

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO  
“ADIB MOISÉS DIB”**

**ELIANRIO VIANA DE MAGALHÃES  
GUILHERME ANTONIO DA SILVA  
HUGO DOS SANTOS MOREIRA**

**INTEGRAÇÃO DE UM SISTEMA DE MANUFATURA DIDÁTICO SEGUNDO OS  
PRECEITOS DA INDÚSTRIA 4.0**

São Bernardo do Campo - SP  
Junho/2019

**ELIANRIO VIANA DE MAGALHÃES  
GUILHERME ANTONIO DA SILVA  
HUGO DOS SANTOS MOREIRA**

**INTEGRAÇÃO DE UM SISTEMA DE MANUFATURA DIDÁTICO SEGUNDO OS  
PRECEITOS DA INDÚSTRIA 4.0**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Me. Pedro Adolfo Galani.

São Bernardo do Campo - SP  
Junho/2019

**ELIANRIO VIANA DE MAGALHÃES  
GUILHERME ANTONIO DA SILVA  
HUGO DOS SANTOS MOREIRA**

**INTEGRAÇÃO DE UM SISTEMA DE MANUFATURA DIDÁTICO SEGUNDO OS  
PRECEITOS DA INDÚSTRIA 4.0**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Tecnologia  
de São Bernardo do Campo “Adib Moisés  
Dib” como requisito parcial para a  
obtenção do título de Tecnólogo em  
Automação Industrial.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado  
em:\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/2019

Banca Examinadora:

---

Prof. Me. Pedro Adolfo Galani, FATEC SBC – Orientador

---

Prof. \_\_\_\_\_, FATEC SBC - Avaliador

---

Prof. \_\_\_\_\_, FATEC SBC - Avaliador

Dedico este Trabalho aos meus pais em especial por estimular meus esforços em mais uma realização, e a todos os professores e colegas que contribuíram para o meu crescimento e aprendizagem.

ELIANRIO VIANA DE MAGALHÃES

Este Trabalho é dedicado à minha avó Edith da Silva (*in memoriam*), ao grande poeta e conselheiro, Danilo Dandis, e em especial à minha querida Caroline Rodrigues. Eu não chegaria aqui sem vocês.

GUILHERME ANTONIO DA SILVA

Dedico este Trabalho aos meus pais, irmãos, minha namorada e a todas as pessoas que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para presenciar a conclusão dessa etapa na minha vida. E aos amigos, Guilherme e Elianrio pelo incentivo e apoio nesse grande projeto de conclusão.

HUGO DOS SANTOS MOREIRA

Agradecemos aos professores Me. Pedro Adolfo Galani, Dr. Delcínio Ricci e Dr. Cláudio Torres pela ajuda durante a elaboração deste trabalho. Agradecemos a Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo pela disponibilidade dos equipamentos.

“Posso muito bem imaginar um homem sem mãos, pés, cabeça (pois somente a experiência é que nos ensina que a cabeça é mais necessária que os pés). Mas não posso imaginar o homem sem pensamento: seria uma pedra ou um bruto.”

BLAISE PASCAL

## RESUMO

Este trabalho realiza a integração de células de manufatura que utilizam controladores lógicos programáveis em conjunto com um sistema supervisório e IHM para a produção de produtos customizados. Os pedidos são provenientes de uma plataforma *Web*, armazenados em um banco de dados e enviados ao sistema supervisório. O objetivo é conectar diversos sistemas da tecnologia da automação e informática para aumentar a eficiência e eficácia do processo produtivo e promover a fidelização da relação cliente-fornecedor. A estrutura desse trabalho inclui a fundamentação teórica que abrange os seguintes tópicos: as revoluções industriais com ênfase na Indústria 4.0, bem como seus conceitos e diretrizes; os sistemas flexíveis de manufatura (FMS); a manufatura integrada por computador (CIM); e as redes de comunicação aplicadas ao projeto. A metodologia traz o tema-problema, a justificativa e a especificação e descrição do funcionamento através de fluxogramas detalhados do processo, bem como cronograma de execução e lista de materiais. O desenvolvimento contempla a integração virtual via OPC DA, as programações dos aplicativos utilizados no projeto iniciadas com o desenvolvimento do *site*, a programação do banco de dados, as telas do sistema supervisório e a elaboração dos programas dos controladores utilizando técnicas de Grafcet, sua respectiva transcrição para *ladder* e otimização dos drivers de comunicação. Por fim, são apresentadas as considerações finais que abordam as necessidades do setor produtivo frente às inovações tecnológicas; o diferencial do projeto em relação às estratégias de produção evidenciado pela integração dos sistemas da manufatura; os resultados da efetivação do desenvolvimento do projeto apresentando suas vantagens e desvantagens na aplicação industrial, como a deficiência em segurança cibernética; e sugere estudos futuros em desenvolvimento de bancos de dados dotados de análises de insumos e priorização da produção de pedidos de maior valor ou menor tempo de processamento.

Palavras-chave: Customização. FMS. Indústria 4.0. Redes. *Web*.

## **ABSTRACT**

This work integrates manufacturing cells that use programmable logic controllers in conjunction with a supervisory system and HMI to produce customized products. The requests come from a Web platform, stored in a database and sent to the supervisory system. The goal is to connect several systems of automation and computer technology to increase the efficiency and effectiveness of the production process and promote customer loyalty. The structure of this work includes the theoretical foundation covering the following topics: industrial revolutions with an emphasis on Industry 4.0, as well as its concepts and guidelines; flexible manufacturing systems (FMS); computer-integrated manufacturing (CIM); and the communication networks applied to the project. The methodology brings the problem-theme, justification and specification and description of the operation through detailed flow diagrams of the process, as well as execution schedule and bill of materials. The development includes the virtual integration via OPC DA, the schedules of the applications used in the project started with the development of the site, the programming of the database, the screens of the supervisory system and the elaboration of the programs of the controllers using techniques of Grafset, their respective transcription to ladder and optimization of communication drivers. Finally, we present the final considerations that address the needs of the productive sector against technological innovations; the project differential in relation to production strategies evidenced by the integration of manufacturing systems; the results of the implementation of the project presenting its advantages and disadvantages in the industrial application, such as the deficiency in cyber security; and suggests future studies in the development of databases with input analysis and prioritization of the production of higher value orders or shorter processing time.

Keywords: Customization. FMS. Industry 4.0. Networks. Web.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Infográfico das revoluções industriais .....	17
Figura 1.2	Diversidade de produtos x volume por variante .....	21
Figura 1.3	Processo discreto.....	22
Figura 1.4	Controlador lógico programável .....	23
Figura 1.5	Arquitetura de orientação à serviços .....	24
Figura 1.6	Manufatura integrada por computador .....	26
Figura 1.7	Centro de controle operacional .....	27
Figura 1.8	Sistema supervisorio SCADA.....	28
Figura 1.9	Interface homem-máquina .....	29
Figura 1.10	Rede MODBUS TCP/IP .....	31
Figura 1.11	Conectividade via OPC .....	32
Figura 1.12	Rede virtual de computadores e servidores .....	33
Figura 1.13	Acesso remoto via smartphone.....	33
Figura 2.1	Fluxograma principal do projeto .....	36
Figura 2.2	Fluxograma de funcionalidades adicionais.....	38
Figura 3.1	Projeto finalizado fazendo uso do equipamento da Fatec SBC .....	43
Figura 3.2	Página inicial do <i>site</i> .....	45
Figura 3.3	Tela de pedidos do <i>site</i> .....	45
Figura 3.4	Galeria de fotos do <i>site</i> .....	46
Figura 3.5	Sobre nós.....	46
Figura 3.6	Trecho de formatação em HTML5.....	47
Figura 3.7	Trecho de formatação em CSS3.....	48
Figura 3.8	Trecho de programação em HTML .....	48
Figura 3.9	Coleta de dados utilizando PHP.....	49
Figura 3.10	Conexão no servidor do banco de dados.....	50
Figura 3.11	Comandos de programação em SQL Server .....	51
Figura 3.12	Tela principal do Sistema de Supervisão e Controle.....	52
Figura 3.13	Tela da primeira estação do processo .....	53
Figura 3.14	Layout da tela produção.....	54
Figura 3.15	Tela de emissão e leitura de relatórios.....	54
Figura 3.16	Automação de relatórios personalizados .....	55
Figura 3.17	Configuração do gráfico de tendência.....	56
Figura 3.18	Planilha de inserção de equações.....	57
Figura 3.19	Arquitetura da rede.....	60
Figura 3.20	Tela de menu da primeira estação .....	61
Figura 3.21	Tela de manutenção e histórico .....	61
Figura 3.22	Tabela de variáveis Modbus .....	61
Figura 3.23	Programação em Grafcet.....	60
Figura 3.24	Transcrição do Grafcet para <i>ladder</i> .....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCO	Centro de Controle Operacional
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CLP	Controlador Lógico Programável
CSMA-CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
ECL	Estação de Controle Local
ERP	Enterprise Resource Planning
ETD	Equipamento Terminal de Dados
FMS	Flexible Manufacturing System
GSM	Global System for Mobile Communications
IHM	Interface Homem-Máquina
IoT	<i>InternetofThings</i>
IP	<i>InternetProtocol</i>
LSE	Limite Superior de Engenharia
LIE	Limite Inferior de Engenharia
MES	Manufacturing Execution System
OPC	Object Linking and Embedding for Process Control
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SOA	Service-Oriented Architecture
TCP	Transmission Control Protocol
VPN	Virtual Private Network

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
<b>1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
1.1 As revoluções na indústria.....	14
1.1.1 Indústria 4.0.....	17
1.2 Sistemas flexíveis de manufatura .....	20
1.2.1 Processo de manufatura discreto.....	21
1.2.2 Controlador lógico programável .....	22
1.2.3 Arquitetura orientada à serviço.....	24
1.3 Manufatura integrada por computador.....	25
1.3.1 Banco de dados .....	26
1.3.2 Sistema supervisor SCADA e IHM .....	27
1.4 Redes de comunicação.....	30
1.4.1 Acesso remoto via Web e Mobile .....	32
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>34</b>
2.1 O tema-problema, justificativa e descrição via fluxograma.....	34
2.2 Etapas teóricas e práticas para o desenvolvimento do projeto .....	39
<b>3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....</b>	<b>43</b>
3.1 Criação de um <i>site</i> para entrada dos pedidos .....	44
3.2 Programação do banco de dados para recebimento dos pedidos .....	49
3.3 Desenvolvimento do sistema de supervisão e IHM.....	51
3.4 Programação em linguagem Grafset e ladder dos CLPs.....	59
3.5 Integração das partes, funcionamento e testes finais .....	61
3.6 Dificuldades e soluções.....	63
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>68</b>

## INTRODUÇÃO

Atualmente, está em curso a quarta revolução industrial, denominada Indústria 4.0, protagonista das mudanças de paradigmas nos processos produtivos que visa aumentar a eficiência e eficácia das empresas. A manufatura baseada em orientação à serviços tem proporcionado a customização de produtos nas linhas de montagem para atender as demandas do cliente. Cada vez mais, o acesso móvel tem se introduzido nas práticas de gestão de processos industriais.

Com a inserção do conceito de Indústria 4.0, os processos de produção estão se adaptando às novas formas de demanda ditadas pelos clientes, retomando assim, o modelo de produção praticado na Idade Média, onde o artesão fabricava produtos personalizados para cada cliente. No campo industrial, esse conceito é aplicado em escalas maiores utilizando linhas de produção para tal, de modo que a produção em massa agora necessita de processos flexíveis de manufatura.

Ao longo dos anos, as exigências do mercado se tornaram maiores no que tange à qualidade dos produtos e customização, e com isso, os clientes passaram a ter o papel mais importante no desenvolvimento de novos produtos. Nos dias atuais, o valor agregado de produtos fabricados sob demanda é maior, e isso induz as empresas a modificar os métodos de produção em massa convencionais aliando-os com a personalização dos produtos através de plataformas móveis visando a satisfação do cliente.

Cada vez mais, a *internet* e o celular têm tomado o espaço de outros meios de comunicação, como jornais e revistas, e com isso, sua utilização se expande para outras áreas, como as transações bancárias e serviços de mídia digital, por exemplo. Na área comercial não é diferente, o que tem possibilitado às empresas a flexibilidade dos seus modelos de mercado para oferecer serviços de vendas em plataformas móveis, além de aliar esses serviços aos bancos tornando a experiência do usuário mais interativa e simplificada, para possibilitar a compra de um produto

em um *site*, e em seguida encaminhar o usuário à página do banco para efetuar o pagamento e ainda acompanhar o *status* do seu pedido.

Mediante o exposto, o objetivo do trabalho intitulado Integração de um Sistema de Manufatura Didático Segundo os Preceitos da Indústria 4.0 é desenvolver de forma real os serviços necessários para a automação e integração das células de manufatura da Fatec-SBC e promover facilidades adicionais segundo preceitos da indústria 4.0.

Para tanto, é implementada uma plataforma digital na *internet* que permite potenciais clientes fazerem seus pedidos e acompanharem o *status* da ordem de serviço recebendo *e-mails* personalizados do início ao final da produção. Além da interação com os clientes, o sistema disponibiliza um banco de dados na nuvem que permite aos clientes internos da corporação uma posterior análise e ações necessárias voltadas às áreas de produção e qualidade, assim como permitir às equipes de manutenção e engenharia a análise de dados das condições de funcionamento e operação remota via *Web*.

Justificam-se esses serviços digitais com a satisfação do cliente em adquirir o serviço, a eficiência e eficácia promovida para as empresas, facilidades para manutenção, aumento da disponibilidade do chão-de-fábrica, incremento das vendas personalizadas com fidelização da relação cliente-fornecedor.

Este trabalho encontra-se dividido da seguinte forma:

Capítulo 1 – Fundamentação Teórica: são abordadas teorias que dão sustentação ao desenvolvimento do projeto intitulado Integração de um Sistema de Manufatura Didático Segundo os Preceitos da Indústria 4.0.

Capítulo 2 – Metodologia: é o caminho que se percorre para o desenvolvimento de uma pesquisa. São apresentados técnicas e métodos com instrumentos adequados.

Capítulo 3 – Desenvolvimento do Projeto: é descrito passo a passo o desenvolvimento e construção do projeto, subdivisões de tópicos e figuras para melhor entendimento.

E finalmente, as Considerações Finais: faz-se uma retomada, em linhas gerais do que é abordado, do objetivo e justificativa à finalização do projeto. Também são apontadas as relações existentes entre os fatos verificados e as teorias utilizadas, conquistas alcançadas, pontos fortes e fracos e sugestões para futuros trabalhos.

# 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo são abordadas teorias que dão sustentação ao desenvolvimento do projeto intitulado Integração de um Sistema de Manufatura Didático Segundo os Preceitos da Indústria 4.0.

## 1.1 As revoluções na indústria

Stevan Jr., Leme e Santos (2018) apontam que a primeira revolução industrial teve início na Grã-Bretanha em meados do século XVIII. O impacto causado por essa revolução foi principalmente devido ao surgimento da máquina à vapor, aplicada à produção têxtil.

A introdução das máquinas na indústria permitiu a substituição do esforço físico humano e animal pelo trabalho realizado por linhas de produção em série. Essa alteração aumentou o volume de produção consideravelmente e gerou um novo modelo econômico.

A comunicação adotada naquela época era feita através do telégrafo, invenção de Samuel Morse em 1837. O método utilizado era o código Morse, que por meio de pontos e traços emitidos no dispositivo modulava uma corrente elétrica que era transmitida para o receptor. A corrente que chegava na outra extremidade traçava em uma fita de papel a informação, também por meio de pontos e traços, que representavam letras do alfabeto e demais sinais gráficos.

Na segunda metade do século XIX, inicia-se a segunda revolução industrial impulsionada pela eletricidade. A substituição do vapor pela eletricidade nas

máquinas industriais possibilitou grandes evoluções na indústria química, elétrica, petroleira e do aço.

A eletricidade promoveu mudanças nos motores e máquinas que passaram a ser menores e mais eficientes, além de desenvolver a produção em massa que permitiu a redução dos preços dos produtos, aumentando o acesso da população. A partir disso, os primeiros eletrodomésticos foram desenvolvidos abrindo espaço para a mão de obra qualificada nessa área.

Com base na ideia da produção em massa, o empreendedor norte-americano Henry Ford desenvolveu a linha de produção para um único modelo de automóvel popular, denominado Ford T. Dessa forma, surge o conceito Fordismo na administração da época, que além da produção em série de um único produto, consiste em uma fábrica com peças intercambiáveis de alta precisão que eliminam a necessidade de ajustes mecânicos, e com isso, aumenta-se a produtividade.

Segundo Stevan Jr., Leme e Santos (2018) a terceira revolução industrial, também chamada de Era da Eletrônica, iniciou-se em meados do século XX, logo após o término da Segunda Guerra Mundial, por volta de 1950, e se estende até os dias atuais.

O maior impacto da terceira revolução foi a evolução da eletrônica que possibilitou o desenvolvimento de dispositivos que remodelaram os processos industriais, como o Controlador Lógico Programável (CLP), por exemplo. Até aquele momento, os sistemas eram automatizados por componentes pneumáticos e eletromecânicos. A inserção do CLP nos processos reduziu custos exigindo menos manutenção e oferecendo maior precisão aos sistemas.

Os processos de fabricação passaram a contar também com tecnologias da informação, como a introdução dos computadores no chão de fábrica para



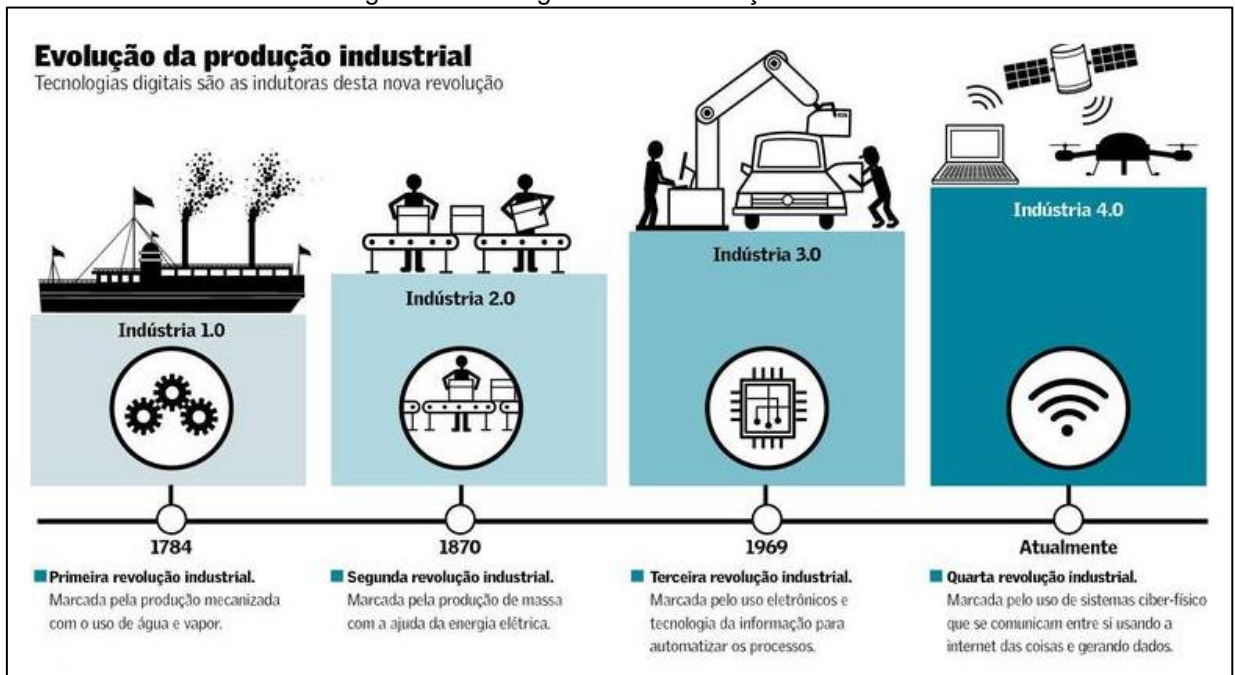
supervisão e controle de processos, bem como os sistemas de comunicação em rede para interligar diferentes dispositivos e flexibilizar a manufatura.

Na década de 1960, a empresa IBM desenvolveu o primeiro sistema de produção de transistores em massa. No mesmo período, a empresa AT&T desenvolveu o *Dataphone*, hoje conhecido por *modem*, para fazer a conversão de dados digitais em analógicos, de modo a transmiti-los para outros computadores por linhas telefônicas.

A evolução nas telecomunicações permitiu que, em meados da década de 1990, a *internet* fosse acessada em residências, e não apenas em instituições de ensino. Nos anos seguintes, grandes avanços também foram alcançados na telefonia móvel, como foi o caso da velocidade de acesso das redes GSM, 3G e atualmente a 4G.

Por meio das redes de comunicação, diversos processos passaram a ser interligados, e isso impactou o setor produtivo, o setor de compras e o relacionamento com os clientes. Os avanços da eletrônica aliados à evolução das telecomunicações fez com que a quarta revolução industrial se concretizasse. A Figura 1.1 ilustra o infográfico das revoluções industriais.

Figura 1.1 – Infográfico das revoluções industriais



Fonte: [www.fernandonogueiracosta.wordpress.com](http://www.fernandonogueiracosta.wordpress.com), 2018

### 1.1.1 Indústria 4.0

De acordo com Schwab (2016), a quarta revolução industrial teve início no século XXI baseando-se na revolução digital. Caracteriza-se pela *internet* mais onipresente e móvel, aliada a sensores menores com maior performance e inteligência artificial com aprendizado de máquina.

Muitas das tecnologias que se tem apontado na quarta revolução industrial, como a *internet*, redes e sensoriamento já existiam na terceira revolução, entretanto, agora elas estão mais sofisticadas e integradas aos sistemas e processos, e dessa forma modificam a sociedade e a economia global.

O termo “Indústria 4.0” foi cunhado em 2011, durante a feira de Hannover, na Alemanha, e está relacionado à quarta revolução industrial com o objetivo de integrar os mundos digitais e físicos. Através disso, os processos industriais tornam-

se mais flexíveis possibilitando a customização de produtos e o surgimento de novos modelos de mercado.

No entanto, a quarta revolução industrial não está apenas associada aos sistemas e máquinas conectadas, mas também às novas tecnologias descobertas simultaneamente em áreas correlatas, como por exemplo, a nanotecnologia, sequenciamento genético, energias renováveis e computação quântica.

LCR4.0 (2017) aponta que a indústria 4.0 é sustentada por nove pilares modernos da tecnologia que estão ajudando a transformar o potencial operacional da manufatura. São eles:

- *big data*: consiste na coleta de dados dos processos com o objetivo de gerar conhecimento através das percepções proporcionadas por eles. Os dados são tratados e apresentados em gráficos e tabelas para identificar tendências de processo, padrões e relacionamentos entre entradas, processo e saída. Com isso, é possível aprimorar a tomada de decisão de forma mais rápida e eficaz.

- realidade aumentada: muito aplicada em jogos e programas de computador, a realidade aumentada permite que, através de imagens reproduzidas em uma tela, se tenha a percepção de como um processo funcionará antes de implementar a tecnologia, podendo reduzir custos e garantir a eficiência. Essa tecnologia é bastante aplicada em design e *layout* de interiores, para demonstrar de forma fidedigna ao cliente como será a disposição física de móveis e equipamentos em um ambiente residencial, comercial ou industrial.

- simulação: tem por objetivo simular uma situação real em um ambiente moldado via *software*. Permite que se tenha a percepção sensorial dos riscos apresentados no ambiente, assim como a percepção de operação de um sistema sem que seja necessário instalar todo o sistema, reduzindo custos e tornando a

aprendizagem mais segura. A simulação utiliza recursos tecnológicos para inibir os perigos do treinamento de pessoas em ambientes reais.

- *internet* das coisas (IoT): consiste em integrar dispositivos do cotidiano à *internet*, de modo que eles possam receber e enviar dados, efetuar o processamento deles para reduzir o tempo de produção, auxiliar no gerenciamento de riscos e economizar recursos da manufatura.

- computação em nuvem: o armazenamento em nuvem é constituído de uma rede de servidores remotos responsáveis por armazenar, gerenciar e processar dados. Isso permite que a manufatura possua uma base de dados flexível na nuvem para auxiliar em todas as situações de vendas, além de introduzir novos produtos no mercado mais rapidamente.

- segurança digital: baseada em toda a coleta de dados dos processos com a IoT e o armazenamento em nuvem, faz-se necessário que a segurança das informações seja robusta e atenda aos novos modelos de mercado que transmitem dados entre processos através de diversas redes. A segurança protege o sistema de ataques cibernéticos e vazamento de informações dos clientes, propriedade intelectual e dados dos produtos.

- integração de sistemas: promove o fluxo dos processos de forma suave e eficiente através da integração dos mais variados controladores de um processo, desde computadores até controladores eletrônicos instalados em painéis elétricos. A integração é feita por meio de redes e protocolos de comunicação, tanto no ambiente industrial quanto no administrativo.

- manufatura aditiva: consiste em um método de produção de peças por meio do depósito de materiais que formam as camadas de uma peça. A produção é baseada em um projeto digital em 3D. Diferencia-se dos métodos de usinagem convencionais que retiram excesso de material de uma peça bruta, e isso permite criar peças mais leves e com menor desperdício.

- sistemas autônomos: atribui a característica de tomada de decisão inteligente em máquinas e robôs mediante programação. Relaciona-se ao aprendizado de máquina e inteligência artificial para garantir autonomia no funcionamento e nas decisões estratégicas em curto período.

## 1.2 Sistemas flexíveis de manufatura

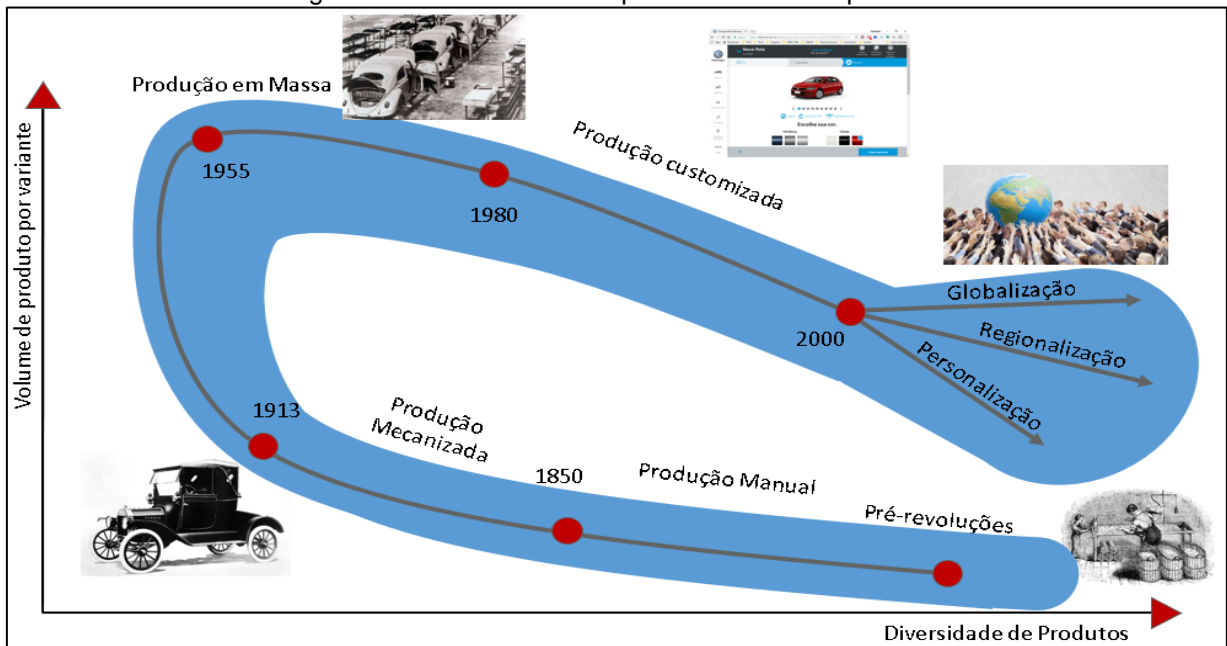
Silveira e Santos (1998) destacam que os Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS) são divididos em três subsistemas, sendo eles: a manufatura, que efetua a transformação da matéria-prima em produto final; o manuseio de material, que faz o armazenamento de ferramentas e outros acessórios utilizados na produção; e o controle, responsável por gerenciar toda a cadeia produtiva, de modo a monitorar os sinais emitidos por sensores e processá-los para efetuar intervenções no sistema.

Os FMS são constituídos por máquinas-ferramenta e de transporte de peças em um sistema de manufatura automatizado de concepção celular com alto grau de flexibilidade. Esses sistemas possuem a característica de produzir peças diversificadas com a mínima intervenção operacional.

As estações de trabalho são mapeadas ao longo do processo produtivo criando um roteiro de fluxo preestabelecido, de maneira que os produtos passem pelas estações com maior eficiência e eficácia garantindo flexibilidade ao processo.

A diversificação das peças acarreta em menor volume produzido devido ao tempo necessário para a finalização dos procedimentos, entretanto, em uma mesma linha, são produzidas diferentes peças com redução do tempo de *setup* de máquina, e conseqüentemente, dos custos de produção. A Figura 1.2 ilustra a relação da diversificação de produtos pelo volume de produtos por variante.

Figura 1.2 – Diversidade de produtos x volume por variante



Fonte: adaptado de [www.erc.engin.umich.edu](http://www.erc.engin.umich.edu), 2018

### 1.2.1 Processo de manufatura discreto

Silveira e Santos (1998) apontam que os processos de manufatura são constituídos de trabalho e capital empregado na transformação de matéria-prima em bens de consumo. Para isso, utiliza-se técnicas de controle que garantem o valor agregado do produto e possibilitam atingir os objetivos do negócio.

O processo de manufatura é definido pela manipulação das variáveis predominantemente utilizadas. As variáveis são do tipo digital quando possuem apenas dois estados (ligado e desligado), que caracteriza os processos discretos; ou analógicas, quando o valor varia no tempo dentro de um *range* preestabelecido, empregadas nos processos contínuos.

Os processos discretos predominam nas indústrias manufatureiras que fazem a fabricação por lote. Entre elas, destaca-se a indústria automobilística, onde as peças são agregadas de forma a obter no final do processo o automóvel completo. Outra característica é a desmontagem das peças que possibilita retornar

ao estado inicial, diferentemente dos processos contínuos. A Figura 1.3 exemplifica esse processo com a linha de montagem de um avião.

Figura 1.3 – Processo discreto



Fonte: [www.universodalogistica.wordpress.com](http://www.universodalogistica.wordpress.com), 2018

### 1.2.2 Controlador lógico programável

De acordo com Prudente (2013), controlador lógico programável (CLP) é um computador utilizado na indústria constituído de componentes eletrônicos e memórias que contém dados e programas. Com a finalidade de substituir os antigos quadros à relés da manufatura discreta, o CLP controla os processos mediante leitura dos sinais analógicos e digitais de entrada, execução do programa do usuário e atuação nos dispositivos de saída. A Figura 1.4 ilustra o CLP.

Figura 1.4 – Controlador lógico programável



Fonte: [www.altus.com.br](http://www.altus.com.br), 2018

O controlador é dividido em duas partes, sendo: o *hardware*, que é a parte física do componente constituído por uma fonte, cartões de entrada e cartões de saída; e o *software*, que é a plataforma onde o algoritmo do programa é criado pelo usuário em linguagens de programação estabelecidas pela norma IEC 61131-3. O usuário deve prever todas as situações da máquina e desenvolver o algoritmo de forma a tratar cada uma delas conforme a necessidade.

O CLP pode executar funções de controle em vários níveis de complexidade, e o que tornou sua aplicação rapidamente difundida na indústria foi a facilidade de reprogramação da lógica de controle, de modo que para diferentes operações, são necessárias modificações no programa, e não mais fisicamente nas instalações. Isso diminuiu o tempo de paralização dos processos durante o *setup* e garantiu flexibilidade aos processos.

O integração do CLP nos processos industriais trouxe uma série de vantagens, como a flexibilidade das linhas de produção, a facilidade na gestão das falhas apresentadas pela máquina, a expansividade facilmente realizada por meio de placas adicionadas ao CLP, o baixo custo da aquisição dos dispositivos, o monitoramento do status do programa por meio de telas gráficas, a velocidade de operação do dispositivo que aumenta a produtividade e a facilidade de programação.



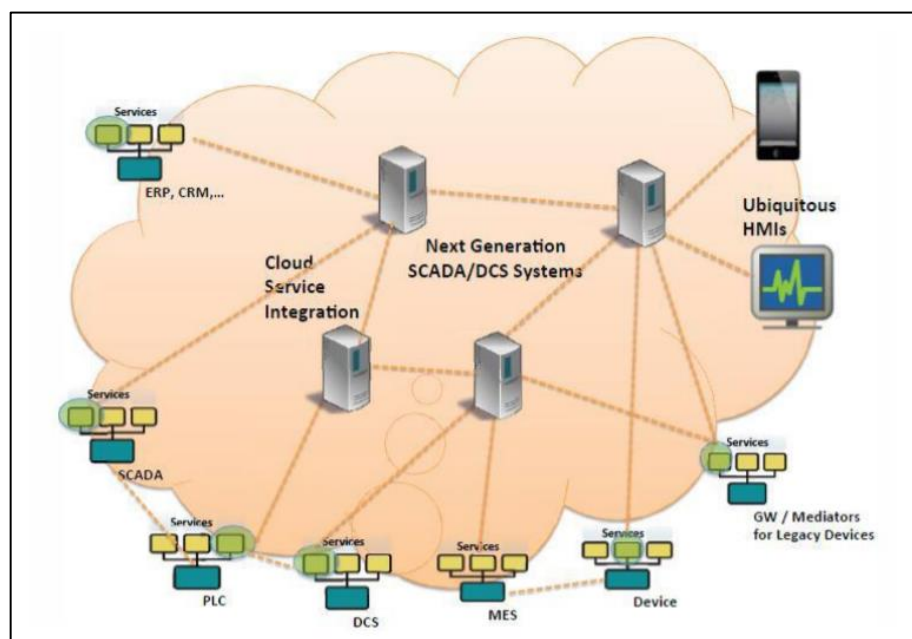
### 1.2.3 Arquitetura orientada à serviço

De acordo com Lojka, Bundzel e Zolotová (2016), a arquitetura orientada à serviços (SOA) é um conceito de interconexão de sistemas que promove a melhoria e automação da planta industrial. Baseada na comunicação entre todos os elementos da planta associados aos serviços disponibilizados na *Web*, de forma a garantir a interatividade entre os processos industriais e os clientes que acessam a plataforma *Web* do sistema.

A aplicação de SOA na indústria reflete em uma série de vantagens, como por exemplo: autonomia de sistemas, interoperabilidade dos dispositivos, redução de dependência entre elementos da planta, implementação de recursos independentes e flexibilidade de produção.

A solução baseada em SOA permite integrar sistemas industriais das mais variadas aplicações. Como exemplo disso, a Figura 1.5 ilustra a integração dos sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA), controladores lógicos programáveis (CLP), servidores em nuvem, interfaces homem-máquina (IHM), acesso remoto via smartphone, entre outros.

Figura 1.5 – Arquitetura de orientação à serviços



Fonte: [www.uni-obuda.hu](http://www.uni-obuda.hu), 2018

### 1.3 Manufatura integrada por computador

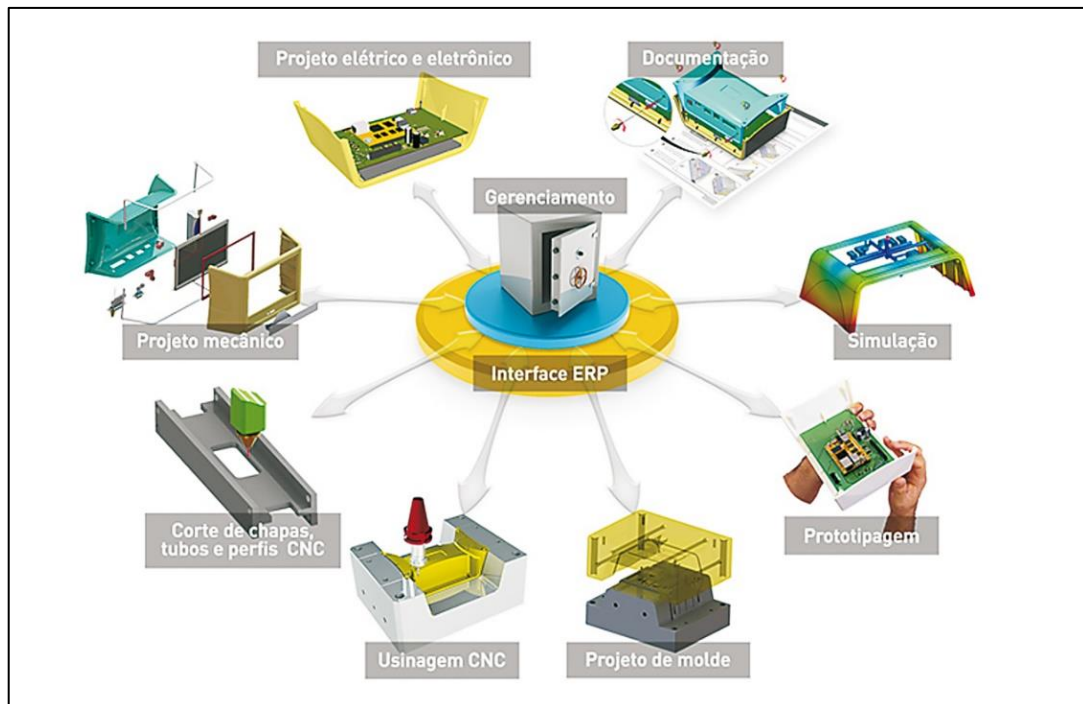
Silveira e Santos (1998) pontuam que no final da década de 1980, a manufatura integrada por computador (CIM), através da integração da informática e da automação dos processos produtivos, promoveu uma nova modelagem no sistema de manufatura.

O CIM consiste em recursos tecnológicos com alto grau de informatização; banco de dados para a base de informações confiáveis e sua disponibilidade; produção de lotes repetitivos ou personalizados; e planejamento e controle do processo produtivo. Isso é feito pela integração de diferentes sistemas de geração e tratamento de dados.

Nos sistemas integrados, a empresa recebe a solicitação de produção de uma peça e controla o fluxo de materiais para a confecção do pedido, analisando a disponibilidade de insumos no estoque, as particularidades do produto, o tempo de operação necessário para a produção, as datas de entrega para cada etapa do processo, e o custo estimado de produção.

Para gerir esse fluxo é preciso que todo o sistema seja informatizado e integrado permitindo o compartilhamento dos dados das diversas etapas do processo. A Figura 1.6 ilustra a manufatura integrada por computador.

Figura 1.6 – Manufatura integrada por computador



Fonte: [www.ipesi.com.br](http://www.ipesi.com.br), 2018

A integração de sistemas pode ser feita apenas a nível organizacional, unindo atividades correlatas com o objetivo de facilitar a troca de informações; a nível de informatização, quando os computadores promovem o dinamismo da troca de informações entre atividade; ou ainda, a nível múltiplo, integrando os níveis organizacional e de informatização, de modo que a organização seja suportada e alavancada pela informática, tornando o processo mais dinâmico, auxiliado na tomada de decisões seguras e aumentando a competitividade da empresa.

### 1.3.1 Banco de dados

Nassu e Setzer (1999) explicam que os bancos de dados têm o objetivo de armazenar e gerenciar grandes quantidades de dados em meios permanentes permitindo o acesso direto e eficiente de cada dado adicionado. Para isso, é necessário estruturar os dados e estabelecer rotinas para acessá-los.

Os sistemas gerenciadores de bancos de dados (SGBD) são programas, ou conjunto de programas que objetivam controlar as particularidades de um banco de dados, como por exemplo a declaração das estruturas de dados, gravação e leitura dos dados, recuperação dos dados na ocorrência de problemas na comunicação ou durante a gravação, controle de concorrência de acesso aos dados e a segurança das informações.

### 1.3.2 Sistema supervisório SCADA e IHM

Coelho (2010) explica que sistema de supervisão e aquisição de dados (SCADA) é um dos métodos de monitoramento e controle de processos no qual os dados coletados do campo são apresentados em uma interface gráfica de alto nível para que o operador tome conhecimento do estado operacional da planta em tempo real.

Através desse sistema é possível interferir nos elementos de controle do processo, de modo a recolocar o valor de uma variável em determinado ponto. Com isso, a operação do sistema se torna mais flexível, pois é permitido que se realize os ajustes à distância em um centro de controle operacional (CCO). A Figura 1.7 apresenta um CCO com as telas de monitoramento e a mesa de operações para intervenções no processo.

Figura 1.7 – Centro de controle operacional



Fonte: [www.veloxautomation.com](http://www.veloxautomation.com), 2018

Coelho (2010) aponta que a evolução da computação permitiu que os sinóticos com lâmpadas indicadoras de *status* dos equipamentos fossem substituídos por telas gráficas que melhor representam a disposição dos elementos de campo aprimorando o entendimento do processo. A Figura 1.8 demonstra uma aplicação com sistema supervisório para controle e manipulação de variáveis com o SCADA.

Figura 1.8 – Sistema supervisório SCADA



Fonte: [www.encore-sys.com](http://www.encore-sys.com), 2018

Os sensores e atuadores presentes no campo são conectados a um controlador do processo por meio de cabos, fibras ópticas ou ondas de rádio frequência. Esses dados são enviados por redes de comunicação para o sistema supervisório e apresentados na tela de operações à distância permitindo uma maior mobilidade.

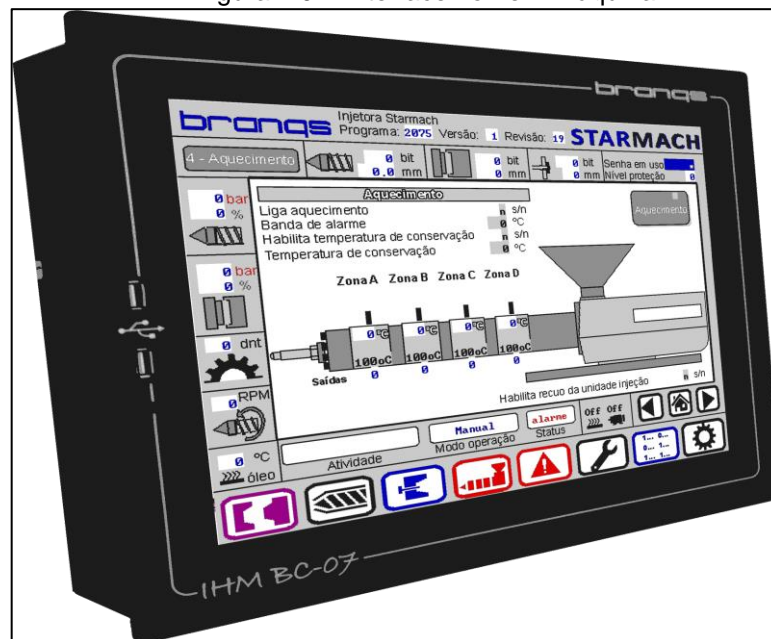
O supervisório SCADA disponibiliza em uma tela gráfica informações que auxiliam a compreensão do processo, como gerenciamento de alarmes, histórico de operações, gráficos de tendência das variáveis, manipulação das receitas de produção e monitoramento do processo em tempo real.

Silveira e Santos (1998) explicam que a interface homem-máquina (IHM) são telas gráficas instaladas próximas ao processo produtivo que se comunicam diretamente com o controlador do processo. Possuem a mesma finalidade do

sistema supervisorio SCADA realizando funções similares, porém, de forma reduzida.

As IHM's são mais voltadas a atender as demandas de operação do equipamento, visto que os recursos de monitoramento delas, em geral, são limitados. Possuem também o recurso de enviar receitas ao controlador. As receitas contêm parâmetros que ajustam o controlador em valores pré-estabelecidos para o processo, como por exemplo, *set-point* de temperatura, pressão, velocidade ou tempo das operações. Esses parâmetros ficam em um banco de dados em forma de tabela, e ao serem requisitados, enviam as informações que modificam a atuação do controle dos processos. A Figura 1.9 ilustra uma interface homem-máquina.

Figura 1.9 – Interface homem-máquina



Fonte: [www.branqs.com.br](http://www.branqs.com.br), 2018

Para efetuar a comunicação entre a IHM e o CLP, ou outro meio de controle, é necessário que se utilize protocolos de comunicação responsáveis pela interligação dos sistemas permitindo que os dados do processo sejam reconhecidos pela IHM em forma de *tags*, assim como é possível inserir valores na IHM para serem enviados ao controlador atuando no comportamento do processo.

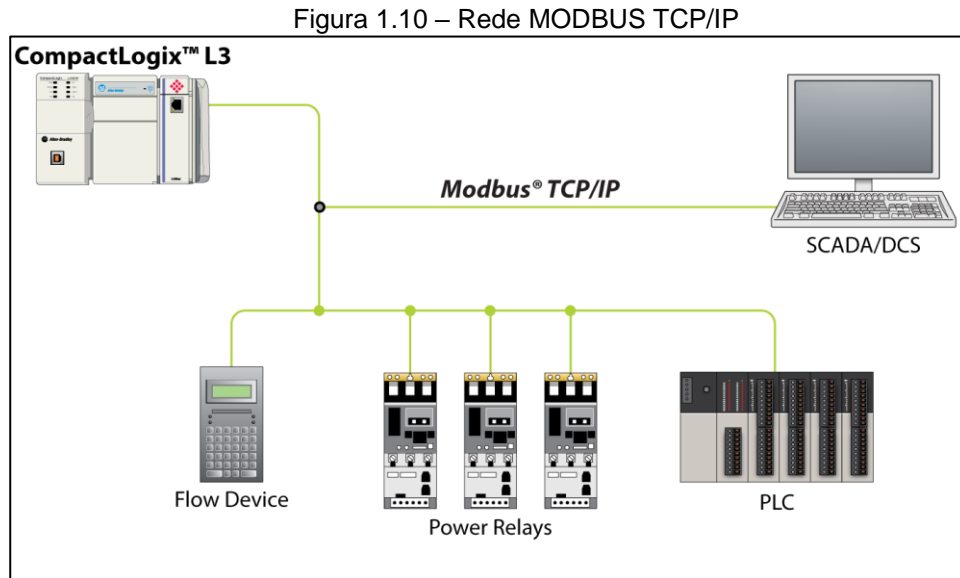
## 1.4 Redes de comunicação

Albuquerque e Alexandria (2009) destacam que o fator primordial no desenvolvimento das redes de comunicação é a redução do volume de cabos necessários para interligar equipamentos de controle da manufatura, de modo que em muitos casos, é possível transmitir dados utilizando apenas dois fios. Dentre as principais redes de comunicação destacam: MODBUS TCP/IP e OPC.

MODBUS: é baseada no modelo de comunicação mestre-escravo, em que os dispositivos escravos da rede não podem se comunicar entre si, e apenas respondem aos comandos enviados pelo mestre. Os comandos atuam de duas formas, sendo elas: particular, quando o mestre solicita informações do escravo e espera sua resposta; ou por difusão, quando as mensagens do mestre são enviadas a todos os escravos simultaneamente.

As atribuições do mestre consistem em: garantir a transmissão de dados entre as estações de controle local (ECL) e os equipamentos terminais de dados (ETD); prover o diálogo com o operador do sistema através de sistemas supervisórios ou IHM; dialogar com outros mestres da rede ou computadores no conceito de gestão integrada dos processos; e parametrizar os escravos flexibilizando as operações da manufatura.

Com o desenvolvimento das redes surgiu o MODBUS/TCP ampliando as camadas do modelo original e permitindo o acréscimo de funções. A variação do protocolo dá-se pela junção do MODBUS com a *Ethernet* e os dados binários encapsulados passaram a ser transmitido em quadros por meio do padrão físico *Ethernet*. A Figura 1.10 ilustra a ligação de dispositivos industriais em rede utilizando MODBUS TCP/IP.



O método de acesso ao meio que se utiliza em MODBUS TCP/IP é o CSMA-CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* – Acesso Múltiplo de Detecção de Portadora com Detecção de Colisão) que permite o acesso de diversos dispositivos da rede com verificação do endereço da portadora do sinal e detecção de colisão das mensagens, comumente aplicado na rede *Ethernet*.

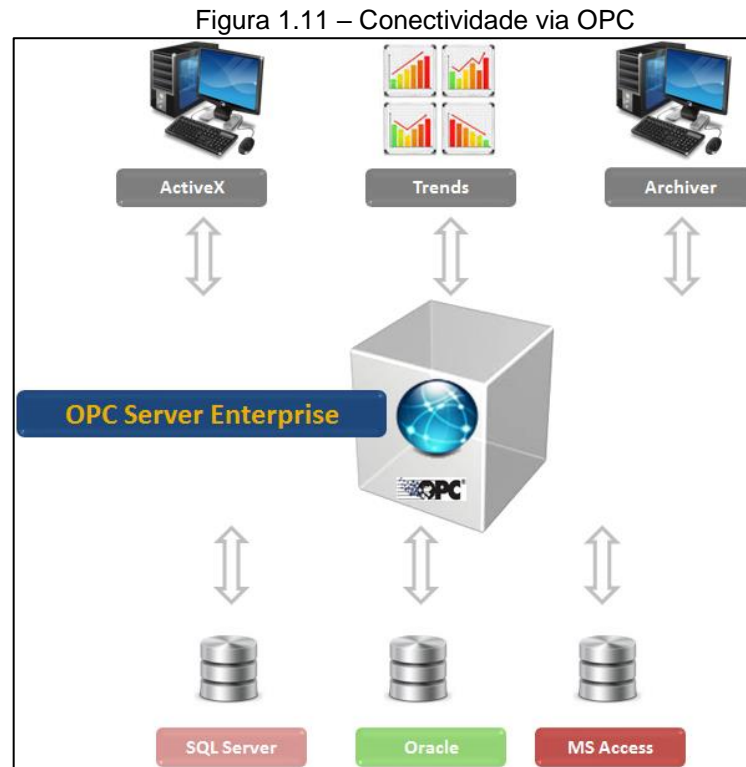
OPC: para *OPC Foundation* (2016), o conceito de *Internet das Coisas* (IoT) só pode ser percebido se as comunicações globais forem baseadas em padronizações. Dificilmente os *softwares* de um sistema se comunicarão diretamente entre si, e para tal, é necessário utilizar protocolos de comunicação que permitem a relação cliente-servidor entre eles.

A Indústria 4.0 traz o conceito de coletar grandes quantidades de dados nos mais diversos processos, porém, a ideia não é simplesmente obter esses dados puros, e sim, a partir deles extrair informações que devem ser transmitidas de forma íntegra.

Gonçalves (2012) enfatiza que a arquitetura que se utiliza para troca de informações com o OPC é do tipo cliente-servidor, de modo que o servidor encapsula os dados e disponibiliza na interface para que o cliente os acesse. As aplicações são do tipo bilateral, ou seja, o tráfego de informações ocorre do servidor



para o cliente ou no sentido inverso. A Figura 1.11 ilustra a relação bilateral entre cliente e servidor e a conectividade entre sistemas do processo.



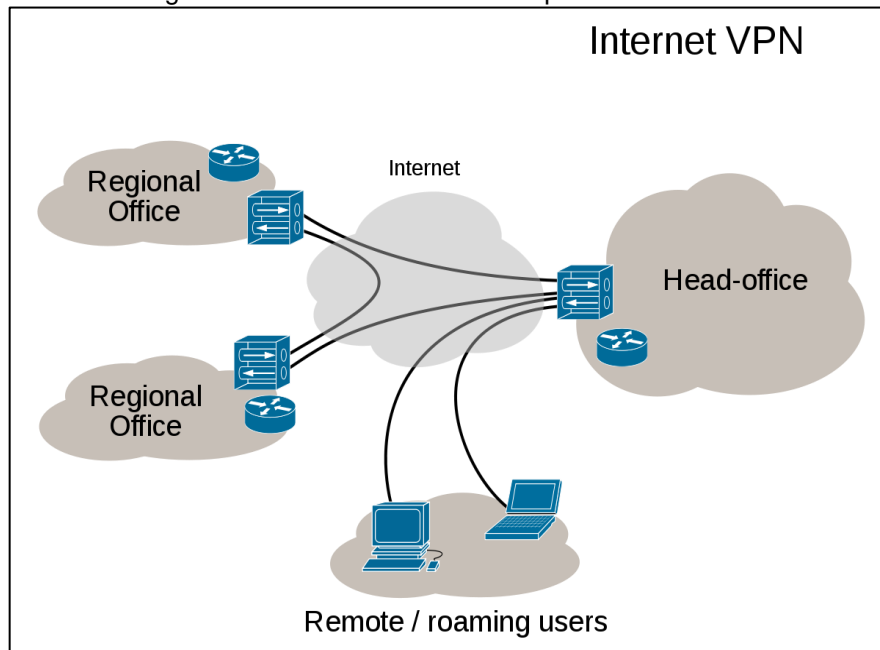
Fonte: [www.integrationobjects.com](http://www.integrationobjects.com), 2018

#### 1.4.1 Acesso remoto via *Web* e *Mobile*

Ferreira (2010) explica que acesso remoto é uma tecnologia que permite a conectividade entre dispositivos que não possuem interligações físicas entre si, e que através de *softwares* é possível acessar o sistema corporativo de modo a compartilhar dados e informações, propiciando uma relação mais eficiente entre clientes, técnicos e gestores.

O sistema é constituído por uma rede virtual de computadores, *tablets* e *smartphones* conectados a um servidor que provém dados ao sistema. O acesso aos dados ocorre através de um canal protegido contra invasões e que direciona os dados ao destino desejado. A Figura 1.12 mostra a ligação de uma rede virtual de computadores com o servidor.

Figura 1.12 – Rede virtual de computadores e servidores



Fonte: [www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org), 2018

A *Internet* é um dos meios que promove o acesso a outros dispositivos de forma remota. Para isso, utiliza-se uma VPN (rede privada virtual) que permite a criação do canal de acesso entre os dispositivos. Esse sistema é bastante aplicado em manutenção e suporte técnico, onde as permissões são concedidas para que a máquina remota acesse a máquina local e efetue as alterações necessárias. A Figura 1.13 ilustra o acesso remoto de um processo via *smartphone*.

Figura 1.13 – Acesso remoto via smartphone



Fonte: [www.kln-aut.com.br](http://www.kln-aut.com.br), 2018

## **2 METODOLOGIA**

Neste capítulo encontra-se a metodologia para o desenvolvimento do projeto intitulado Integração de um Sistema de Manufatura Didático Segundo os Preceitos da Indústria 4.0. Trata-se de uma pesquisa aplicada que é desenvolvida nas dependências da Fatec-SBC e nas residências dos integrantes do grupo.

Dentre os vários autores que tratam da metodologia científica, Severino (2013) aponta que a metodologia é o caminho percorrido para o desenvolvimento de uma pesquisa e destaca que o planejamento de um trabalho científico supõe uma sequência de etapas que compreende: o tema-problema e justificativa, levantamento bibliográfico, seleção da bibliografia, desenvolvimento e construção do projeto e redação do texto.

A elaboração do TCC é baseada no Manual de Normalização de Projeto de Trabalho de Graduação da Fatec-SBC (2017), que está ancorado nas normas da ABNT. A escrita se encontra em uma linguagem concisa, simples e com terminologia correta seguindo uma sequência lógica.

### **2.1 O tema-problema, justificativa e descrição via fluxograma**

O objetivo desse trabalho intitulado Integração de um Sistema de Manufatura Didático Segundo os Preceitos da Indústria 4.0 é adicionar a ideia central dos pilares que norteiam a indústria 4.0 ao processo de manufatura baseado em sistemas flexíveis.

Justifica-se com a satisfação do cliente em adquirir o serviço, a eficiência e eficácia da empresa, a redução de custos de fabricação e manutenção, o aumento do volume de vendas personalizadas, a diminuição de estoques e refugos, e a fidelização na relação cliente-fornecedor.

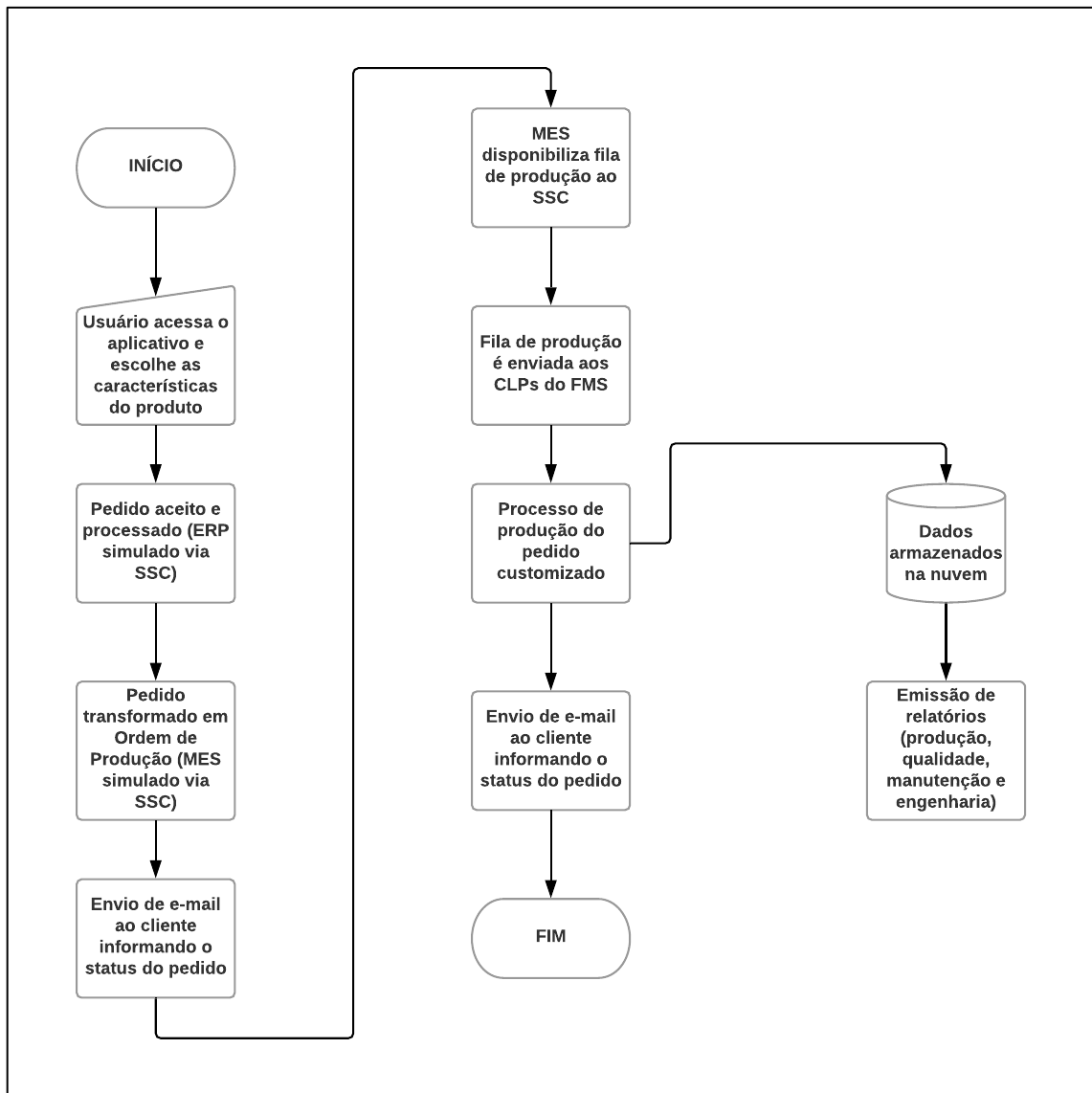
A aplicação dos pilares da indústria 4.0 é feita em uma célula de manufatura didática da Fatec-SBC disponível em laboratório para as aulas do curso de Tecnologia em Automação Industrial. A célula conta com cinco estações de trabalho voltadas à manufatura flexível.

Cada estação possui um controlador lógico programável responsável pelo controle das operações. Uma interface homem-máquina é incorporada a cada controlador para que o operador realize comandos operacionais e monitore informações pertinentes ao processo. A célula também é dotada de sensores para a leitura das variáveis e atuadores que manipulam o processo.

A célula é integrada através da rede industrial Modbus TCP/IP que interliga horizontalmente cada uma das estações, e verticalmente as estações ao sistema supervisório SCADA, constituído de três computadores instalados no laboratório da Fatec-SBC.

Para melhor compreensão do funcionamento, a Figura 2.1 apresenta o fluxograma principal do projeto.

Figura 2.1 – Fluxograma principal do projeto



Fonte: Autoria própria, 2018.

A Figura 2.1 do fluxograma apresenta o funcionamento principal do projeto que se inicia com o acesso do cliente ao sistema supervisorio (SSC) através da plataforma *Web*, onde ele realiza pedidos de peças customizadas. O pedido é enviado a um módulo do SSC que simula um *software* de planejamento dos recursos da empresa (ERP) para a verificação do estoque.

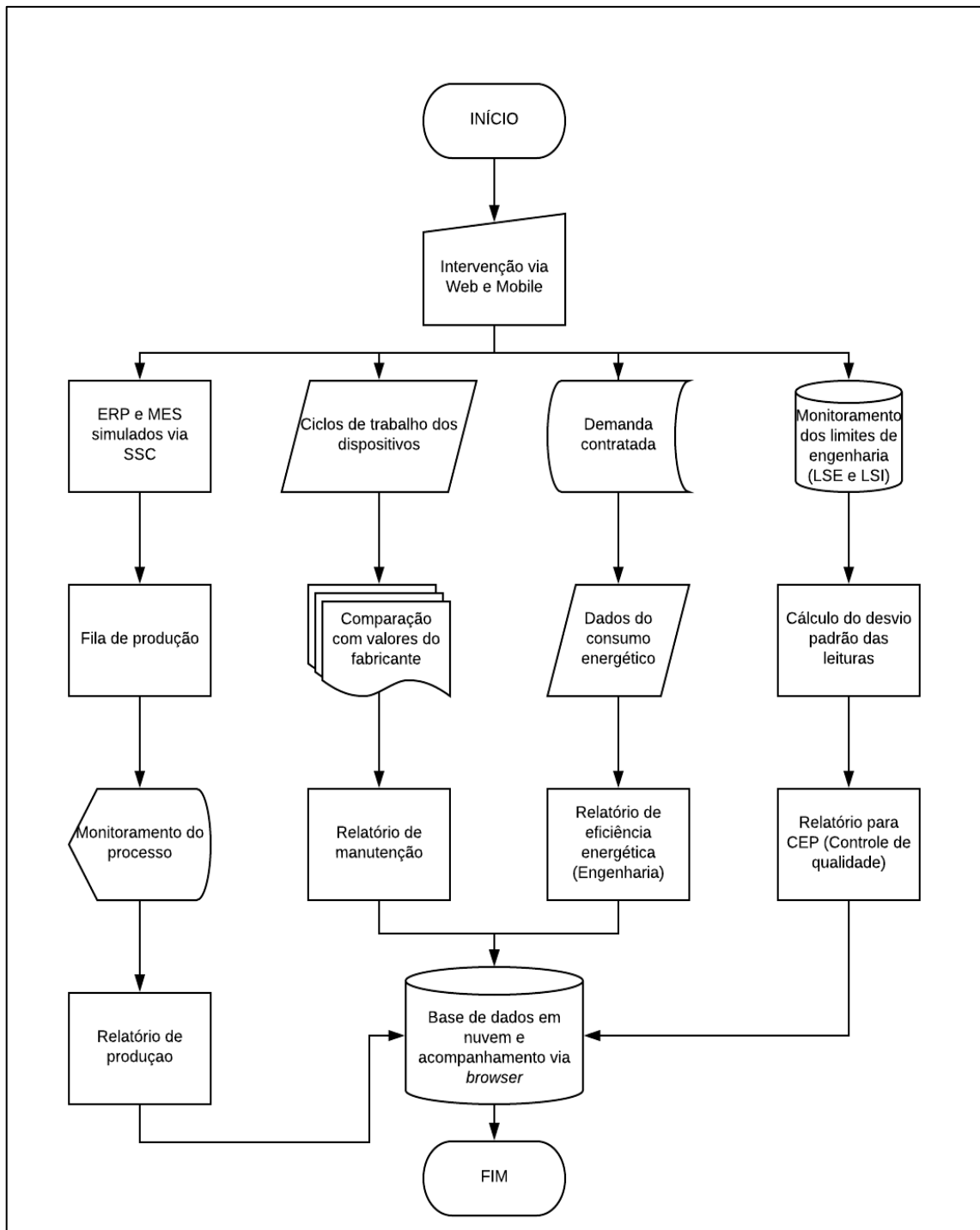
Em seguida, o pedido é enviado a outro módulo do SSC que simula um *software* de sistema de execução da manufatura (MES) que analisa a disponibilidade dos equipamentos, mão-de-obra e prioridades de produção. Em

seguida, gera uma fila de produção e encaminha ao SSC. Nesse momento, um *e-mail* é enviado ao cliente para informar que o pedido entra em produção e a data de previsão para o término da execução.

O SSC, com base na fila de produção recebida, envia aos controladores do processo as informações contidas no pedido do cliente para orientar os ciclos de produção do sistema flexível. E ao final do procedimento, outro *e-mail* é enviado ao cliente informando a finalização do pedido e data de entrega, além de possibilitar a geração de relatórios para diversas áreas do sistema produtivo, como por exemplo: gerência de produção, gerência de manutenção, engenharia e controle de qualidade.

Além do funcionamento principal, o sistema conta com recursos e operações complementares. A Figura 2.2 ilustra o fluxograma de funcionalidades adicionais.

Figura 2.2 – Fluxograma de funcionalidades adicionais



Fonte: Autoria própria, 2018.

O projeto contempla quatro frentes, sendo elas: produção, manutenção, engenharia e controle de qualidade. Através da intervenção pela *Web* ou *Mobile* o pedido customizado realizado pelo cliente entra no sistema. A produção acompanhada pelo ERP e MES simulados via SSC, gera uma fila de produção que é

enviada ao processo e em seguida monitorada por sistema de visão e ao final, um relatório de produção é emitido para a gestão e para o cliente.

Durante a execução do procedimento, as informações dos ciclos de trabalho são armazenadas e comparadas com dados do fabricante para gerar relatórios de manutenção que auxiliam na programação assertiva de preventivas e preditivas.

Com base nos dados da demanda energética contratada e nas medições de grandezas elétricas da planta são gerados relatórios para a engenharia de modo a identificar desperdícios de energia e pontos de melhoria no processo.

E por fim, através da leitura da altura das peças, uma carta de controle é gerada e permite calcular o desvio padrão da variável. Com isso, é possível efetuar o controle estatístico do processo e gerar relatórios de qualidade.

Todos os dados obtidos no processo, bem como as informações dos gráficos e tabelas, são armazenados em um banco de dados na nuvem e analisadas através do acesso remoto via *Web* por cada área de interesse para garantir a flexibilidade na tomada de decisões e a melhoria contínua do processo.

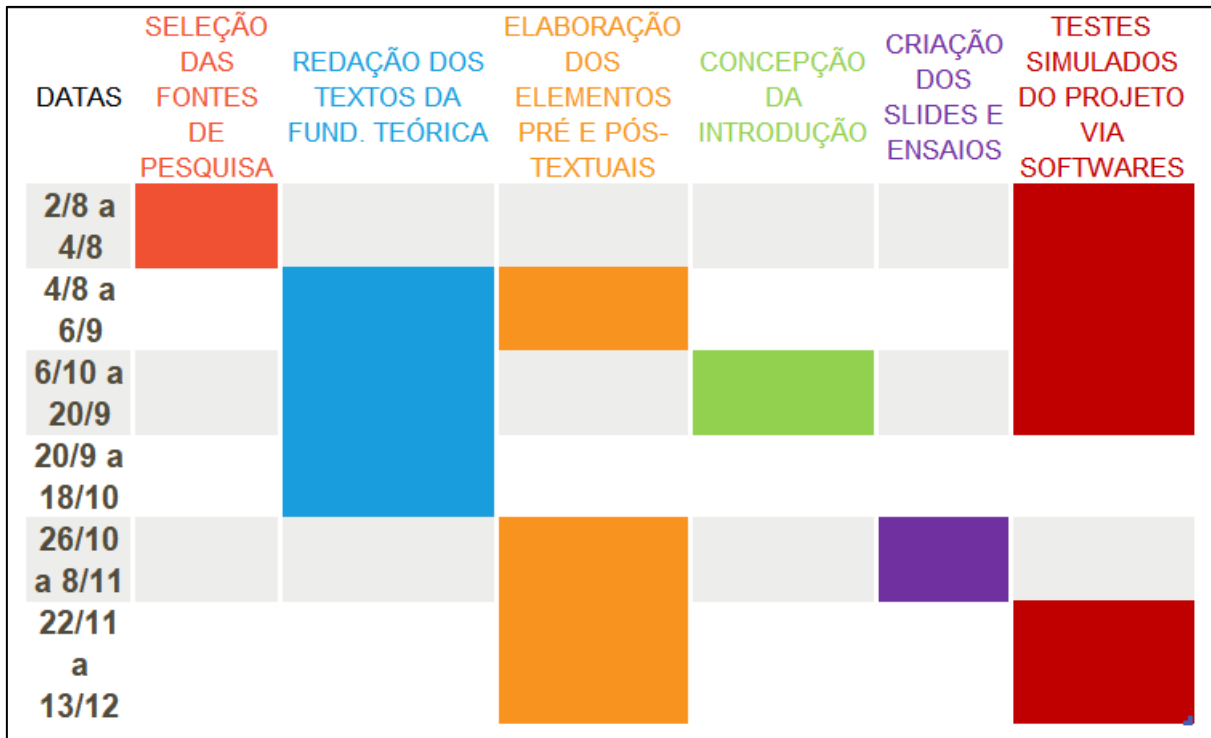
## **2.2 Etapas teóricas e práticas para o desenvolvimento do projeto**

Após as delimitações do tema-problema, justificativa e descrição dos fluxogramas, parte-se para as seguintes etapas:

Primeira etapa: elaboração do cronograma dos trabalhos a serem desenvolvidos, desde a construção textual até as simulações em ambiente virtual das atividades da disciplina de Projeto de Graduação I, conforme ilustra a Figura 2.3.



Figura 2.3 – Cronograma dos trabalhos a serem desenvolvidos



Fonte: Autoria própria, 2018.

Segunda etapa: reunião dos integrantes do grupo com o orientador para traçar as diretrizes de como efetuar a pesquisa. O orientador fez um breve relato sobre o tema e indicou bibliografias para a pesquisa e colocou-se à disposição para esclarecer eventuais dúvidas. Marcou obrigatoriamente, um dia por semana para lhe apresentar o andamento da pesquisa.

Terceira etapa: o levantamento bibliográfico deu-se na biblioteca da Fatec-SBC, em *sites* especializados, apostilas e livros de outras instituições de ensino, *sites* de pesquisa e desenvolvimento em indústria 4.0 de entidades da União Europeia e cursos sobre o tema.

Quarta etapa: após leitura e releitura do levantamento bibliográfico fez-se a seleção das que mais se aproximam do tema proposto e construiu-se o Capítulo 1 – Fundamentação Teórica e Referências.

Quinta etapa: teste das funcionalidades do projeto por meio de simulações nos *softwares* do controlador lógico programável, do sistema supervisor SCADA e do sistema pneumático utilizando a rede OPC para integração virtual dos sistemas.

Sexta etapa: apresentação de um sistema virtual de representação do projeto na 13ª Semana de Tecnologia da Fatec-SBC e na 1ª Semana da Engenharia e Tecnologia da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS).

Sétima etapa: levantamento dos materiais para a construção do projeto. Pesquisa em *site* especializados. Viabilidade econômica. Aquisição dos materiais conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Materiais utilizados para a construção do projeto

ITEM	MATERIAL	QUANTIDADE	PREÇO (R\$)
1	Câmera Infravermelho Vip 1120 <i>Bullet Ip Intelbras</i>	1 peça	167,20
2	Cabo de rede (par trançado)	5 metros	30,00
Total			197,20

Fonte: Autoria própria, 2018

Oitava etapa: metodologia da pesquisa:

- análise SWOT do tema
- planejamento 5W2H
- modelagem de um sistema simplificado
- modelagem dos aplicativos
- desenvolvimento dos aplicativos via *software*
- integração virtual via OPC
- aplicação do ciclo PDCA

- apresentação do projeto virtual na 13ª Semana de Tecnologia da Fatec-SBC e na 1ª Semana da Engenharia da USCS.

Nona etapa: metodologia do projeto:

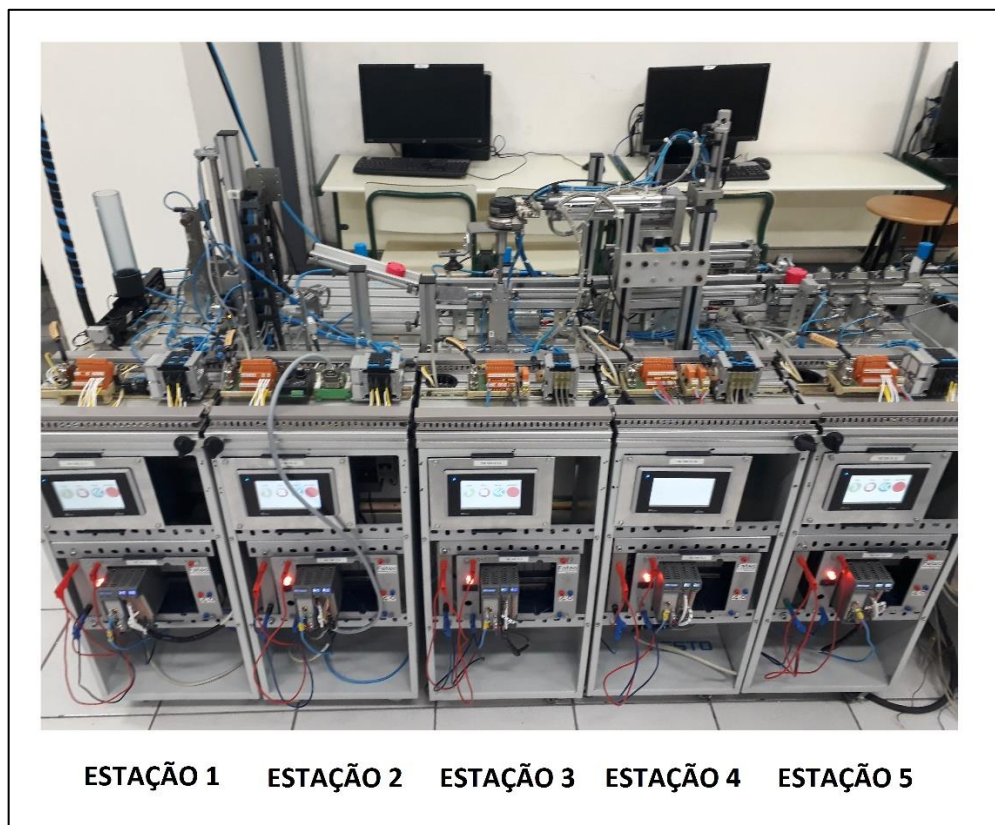
- especificação técnica, projeto básico e aprovação com cliente
- modelagem do sistema com programação em Grafcet
- desenvolvimento dos aplicativos
- integração virtual via OPC
- integração do sistema *in loco*
- testes integrados e simulações dos aplicativos

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Nesse capítulo encontra-se passo a passo o desenvolvimento e construção do projeto intitulado Integração de um Sistema de Manufatura Didático Segundo os Preceitos da Indústria 4.0.

Para melhor compreensão e visualização do projeto a Figura 3.1 ilustra o finalizado.

Figura 3.1 – Projeto finalizado fazendo uso do equipamento da Fatec SBC



Fonte: Foto de célula de manufatura da Fatec-SBC, 2019

O sistema de manufatura realiza pedidos personalizados de acordo com a demanda do cliente. Para isso, um *site* disponibiliza na Web o formulário para preenchimento do pedido tendo como variáveis a cor das peças e a quantidade desejada. Em seguida o cliente é direcionado para uma tela que efetua o cadastro onde são inseridas informações como nome, endereço e contato.

Por meio de um *site* o cliente efetua um pedido de peças especificando a cor e quantidade desejada. O pedido é enviado para o bando de dados onde este é ordenado por prioridade de preço e data da realização. As informações do banco de dados são apresentadas no sistema supervisorio para que o operador acompanhe o pedido em execução. Os dados do pedido parametrizam a programação flexível dos CLPs a cada ordem de produção e ao final do processo emite-se relatórios para as áreas de produção, manutenção, engenharia e controle de qualidade.

O desenvolvimento e a construção do projeto se encontram amparados nas seguintes etapas:

- criação de um *site* para entrada dos pedidos;
- programação do banco de dados para recebimento dos pedidos;
- desenvolvimento do sistema de supervisão e IHM;
- programação em linguagem Grafset e *ladder* dos CLPs;
- integração das partes, funcionamento e testes finais;
- dificuldades e soluções

### **3.1 Criação de um *site* para entrada dos pedidos**

A primeira parte da criação do sistema integrado de manufatura é constituída de um *site* onde os pedidos são realizados pelos clientes. O *site* é composto de quatro telas, sendo elas: página inicial, faça seu pedido, galeria de fotos e sobre nós. Para isso utiliza-se o editor de texto Notepad++ para desenvolver as telas de interface. Os textos são mesclados com imagens para melhor entendimento do assunto tratado. A Figura 3.2 ilustra a página inicial do *site*, onde encontra-se uma breve abordagem dos conceitos da Indústria 4.0.

Figura 3.2 – Página inicial do site



Fonte: Autoria própria, 2019

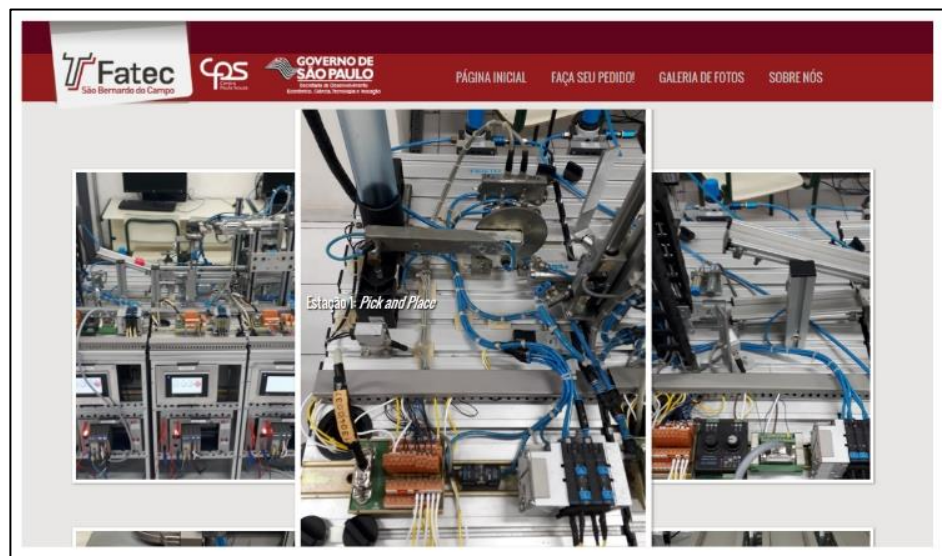
A segunda aba na barra superior dá acesso à tela de montagem dos pedidos. Nela é possível escolher a quantidade de peças separada por cores onde cada uma possui um preço apresentado à direita de sua imagem. Em seguida, o cliente preenche um cadastro com informações pessoais, endereço e contato para que o pedido customizado gere informações personalizadas para o cliente, como os e-mails que são enviados no decorrer do processo. A Figura 3.3 mostra a tela de pedidos do site.

Figura 3.3 – Tela de pedidos do site

Fonte: Autoria própria, 2019

A terceira aba da barra superior abre a galeria de fotos do projeto, onde seis imagens ilustram cada estação da célula e a primeira delas ilustra a estação completa. A exibição das imagens é dinamicamente modificada ao passar o mouse sobre elas fazendo com que a imagem seja ampliada e a legenda apareça no canto esquerdo das imagens. A Figura 3.4 ilustra a galeria de fotos com a ampliação da imagem da estação.

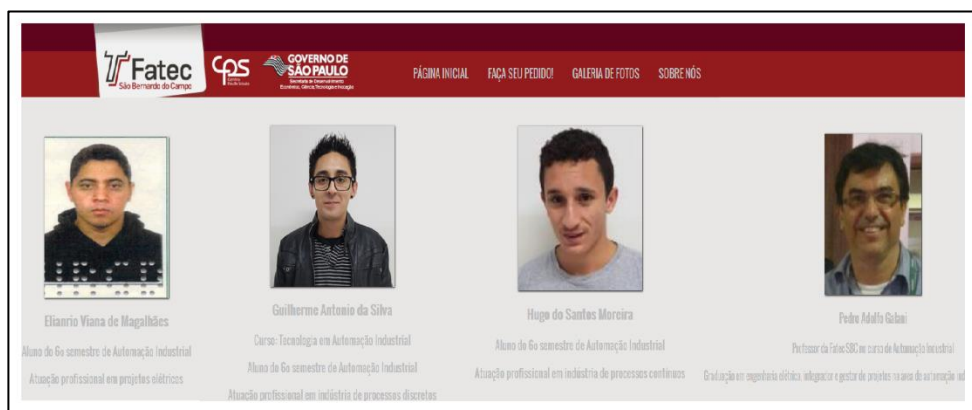
Figura 3.4 – Galeria de fotos do site



Fonte: Foto de célula de manufatura da Fatec-SBC, 2019

Por fim, a última aba da barra superior abre a uma página que apresenta o grupo que compõe o projeto e seu orientador, trazendo junto às imagens um breve currículo dos integrantes. A Figura 3.5 ilustra a página “sobre nós” do site.

Figura 3.5 – Sobre nós



Fonte: Autoria própria, 2019

As telas do *site* são desenvolvidas através das linguagens de programação HTML5, CCS3 e PHP. Inicialmente escreve-se um texto que apresenta o projeto e seus desenvolvedores, bem como imagens que ilustram tópicos relacionados ao tema e ao projeto em si. Em seguida são aplicadas as *tags*, que são as etiquetas, para identificar os elementos de texto e imagens e apresentá-los em uma página da Web, conforme ilustra a Figura 3.6.

Figura 3.6 – Trecho de formatação em HTML5

```

27 <div id="corpo">
28
29 <header>
30 <hgroup id="titulos">
31 <h1>Integração de um Sistema de Manufatura Didático Segundos os Preceitos da
    Indústria 4.0</h1>
32 <h2>Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo</h2>
33 <h2>Fatec-SBC</h2>
34 </hgroup>
35 </header>
36
37 <section id="corpo">
38 <article id="intro">
39
40 <p>Atualmente, está em curso a quarta revolução industrial, denominada Indústria 4.0,
    protagonista das mudanças de paradigmas nos processos produtivos aumentando a
    eficiência e eficácia das empresas. Nesse contexto, a manufatura baseada em
    orientação à serviços tem proporcionado a customização de produtos nas linhas de
    montagem para atender as demandas do cliente. Aliado a isso, cada vez mais, o acesso
    móvel tem se introduzido nas práticas de gestão de processos industriais.</p></br>
41
42 <p>A Indústria 4.0 se baseia em 9 pilares:</p></br></br>
43
44 
45

```

Fonte: Autoria própria, 2019

As etiquetas permitem que os textos sejam formatados utilizando a linguagem CSS3, e com isso, aplica-se os espaçamentos adequados, tipos de fonte e tamanho, ajuste de imagens e outros recursos estéticos, como moldura e ampliação. A *tag* `img` é um exemplo de etiqueta. Através dela, é possível formatar a imagem intitulada "industria40" arquivada no diretório escrito entre aspas duplas em `src`, conforme ilustra a Figura 3.7.



Figura 3.7 – Trecho de formatação em CSS3

```

71  /*FORMATAÇÃO DAS IMAGENS DA TELA INICIAL*/
72  img#industria40 {
73      display: block;
74      margin: auto;
75      float: center;
76      box-shadow: 1px 1px 3px rgba(0,0,0,.1);
77  }
78  img#diversidade {
79      display: block;
80      margin: auto;
81      float: center;
82      box-shadow: 1px 1px 3px rgba(0,0,0,.1);
83  }
84  img#cliente {
85      display: block;
86      margin: auto;
87      float: center;
88      box-shadow: 1px 1px 3px rgba(0,0,0,.1);
89  }

```

Fonte: Autoria própria, 2019

A tela faça seu pedido é desenvolvida da mesma forma que a tela inicial acrescentando a ela um formulário programado em HTML5, onde o cliente efetua a entrada de dados referentes ao pedido, especificando a cor e quantidade das peças desejadas, bem como um cadastro para identificar-se no sistema, conforme ilustra a Figura 3.8.

Figura 3.8 – Trecho de programação em HTML

```

45  <fieldset id="pedido"><legend>Monte seu pedido</legend></fieldset>
46  <section id="preta">
47  
48  <p><label for="cQtdPreta">Quantidade: </label>
49  <input type="number" id="cQtdPreta" name="tQtdPreta" class="preco" size="1"
50  maxlength="32" max="5" min="0" placeholder="Máx.5" select value ="0"/></p>
51  </section>
52  <aside id="preta">
53  <p>Descrição: Peça preta</p>
54  <p>Material: Plástico</p>
55  <p>Preço da unidade: R$2,00</p>
56  </aside></br></br></br></br></br></br></br></br></br></br>
57  <section id="prata">
58  
59  <p><label for="cQtdPrata">Quantidade: </label>
60  <input type="number" id="cQtdPrata" name="tQtdPrata" class="preco" size="1"
61  maxlength="32" max="5" min="0" placeholder="Máx.5" select value ="0"/></p>
62  </section>
63  <aside id="preta">
64  <p>Descrição: Peça prata</p>
65  <p>Material: Metal</p>
66  <p>Preço da unidade: R$5,00</p>
67  </aside></br></br></br></br></br></br></br></br></br>

```

Fonte: Autoria própria, 2019

Os dados são coletados dos campos do formulário utilizando a linguagem PHP, de modo que todos os campos estão ligados às variáveis virtuais que recebem os valores inseridos pelo cliente, conforme ilustra a Figura 3.9.

Figura 3.9 – Coleta de dados utilizando PHP

```

29 <?php
30
31 require_once ('stringcon.php');
32
33 //=====
34 // RECEBIMENTO DE VALORES ESCRITOS NA PRIMEIRA PÁGINA
35 $preta = $_GET["tQtdPreta"];
36 $prata = $_GET["tQtdPrata"];
37 $vermelha = $_GET["tQtdVermelha"];
38 $azul = $_GET["tQtdAzul"];
39 $tot = $_GET["tTot"];
40 //=====
111 echo "<br><br>Verifique os itens do seu pedido e em seguida clique em Cadastro
para inserir seus dados.<br><br>";
112 echo "Clique <html><a href='pedido2.html'>aqui</a></html> para corrigir algum
item da lista.<br><br><br>";
113
114 echo "PEDIDO <br>";
115 $qtdPreta = isset ($_GET["tQtdPreta"])?$_GET["tQtdPreta"]:"Valor não informado";
116 echo "Quantidade de peças pretas: $qtdPreta<br>";
117
118 $qtdPrata = isset ($_GET["tQtdPrata"])?$_GET["tQtdPrata"]:"Valor não informado";
119 echo "Quantidade de peças pratas: $qtdPrata<br>";
120
121 $qtdVermelha = isset ($_GET["tQtdVermelha"])?$_GET["tQtdVermelha"]:"Valor não
informado";
122 echo "Quantidade de peças vermelhas: $qtdVermelha<br>";
123
124 $qtdAzul = isset ($_GET["tQtdAzul"])?$_GET["tQtdAzul"]:"Valor não informado";
125 echo "Quantidade de peças azuis: $qtdAzul<br><br>";
126
127 $total = isset ($_GET["tTot"])?$_GET["tTot"]:"Falha no cálculo. Por favor, refaça
seu pedido.";
128 echo "Valor total: R$&$total,00.<br><br><br>";
129
130 -?>

```

Fonte: Autoria própria, 2019

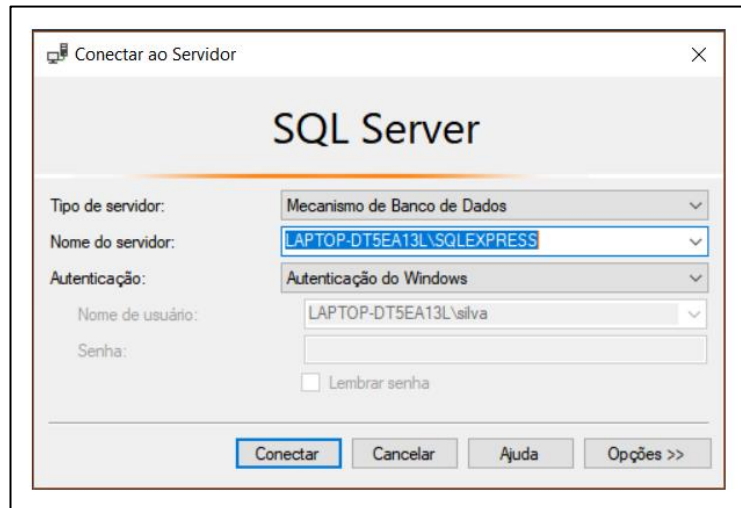
As telas “galeria de fotos” e “sobre nós” também são desenvolvidas da mesma forma que a tela inicial no que se refere à programação em HTML5 e a formatação em CSS3. Na tela “galeria de fotos” são apresentadas imagens reais das estações de manufatura. A tela “sobre nós” contém um breve currículo sobre os integrantes do grupo e o orientador trazendo uma fotografia de cada integrante associada ao currículo. A programação para essas telas segue os mesmos métodos vistos anteriormente e é apresentada na íntegra no Apêndice A.

### 3.2 Programação do banco de dados para recebimento dos pedidos

As informações coletadas do pedido realizado no *site* são enviadas para o banco de dados relacional SQL Server 2017. O servidor do banco é instalado no

próprio computador que executa a aplicação, e para isso, a comunicação é feita no momento em que o *software* inicializa, como mostra a Figura 3.10.

Figura 3.10 – Conexão no servidor do banco de dados

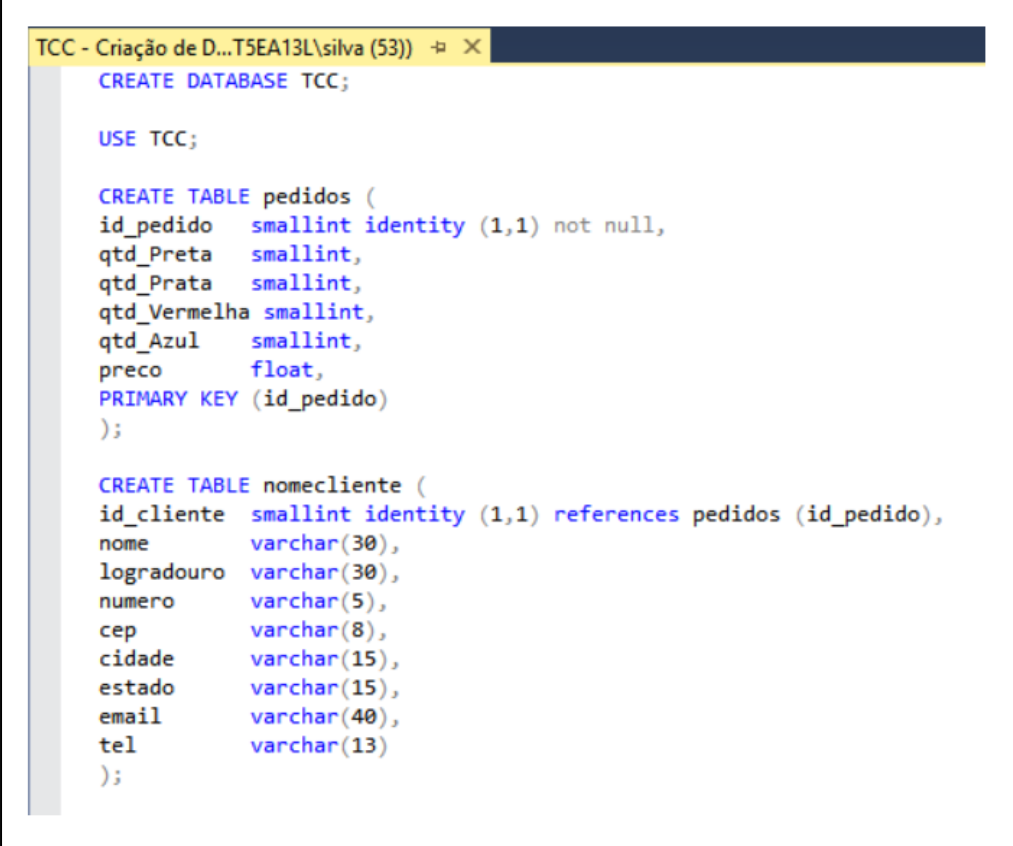


Fonte: A autoria própria, 2019

Após conectado, o servidor exibe a base de dados criada a partir da linguagem SQL utilizando o seguinte código: `CREATE DATABASE TCC`, onde o último parâmetro é o nome da base de dados criada. Dentro da base de dados TCC existem duas tabelas relacionadas criadas com os respectivos comandos `CREATE TABLE pedidos` e `CREATE TABLE clientes`.

A tabela “pedidos” comporta seis colunas que recebem os dados do pedido provenientes do *site*, sendo elas: `id_pedido`, `qtd_Preta`, `qtd_Prata`, `qtd_Vermelha`, e `preço`. Já a tabela “clientes” comporta dez colunas que recebem os dados do cadastro do cliente, sendo elas: `id_cliente`, `nome`, `empresa`, `logradouro`, `número`, `cep`, `estado`, `cidade`, `e-mail` e `telefone`. As colunas `id_pedido` e `id_cliente` estão relacionadas através de uma chave primária, para que a computação dos dados seja sincronizada entre os pedidos de peça e os dados do cliente. A Figura 3.11 ilustra os comandos efetuados para a programação no SQL Server.

Figura 3.11 – Comandos de programação em SQL Server



```
TCC - Criação de D...T5EA13L\silva (53)  + X
CREATE DATABASE TCC;

USE TCC;

CREATE TABLE pedidos (
  id_pedido  smallint identity (1,1) not null,
  qtd_Preta  smallint,
  qtd_Prata  smallint,
  qtd_Vermelha smallint,
  qtd_Azul   smallint,
  preco      float,
  PRIMARY KEY (id_pedido)
);

CREATE TABLE nomecliente (
  id_cliente smallint identity (1,1) references pedidos (id_pedido),
  nome        varchar(30),
  logradouro  varchar(30),
  numero      varchar(5),
  cep         varchar(8),
  cidade      varchar(15),
  estado      varchar(15),
  email       varchar(40),
  tel         varchar(13)
);
```

Fonte: Autoria própria, 2019

Cada coluna das tabelas é programada utilizando um tipo de variável condizente com o valor que é obtido do *site*, por exemplo: inteiros, caracteres e reais. As variáveis possuem parâmetros entre parênteses que delimitam a quantidade máxima de caracteres que podem ser inseridos no campo de entrada. E por fim, algumas colunas não permitem entrada de dados em branco, ou seja, sem valores especificados, e para isso, utiliza-se o parâmetro *not null* no comando de programação.

### 3.3 Desenvolvimento do sistema de supervisão e IHM

O sistema de supervisão e controle (SSC) é dividido em quatro estações conforme a disponibilidade adequada dos recursos oferecidos, sendo baseadas no mesmo projeto de telas. O SSC Servidor é responsável por receber os pedidos do banco de dados e encaminha-los para a SSC da Produção, além de manipular as

variáveis simuladas de monitoração da rede elétrica e gerar relatórios de manutenção e engenharia.

O SSC do Centro de Controle Operacional (CCO) recebe o pedido que deve ser efetuado e encaminha as informações para os respectivos CLPs do processo. Esta estação é responsável por gerar relatórios de produção e qualidade após realizar o pedido da ordem de produção e monitorar o gráfico de tendência das peças, bem como a tela de alarmes que será explanada adiante.

A manutenção é dividida em duas estações (Manutenções 1 e 2; e Manutenção 3, 4 e 5) de trabalho que permitem a monitoração e operação manual das células de manufatura pela equipe de manutenção para eventuais testes dos sensores e atuadores do processo. Para isso, utiliza-se a tela Principal e clica-se sobre a imagem da estação desejada.

Adicionalmente, outras telas são desenvolvidas para aprimorar a utilização do sistema de forma a alinhá-lo aos conceitos da Indústria 4.0, sendo elas: produção, relatórios, tendências, alarmes, energia, arquitetura e sistema de visão. A Figura 3.12 ilustra a tela Principal geral do SSC contendo as imagens das células.

Figura 3.12 – Tela principal do Sistema de Supervisão e Controle



Fonte: Foto de célula de manufatura da Fatec-SBC, 2019

Para desenvolver a Figura 3.12 utiliza-se uma imagem da célula de manufatura com delimitadores transparentes que permitem dar a ela divisões para que ao clicar sobre a estação desejada sua tela de controle seja aberta.

A tela é aberta de acordo com a respectiva estação selecionada, contendo no centro imagens da câmera do processo para monitorar a operação selecionada. Para as demais, utiliza-se o mesmo conceito e recursos de programação. A Figura 3.13 mostra a tela referente à primeira estação do processo no SSC Manutenções 1 e 2.

Figura 3.13 – Tela da primeira estação do processo

The screenshot shows a software interface for 'ESTAÇÃO 1 - PICK ANI'. The central part of the interface displays a camera view of the station with the text 'Aguardando solicitação de peça'. To the right, there is a table titled 'Status das Variáveis da Estação 1' with the following data:

STATUS	TAG	DESCRIÇÃO
●	E1_SMAV	Sensor de avanço do atuador 1
●	E1_SMRE	Sensor de recuo do atuador 1
●	E1_SVON	Sensor de vácuo ligado
●	E1_SSAV	Sensor de avanço do rotativo
●	E1_SSRE	Sensor de recuo do atuador 1
●	E1_SOON	Acionamento do sopro de peça
●	E1_AVRO	Acionamento do rotativo
●	E1_RERO	Recuo do rotativo
●	E1_VAON	Acionamento do vácuo
●	E1_AVAT	Acionamento do atuador 1

Fonte: Autoria própria, 2019

Dando seqüência, na tela geral do SSC do CCO há um botão que direciona para os pedidos onde existe uma tabela denominada *grid* que recebe as informações do banco de dados já explanado e apresenta-os para que o operador tenha conhecimento do pedido em produção e dos pedidos futuros.

Através do *grid* obtém-se todas as informações do pedido oriundas do *site* e armazenadas no banco de dados, como quantidade de peças, preço total, nome e endereço do cliente, entre outras. A Figura 3.14 ilustra o *layout* da tela Produção.

Figura 3.14 – Layout da tela produção

**PRODUÇÃO**

ID	ID Pedido	Qtd Preta	Qtd Prata	Qtd Vermelha	Qtd Azul	Preço (R\$)
1	1	1	0	0	0	2
2	2	1	0	0	0	2
3	3	1	0	1	0	4
4	4	4	0	0	0	8
5	5	4	0	0	0	8
6	6	1	1	1	0	9
7	7	0	0	0	0	0

Pedido em produção: 0  
Tempo estimado: 0 min

ID	ID Cliente	Nome	CEP	Cidade	Estado	e-mail	Telefone
1	1	Guilherme Anton...	09230511	Santo An...	SP	silva.guilherme@...	1194605920
2	2	Gabriel	09230400	Sete Lag...	MG	gabrie@hotmail.com	1194605920
3	3	Guilherme Anton...	09230511	Santo An...	SP	silva.guilherme@...	1194605920
4	4				SP		

Fonte: Autoria própria, 2019

Na tela principal há um botão que ao ser acionado possibilita a geração de relatórios para quatro áreas da empresa, sendo elas: produção e manutenção no SSC do CCO, engenharia e controle de qualidade no SSC Servidor. Para cada área existe um botão que gera e armazena na nuvem o relatório desejado e outro botão que o abre para a leitura instantânea diretamente na tela de operação, conforme mostra a Figura 3.15.

Figura 3.15 – Tela de emissão e leitura de relatórios

**RELATÓRIOS**

Cliente:  
Número do pedido: 0  
Data: 05/12/2019

**Produção**  
Gerar Relatório    Abrir Relatório

**Qualidade**  
Gerar Relatório    Abrir Relatório

**Manutenção**  
Gerar Relatório    Abrir Relatório

**Engenharia**  
Gerar Relatório    Abrir Relatório

Fonte: Autoria própria, 2019

Os relatórios são configurados por meio do menu tarefas do SSC. Neste local faz-se a opção de armazenamento utilizando a *tag* referente ao número do pedido para relatórios de produção e controle da qualidade e referente à data para relatórios de manutenção e engenharia. Em seguida, escreve-se o texto padrão que deve ser apresentado no relatório associando a ele informações contidas nas *tags* para a automação de relatórios personalizados, conforme mostra a Figura 3.16.

Figura 3.16 – Automação de relatórios personalizados

```

RelatorioProd.rep x
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
FATEC - "Adib Moisés Dib"
Tecnologia em Automação Industrial

=====

Gerado em: {Date}
Horário: {Time}

=====

RELATÓRIO DE PRODUÇÃO

{clientes.nome}, temos novidades!

O pedido {pedidos.id_pedido} de peças foi concluído
e será enviado à transportadora!

Conteúdo do pedido:

Peças pretas: {pedidos.qtd_Preta}
Peças pratas: {pedidos.qtd_Preta}
Peças vermelhas: {pedidos.qtd_Vermelha}
Peças azuis: {pedidos.qtd_Azul}

Valor total: R${pedidos.preco},00.

Acompanhe seu pedido através do link da transportadora
que será enviado por e-mail logo após a postagem.

Agradecemos a preferência!

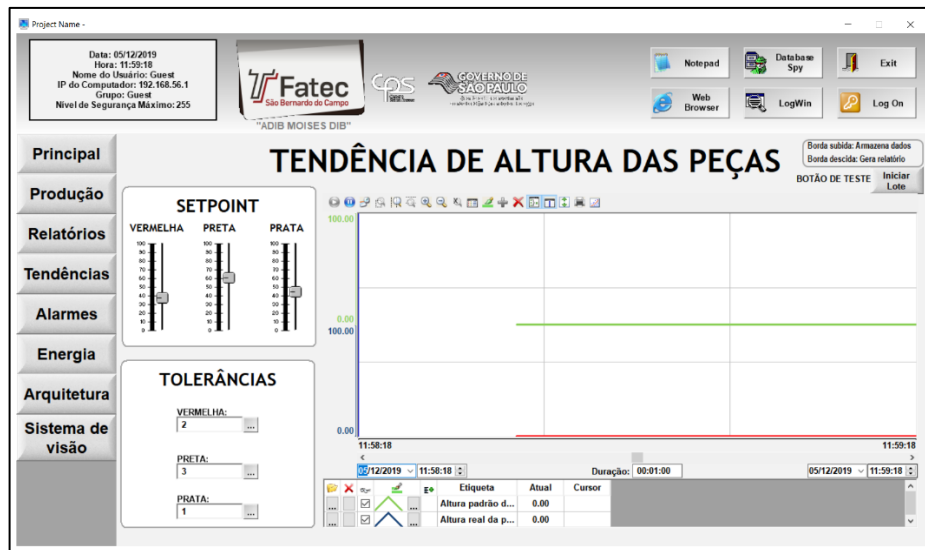
```

Fonte: Autoria própria, 2019

O gráfico de tendência de altura das peças se encontra no SSC do CCO e ilustra o valor instantâneo das leituras por meio de um sensor analógico e compara-o com o valor pré-definido através de um objeto de *slider* na tela de configuração considerando também a tolerância do valor de altura, conforme ilustra a Figura 3.17.



Figura 3.17 – Configuração do gráfico de tendência



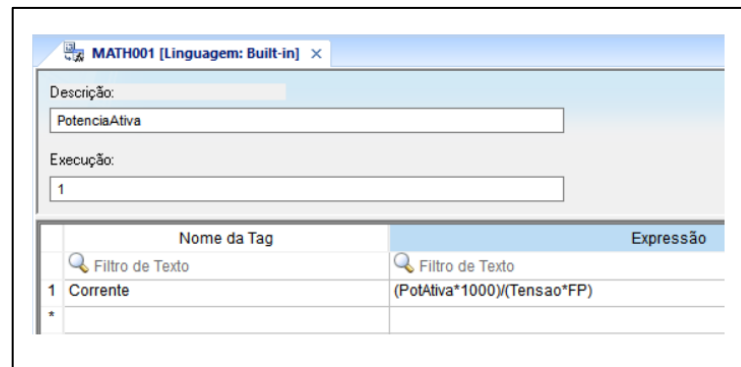
Fonte: Autoria própria, 2019

Os alarmes do SSC do CCO mostram as irregularidades simuladas na célula de manufatura, desde falhas na rede elétrica até leituras incorretas de altura das peças. Para resetar falhas que foram solucionadas clica-se no botão *reset* na parte superior da tela. Há também o histórico de eventos que registra todas as falhas apresentadas nos alarmes e armazena as informações em um banco de dados Access na nuvem para posterior análise da equipe de manutenção. Nesse caso, não é permitido resetar o histórico de eventos.

Na tela de energia do SSC Servidor faz-se uma simulação dos dados de energia elétrica utilizada na célula, como tensão, consumo e fator de potência. A partir desses dados, os relatórios são emitidos e os alarmes são gerados na ocorrência de alguma anomalia. Um horímetro é inserido para indicar à equipe de manutenção o tempo de operação da célula para auxiliar na programação de manutenções preventivas e preditivas.

Para efetuar a simulação utiliza-se o recurso de equações matemáticas disponibilizado pelo *software*. Esse recurso possibilita ajustar a entrada de tensão, o fator de potência da rede e inserir uma carga que demanda energia. Dessa forma, a corrente é calculada automaticamente e mostrada em seu respectivo indicador, conforme ilustra a Figura 3.18.

Figura 3.18 – Planilha de inserção de equações

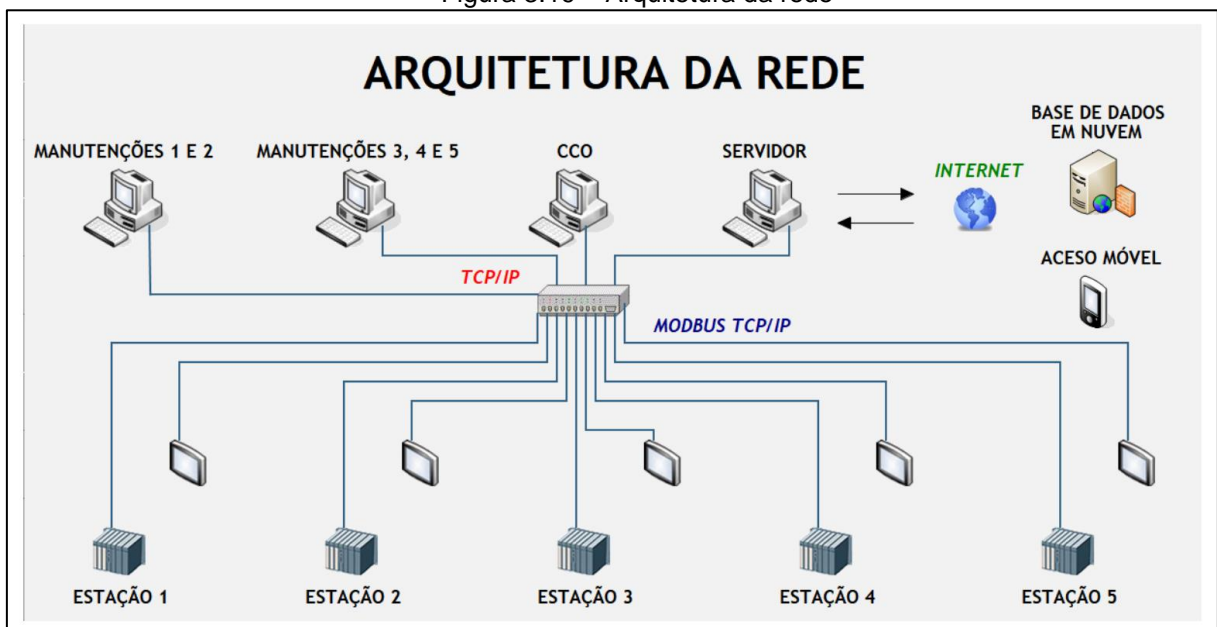


Nome da Tag	Expressão
1 Corrente	(PotAtiva*1000)/(Tensao*FP)
*	

Fonte: Autoria própria, 2019

O sistema de visão no SSC de ambas as manutenções possibilita o acesso às imagens em tempo real da célula de manufatura em operação para que a equipe de manutenção efetue intervenções à distância, de modo a agilizar o conserto, atuando assertivamente na resolução de avarias. A Figura 3.19 ilustra a tela de arquitetura da rede contendo os nós de comunicação do sistema.

Figura 3.19 – Arquitetura da rede

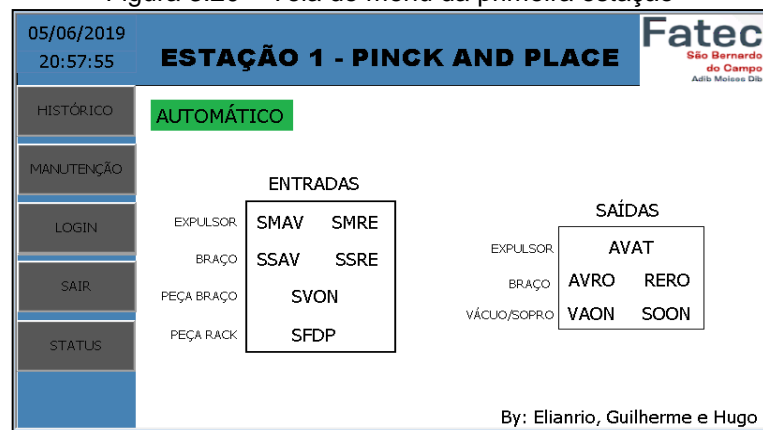


Fonte: Autoria própria, 2019

Os dispositivos de interface homem-máquina (IHM) permitem monitorar o *status* de cada estação, realizar controle de acesso aos usuários e acionamentos

manuais das saídas. Para tal, os cinco dispositivos possuem um formato de *software* padrão composto por uma tela de menu que apresenta os estados das entradas e saídas de uma determina estação e uma barra de navegação composta por botões que possibilitam navegar entre telas, alterar o *status* entre “manual” e “automático” e realizar o *login* e *logout* de usuários. A Figura 3.20 ilustra a tela “menu” da primeira estação.

Figura 3.20 – Tela de menu da primeira estação



By: Elianrio, Guilherme e Hugo

Fonte: Autoria própria, 2019

A tela de históricos registra todos os acessos realizados no dispositivo, a de manutenção é destinada a integrar o usuário com as finalidades de cada entrada de sinal e realizar acionamentos nos dispositivos atuadores das estações. A figura 3.21 ilustra as telas de manutenção e histórico.

Figura 3.21 – Telas de manutenção e histórico



Fonte: Autoria própria, 2019

Para a comunicação dos dispositivos IHMs com os controladores do processo utiliza-se o padrão de comunicação Modbus TCP/IP que possibilita a criação de endereços numéricos padronizados de acordo com a planilha de entradas e saídas do Apêndice G. A modificação dos valores desses endereços altera os estados das variáveis em ambos os dispositivos. A figura 3.22 mostra a tabela de comunicação criada no *software* de programação das IHMs.

Figura 3.22– Tabela de variáveis Modbus

Marcação			Controladores	
Nome	Tipo de dados	Direitos de acesso	Tipo de dados	Controller 1
Comand_AVAT	BIT	ReadWrite	BIT	000179
Comand_SOON	BIT	ReadWrite	BIT	000175
Comand_AVRO	BIT	ReadWrite	BIT	000176
Comand_RERO	BIT	ReadWrite	BIT	000178
Comand_VAON	BIT	ReadWrite	BIT	000177
status_AVAT	BIT	ReadWrite	BIT	000112
status_SOON	BIT	ReadWrite	BIT	000108
status_AVRO	BIT	ReadWrite	BIT	000109
status_RERO	BIT	ReadWrite	BIT	000111
status_VAON	BIT	ReadWrite	BIT	000110

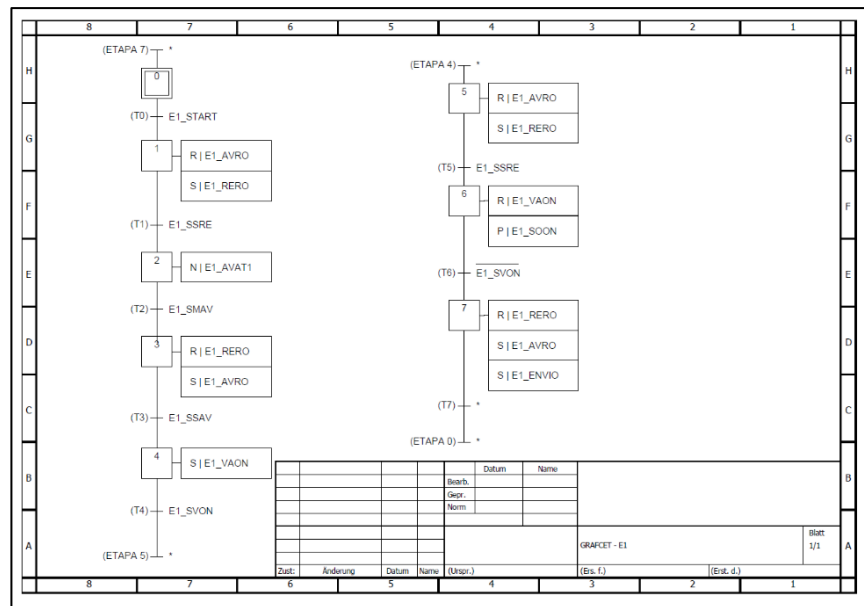
Fonte: Autoria própria, 2019

### 3.4 Programação em linguagem Grafcet e *ladder* dos CLPs

A programação dos CLPs responsáveis pelo controle da célula de manufatura é realizada em linguagem gráfica Grafcet para se obter melhor compreensão do sistema. Faz-se a validação de todos os cenários possíveis para a operação da célula. Em seguida, a programação é transferida para a linguagem *ladder*.

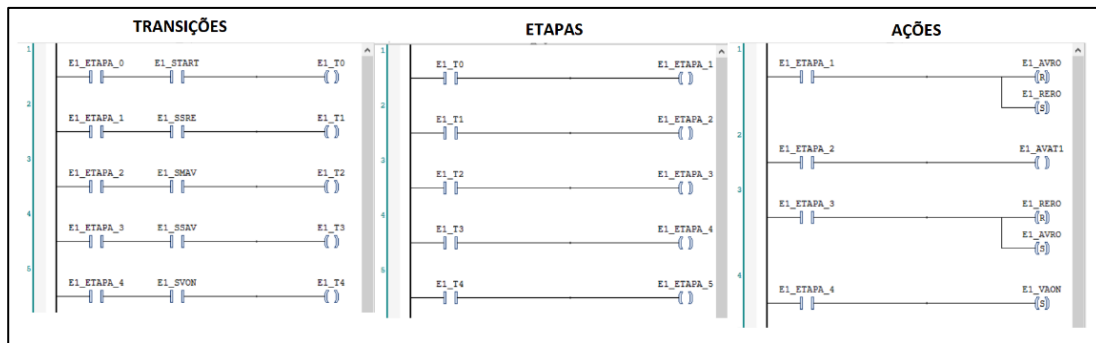
Em Grafcet faz-se uma sequência de operações necessárias para o funcionamento da célula. Existem três elementos fundamentais para seu desenvolvimento, sendo eles: as transições, as etapas e as ações. Em sua transferência para *ladder* realiza-se passagens individuais que garantem o atendimento e a interpretação das condições de operação. A Figura 3.23 mostra uma parte da programação em Grafcet com suas identificações.

Figura 3.23 – Programação em Grafcet



Fonte: Autoria própria, 2019

A rotina das transições trata das condições necessárias para progredir entre uma transição e outra no decorrer do Grafcet. A rotina das etapas considera as variáveis responsáveis pelas transições para que o programa evolua. E a rotina das ações evidencia todas as saídas que são atuadas, ou que deixam de ser. A Figura 3.24 ilustra a transcrição de Grafcet para *ladder*.

Figura 3.24 – Transcrição do Grafcet para *ladder*

Fonte: Autoria própria, 2019

A programação completa encontra-se no Apêndice B.

### 3.5 Integração das partes, funcionamento e testes finais

Nesta etapa faz-se o agrupamento dos itens desenvolvidos anteriormente. O pedido é coletado do *site* e enviado para um banco de dados responsável pelo armazenamento e organização das informações através da programação em PHP. O banco de dados SQL Server é manipulado de forma a ordenar os pedidos priorizando os de maior valor ou seguidos pelos pedidos mais antigos. As informações do banco de dados são fornecidas via servidor interno para uma planilha dentro do sistema supervisorio InduSoft Web Studio para que os operadores da planta tenham conhecimento dos pedidos em execução, bem como da fila de espera.

Os dados apresentados na planilha do sistema supervisorio são transportados para grupos de *tags* responsáveis pela parametrização dos registradores do CLP. Dessa forma, a célula executa a montagem do pedido de acordo com a quantidade e a cor das peças estipuladas pelo cliente separando em esteiras coletoras no final da produção.

Adicionalmente, é possível emitir relatórios para as áreas de produção, manutenção, engenharia e controle de qualidade de forma a apresentar dados importantes do processo que auxiliam na tomada de decisão dessas áreas. Além

dos recursos citados, também estão disponíveis para os operadores da planta: gráficos de tendência; carta de controle estatístico do processo; tela de alarmes e histórico, arquitetura da rede de comunicação e sistema de visão.

Os processos são simulados via *software* utilizando a comunicação de dados OPC para realizar e integração virtual das partes. A célula de manufatura e seus sinais de entrada e saída são virtualizados no *software* FluidSIM em comunicação com o simulador do CLP no Mastertool IEC XE e os comando são enviados pelo sistema supervisorio InduSoft Web Studio. Com isso, obtém-se melhores resultados no sistema permitindo prevenir possíveis erros do projeto antes de executá-los.

A célula de manufatura é testada para verificar se todos os sensores e atuadores estão operando corretamente. Isso é feito por meio da leitura de todos os sinais de entrada exibidos no *software* que monitora o sistema. As saídas são acionadas a partir do mesmo *software* e os comandos correspondentes são verificados na célula. Dessa forma, os elementos que apresentam defeitos podem ser analisados individualmente, sem a influência do programa da célula em execução.

Após descarregar os programas em cada CLP da célula de manufatura, as funcionalidades são testadas efetuando uma entrada de pedidos pelo *site* do projeto. O pedido começa a ser produzido sem a intervenção humana e as peças são processadas em todas as estações da célula até chegar à última, onde um sinal digital enviado por ela informa ao sistema que o pedido foi concluído.

O processo é monitorado através das telas das IHMs e do SSC enquanto o pedido é produzido nas estações. Ao final da produção gera-se os relatórios e gráficos para analisar o desempenho da célula de manufatura. A partir dos testes do sistema desenvolvido obtém-se o aceite técnico do cliente com base nas exigências previamente acordadas.

### 3.6 Dificuldades e soluções

Durante o desenvolvimento e construção do projeto foram encontradas algumas dificuldades e as soluções foram sanadas por meio de pesquisas, conhecimentos dos integrantes do grupo e orientações de professores especialistas.

Problema 1: manipulação das *tags* obtidas a partir dos valores provenientes do banco de dados e apresentados no *grid* do sistema supervisorio.

Solução: considerando os valores retornados pela operação no SSC foi possível perceber os erros que estavam inseridos no sistema. Com essas informações fez-se as correções necessárias na parametrização do planilha e nas configurações do acesso ao banco de dados.

Problema 2: envio de *e-mail* automático para o cliente em cada etapa do processo de produção.

Solução: entrou-se em contato com o *service desk* da InduSoft e através das orientações e do tutorial enviado pelo fabricante fez-se as correções nas configurações do envio de *e-mail*.

Problema 3: anomalia mecânica na segunda estação da célula de manufatura do laboratório 25.

Solução: foi feita a desmontagem do sistema, análise dos elementos mecânicos e remontagem a partir dos desenhos da documentação técnica. Também foram instaladas válvulas reguladoras de fluxo para diminuir o impacto dos movimentos e aumentar a vida-útil do sistema.

Concluído o desenvolvimento e construção do projeto elabora-se as Considerações Finais e o resumo.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quarta revolução industrial traz diversos desafios para o setor produtivo, de forma a substituir ou aprimorar os conceitos de produção desenvolvidos nas revoluções que a antecederam. É notável a demanda da aplicação de técnicas e recursos sofisticados para realizar a comunicação de células de manufatura e sistemas de gerenciamento da informação para tornar o processo orgânico e adaptável às novas necessidades.

O objetivo do projeto intitulado Integração de um Sistema de Manufatura Didático Segundo os Preceitos da Indústria 4.0 é desenvolver um sistema de produção de peças personalizadas que atende aos pedidos realizados via *Web* seguindo as diretrizes da Indústria 4.0, e adicionalmente, promover facilidades como geração de relatórios, análises através de gráficos de controle e monitoramento remoto do processo.

Os serviços digitais promovidos pelo projeto justificam-se com a satisfação do cliente em adquirir o produto, a eficiência e eficácia atingidas pelas empresas, facilidades para manutenção, aumento da disponibilidade do chão-de-fábrica e incremento das vendas personalizadas com fidelização da relação cliente-fornecedor.

Conforme as pesquisas realizadas, os sistemas de manufatura são aprimorados através de dispositivos de controle e monitoramento, tais como CLP, sistemas supervisórios (SSC) e IHM sendo interligados através de redes de comunicação industrial. Para que os procedimentos sejam mais dinâmicos, as tecnologias da automação citadas são conectadas às tecnologias da informação, como plataforma *Web* e banco de dados.

O tema-problema desenvolvido permitiu gerar conhecimentos abrangentes em diversas áreas da automação, bem como da informática, por meio dos desafios encontrados no caminho percorrido antes e durante o desenvolvimento. O diferencial mais evidente do projeto é a criação do *síte* que transmite informações ao banco de dados para que estas sejam apresentadas de forma intuitiva aos operadores do processo na tela do SSC, permitindo a produção customizada de modo que o sistema conecte o chão-de-fábrica ao cliente final.

O projeto tem como vantagem o melhor aproveitamento dos sistemas de manufatura, o monitoramento da produção em tempo real e a produção em massa automatizada de produtos personalizados conectando os consumidores ao processo produtivo e fortalecendo a relação cliente-fornecedor. A desvantagem é a segurança necessária quando se interliga controladores através de redes industriais e transmite os dados via internet. Isso faz com que o sistema fique vulnerável à ataques cibernéticos podendo causar acidentes e/ou prejuízos financeiros.

É cabível sugerir como estudos futuros o desenvolvimento do banco de dados de forma a ordenar os pedidos em função do estoque de insumos, da prioridade de produção dos pedidos de maior valor e da produção dos pedidos de menor tempo de processo, para tornar o sistema ainda mais dinâmico e adaptável.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. U. B.; ALEXANDRIA, A. R. de. **Redes industriais**: Aplicações em sistemas digitais de controle distribuído. 2. ed. São Paulo: Ensino Profissional, 2009.

COELHO, M. S. **Sistemas Supervisórios**. Apostila para disciplina de sistemas supervisórios moderno. São Paulo, IFSP, 2010. 43 p.

FERREIRA, B. F. de O. **Estudo e teste de dispositivos de acesso remoto aplicado a máquinas industriais**. 2010. 83 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2010.

GONÇALVES, R. N. **Desenvolvimento de servidores OPC DA, OPC UA e Wrappers para aplicação em automação**. 2012. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá. Minas Gerais. Itajubá: UFI, 2012.

LCR4.0. **The 9 pillars of industry 4.0**. Reino Unido, 2017. Disponível em <[www.lcr4.uk/2017/01/19/nine-pillars-industry-4-0/](http://www.lcr4.uk/2017/01/19/nine-pillars-industry-4-0/)>. Acesso em: 21 out. 2018.

LOJKA, T.; BUNDZEL, M.; ZOLOTOVÁ, I. **Service-oriented architecture and cloud manufacturing**. 20 p. Departamento de cibernética e inteligência artificial da Faculdade de Engenharia Elétrica e Informática da Universidade Técnica de Košice, Košice, 2016.

MANUAL DE NORMALIZAÇÃO DE PROJETO DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO – FATEC SBCAMPO. **Material didático para utilização nos projetos de trabalho de graduação dos cursos de tecnologia em automação industrial e informática**. São Bernardo do Campo: Fatec, 2017.

NASSU, E. A.; SETZER, V. W. **Banco de dados orientados a objetos**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1999.

OPC FOUNDATION. **OPC Unified architecture**: Interoperability for industrie 4.0 and the *Internet* of Things. Arizona - USA: 2016.

PRUDENTE, F. **Automação industrial – PLC: Programação e instalação**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. rev. São Paulo: Cortez, 2013.

SILVEIRA, P. R.; SANTOS, W. E. **Automação e controle discreto**. 9. ed. São Paulo: Érica, 1998.

STEVAN JÚNIOR, S. L.; LEME, M. O.; SANTOS, M. M. D. **Indústria 4.0: Fundamentos, perspectivas e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2018.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2016.

## APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DO SITE EM PHP, HTML5, CCS3 E JAVASCRIPT

```

<!DOCTYPE html>           //Página Principal
<html lang="pt-br">
<html>
<head>
    <meta charset="UTF-8"/>
    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="_css/estilo.css"/>
    <title>Fatec 4.0</title>
</head>
<body>
<div id="topo"></div>
<div id="interface">
    <header>

        <nav id="menu">
            <ul type="circle">
                <li><a href="index.html">Página inicial</a></li>
                <li><a href="pedido2.html">Faça seu pedido!</a></li>
                <li><a href="fotos.html">Galeria de fotos</a></li>
                <li><a href="sobre-nos.html">Sobre nós</a></li>
            </ul>
        </nav>
    </header>
</div>
<div id="corpo">

    <header>
    <hgroup id="titulos">
        <h1>Integração de um Sistema de Manufatura Didático Segundos os Preceitos da
Indústria 4.0</h1>
        <h2>Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo</h2>
        <h2>Fatec-SBC</h2>
    </hgroup>
    </header>

<section id="corpo">
<article id="intro">

<p>Atualmente, (...) </p></br>
<p>A Indústria 4.0 se baseia em 9 pilares:</p></br></br>



<p class="fonte1">Fonte: www.rvsys.com.br, 2018</p></br></br>
<p>Com a inserção (...) </p></br>
<p>Abaixo, (...) </p></br></br>



<p class="fonte1">Fonte: adaptado de www.erc.engin.umich.edu, 2018</p></br></br>
<p>Ao longo dos anos, (...) </p></br></br>

```

```



<p class="fonte1">Fonte: www.auctus.com.br, 2018</p></br></br>
<p>Cada vez mais, (...) </p></br></br>



<p class="fonte1">Fonte: www.meiofiltrante.com.br, 2018</p></br></br>
<p>O objetivo desse projeto (...) </p></br></br>

</br></br>

<p>Para isso, (...) </p></br>
<p>Além da interação com os clientes, (...) </p></br></br>

</br></br>

<p>A plataforma também permite (...) </p></br></br>

</br></br>
<p>Os serviços digitais (...) </p></br>

</article>
</section>
<aside id="lateral">
    <hgroup>
        <h3>Desenvolvido por:</h3>
        <h3>Eliario Viana de Magalhães</h3>
        <h3>Guilherme Antonio da Silva</h3>
        <h3>Hugo dos Santos Moreira</h3>
        <h3>Orientador: Prof. Me. Pedro Adolfo Galani</h3>
    </hgroup>
</aside>
<footer id="rodape">
<p>Copyright 2019 - by Guilherme Antonio da Silva<br/>
<a href="https://www.facebook.com/fatec.sbc/" target="_blank">Facebook</a> |
<a href="https://twitter.com/FATECSBC" target="_blank">Twitter</a></p>
</footer>
</div>
</body>
</html>

```

```

<!DOCTYPE html>           //Cadastro em html
<html lang="pt-br">
<html>
<head>
    <meta charset="UTF-8"/>
    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="_css/estilo.css"/>
    <title>Fatec 4.0</title>
</head>
<body>
<div id="topo"></div>
<div id="interface">
    <header>
        

        <nav id="menu">
            <ul type="circle">
                <li><a href="index.html">Página inicial</a></li>
                <li><a href="pedido2.html">Faça seu pedido!</a></li>
                <li><a href="fotos.html">Galeria de fotos</a></li>
                <li><a href="sobre-nos.html">Sobre nós</a></li>
            </ul>
        </nav>
    </div>
<div id="corpo">
<form method="get" id="pedido2" action="pedido.php" oninput=""><br><br>

        <fieldset id="usuario"><legend>Identificação</legend>
            <p><label for="cNome">Nome:</label> <input type="text" name="tNome"
id="cNome" size="40" maxlength="50" placeholder="Nome completo"/></p>
        </fieldset><br>
        <fieldset id="endereco"><legend>Endereço</legend>
            <p><label for="cEndereco">Logradouro:</label> <input type="text"
id="cEndereco" name="tEndereco" size="40" maxlength="50" placeholder="Rua, Av. Trav."/></p>
            <p><label for="cNum">Número:</label> <input type="text" id="cNum"
name="tNum" size="4" max="9999" min="1"/></p>
            <p><label for="cCEP">CEP:</label> <input type="text" id="cCEP"
name="tCEP" placeholder="Sem pontos ou hífen"/></p>
            <p><label for="cEst">Estado:</label>
                <select name="tEst" id="cEst">
                    <optgroup label="Região Sudeste">
                        <option value="RJ">Rio de Janeiro</option>
                        <option value="MG">Minas Gerais</option>
                        <option selected value="SP">São Paulo</option></p>
                    </optgroup>
                    <optgroup label="Região Sul">
                        <option value="PR">Paraná</option>
                        <option value="SC">Santa Catarina</option>
                    </optgroup>
                    <optgroup label="Região Nordeste">
                        <option value="CE">Ceará</option>
                    </optgroup></br>
                </select>
            <p><label for="cCid">Cidade:</label> <input type="text"

```

```

name="tCid" id="cCid" maxlength="40" placeholder="Sua cidade" list="cidades"/></p>
    <datalist id="cidades">
        <option value="Rio de Janeiro"></option>
        <option value="Nova Iguaçu"></option>
        <option value="Niterói"></option>
        <option value="Belford Roxo"></option>
    </datalist>
</fieldset></br>
<fieldset id="contato"><legend>Contato</legend>
    <p><label for="cEmail">E-mail:</label> <input type="text" name="tEmail"
id="cEmail" size="40" maxlength="50"/></p>
    <p><label for="cTel">Telefone:</label> <input type="text" name="tTel"
id="cTel" size="13" placeholder="(xx)xxxx-xxxx"/></p>
</fieldset></br>
<input type="submit" value="Confirmar dados"/>

</form></br></br>

<footer id="rodape">
<p>Copyright 2019 - by Guilherme Antonio da Silva<br/>
<a href="https://www.facebook.com/fatec.sbc/" target="_blank">Facebook</a> |
<a href="https://twitter.com/FATECSBC" target="_blank">Twitter</a></p>
</footer>
</div>
</body>
</html>

<div id="corpo">
<form method="GET" id="pedido2" action="pedido2.php" oninput="calc_total();"></br></br>
<fieldset id="pedido"><legend>Monte seu pedido</legend></br>
    <section id="preta">
        
        <p><label for="cQtdPreta">Quantidade: </label>
            <input type="number" id="cQtdPreta" name="tQtdPreta" class="preco" size="1"
maxlength="32" max="5" min="0" placeholder="Máx.5" select value ="0"/></p>
    </section>
    <aside id="preta">
        <p>Descrição: Peça preta</p>
        <p>Material: Plástico</p>
        <p>Preço da unidade: R$2,00</p>
    </aside></br></br></br></br></br></br></br></br></br></br>

<!DOCTYPE html>                //Pedidos em html
<html lang="pt-br">
<html>
<head>
    <meta charset="UTF-8"/>
    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="_css/estilo.css"/>
    <title>Fatec 4.0</title>
</head>
<script>
    function calc_total(){
        var qtdPreta = parseInt(document.getElementById('cQtdPreta').value);
        var qtdPrata = parseInt(document.getElementById('cQtdPrata').value);
        var qtdVermelha = parseInt(document.getElementById('cQtdVermelha').value);
        tot = (qtdPreta*2)+(qtdPrata*5)+(qtdVermelha*2);
        document.getElementById('cTot').value = tot;
    }
</script>

```



```

<body>
<div id="topo"></div>
<div id="interface">
  <header>
    

    <nav id="menu">
      <ul type="circle">
        <li><a href="index.html">Página inicial</a></li>
        <li><a href="pedido2.html">Faça seu pedido!</a></li>
        <li><a href="fotos.html">Galeria de fotos</a></li>
        <li><a href="sobre-nos.html">Sobre nós</a></li>
      </ul></nav>
    </div>

    <section id="prata">
      
      <p><label for="cQtdPrata">Quantidade: </label>
      <input type="number" id="cQtdPrata" name="tQtdPrata" class="preco" size="1"
      maxlength="32" max="5" min="0" placeholder="Máx.5" select value ="0"/></p>
    </section>
    <aside id="preta">
      <p>Descrição: Peça prata</p>
      <p>Material: Metal</p>
      <p>Preço da unidade: R$5,00</p>
    </aside><br><br><br><br><br><br><br><br><br>

    <section id="vermelha">
      
      <p><label for="cQtdVermelha">Quantidade: </label>
      <input type="number" id="cQtdVermelha" name="tQtdVermelha" class="preco"
      size="1" maxlength="32" max="5" min="0" placeholder="Máx.5" select value ="0"/></p>
    </section>
    <aside id="vermelha">
      <p>Descrição: Peça vermelha</p>
      <p>Material: Plástico</p>
      <p>Preço da unidade: R$2,00</p>
    </aside><br><br><br><br><br><br><br><br><br>

    <p class="direita">Total do pedido R$: <input type="real" name="tTot" id="cTot"
    class="preco" readonly /></p>

  </fieldset></br>

  <input type="submit" value="Confirmar pedido"/>
</form></br></br>

<footer id="rodape">
<p>Copyright 2019 - by Guilherme Antonio da Silva<br>
<a href="https://www.facebook.com/fatec.sbc/" target="_blank">Facebook</a> |
<a href="https://twitter.com/FATECSBC" target="_blank">Twitter</a></p>
</footer>
</div>
</body>
</html>

```

```

<!DOCTYPE html>                //Cadastro em php
<html>
<head>
    <meta charset="UTF-8"/>
    <link rel="stylesheet" href="_css/estilo.css"/>
    <title>Fatec 4.0</title>
</head>

<body>
<div id="topo"></div>
<div id="interface">

    <nav id="menu">
        <ul type="circle">
            <li><a href="index.html">Página inicial</a></li>
            <li><a href="pedido2.html">Faça seu pedido!</a></li>
            <li><a href="fotos.html">Galeria de fotos</a></li>
            <li><a href="sobre-nos.html">Sobre nós</a></li>
        </ul>
    </nav>
</div>

<div id="corpo">

<form method="get" id="pedido2" action="confirmacao.php" oninput="calc_total();"><br><br>
<?php

require_once ('stringcon.php');
$db_nome = $_GET["tNome"];
$db_logradouro = $_GET["tEndereco"];
$db_numero = $_GET["tNum"];
$db_cep = $_GET["tCEP"];
$db_estado = $_GET["tEst"];
$db_cidade = $_GET["tCid"];
$db_email = $_GET["tEmail"];
$db_telefone = $_GET["tTel"];

    $con=sqlsrv_connect($serve,$db);                //Conexão
$query = "insert into dbo.pedido ([nome] value ('$nome'));"
$query = "INSERT INTO dbo.nomecliente ([nome], [logradouro], [numero], [cep], [cidade], [estado],
[email], [tel]) VALUES('$db_nome', '$db_logradouro', '$db_numero', '$db_cep', '$db_cidade',
'$db_estado', '$db_email', '$db_telefone')";
    $result = sqlsrv_query($con,$query)or die('Error querying MSSQL database');

//close to sql
sqlsrv_close($con);
    $nome = isset ($_GET["tNome"])?$_GET["tNome"]:"Anônimo";
    echo "Estamos quase terminando, $nome!<br>";
    echo "Mas antes, verifique seus dados abaixo e clique em
Finalizar<br><br><br>";

```

```

        echo "ENTREGA _____</br>";
        $rua = isset ($_GET["tEndereco"])?$_GET["tEndereco"]:"logradouro não
informado";
        $numero = isset ($_GET["tNum"])?$_GET["tNum"]:"número não informado";
        $cep = isset ($_GET["tCEP"])?$_GET["tCEP"]:"Não informado";
        $cidade = isset ($_GET["tCid"])?$_GET["tCid"]:"Não informada";
        $estado = isset ($_GET["tEst"])?$_GET["tEst"]:"Estado não informado";
        echo "Enviaremos seu pedido para $rua, número $numero.</br>CEP:
$cep</br>Cidade: $cidade - $estado</br>";
        echo "Clique <html><a href='pedido.html'>aqui</a></html> para corrigir seu
cadastro.</br></br></br>";

        echo "CONTATO _____</br>";
        $email = isset ($_GET["tEmail"])?$_GET["tEmail"]:"E-mail não informado";
        $telefone = isset ($_GET["tTel"])?$_GET["tTel"]:"Telefone não informado";
        echo "Informaremos as etapas do processo através do e-mail: $email</br>";
        echo "Em casos especiais ligaremos no telefone: $telefone</br></br></br>"

?>

        <input type="submit" value="Finalizar"/></br>

</form></br></br>

<footer id="rodape">
<p>Copyright 2019 - by Guilherme Antonio da Silva<br/>
<a href="https://www.facebook.com/fatec.sbc/" target="_blank">Facebook</a> |
<a href="https://twitter.com/FATECSBC" target="_blank">Twitter</a></p>
</footer>
</div>
</body>
</html>

<!DOCTYPE html>                //Pedido em php
<html>
<head>
    <meta charset="UTF-8"/>
    <link rel="stylesheet" href="_css/estilo.css"/>
    <title>Fatec 4.0</title>
</head>

<body>
<div id="topo"></div>
<div id="interface">

    <nav id="menu">
        <ul type="circle">
            <li><a href="index.html">Página inicial</a></li>
            <li><a href="pedido2.html">Faça seu pedido!</a></li>
            <li><a href="fotos.html">Galeria de fotos</a></li>
            <li><a href="sobre-nos.html">Sobre nós</a></li>
        </ul>
    </nav>
</div>

```

```

<div id="corpo">

<form method="get" id="pedido2" action="pedido.html" oninput="calc_total();"></br></br>

<?php

require_once ('stringcon.php');
$preta = $_GET["tQtdPreta"];
$prata = $_GET["tQtdPrata"];
$vermelha = $_GET["tQtdVermelha"];
$tot = $_GET["tTot"];

                $con=sqslsrv_connect($serve,$db);                                //Conexão

// Input into staff database
                $query = "INSERT INTO dbo.pedidos ([qtd_Preta], [qtd_Prata],[qtd_Vermelha],[preco])
VALUES('$preta','$prata','$vermelha','$tot)";
                $result = sqslsrv_query($con,$query)or die('Error querying MSSQL database');

//close to sql
                sqslsrv_close($con);
                echo "</br></br>Verifique os itens do seu pedido e em seguida clique em Cadastro
para inserir seus dados.</br></br>";
                echo "Clique <html><a href='pedido2.html'>aqui</a></html> para corrigir algum
item da lista.</br></br></br>";

                echo "PEDIDO_____</br>";
                $qtdPreta = isset ($_GET["tQtdPreta"])?$_GET["tQtdPreta"]:"Valor não informado";
                echo "Quantidade de peças pretas: $qtdPreta</br>";

                $qtdPrata = isset ($_GET["tQtdPrata"])?$_GET["tQtdPrata"]:"Valor não informado";
                echo "Quantidade de peças pratas: $qtdPrata</br>";

                $qtdVermelha = isset ($_GET["tQtdVermelha"])?$_GET["tQtdVermelha"]:"Valor não
informado";
                echo "Quantidade de peças vermelhas: $qtdVermelha</br>";

                $total = isset ($_GET["tTot"])?$_GET["tTot"]:"Falha no cálculo. Por favor, refaça
seu pedido.";
                echo "Valor total: R$$total,00.</br></br></br>";

?>

                <input id="cad" type="submit" value="Cadastro"/></br>
</form></br></br>

<footer id="rodape">
<p>Copyright 2019 - by Guilherme Antonio da Silva<br/>
<a href="https://www.facebook.com/fatec.sbc/" target="_blank">Facebook</a> |
<a href="https://twitter.com/FATECSBC" target="_blank">Twitter</a></p>
</footer>
</div>
</body>
</html>

```

```

<!DOCTYPE html>           //Galeria de fotos
<html lang="pt-br">
<html>
<head>
  <meta charset="UTF-8"/>
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="_css/estilo.css"/>
  <link rel="stylesheet" href="_css/fotos.css"/>
  <title>Fatec 4.0</title>
</head>
<body>
<div id="topo"></div>
<div id="interface">
  <header>

  <nav id="menu">
    <ul type="circle">
      <li><a href="index.html">Página inicial</a></li>
      <li><a href="pedido2.html">Faça seu pedido!</a></li>
      <li><a href="fotos.html">Galeria de fotos</a></li>
      <li><a href="sobre-nos.html">Sobre nós</a></li>
    </ul>
  </nav>
</div>
<div id="corpo">

<ul id="album-fotos">
<li id="foto01"><span>Célula de manufatura</span></li>
<li id="foto02"><span>Estação 1: <em>Pick and Place</em></span></li>
<li id="foto03"><span>Estação 2: Medição</span></li>
<li id="foto04"><span>Estação 3: Carimbador</span></li>
<li id="foto05"><span>Estação 4: Truncamento</span></li>
<li id="foto06"><span>Estação 5: Seletor</span></li>
</ul>

<footer id="rodape">
<p>Copyright 2019 - by Guilherme Antonio da Silva<br/>
<a href="https://www.facebook.com/fatec.sbc/" target="_blank">Facebook</a> |
<a href="https://twitter.com/FATECSBC" target="_blank">Twitter</a></p>
</footer>
</div>
</body>
</html>

```

```

<!DOCTYPE html>           //Sobre nós
<html lang="pt-br">
<html>
<head>
  <meta charset="UTF-8"/>
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="_css/estilo.css"/>
  <title>Fatec 4.0</title></head>
<body>
<div id="topo"></div>
<div id="interface">
  <header>
    
    <nav id="menu">
      <ul type="circle">
        <li><a href="index.html">Página inicial</a></li>
        <li><a href="pedido2.html">Faça seu pedido!</a></li>
        <li><a href="fotos.html">Galeria de fotos</a></li>
        <li><a href="sobre-nos.html">Sobre nós</a></li>
      </ul></nav>    </div>
<div id="sobrenos" class="corpo"></br></br>

<p><h3>Elianrio Viana de Magalhães</h3></p>
<p>Aluno do 6º semestre de Automação Industrial</p>
<p>Atuação profissional em projetos elétricos</p><p class="borda"></p></br>

</br>
<p><h3>Guilherme Antonio da Silva</h3></p>
<p>Curso: Tecnologia em Automação Industrial</p>
<p>Aluno do 6º semestre de Automação Industrial</p>
<p>Atuação profissional (...) </p></br><p class="borda"></p></br>

</br>
<p><h3>Hugo do Santos Moreira</h3></p>
<p>Aluno do 6º semestre de Automação Industrial</p>
<p>Atuação profissional (...) </p></br><p class="borda"></p></br>

</br>
<p><h3>Pedro Adolfo Galani</h3></p>
<p>Professor da Fatec-SBC no curso de Automação Industrial</p>
<p>Graduação em engenharia elétrica(...) </p></br></br>

<footer id="rodape">
<p>Copyright 2019 - by Guilherme Antonio da Silva</br>
<a href="https://www.facebook.com/fatec.sbc/" target="_blank">Facebook</a> |
<a href="https://twitter.com/FATECSBC" target="_blank">Twitter</a></p>
</footer>
</div>
</body>
</html>

```

```

<?php
//STRING DE CONEXÃO
$serve="LAPTOP-DT5EA13\SQLSERVER";           //Host
$db=array('Database'=>'TCC');                //Database
$con=sqlsrv_connect($serve,$db);            //Conexão

if(!$con) {
    echo "</br></br></br>connection not ok </br>";
}
else {
    echo "</br></br></br>connection ok </br>";
}
?>

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
    <meta charset="UTF-8"/>
    <link rel="stylesheet" href="_css/estilo.css"/>
    <title>Fatec 4.0</title>
</head>
<body>
<div id="topo"></div>
<div id="interface">
    

    <nav id="menu">
        <ul type="circle">
            <li><a href="index.html">Página inicial</a></li>
            <li><a href="pedido2.html">Faça seu pedido!</a></li>
            <li><a href="fotos.html">Galeria de fotos</a></li>
            <li><a href="sobre-nos.html">Sobre nós</a></li>
        </ul></nav></div>
<div id="corpo">
<form method="get" id="pedido2" action="index.html" oninput="calc_total();"></br></br>
<?php
require_once ('stringcon.php');
?>
<input type="submit" value="Retornar ao site"/></br>
</form></br></br>

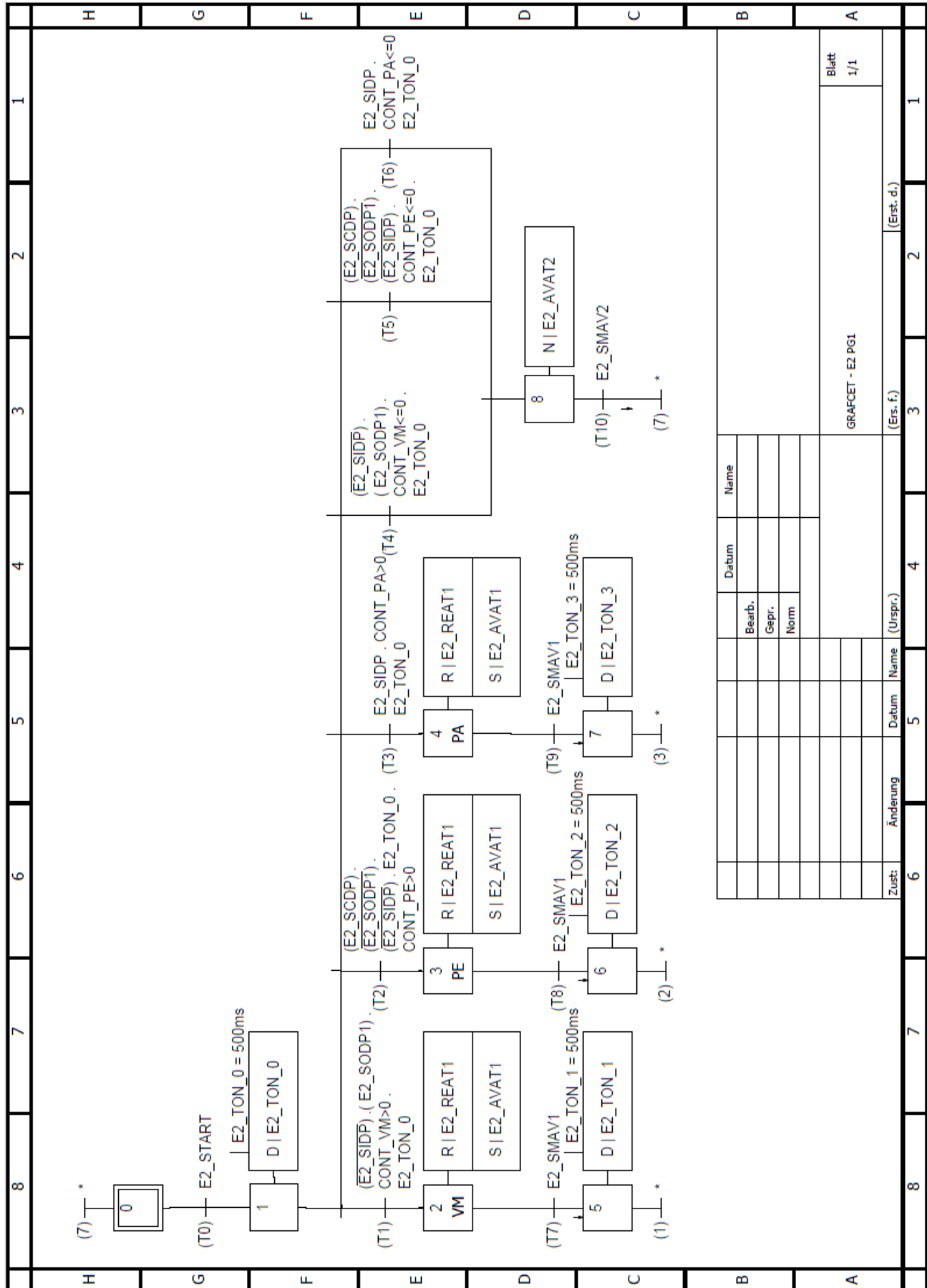
<footer id="rodape">
<p>Copyright 2019 - by Guilherme Antonio da Silva</br>
<a href="https://www.facebook.com/fatec.sbc/" target="_blank">Facebook</a> |
<a href="https://twitter.com/FATECSBC" target="_blank">Twitter</a></p>
</footer>
</div>
</body>
</html>

```

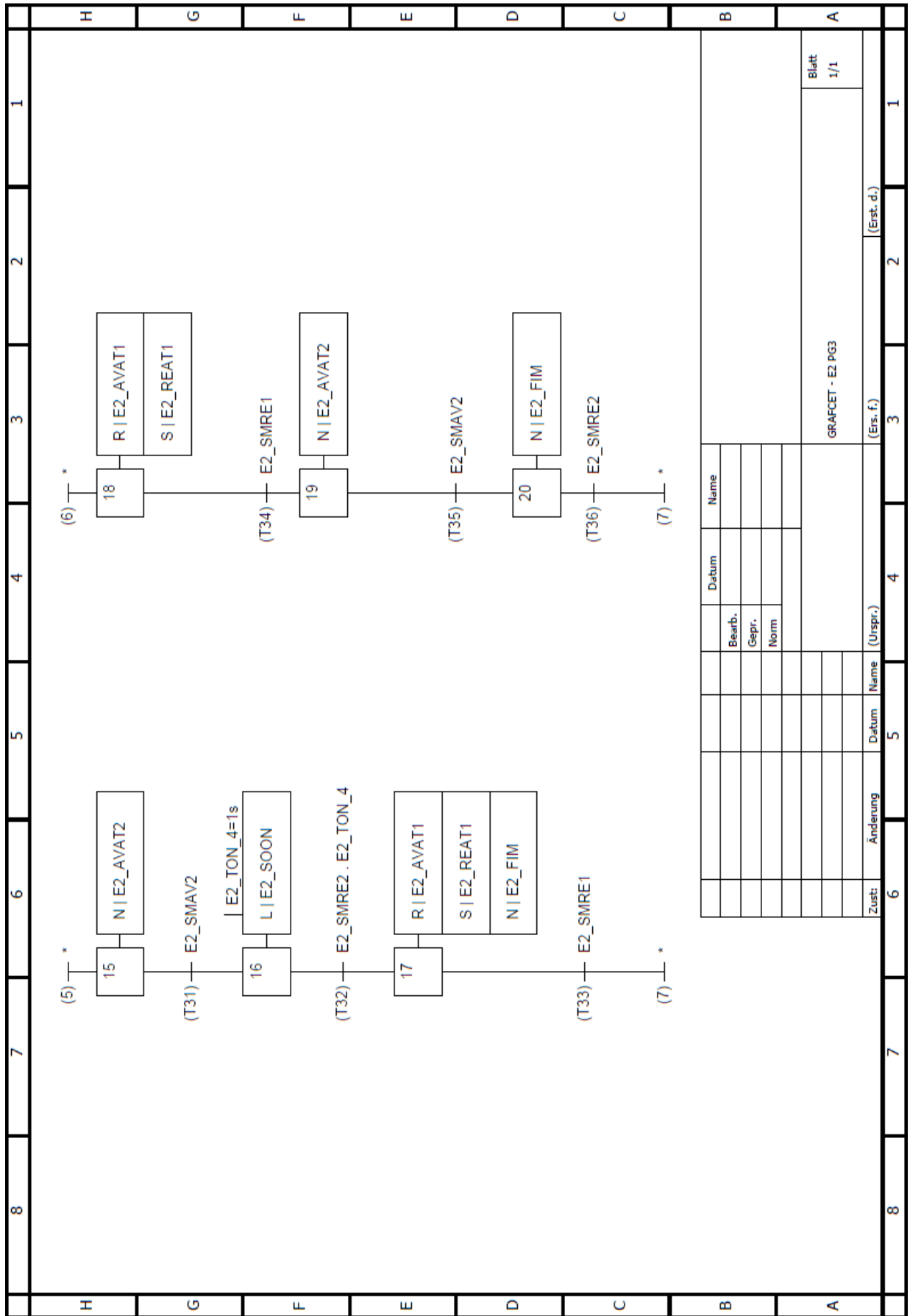




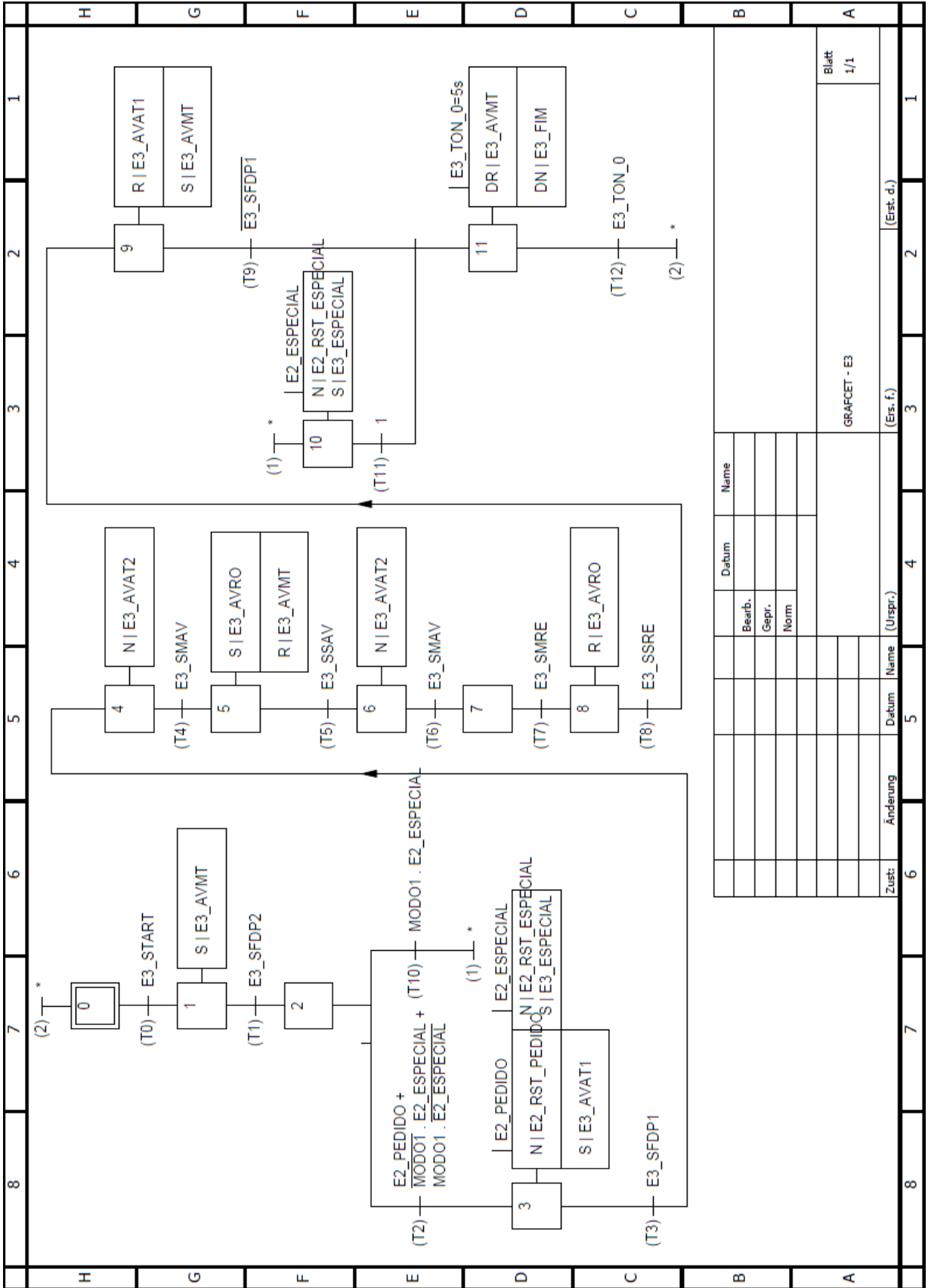
## APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO EM GRAFCET DA ESTAÇÃO 2







APÊNDICE D – PROGRAMAÇÃO EM GRAFCET DA ESTAÇÃO 3



Name		Datum	
Bearb.			
Gepr.			
Norm			

Zust.	Aenderung	Datum	Name	(Urspr.)	(Ers.f.)	(Erst.d.)



## APÊNDICE F – PROGRAMAÇÃO EM GRAFCET DA ESTAÇÃO 5

8	7	6	5	4	3	2	1																																																
H	G	F	E	D	C	B	A																																																
							1																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: left;">Zust:</th> <th style="width: 10%;">Änderung</th> <th style="width: 10%;">Datum</th> <th style="width: 10%;">Name</th> <th style="width: 10%;">(Urspr.)</th> <th style="width: 5%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Zust:	Änderung	Datum	Name	(Urspr.)																																												1
Zust:	Änderung	Datum	Name	(Urspr.)																																																			
(Es.f.)						2	3	4	5	6	7	8																																											
(Est.d.)							1																																																

Blatt  
1/1

GRAF CET - E1 PG1 (MOD0 1)





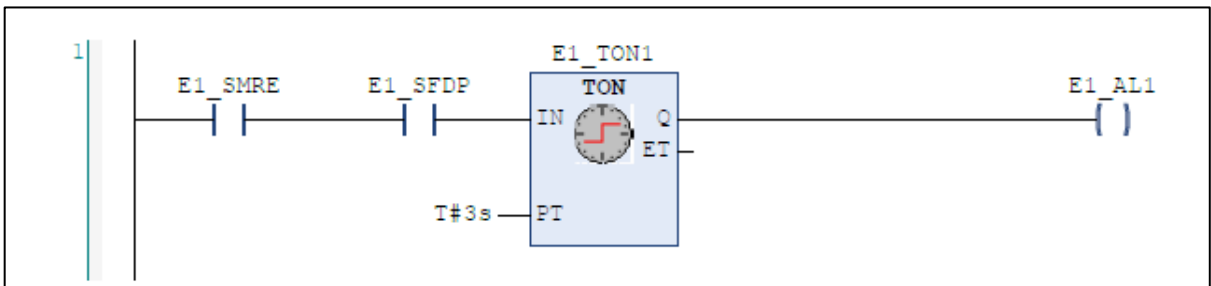
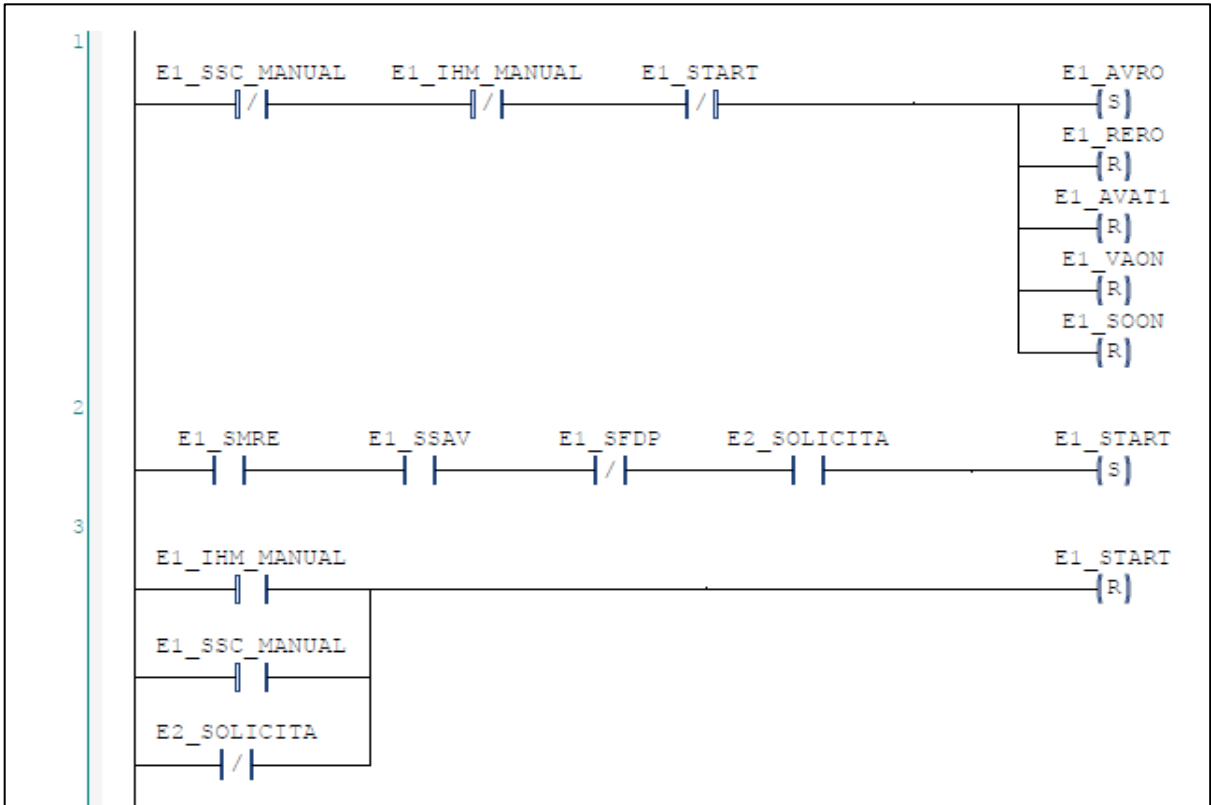


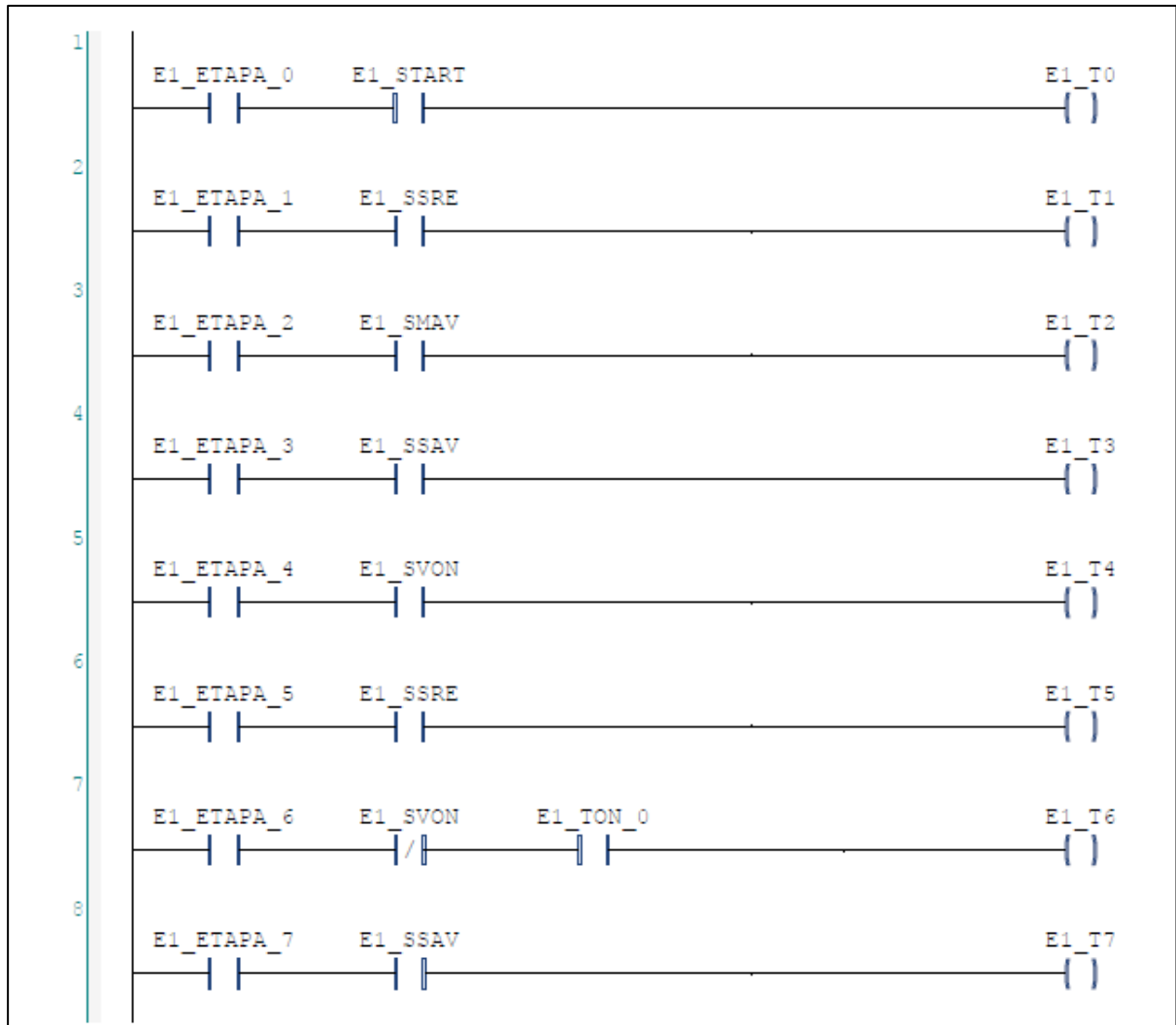
## APÊNDICE G – MAPEAMENTO DE ENTRADAS E SAÍDAS

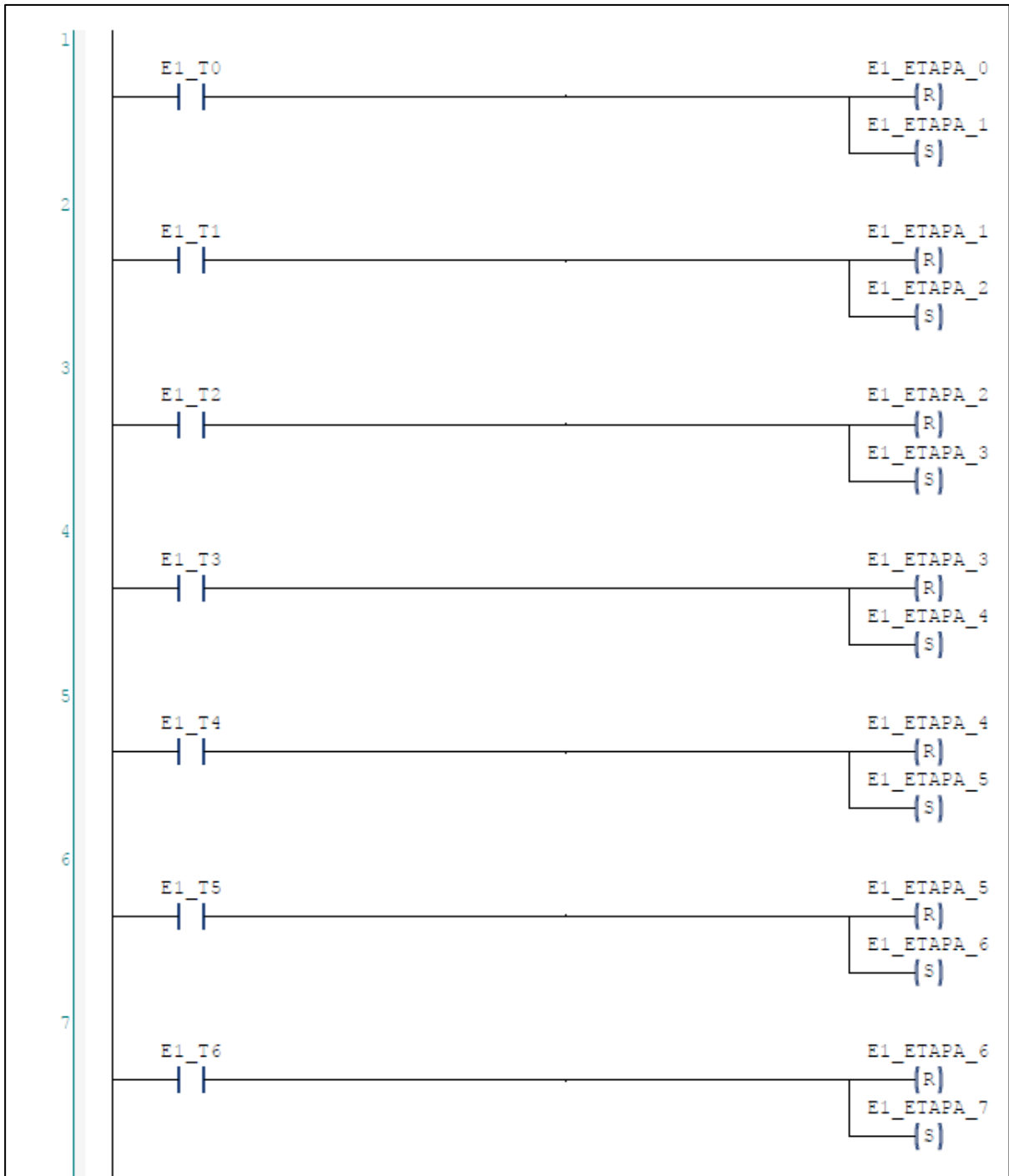
Estação	I/O	TAG	Endereço	Descrição
Estação 1 - Pick and Place	Entradas	E1_SMAV	%IX0.1	Leitura do expulsador avançado (NF)
		E1_SMRE	%IX0.2	Leitura do expulsador recuado
		E1_SVON	%IX0.3	Leitura de peça presa ao braço de transferência
		E1_SSAV	%IX0.4	Leitura do braço de transferência avançado
		E1_SSRE	%IX0.5	Leitura do braço de transferência recuado
		E1_SFDP	%IX0.6	Detecção de peça no rack
	Saídas	E1_SOON	%Q0.0	Sopro de ar para soltar a peça
		E1_AVRO	%Q0.1	Retirada da peça para transferência
		E1_VAON	%Q0.2	Acionamento do vácuo
		E1_RERO	%Q0.3	Entrega da peça na estação 2
E1_AVAT		%Q0.4	Avanço do expulsador de peça	
Estação2 - Medição	Entradas	E2_SADP	%IW1	Leitura (analógica) da altura da peça
		E2_SODP1	%IX0.0	Detecção de peça brilhante
		E2_SMRE2	%IX0.1	Leitura do expulsador recuado
		E2_SMAV2	%IX0.2	Leitura do expulsador avançado
		E2_SCDP	%IX0.3	Detecção de peça geral
		E2_SODP2	%IX0.4	//Deve estar substituindo o leitor de altura de peça
		E2_SMAV1	%IX0.5	Leitura do elevador avançado
		E2_SMRE1	%IX0.6	Leitura do elevador recuado
		E2_SIDP	%IX0.7	Detecção de peça metálica
	Saídas	E2_AVAT1	%Q0.0	Subida do elevador de peça
		E2_REAT1	%Q0.1	Descida do elevador de peça
		E2_AVAT2	%Q0.2	Avanço do expulsador de peça
		E2_SOON	%Q0.3	Sopro de ar para soltar a peça
		Estação 3 - Carimbador	Entradas	E3_SFDP1
E3_SFDP2	%IX0.1			Detector de peça na esteira
E3_SSRE	%IX0.2			Leitura do carimbador na posição inicial
E3_SSAV	%IX0.3			Leitura do carimbador sobre a peça
E3_SMAV	%IX0.4			Leitura do carimbador atuado
E3_SMRE	%IX0.5			Leitura do carimbador recuado
Saídas	E3_AVRO		%Q0.0	Giro do motor para posicionar sobre a peça
	E3_AVAT1		%Q0.1	Avanço do bloqueio de peça na esteira
	E3_AVAT2		%Q0.2	Avanço do carimbador sobre a peça
	E3_AVMT	%Q0.4	Esteira de transferência de peça	

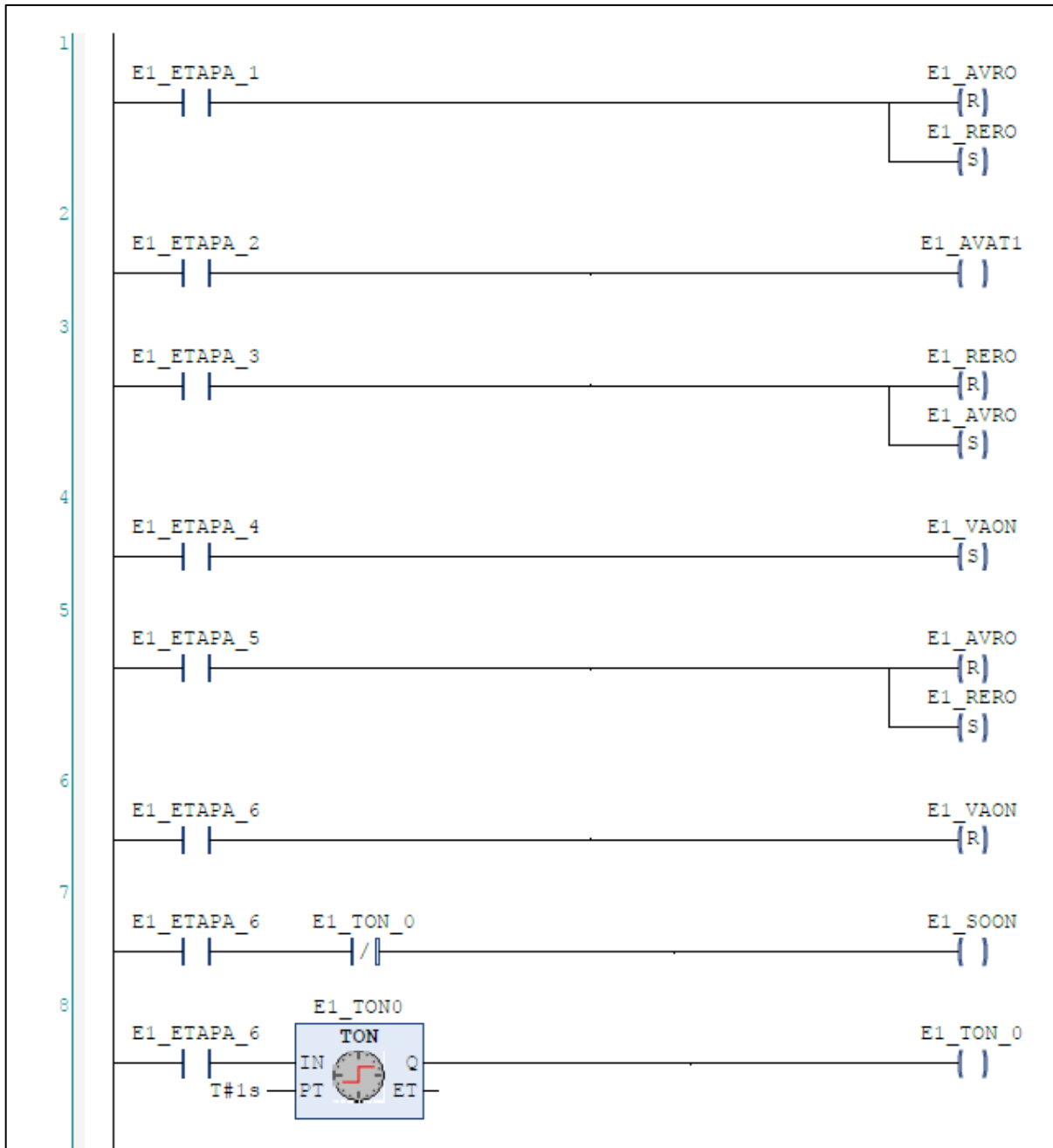
Estação 4 - Truncamento	Entradas	E4_SMRE3	%IX0.0	Leitura do eixo Z recuado
		E4_SMAV3	%IX0.1	Leitura do eixo Z avançado
		E4_SMAV2	%IX0.2	Leitura do eixo Y avançado
		E4_SMRE2	%IX0.3	Leitura do eixo Y recuado
		E4_SMRE1	%IX0.4	Leitura do eixo X recuado
		E4_SFDP2	%IX0.5	Leitura de peça na esteira de truncamento
		E4_SMAV1	%IX0.6	Leitura do eixo X avançado
		E4_SFDP1	%IX0.7	Leitura de peça no interior da garra
	Saídas	E4_AVAT3	%Q0.0	Avanço do atuador do eixo Z
		E4_REAT3	%Q0.1	Recuo do atuador do eixo Z
		E4_AVAT4	%Q0.2	Fechamento da garra
		E4_REAT1	%Q0.3	Recuo do atuador do eixo X
		E4_AVAT2	%Q0.4	Avanço do atuador do eixo Y
		E4_REAT2	%Q0.5	Recuo do atuador do eixo Y
		E4_AVMT1	%Q0.6	Esteira principal de transferência de peça
E4_AVMT2		%Q0.7	Esteira de truncamento	
Estação 5 - Separador	Entradas	E5_SODP	%IX0.0	Detecção de peça descendo na calha
		E5_SIDP	%IX0.1	Detecção de peça metálica para separação
		E5_SFDP	%IX0.3	Detecção das demais peças para separação
		E5_SMAV1	%IX0.4	Leitura do primeiro separador avançado
		E5_SMRE2	%IX0.5	Leitura do segundo separador recuado
		E5_SMAV2	%IX0.6	Leitura do segundo separador avançado
		E5_SMRE1	%IX0.7	Leitura do primeiro separador recuado
	Saídas	E5_AVMT	%Q0.0	Esteira transportadora
		E5_AVAT2	%Q0.1	Avanço do segundo atuador de depósito de peça
		E5_AVAT1	%Q0.2	Avanço do primeiro atuador de depósito de peça
		E5_AVAT3	%Q0.3	Bloqueio de peça na esteira

### APÊNDICE H – PROGRAMAÇÃO EM LADDER DA ESTAÇÃO 1

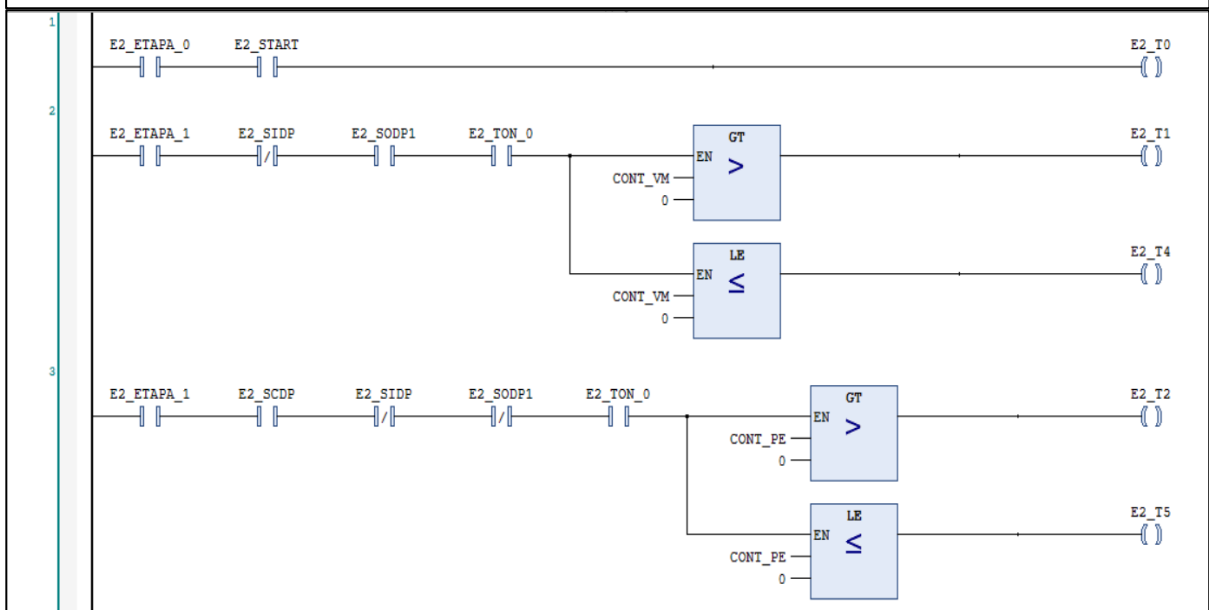
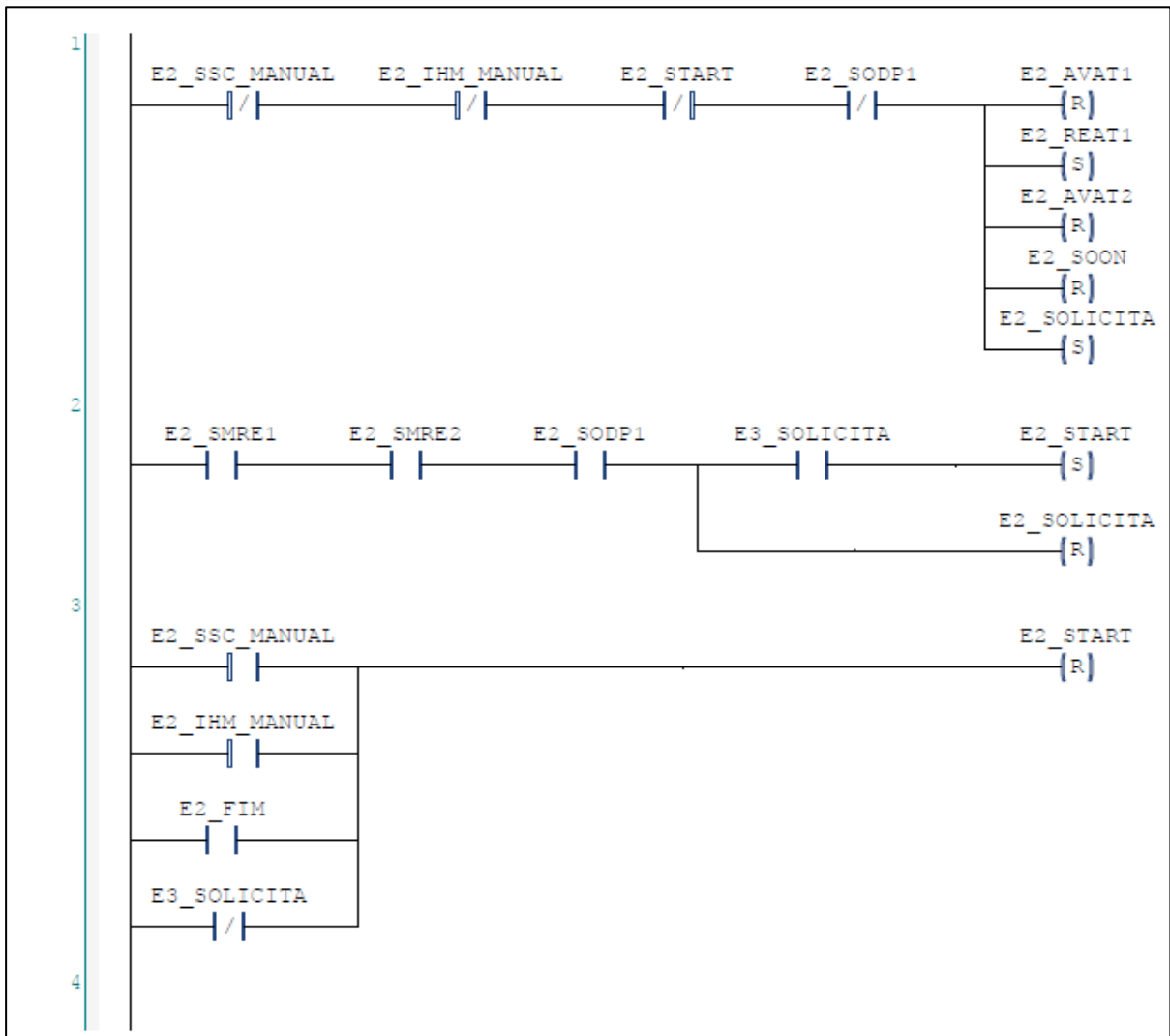


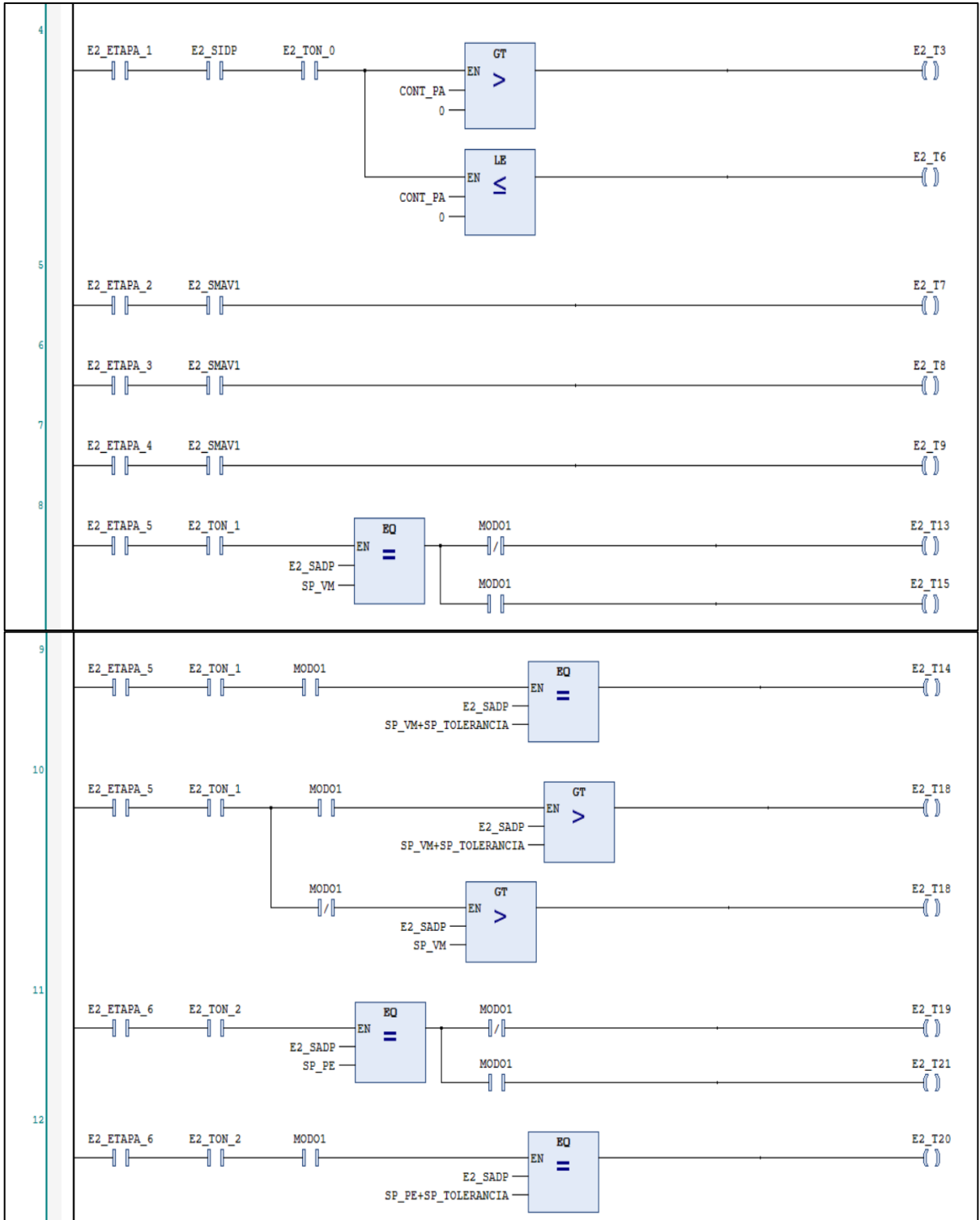




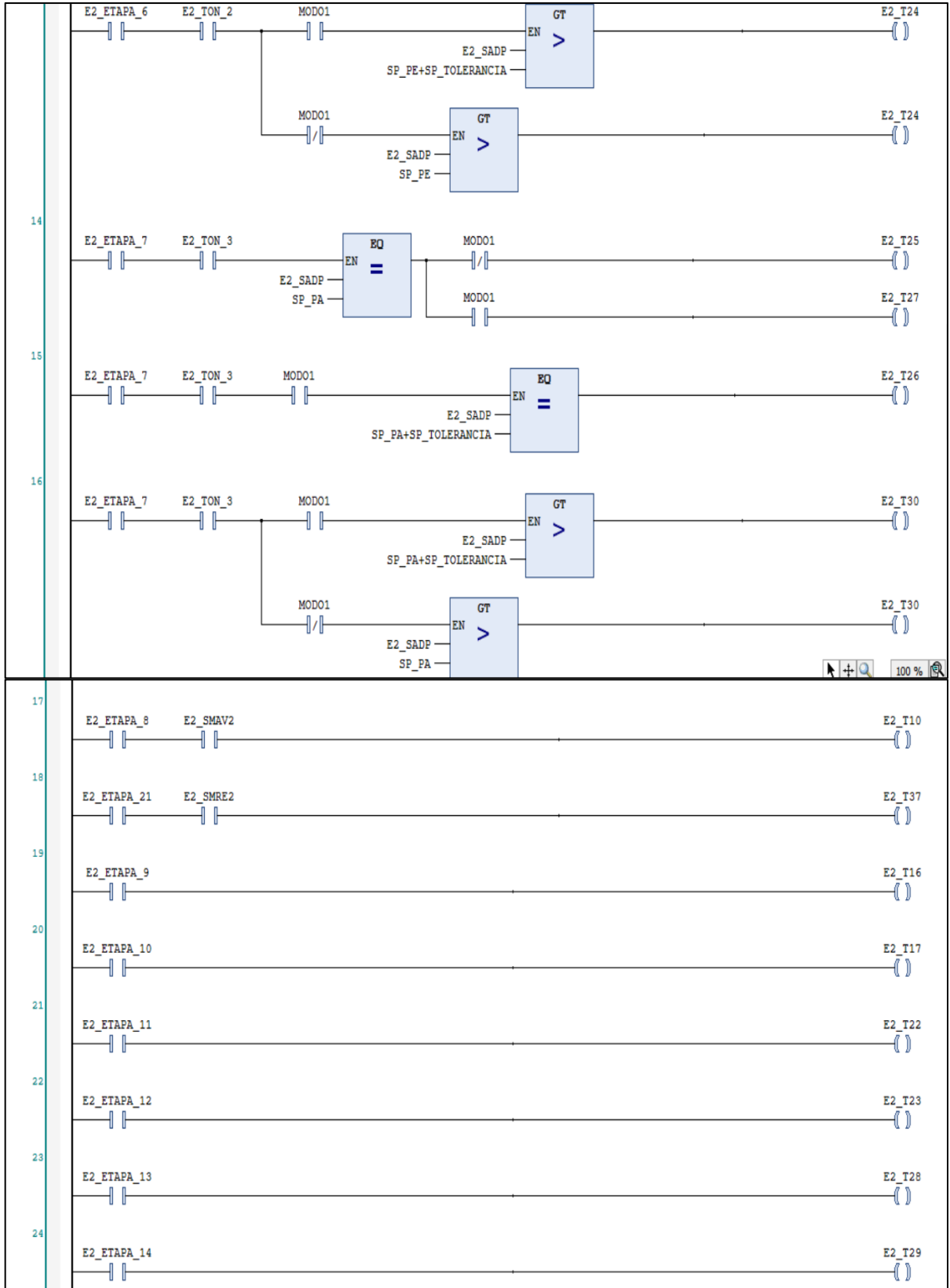


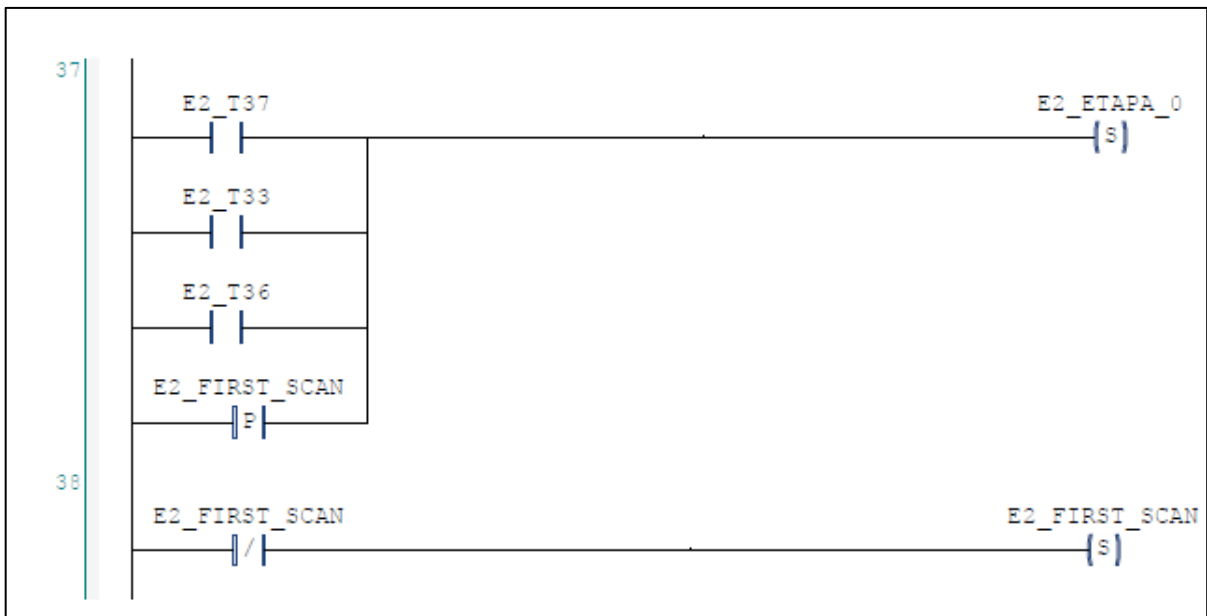
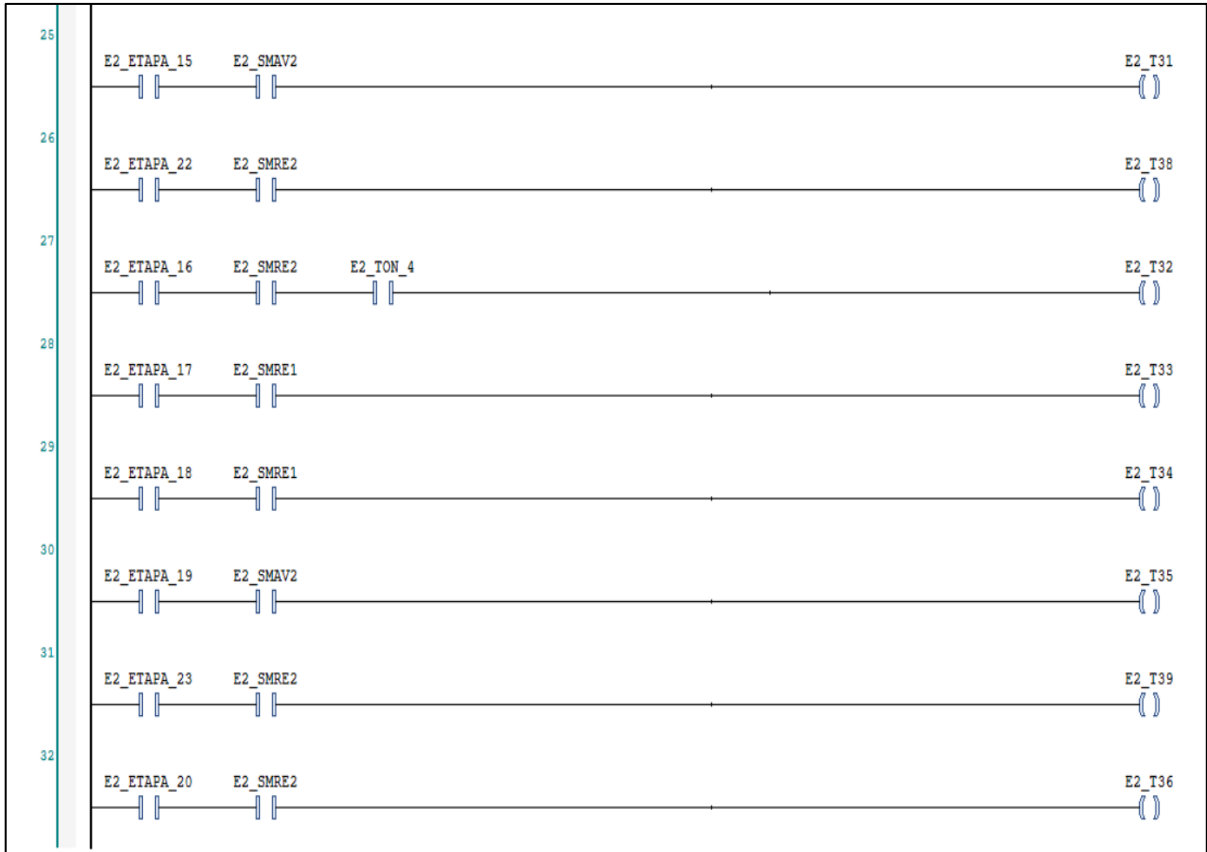
## APÊNDICE I – PROGRAMAÇÃO EM LADDER DA ESTAÇÃO 2

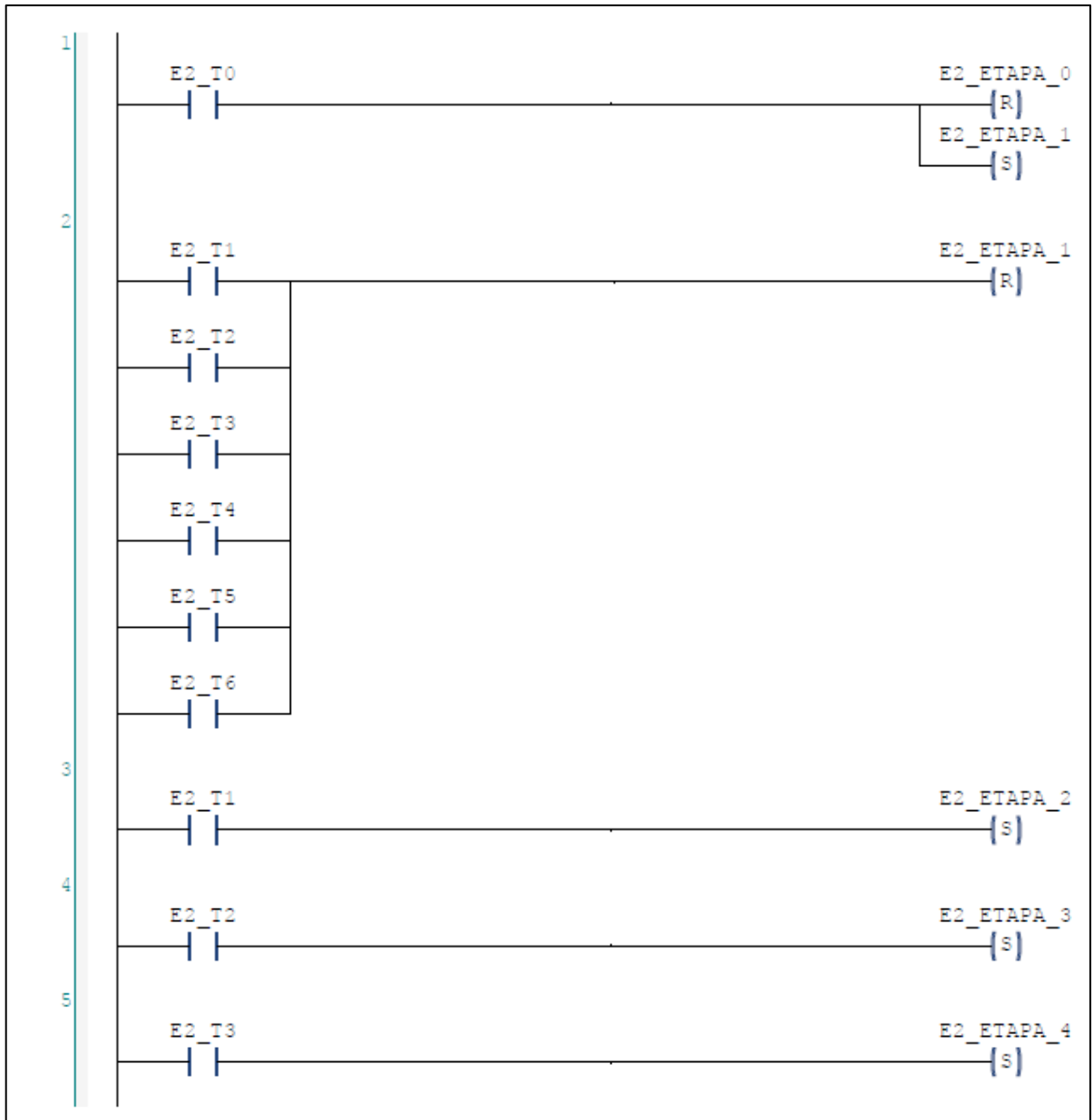


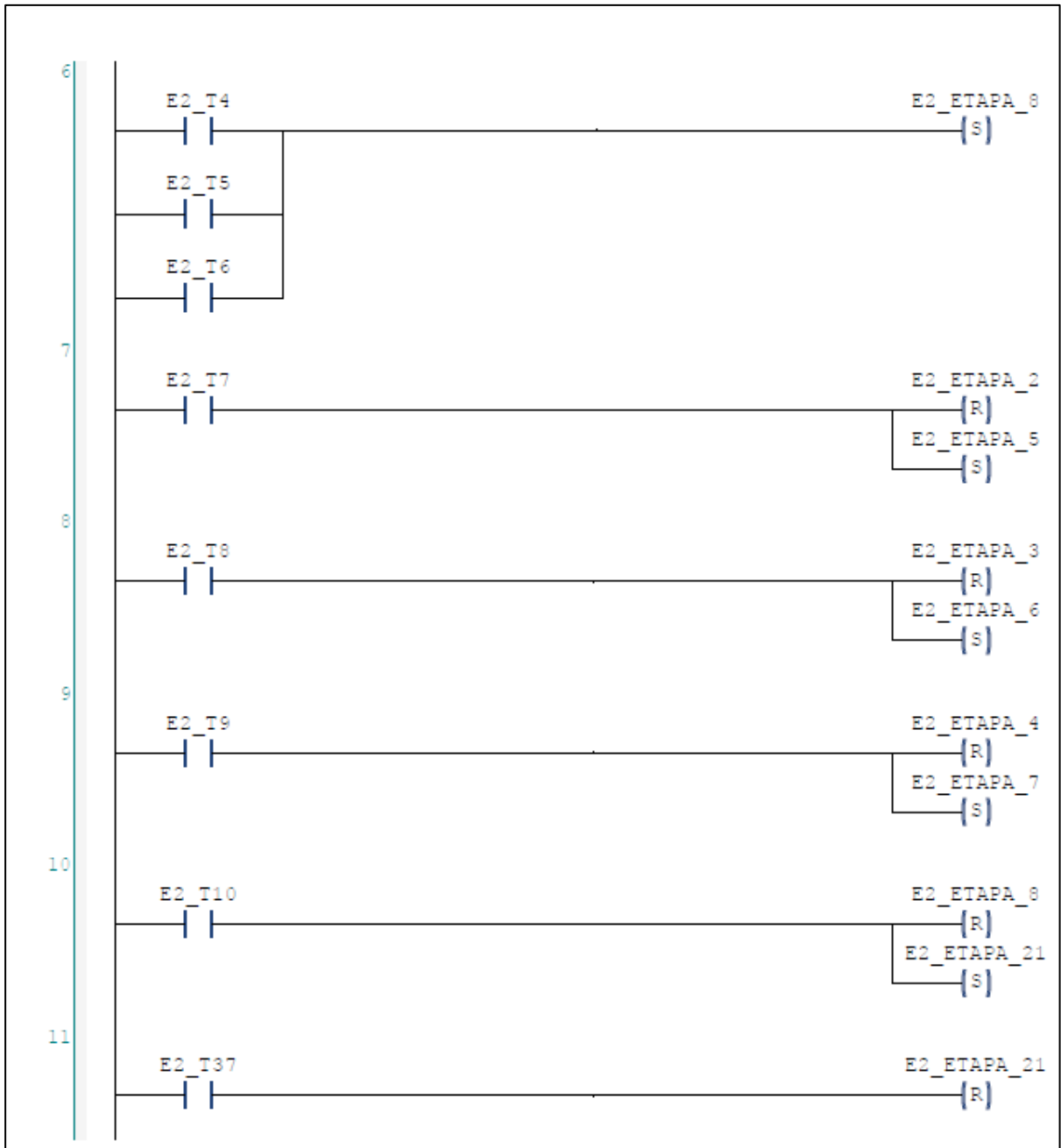


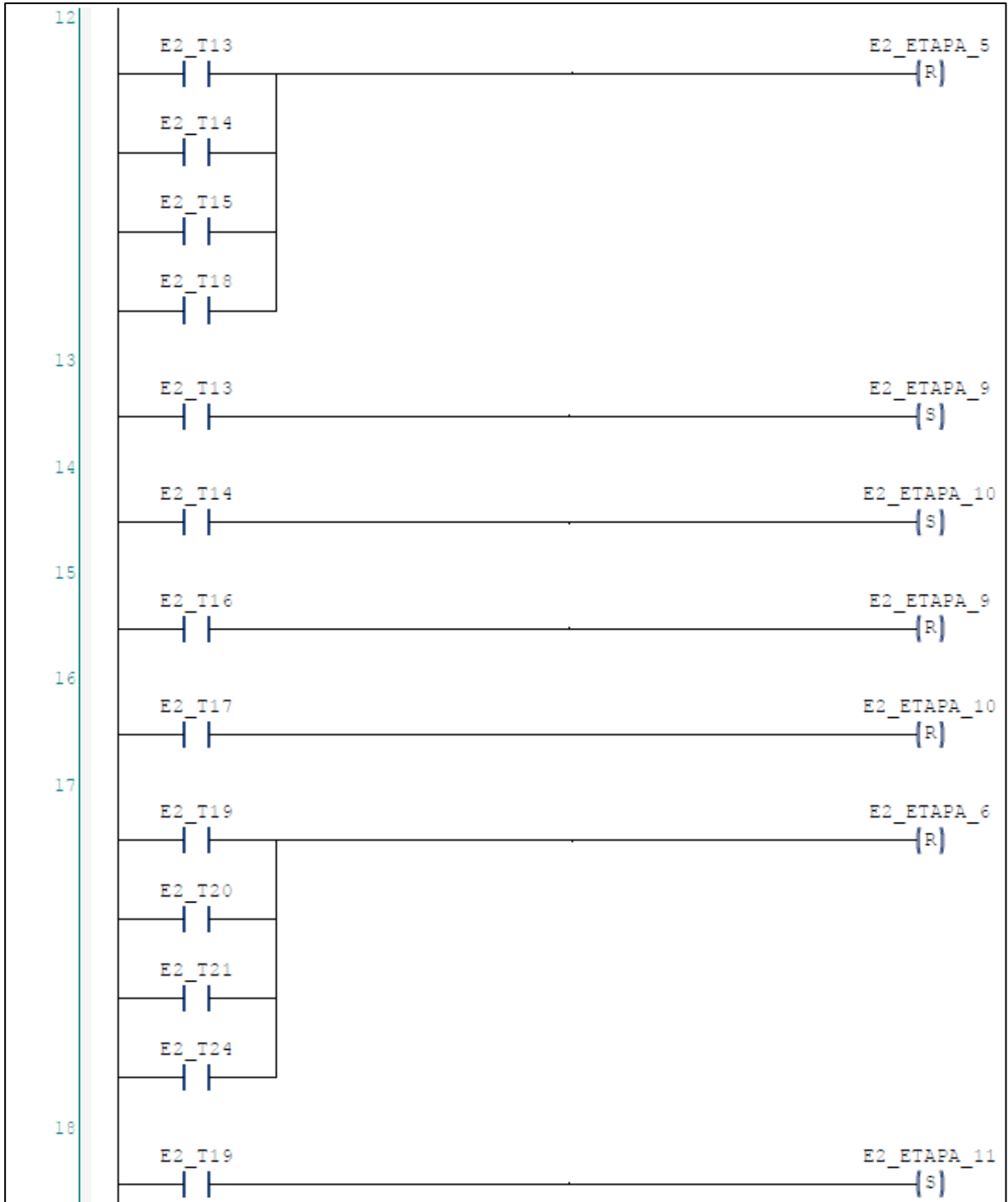


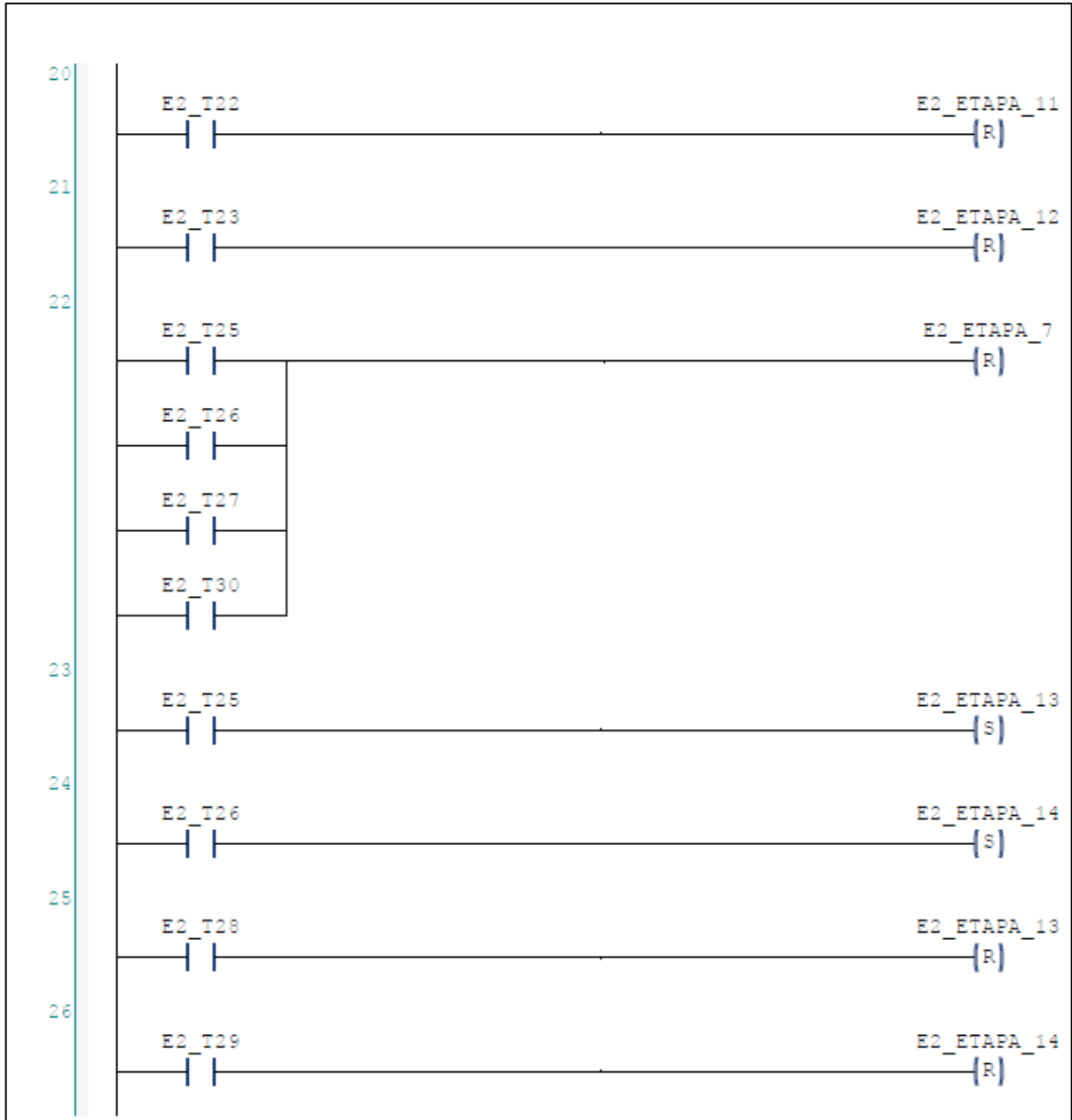


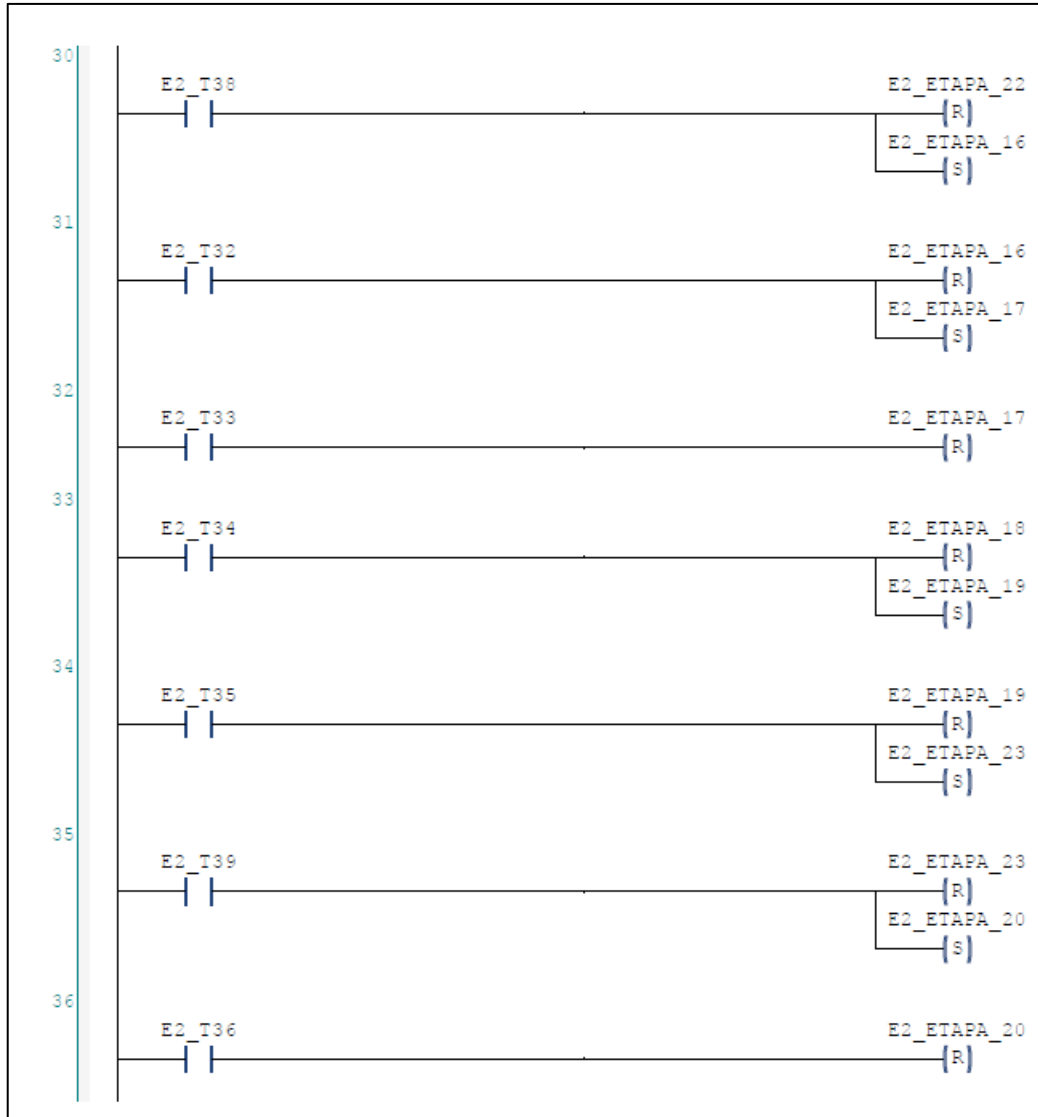


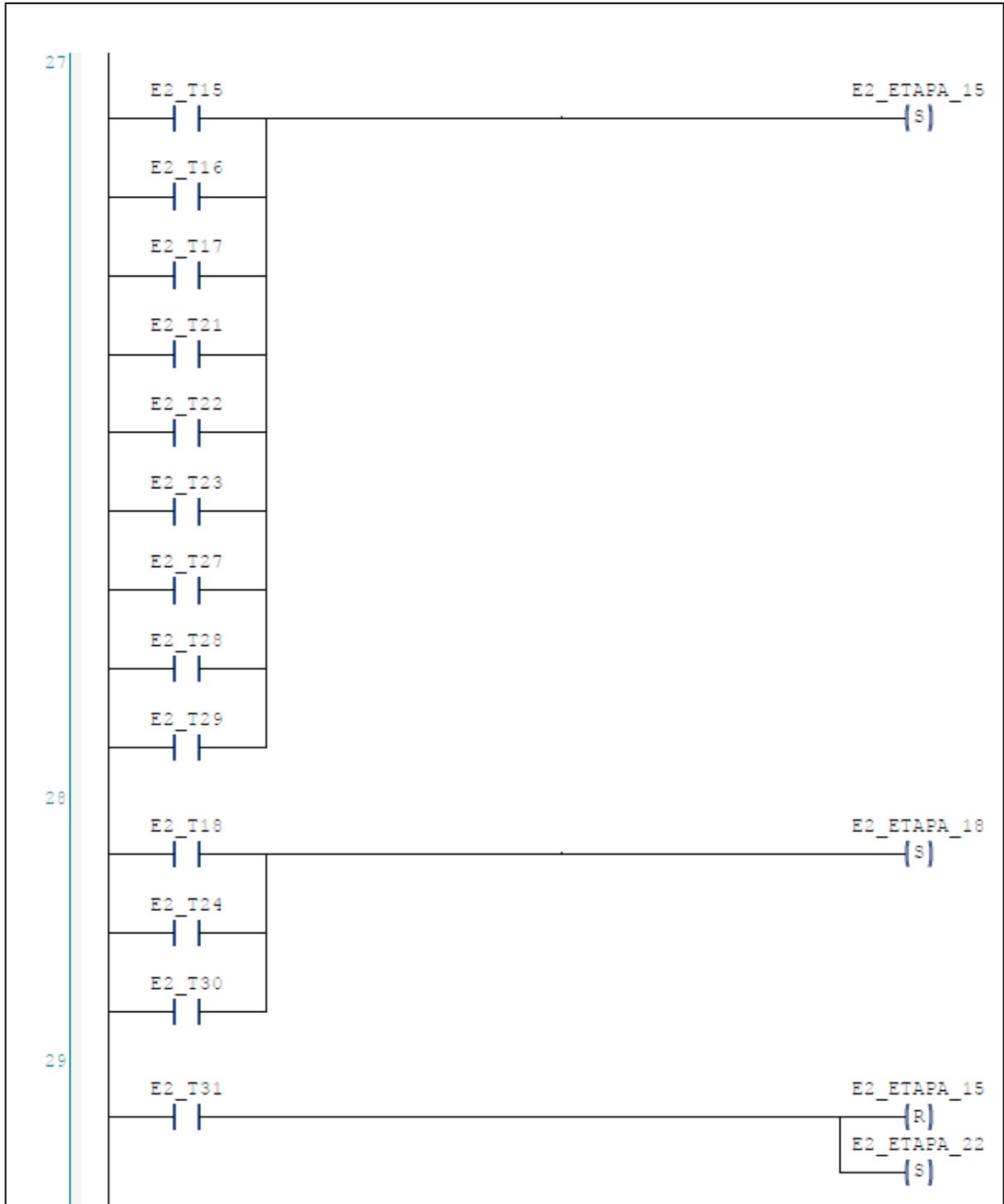




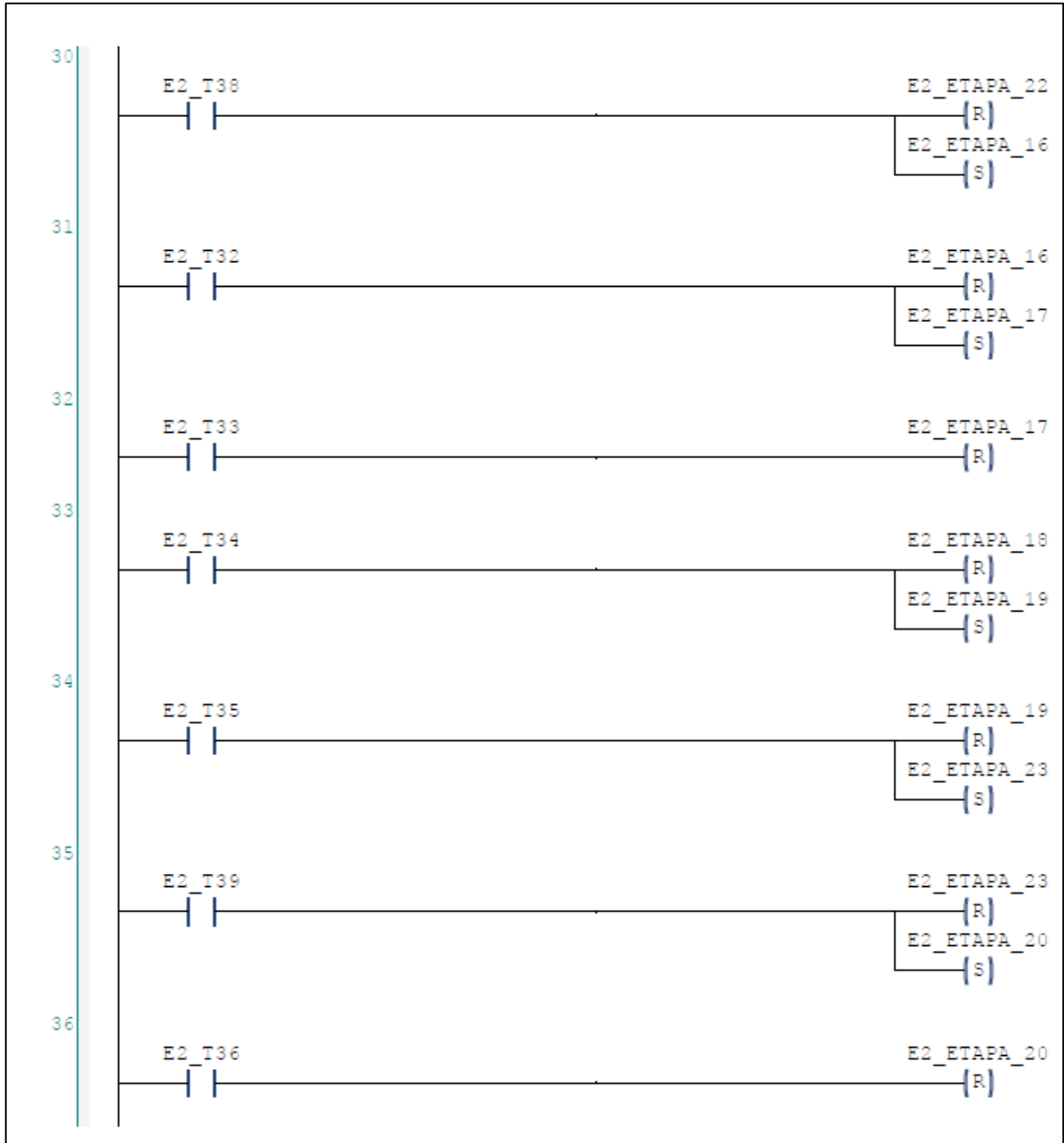


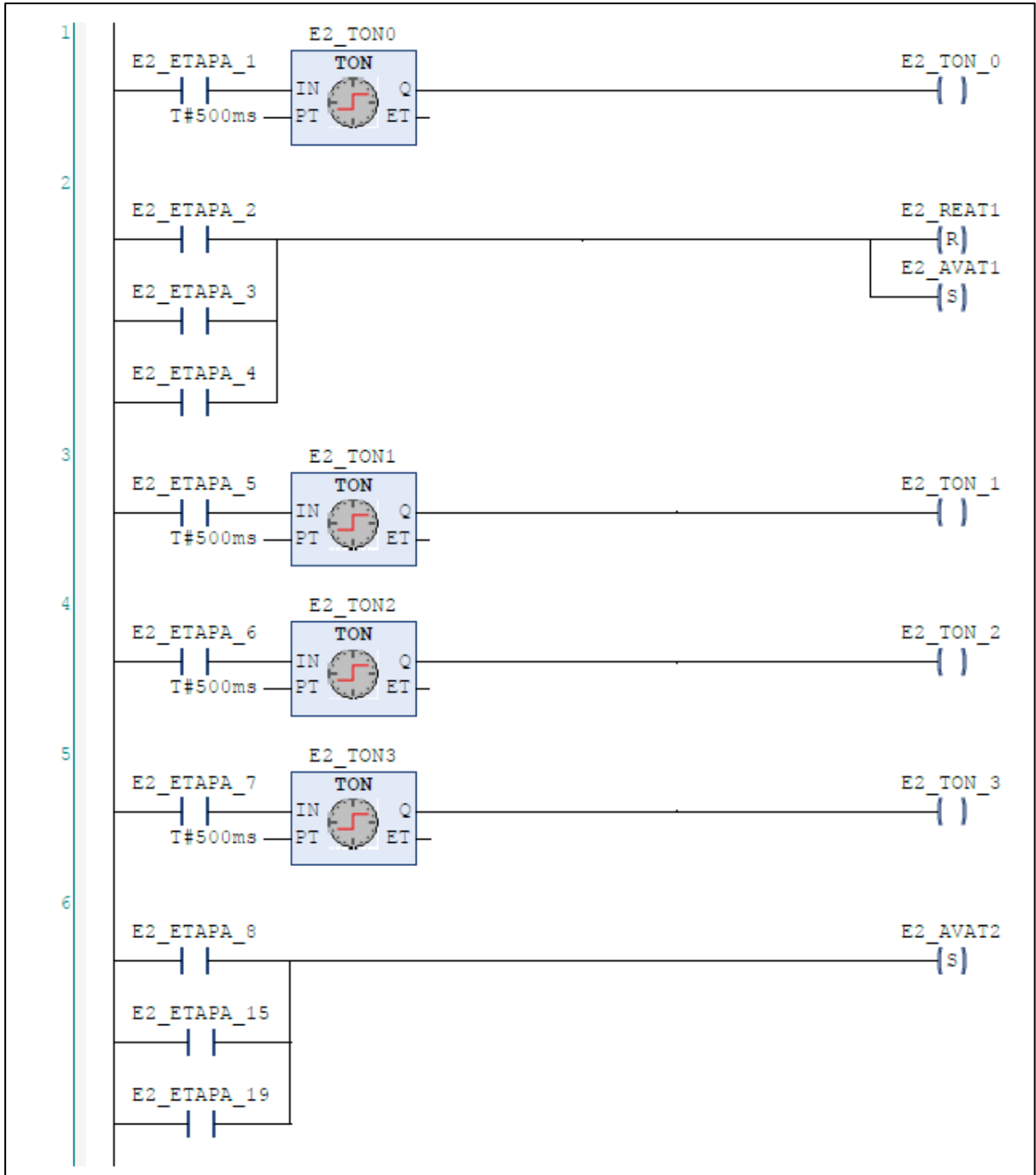


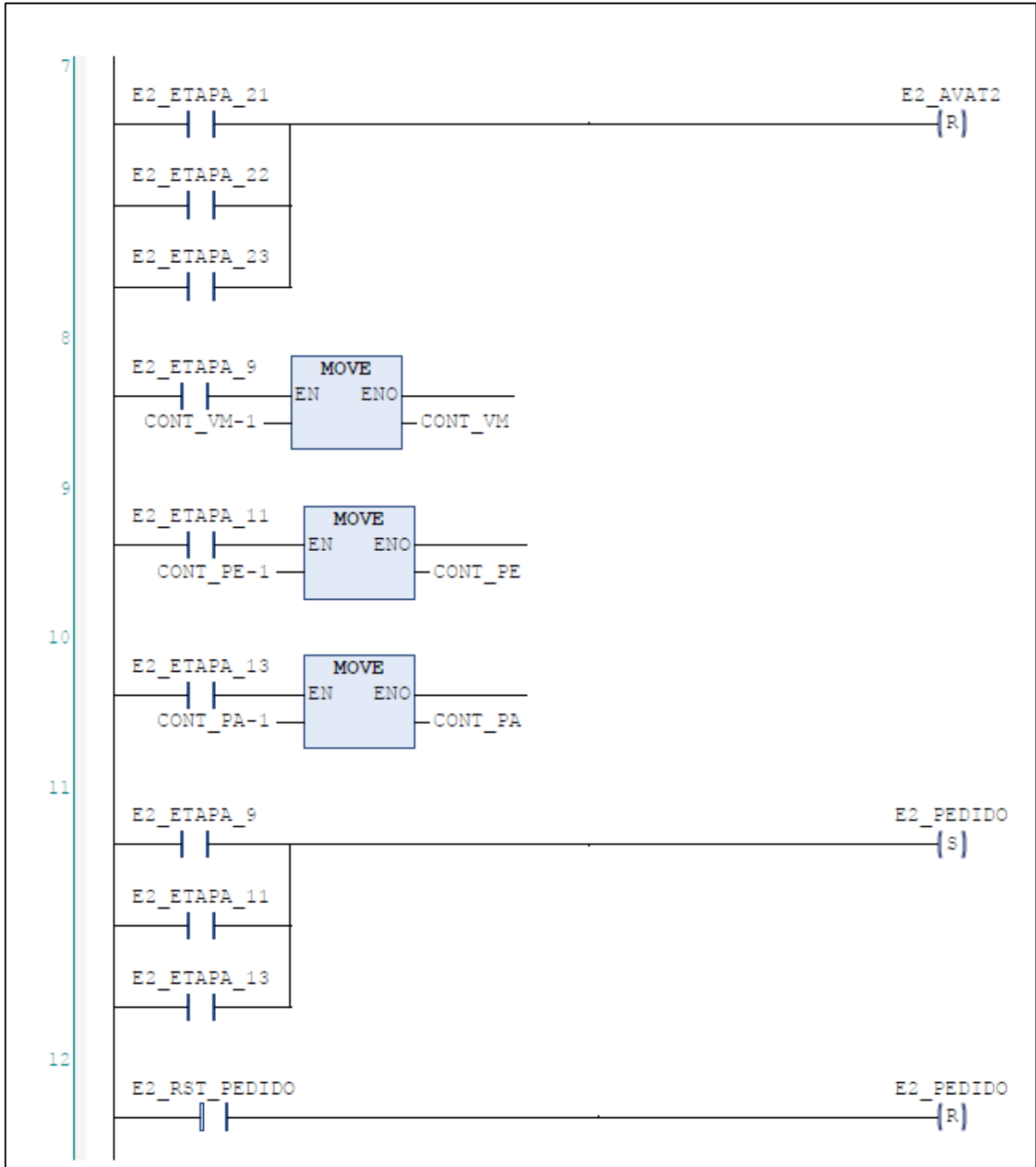


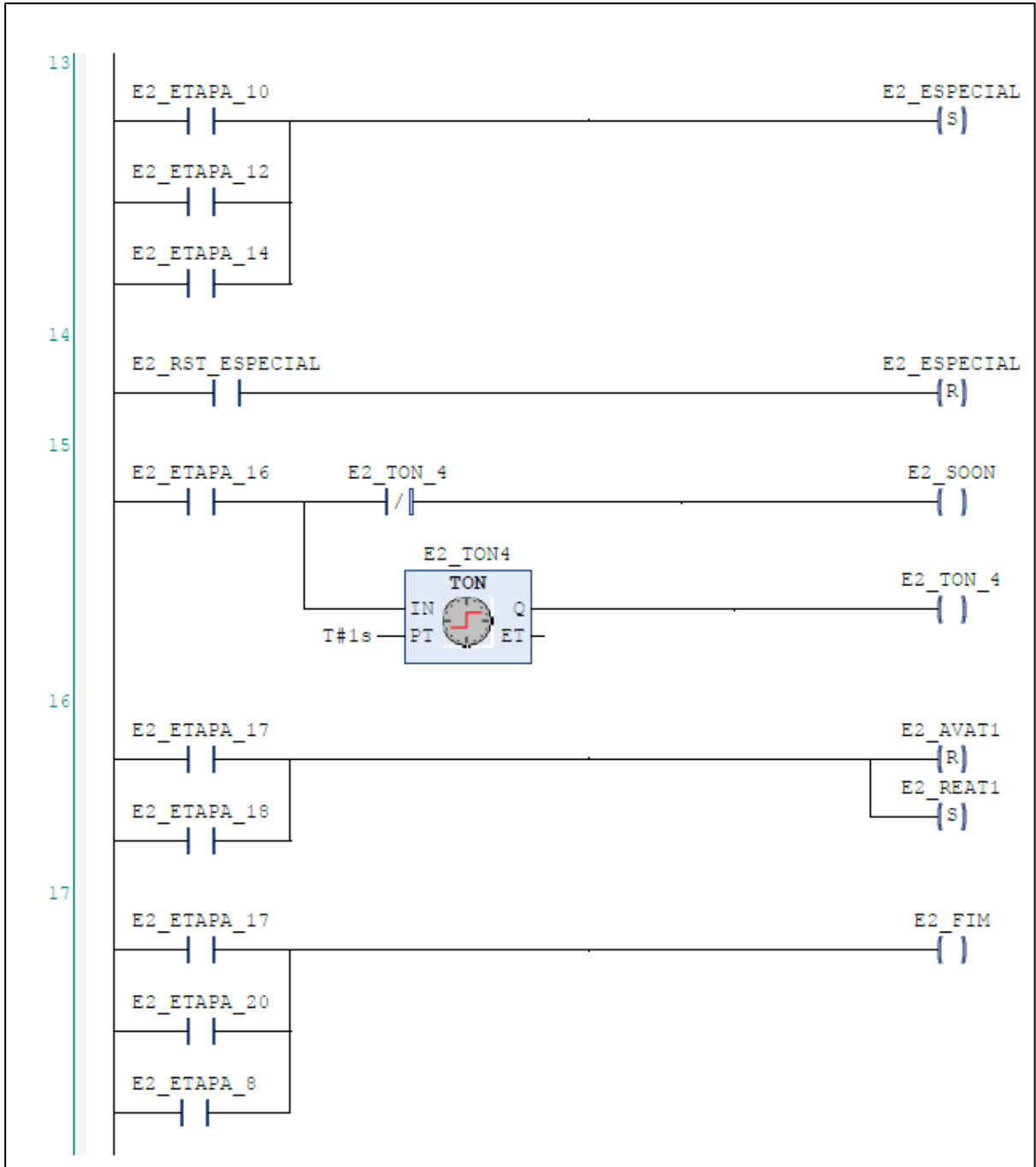




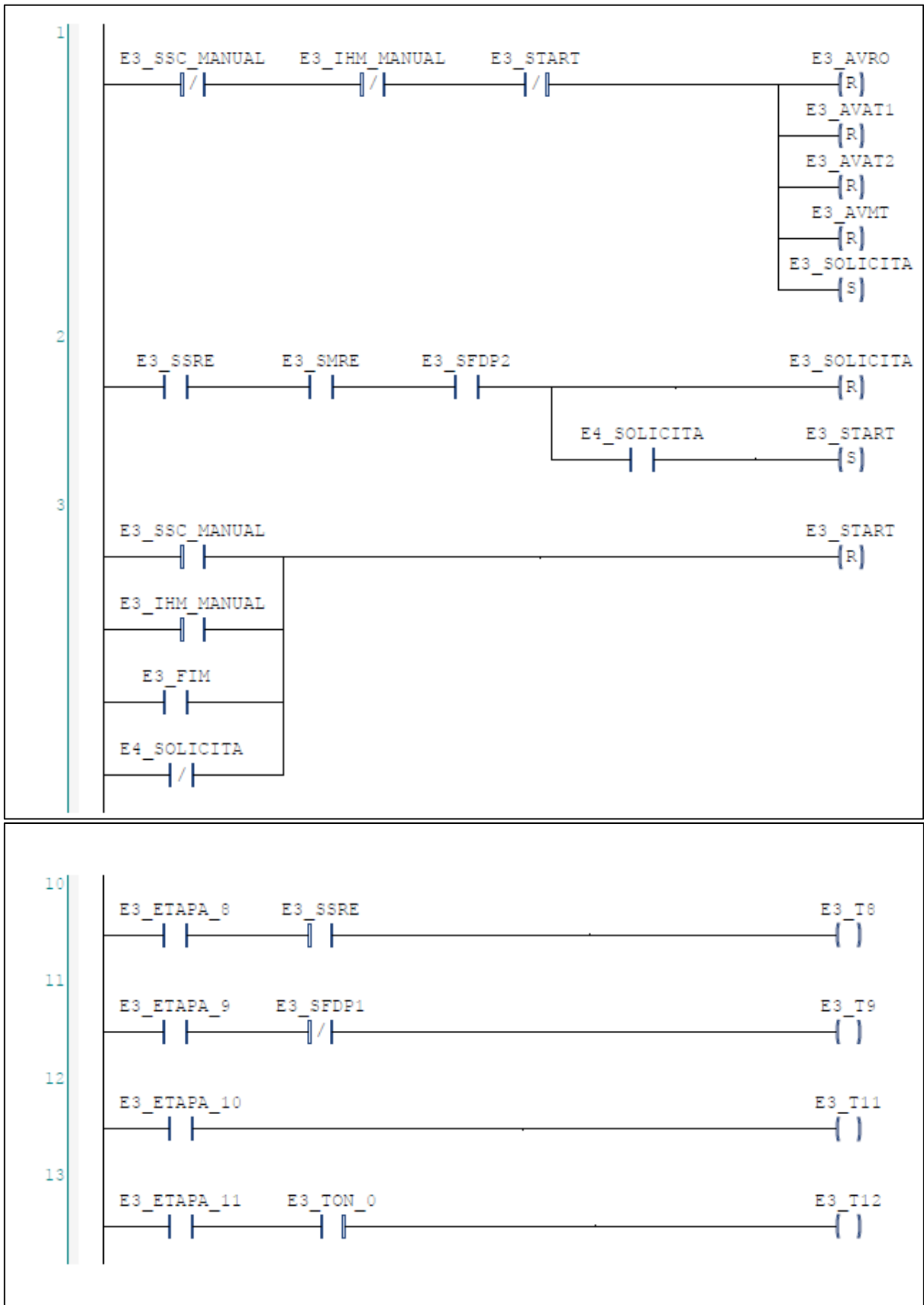


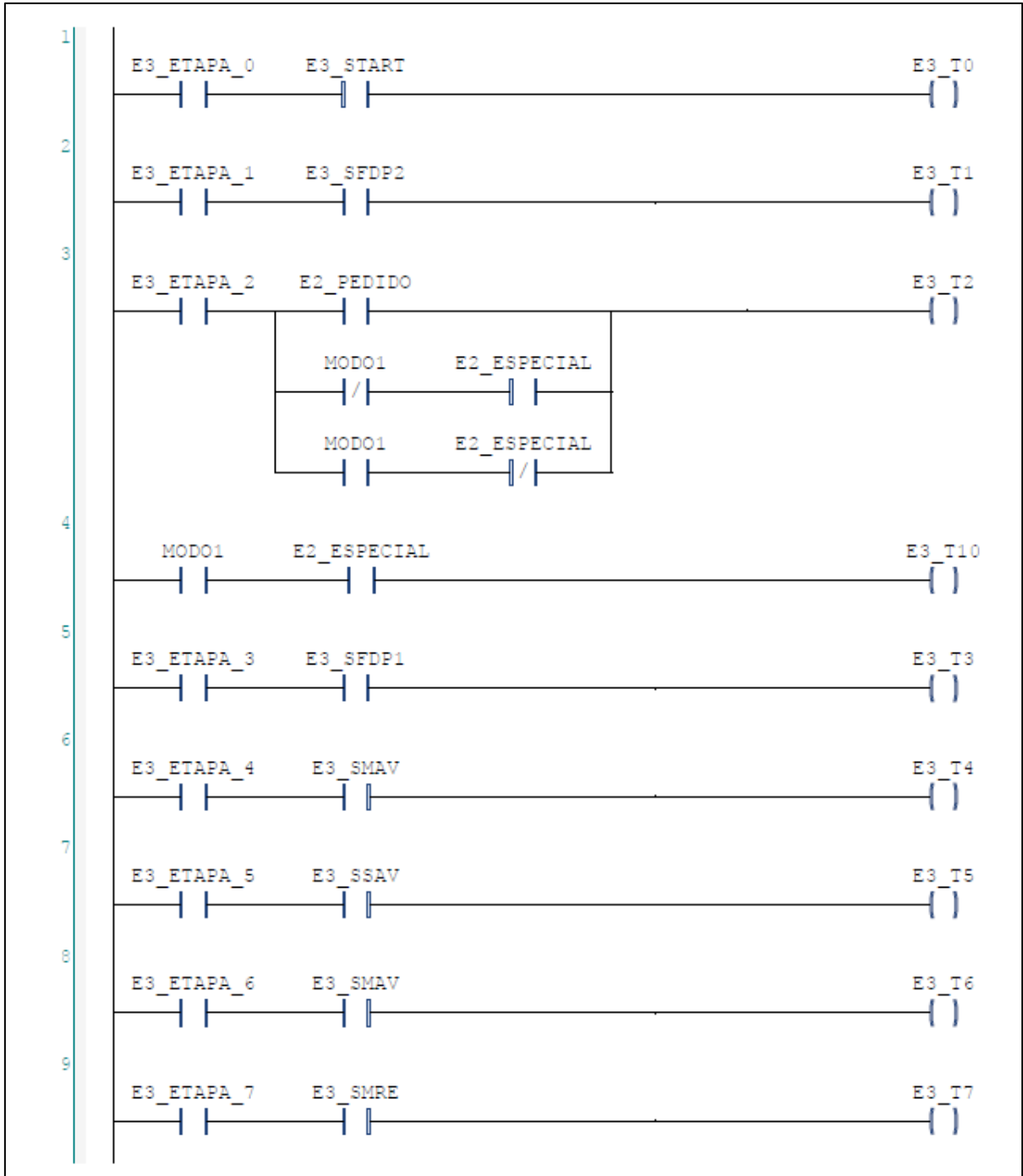


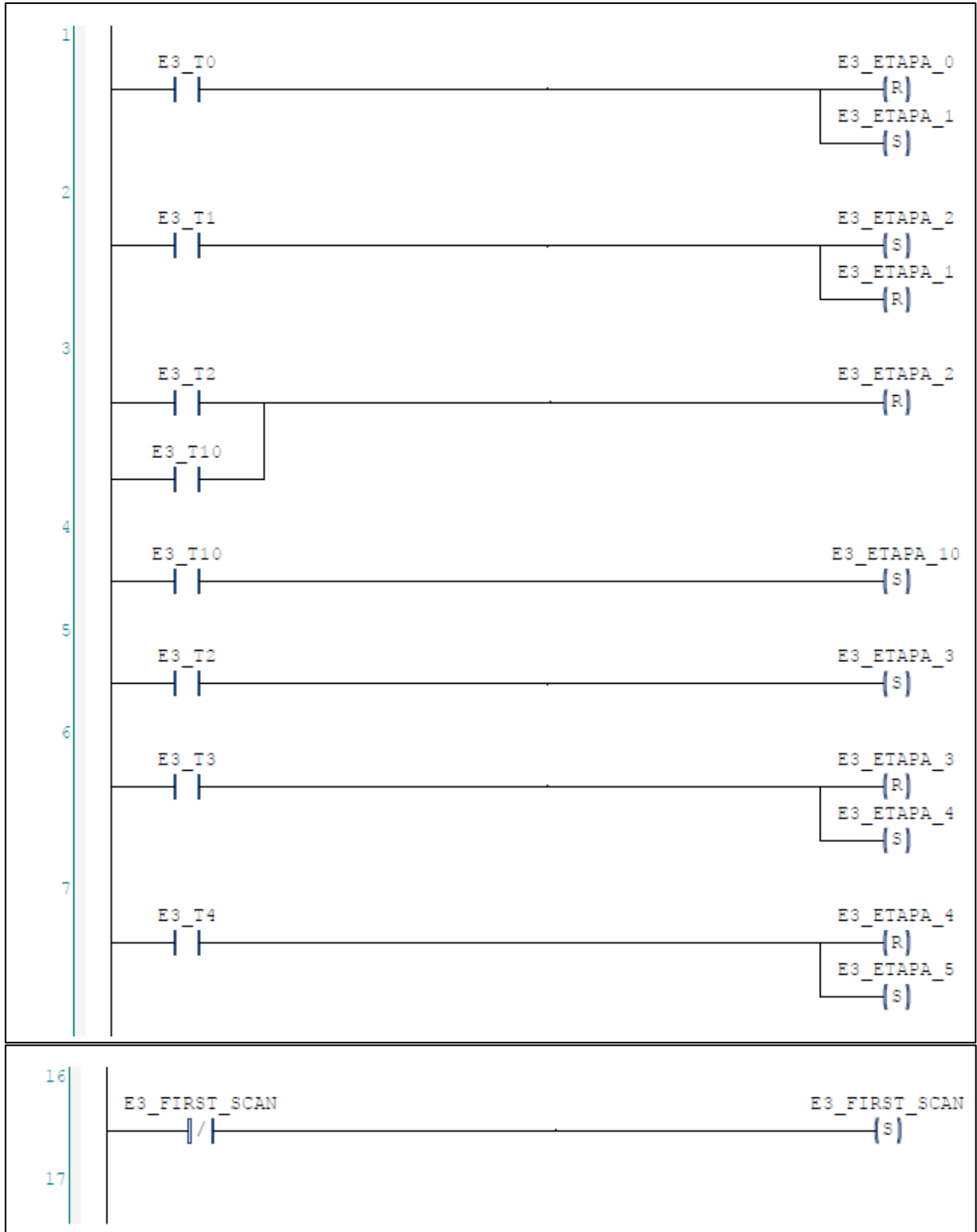


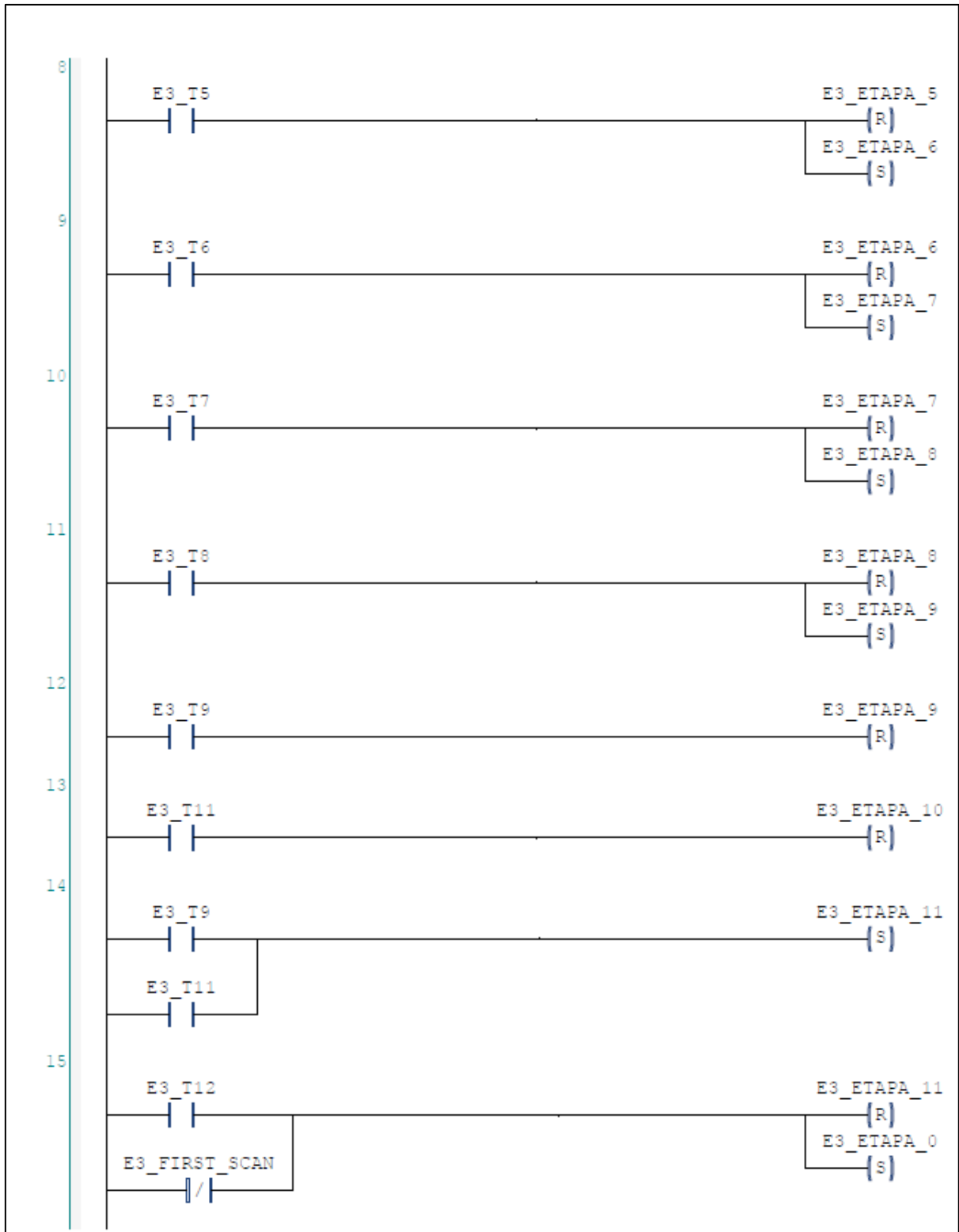


**APÊNDICE J – PROGRAMAÇÃO EM LADDER DA ESTAÇÃO 3**

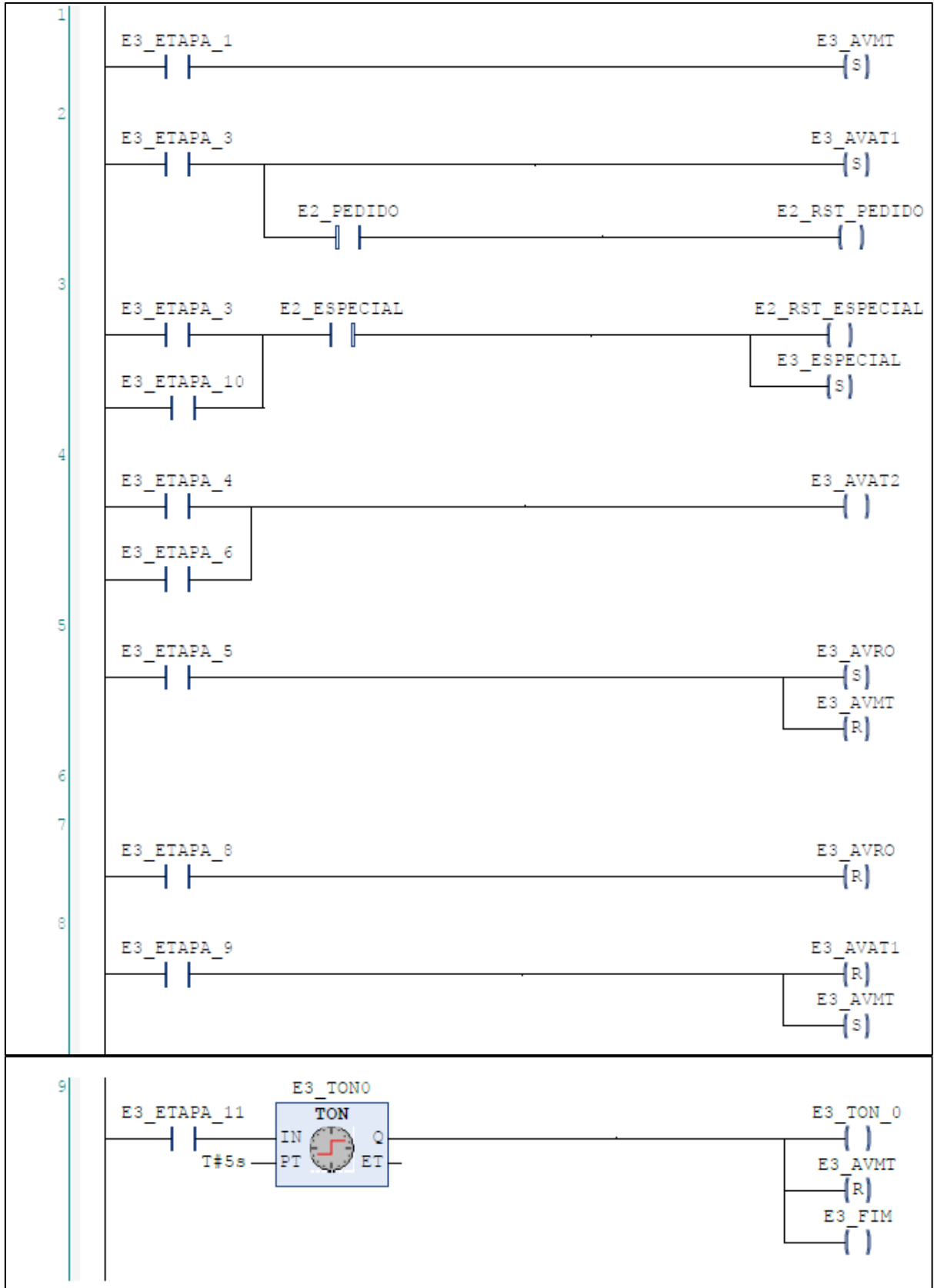




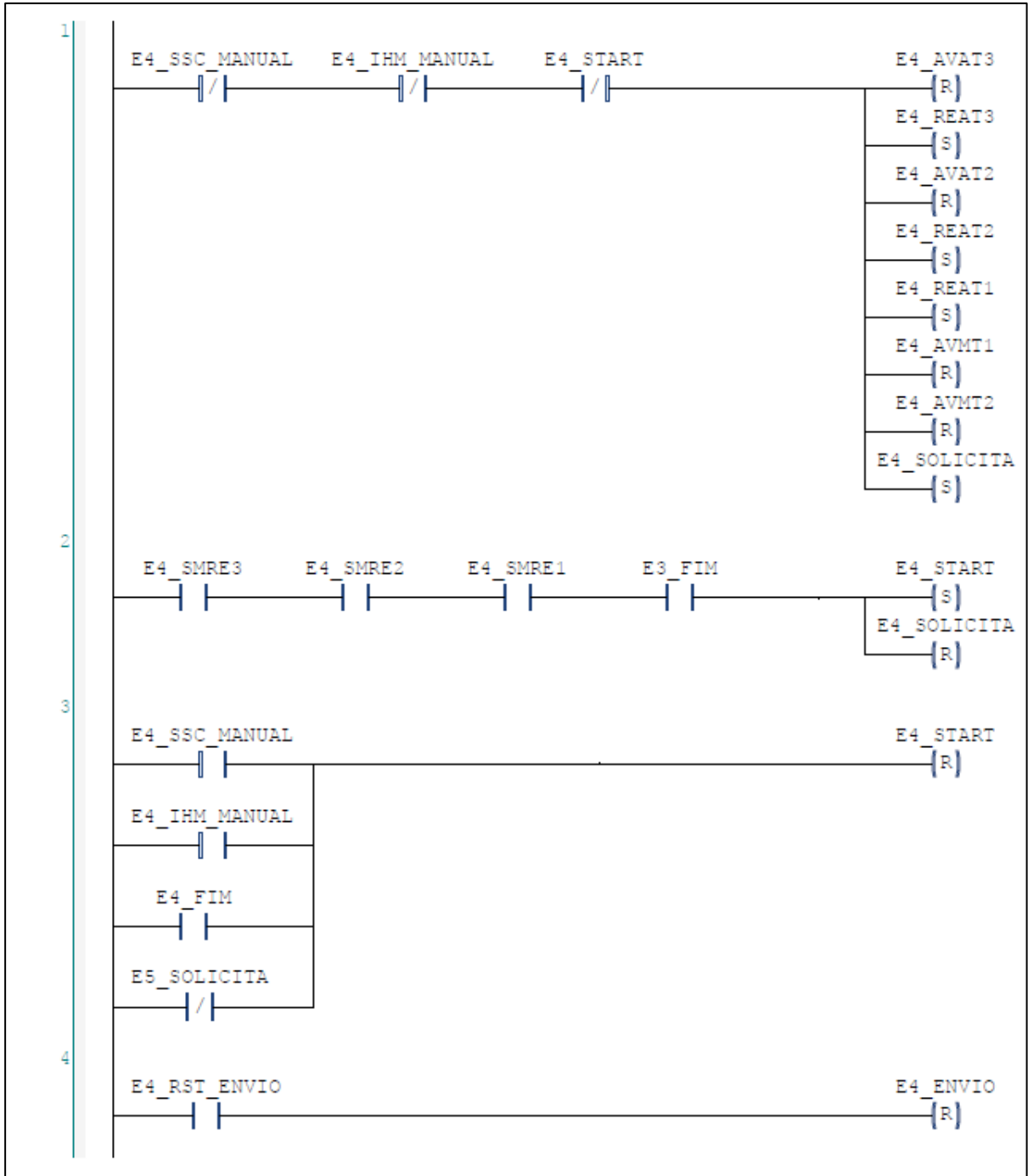


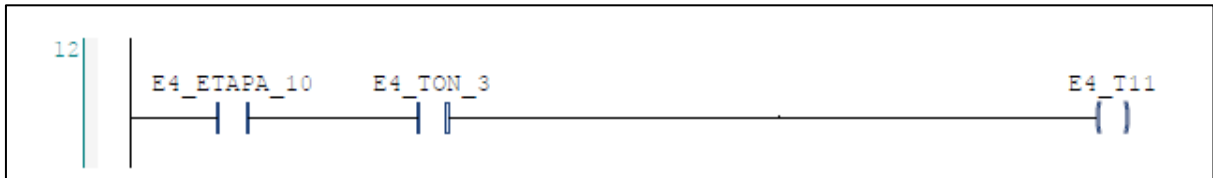
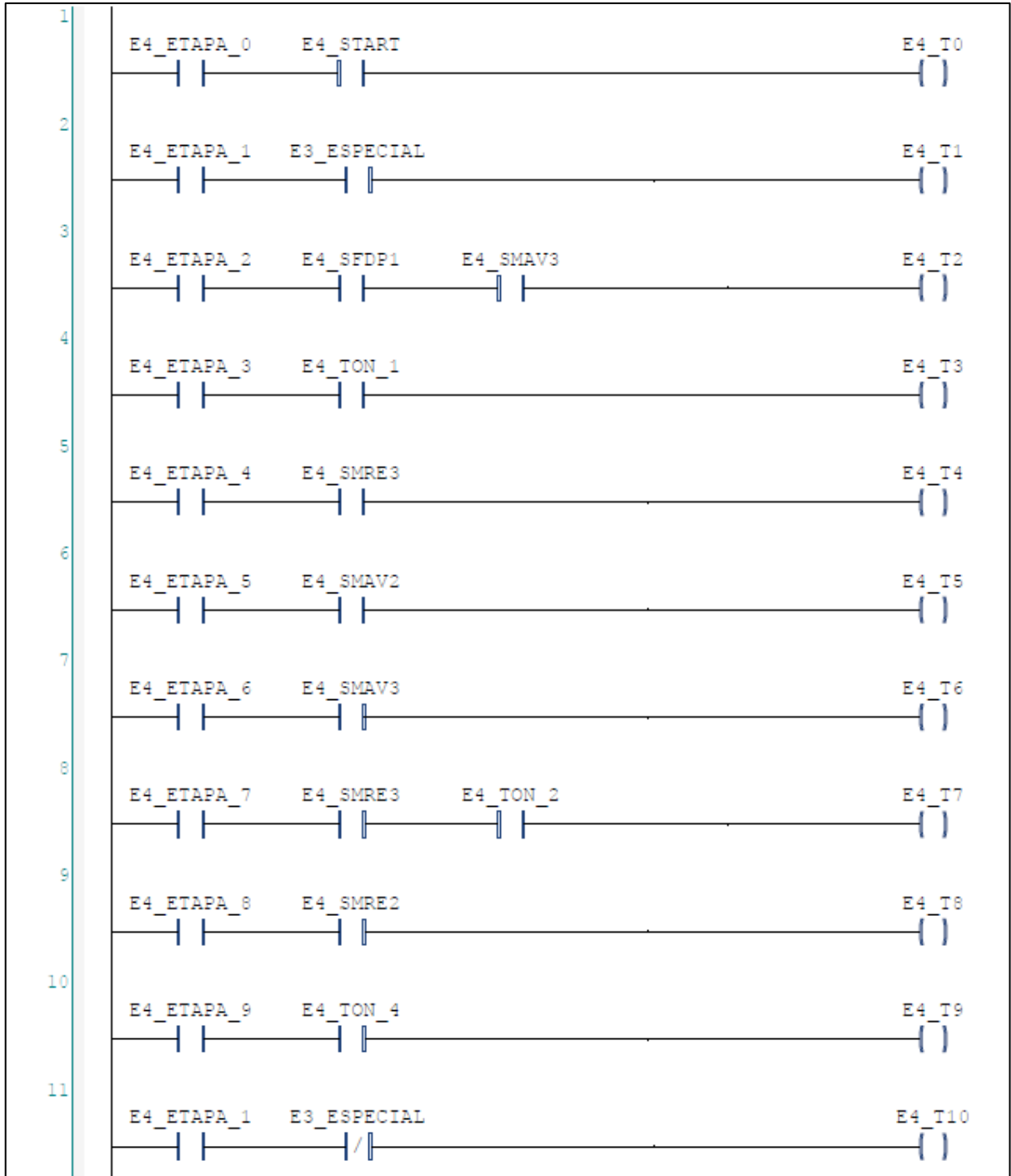


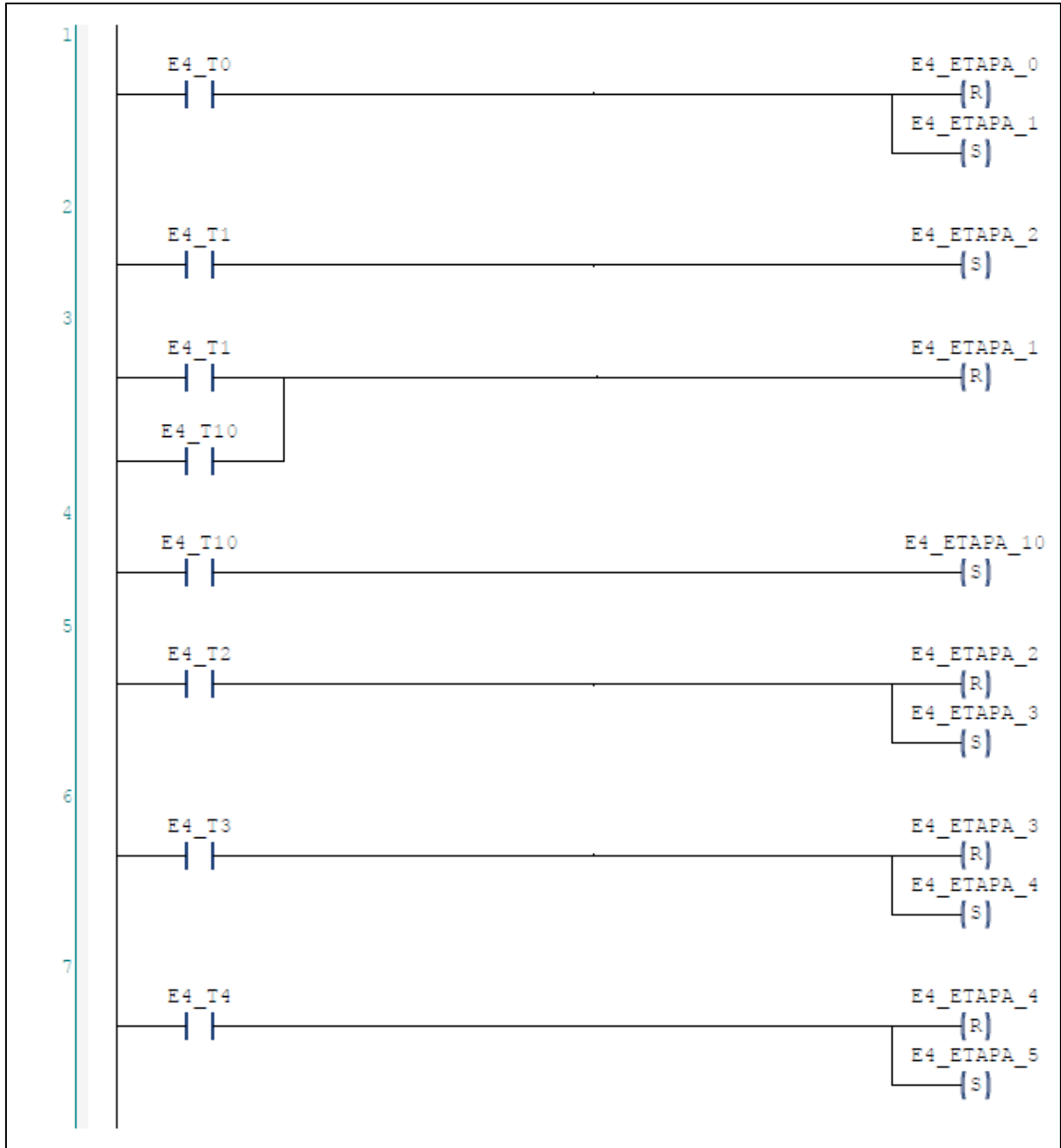


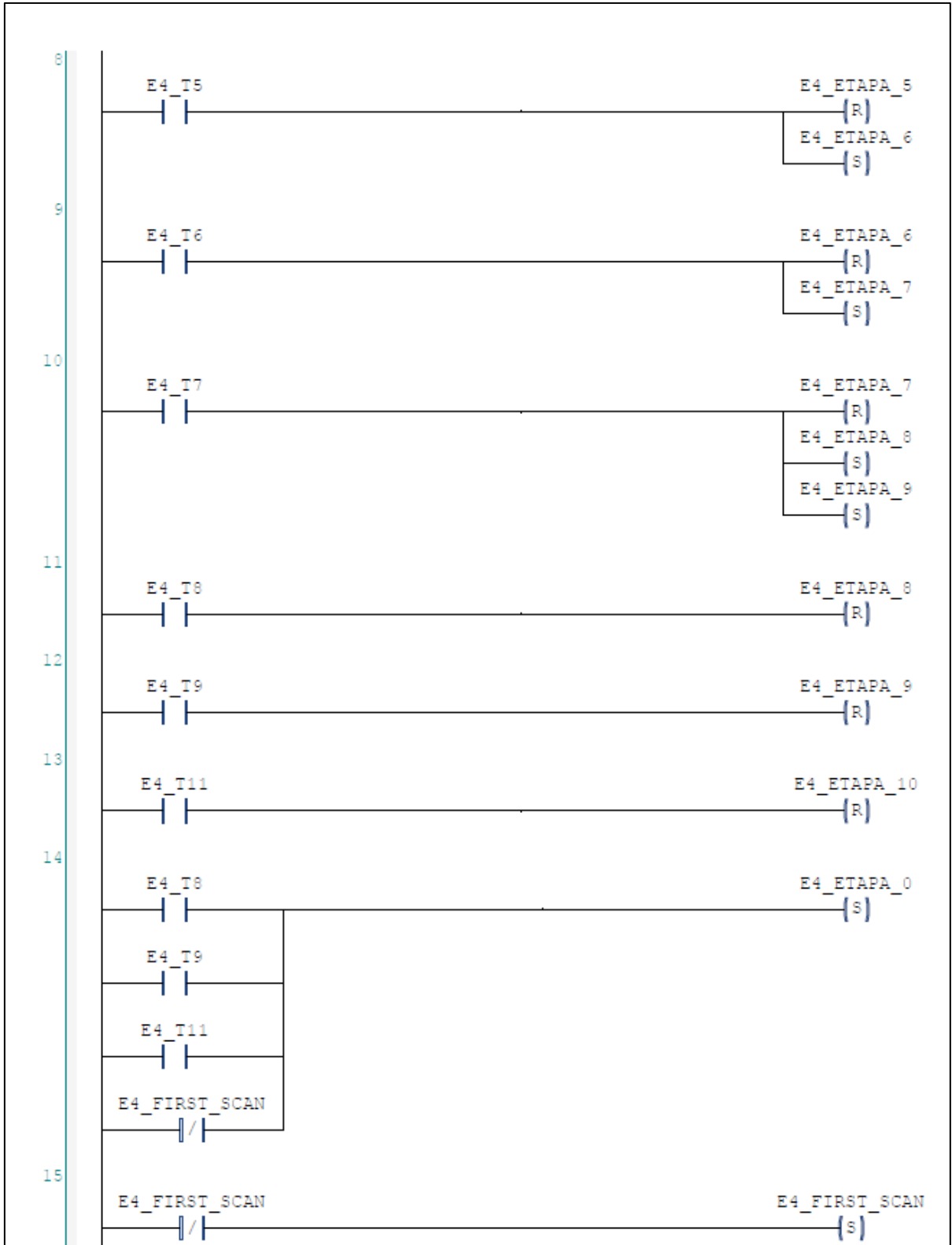


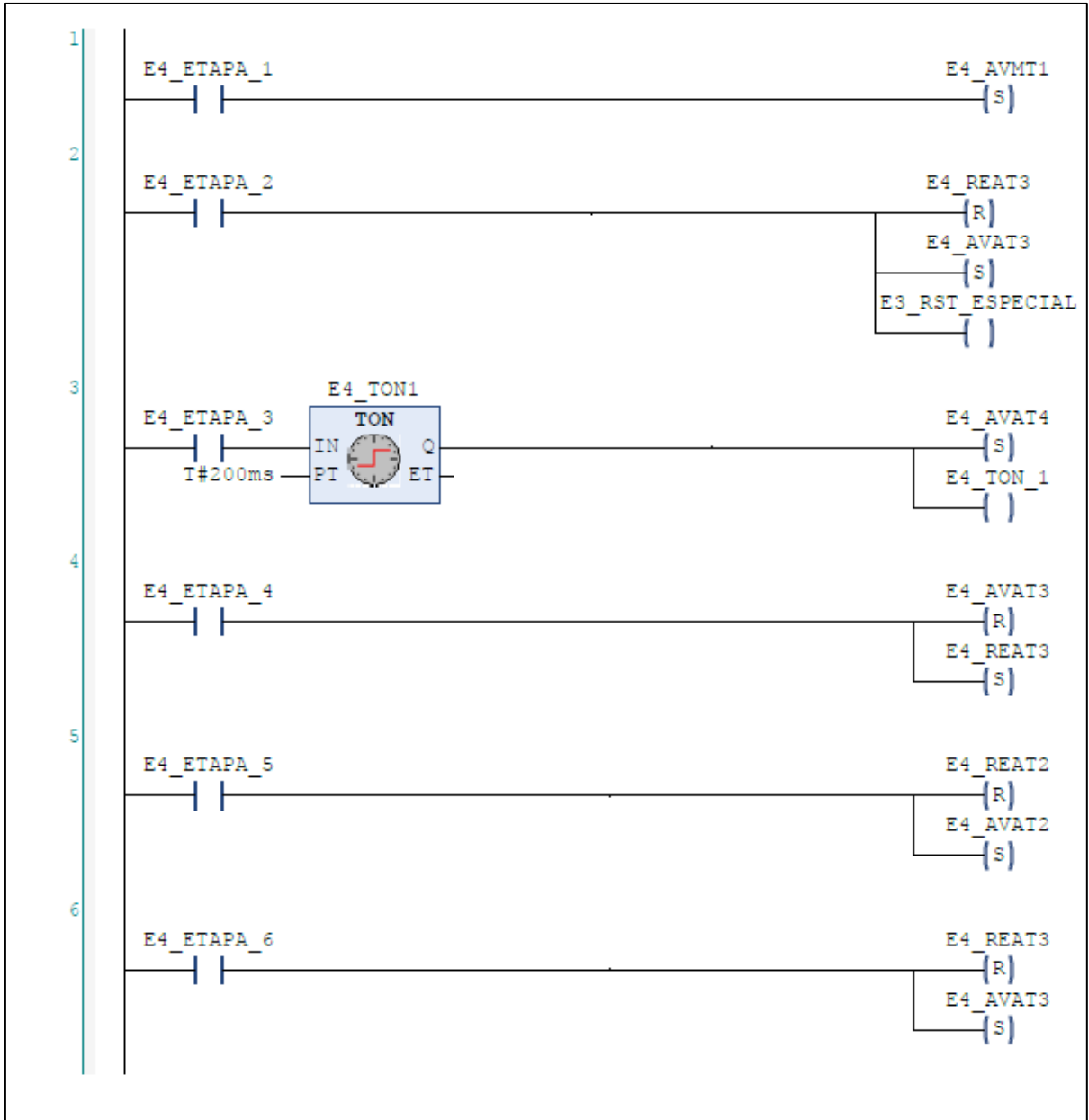
**APÊNDICE K – PROGRAMAÇÃO EM *LADDER* DA ESTAÇÃO 4**

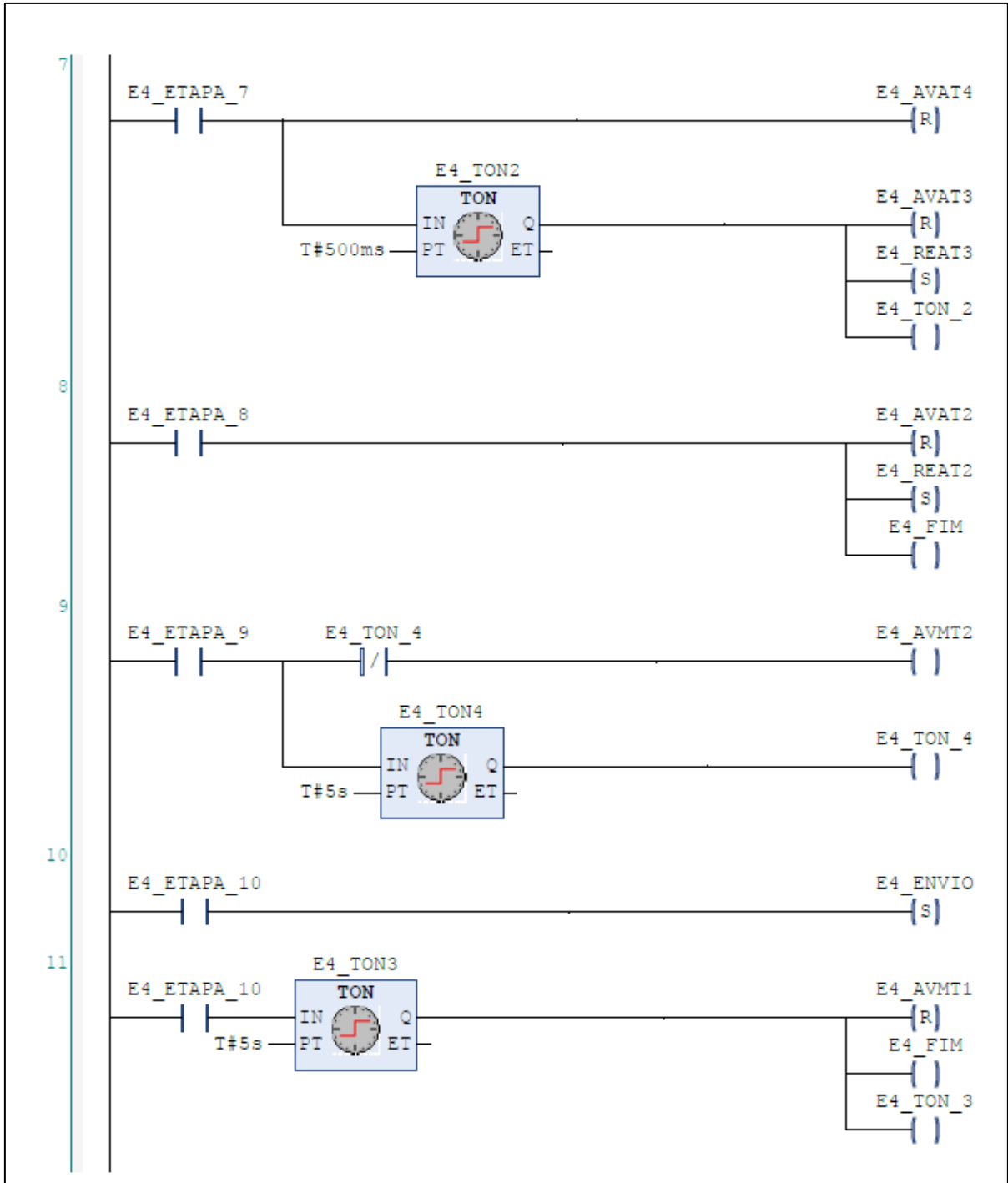














APÊNDICE L – PROGRAMAÇÃO EM LADDER DA ESTAÇÃO 5

