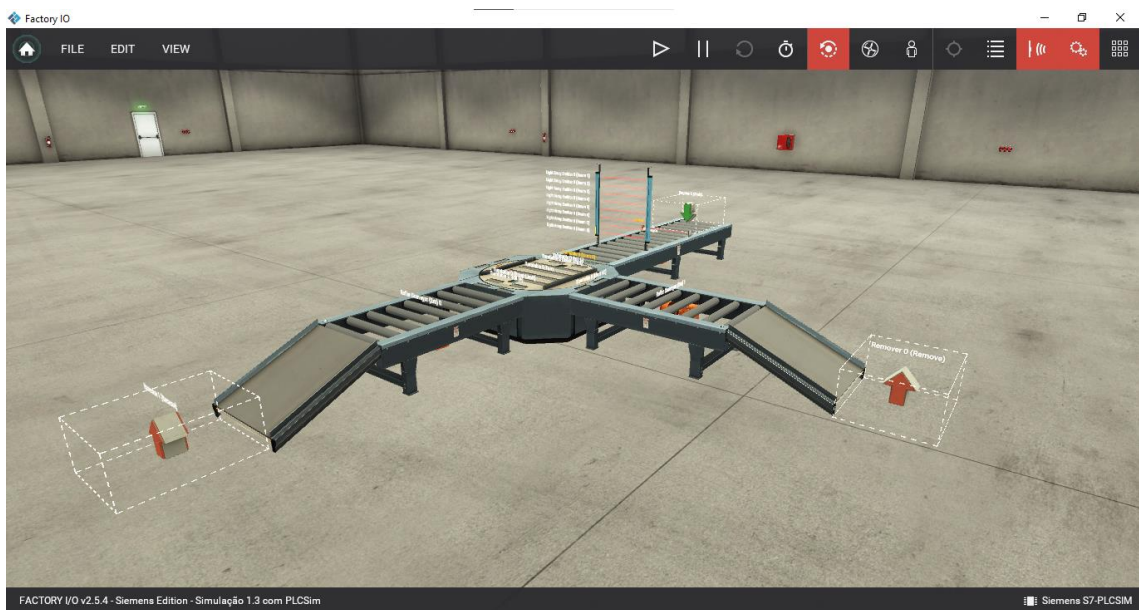
No Factory I/O abra a Cena 1, remova a caixa cinza, adicione um emissor, dois removedores, uma esteira rotativa, duas esteiras pequenas, um sensor de altura (emissor e receptor de matriz de luz) e dois transportadores de calha baixa, conforme as Figuras 36 e 37.

**Figura 36** – Cena 1 – *From A to B* para a Simulação 4 com adaptações (parte 1 de 2)



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 37** – Cena 1 – *From A to B* para a Simulação 4 com adaptações (parte 2 de 2)

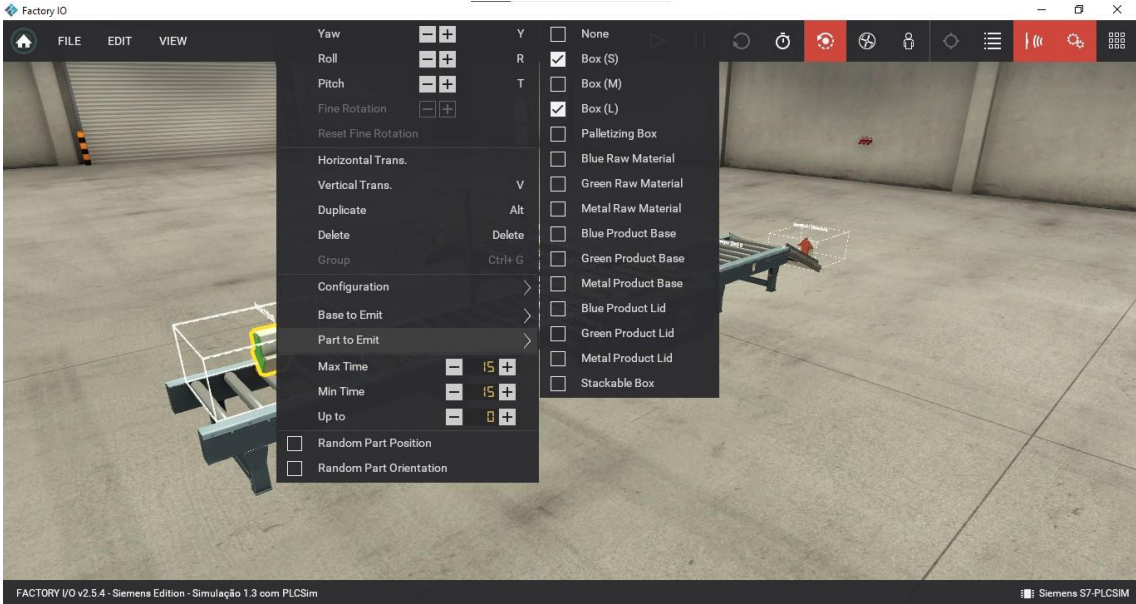


Fonte: Elaboração própria.

Clicando com o botão direito em cima do emissor, no campo *Part to Emit* configure o

emissor para *Box* (S) e (L), conforme a Figura 38.

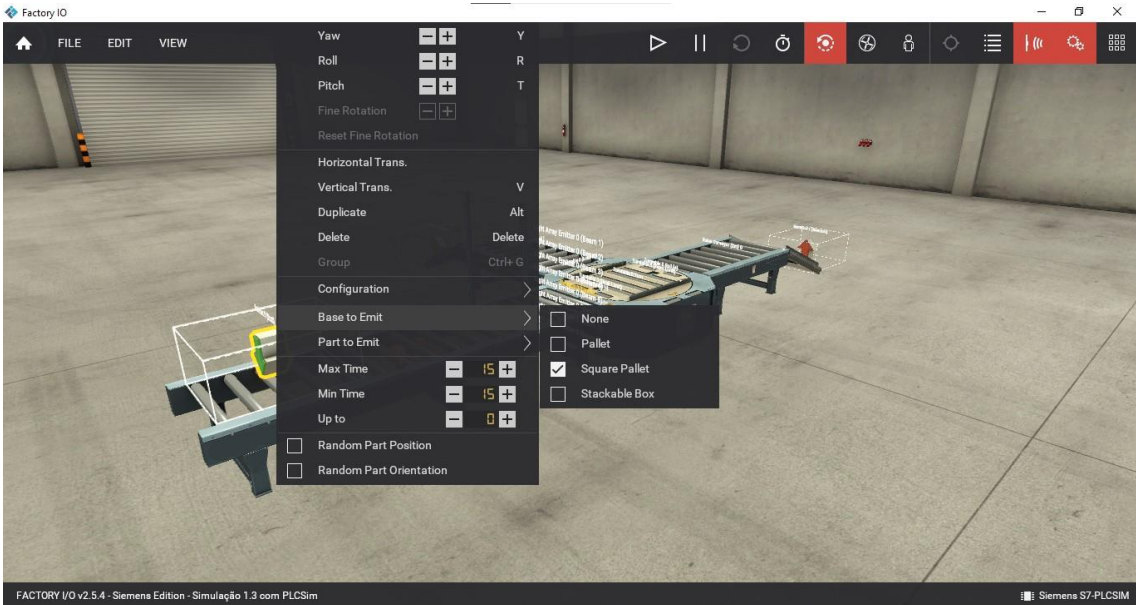
**Figura 38** – Configuração do emissor para a Simulação 4



Fonte: Elaboração própria.

Em *Base to Emit* (Base para emitir) configure para *Square Palette* (Paleta quadrada), Max time 15, Min time 15, conforme a Figura 39.

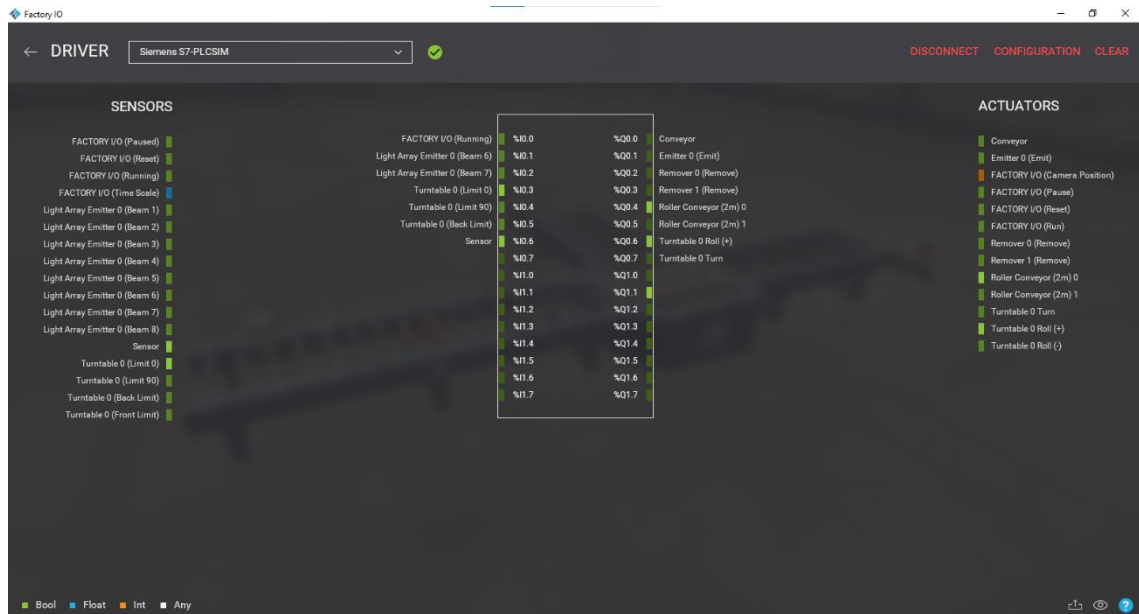
**Figura 39** – Configuração da base para a Simulação 4



Fonte: Elaboração própria.

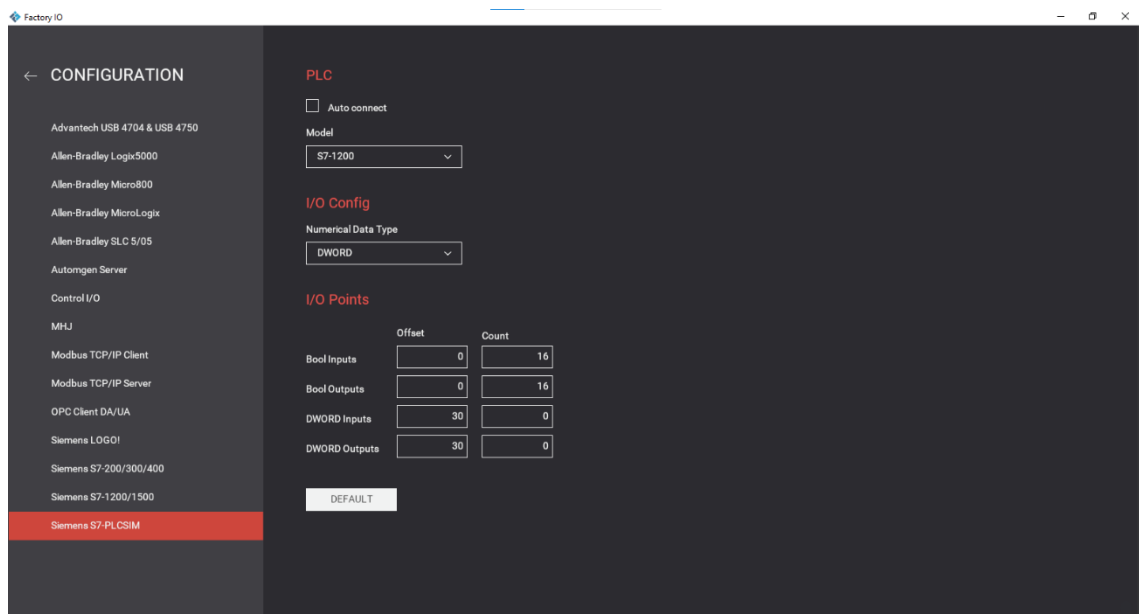
Configure para o PLCSim e configure as entradas e saídas conforme as Figuras 40 e 41.

**Figura 40** – Configurando o *Driver* para a Simulação 4



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 41** – Configuração I/O S7-PLCSIM para a Simulação 4



Fonte: Elaboração própria.

Na configuração do Factory I/O (Figura 41), clique no campo superior esquerdo para voltar a janela de *Driver* do Factory I/O (Figura 40), clique novamente em voltar para retornar a cena 1 do Factory I/O (Figura 36), clique no botão iniciar simulação.

**Vídeo aula da Simulação 4**

(<https://youtu.be/n8YS156geLA?si=Y9UEb5yLDmhZQkq2>).

## 4.5 Caso 5 com CLP físico

### 4.5.1 Objetivos

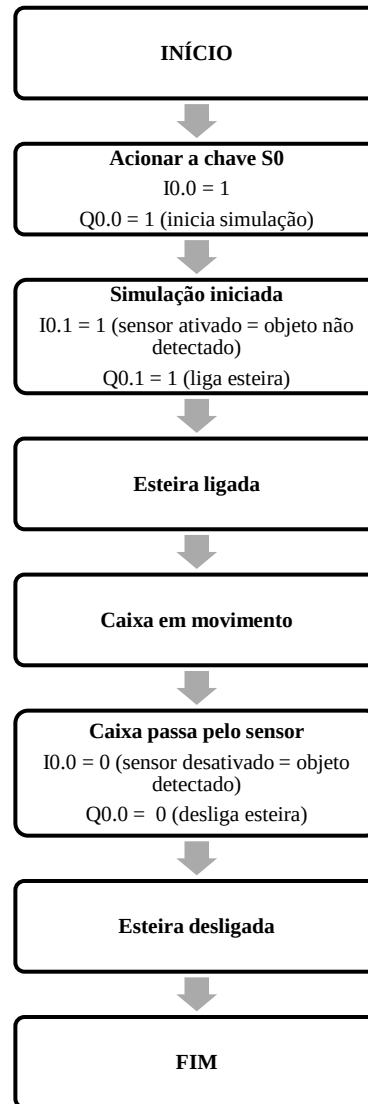
- Iniciar simulação do Factory I/O por uma chave da maleta, fazer a caixa ser transportada pela esteira e determinar que no momento em que a caixa passar pelo sensor, a esteira seja desativada;
- Programar no TIA Portal essas ações na linguagem *Ladder*;
- Visualizar no Factory I/O a operação básica de contatos NA e de bobinas NA.

### 4.5.2 Material utilizado

- Computador com configurações de *hardware* adequados e sistema operacional *Windows*;
- 1 maleta didática, 2 cabos tipo banana 2 mm (vermelho), 1 cabo tipo banana 2 mm (azul), 1 de rede e 1 cabo de alimentação elétrica;
- TIA Portal e Factory I/O.

### 4.5.3 Descrição da simulação

O fluxograma da Figura 42 apresenta todos os passos necessários para a execução das ações especificadas nesta prática e simuladas no Factory I/O.

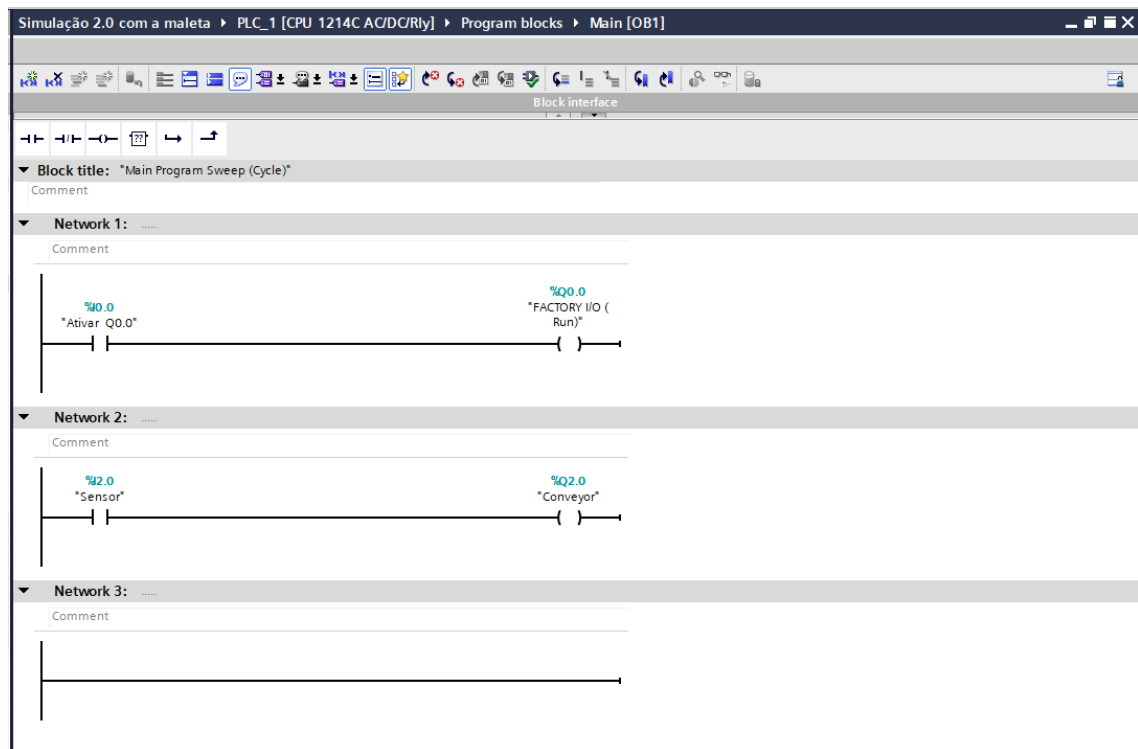
**Figura 42** – Fluxograma da Simulação 5

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.5.4 Procedimentos necessários

Para iniciar a execução da Simulação 5, siga todos os passos necessários para a criação do projeto no TIA Portal. Crie o programa em *Ladder* como mostrado na Figura 43.

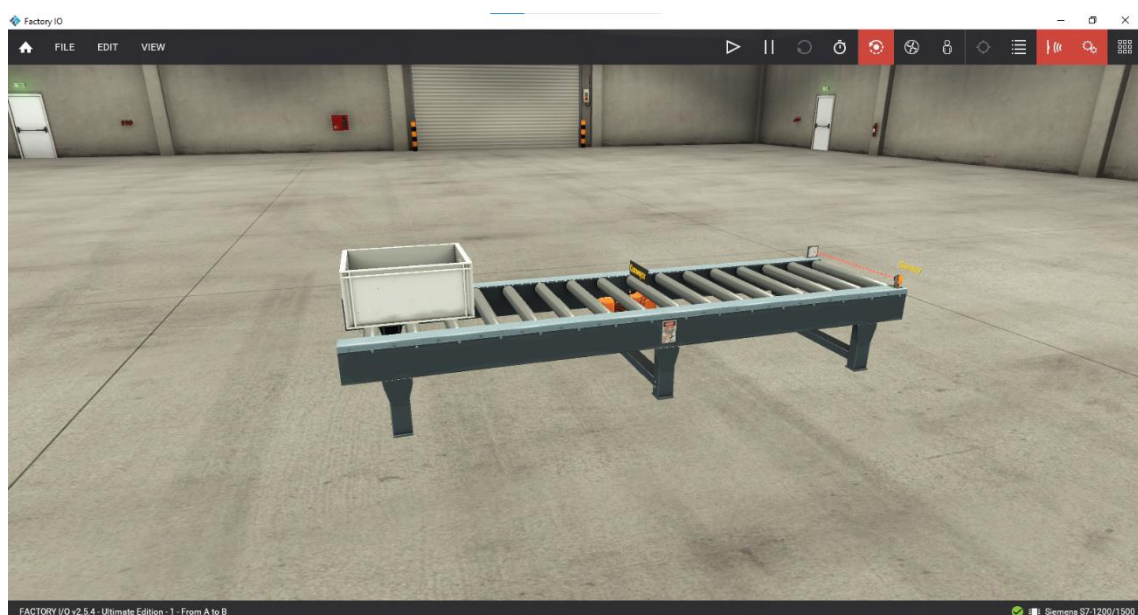
**Figura 43** – Programa em *Ladder* para a Simulação 5



Fonte: Elaboração própria.

No Factory I/O abra a Cena 1– *From A to B*, conforme a Figura 44, configure para o CLP SIEMENS S7 1200/1500.

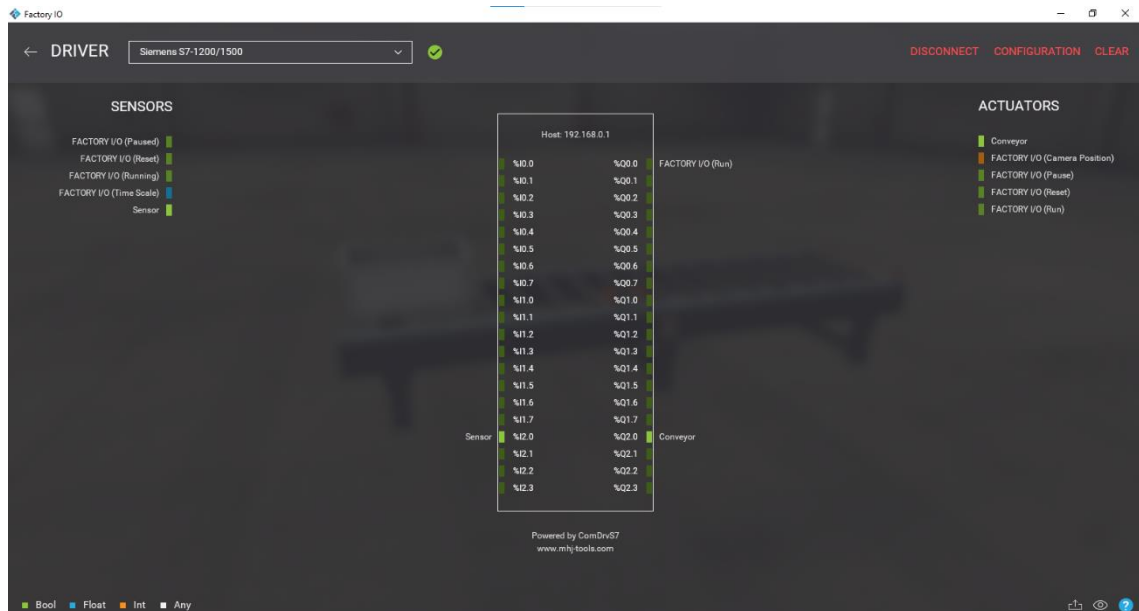
**Figura 44** – Cena 1 – *From A to B* para a Simulação 5



Fonte: Elaboração própria.

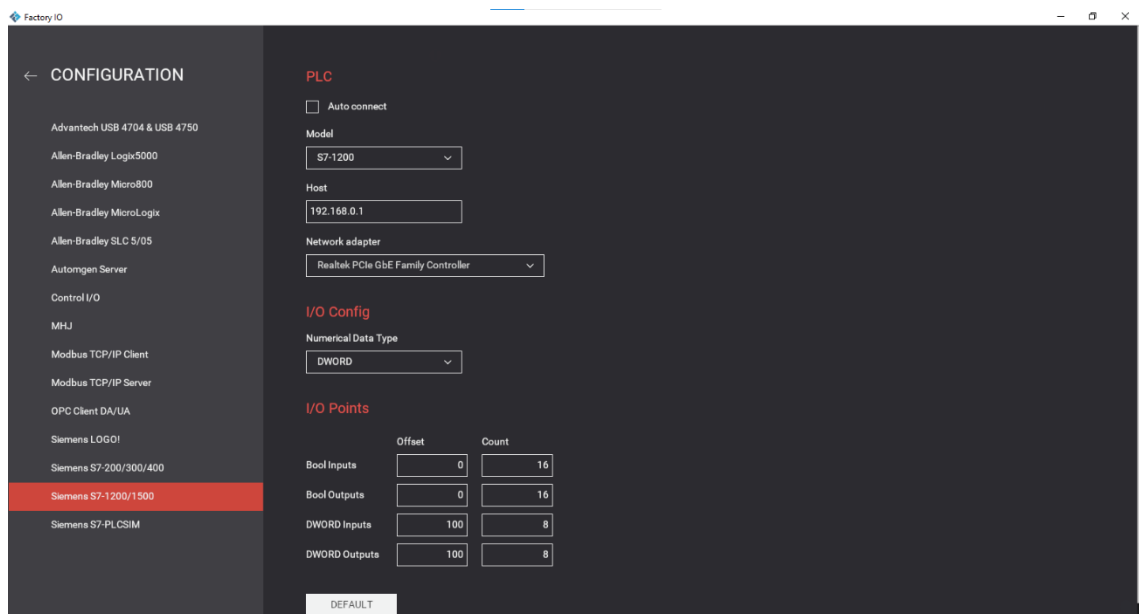
Configure as entradas e saídas conforme as Figuras 45 e 46.

**Figura 45** – Configurando o *Driver* para a Simulação 5



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 46** – Configuração I/O S7-1200 para a Simulação 5

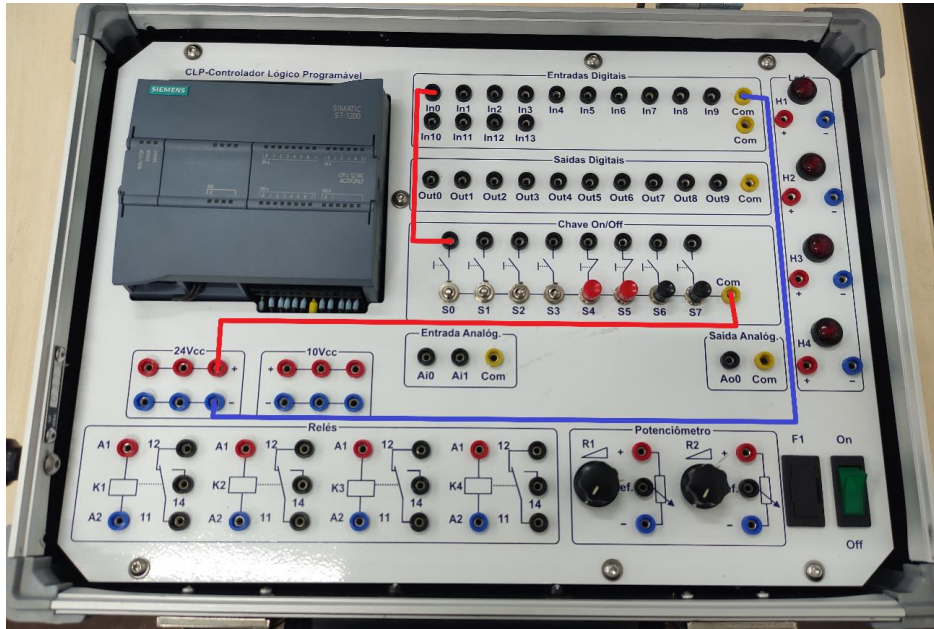


Fonte: Elaboração própria.

Na configuração do Factory I/O (Figura 46), clique no campo superior esquerdo para voltar a janela de *Driver* do Factory I/O (Figura 45), clique novamente em voltar para retornar a cena 1 do Factory I/O (Figura 44), utilize a maleta conforme indicado para iniciar a simulação.

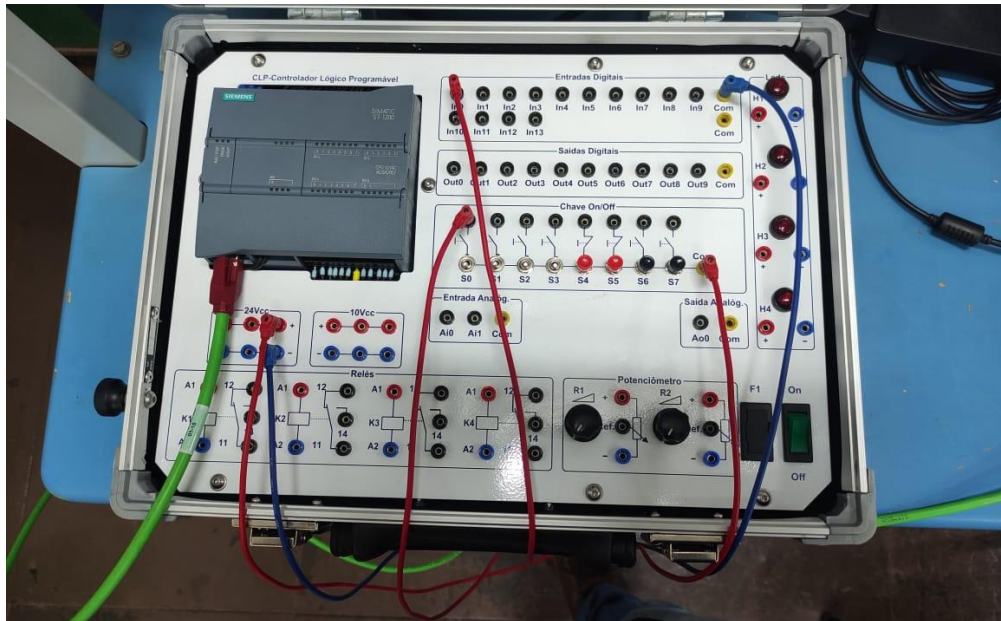
Conexão dos cabos na maleta do CLP, para executar a Simulação 5, conforme Figuras 47 e 48.

**Figura 47** – Conexão dos cabos na maleta para a Simulação 5



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 48** – Conexão na maleta para a Simulação 5



Fonte: Elaboração própria.

### Vídeo aula da Simulação 5

(<https://youtu.be/QoffHdOqb-0?si=t9ny07-UpvY4EUwZ>).

## 4.6 Caso 6 com CLP físico

### 4.6.1 Objetivos

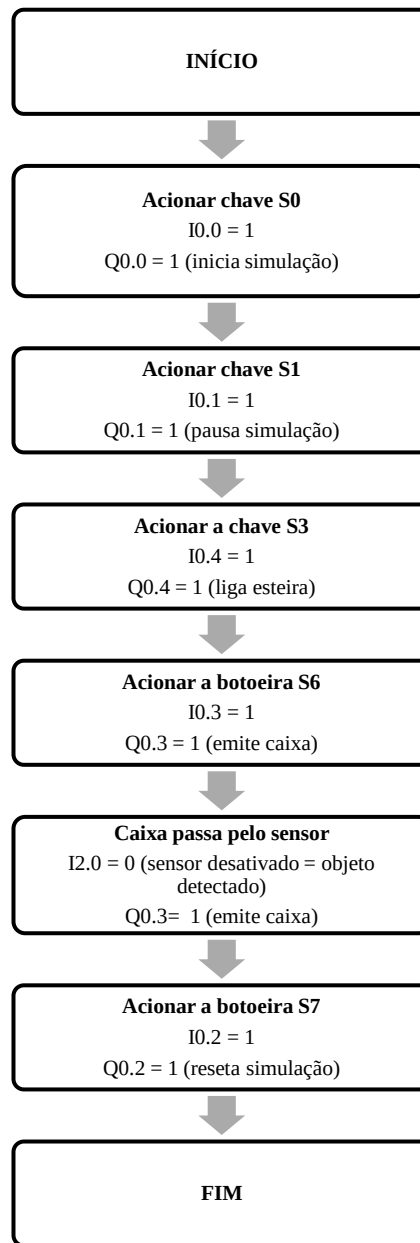
- Utilizar chaves da maleta para iniciar e pausar a simulação e ativar esteira, e utilizar botoeiras da maleta para resetar a simulação e emitir caixas;
- Programar no TIA Portal essas ações na linguagem *Ladder*;
- Visualizar no Factory I/O a operação de contatos NA e NF e de bobinas NA.

### 4.6.2 Material utilizado

- Computador com configurações de *hardware* adequados e sistema operacional *Windows*;
- 1 maleta didática, 6 cabos tipo banana 2 mm (vermelho), 1 cabo tipo banana 2 mm (azul), 1 de rede e 1 cabo de alimentação elétrica;
- TIA Portal e Factory I/O.

### 4.6.3 Descrição da simulação

O fluxograma da Figura 49 apresenta todos os passos necessários para a execução das ações especificadas nesta prática e simuladas no Factory I/O.

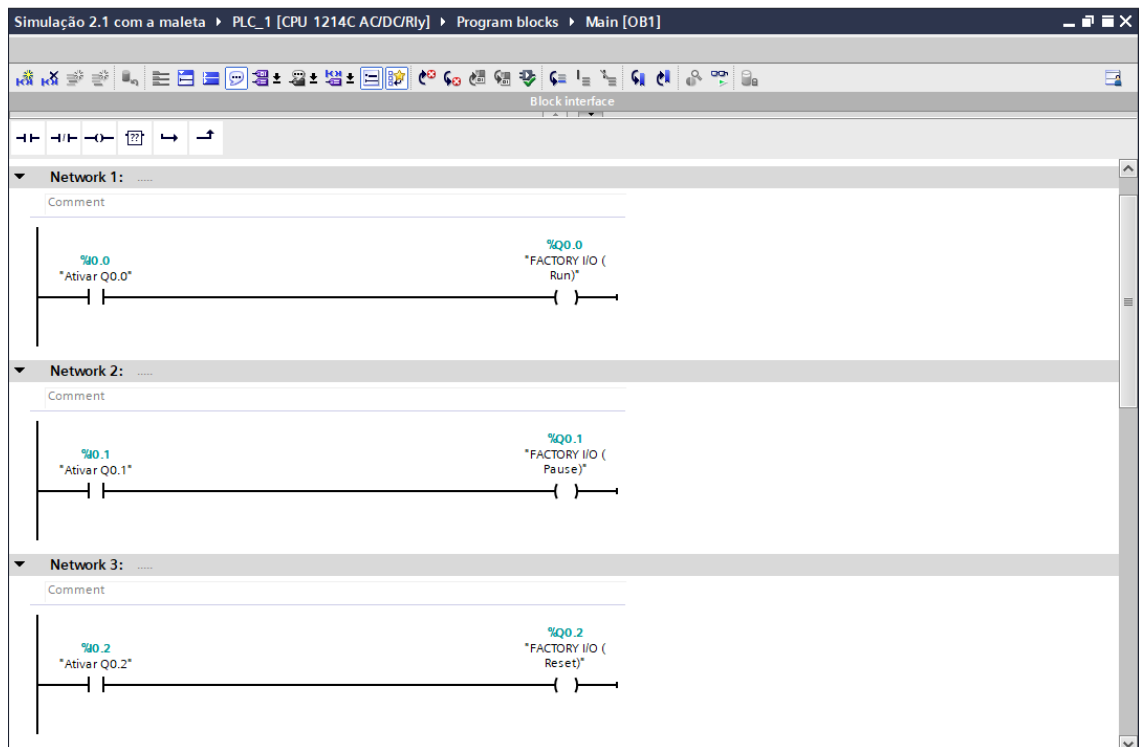
**Figura 49**– Fluxograma da Simulação 6

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.6.4 Procedimentos necessários

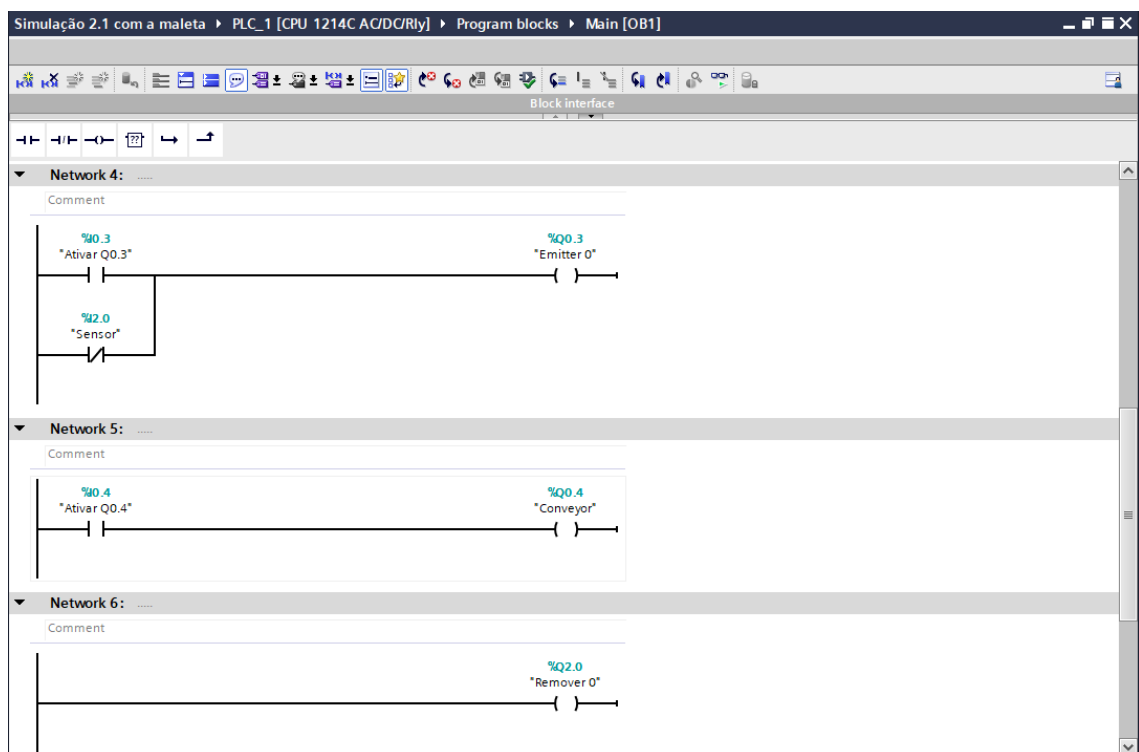
Para iniciar a execução da Simulação 6, siga todos os passos necessários para a criação do projeto no TIA Portal. Crie o programa em *Ladder* como mostrado nas Figuras 50 e 51.

**Figura 50** – Programa em *Ladder* para a Simulação 6 (parte 1 de 2)



Fonte: Elaboração própria.

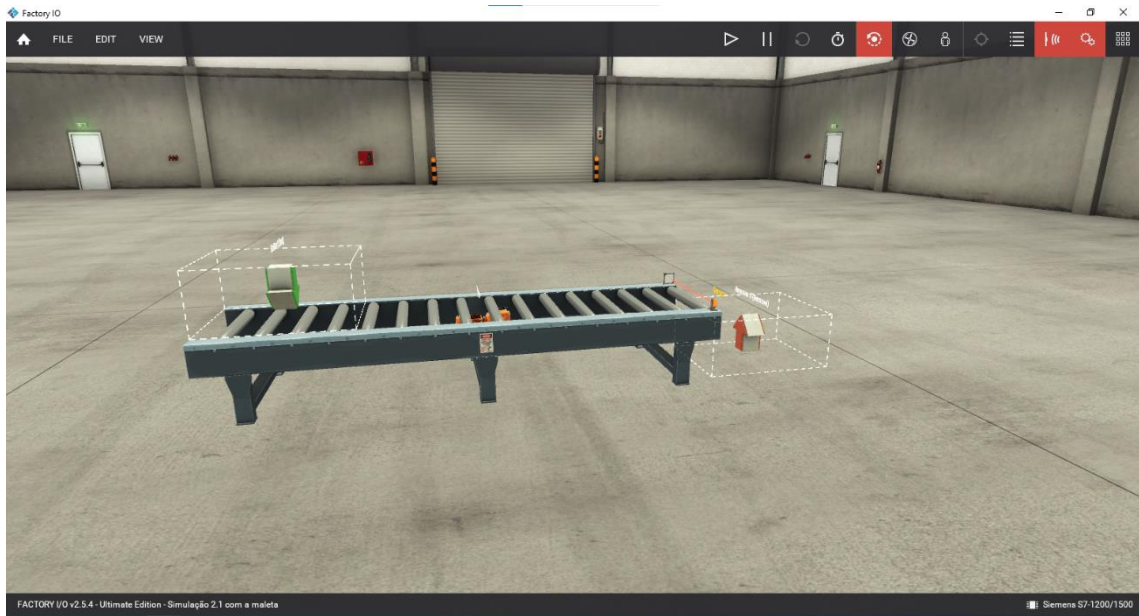
**Figura 51** – Programa em *Ladder* para a Simulação 6 (parte 2 de 2)



Fonte: Elaboração própria.

No Factory I/O abra a Cena 1 – *From A to B*, remova a caixa cinza, adicione um emissor e um removedor, conforme a Figura 52.

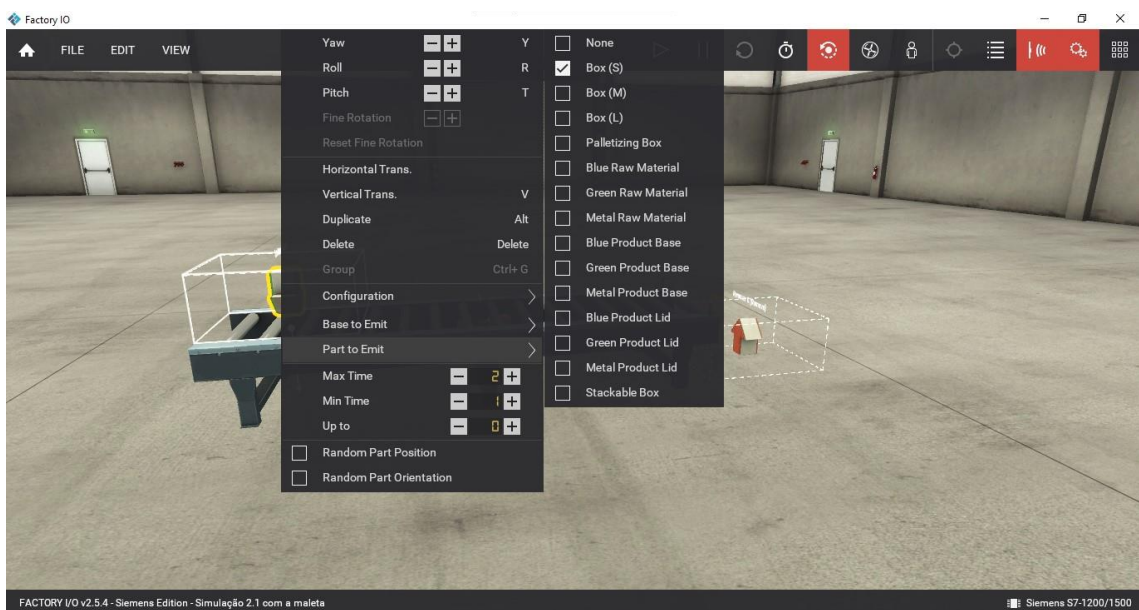
**Figura 52** – Cena 1 – *From A to B* para a Simulação 6 com emissor e removedor



Fonte: Elaboração própria.

Clicando com o botão direito em cima do emissor, no campo *Part to Emit* configure o emissor para *Box (S)*, *Max time 2*, *Min time 1*, conforme a Figura 53.

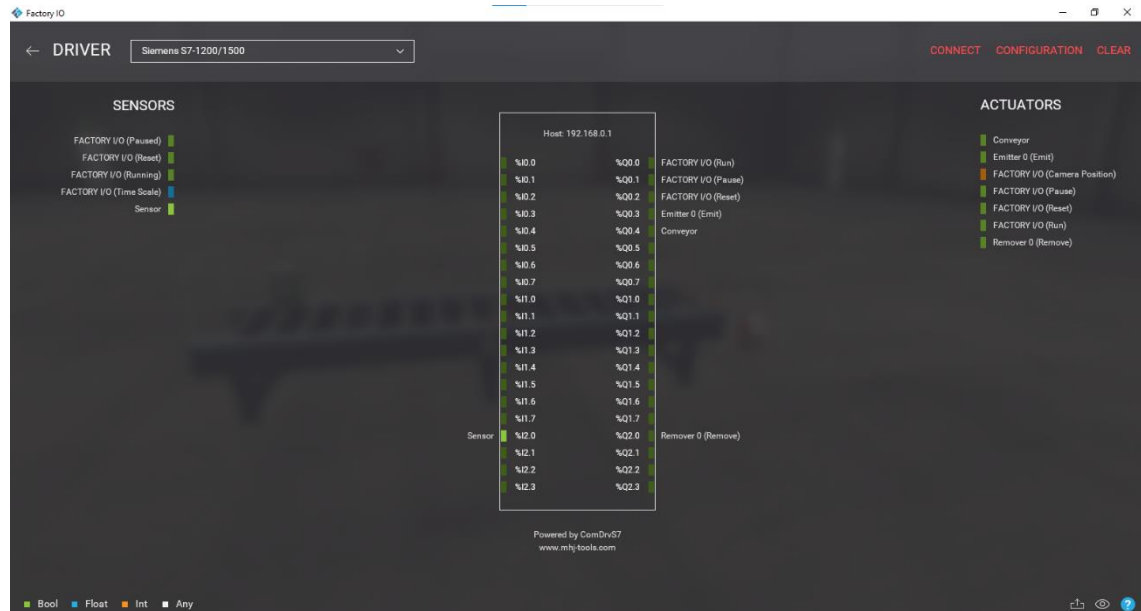
**Figura 53** – Configuração do emissor para a Simulação 6



Fonte: Elaboração própria.

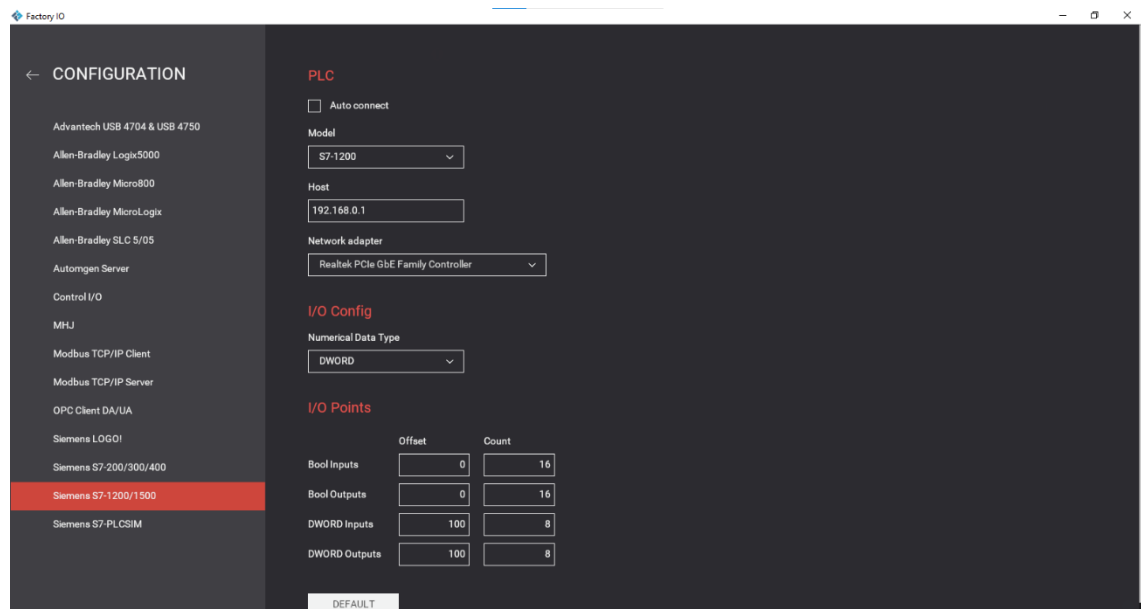
Configure para o CLP SIEMENS S7 1200/1500, e as entradas e saídas conforme as Figuras 54 e 55.

**Figura 54** – Configurando o *Driver* para a Simulação 6



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 55** – Configuração I/O S7-1200 para a Simulação 6

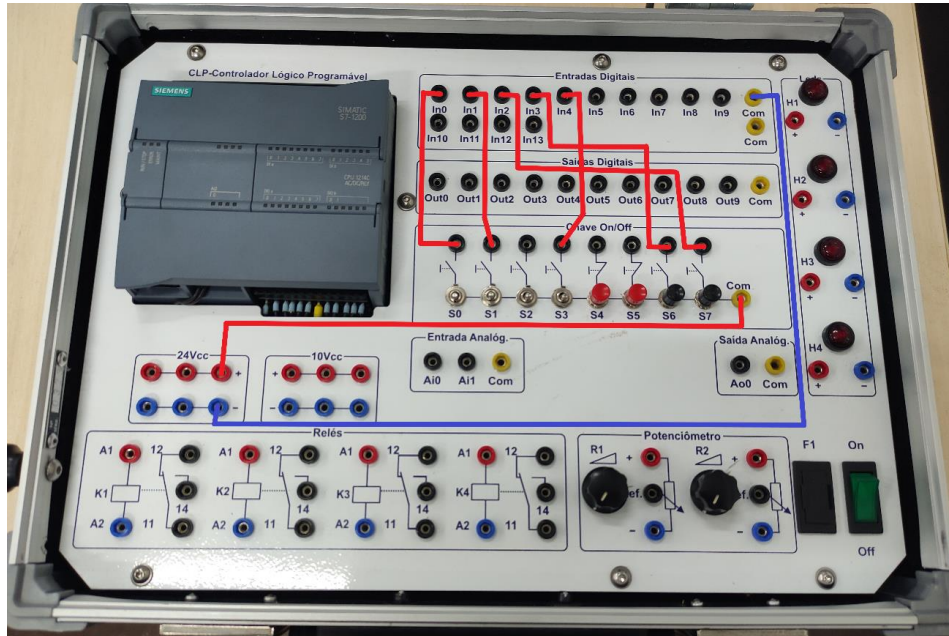


Fonte: Elaboração própria.

Na configuração do Factory I/O (Figura 55), clique no campo superior esquerdo para voltar a janela de *Driver* do Factory I/O (Figura 54), clique novamente em voltar para retornar a cena 1 do Factory I/O (Figura 52), utilize a maleta conforme indicado para iniciar a simulação.

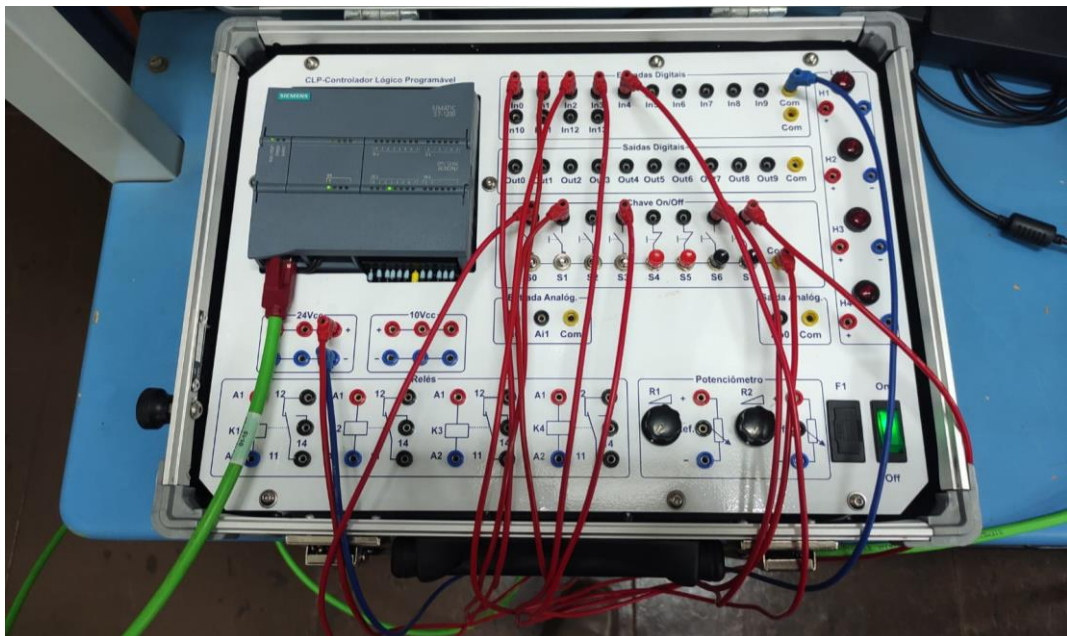
Conexão dos cabos na maleta do CLP, para executar a Simulação 6, conforme Figuras 56 e 57.

**Figura 56** – Conexão dos cabos na maleta para a Simulação 6



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 57** – Conexão na maleta para a Simulação 6



Fonte: Elaboração própria.

### Vídeo aula da Simulação 6

([https://youtu.be/PwwXmTCZABE?si=9n\\_G23qZGWxvTGIZ](https://youtu.be/PwwXmTCZABE?si=9n_G23qZGWxvTGIZ)).

## 4.7 Caso 7 com CLP físico

### 4.7.1 Objetivos

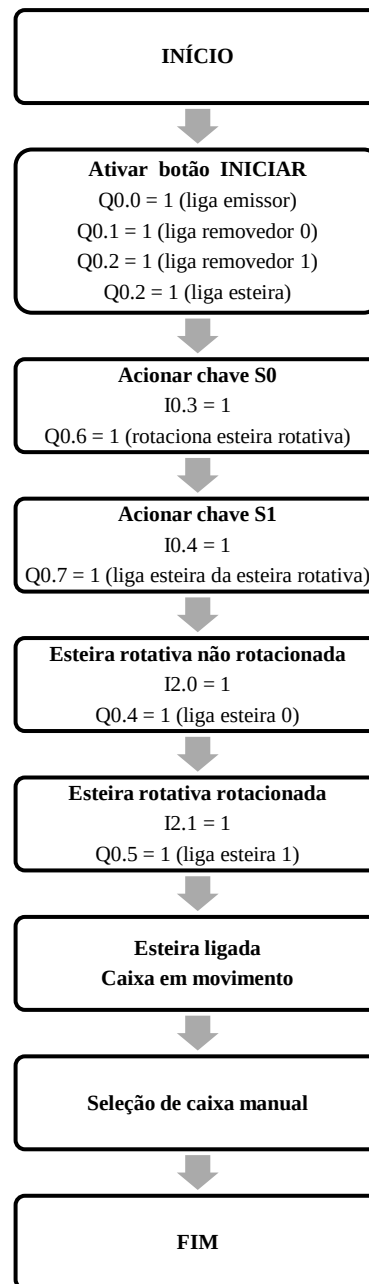
- Utilizar uma chave da maleta para ativar a rotação da esteira rotativa, utilizar uma chave da maleta para ativar a esteira da esteira rotativa e determinar de forma manual para qual das esteiras pequenas a caixa será transportada;
- Programar no TIA Portal essas ações na linguagem *Ladder*;
- Visualizar no Factory I/O a operação de contatos NA e de bobinas NA.

### 4.7.2 Material utilizado

- Computador com configurações de *hardware* adequados e sistema operacional *Windows*;
- 1 maleta didática, 3 cabos tipo banana 2 mm (vermelho), 1 cabo tipo banana 2 mm (azul), 1 de rede e 1 cabo de alimentação elétrica;
- TIA Portal e Factory I/O.

### 4.7.3 Descrição da simulação

O fluxograma da Figura 58 apresenta todos os passos necessários para a execução das ações especificadas nesta prática e simuladas no Factory I/O.

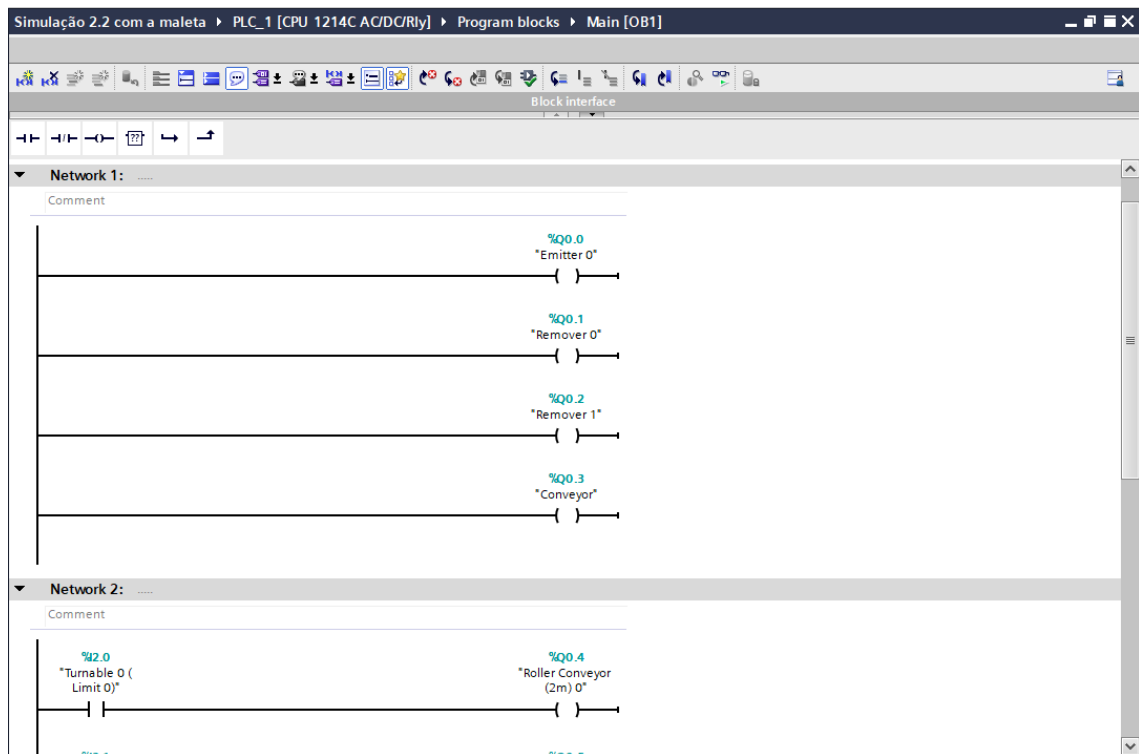
**Figura 58** – Fluxograma da Simulação 7

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.7.4 Procedimentos necessários

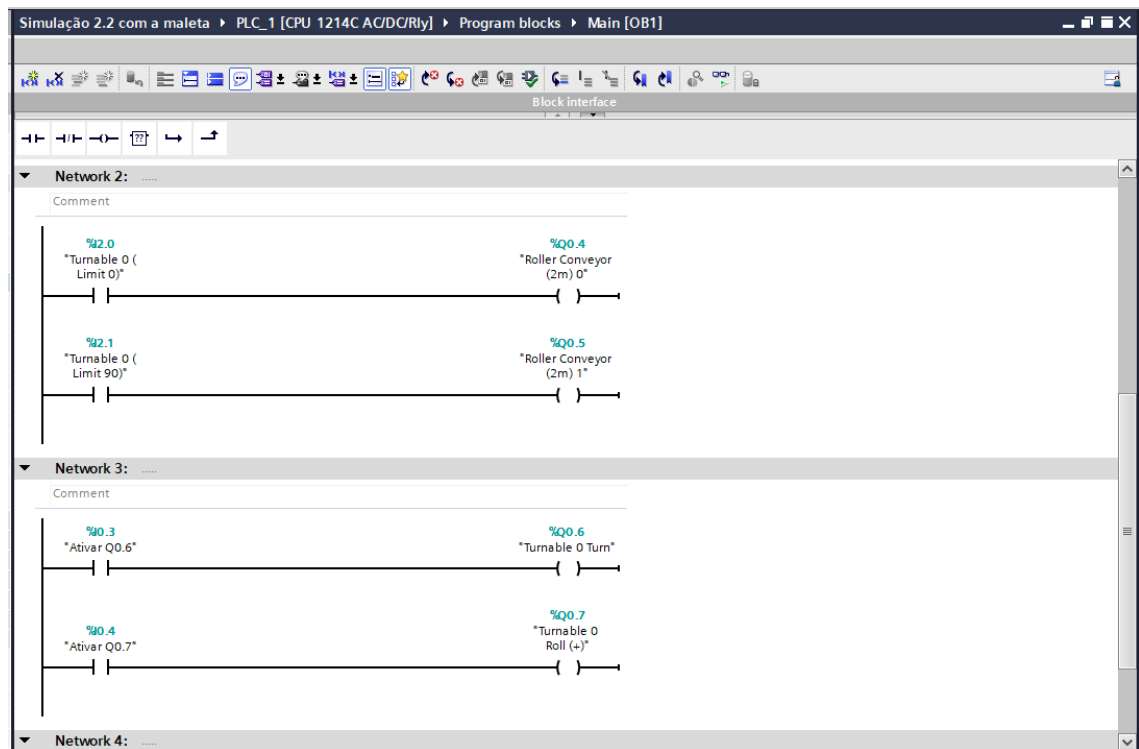
Para iniciar a execução da Simulação 7, siga todos os passos necessários para a criação do projeto no TIA Portal. Crie o programa em *Ladder* como mostrado nas Figuras 59 e 60.

**Figura 59** – Programa em *Ladder* para a Simulação 7 (parte 1 de 2)



Fonte: Elaboração própria.

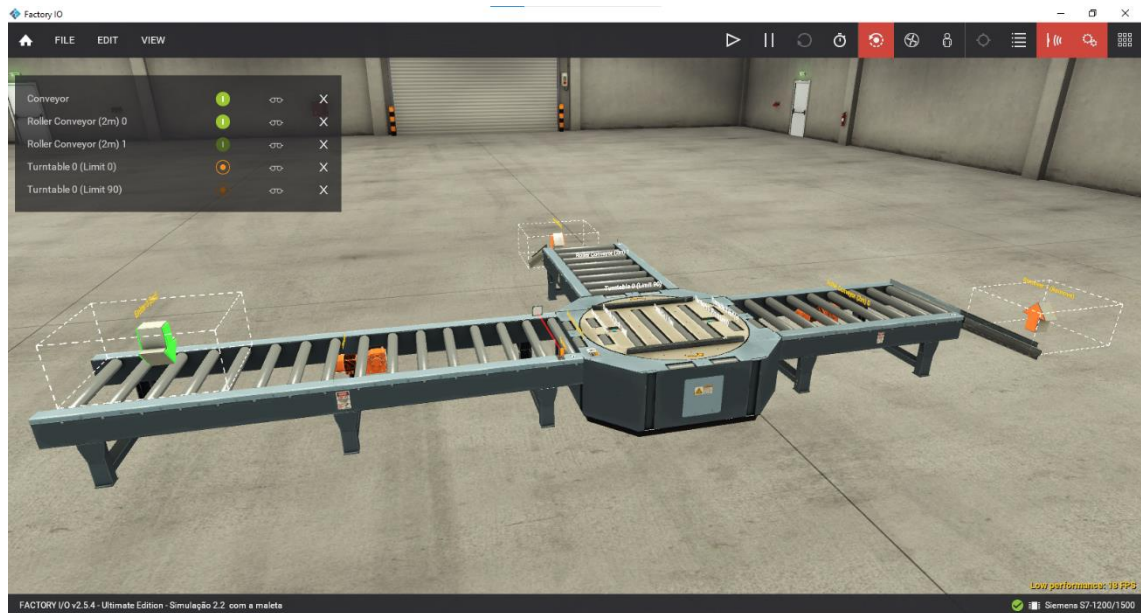
**Figura 60** – Programa em *Ladder* para a Simulação 7 (parte 2 de 2)



Fonte: Elaboração própria.

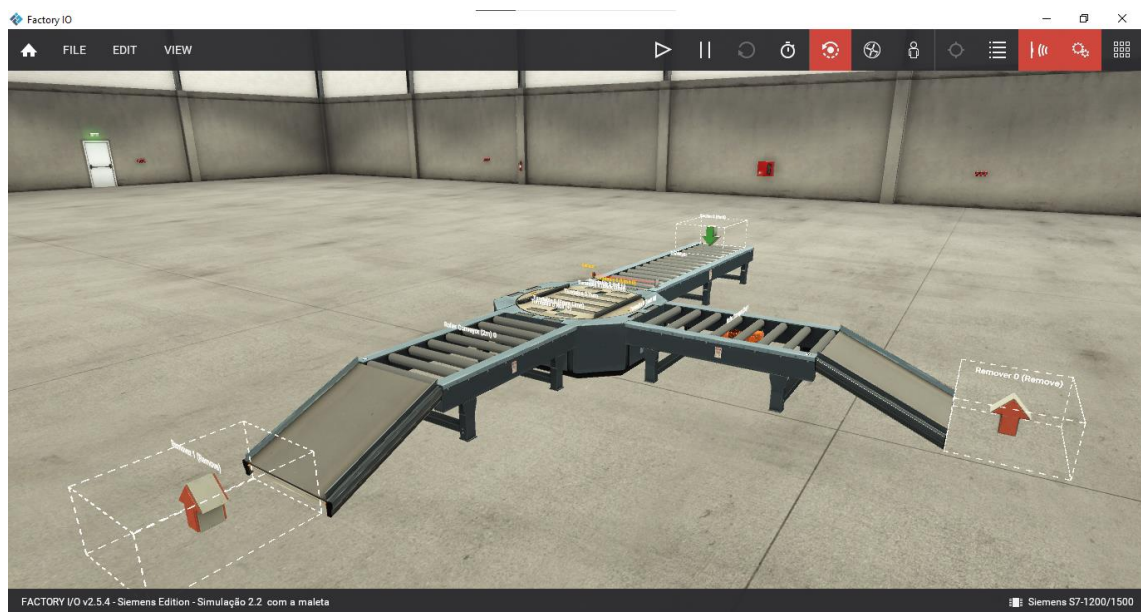
No Factory I/O abra a Cena 1 – *From A to B*, remova a caixa cinza, adicione um emissor, dois removedores, uma esteira rotativa e duas esteiras pequenas e dois transportadores de calha baixa, conforme as Figuras 61 e 62.

**Figura 61** – Cena 1 – *From A to B* para a Simulação 7 com esteira giratória (parte 1 de 2)



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 62** – Cena 1 – *From A to B* para a Simulação 7 com esteira giratória (parte 2 de 2)

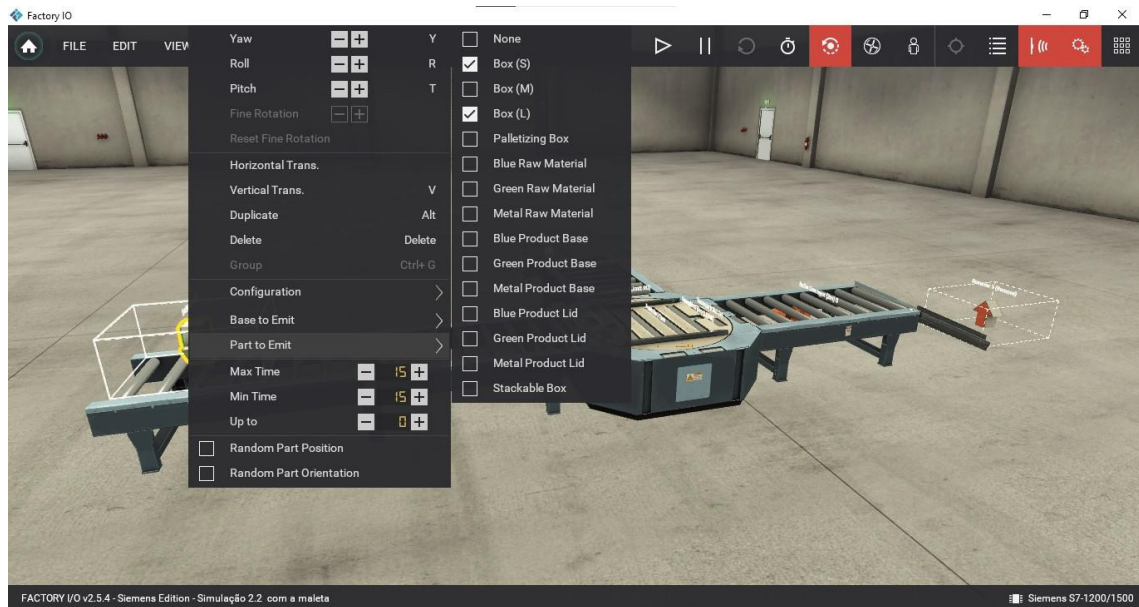


Fonte: Elaboração própria.

Clicando com o botão direito em cima do emissor, no campo *Part to Emit* configure o

emissor para *Box (S)* e *(L)*, conforme a Figura 63.

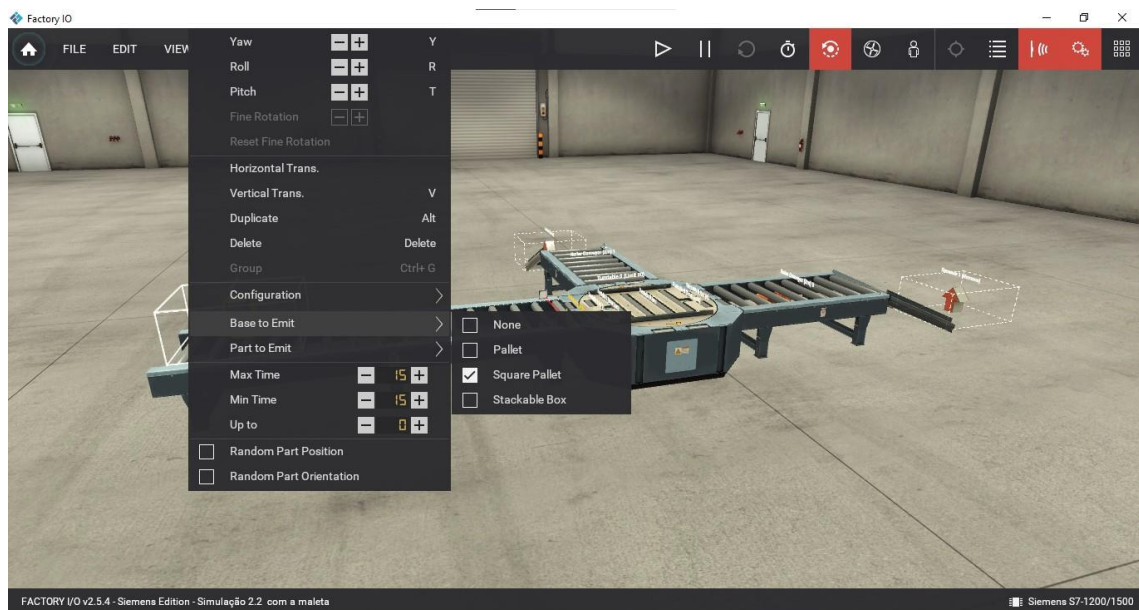
**Figura 63** – Configuração do emissor para a Simulação 7



Fonte: Elaboração própria.

Em *Base to Emit* configure para a *Square Palette*, conforme a Figura 64.

**Figura 64** – Configuração da base para a Simulação 7

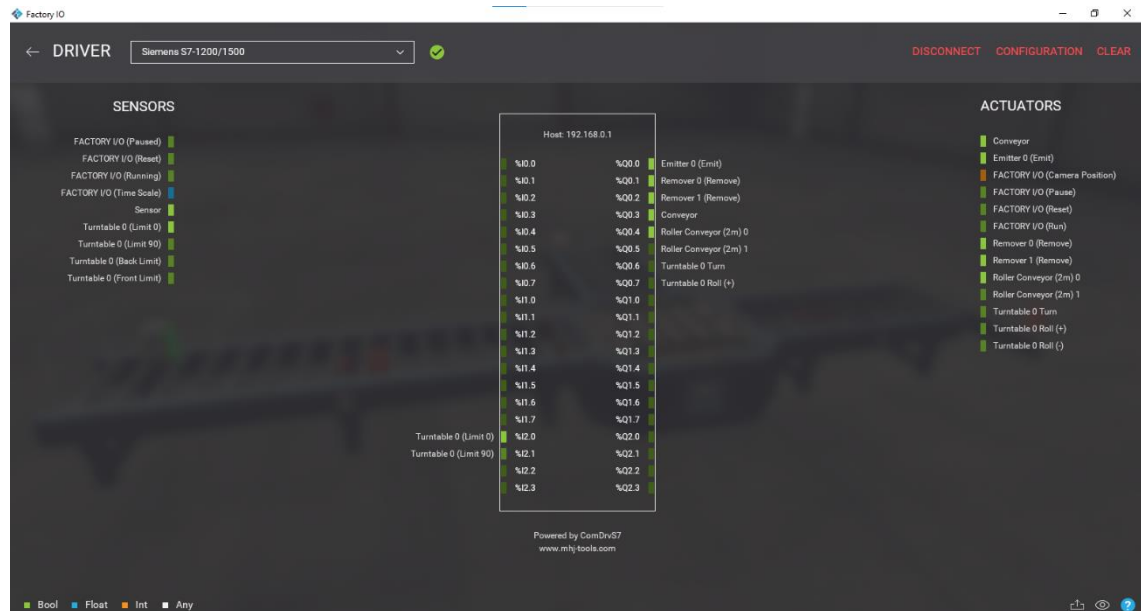


Fonte: Elaboração própria.

Configure para o CLP SIEMENS S7 1200/1500 e configure as entradas e saídas

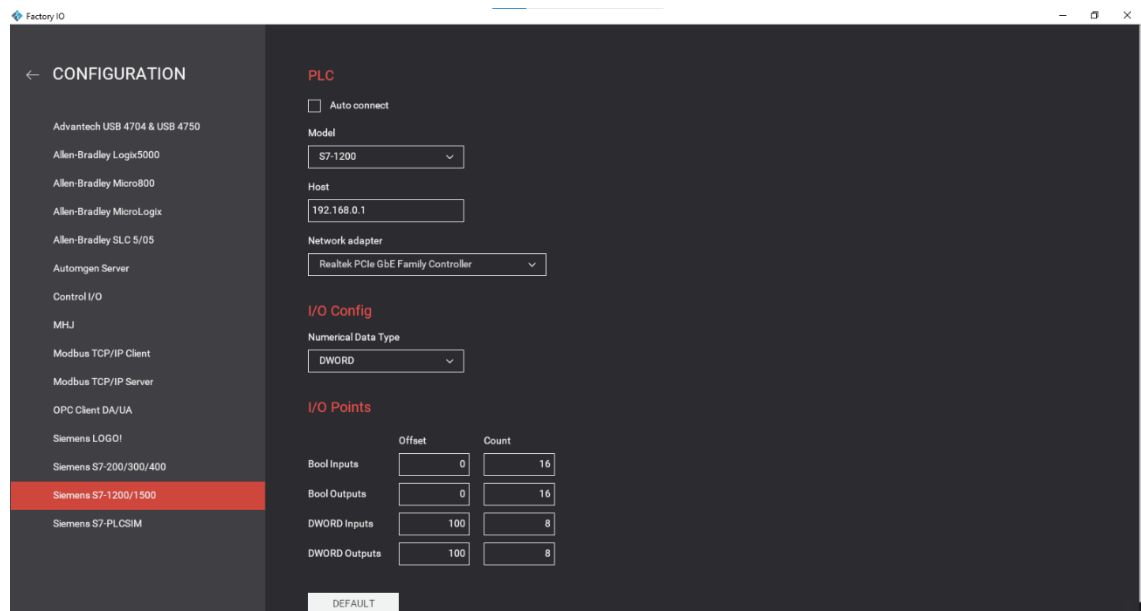
conforme as Figuras 65 e 66.

**Figura 65 – Configurando o *Driver* para a Simulação 7**



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 66 – Configuração I/O S7-1200 para a Simulação 7**

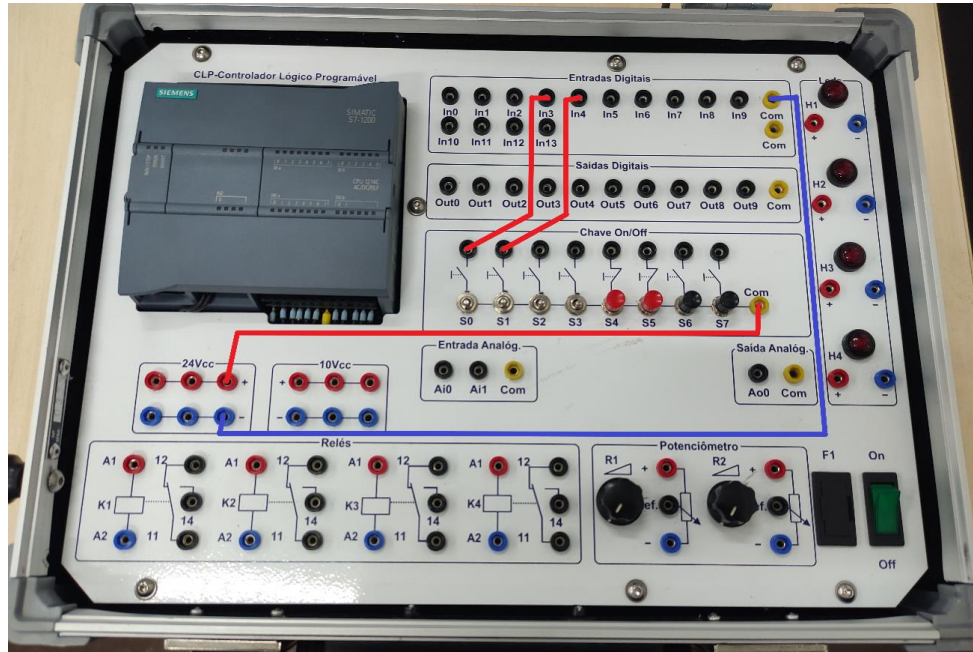


Fonte: Elaboração própria.

Na configuração do Factory I/O (Figura 66), clique no campo superior esquerdo para voltar a janela de *Driver* do Factory I/O (Figura 65), clique novamente em voltar para retornar a cena 1 do Factory I/O (Figura 61), clique no botão iniciar simulação.

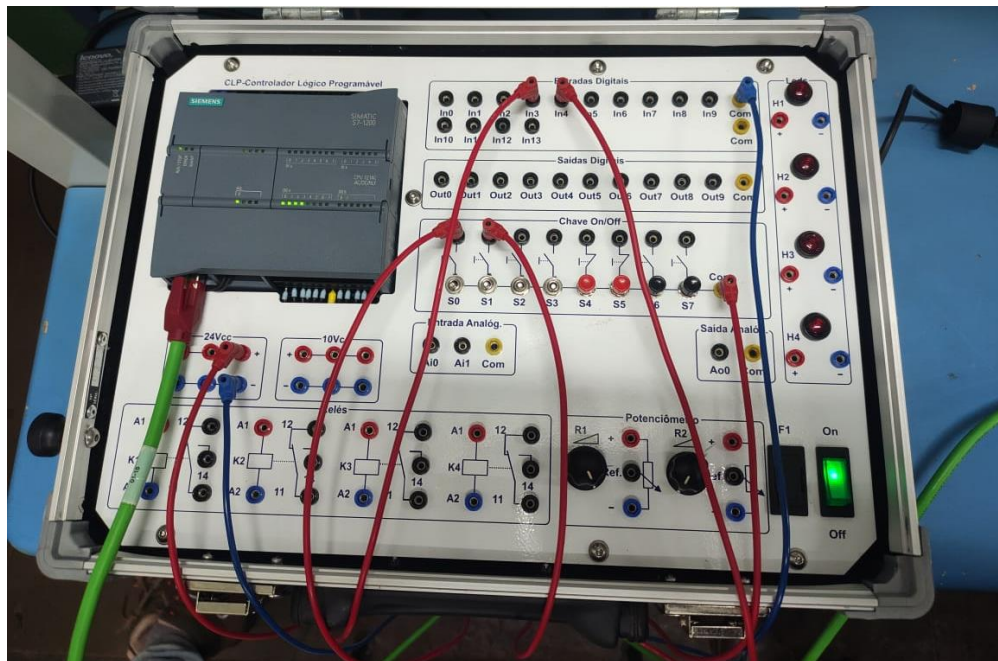
Conexão dos cabos na maleta do CLP, para executar a Simulação 7, conforme Figuras 67 e 68.

**Figura 67** – Conexão dos cabos na maleta para a Simulação 7



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 68** – Conexão na maleta para a Simulação 7



Fonte: Elaboração própria.

### Vídeo aula da Simulação 7

([https://youtu.be/T55z\\_519L6I?si=bqXrsU85eLECNzC0](https://youtu.be/T55z_519L6I?si=bqXrsU85eLECNzC0)).

## 4.8 Caso 8 com CLP físico

### 4.8.1 Objetivos

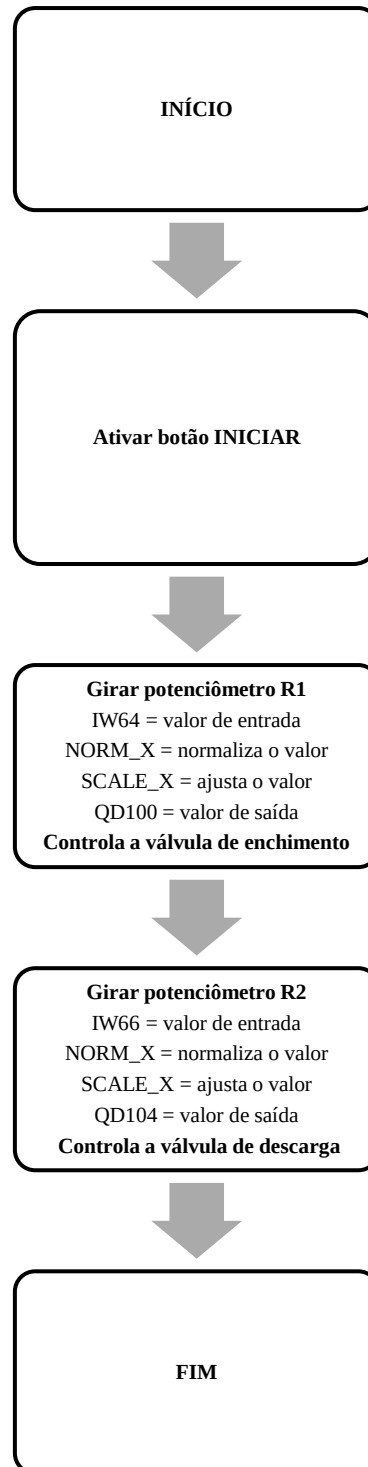
- Utilizar o Potenciômetro para controlar o fluxo de água do reservatório, familiarizar com o instrumento Potenciômetro e sua escala, girar o eixo do cursor móvel do potenciômetro conectado a primeira entrada analógica, enche o tanque e girar o eixo do cursor móvel do potenciômetro conectado a segunda entrada analógica, esvazia o tanque;
- Programar no TIA Portal essas ações na linguagem *Ladder*;
- Visualizar no Factory I/O a operação de blocos de conversão do tipo NORM\_X e SCALE\_X.

### 4.8.2 Material utilizado

- Computador com configurações de *hardware* adequados e sistema operacional *Windows*;
- 1 maleta didática, 4 cabos tipo banana 2 mm (vermelho), 3 cabos tipo banana 2 mm (azul), 1 de rede e 1 cabo de alimentação elétrica;
- TIA Portal e Factory I/O.

### 4.8.3 Descrição da simulação

O fluxograma da Figura 69 apresenta todos os passos necessários para a execução das ações especificadas nesta prática e simuladas no Factory I/O.

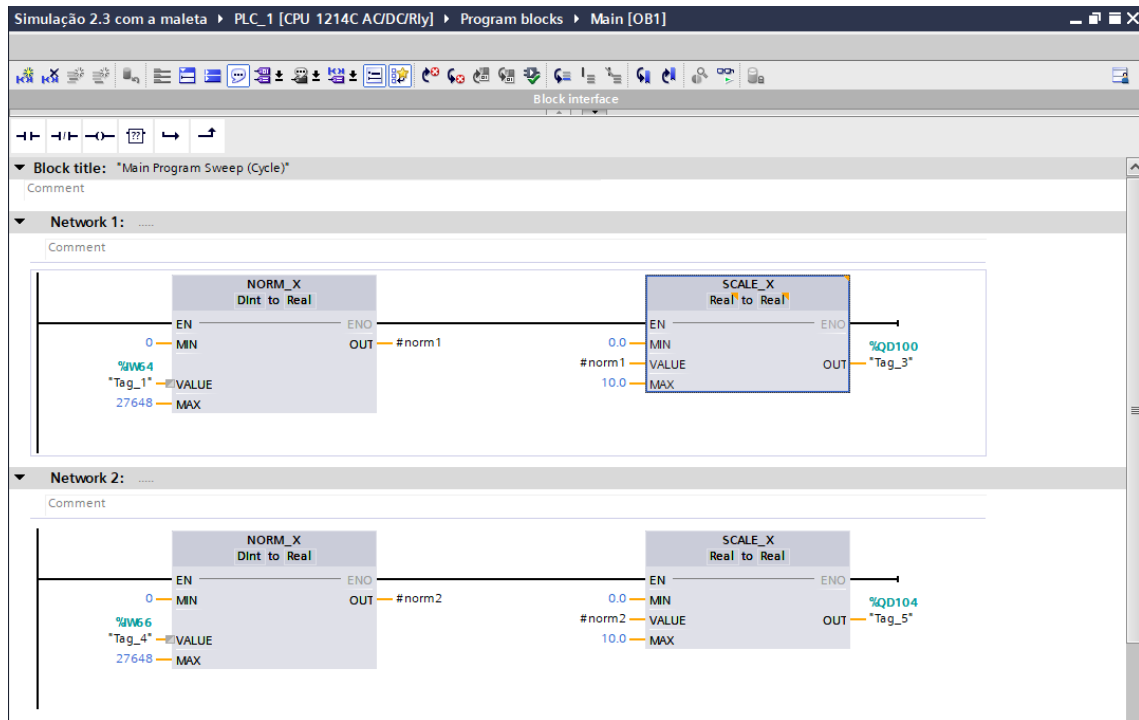
**Figura 69** – Fluxograma da Simulação 8

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.8.4 Procedimentos necessários

Para iniciar a execução da Simulação 8, siga todos os passos necessários para a criação do projeto no TIA Portal. Crie o programa em *Ladder* como mostrado na Figura 70.

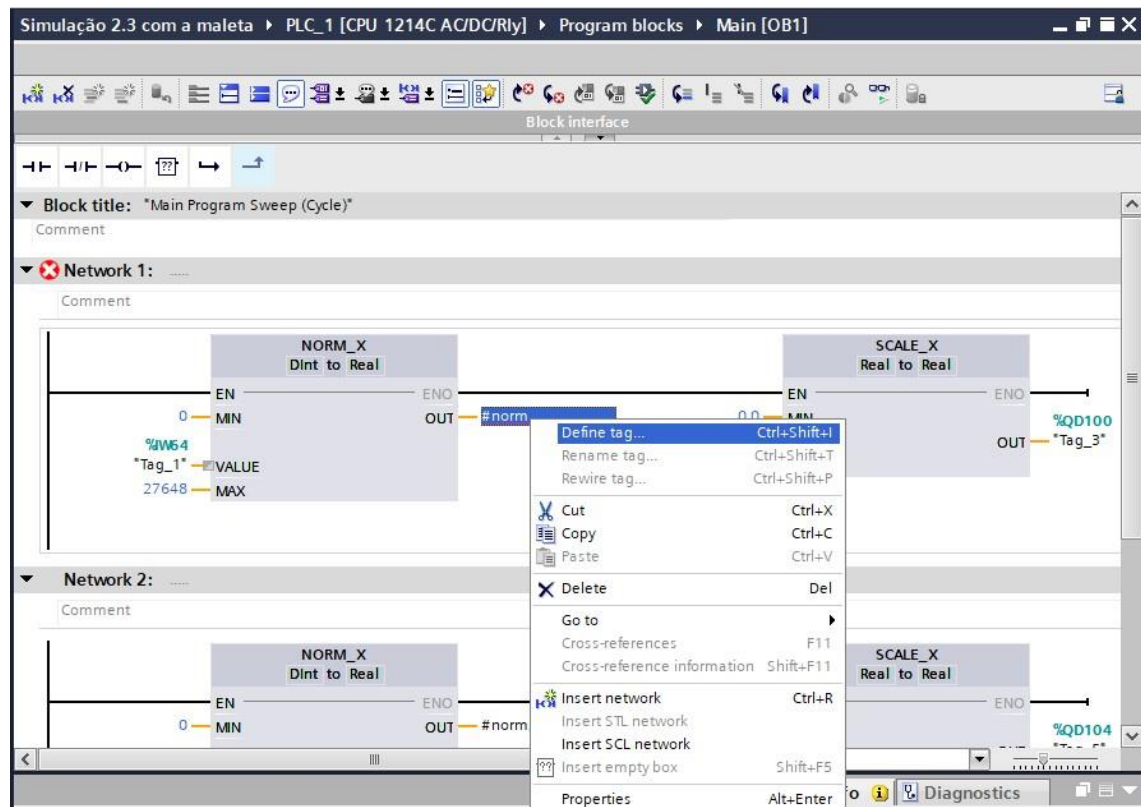
**Figura 70** – Programa em *Ladder* para a Simulação 8



Fonte: Elaboração própria.

Para utilizar os valores de saída e entrada com #norm1 e #norm2 é necessário definir a *tag*, para fazer isso deve-se realizar um duplo clique com o botão esquerdo do mouse, adicionar o nome desejado e clicar com o botão direito do mouse em cima do mesmo, clicar em *define tag* (definir etiqueta), conforme demonstrado na Figura 71.

Figura 71 – Define tag para a Simulação 8



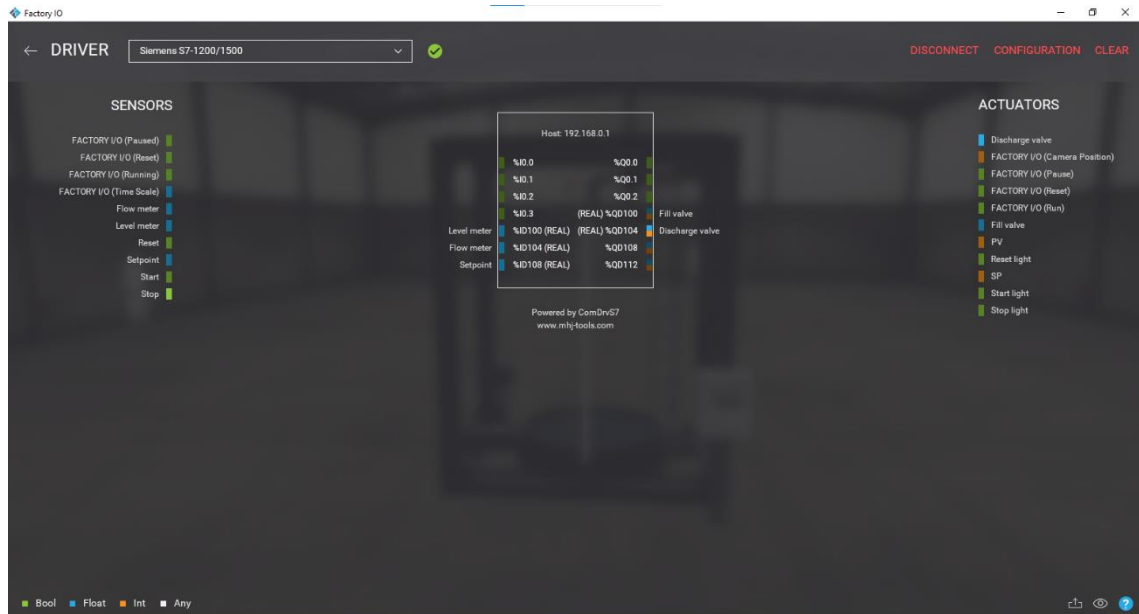
Fonte: Elaboração própria.

Feito isso deve-se configurar a tag, e clicar em *Define* (Definir), conforme a Figura 72.



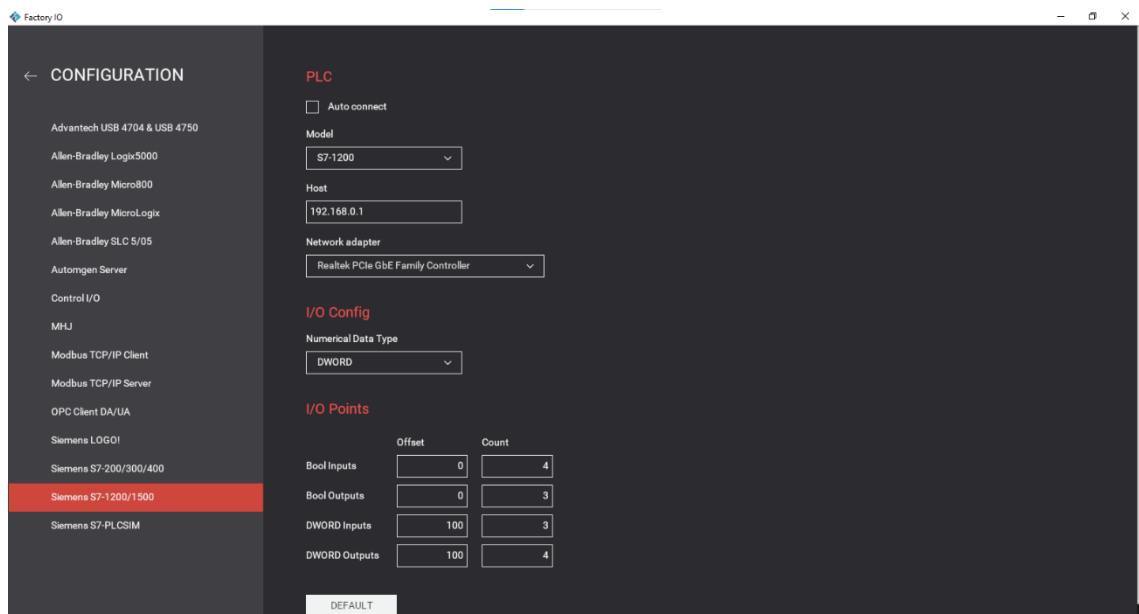
Configure para o CLP SIEMENS S7 1200/1500 e configure as entradas e saídas conforme as Figuras 74 e 75.

**Figura 74** – Configurando o *Driver* para a Simulação 8



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 75** – Configuração I/O S7-1200 para a Simulação 8

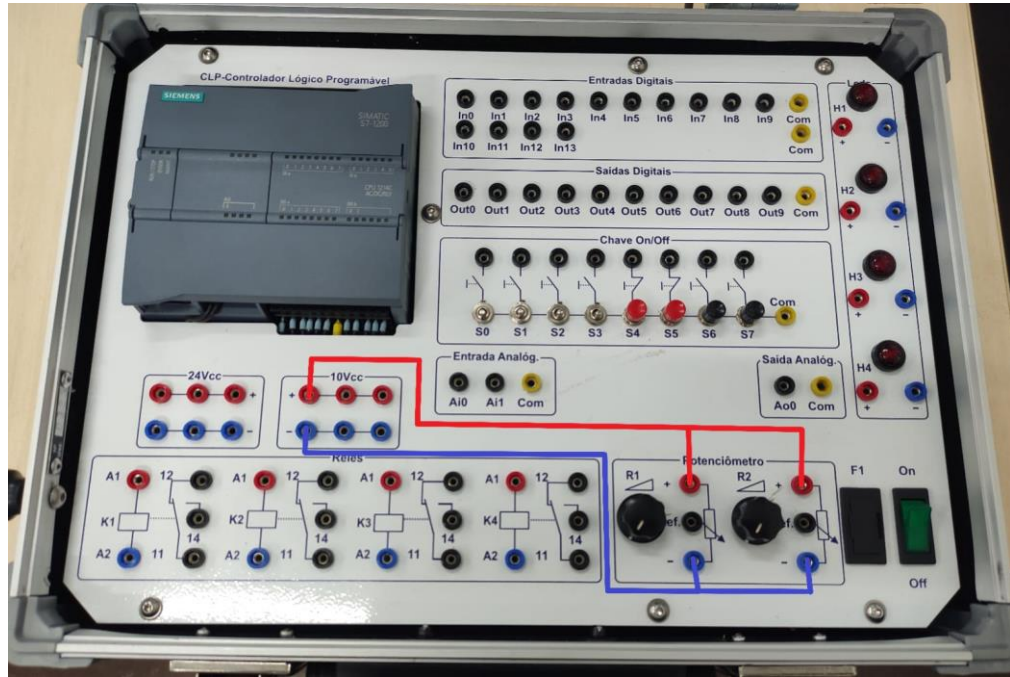


Fonte: Elaboração própria.

Na configuração do Factory I/O (Figura 75), clique no campo superior esquerdo para voltar a janela de *Driver* do Factory I/O (Figura 74), clique novamente em voltar para retornar a cena *Level Control* do Factory I/O (Figura 73), clique no botão iniciar simulação.

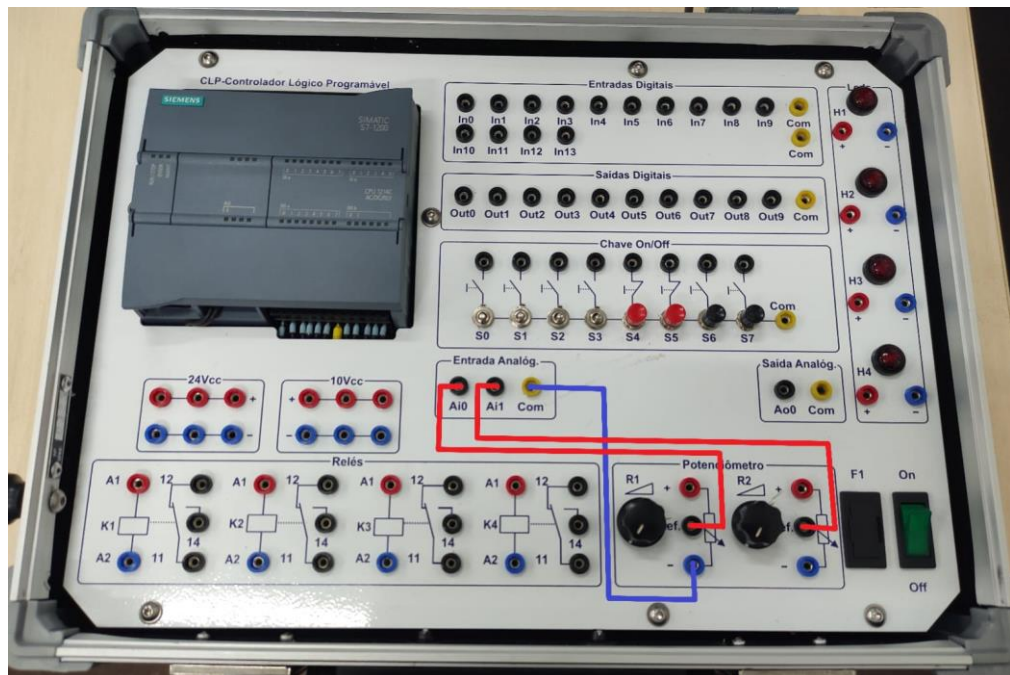
Conexão dos cabos na maleta do CLP, para executar a Simulação 8, conforme Figuras 76 a 78.

**Figura 76 – Conexão dos cabos na maleta para a Simulação 8 (parte 1 de 2)**



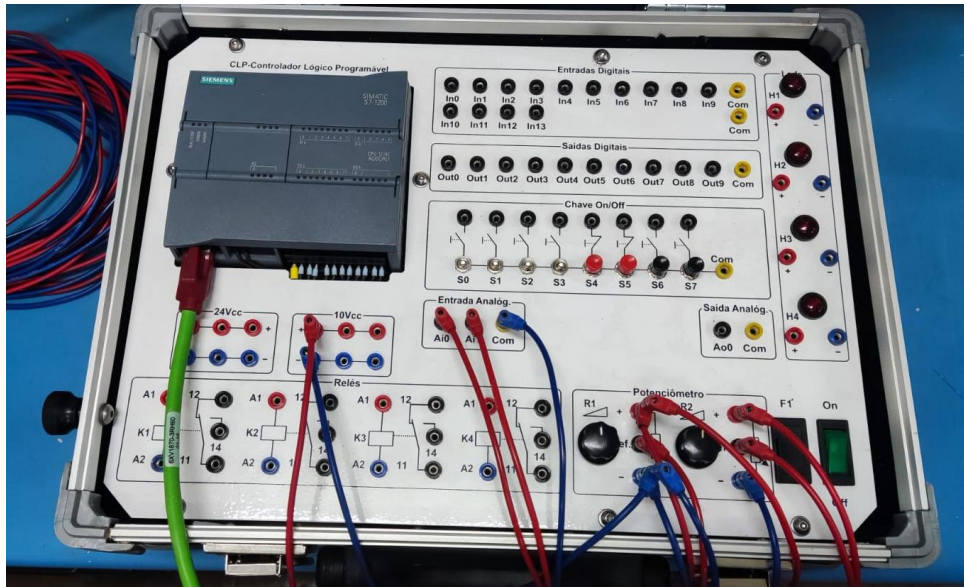
Fonte: Elaboração própria.

**Figura 77 – Conexão dos cabos na maleta para a Simulação 8 (parte 2 de 2)**



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 78 – Conexão na maleta para a Simulação 8**



Fonte: Elaboração própria.

### Vídeo aula da Simulação 8

(<https://youtu.be/UJOqJt5OWeo?si=n2FoSC1tTXzi40I->).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As soluções implementadas no CLP e simuladas no ambiente virtual proporcionaram uma melhor visualização do seu funcionamento contornando a necessidade de um ambiente de fábrica real. Os resultados obtidos com a implementação da programação, no *software* TIA Portal, e das simulações em ambientes fabris virtuais, desenvolvidos no *software* Factory I/O, bem como as interações com o CLP físico, foram satisfatórias e todas executadas com sucesso.

A programação no *software* TIA Portal apesar de permitir uma maior rapidez e praticidade na configuração dos elementos de controle, alteração de *tag* e valores das variáveis assim como na monitoração da programação, notou-se uma dificuldade por parte dos autores na elaboração da lógica *Ladder* em relação às particularidades de cada simulação.

Outra dificuldade encontrada, foi a morosidade no processamento das informações quando da execução do PLCSIM conectado ao Factory I/O, ocasionando uma maior demanda de processamento e memória do computador em uso, no qual essa percepção é minimizada com a substituição do PLCSIM pelo CLP físico.

A simulação no *software* Factory I/O foi capaz de demonstrar e confirmar a importância da utilização desse tipo de ferramenta computacional. Apesar disso, foi possível observar que embora seja uma excelente ferramenta para simulação de processos de automação, houve dificuldade na escolha de diferentes tipos de produtos, pois o *software* possui poucos sensores, e com configurações limitadas.

A utilização desses dois *softwares* no laboratório do IFTO – Campus Palmas foi limitada à versão gratuita de teste disponibilizada pelos fabricantes do TIA Portal e Factory I/O em seus websites, sendo de 21 e 30 dias respectivamente, podendo não ser suficiente para a realização dos estudos. Para o prosseguimento no trabalho foi necessário adquirir a versão comercial, utilizando a licença do Factory I/O por um período de 3 meses, quanto ao TIA Portal foi utilizado a versão de teste nos computadores dos autores, vale ressaltar que a necessidade de utilização de licenças e os requisitos de *hardware* necessário para a instalação dos *softwares* pode ser considerado uma desvantagem pois limita o seu uso nas aplicações da programação e simulação da planta virtual.

Por fim, para a realização deste trabalho foram necessários os conhecimentos contidos nas ementas de diferentes componentes curriculares ofertadas na grade curricular do curso de Engenharia Elétrica, no âmbito do IFTO – campus Palmas, como Automação Industrial, Sistemas Digitais, Redes Industriais e de Comunicação, permitindo uma maior facilidade no aprendizado e adaptação no desenvolvimento das atividades práticas, possibilitando aos autores

praticar e demonstrar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Elétrica.

Em suma, os objetivos específicos foram alcançados ao longo do desenvolvimento do trabalho:

- **Realizar o levantamento bibliográfico sobre o tema proposto;**

O levantamento bibliográfico foi realizado, conforme capítulos 2 e 3.

- **Descrever os conceitos básicos com base no tema proposto;**

Os conceitos básicos foram descritos conforme capítulos 2 e 3.

- **Listar e realizar uma breve comparação das funcionalidades dos principais softwares para programação e simulação de CLPs;**

A comparação das funcionalidades dos principais *softwares* foi listada, conforme Tabelas 1, 2 e 3.

- **Aprender a utilizar e a programar CLPs na linguagem *Ladder* no software TIA Portal;**

O processo de aprendizado e programação de CLP foi desenvolvido utilizando a linguagem *Ladder* no TIA Portal, seus resultados podem ser visualizados no capítulo 4, assim como no manual desenvolvido, com o uso dos equipamentos disponíveis no laboratório de eletropneumática, sala 911 do IFTO – Campus Palmas.

- **Aprender a utilizar o software Factory I/O;**

O processo de utilização do *software* Factory I/O foi realizado e seus resultados podem ser visualizados no capítulo 4, assim como no manual desenvolvido no laboratório de eletropneumática, sala 911 do IFTO – Campus Palmas.

- **Aprender a utilizar de forma integrada o TIA Portal e o Factory I/O;**

O processo de integração dos *softwares* TIA Portal e Factory I/O foi realizado no laboratório de eletropneumática, sala 911 do IFTO – Campus Palmas.

- **Aprimorar a habilidade de programação na linguagem *Ladder*, por meio da automação de algumas plantas virtuais no Factory I/O;**

Com base nas plantas fabris virtuais foi possível aprimorar a programação, resultando

na realização do manual e demonstrada nos vídeos.

- **Elaborar um manual com roteiros de atividades práticas para o aprendizado da programação de CLP, utilizando o *software* Factory I/O e o TIA Portal.**

O manual com o roteiro foi desenvolvido com base no aprendizado obtido no decorrer desta monografia.

Diante dos resultados obteve-se os principais produtos, fruto desse trabalho, o manual de programação do CLP S7-1200 bem como os vídeos das 8 simulações desenvolvidas, disponíveis para *download* no serviço de armazenamento e sincronização de arquivos e na plataforma de compartilhamento de vídeos respectivamente. Disponíveis no link [https://drive.google.com/file/d/14gLmeNrp3xOjAxCryhSURNmLTRQ\\_xMFc/view?usp=drive\\_sdk](https://drive.google.com/file/d/14gLmeNrp3xOjAxCryhSURNmLTRQ_xMFc/view?usp=drive_sdk) e no canal Guia Prático CLP Engenharia: [www.youtube.com/@GuiaPraticoCLPEngenharia](http://www.youtube.com/@GuiaPraticoCLPEngenharia). Espera-se que este trabalho possa ter contribuído, de forma significativa, com a ampliação e a melhoria do ensino da programação de CLPs.

Como trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento dos seguintes tópicos:

- Utilizar outro *software* de programação interagindo com o simulador Factory I/O, como por exemplo o *software* Codesys;
- Ampliar o aprendizado e treinamento da programação de CLPs para a inclusão das tecnologias de redes industriais, como o uso do protocolo de comunicação MODBUS;
- Explorar outras funcionalidades disponíveis no TIA Portal, que não foram utilizadas neste trabalho;
- Utilizar outro modelo de CLP, de diferente geração e/ou fabricante, em conjunto com o *software* de programação compatível, e que possa também interagir com o simulador Factory I/O.

As temáticas propostas para desenvolvimento de trabalhos futuros são de suma relevância para o âmbito acadêmico como também fazem parte da rotina de trabalho de um engenheiro(a) eletricista no âmbito da indústria.

## REFERÊNCIAS

- APLICADO, D. Play Store - **Macro PLC - Simulador de CLP**, [s. d.]. Disponível em: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ionicframework.macropc365297&hl=pt\\_BR&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ionicframework.macropc365297&hl=pt_BR&gl=US). Acesso em: 03 mai. 2023.
- BAYER, F. M.; ECKHARDT, M.; MACHADO, R. **Automação de Sistemas**. 4. Ed. - Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Escola Técnica Aberta do Brasil, 2011. 100 p. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18451/material/Apostila%202.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- BAYINDIR, R.; CETINCEVIZ, Y. A water pumping control system with a programmable logic controller (PLC) and industrial wireless modules for industrial plants—An experimental setup. **ISA transactions**, v. 50, n. 2, p. 321-328, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2010.10.006>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- BRETAS, G. L. **Sistemas de Controle de Temperatura**. 2019. 49 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.
- CODESYS GROUP. **CODESYS**, [s. d.]. Disponível em: <https://www.codesys.com/>. Acesso em: 04 mai. 2023.
- CODING PLC. **PLC Simulator Online**, [s. d.]. Disponível em: <https://codingplc.com/plc-simulator-online/>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- CRUZ, E. M. et al. Comparación de estándares IEC 61131-3 e IEC 61499 para implementar sistemas de control distribuido. In: **presented at the XXVIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM**. 2022.
- FELGUEIRAS, J. J. **Controlo distribuído e heterogéneo de linhas de produção industriais**. 2017. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2017.
- FERNANDES, M. M. et al. Controlador Lógico Programável como um Serviço: Uma Proposta para a Indústria 4.0. In: **Congresso Brasileiro de Automática-CBA**. 2020.
- FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. de. **Controladores Lógicos Programáveis – Sistemas Discretos**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.
- FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. **Controladores Lógicos Programáveis Sistemas Discretos**. Saraiva Educação SA, 2008.
- GEORGINI, M. **Automação Aplicada - Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2003.
- GIL, A. C. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, n. 1, p. 44-45, 2002.
- GIMENEZ, D. M.; SANTOS, A. L. dos. Indústria 4.0, manufatura avançada e seus impactos sobre o trabalho. **Texto Para Discussão**: Instituto de Economia UNICAMP, Campinas, n. 317, nov. 2019.

GOUVÊA, L. F. B. Sistema de análise e Controle de produtos em um processo de carregamento. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

IEC. **International Standard IEC 61131-3: Programming languages**. 2 ed. Geneva: IEC, 2003. Disponível em: Acesso em: 25 mai. 2023.

JOHN, K. H.; TIEGELKAMP, M. **IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems**. Berlim, Alemanha: Springer, 2001.

KAILAS, A.; CECCHI, V.; MUKHERJEE, A. A Survey of Communications and Networking Technologies for Energy Management in Buildings and Home Automation. **Journal of Computer Networks and Communications**, v. 2012, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2012/932181>. Acesso em: 29 mar. 2023.

LAGE, F. A. D. **Aplicação de um sistema automatizado de uma linha de produção MPS 500 utilizando CLP S7-1200**. 2017. 61 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

LONDOÑO, G. A. H.; LONDOÑO, M. H.; MEJÍA, A. E. Detección anticipada de flancos sólidos en presencia de rebotes para programación bajo el estándar IEC 61131-3. **Tecnura**, v. 15, n. 29, p. 98-107, 2011.

LU, Y.; XU, X.; WANG, L. Smart manufacturing process and system automation – A critical review of the standards and envisioned scenarios. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 56, p. 312-325, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.010>. Acesso em: 29 mar. 2023.

MANESIS, S.; NIKOLAKOPOULOS, G. **Introduction to industrial automation**. CRC Press, 2018.

MARTIRANO, L.; MITOLO, M. Building Automation and Control Systems (BACS): A Review. In: **2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe)**. IEEE, 2020. p. 1-8.

MELORE, P. PLCs.net. **Simulador PLC Online**, [s. d.]. Disponível em: <http://www.plcsimulator.net/>. Acesso em: 03 mai. 2023.

MONTOTO, J. L. V. **PC SIMU: Usos e processo de instalação**, [s. d.]. Disponível em: <https://cade-simu.com/pt/pc-simu-usos-e-processo-de-instalacao-pt/>. Acesso em: 04 mai. 2023.

MONTOTO, J. L. V. **SIMULADOR - CADE SIMU 4.0**, [s. d.]. Disponível em: <https://www.cadesimu.net/>. Acesso em: 04 mai. 2023.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de automação industrial**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2001. 295p.

MOURAD, R. B. A. **Método de Análise do Nível de Automação de Linhas de Montagem em um Ambiente de Manufatura Enxuta**. 2018. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

NIÑO, S. D. C. Play Store - **PLC Ladder Simulator**, [s. d.]. Disponível em: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.casdata.plcladdersimulator&hl=pt\\_BR&gl](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.casdata.plcladdersimulator&hl=pt_BR&gl)

=US. Acesso em: 03 mai. 2023.

NOUZIL, I.; RAZA, A.; PERVAIZ, S. Social aspects of automation: Some critical insights. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, A, v. 244, n. 012020, 2017.

PEREIRA, A. M. M. P. **Soluções industriais para visualização de dados em tempo-real**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2018.

PEREIRA, B. D. M. **Automação do processo de montagem de peças com Codesys, Factory I/O e Elipse SCADA**. 2021. 31 f. Monografia (Especialização) - Curso de Automação e Controle Industrial, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2021.

PETRUZELLA, F. D. **Controladores lógicos programáveis**. AMGH Editora, 2014.

QUEZADA, J. et al. IEC-61131 Controladores Programables. **Revistas y Boletines Científicos**, v. 3, n. 5, 2014.

REAL GAMES UNIPessoal LDA. **Editions – Factory I/O**, [s. d.]. Disponível em: <https://factoryio.com/editions>. Acesso em: 30 out. 2023.

REAL GAMES UNIPessoal LDA. **FACTORY I/O - ABOUT**. Factory IO Docs, [s. d.]. Disponível em: <https://docs.factoryio.com/>. Acesso em: 27 out. 2023.

REAL GAMES UNIPessoal LDA. **FACTORY I/O**, [s. d.]. Disponível em: <https://factoryio.com/>. Acesso em: 04 mai. 2023.

ROSARIO, J. M. **Automação industrial**. Editora Baraúna, 2009.

SAAD, N.; ARROFIQ, M. A PLC-based modified-fuzzy controller for PWM-driven induction motor drive with constant V/Hz ratio control. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 28, n. 2, p. 95-112, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2011.07.001>. Acesso em: 06 abr. 2023.

SCHNEIDER ELECTRIC. **EcoStruxure™ Machine Expert**, [s. d.]. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/product-range/2226-ecostruxure-machine-expert/>. Acesso em: 04 mai. 2023.

SCHUSTER, B. et al. Automated microfluidic platform for dynamic and combinatorial drug screening of tumor organoids. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 5271, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19058-4>. Acesso em: 30 mar. 2023.

SIEMENS. **6ES7 214-1BG40-0XB0**, [s. d.]. Disponível em: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7214-1BG40-0XB0>. Acesso em: 16 nov. 2023.

SIEMENS. **Totally Integrated Automation Portal**, [s. d.]. Disponível em: <https://new.siemens.com/br/pt/produtos/software/industria/automacao/tia-portal.html>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SILVA, E. A. da. **Introdução às linguagens de programação para CLP**. São Paulo: Blucher, 2016, 354 p.

SILVA, F. H. V. et al. Identificação e Controle de uma Planta de Nível Utilizando Controlador Lógico Programável. In: **Congresso Brasileiro de Automática-CBA**. 2020.

SILVA, F. R. M. da. **Implantação de desenvolvimento de uma rede de automação industrial e sistema SCADA para estação de tratamento de água purificada**. 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

SILVA, M. E. **Controladores Lógico Programáveis-Ladder**. 2007. EEP – Escola de Engenharia de Piracicaba.

SILVEIRA, P. R. da.; SANTOS, W. E. dos. **Automação e Controle Discreto**. 8. ed. São Paulo: Érica, 2007.

SOUZA, J. R. et al. Proteção adaptativa em redes de distribuição de energia elétrica utilizando relés digitais e controladores lógicos programáveis. **Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos-SBSE**, v. 1, n. 1, 2020.

TOPALOĞLU, F. Industrial Automation and Edge Computing SCADA PLC PAC IO-LINK-2. **Turkish Journal of Science and Technology**, v. 16, n. 1, p. 179-185, 2021.

VISWANADHAM, N.; NARAHARI, Y. **Performance modeling of automated systems**. PHI Learning Pvt. Ltd., 2015.

WANG, C.; FANG, L.; DAI, Y. A simulation environment for SCADA security analysis and assessment. In: **2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation**. IEEE, 2010. p. 342-347.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução: Daniel Grassi. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.