

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE TECNOLOGIA EM ELETROTÉCNICA
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

TARCÍSIO TROJAN COELHO

**CLASSIFICAÇÃO DE PRODUTO EM LINHA DE PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO DE BIELAS UTILIZANDO RECURSOS DA AUTOMAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2014

TARCÍSIO TROJAN COELHO

**CLASSIFICAÇÃO DE PRODUTO EM LINHA DE PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO DE BIELAS UTILIZANDO RECURSOS DA
AUTOMAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Winderson
Eugenio dos Santos

Co-orientador: Fábio Pires
Barbosa

CURITIBA
2014

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

TARCISIO TROJAN COELHO

Classificação de produto em linha de processos de fabricação de bielas utilizando recursos da automação

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção Título de **Tecnólogo em Eletrotécnica**, Modalidade Automação Industrial, do **Curso Superior de Tecnologia em Eletrotécnica** da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 12 de março de 2014

Prof. José da Silva Maia, M.Sc.
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Professor Rafael Fontes Souto, M.Sc.
Responsável pelo Trabalho de Diplomação da Tecnologia
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof Ednilson Soares Maciel, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Winderson Eugenio dos Santos Dr.Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Prof. Rubem Petry Carbente, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

RESUMO

COELHO, Tarcisio. Classificação de produto em linha de processos de fabricação de bielas utilizando recursos da automação. 2014. 78 f. Trabalho de diplomação – Programa de Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Este trabalho apresenta uma abordagem prática dos requisitos para programação de um CLP para atender a uma célula robotizada de inspeção final e classificação de bielas, com foco nos sinais trocados entre o CLP, o robô e os periféricos. Apresenta exemplos de sinais necessários para estruturar a lógica de comandos enviados ao robô e aos periféricos.

Palavras-chave: Programação, CLP, Robótica, Classificação.

ABSTRACT

COELHO, Tarcisio. Classification of product manufacturing processes Rods line using the automation features. 2014. 78 f. Trabalho de diplomação – Programa de Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

This paper presents a practical approach to the requirements of a PLC programming to meet a robot cell for final inspection and classification of rods, with focus on the signals exchanged between the PLC, the robot and peripherals. Presents examples of signals needed to structure the logic of commands sent to the robot and peripherals.

Keywords: Programming, PLC, Robotics, Classification.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Programação em Diagrama de Bloco de funções.....	8
Figura 2 – Programação em Gráfico de função sequencial.....	9
Figura 3 – Programação em Linguagem Ladder.....	10
Figura 4 – Biela Fiat.....	13
Figura 5 – Layout da célula robotizada.....	15
Figura 6 – Painel elétrico adicionado para comunicação com o robô.....	15
Figura 7 – Equipamento do dispositivo de medição do dimensional.....	16
Figura 8 – Equipamento do dispositivo de medição do peso.....	17
Figura 9 – Máquina de micropercussão – Unidade de controle.....	17
Figura 10 – Controlador do robô, modelo R30ib.....	18
Figura 11 – Robô, modelo M10iA.....	18
Figura 12 – Fluxograma do robô com peça ok.....	19
Figura 13 – Fluxograma do robô com a peça não ok no dimensional.....	20
Figura 14 – Fluxograma do robô com peça não ok no peso.....	21
Figura 15 – Fluxograma do ciclo de medição do dimensional.....	22
Figura 16 – Fluxograma do ciclo da máquina de medição do peso.....	23
Figura 17 – Fluxograma do ciclo da gravadora.....	24
Figura 18 – Grafcet usado como base para implementar a rotina das calhas de aprova.....	31
Figura 19 – Grafcet da calha 1.....	32
Figura 20 – Grafcet da calha 2.....	33
Figura 21 – Grafcet da calha 3.....	34
Figura 22 – Grafcet da calha 4.....	35
Figura 23 – Máquina 1 OK.....	41
Figura 24 – Máquina 3 OK.....	41
Figura 25 – Ciclo iniciado da máquina 1.....	42
Figura 26 – Ciclo iniciado da máquina 3.....	42
Figura 27 – Condição para iniciar a gravação.....	42
Figura 28 – Fim de ciclo da Máquina 3.....	43
Figura 29 – Fim de ciclo da máquina 1.....	44
Figura 30 – Lista de variáveis do fim de ciclo da máquina 1.....	45
Figura 31 – Sinais de classe de peça aprovada dos tipos 11 e 12.....	45

Figura 32 – Sinais de classe de peça aprovada dos tipos 21 e 22.....	46
Figura 33 – Sinais de refugo.....	46
Figura 34 – Prioridade 1 de retrabalho.....	47
Figura 35 – Propriedade 1 de refugo.....	47
Figura 36 – Prioridade 2 de retrabalho.....	47
Figura 37 – Prioridade 3 de retrabalho.....	48
Figura 38 – Prioridade 4 de retrabalho.....	48
Figura 39 – Prioridade 2 de refugo.....	48
Figura 40 – Prioridade 5 de retrabalho.....	49
Figura 41 – Prioridade 6 de retrabalho.....	49
Figura 42 – Prioridade 3 de refugo.....	49
Figura 43 – Prioridade 4 de refugo.....	50
Figura 44 – Prioridade 5 de refugo.....	50
Figura 45 – Prioridade 6 de refugo.....	50
Figura 46 – Prioridade 7 de retrabalho.....	51
Figura 47 – Configuração do bit 0 do sinal de reprova.....	52
Figura 48 – Configuração do bit 1 do sinal de reprova.....	53
Figura 49 - Configuração do bit 2 do sinal de reprova.....	54
Figura 50 – Configuração do bit 3 do sinal de reprova.....	55
Figura 51 – Condição para ligar o sinal de reprova do Poka-Yoke.....	56
Figura 52 – Condição para desligar o sinal de reprova do Poka-Yoke.....	56
Figura 53 – Condição para disponibilizar o sinal de reprova no peso.....	57
Figura 54 – Primeiro passo para depositar a peça na calha.....	57
Figura 55 – Segundo passo para depositar a peça na calha.....	58
Figura 56 – Terceiro passo para depositar a peça na calha.....	58
Figura 57 – Função do reset para os passos de depósito da peça na calha.....	59
Figura 58 – Sinal de início de ciclo enviado ao robô.....	59
Figura 59 – Sinal de fim de ciclo enviado ao robô.....	60
Figura 60 – Condições para iniciar o ciclo da calha 1.....	61
Figura 61 – Passo 110 da calha 1.....	61
Figura 62 – Passo 120 da calha 1.....	62
Figura 63 – Passo 130 da calha 1.....	62
Figura 64 – Passo 140 da calha 1.....	63
Figura 65 – Passo 150 da calha 1.....	63

Figura 66 – Condições para iniciar o ciclo da calha 2.....	64
Figura 67 – Passo 210 da calha 2.....	64
Figura 68 – Passo 220 da calha 2.....	65
Figura 69 – Passo 230 da calha 2.....	65
Figura 70 – Passo 240 da calha 2.....	66
Figura 71 – Passo 250 da calha 2.....	66
Figura 72 – Condições para iniciar o ciclo da calha 3.....	67
Figura 73 – Passo 310 da calha 3.....	67
Figura 74 – Passo 320 da calha 3.....	68
Figura 75 – Passo 330 da calha 3.....	68
Figura 76 – Passo 340 da calha 3.....	69
Figura 77 – Passo 350 da calha 3.....	69
Figura 78 – Condições para iniciar o ciclo da calha 4.....	70
Figura 79 – Passo 410 da calha 4.....	70
Figura 80 – Passo 420 da calha 4.....	71
Figura 81 – Passo 430 da calha 4.....	71
Figura 82 – Passo 440 da calha 4.....	72
Figura 83 – Passo 450 da calha 4.....	72
Figura 84 – Função do botão de emergência nos passos das calhas.....	73
Figura 85 – Monitoramento dos sensores de peças nas calhas.....	73
Figura 86 – Sinal indicador de ausência de biela no final das calhas.....	74
Figura 87 – Inclusão do comando de início de ciclo do dimensional no passo 10.....	75
Figura 88 – Inclusão do comando para iniciar a medição do peso no passo 15.....	75
Figura 89 – Inclusão para separar o ciclo do robô do ciclo manual.....	76
Figura 90 – Acionamento do cilindro da calha 1.....	77
Figura 91 – Acionamento do cilindro da calha 2.....	78
Figura 92 – Acionamento do cilindro da calha 3.....	79
Figura 93 – Acionamento do cilindro da calha 4.....	80
Figura 94 – Acionamento do Byte 6 de saídas do CLP.....	81
Figura 95 – Acionamento do Byte 7 das saídas do CLP.....	82
Figura 96 – Comando de início de ciclo de medição do peso.....	83
Figura 97 – Bit zero de seleção de programa da gravadora.....	83
Figura 98 – Bit um de seleção de programa da gravadora.....	83
Figura 99 – Transferência da classe recebida pela RS232.....	84

Figura 100 – Sinal de fim de ciclo da medição do peso enviado ao robô.....	84
Figura 101 – Sinal de início de ciclo de medição do peso enviado ao robô.....	85
Figura 102 – Esquema elétrico de sinais trocados entre robô e CLP – Parte 1.....	89
Figura 103 – Esquema elétrico de sinais trocados entre robô e CLP – Parte 2.....	90
Figura 104 – Esquema elétrico dos sinais trocados entre robô e CLP – parte 3.....	91
Figura 105 – Esquema elétrico dos sinais trocados entre o robô e CLP – parte 4.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sinais trocados com a máquina de medição do dimensional.....	86
Tabela 2 – Sinais trocados com a máquina de medição do peso.....	86
Tabela 3 – Sinais trocados com a gravadora.....	86
Tabela 4 – Sinais trocados com a calha de peças aprovadas.....	87
Tabela 5 – Sinais trocados com a calha de peças reprovadas.....	87
Tabela 6 – Sinais trocados com o robô.....	88
Tabela 7 – Configuração dos bits de reprova.....	88

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Delimitação do Tema.....	2
1.2 PROBLEMA E PREMISSA.....	3
1.2.1 Premissa.....	3
1.2.2 Questão do Problema.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo Geral.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 JUSTIFICATIVA.....	4
1.5 PROCETIMENTOS METODOLÓGICOS.....	5
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5
REVISÃO TEÓRICA SOBRE CLP E ROBÔS INDUSTRIAIS.....	6
2.1 CLP.....	6
2.1.1 Vantagens.....	6
2.1.2 As linguagens de programação geralmente usadas em um CLP.....	7
2.1.2.1 Diagrama de bloco de funções.....	7
2.1.2.2 Lista de instruções.....	8
2.1.2.3 Gráfico de função sequencial.....	8
2.1.2.4 Diagrama Ladder.....	9
2.1.2.5 Programação em Ladder com a filosofia Grafcet.....	10
2.2 ROBÔS INDUSTRIAIS.....	10
2.3 BIELA DO MOTOR.....	12
3 PROJETO DA CÉLULA ROBOTIZADA DE MEDIÇÃO DE BIELAS.....	14
3.1 FUNCIONAMENTO DA CÉLULA.....	18
3.1.1 Quando a biela é aprovada.....	18
3.1.2 Quando a biela é reprovada na máquina de medição do dimensional.....	20
3.1.3 Quando a biela é reprovada na máquina de medição do peso.....	21
3.2 FUNCIONAMENTO ISOLADO DE CADA ESTAÇÃO.....	21
3.2.1 Máquina de medição do dimensional.....	21
3.2.2 Máquina de medição do peso.....	22
3.2.3 Gravadora.....	23
3.2.4 Calha de peças aprovadas.....	24

3.2.5 Calha de reprovadas.....	25
4 LÓGICA PROPOSTA.....	26
4.1 FUNÇÃO DO ROBÔ.....	26
4.2.FUNÇÃO DAS CALHAS DE PEÇAS APROVADAS.....	31
4.3 INCLUSÕES NA FUNÇÃO DA MÁQUINA DE MEDIÇÃO DO DIMENSIONAL...35	
4.4 INCLUSÕES NA FUNÇÃO DA GRAVADORA	36
4.5 ACIONAMENTOS.....	36
5 RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS.....	38
APÊNDICES.....	40
APÊNDICE A – LÓGICA DA FUNÇÃO DO ROBÔ.....	41
APÊNDICE B – LÓGICA DA FUNÇÃO DAS CALHAS DE PEÇAS APROVADAS...61	
APÊNCIDE C – INCLUSÕES NA FUNÇÃO DA MÁQUINA DE MEDIÇÃO DO DIMENSIONAL.....	75
APÊNDICE D – INCLUSÕES NA FUNÇÃO DA GRAVADORA.....	76
APÊNDICE E – LÓGICA DE ACIONAMENTOS.....	77
APÊNDICE F – SINAIS DISPONIBILIZADOS POR CADA ESTAÇÃO.....	86
APÊNDICE G – ESQUEMA ELÉTRICO.....	89

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da origem do ser humano, sempre foram utilizadas ferramentas e utensílios que auxiliaram na realização de diversas atividades cotidianas. Para a civilização ocidental, o conceito de evolução humana está diretamente associado ao grau de desenvolvimento tecnológico, portanto, a motivação de criar máquinas que possam substituir o homem na realização de tarefas é uma característica da própria cultura ocidental. A partir da máquina a vapor desenvolvida por James Watt em 1769, houve um acentuado progresso em termos de automação de processos produtivos. Até meados do século XX, o processo de produção foi baseado no emprego de máquinas projetadas especificamente para a fabricação em série de produtos de uma mesma característica, visando uma elevada produtividade, volume e qualidade. Este modelo é denominado automação rígida e foi bastante difundido pelo empresário Henry Ford no início do século. (SOLDA AUTOMÁTICA, 2014)

Os robôs industriais têm sido muito utilizados nos processos de automação programável e flexível, pois são essencialmente máquinas capazes de realizar os mais diversos movimentos programados, adaptando-se às necessidades operacionais de determinadas tarefas e empregando garras e/ou ferramentas oportunamente selecionadas.(SOLDA AUTOMÁTICA, 2014)

Na década de 40, o escritor Isaac Asimov tornou popular o conceito de robô como uma máquina de aparência humana não possuidora de sentimentos, onde seu comportamento seria definido a partir de programação feita por seres humanos, de forma a cumprir determinadas regras éticas de conduta. O termo robótica designa a ciência que se dedica ao estudo dos robôs e que se fundamenta pela observação de três leis básicas:

Primeira lei: Um robô não pode fazer mal a um ser humano e nem consentir, permanecendo inoperante, que um ser humano se exponha a situação de perigo;

Segunda lei: Um robô deve obedecer sempre às ordens de seres humanos, exceto em circunstâncias em que estas ordens entrem em conflito com a primeira lei.

Terceira lei: Um robô deve proteger a sua própria existência, exceto em circunstâncias que entrem em conflito com a primeira e segunda leis.

(SCHIAVICCO, SICILIANO, 1995)

A XYZ é uma empresa de capital nacional localizada em Curitiba, no Paraná, que atende as principais montadoras e sistemistas do mercado automotivo e ferroviário.

Na empresa XYZ atualmente existe um grande interesse em implantar robôs nos postos de trabalho que seja possível para atender melhor os as montadoras.

1.1 Delimitação do Tema

Em Curitiba-PR, na Empresa XYZ, em uma linha de produção de Bielas, no começo do ano de 2013 existia o desejo de aplicar um robô para a classificação das bielas na fase final da produção. O robô terá a função de substituir o operador.

A função do robô contém quatro etapas:

Primeira etapa: Dimensional;

Segunda etapa: Peso;

Terceira etapa: Gravação;

Quarta etapa: Classificação;

Na etapa do dimensional o robô manipula a biela da esteira de entrada até a máquina de medição do dimensional, para esta enviar ao CLP resultados das medidas de diâmetros, conicidade, concentricidade, ovalização, espessura, flexão, simetria, torção, perpendicularidade e distância entre centros da biela.

Na etapa do peso, a biela que já passou pelo dimensional é manipulada até a máquina que mede o peso, sendo classificada em quatro classes possíveis. Na etapa da gravação, a biela já aprovada no dimensional e no peso passa por uma etapa de verificação de canal momentos antes de receber a classe determinada na etapa do peso e uma gravação padrão estabelecida pelo cliente.

A classificação é determinada como dois possíveis tipos:

A) Peça refugo ou retrabalho, contendo quinze classes;

B) Peça boa, contendo quatro classes;

A peça refugo ou retrabalho pode ser do dimensional ou do peso. Se reprovada no dimensional, ela não passa pela pesagem e vai direto à calha de refugo ou retrabalho. Se aprovada no dimensional e reprovada no peso, segue do peso para a calha de refugo.

1.2 PROBLEMA E PREMISSA

1.2.1 Premissa

As bielas produzidas têm que ser medidas no dimensional e no peso antes da gravação e da paletização. O conteúdo da gravação que será feita na biela deve ser obtido do equipamento de classificação do peso, que somente pode enviar este conteúdo por comunicação serial.

Assim que a peça é gravada, ela deve ser depositada na calha correspondente à sua classe.

O tempo de ciclo desta estação de classificação de bielas deve ficar abaixo de oito segundos.

1.2.2 Questão do Problema

Como classificar as bielas e separar cada uma na sua respectiva classe, sem correr o risco de misturar as bielas entre as classes ou com uma garantia programada, chegando ao tempo de ciclo esperado pela produção e com a segurança que o cliente estabelecer?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Integrar um robô a um CLP e respectivos periféricos com a finalidade de aumentar a confiabilidade na classificação de bielas no processo final de fabricação.

1.3.2 Objetivos Específicos

I) Revisar a teoria sobre CLP e Robótica;

II) Criar rotinas no CLP, utilizando a programação em *Ladder* com a filosofia Grafset, para atender aos seguintes requisitos:

-Comandar o início de ciclo das máquinas, requisitado pelo robô, através de sinais digitais;

-Informar início e fim de ciclo das máquinas para o robô;

-Informar a classe do peso, caso aprovada, ou a classe de reprova das peças ao robô para que este possa manipular a peça até o local correto;

-Gerar uma lógica para a prioridade das classes de reprova através da ordem estabelecida pelo setor da metrologia;

-Informar se a peça está OK, junto com o fim de ciclo das máquinas;

-Gerenciar as calhas de saída, tanto de peça boa quanto de refugo ou retrabalho;

III) Avaliar se os sinais enviados ao robô e às máquinas atendem o resultado esperado.

1.4 JUSTIFICATIVA

O posto de trabalho em questão oferece uma falha potencial na manipulação das peças quanto ao destino depois de cada etapa. Considerando que a programação do robô pode oferecer uma segurança maior do ponto de vista do cliente, não é interessante para a empresa manter o funcionário no posto em que o robô pode resultar melhor aprovação pelo cliente.

A implantação do robô no posto de classificação de bielas é uma solução para atingir o nível de qualidade de classificação exigida pelo cliente e necessita que a programação do CLP seja implementada para trocar informações necessárias entre as máquinas de medição, as calhas de saída de peças, a gravadora e o robô.

A peça sendo gravada somente depois de aprovada no dimensional e no peso, resulta no nível de qualidade de classificação exigida pelo cliente.

Com a programação correta do robô em sincronismo com o CLP, a chance de uma peça ser manipulada da forma errada é praticamente nula, problema esse que pode ocorrer se o operador quiser manipular a peça de algum modo que não foi orientado, pois, somente com o CLP e os periféricos atuais não há um modo de garantir a confiabilidade.

Como o robô pode trabalhar 24h por dia, o posto em que ele foi instalado não precisa parar durante os horários de refeições se for necessário. Isso pode garantir uma maior produtividade e, conseqüentemente, diminuir as chances desta operação se tornar um gargalo.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método para a execução deste projeto será o estudo aplicado à programação de CLP com a lógica *Ladder* e a filosofia Grafcet, utilizando os sinais digitais da máquina necessários para obter o desempenho esperado dos sinais para o robô.

Para a programação do CLP será utilizado um *notebook* da empresa com o *software* comprado pela empresa. O *software* será o Microwin, da Siemens, para programar o CLP, também da Siemens, S7-200.

A comunicação com o CLP será via protocolo PPI.

Os recursos financeiros serão disponibilizados pela empresa XYZ.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Em acréscimo a este capítulo, no capítulo 2 será apresentada uma revisão teórica sobre CLP e robôs industriais. No capítulo 3 será apresentado o funcionamento das máquinas e do robô. O capítulo 4 descreverá a lógica a ser proposta para tratar dos sinais de entrada e obter os sinais de saída do CLP necessários para o melhor funcionamento da célula robotizada. O capítulo 5 apresentará os resultados e conclusões do trabalho.

2 REVISÃO TEÓRICA SOBRE CLP E ROBÔS INDUSTRIAIS

2.1 CLP

Os Controladores Lógicos Programáveis foram desenvolvidos na década de 1960 para oferecer a mesma funcionalidade dos sistemas lógicos de relês. São programáveis, reutilizáveis e confiáveis. Uma vez o programa escrito e testado, ele pode ser carregado em outros CLPs.

Os CLPs poderiam suportar um ambiente industrial rigoroso. Não possuíam discos rígidos para armazenar o programa que, feito em lógica *Ladder*, que poderia iniciar em segundos.

Um CLP é um computador especializado usado para controlar máquinas e processos, usando a memória de programação para armazenar instruções e funções específicas que incluem controle de liga e desliga, temporização, contadores, sequenciadores, aritmética e manipulação de dados.

2.1.1 Vantagens

Algumas vantagens de sistemas controlados por CLP são:

- Flexíveis, os fornecedores das máquinas podem fornecer uma melhora de sistema para um processo simplesmente enviando um programa novo. É mais fácil criar e mudar um programa em um CLP, do que passar cabos e refazer o circuito elétrico e os usuários finais podem modificar o programa sem sair do campo;

- Tempo rápido de resposta. CLPs operam em tempo real, que significa que um evento acontecendo no campo resulta em uma operação ou em uma saída ligada. Máquinas que processam milhares de itens por segundo e objetos que ficam somente uma fração de segundo na frente de um sensor requer a rápida resposta de um CLP;

- O lugar da maioria do cabeamento necessário para o controle de um processo fica no programa;

- Estado sólido – sem partes móveis;

- Design modular – fácil para expandir e concertar;

- Contém sistemas muito mais complicados;
- Instruções de acionamento sofisticadas;
- Permite diagnósticos fáceis. CLPs possuem diagnósticos residentes que permitem usuários a corrigir facilmente problemas de programa e de equipamento;
- Mais baratos. Como os CLPs originais foram desenvolvidos para substituir as lógicas de controle por relés, a economia usando CLPs foi tão significativa que controle por relé está obsoleto, exceto para aplicações de potência;
- Capacidade de comunicações. Um CLP pode comunicar com outros controladores ou equipamentos computadorizados para serem usados como controle supervísório, reunião de dados, monitoramento de dispositivos e parâmetros de processos e para carregar e descarregar programas.

2.1.2 As linguagens de programação

Algumas das linguagens geralmente usadas em um CLP são:

- Diagrama de bloco de funções;
- Lista de Instruções
- Gráfico de função sequencial;
- Diagrama *Ladder*.

2.1.2.1 Diagrama de bloco de funções

A programação em bloco de funções é feita com o uso de blocos que possuem determinadas funções de lógica. Esta linguagem de programação é usada geralmente em pequenas automações, onde não é necessária muita complexidade de programação, pois quanto mais complexa a programação, maior a necessidade de organização no desenvolvimento da lógica, e a programação em bloco de funções não oferece grande possibilidade de organização e nível de complexidade.

Exemplo de programação em bloco de funções:

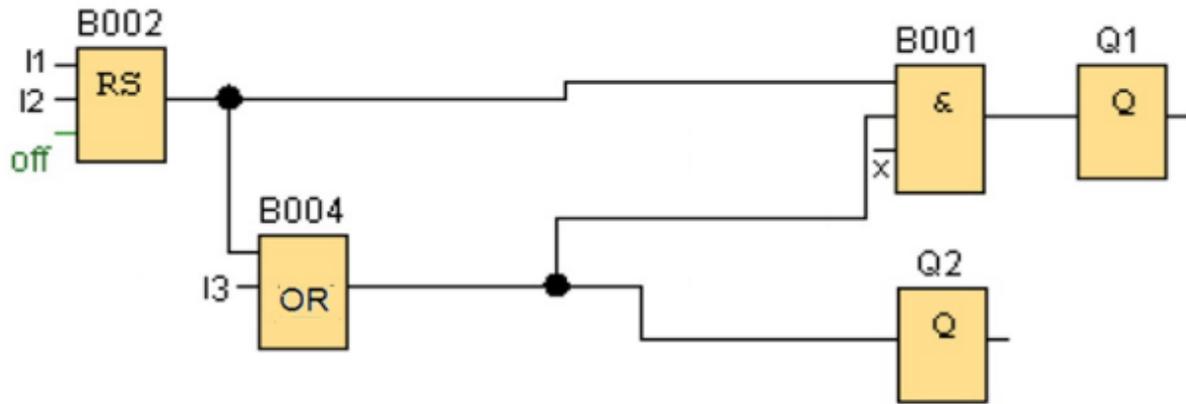


Figura 1 – Programação em Diagrama de Bloco de funções

Fonte: <http://unipacieca.blogspot.com.br/2010/10/diagrama-de-bloco-de-funcao.html>

Acesso em:14/01/2014

2.1.2.2 Lista de instruções

A programação em STL (*Statement List*) ou lista de instruções, diferente do diagrama de blocos, já possui uma grande possibilidade de organização e maior nível de complexidade. Muitos sistemas complexos de automação usam a lista de instruções para determinadas funções, devido também à facilidade de manutenção e melhoria da lógica.

Exemplo de programação em lista de instruções:

```
LD      %I0.0      (*botão pressionado?*)
AND     %M0.1      (*comando válido*)
ST      %Q0.1      (*liga o motor*)
```

2.1.2.3 Gráfico de função sequencial

A programação em Grafcet ou Gráfico de função sequencial, possuindo uma elevada organização de sequenciamento em sua estrutura, pode ser resumida em passos e transições. Os passos executam uma tarefa, as transições são condições para ir de um passo a outro. Com isso, o programador não precisa gerar esta organização sequencial na lógica, restando somente definir o que cada passo executará e quais serão as condições de cada transição. Quanto à manutenção da lógica o Grafcet dificulta bastante

e por conta deste detalhe, os programadores geralmente não usam esta linguagem.

Exemplo de programação em gráfico de função sequencial:

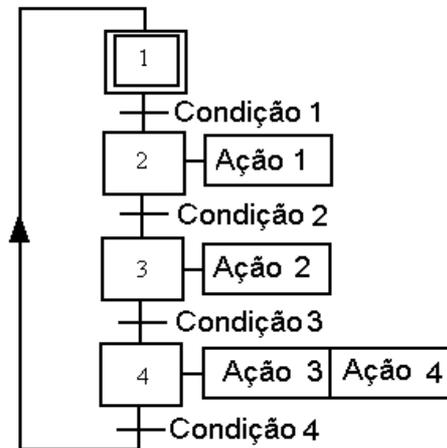


Figura 2 – Programação em Gráfico de função sequencial.

Fonte: <http://es.wikipedia.org/wiki/GRAF CET>

Acesso em: 15/01/2014

2.1.2.4 Diagrama *Ladder*

A programação em *Ladder* é a mais usada, tanto em pequenas quanto em grandes automações, além de ser a linguagem mais disponível em diversos CLPs de diversas marcas. Seu nome provém da estrutura de programação que parece com uma escada.

Exemplo de programação em *Ladder*:

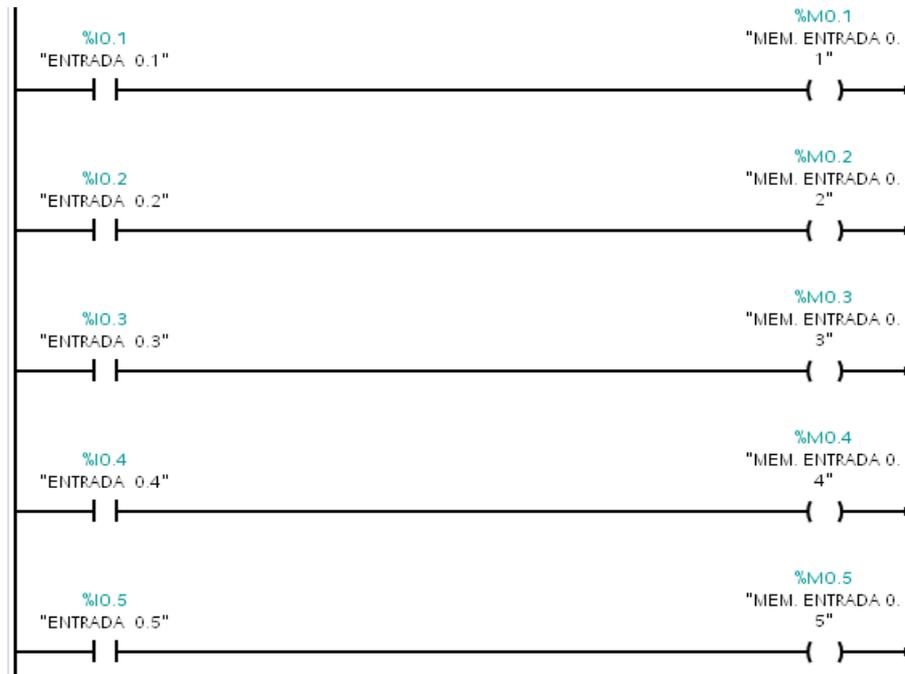


Figura 3 – Programação em Linguagem *Ladder*.

Fonte: Autoria própria.

2.1.2.5 Programação em *Ladder* com a filosofia Grafcet

A programação em linguagem *Ladder* combinada com a filosofia Grafcet resulta num programa de maior facilidade de manutenção e compreensão.

Consiste numa lógica de passos, em *Ladder*, onde condições são responsáveis por desligar o passo atual e ligar o próximo, simbolizando a transição da linguagem Grafcet e uma lógica de acionamentos, também em *Ladder*, onde é definido qual passo vai acionar qual saída, simbolizando o passo da linguagem Grafcet.

A programação em *Ladder* com a filosofia Grafcet foi implementada na função da calha de peças aprovadas (Tópico 4.2), onde são definidas as transições entre os passos da calha, e nos acionamentos (Tópico 4.5), onde são definidas as ações dos passos da calha.

2.2 ROBÔS INDUSTRIAIS

Os robôs industriais são espécies de máquinas de comando numérico. Seu

sistema de controle funciona de maneira similar aos das máquinas-ferramenta CNC. Controlar os movimentos de um robô consiste em fazer com que seus motores girem, associados a cada uma das juntas da estrutura do robô, de modo que o órgão terminal atinja posição e orientação desejadas.

Os robôs atuais ainda seguem, passo a passo, todas as instruções fornecidas pelo homem. Não podem se desviar do que lhes foi previamente estabelecido, a menos que este desvio também tenha sido previsto. Esta característica faz com que eles só possam ser usados em ambientes padronizados, não sujeitos a variações imprevistas. Caso contrário, ficarão sujeitos a acidentes que acabarão por inviabilizar a operação automática.

(CLUBE DA ELETRÔNICA, 2014)

Para programar os robôs, é utilizado o painel de controle manual do robô. Diferente dos CLPs, os robôs foram feitos para executar uma tarefa de cada vez, portanto, sua lógica de programação é feita por passos.

Geralmente os robôs disponibilizam três tipos de movimentos entre dois pontos:

-Movimento linear: O órgão terminal do robô se desloca linearmente de um ponto a outro. Este tipo de movimento geralmente é usado em deslocamentos relativamente pequenos, pois exige uma maior mobilidade dos eixos e pode não ser de possível execução.

-Movimento por junta: O robô leva seu órgão terminal de um ponto a outro usando o melhor caminho para suas juntas. Neste caso, o robô pode exercer um desvio considerável até chegar ao ponto final, tornando este movimento digno de maior cuidado quando aplicado.

-Movimento circular: É determinado um ponto médio entre o ponto final e o inicial para o movimento do robô ficar de forma circular. Este tipo de movimento geralmente é usado em robôs para solda e para pintura.

Na movimentação dos eixos do robô podem ser configuradas a velocidade, a aceleração, a desaceleração e a proximidade do ponto. Movimentos muito precisos exigem baixa velocidade e 100% de proximidade do ponto, porém, movimentos intermediários, ou seja, entre pontos que não exigem muita precisão.

Atualmente existem muitas tarefas que somente um robô consegue executar com facilidade e rapidez. Com isso, postos de trabalho que oferecem muito perigo e que exigem movimentos repetitivos estão sendo ocupados por robôs e possibilitando que os operadores ocupem postos mais seguros e que não sejam tão repetitivos.

A máquina, da qual parte a Revolução Industrial, substitui o trabalhador, que maneja uma única ferramenta, por um mecanismo, que opera com uma massa de ferramentas iguais ou semelhantes de uma só vez, e que é movimentada por uma única força motriz, qualquer que seja sua força. Aí temos a máquina, mas apenas como elemento simples da produção mecanizada. O aumento do tamanho da máquina de trabalho e do número de suas ferramentas operantes simultaneamente exige um mecanismo motor mais volumoso, e esse mecanismo, para superar sua própria resistência, precisa de uma força motriz mais possante do que a força humana; isso sem considerar que o homem é um instrumento muito imperfeito de produção de movimento uniforme e contínuo. Pressupondo-se que ele atue ainda como simples força motriz, que portanto no lugar de sua ferramenta haja uma máquina-ferramenta, forças naturais podem agora também substituí-lo como força motriz. (Marx, 1996)

2.3 BIELA DO MOTOR

A biela do motor é o componente responsável por transmitir a força recebida pelo pistão e repassar à árvore de manivelas ou virabrequim. Com a exclusiva função de inverter o sentido de movimento, pois ligada ao pistão através de um pino a biela sobe e desce e ligada ao virabrequim, preso com uma capa entre bronzinas, a biela transmite a força em forma de movimento rotativo ou circular. Geralmente feita de aço forjado a biela assume determinadas formas e tamanhos diferentes conforme o tipo e configuração de cada motor. (INFOMOTOR, 2014)



Figura 4 – Biela Fiat.

Fonte: <http://www.reismotores.com.br/products.php?product=Biela-Fiat-Fire-1.0-16v>

Acesso em: 21 mar. 2014

Para o motor ficar balanceado em relação às bielas, elas são classificadas pelo peso. O peso do olhal maior tem uma classe e o peso do olhal menor tem outra classe. Estas duas classes geralmente são gravadas na biela para, na hora da montagem do motor, bielas da mesma classe serem colocadas no motor. As classes podem variar de 1 a 9, porém isso não quer dizer que a classe 1 é $1/9$ da classe 9. Como as montadoras exigem muita precisão, somente alguns microgramas separam a classe 1 da classe 9.

3 PROJETO DA CÉLULA ROBOTIZADA DE MEDIÇÃO DE BIELAS

O projeto da célula robotizada consiste em uma esteira de entrada, uma bancada com máquinas de medição e gravação, e duas estações de saída de peça, sendo uma de peças boas e já gravadas, contendo quatro calhas, e a outra para peças reprovadas, contendo quinze calhas.

Na bancada, existiam somente duas máquinas no início do projeto, sendo elas uma máquina que media o dimensional e o peso e uma máquina de gravação da biela.

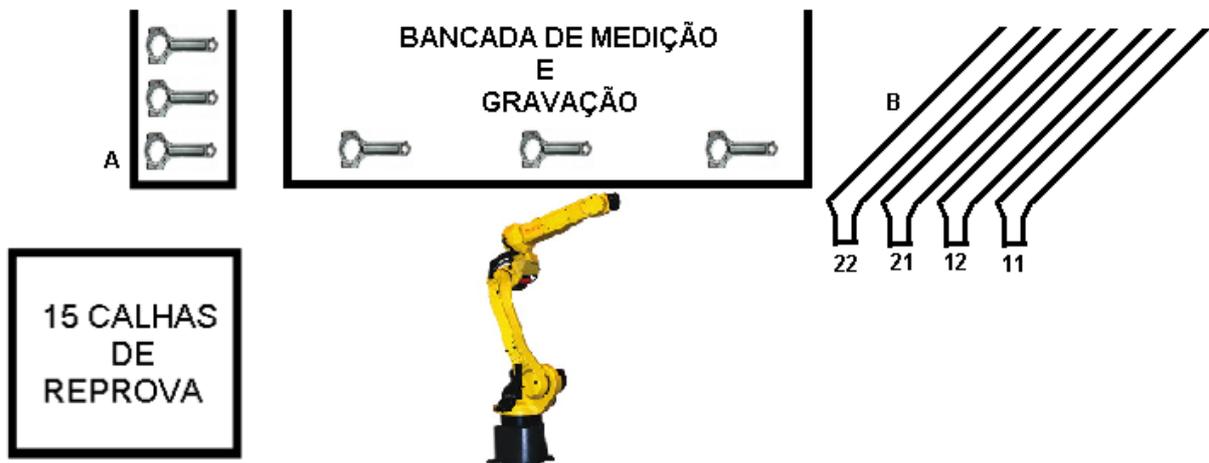
Foi constatado um alto tempo ciclo desta máquina que media o dimensional e o peso, portanto foi adicionada uma máquina somente para medir o peso separadamente. Esta máquina dedicada para medir o peso possui um tempo de ciclo de 0,4 segundos, enquanto a máquina de medição do dimensional possui um tempo de ciclo de quatro segundos.

Esta separação da medição do dimensional e do peso permitiu que o robô transferisse a peça do peso para a gravadora enquanto a peça do dimensional ainda estava sendo medida.

Para manipular as bielas, foi utilizado um robô contendo uma garra com duas pinças, possibilitando, então que duas bielas fossem manipuladas ao mesmo tempo.

Foi adicionado um módulo de expansão de dezesseis entradas e dezesseis saídas ao CLP, da Siemens, modelo CPU226, usado no projeto foi utilizado para fazer a comunicação com o robô e periféricos.

A figura abaixo mostra o layout da célula robotizada:



Legenda:

A= Esteira de entrada

B= 4 calhas de peças aprovadas, separadas por classes.

Figura 5 – Layout da célula robotizada.

Fonte: Autoria própria.

O módulo de expansão adicionado foi instalado em um painel separado da CPU, como mostra a figura abaixo:



Figura 6 – Painel elétrico adicionado para comunicação com o robô.

Fonte: Autoria própria.

Foi usada comunicação RS232 para comunicar o CLP com a máquina de medição do peso para adquirir a classe. Para comunicar com os demais dispositivos, assim como com as calhas e com o robô, foram utilizados sinais diretos, ou seja, das entradas e saídas digitais do CLP para o robô e para os periféricos.

Os dispositivos que o robô alcançará devem ser dispostos perto do mesmo, caso contrário será necessário mais um robô, porém também tem que haver espaço suficiente para o operador trabalhar em manual (sem o robô) caso seja necessário.

A figura abaixo mostra a máquina de medição do dimensional:



Figura 7 – Equipamento do dispositivo de medição do dimensional.

Fonte: http://www.marposs.com/product.php/eng/industrial_pc_workstation

Acesso em 18 fev. 2014

A figura abaixo contém a máquina de medição do peso que foi adicionada para obter um tempo de ciclo mais baixo:



Figura 8 – Equipamento do dispositivo de medição do peso.

Fonte: http://www.marposs.com/product.php/eng/embedded_gauge_computer

Acesso em 18 fev. 2014

Para gravar a biela foi utilizada uma máquina de micropercussão ilustrada abaixo:



Figura 9 – Máquina de micropercussão – Unidade de controle.

Fonte: <http://www.technifor.com.br/br/produtos/maquinas-de-micropercussao/maquinas-integraveis/cn110p/unidade-de-controle.html>

Acesso: 18 fev. 2014

Para manipular as bielas foi usado um robô da Fanuc, modelo M10iA (ilustrado na figura 11) com o controlador, modelo R30ib (ilustrado na figura 10).



Figura 10 – Controlador do robô, modelo R30ib.

Fonte: <http://www.fanucrobotics.se/en/products/controllers/r-30ib>

Acesso: 19 fev. 2014



Figura 11 – Robô, modelo M10iA

Fonte: www.fanucrobotics.com/cmsmedia/datasheets/M-10iA%20and%20M-20iA%20Series_172.pdf

Acesso: 19 fev. 2014

3.1 FUNCIONAMENTO DA CÉLULA

3.1.1 Quando a biela é aprovada

O fluxograma abaixo mostra a rotina do robô quando a peça é aprovada no dimensional e no peso:

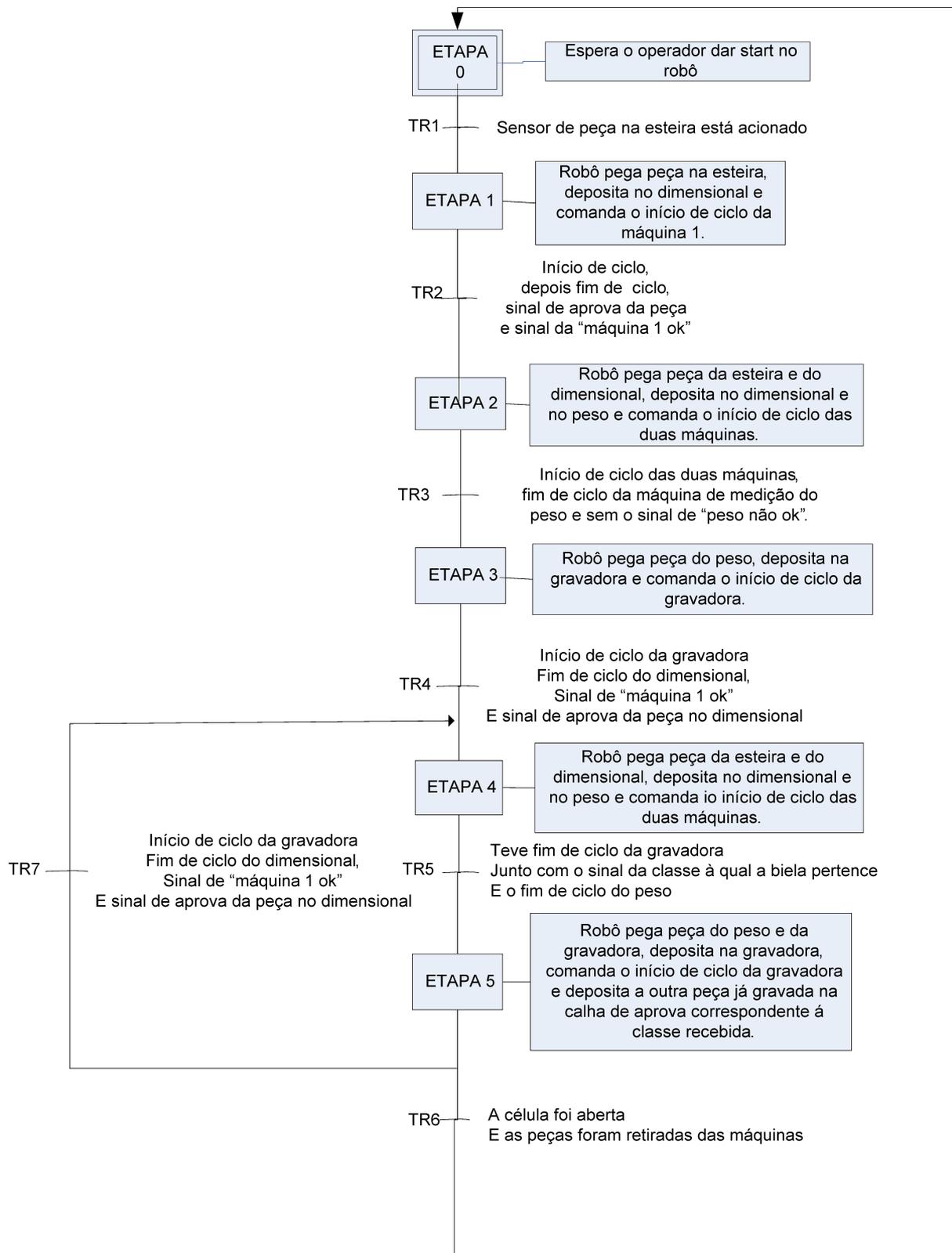


Figura 12 – Fluxograma do robô com peça ok.

Fonte: Autoria própria.

3.1.2 Quando a biela é reprovada na máquina de medição do dimensional:

O fluxograma abaixo mostra a rotina do robô quando a peça é reprovada no dimensional:

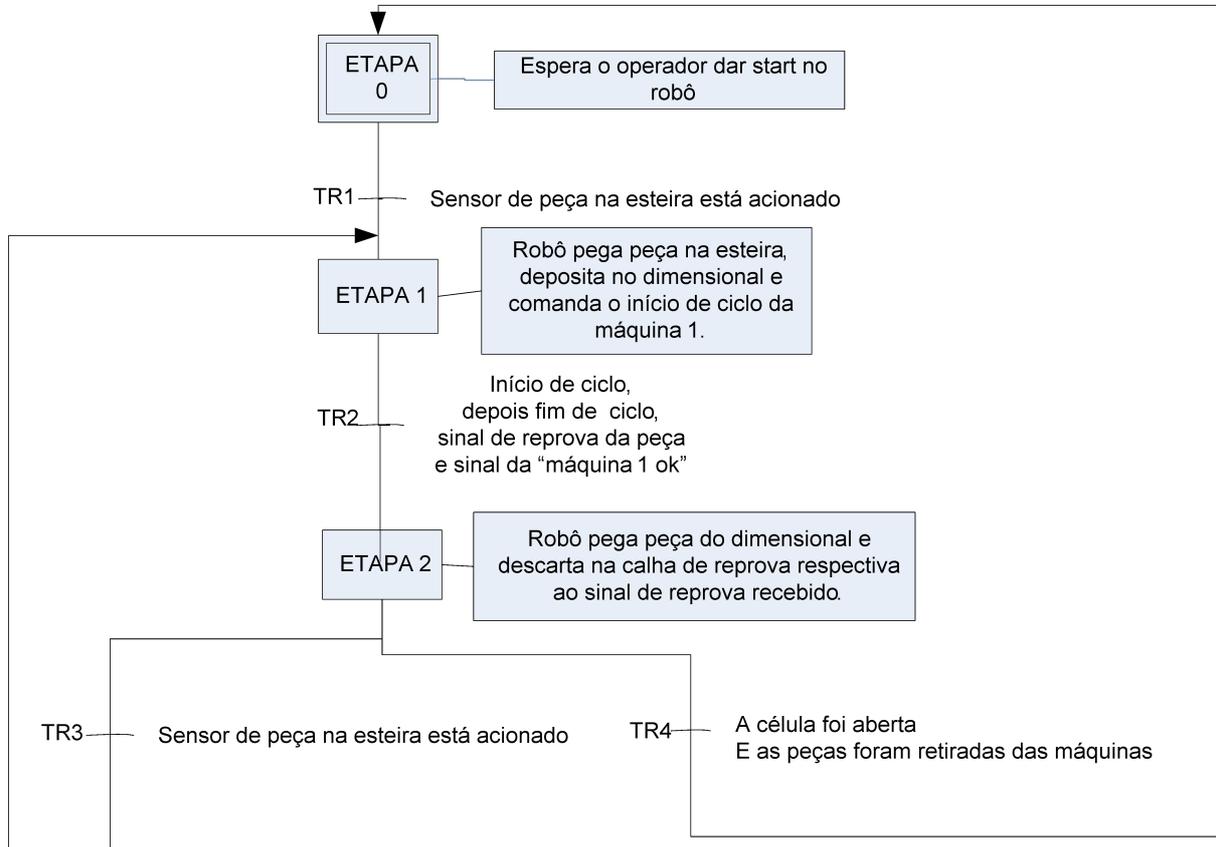


Figura 13 – Fluxograma do robô com a peça não ok no dimensional.

Fonte: Autoria própria.

3.1.3 Quando a biela é reprovada na máquina de medição do peso

O Fluxograma abaixo mostra a rotina do robô quando a peça é reprovada no peso:

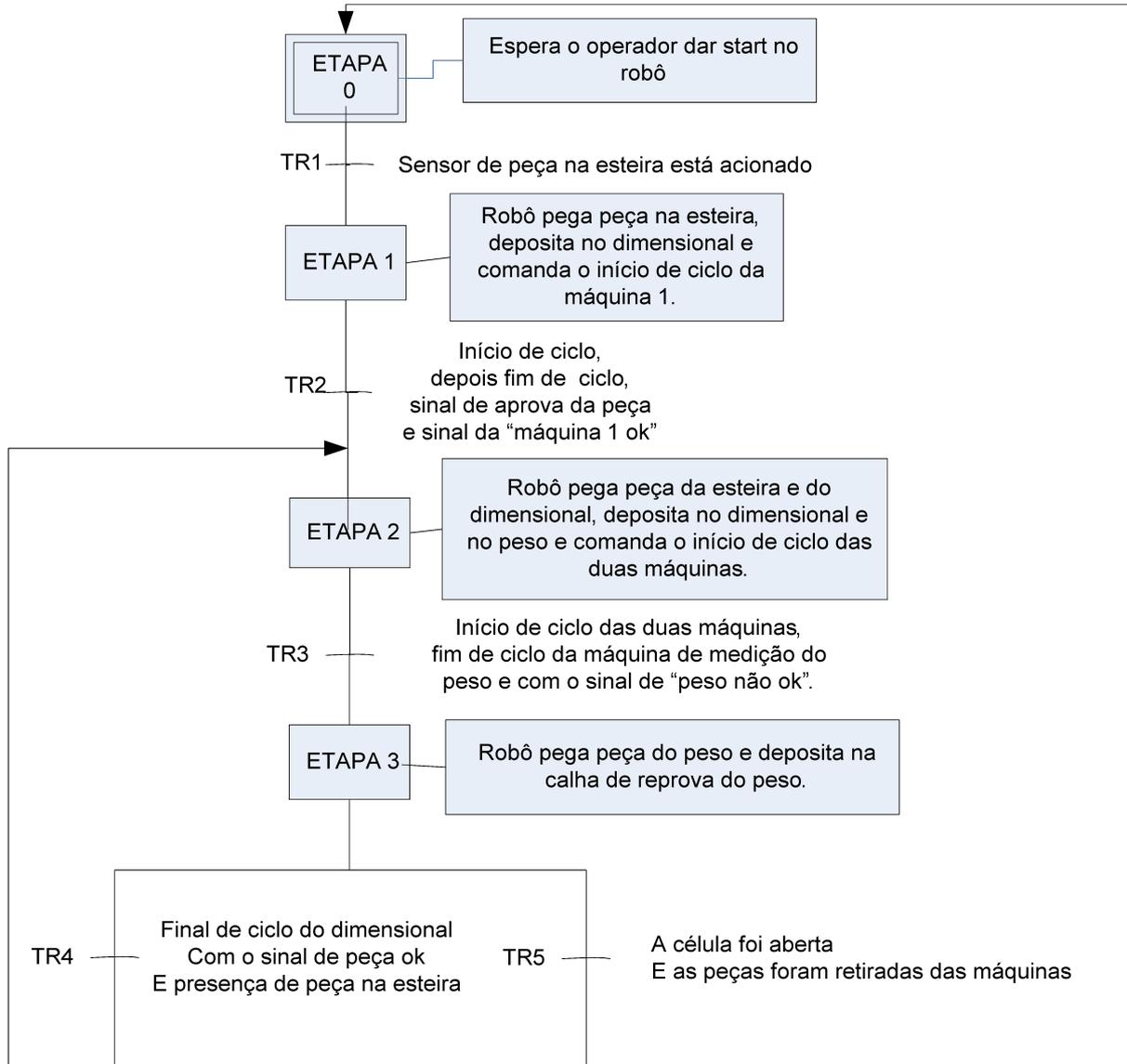


Figura 14 – Fluxograma do robô com peça não ok no peso.

Fonte: Autoria própria.

3.2 FUNCIONAMENTO ISOLADO DE CADA ESTAÇÃO

3.2.1 Máquina de medição do dimensional

O fluxograma abaixo ilustra o funcionamento da máquina de medição do dimensional:

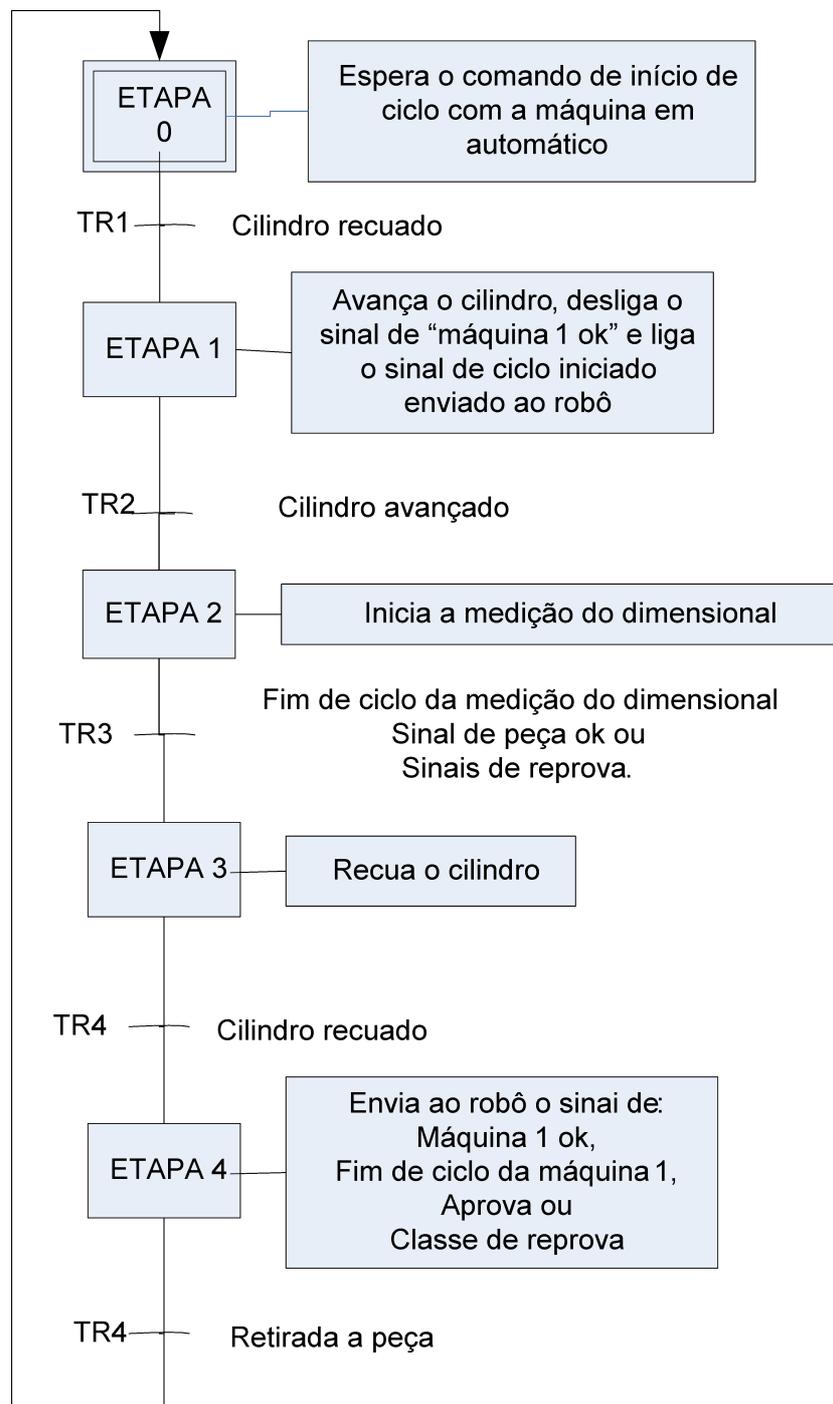


Figura 15 – Fluxograma do ciclo de medição do dimensional.

Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Máquina de medição do peso

O fluxograma abaixo mostra o funcionamento da máquina de medição do peso:

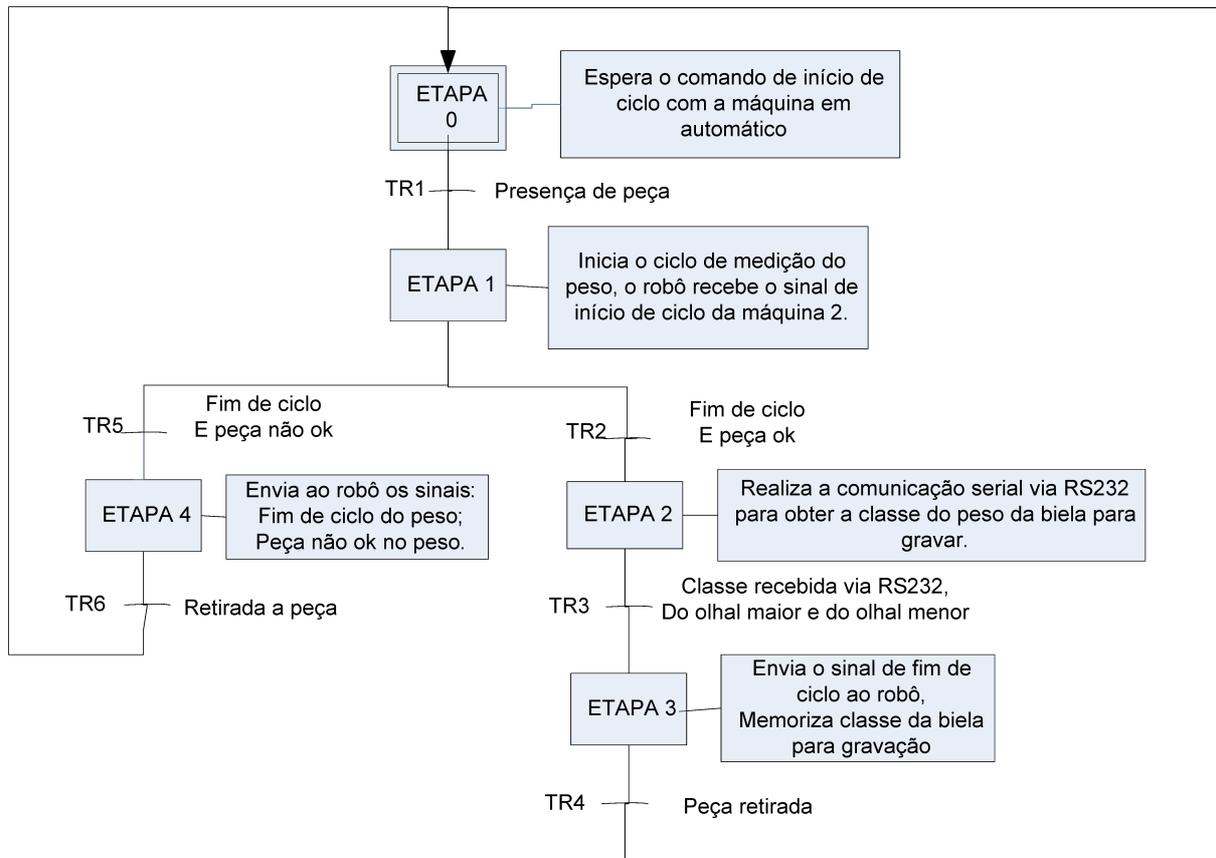


Figura 16 – Fluxograma do ciclo da máquina de medição do peso.

Fonte: Autoria própria.

3.2.3 Gravadora

Para gravar os dados na biela é usada a micropercussão. O programa na gravadora é selecionado através de entradas digitais. Cada programa é responsável por gravar uma classe respectiva.

O fluxograma abaixo ilustra o ciclo de gravação:

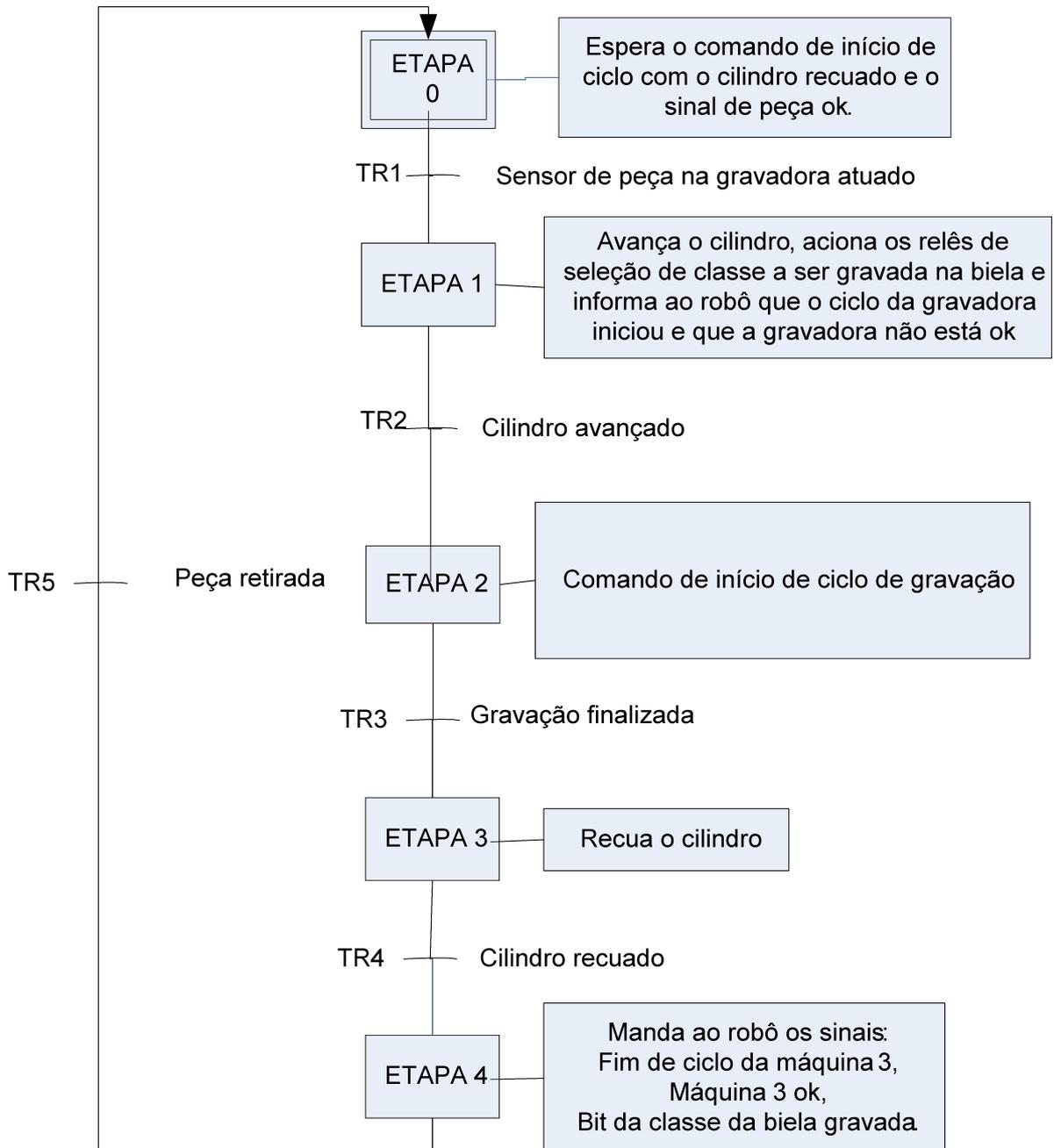


Figura 17 – Fluxograma do ciclo da gravadora.

Fonte: Autoria própria.

3.2.4 Calha de peças aprovadas

Assim como são quatro as classes de bielas, existe uma calha para cada classe. Cada calha suporta 48 bielas, sendo 24 no começo e 24 no final da calha, separadas por um cilindro.

3.2.5 Calha de reprovadas

Existem quinze calhas para as bielas reprovadas. Cada calha representa uma classe de reprova. As classes são separadas para posteriormente serem destinadas ao retrabalho ou ao refugo. Geometricamente as calhas são distribuídas em três linhas e cinco colunas. Em cada linha contém um sensor, totalizando três sensores para indicar se alguma linha contém alguma calha cheia de peças. O robô não continua o ciclo se alguma dessas calhas estiver cheia.

4 LÓGICA PROPOSTA

A lógica em *Ladder* encontra-se nos apêndices.

4.1 FUNÇÃO DO ROBÔ

O apêndice A contém a lógica (em *ladder*) da função do robô. O apêndice F contém tabelas que mostram quais sinais foram trocados entre o robô e as estações.

Como mostrado no capítulo 3, no momento de retirar a peça da gravadora e colocar na calha correspondente à sua classe, os sinais de peça aprovada das classes 11 e 12 (V661.4 e V661.5 respectivamente) são enviados para o robô. Juntamente com estes sinais são acionados os respectivos *leds* das calhas 1 e 2 (V15.3 ou V15.4).

Também existe a opção de, no lugar de enviar um bit por calha, enviar dois *bits* para as quatro calhas, com a combinação binária, de modo que:

- A calha um será representada por 00
- A calha dois será representada por 01
- A calha três será representada por 10
- E a calha quatro será representada por 11.

No projeto em questão não houve a necessidade de converter o sinal das quatro calhas em combinação binária por conta da disponibilidade de entradas e saídas no robô e no CLP.

Caso fosse feita a combinação binária, dois sinais seriam enviados ao robô, disponibilizando somente duas saídas do CLP e duas entradas do robô. No caso das calhas de reprova foi feita a combinação binária, pois como são quinze calhas, no lugar de usar quinze *bits*, foram usados quatro *bits*, podendo ter dezesseis combinações. É vantajoso utilizar a combinação binária para diminuir a utilização de fios usados em um projeto onde não é utilizada a comunicação via rede, porém quanto menor a economia de fios, menor a importância da combinação binária, como no caso das calhas de aprova, a não ser que esteja muito limitado o número de entradas e saídas disponíveis no robô e no CLP.

Existem duas categorias dos sinais de reprova enviados pela máquina de medição do dimensional: retrabalho e refugo. Como o CLP pode receber mais de um sinal, foi feita a lógica da prioridade. A única prioridade estabelecida pelo setor da qualidade foi do refugo sobre o retrabalho, ou seja, se o CLP receber um sinal que seja retrabalho e um sinal que seja refugo, a prioridade será o refugo.

Os sinais de refugo foram agrupados para acionarem a V672.0. Este recurso foi utilizado para facilitar a lógica a ser desenvolvida para definição de prioridade. Caso a máquina de medição do dimensional enviasse somente o sinal final de classificação de reprova, este recurso não seria necessário.

As classes de reprova são (por ordem crescente do número da calha): peso, flexão, simetria, erro de gravação, espessura, torção maior, torção menor, conicidade, diâmetro pequeno menor, diâmetro grande menor, perpendicular, distância entre centros, ovalização dos olhais, diâmetro pequeno maior, e, por último, diâmetro grande maior.

A calha de reprova número dois representa retrabalho de flexão. Para a peça ser colocada nesta calha somente precisa-se do sinal de reprova na flexão e sem nenhuma reprova de refugo(V672.0).

A calha de refugo de simetria é a primeira da lista de sinais de refugo, portanto, somente o sinal de refugo na simetria(V4.2) já libera o sinal da calha três (V670.2). Quanto menor a prioridade, maior a lógica, pois são necessárias mais condições para o resultado em questão chegar a ser enviado ao robô para este, então, manipular a peça em questão até a calha correspondente ao sinal recebido.

A calha cinco é representada pelo retrabalho na espessura(V670.4). Sendo o segundo sinal de retrabalho, nenhum sinal de refugo pode estar ligado(V672.0) e o primeiro sinal de retrabalho (Flexão, V4.1) também não deve estar ligado.

O terceiro sinal de retrabalho, representado pelo sinal de torção maior (V4.4), somente habilitará o sinal para a calha seis (V670.5) se não estiverem ligados os sinais de flexão (V4.1), espessura (V4.3) e algum sinal de refugo (v672.0).

A calha sete representa o sinal de torção menor (V4.5), que reside no quarto lugar de prioridade de retrabalho e a calha oito representa o sinal de conicidade (V4.6), que reside no segundo lugar de prioridade de refugo.

A calha nove (V671.0) representa o sinal de diâmetro 17 (menor) menor (V4.7), que reside no quinto lugar da prioridade de retrabalho.

No sexto lugar da prioridade de retrabalho se encontra o sinal de diâmetro 41/45 (maior) menor (V5.0), representado pela calha dez (V671.1).

No terceiro lugar da prioridade de refugo se encontra o sinal de perpendicular (V5.1), representado pela calha onze (v671.2).

No quarto lugar da prioridade de refugo se encontra o sinal de distância entre centros (V5.2), representado pela calha doze (V671.3).

No quinto lugar da prioridade de refugo se encontra o sinal de ovalização dos olhais (V5.3), representado pela calha treze (V671.4).

No sexto lugar da prioridade de refugo se encontra o sinal de diâmetro 17 (menor) maior (V5.4), representado pela calha quatorze (V671.5).

No sétimo lugar da prioridade de refugo se encontra o sinal de diâmetro 41/45 (maior) maior (V5.5), representado pela calha quinze (V671.6).

O sinal de reprova enviado ao robô contém quatro *bits*, representando os quatorze sinais de reprova enviados pela máquina de medição do dimensional, configurados na tabela sete do apêndice F.

Com todas as prioridades já programadas, a lógica para o sinal do número da calha a ser enviado ao robô é feita para converter os quinze sinais de reprova em apenas quatro *bits*. O *bit* V661.0 representa o *bit* zero (valor = 1). A condição de disponibilizar o sinal de reprova somente após o sinal de “máquina 1 OK”(V659.6) estar ligado foi

requisitada para atender às condições de lógica sequencial da programação do robô.

O programador de CLP precisa disponibilizar os sinais ao robô de acordo com o que o programador de robô requisita, devido à diferença de recursos de programação disponíveis no CLP que não possuem no robô.

Os *bits* de reprova (V661.0 ao V661.3) são um exemplo de lógica que foi criada para facilitar a programação do robô, pois, na hora de verificar o sinal de reprova, o robô somente verifica o valor resultante da combinação binária.

Caso contrário, o robô teria que verificar, um por um, cada um dos quatorze *bits* (desde V670.1 até V671.6), e manipular a peça até a calha correspondente.

O sinal de “*Poka-Yoke* não OK” enviado para o robô foi programado a partir do passo da sequência em automático em que o dispositivo da gravadora verifica a presença de canal na peça. Quando o sinal do *Poka-Yoke* é ligado, basta um pulso do bimanual para desligar o mesmo.

O sinal de refugo do peso (V15.2), representado pela calha um, é ligado quando são disponibilizados os sinais de fim de ciclo da máquina de medição do peso (V1.1), peso não OK (V1.3) e desligado o sinal de peso OK (V1.2).

Ao final da gravação da biela, o *led* da calha correspondente à classe (V50.0 a V50.3) é ligado. Os passos V16.0 e V16.1 foram criados para enviarem ao robô o sinal da calha na qual a biela deve ser depositada. No passo automático sessenta (VB1001 == 60) assim que algum *led*(V50.0 a V50.3) for ligado, a variável correspondente ao *led*(V15.3 a V15.6) é ligada e o passo seguinte(V16.0) também.

No passo V16.0 é monitorado se o sensor da calha correspondente à classe da biela(V6.0, V6.4, V7.0 ou V7.4) é sensibilizado. Assim, o passo V16.0 é desligado e o passo V16.1 é ligado. No passo V16.1, são contados três segundos com o temporizador T50 e desligados os passos e as variáveis das classes memorizadas para o robô.

Como a falha do robô na etapa de levar a peça da gravadora até a calha

correspondente da classe não é descartada, foi criado um *reset*, localizado no bimanual da gravadora (V2.7) para desligar os passos desta sequência (V16.0 a V16.2) e o sinal da classe memorizada (V15.3 a V15.6).

O sinal de início de ciclo da máquina de medição do peso(V676.0) é ligado e o sinal de fim de ciclo é desligado com o comando de início de ciclo enviado pelo robô ou pelo bimanual de medição.

Sem os comandos dos: bimanual(V2.6) e início de ciclo enviado pelo robô(V0.5), com o sinal de fim de ciclo da máquina de medição do peso(V1.1) e com algum dos sinais de peso OK(V1.2) ou não OK(V1.3) ou o temporizador T55 cheio (um segundo), o sinal de início de ciclo(V676.0) é desligado e o sinal de fim de ciclo(V676.1) é ligado.

4.2 FUNÇÃO DAS CALHAS DE PEÇAS APROVADAS

As quatro calhas somente diferem na classe da biela, portanto, a sequência lógica é estruturalmente idêntica, sendo diferente somente nas variáveis monitoradas e nas variáveis acionadas.

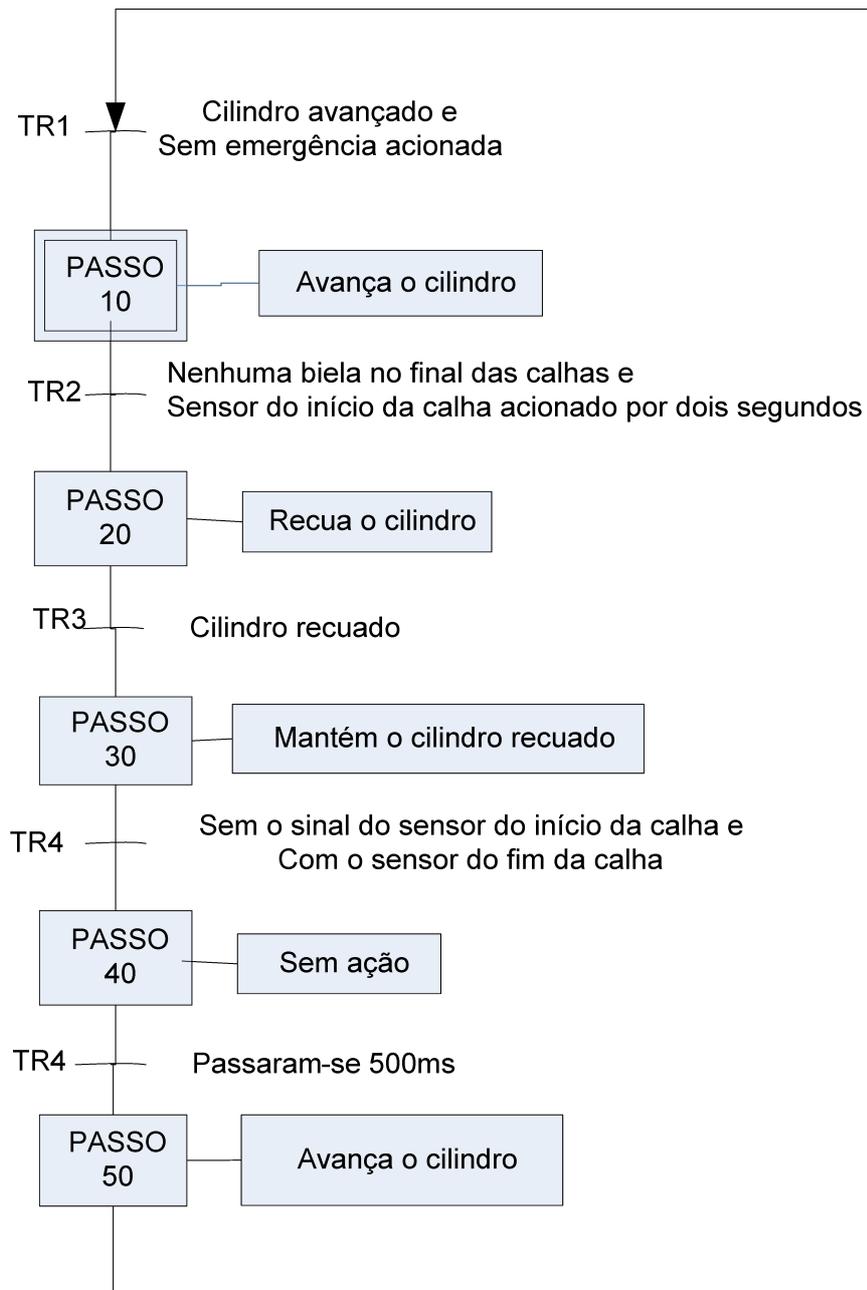


Figura 18 – Grafcet usado como base para implementar a rotina das calhas de aprova.

Fonte: Autoria própria.

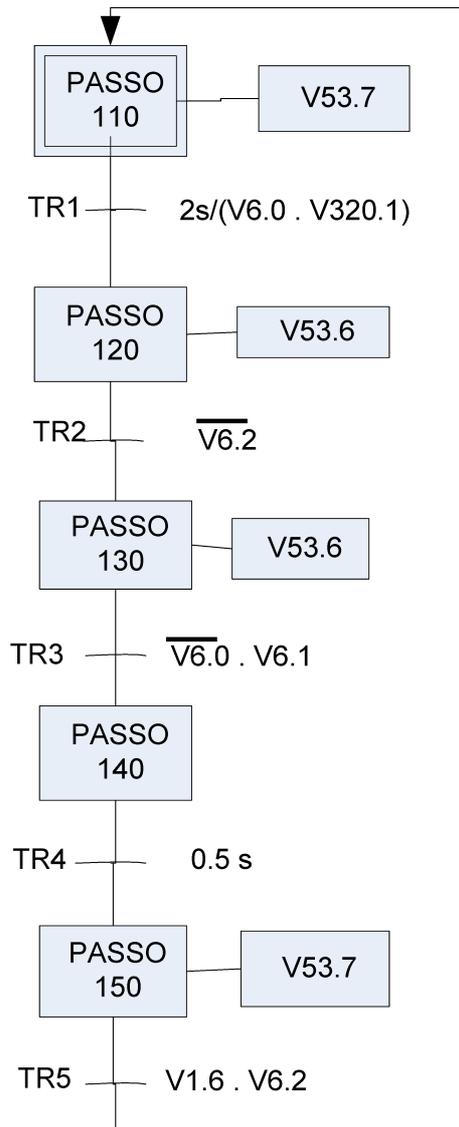


Figura 19 – Grafcet da calha 1

Fonte: Autoria própria.

No passo zero da calha 1 são verificadas as condições para ligar o passo 10 (V291.0). Para isso, nenhum passo (V291.0 a V294.0) deverá estar ligado e o cilindro separador da calha deverá estar avançado. Para o cilindro avançar, o passo 15 (V291.3) é ligado. Assim que o sensor de cilindro avançado estiver sensibilizado, o passo 10 é acionado.

No passo dez (V291.0) é verificado se o sensor do início da calha e a memória de nenhuma calha com biela no final são acionados por dois segundos (T51). Como o passo dez verifica se a calha está cheia no início, o passo vinte (V292.0) é responsável por

recuar o cilindro e verificar se o mesmo está recuado(V6.2).

O passo trinta(V293.0) verifica se as bielas foram para a parte final da calha, desligando o sinal do sensor do início(V6.0) e ligando o do sensor do final(V6.1).

Assim que as bielas chegaram até o final da calha, o passo quarenta(V294.0) aguarda meio segundo (T110) para acionar o passo cinquenta(V295.0).

O passo cinquenta(V295.0) é responsável por avançar o cilindro e ligar o passo dez(V291.0) para reiniciar o ciclo.

As figuras a seguir representam o grafcet para as próximas três calhas:

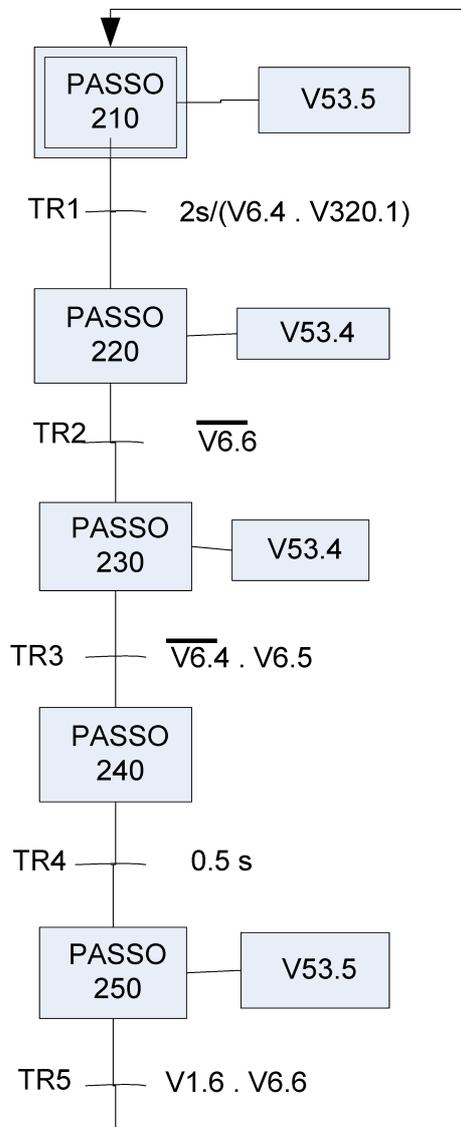


Figura 20 – Grafcet da calha 2.

Fonte: Autoria própria.

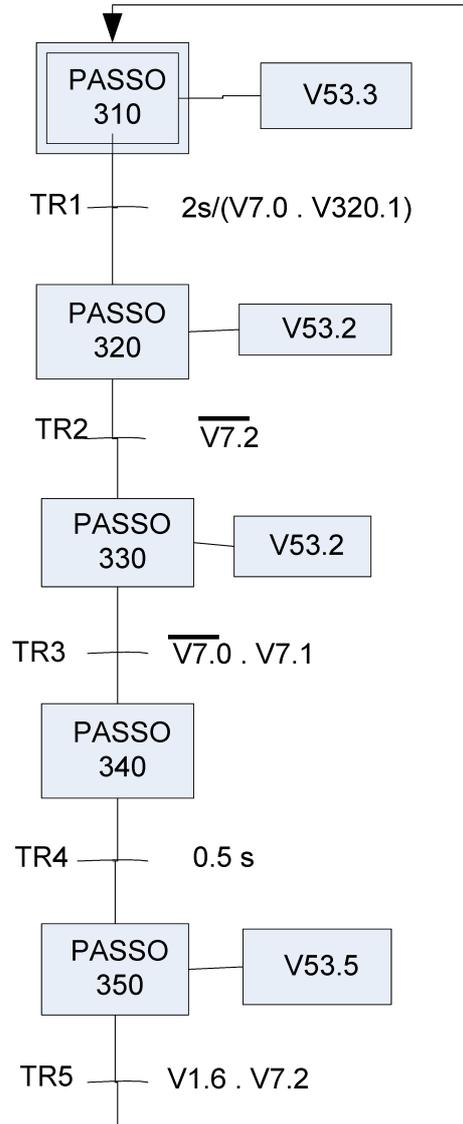


Figura 21 – Grafcet da calha 3.

Fonte: Autoria própria.

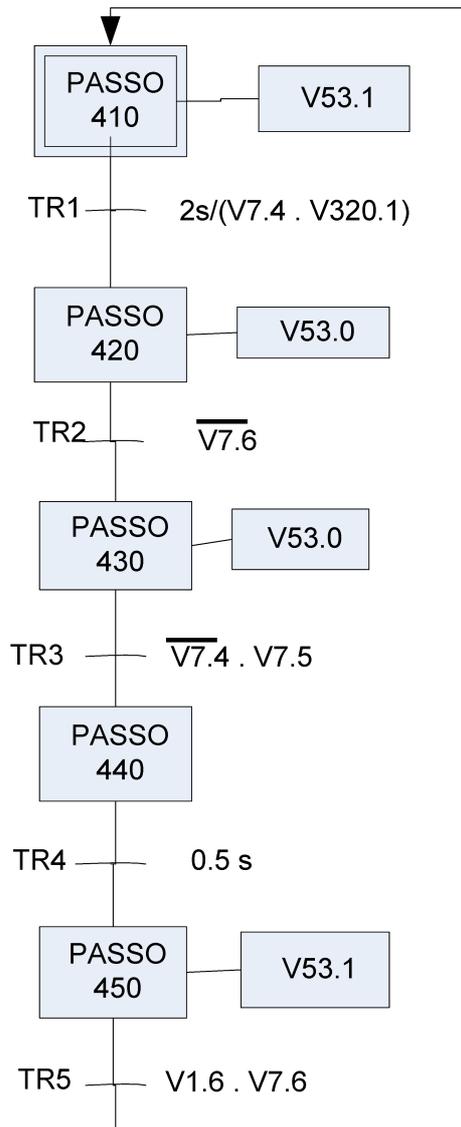


Figura 22 – Grafcet da calha 4.

Fonte: Autoria própria.

4.3 INCLUSÕES NA FUNÇÃO DA MÁQUINA DE MEDIÇÃO DO DIMENSIONAL

No passo zero da sequência de automático ($VB1001 == 0$), foi adicionado o comando de início de ciclo enviado pelo robô ($V0.0$) para iniciar a medição do dimensional e do peso.

No passo quinze da sequência de automático ($VB1001 == 15$) foi adicionado o comando de início de ciclo enviado pelo robô ($V0.0$) para iniciar a medição do dimensional e do peso ($V0.5$).

4.4 INCLUSÕES NA FUNÇÃO DA GRAVADORA

No passo sessenta da sequência de automático(VB1001 == 60) foram separadas as sequências do robô(automático, V0.2 desligada) e a do operador(manual, V0.2 ligada) com o objetivo de possibilitar que o robô inicie o ciclo da gravadora para gravar outra peça enquanto deposita a peça anterior na calha de aprova correspondente. Na sequência em manual não foi habilitada esta função para que o operador não tenha confusão ao depositar a biela.

4.5 ACIONAMENTOS

A lógica de acionamento do cilindro da calha um: Para recuar o cilindro (V53.6) é necessário estar no passo vinte(V292.0) ou trinta(V293.0), porém o sinal de emergência OK(V1.6) deve estar ligado e a memória de falha geral deve estar desligada. Para avançar o cilindro, os passos dez(291.0), quinze(291.3) ou cinquenta(295.0) devem estar ligados. Da mesma forma são acionados o avanço e o recuo dos cilindros das calhas dois, três e quatro, como mostram a seguir as *networks* quatorze, quinze e dezesseis:

Na *network* dezenove, correspondente ao início de ciclo da máquina de medição do peso (Merlin, V52.7), é acionado com o bimanual (V2.6) ou com o comando do robô (V0.5).

A VB674 simboliza a classe da biela. O sinal da classe enviada para a gravadora contém dois *bits*. O *bit* zero (V51.3) é acionado quando a VB674 é igual a 12 ou 22 (*Network* 20). O *bit* um (V51.5) é acionado quando a VB674 é igual a 21 ou 22(*Network* 21).

A *network* 22 é responsável por mover o valor da classe da biela para a gravadora no passo quinze(VB1001 == 15). A dezena da classe da biela é gravada na VB188 e a unidade na VB217, através do recebimento da mensagem por RS232.

O sinal de fim de ciclo do peso (V52.5) enviado ao robô é acionado pela V676.1 (*Network* 23). O sinal de início de ciclo do peso (V52.6) enviado ao robô é acionado pela V676.0 (*Network* 24).

5 RESULTADOS E CONCLUSÕES

O uso da robótica junto com CLP é um recurso relevante para a classificação de bielas.

Com o comando de início de ciclo das máquinas, requisitado pelo robô e fornecido através de sinais digitais, foi possível iniciar o ciclo e informar ao robô sobre o início e fim de ciclo das máquinas.

Ao final da gravação, após o recuo do cilindro, a classe de aprova é informada ao robô, que coloca na calha respectiva à classe por ele recebida.

Ao final do ciclo da medição do dimensional, se reprovada a peça, foi feito o controle da prioridade de reprova através da ordem estabelecida pela metrologia e o robô é informado a respeito da classe resultante deste controle da prioridade.

A informação de peça OK, junto com o fim de ciclo das máquinas, permite que o robô manipule a peça para a próxima estação.

A calha de aprova foi gerenciada através de lógica *Ladder* com filosofia Grafcet e permitiu que as bielas não fossem misturadas.

Os sinais enviados ao robô e às máquinas, junto com a programação eficiente do robô, resultaram em um tempo de ciclo abaixo de oito segundos, requisitado pela produção.

REFERÊNCIAS

CLUBE DA ELETRÔNICA. Disponível em:

<<http://www.clubedaeletronica.com.br/Automacao/Automa%20telecurso/autoa17.pdf>>

Acesso em 29 Jan. 2014.

Controlador do robô, modelo R30ib. Disponível em:

<<http://www.fanucrobotics.se/en/products/controllers/r-30ib>>

Acesso em: 22 fev. 2014

Equipamento do dispositivo de medição do dimensional. Disponível em:

<http://www.marposs.com/product.php/eng/industrial_pc_workstation>

Acesso em: 22 fev. 2014

Máquina de micropercussão – Unidade de controle. Disponível em:

<<http://www.technifor.com.br/br/produtos/maquinas-de-micropercussao/maquinas-integraveis/cn110p/unidade-de-controle.html>>

Acesso em: 22 fev. 2014

MARX, KARL, **Os Economistas – Karl Marx, O Capital – Crítica da Economia Política**, Editora Nova Cultural Ltda., São Paulo, 1996.

SCHIAVICCO, L., SICILIANO, B., **Robotica Industriale - Modellistica e Controllo di Manipolatori**, 1 ed., McGraw-Hill Inc., Milano, 1995.

Solda Automática. Disponível em:

<www.soldaautomatica.com.br/index_arquivos/Arquivos/PDF%2016-UNICAMP-Cap%201-Indrodu%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0%20Rob%C3%B3tica%20Industrial.pdf>

Acesso em: 21 mar. 2014

Infomotor. Disponível em:

<<http://www.infomotor.com.br/site/2009/02/biela-do-motor/>>

Acesso em: 21 mar. 2014

Programação em Diagrama de Bloco de funções. Disponível em:

<<http://unipacieca.blogspot.com.br/2010/10/diagrama-de-bloco-de-funcao.html>>

Acesso em: 14 jan. 2014

Programação em Gráfico de função sequencial. Disponível em:

<<http://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET>>

Acesso em: 15 jan. 2014

Robô, modelo M10iA. Disponível em:

<http://www.fanucrobotics.com/cmsmedia/datasheets/M-10iA%20and%20M-20iA%20Series_172.pdf>

Acesso em: 22 fev. 2014

APÊNDICES

APÊNDICE A – LÓGICA DA FUNÇÃO DO ROBÔ

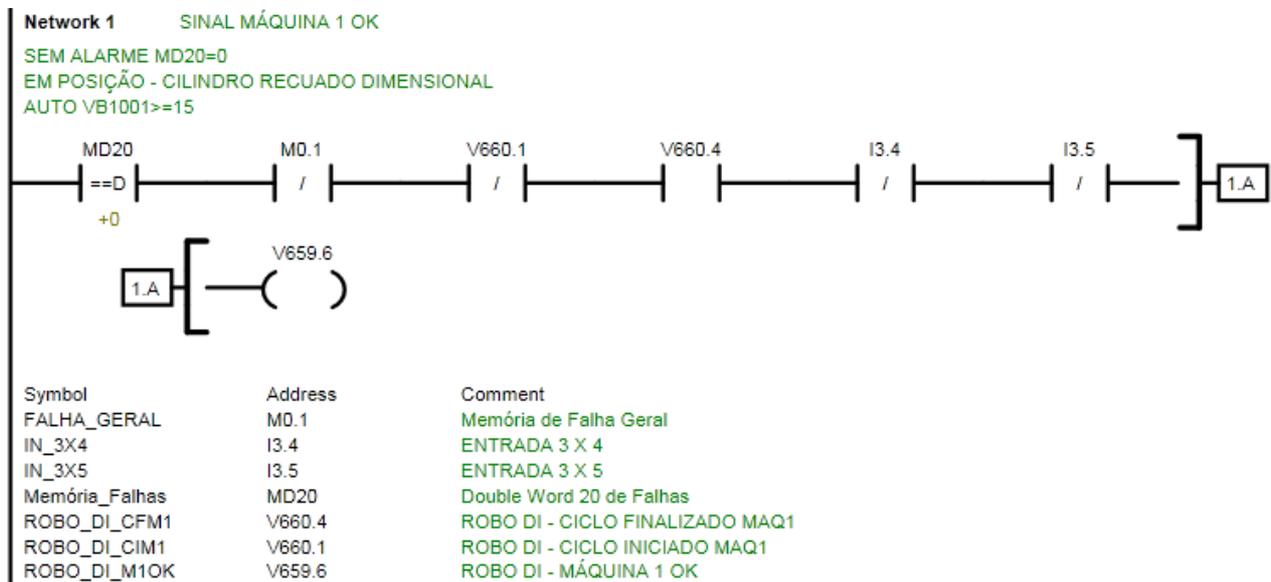


Figura 23 – Máquina 1 OK

Fonte: Autoria Própria

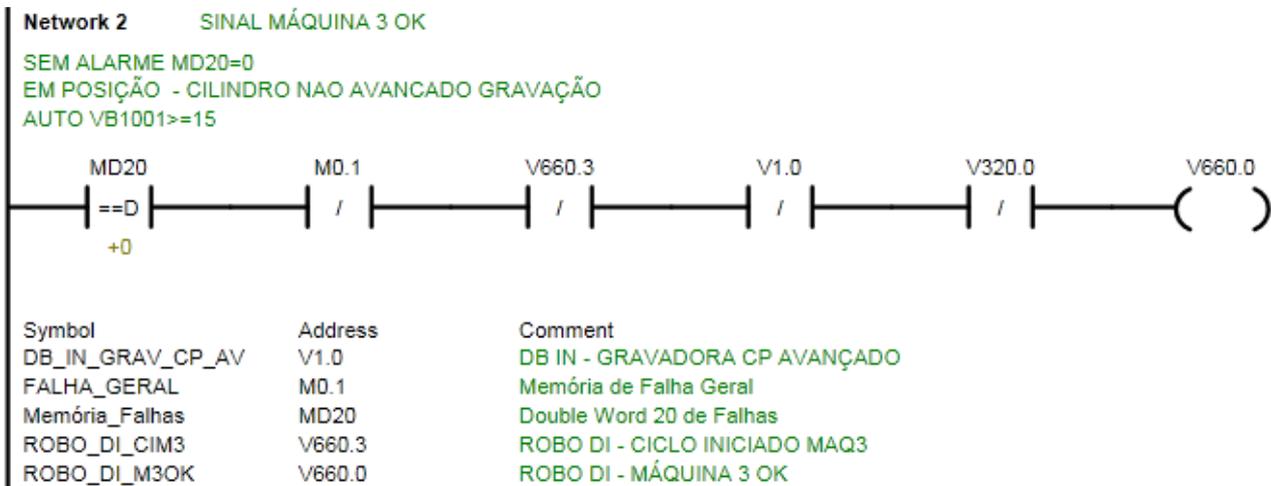


Figura 24 – Máquina 3 OK

Fonte: Autoria Própria

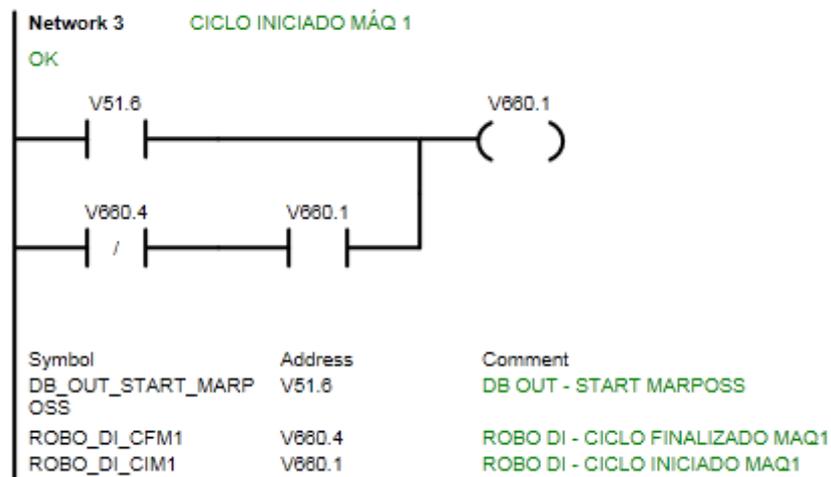


Figura 25 – Ciclo iniciado da máquina 1

Fonte: Autoria própria

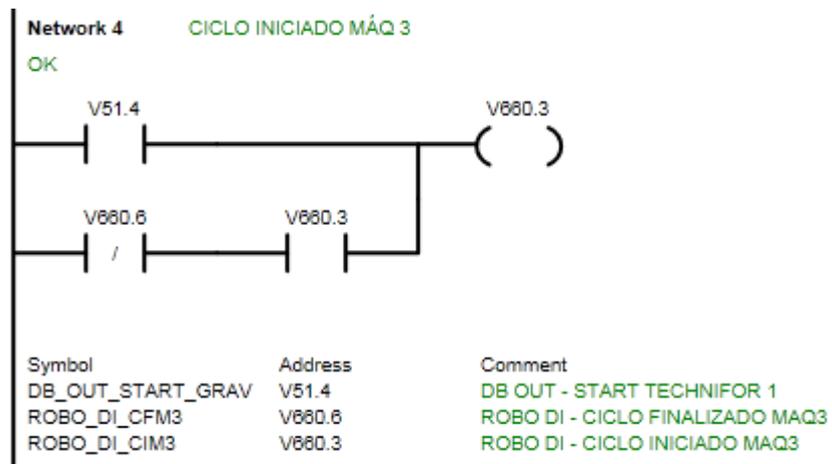


Figura 26 – Ciclo iniciado da máquina 3

Fonte: Autoria própria

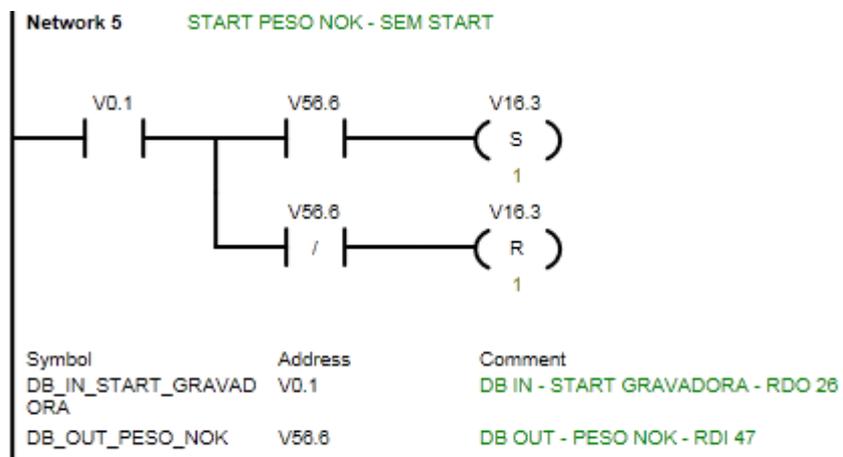


Figura 27 – Condição para iniciar a gravação.

Fonte: Autoria própria.

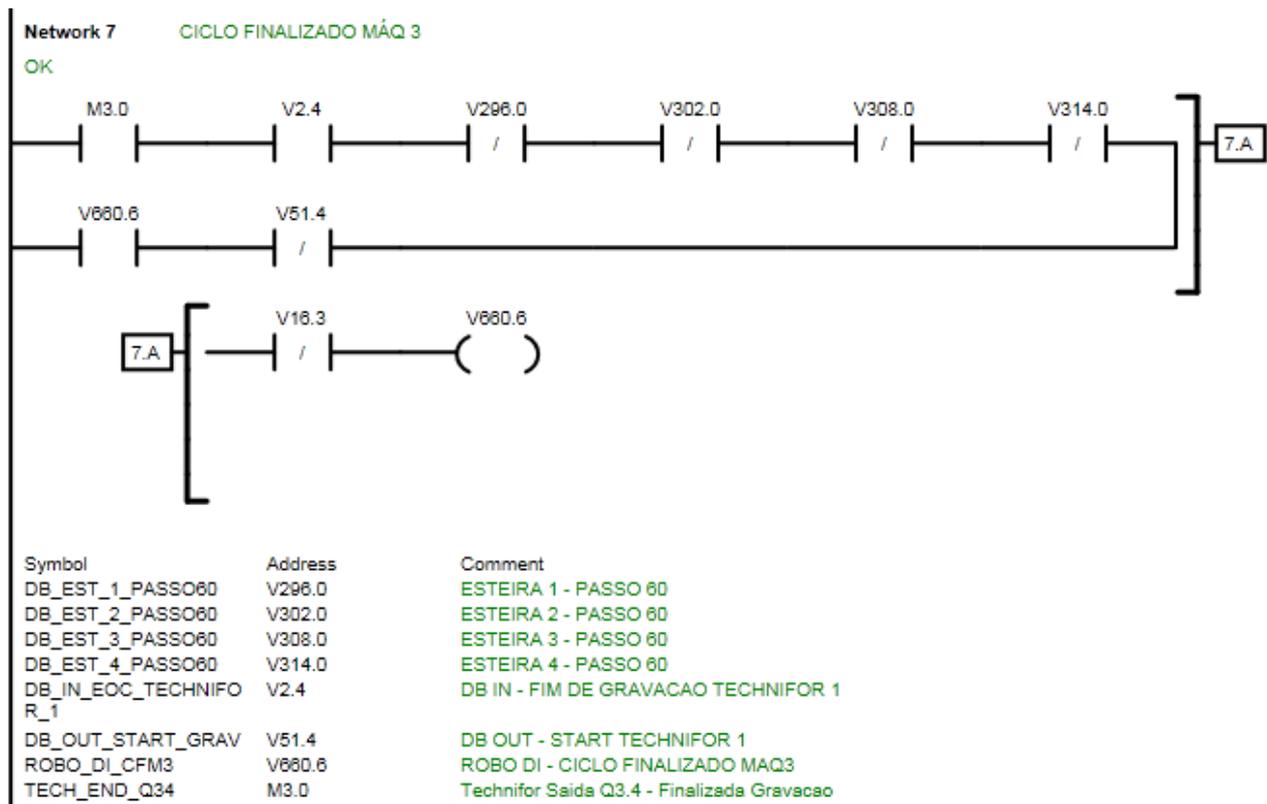


Figura 28 – Fim de ciclo da Máquina 3

Fonte: Autoria própria

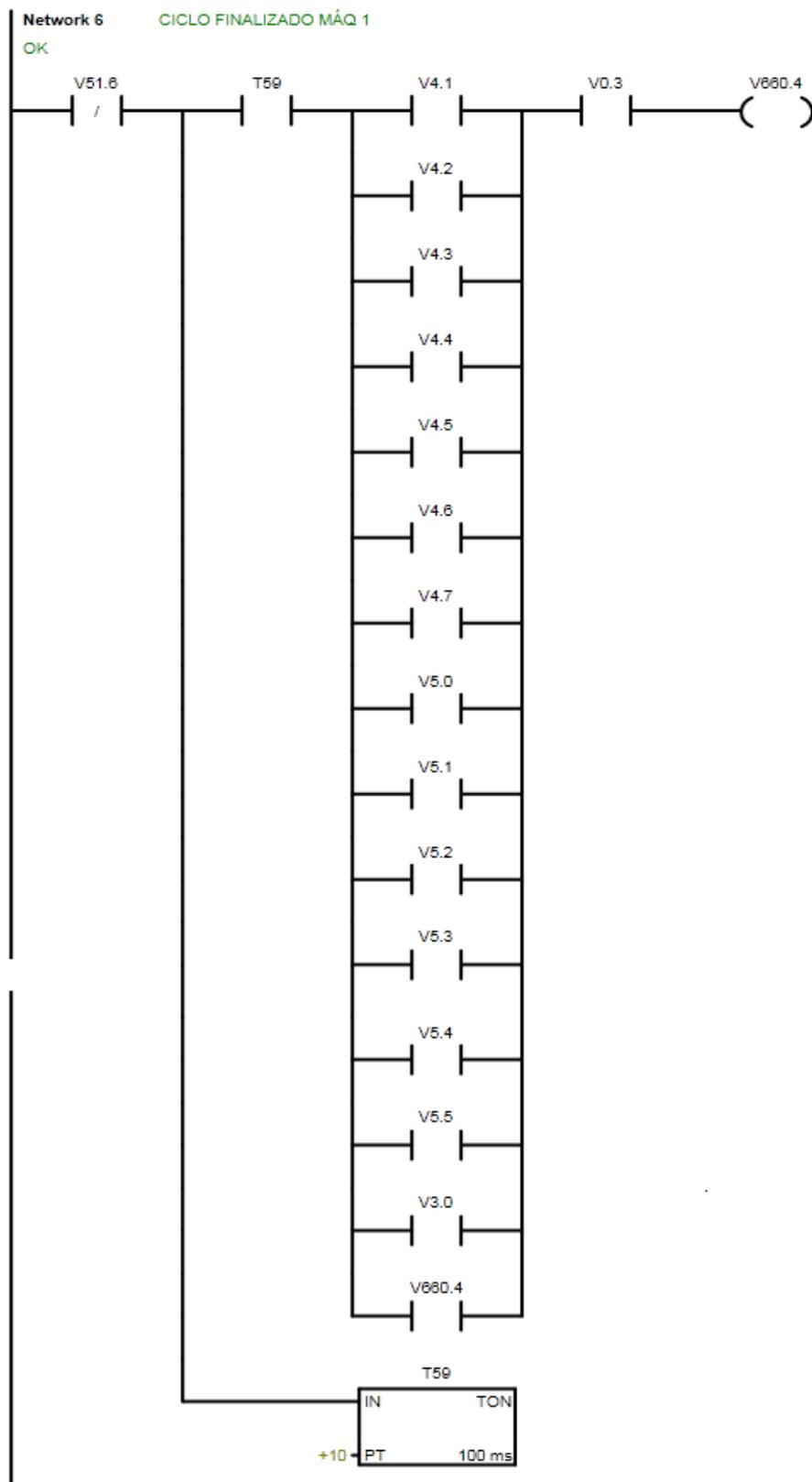


Figura 29 – Fim de ciclo da máquina 1.

Fonte: Autoria Própria

Symbol	Address	Comment
DB_IN_3_0	V3.0	DB IN - DIMENSIONAL OK
DB_IN_CP_DIM_RC	V0.3	DB IN - CP DIMENCIONAL RC
DB_IN_MARP_TR10	V5.1	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 10 - PERPENDICULAR
DB_IN_MARP_TR11	V5.2	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 11 - DIST. ENTRE CENTROS
DB_IN_MARP_TR12	V5.3	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 12 - OVALIZAÇÃO OLHAIS
DB_IN_MARP_TR13	V5.4	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 13 - DIAMETRO 17 +
DB_IN_MARP_TR14	V5.5	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 14 - DIAMETRO 41/45+
DB_IN_MARP_TR2	V4.1	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 2 - FLEXÃO
DB_IN_MARP_TR3	V4.2	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 3 - SIMETRIA
DB_IN_MARP_TR4	V4.3	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 4 - ESPESSURA
DB_IN_MARP_TR5	V4.4	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 5 - TORÇÃO +
DB_IN_MARP_TR6	V4.5	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 6 - TORÇÃO -
DB_IN_MARP_TR7	V4.6	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 7 - CONICIDADE
DB_IN_MARP_TR8	V4.7	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 8 - DIAMETRO 17-
DB_IN_MARP_TR9	V5.0	DB IN - MARPOSS - TIPO REPROVA 9 - DIAMETRO 41/45-
DB_OUT_START_MARP OSS	V51.8	DB OUT - START MARPOSS
ROBO_DI_CFM1	V660.4	ROBO DI - CICLO FINALIZADO MAQ1
TIMER_EOC_M3	T59	TIMER - EOC M3 GRAV

Figura 30 – Lista de variáveis do fim de ciclo da máquina 1.

Fonte: Autoria própria.

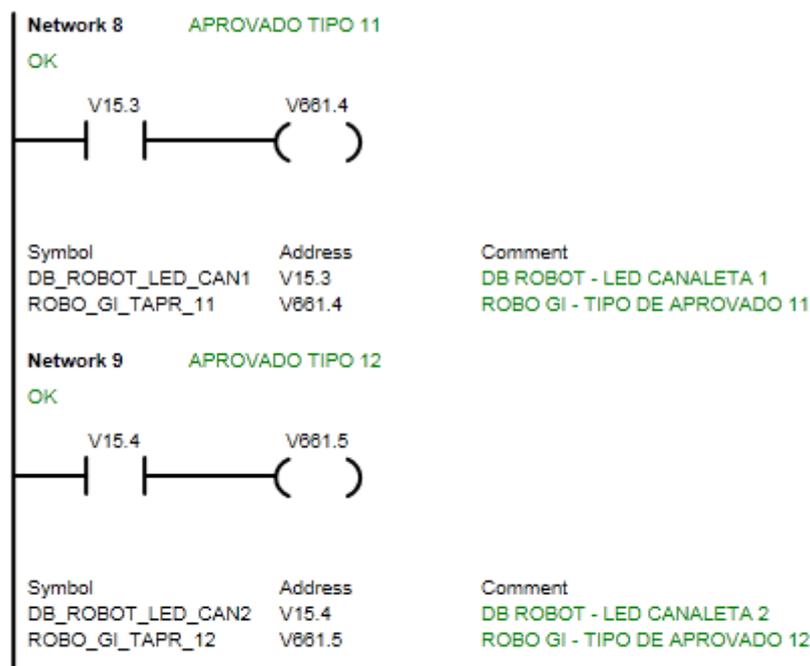


Figura 31 – Sinais de classe de peça aprovada dos tipos 11 e 12.

Fonte: Autoria própria.

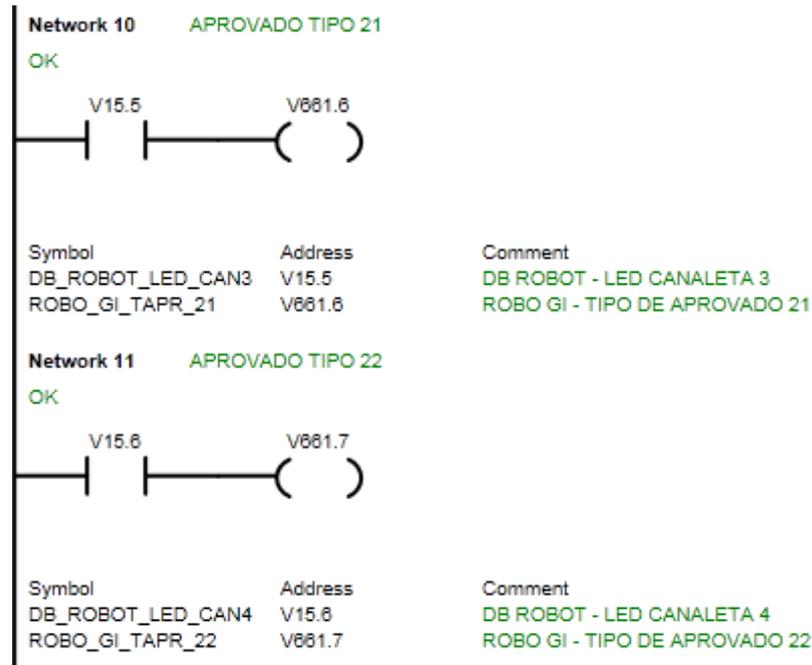


Figura 32 – Sinais de classe de peça aprovada dos tipos 21 e 22.

Fonte: Autoria própria.

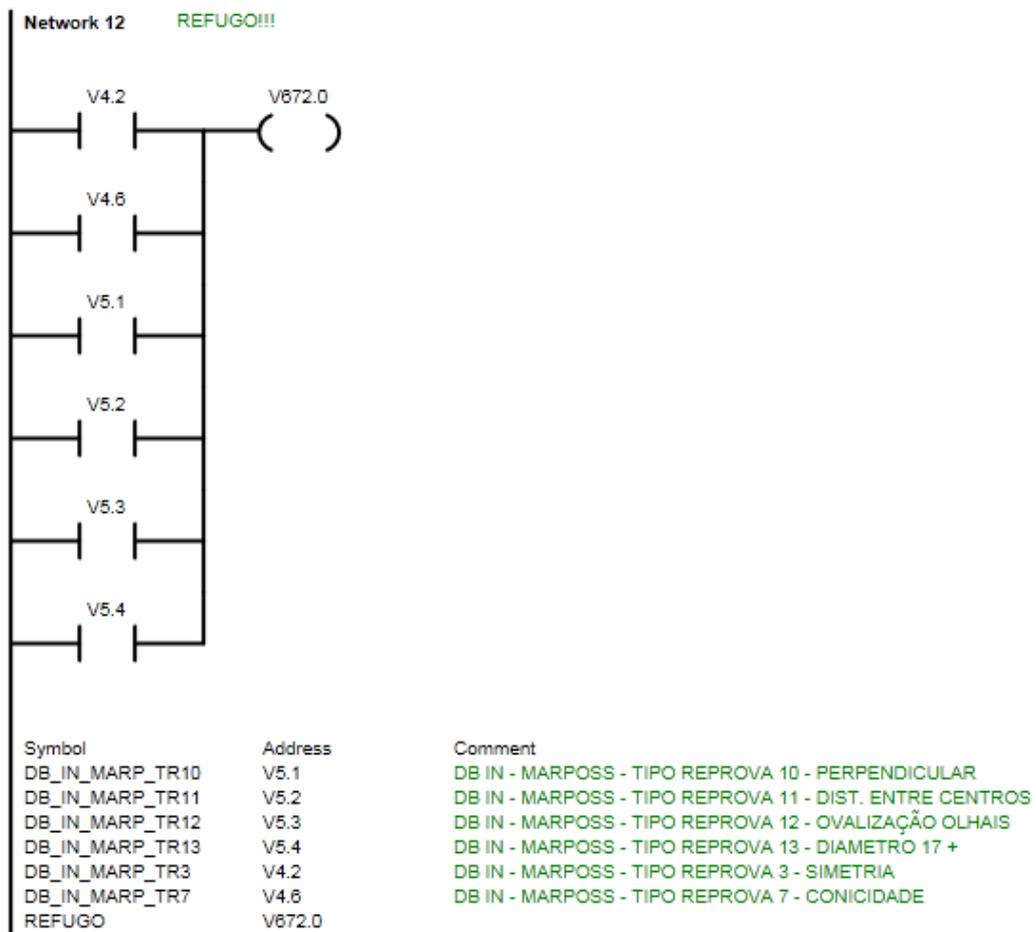


Figura 33 – Sinais de refugo.

Fonte: Autoria própria

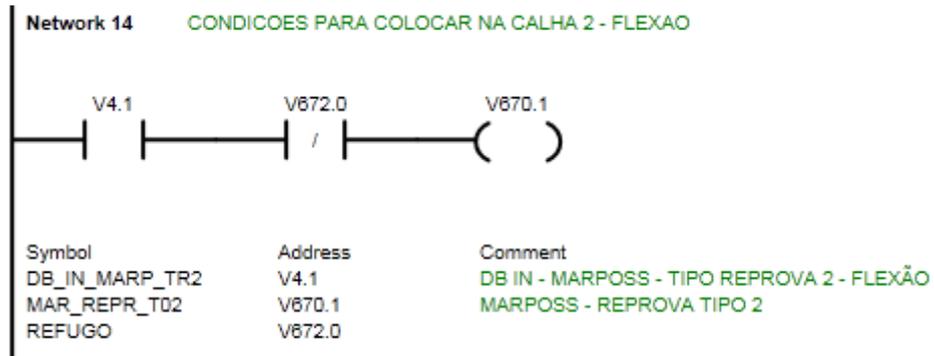


Figura 34 – Prioridade 1 de retrabalho.

Fonte: Autoria própria.

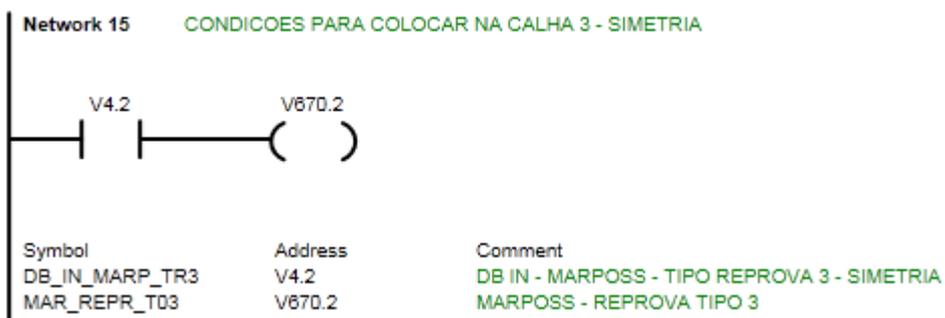


Figura 35 – Propriedade 1 de refugo.

Fonte: Autoria própria.

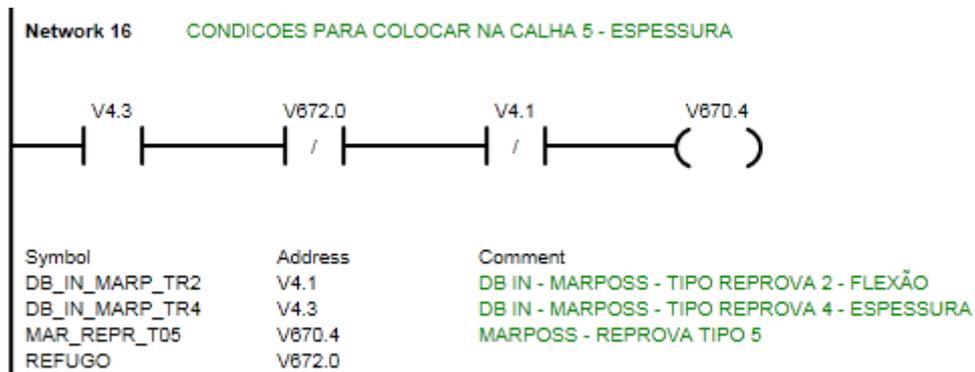


Figura 36 – Prioridade 2 de retrabalho.

Fonte: Autoria própria.

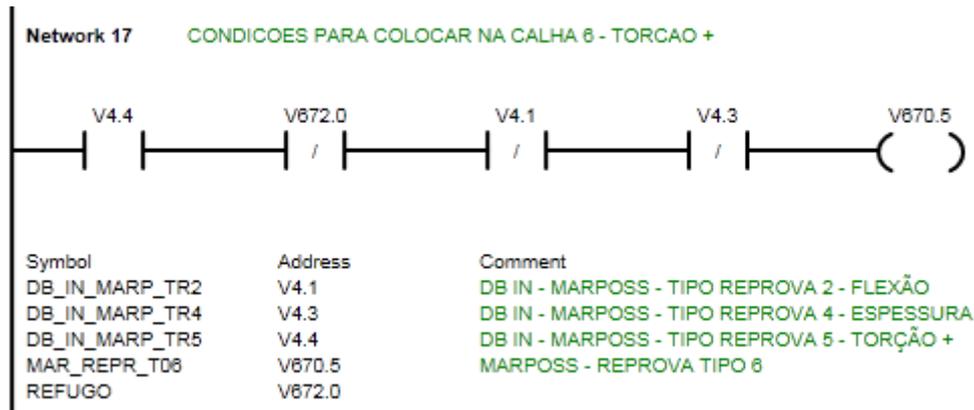


Figura 37 – Prioridade 3 de retrabalho.

Fonte: Autoria própria.

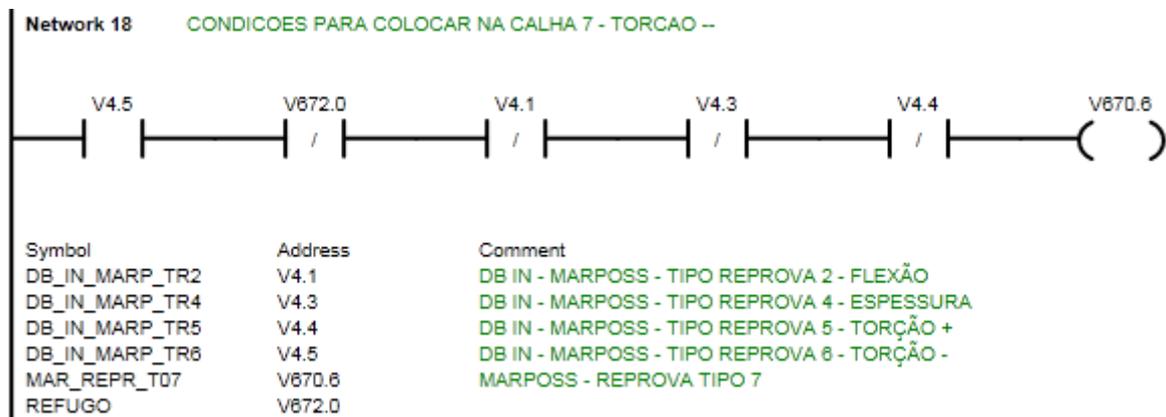


Figura 38 – Prioridade 4 de retrabalho.

Fonte: Autoria própria.

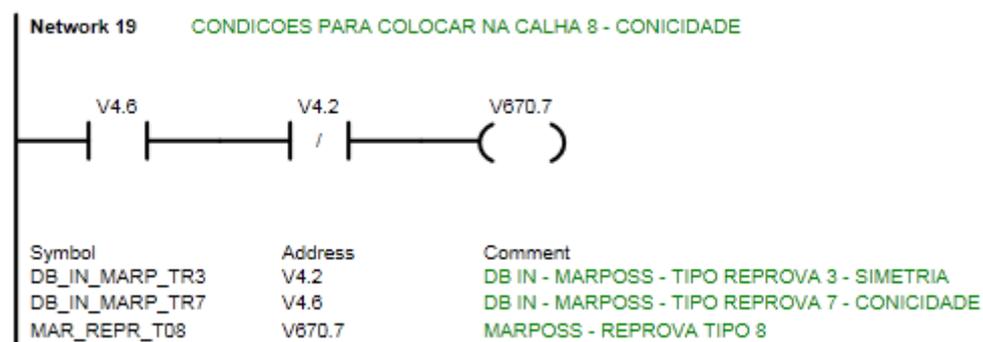


Figura 39 – Prioridade 2 de refugo.

Fonte: Autoria própria.

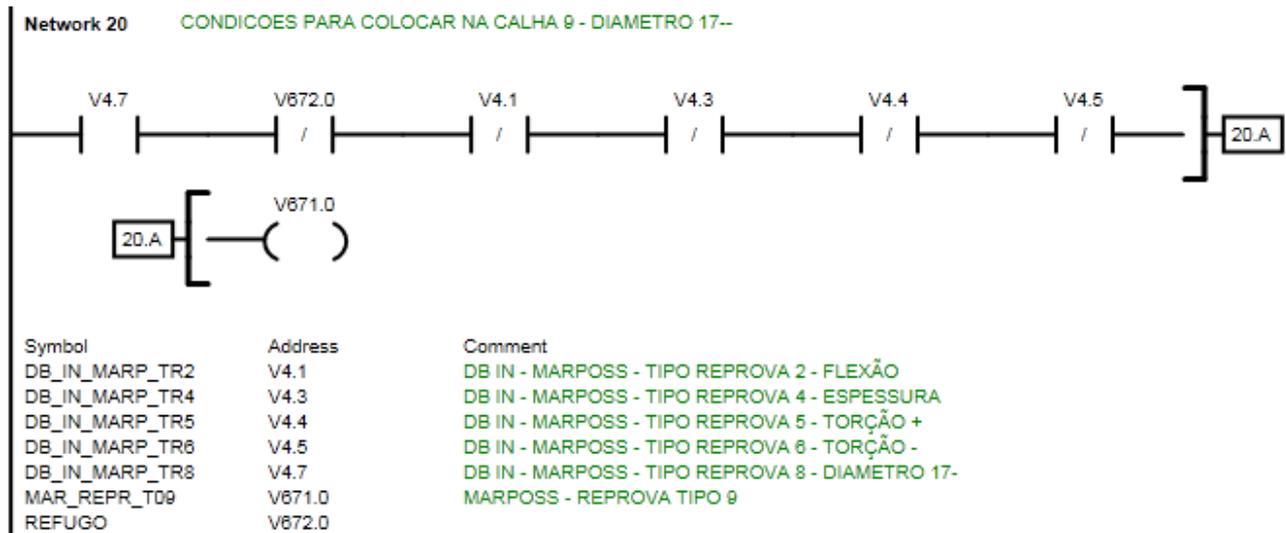


Figura 40 – Prioridade 5 de retrabalho.

Fonte: Autoria própria.

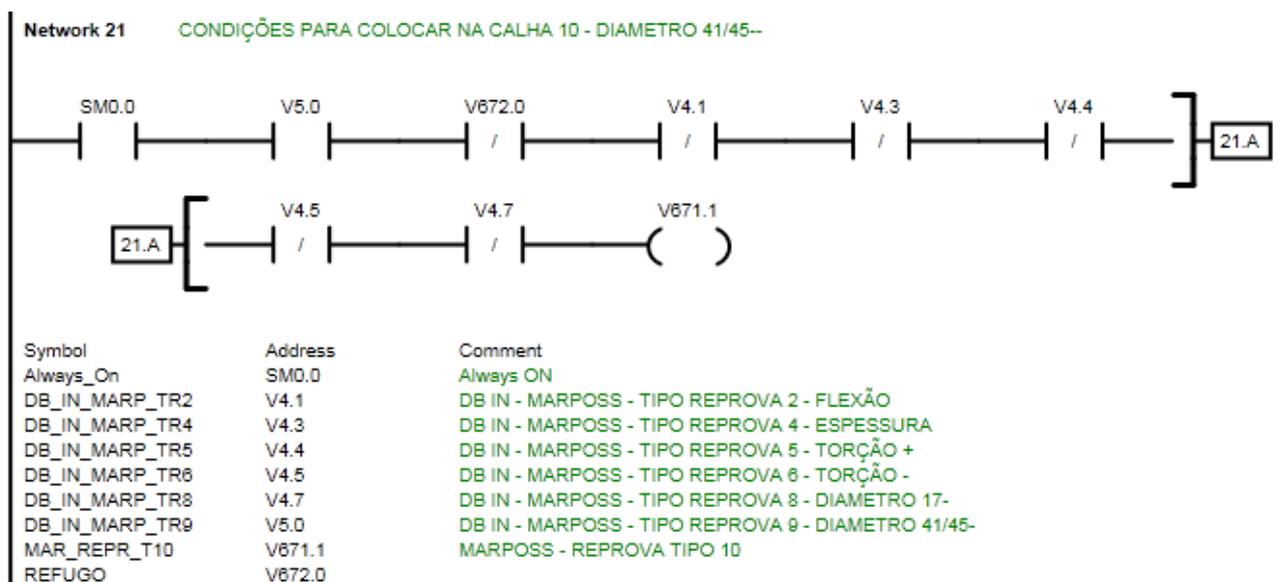


Figura 41 – Prioridade 6 de retrabalho.

Fonte: Autoria própria.

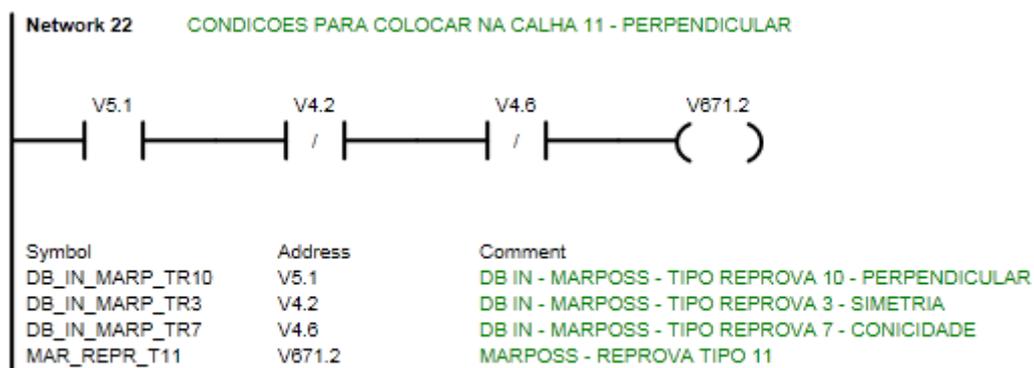


Figura 42 – Prioridade 3 de refugo.

Fonte: Autoria própria.

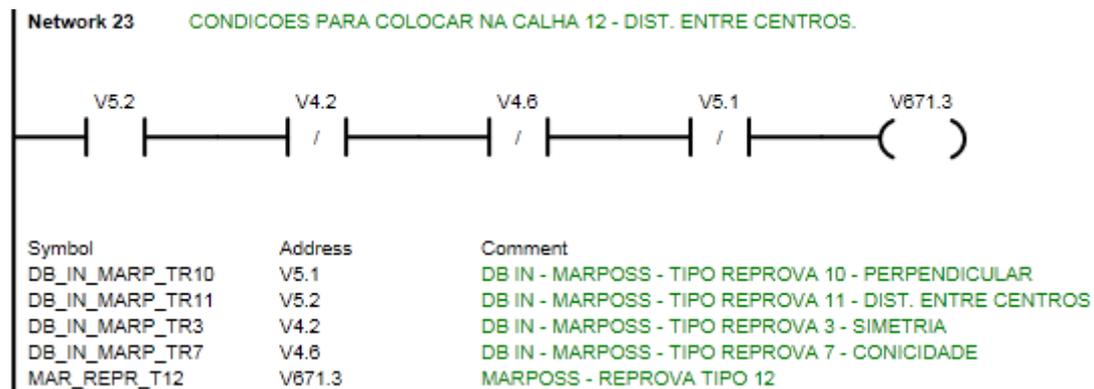


Figura 43 – Prioridade 4 de refugo.

Fonte: Autoria própria.



Figura 44 – Prioridade 5 de refugo.

Fonte: Autoria própria.

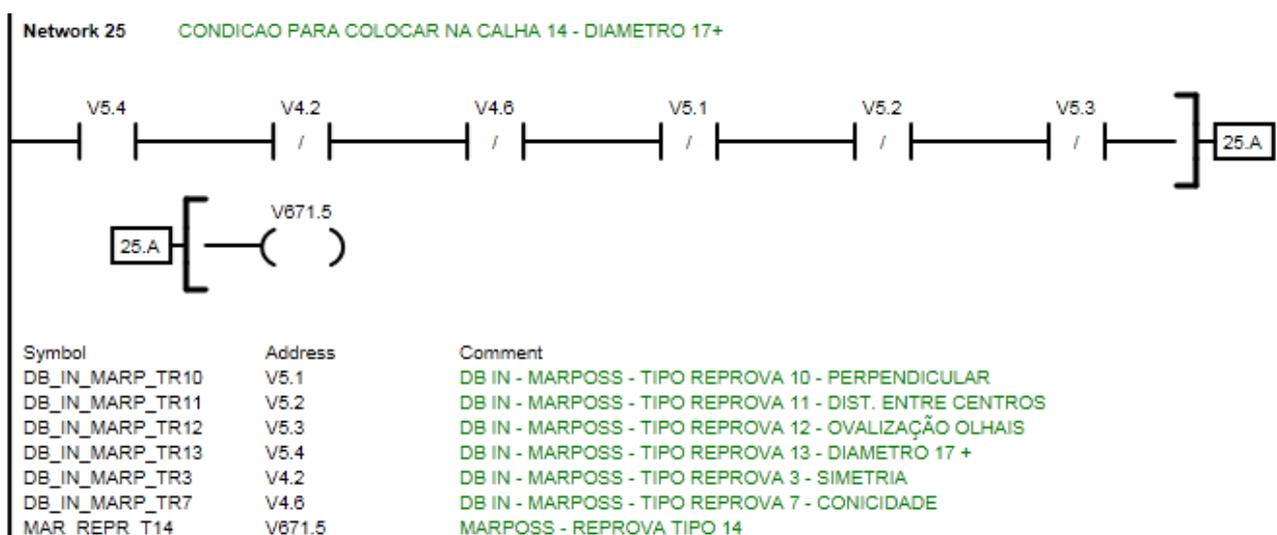


Figura 45 – Prioridade 6 de refugo.

Fonte: Autoria própria.

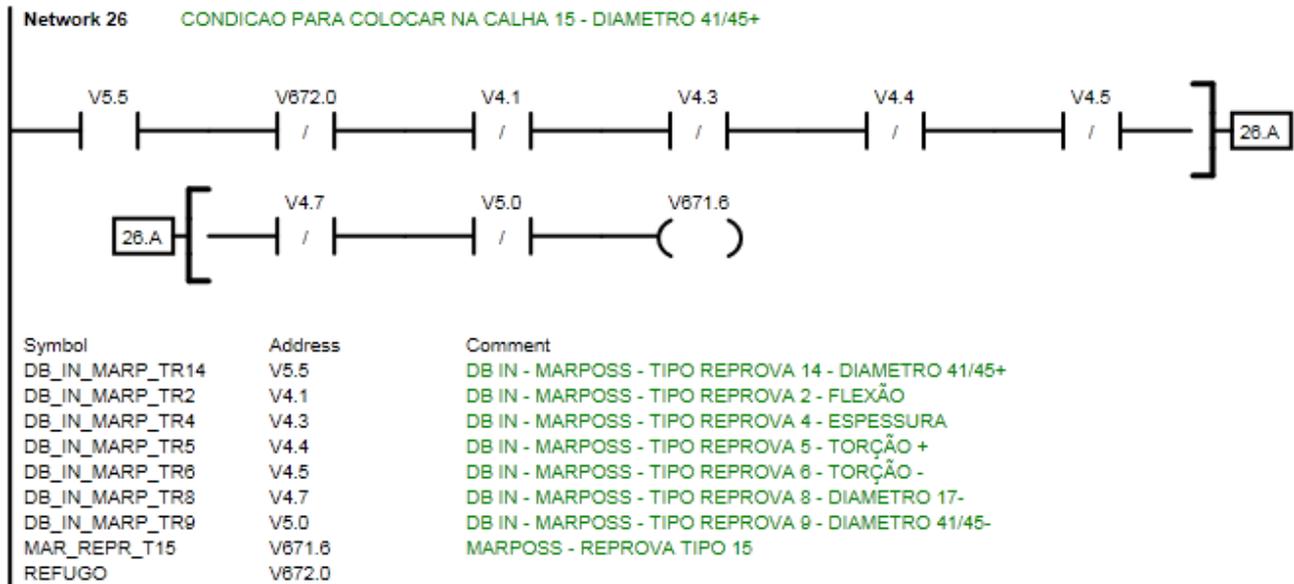


Figura 46 – Prioridade 7 de retrabalho.

Fonte: Autoria própria.

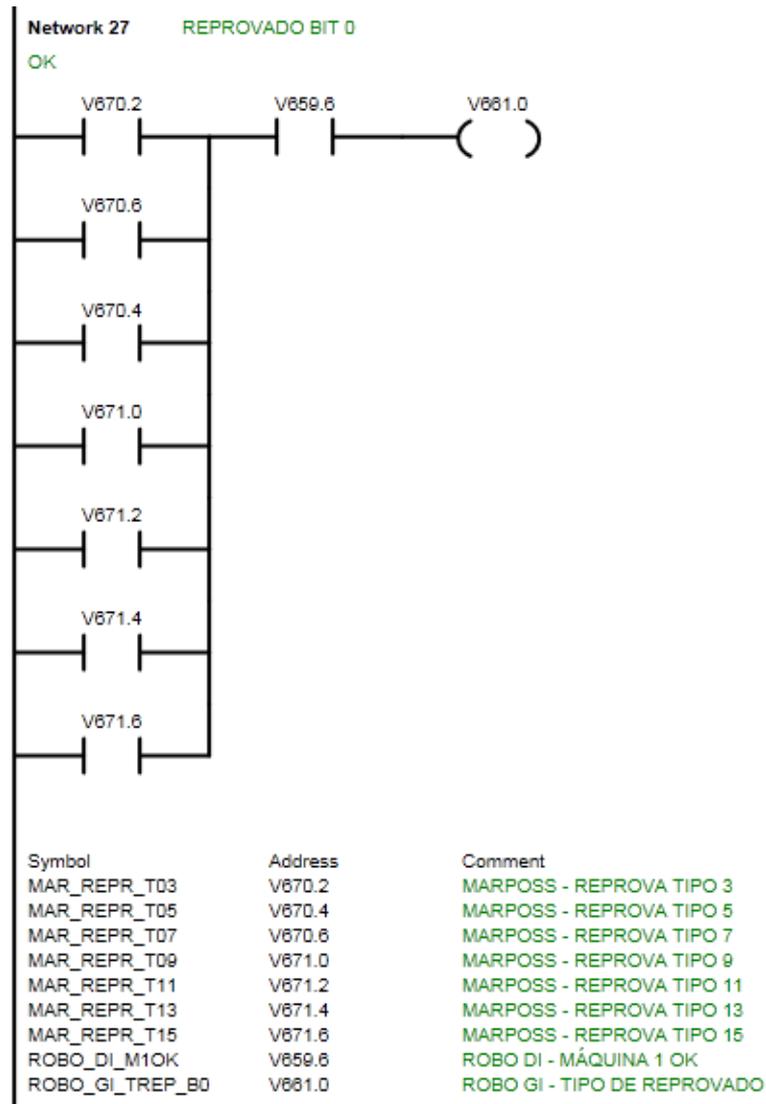


Figura 47 – Configuração do *bit* 0 do sinal de reprova

Fonte: Autoria própria.

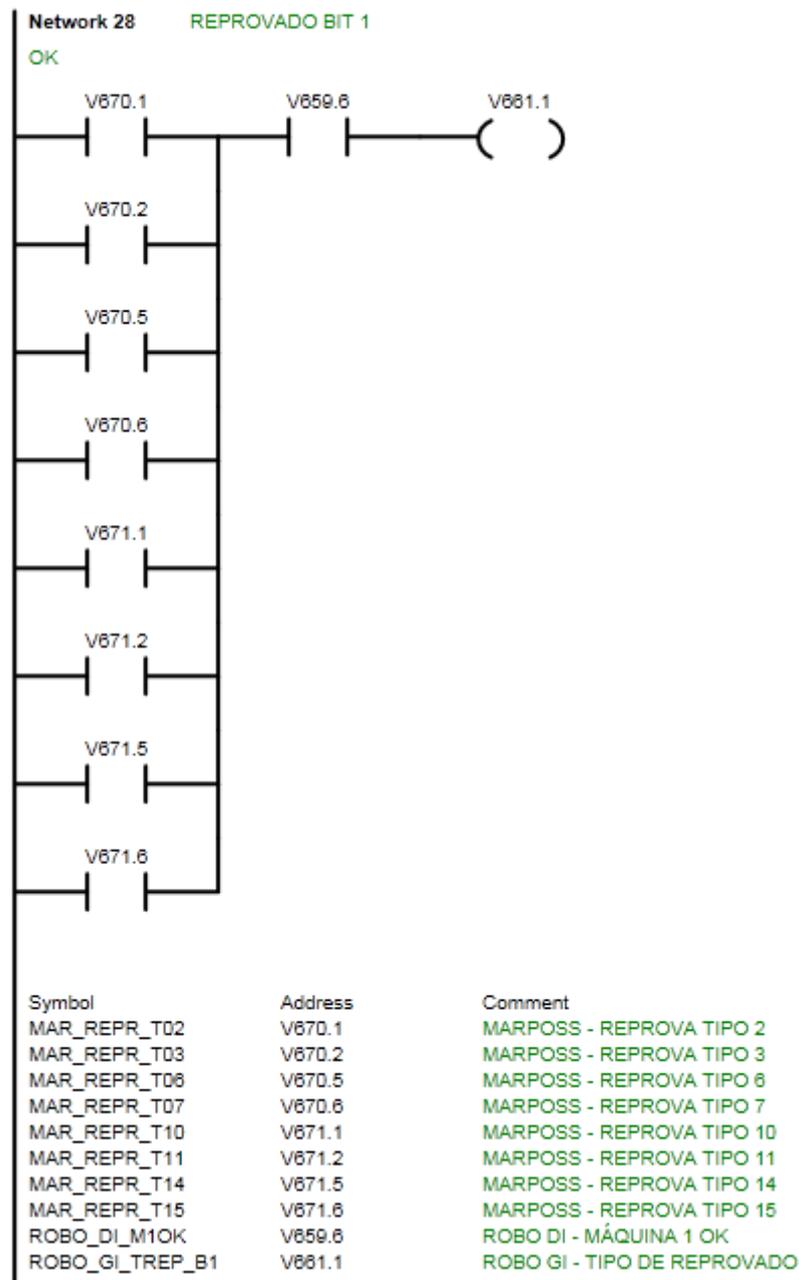


Figura 48 – Configuração do *bit* 1 do sinal de reprova.

Fonte: Autoria própria.

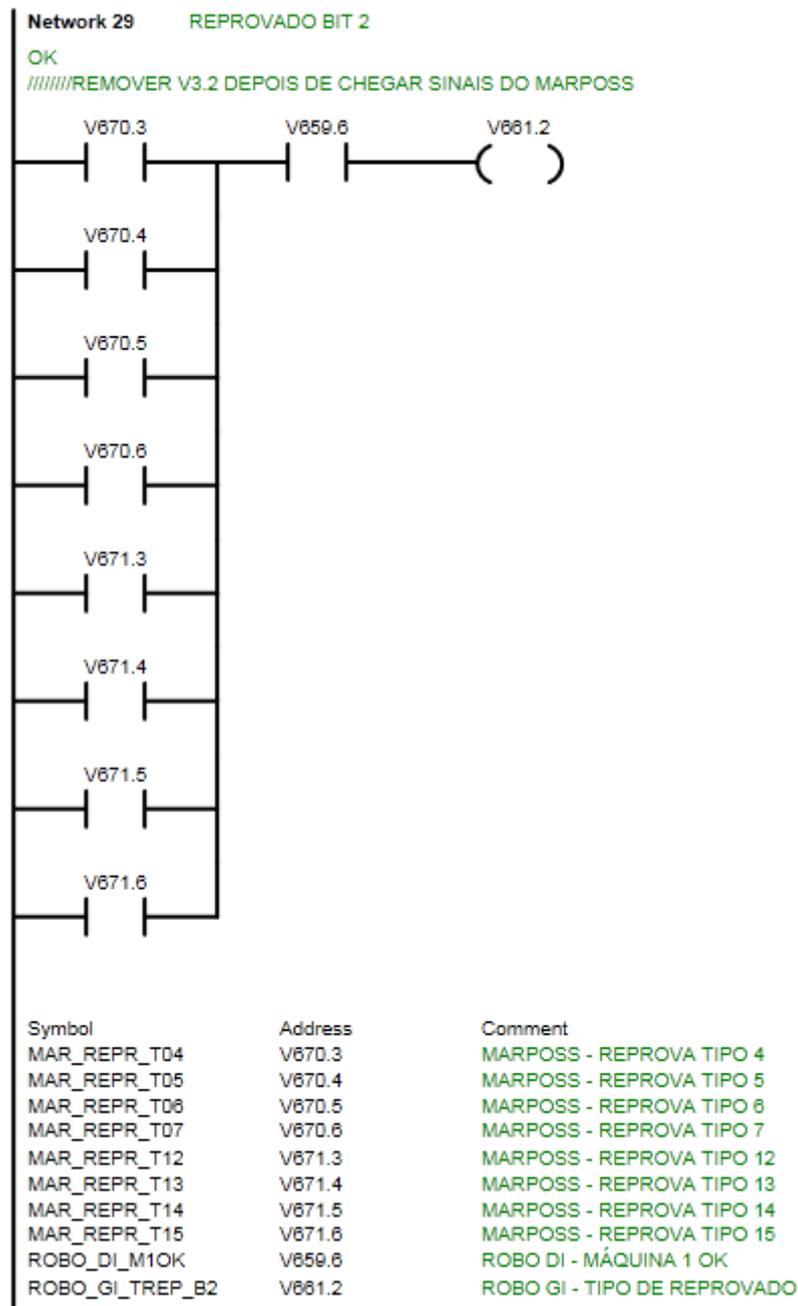


Figura 49 - Configuração do bit 2 do sinal de reprova.

Fonte: Autoria própria.

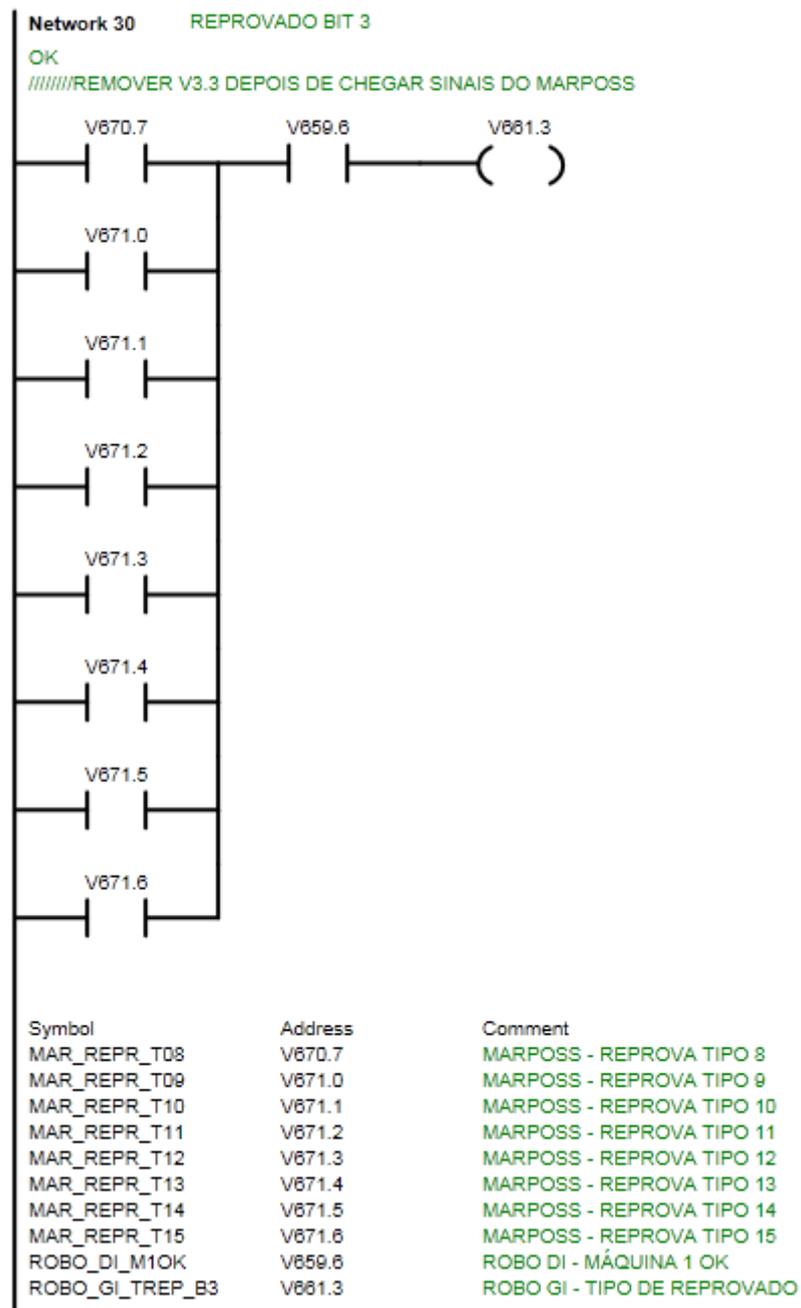


Figura 50 – Configuração do *bit* 3 do sinal de reprova.

Fonte: Autoria própria.

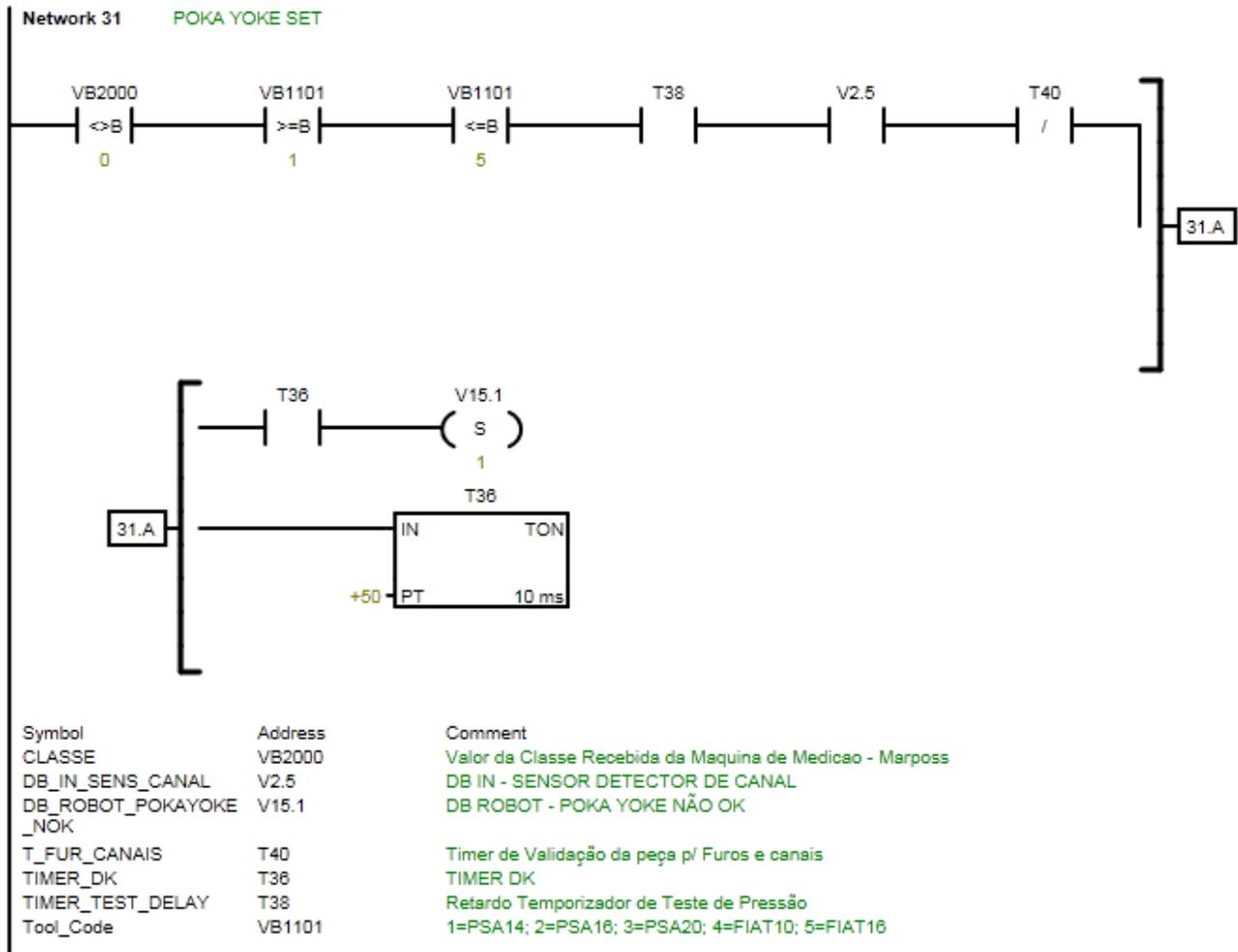


Figura 51 – Condição para ligar o sinal de reprova do *Poka-Yoke*.

Fonte: Autoria própria.

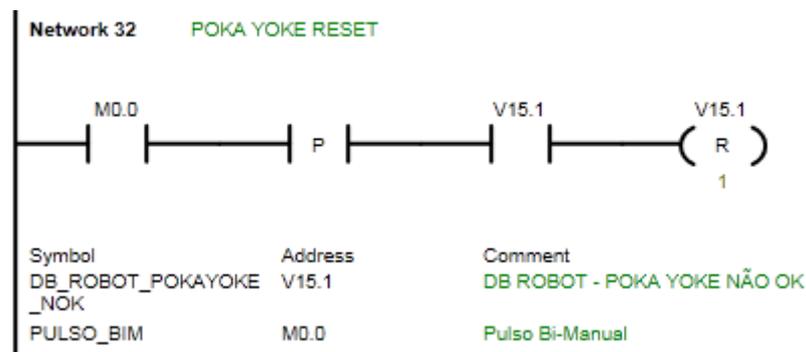


Figura 52 – Condição para desligar o sinal de reprova do *Poka-Yoke*.

Fonte: Autoria própria.

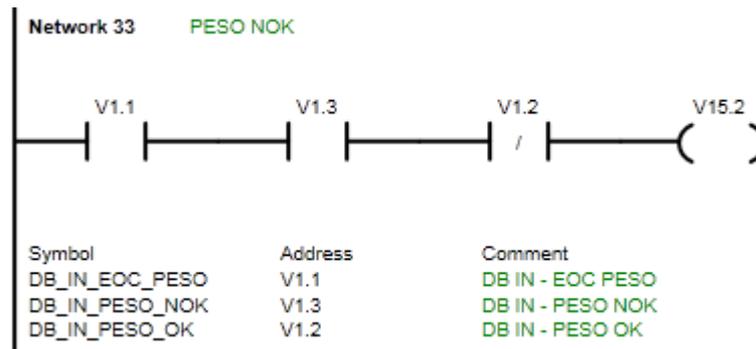


Figura 53 – Condição para disponibilizar o sinal de reprova no peso.

Fonte: Autoria própria.

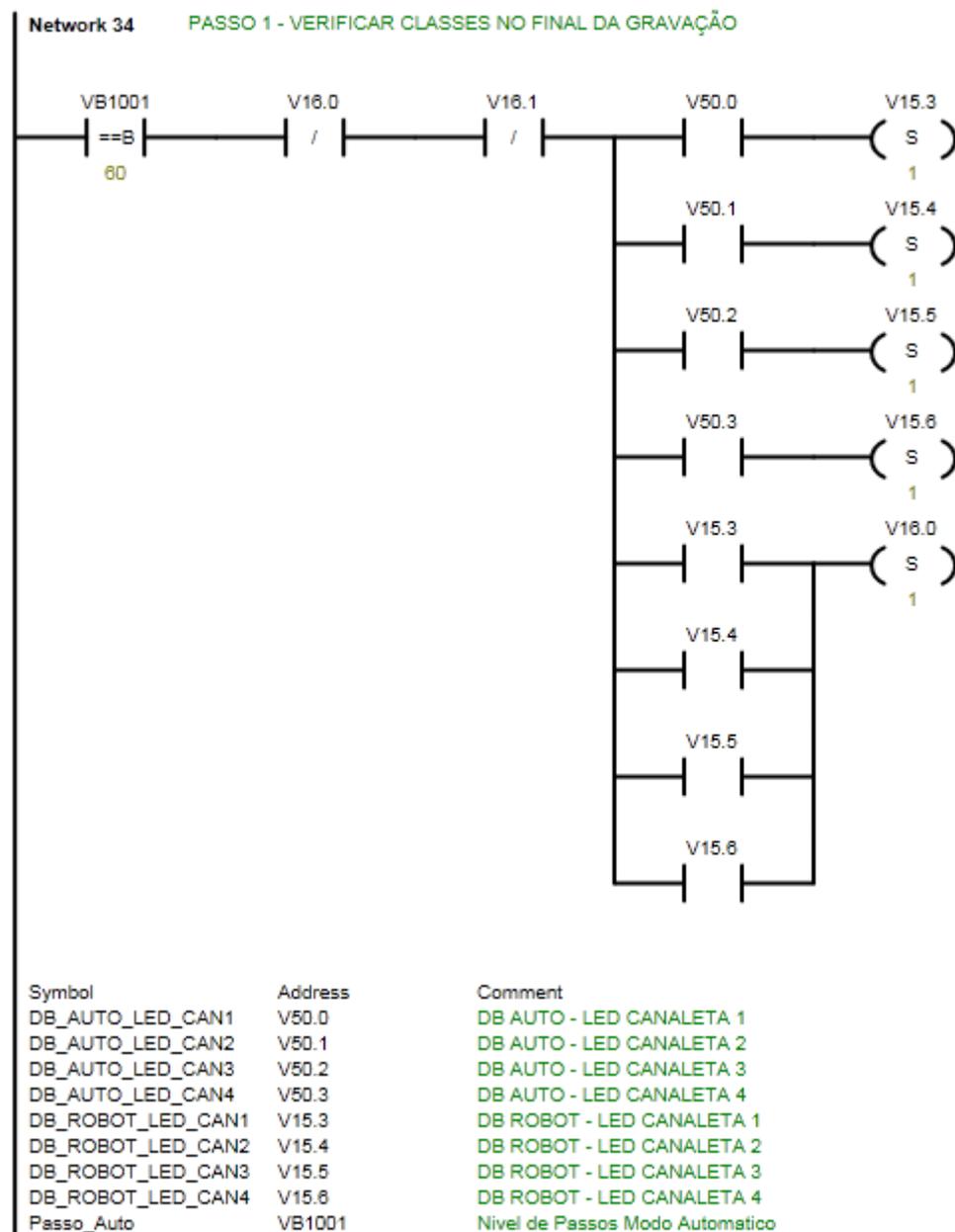


Figura 54 – Primeiro passo para depositar a peça na calha.

Fonte: Autoria própria.

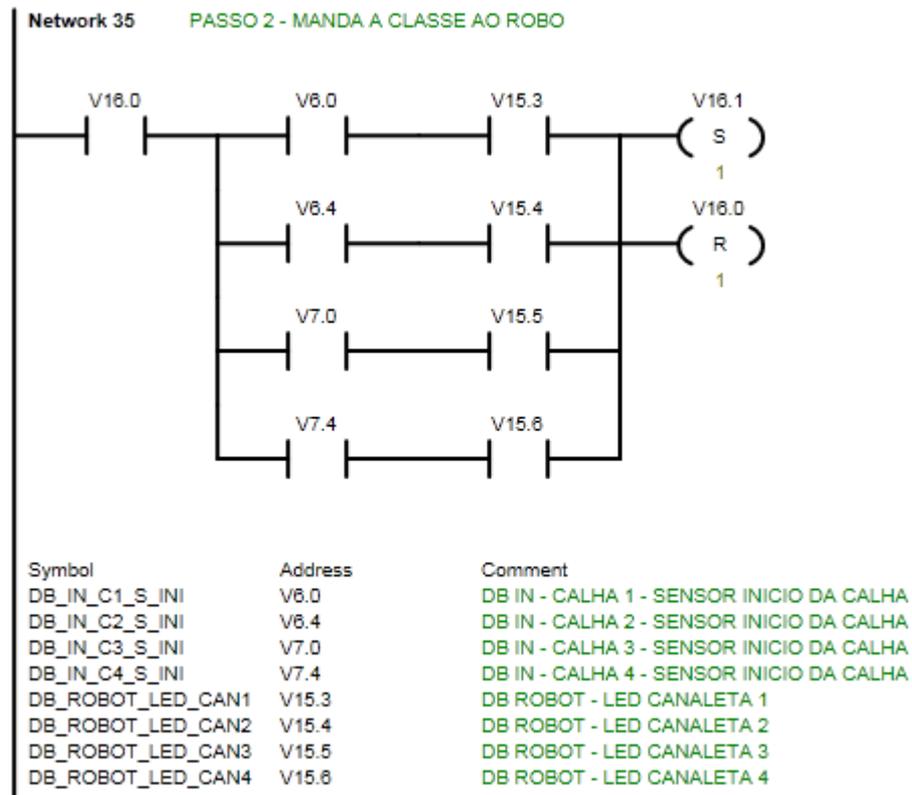


Figura 55 – Segundo passo para depositar a peça na calha.

Fonte: Autoria própria.

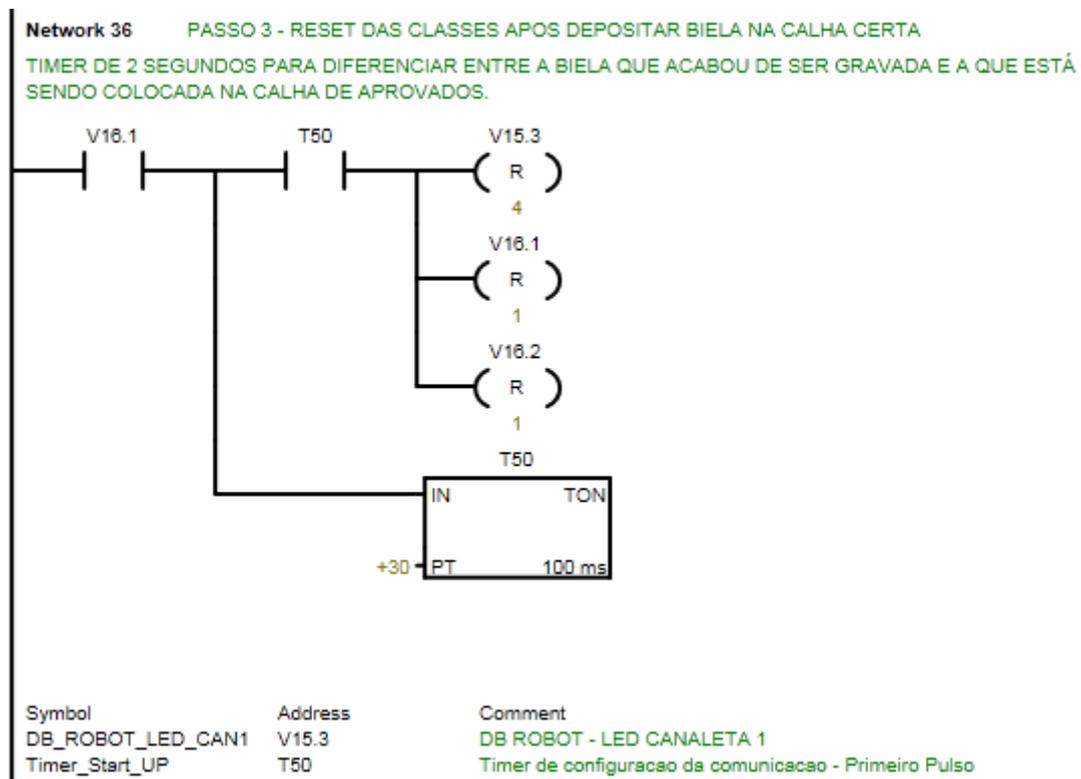


Figura 56 – Terceiro passo para depositar a peça na calha.

Fonte: Autoria própria.

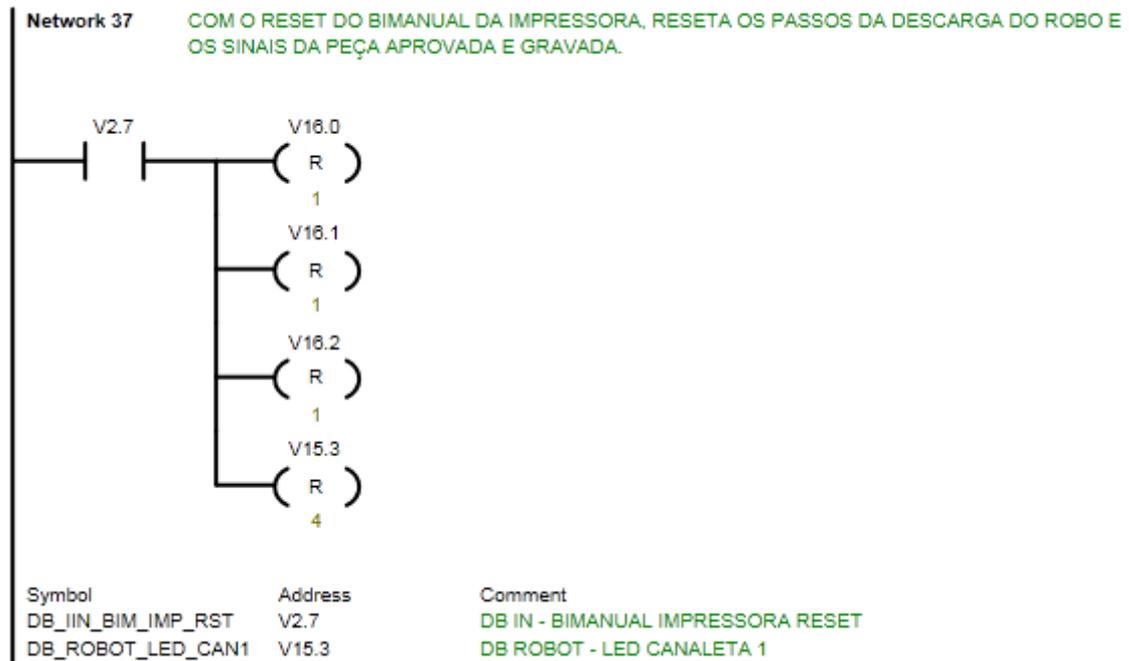


Figura 57 – Função do *reset* para os passos de depósito da peça na calha.

Fonte: Autoria própria.

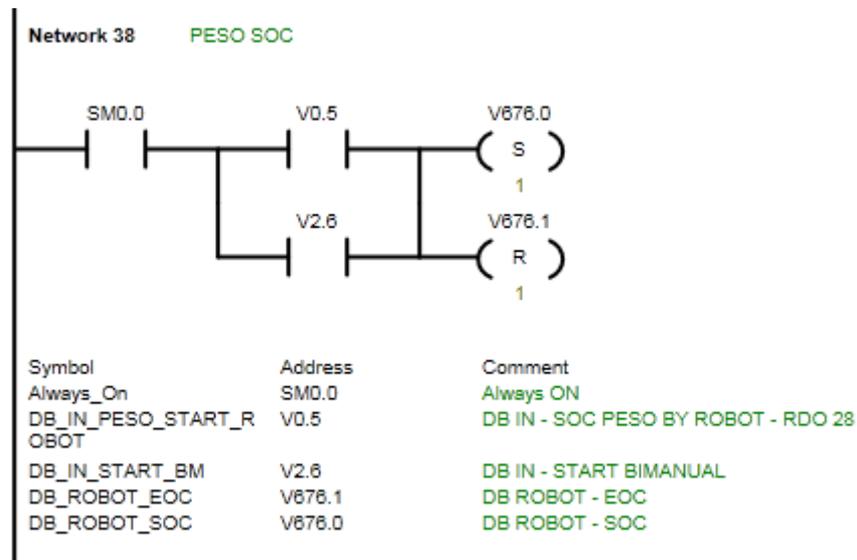


Figura 58 – Sinal de início de ciclo enviado ao robô.

Fonte: Autoria própria.

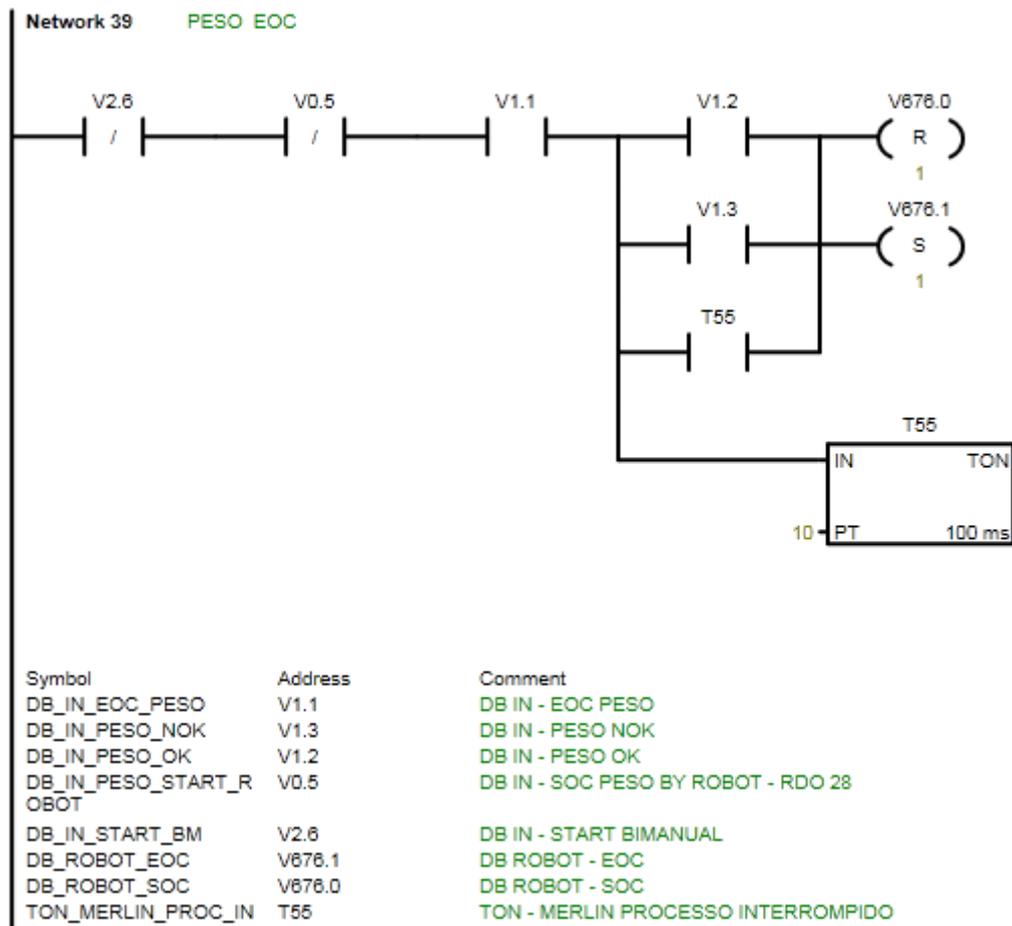


Figura 59 – Sinal de fim de ciclo enviado ao robô.

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE B – LÓGICA DA FUNÇÃO DAS CALHAS DE PEÇAS APROVADAS.

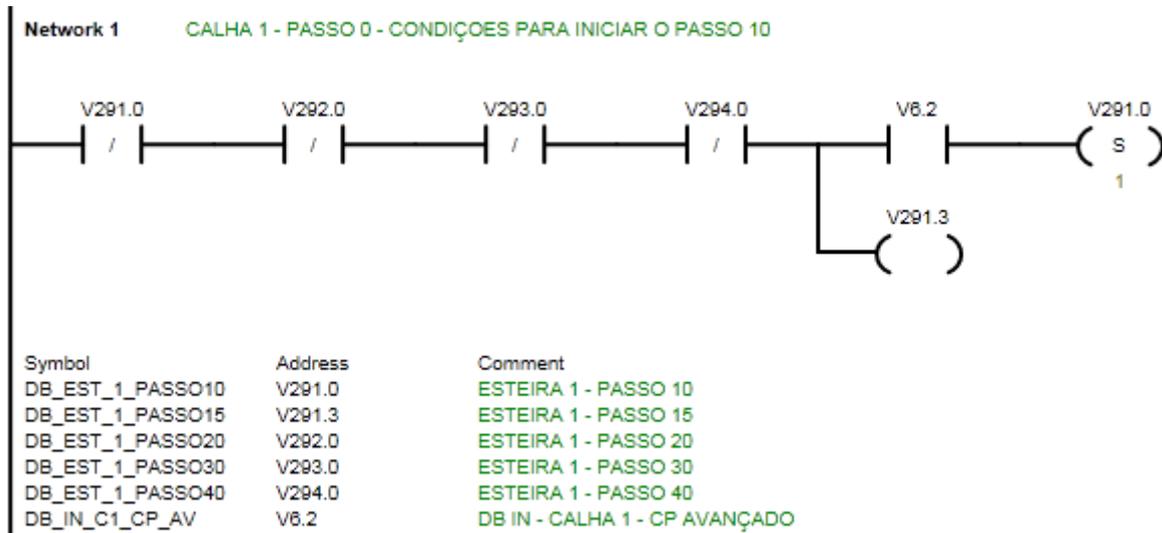


Figura 60 – Condições para iniciar o ciclo da calha 1.

Fonte: Autoria própria.

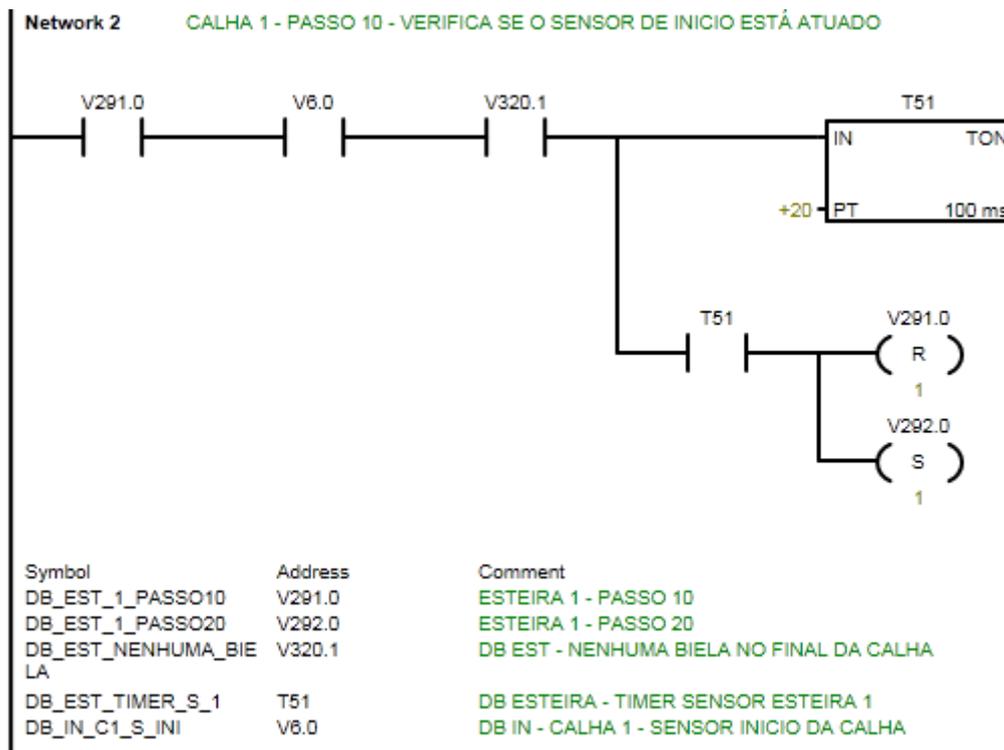


Figura 61 – Passo 110 da calha 1.

Fonte: Autoria própria.

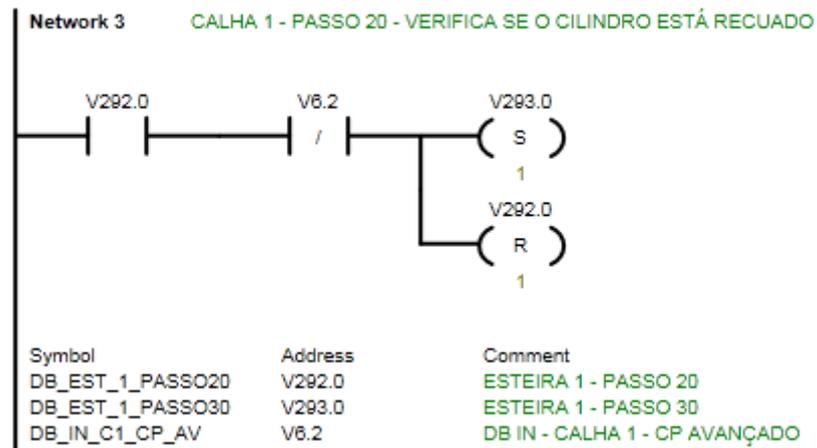


Figura 62 – Passo 120 da calha 1

Fonte: Autoria própria.

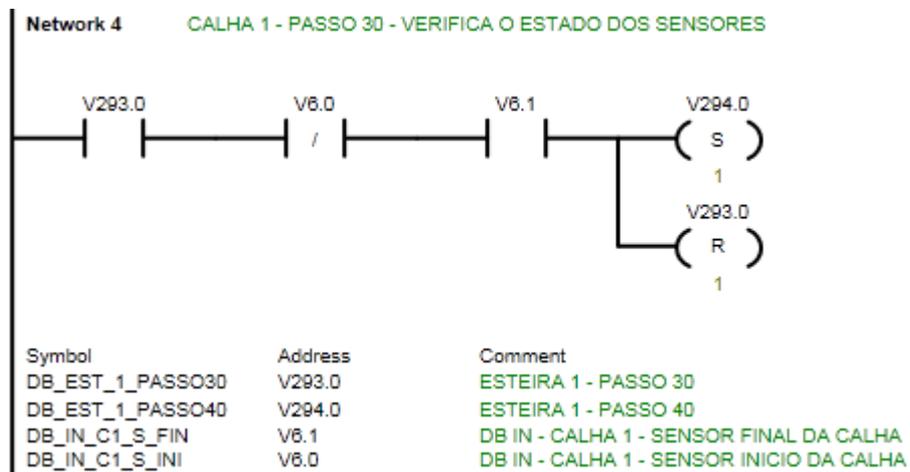


Figura 63 – Passo 130 da calha 1.

Fonte: Autoria própria.

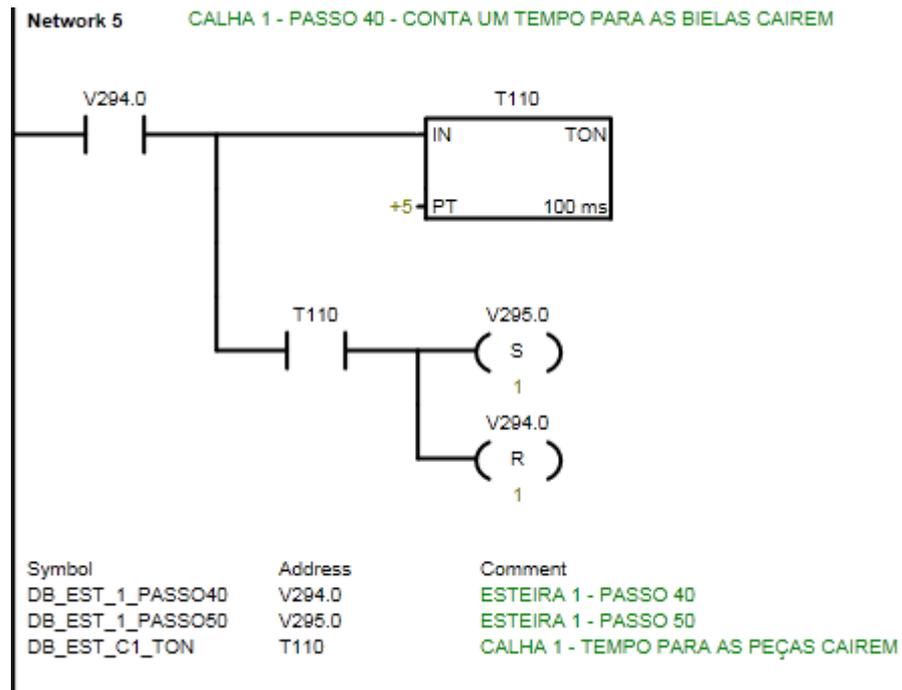


Figura 64 – Passo 140 da calha 1.

Fonte: Autoria própria.

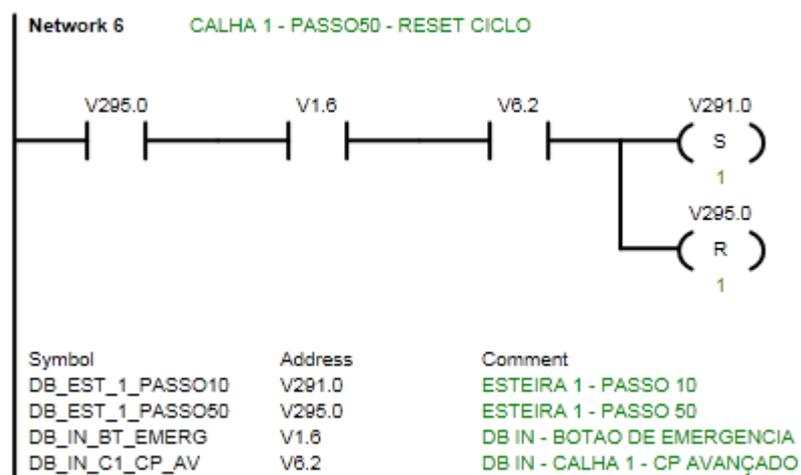


Figura 65 – Passo 150 da calha 1.

Fonte: Autoria Própria.

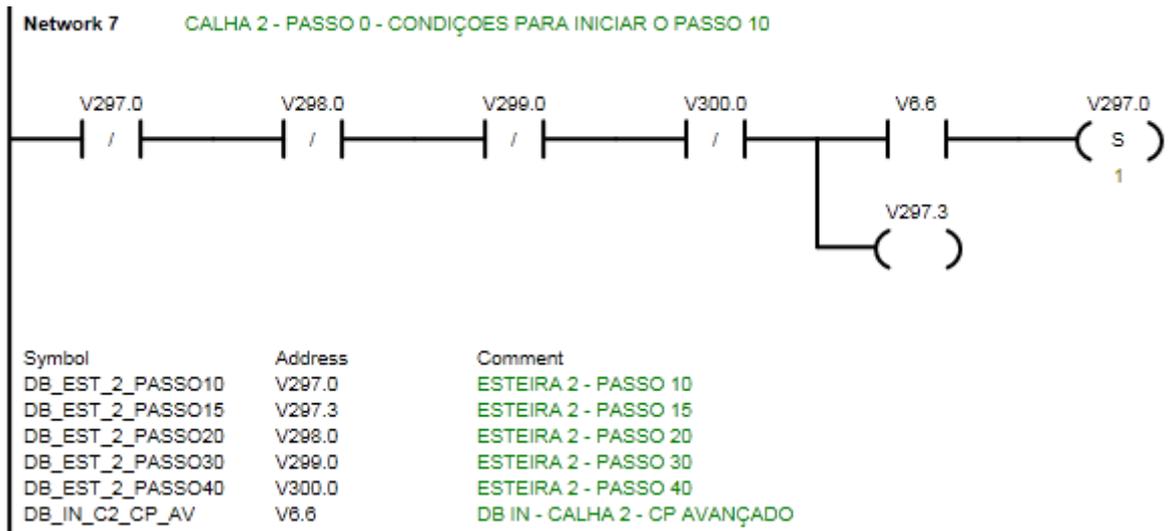


Figura 66 – Condições para iniciar o ciclo da calha 2.

Fonte: Autoria própria.

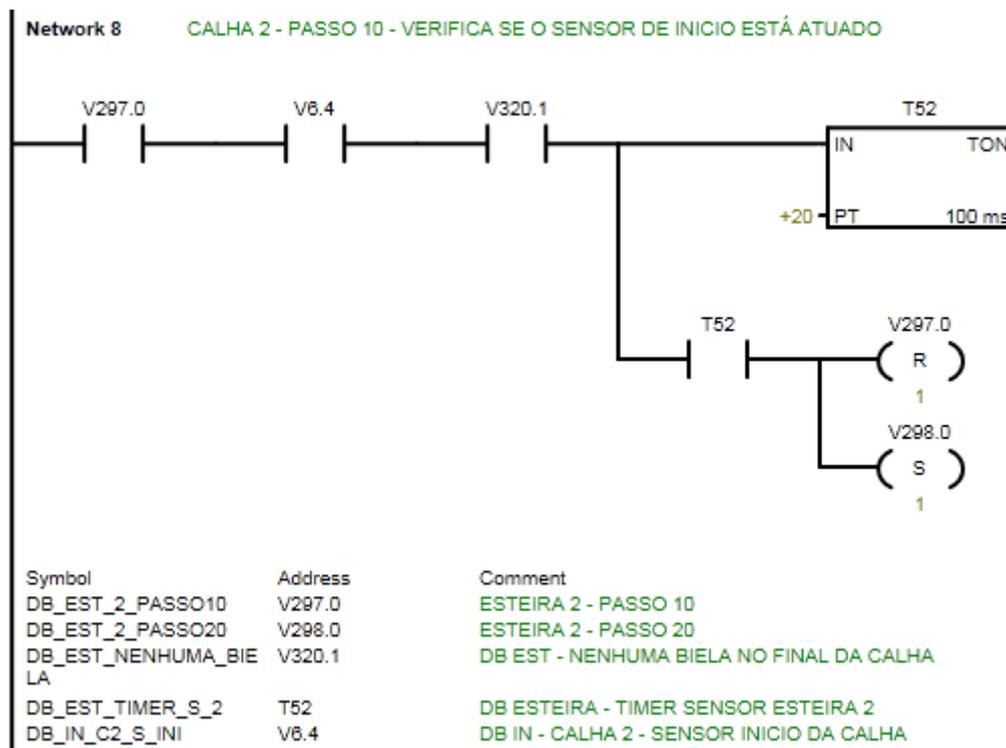


Figura 67 – Passo 210 da calha 2.

Fonte: Autoria própria.

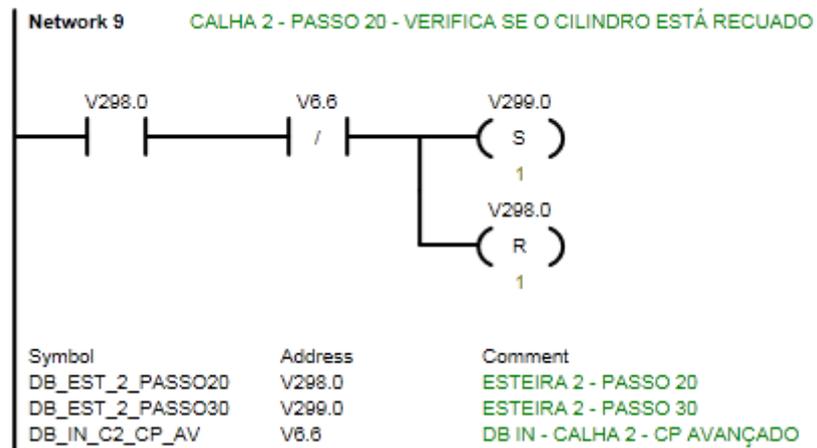


Figura 68 – Passo 220 da calha 2.

Fonte: Autoria própria.

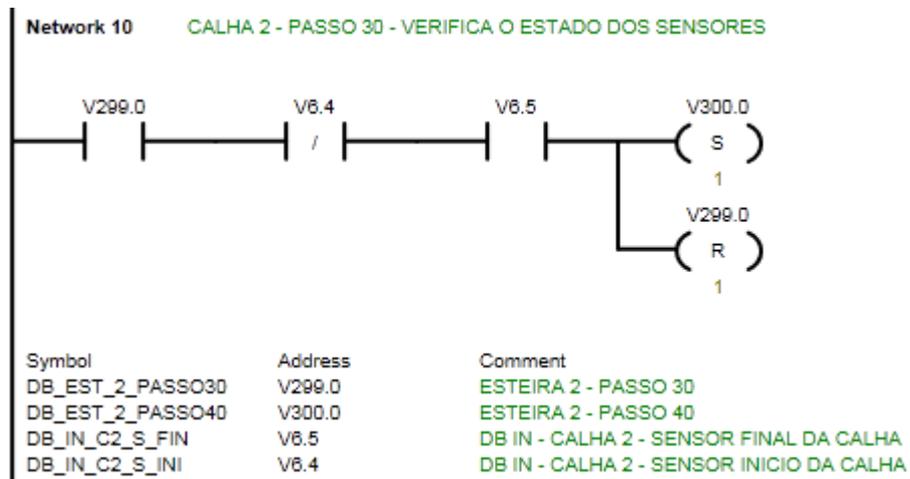


Figura 69 – Passo 230 da calha 2.

Fonte: Autoria própria.

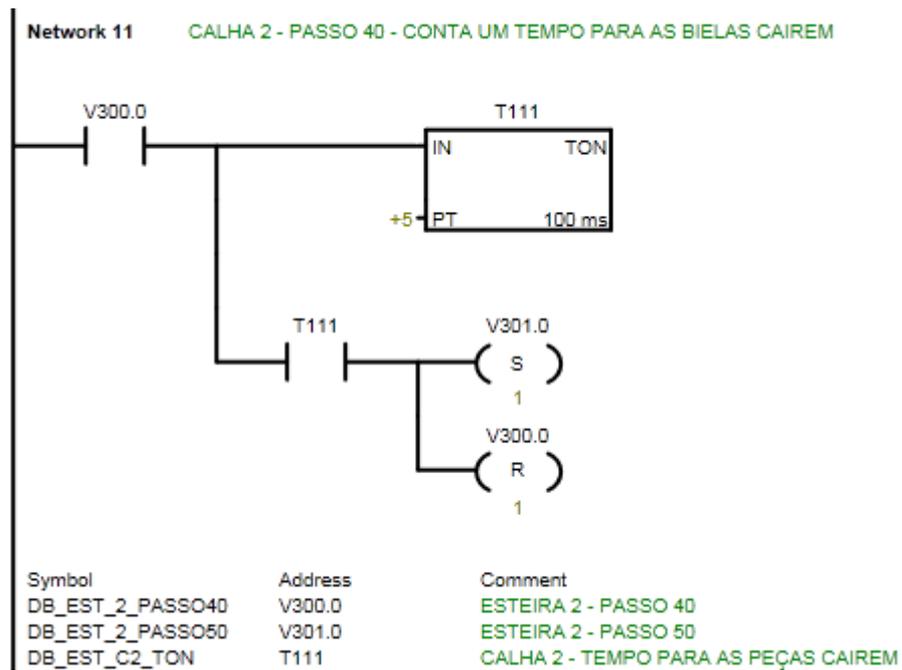


Figura 70 – Passo 240 da calha 2.

Fonte: Autoria própria.

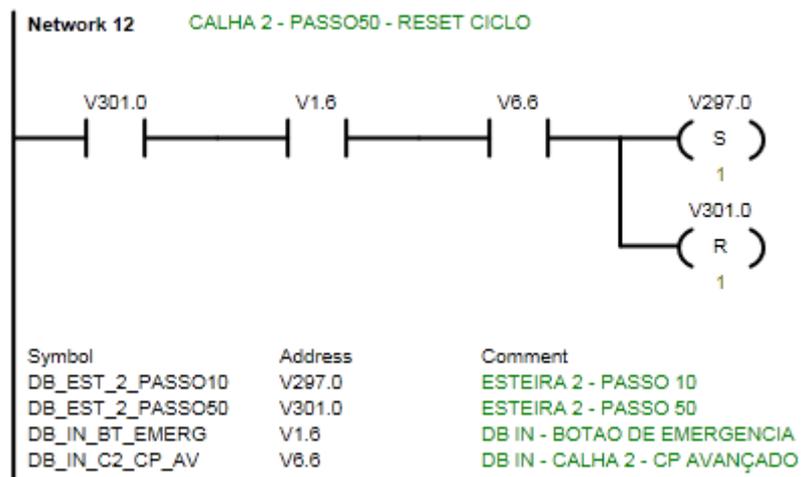


Figura 71 – Passo 250 da calha 2.

Fonte: Autoria própria.

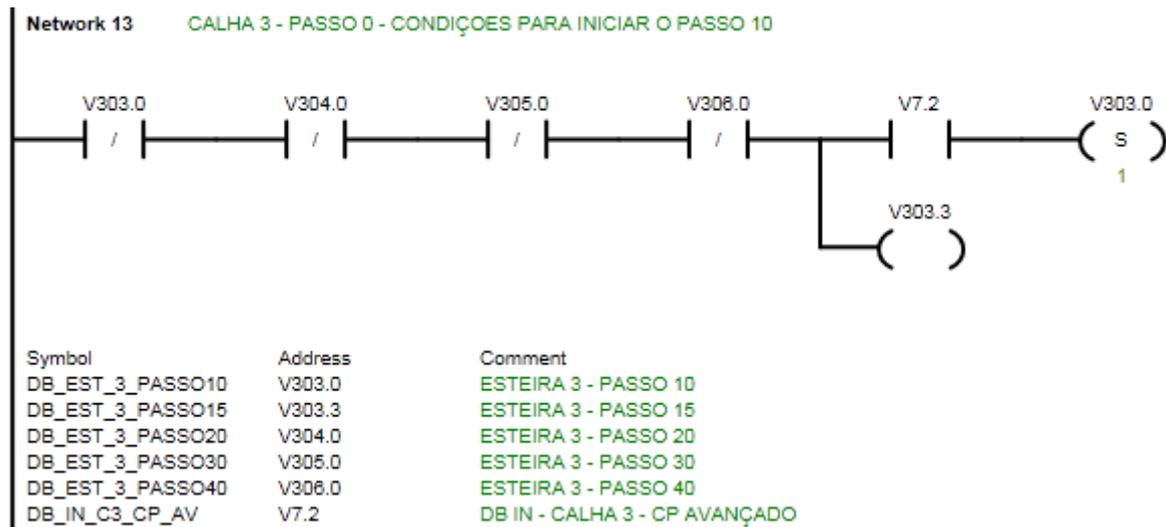


Figura 72 – Condições para iniciar o ciclo da calha 3.

Fonte: Autoria própria.

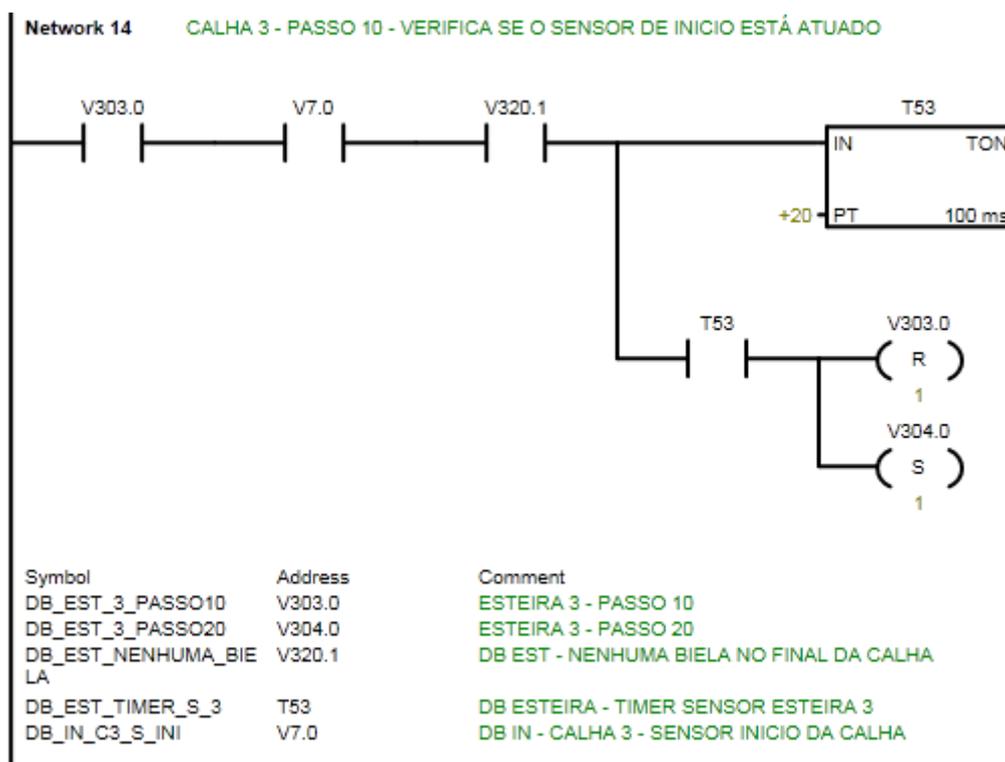


Figura 73 – Passo 310 da calha 3.

Fonte: Autoria própria.

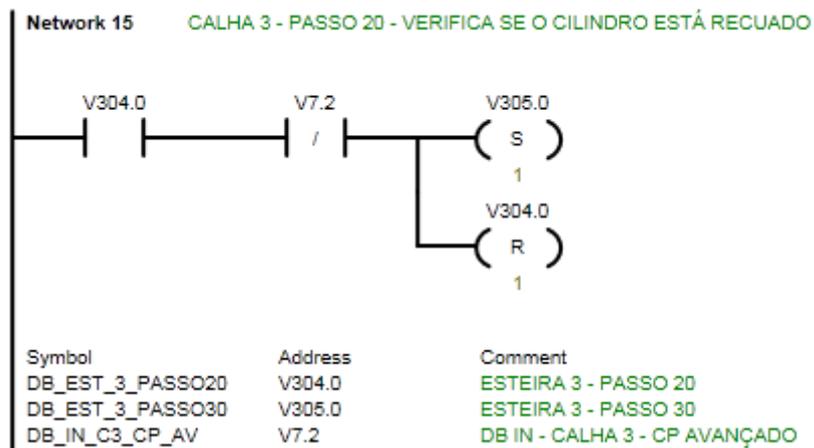


Figura 74 – Passo 320 da calha 3.

Fonte: Autoria própria.

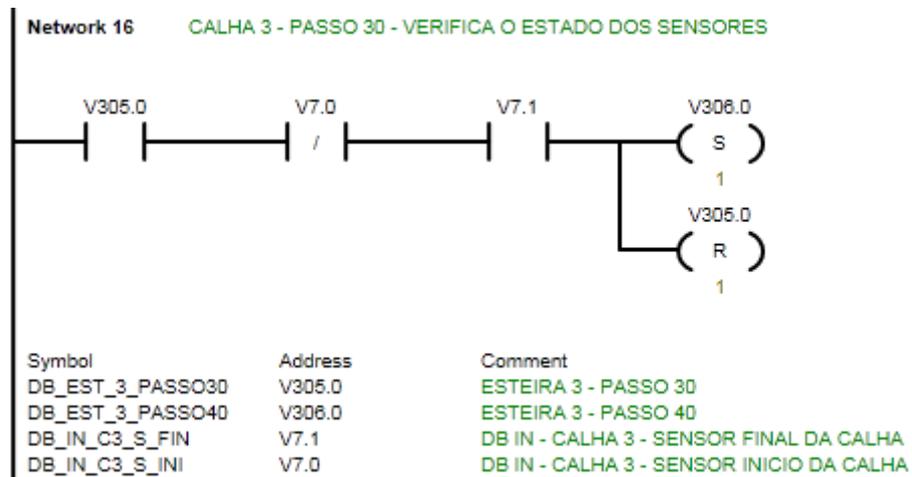


Figura 75 – Passo 330 da calha 3.

Fonte: Autoria própria.

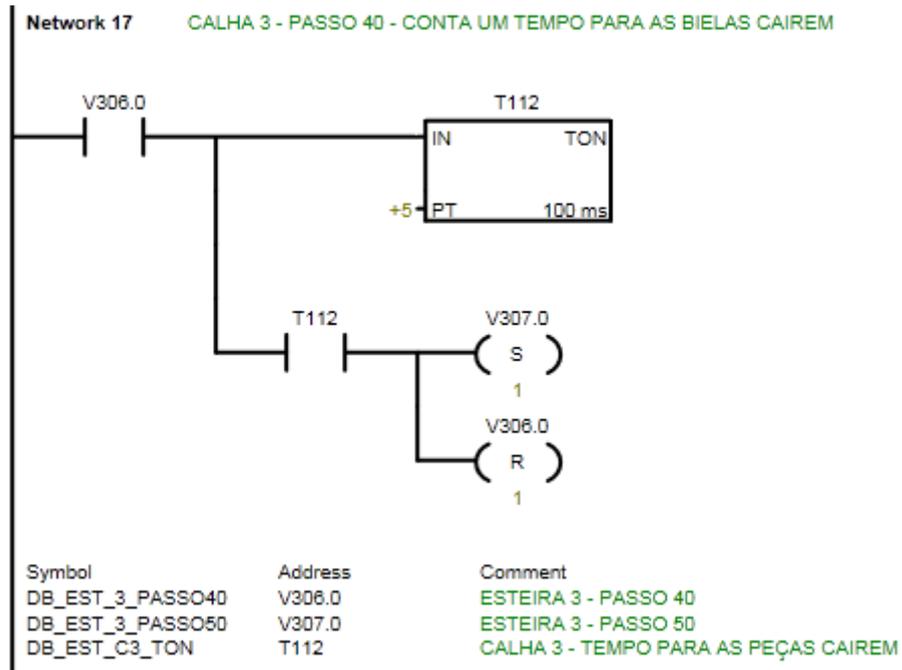


Figura 76 – Passo 340 da calha 3.

Fonte: Autoria própria.

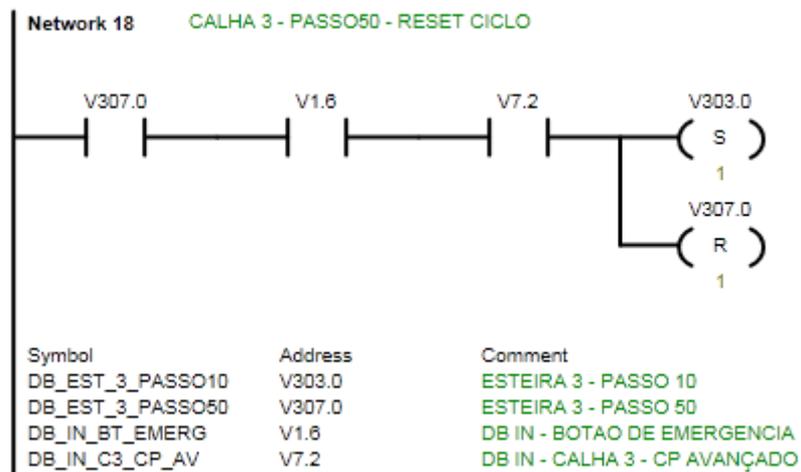


Figura 77 – Passo 350 da calha 3.

Fonte: Autoria própria.

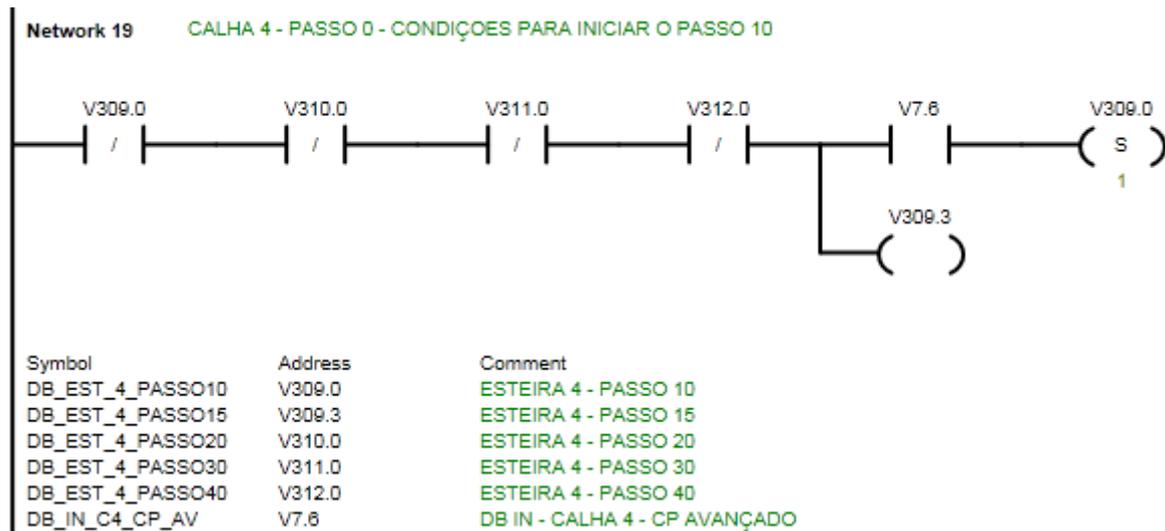


Figura 78 – Condições para iniciar o ciclo da calha 4.

Fonte: Autoria própria.

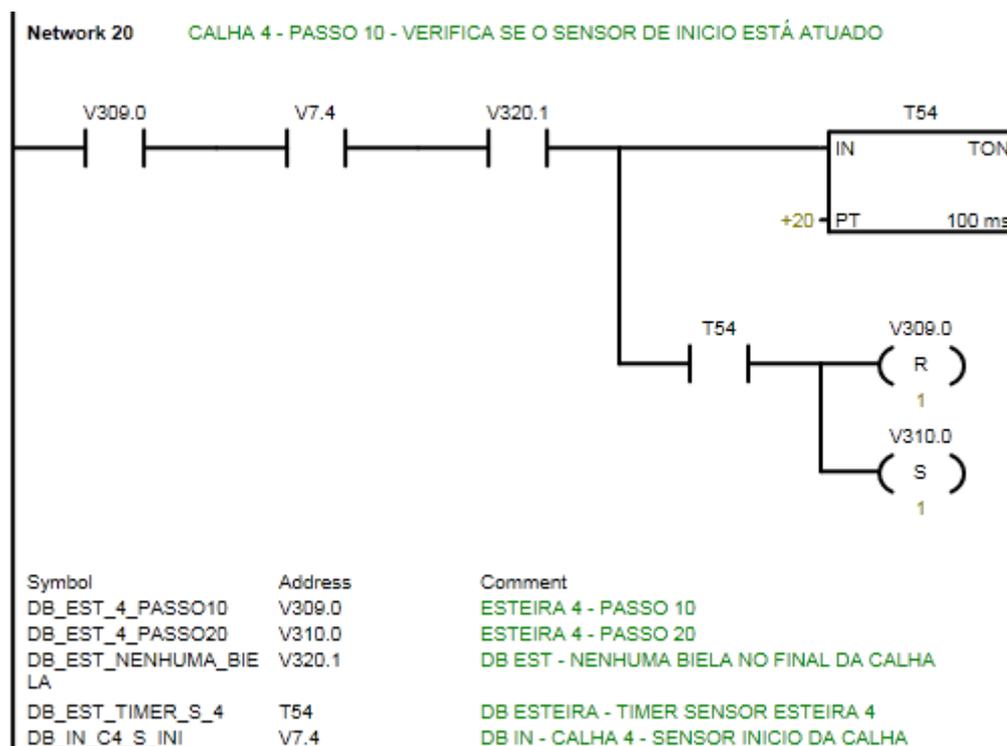


Figura 79 – Passo 410 da calha 4.

Fonte: Autoria própria.

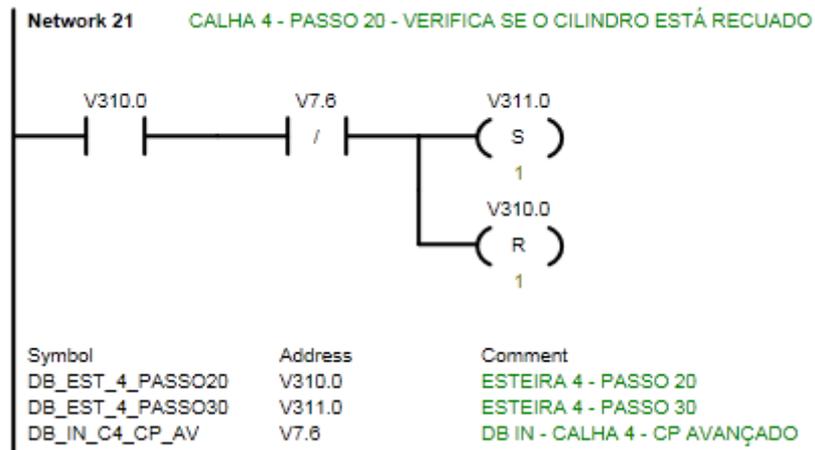


Figura 80 – Passo 420 da calha 4.

Fonte: Autoria própria.

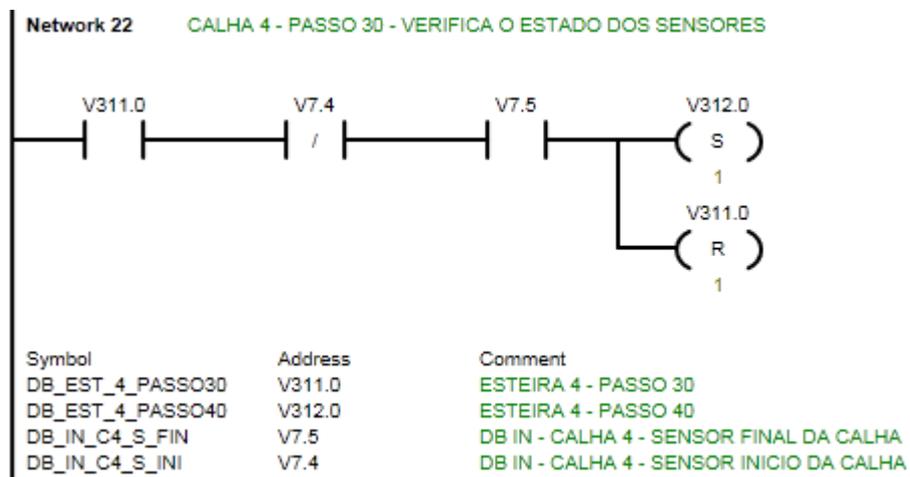


Figura 81 – Passo 430 da calha 4.

Fonte: Autoria própria.

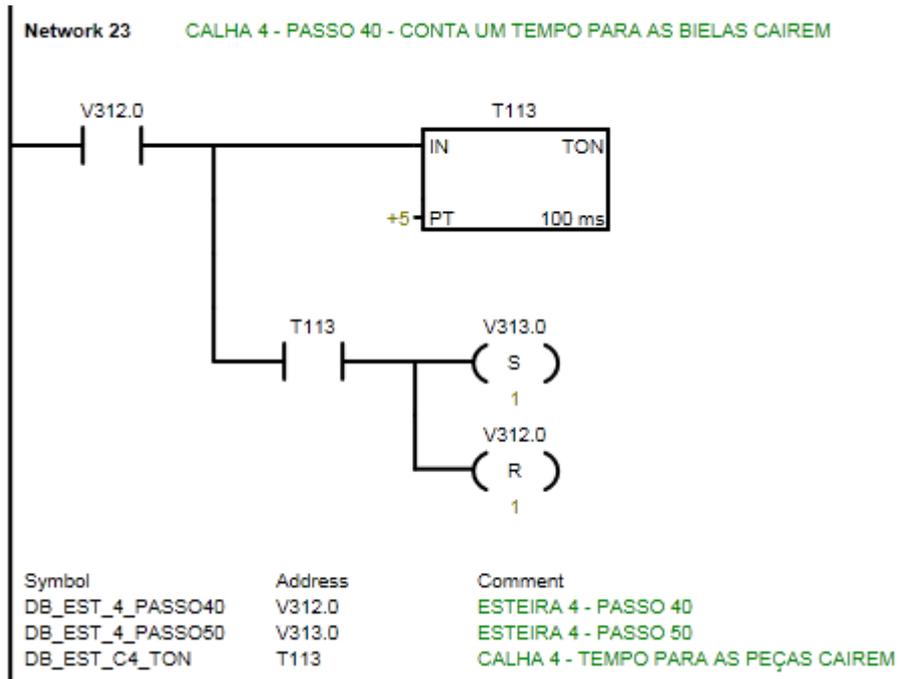


Figura 82 – Passo 440 da calha 4.

Fonte: Autoria própria.

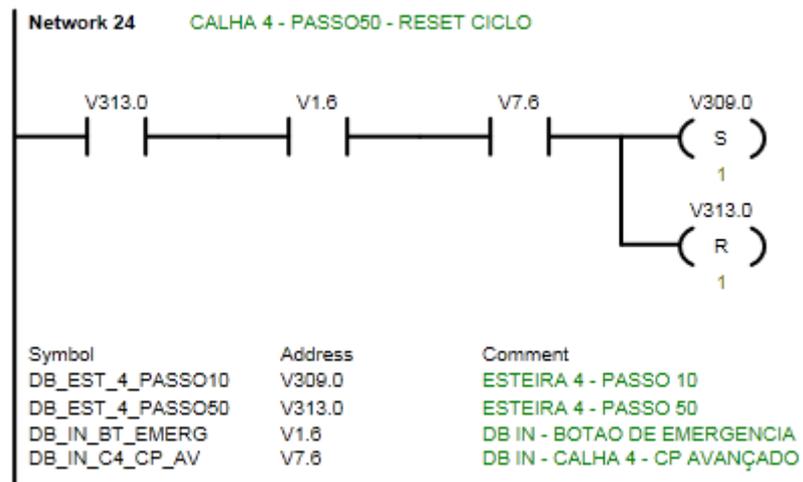


Figura 83 – Passo 450 da calha 4.

Fonte: Autoria própria.

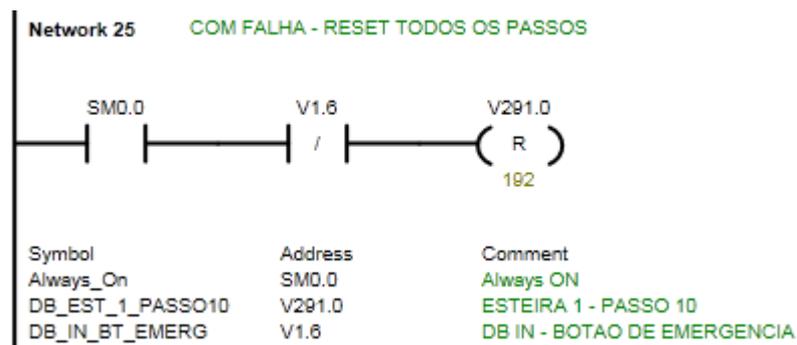


Figura 84 – Função do botão de emergência nos passos das calhas.

Fonte: Autoria própria.

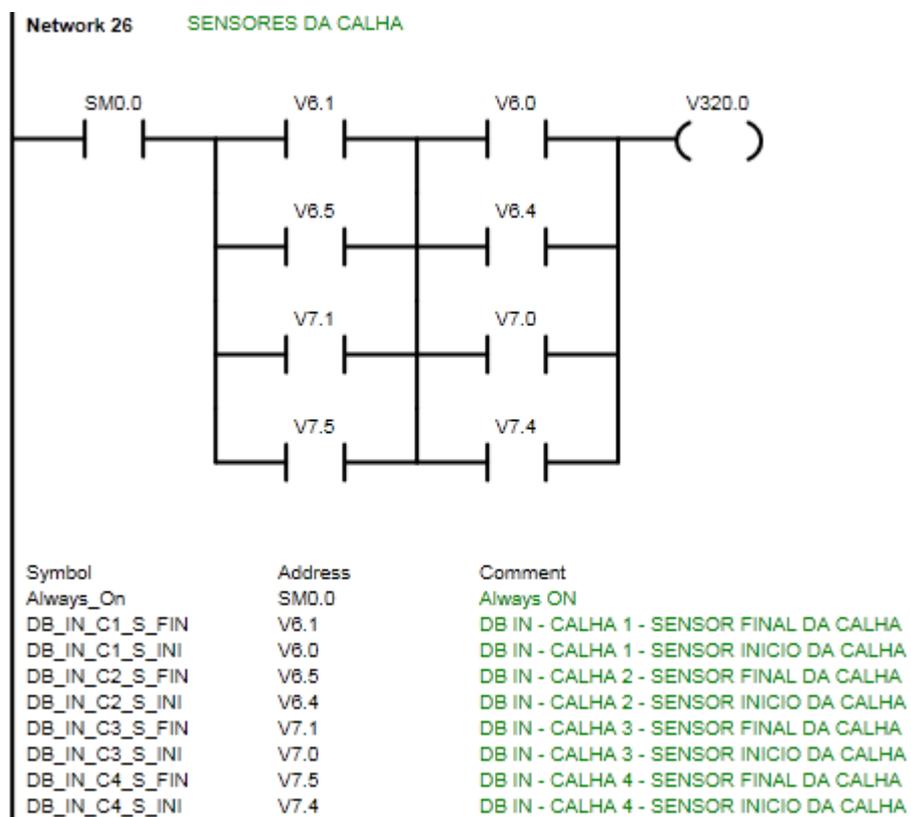


Figura 85 – Monitoramento dos sensores de peças nas calhas.

Fonte: Autoria própria.

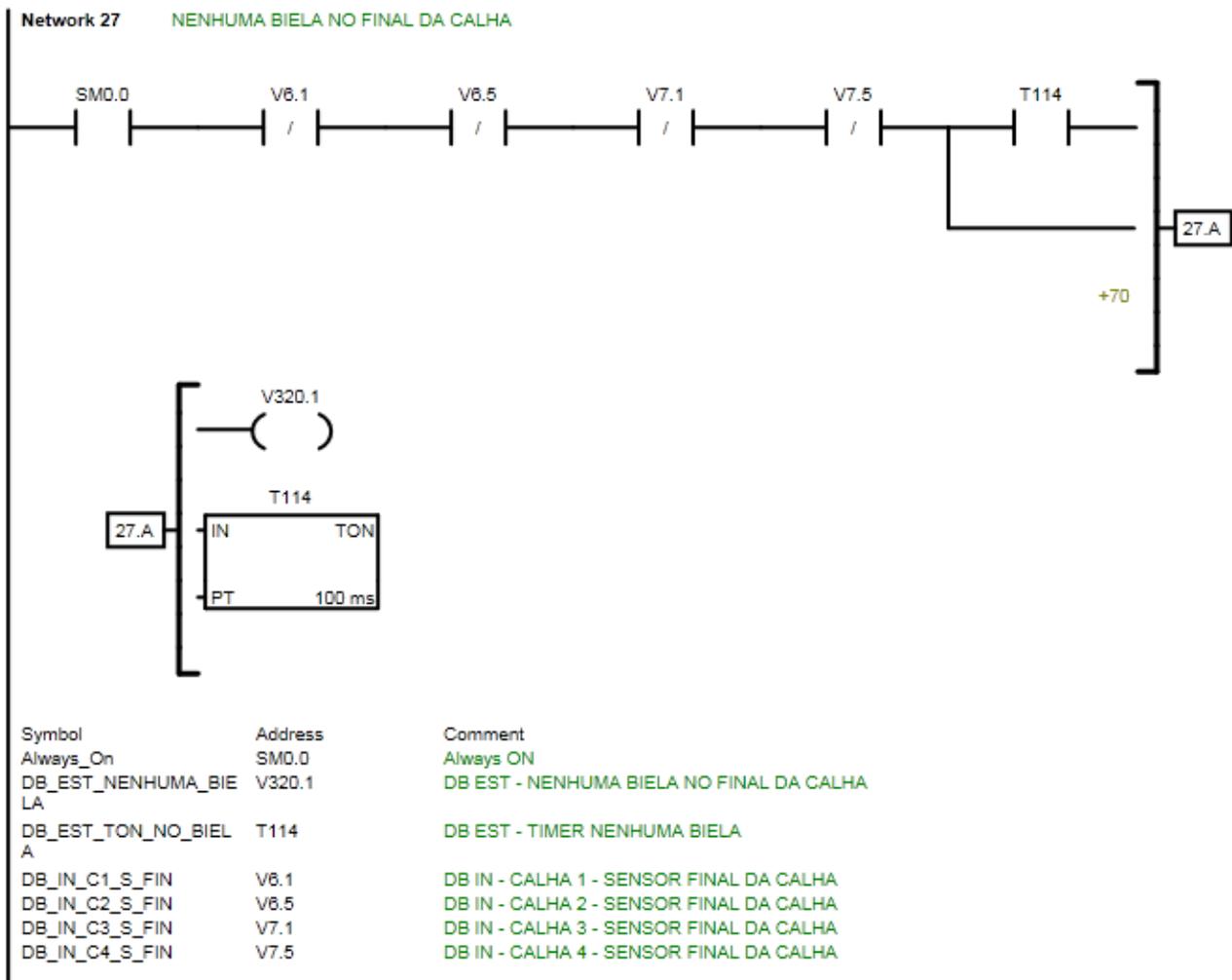


Figura 86 – Sinal indicador de ausência de biela no final das calhas.

Fonte: Autoria própria.

APÊNCIDE C – INCLUSÕES NA FUNÇÃO DA MÁQUINA DE MEDIÇÃO DO DIMENSIONAL.

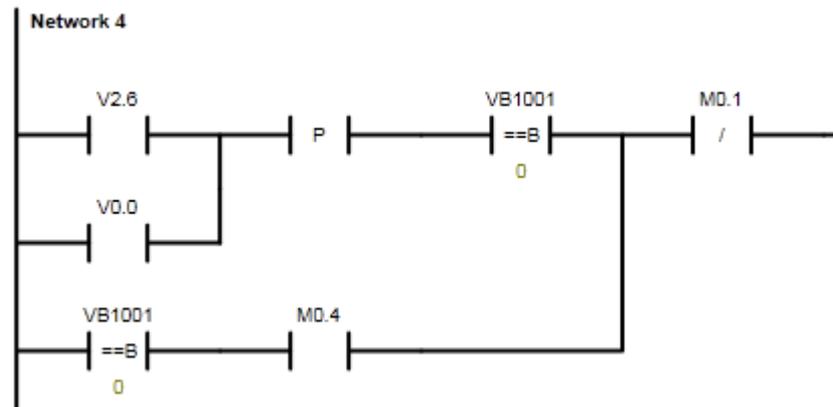


Figura 87 – Inclusão do comando de início de ciclo do dimensional no passo 10.

Fonte: Autoria própria.

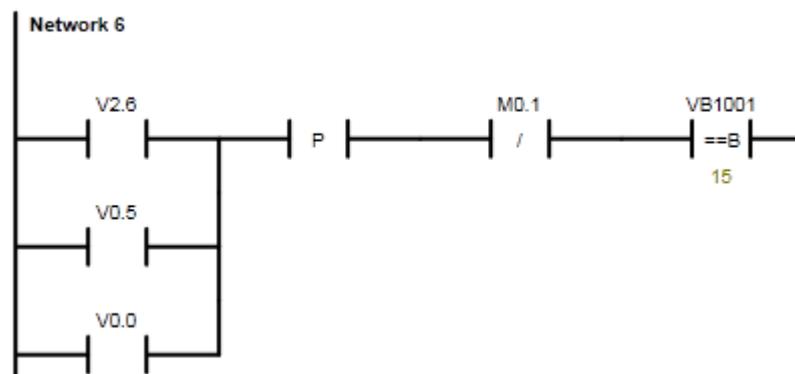


Figura 88 – Inclusão do comando para iniciar a medição do peso no passo 15.

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE D – INCLUSÕES NA FUNÇÃO DA GRAVADORA.

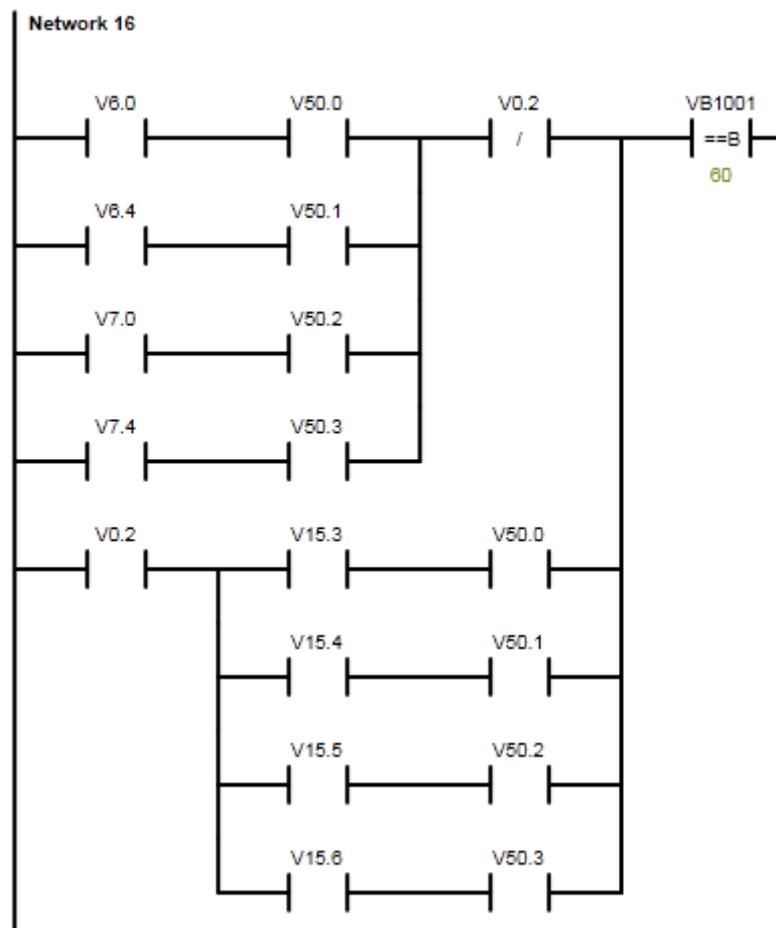


Figura 89 – Inclusão para separar o ciclo do robô do ciclo manual.

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE E – LÓGICA DE ACIONAMENTOS

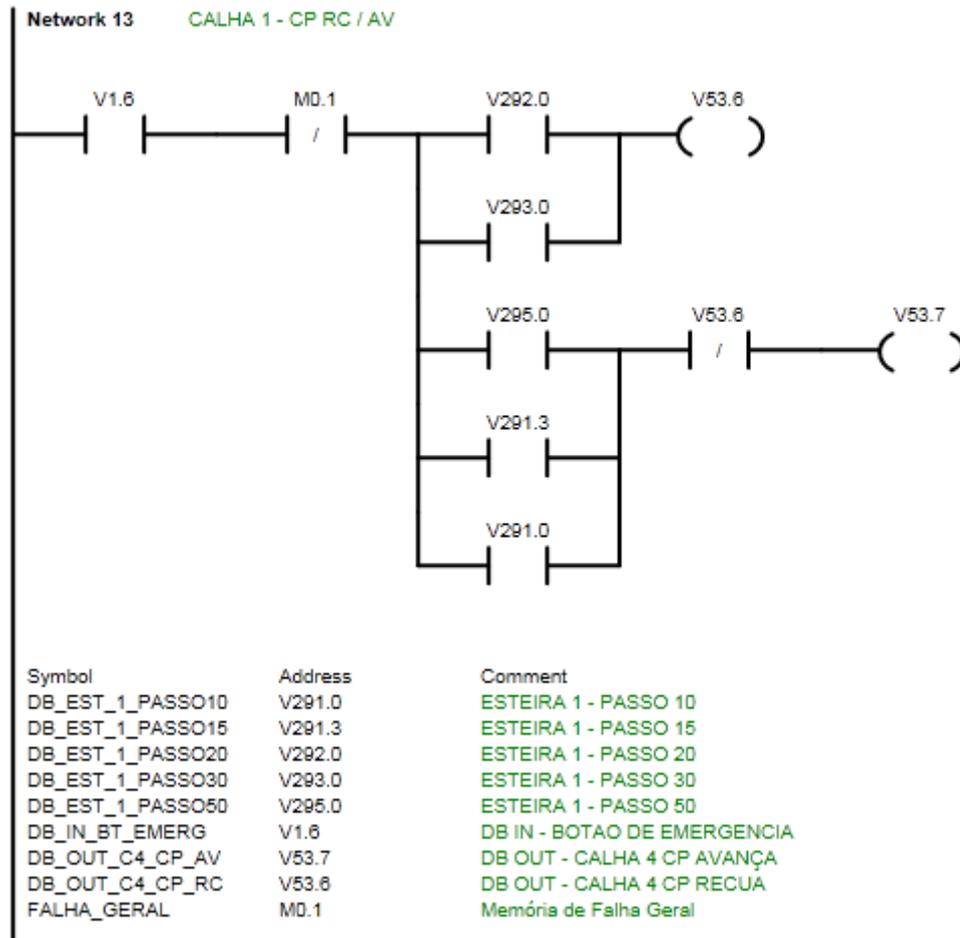


Figura 90 – Acionamento do cilindro da calha 1.

Fonte: Autoria própria.

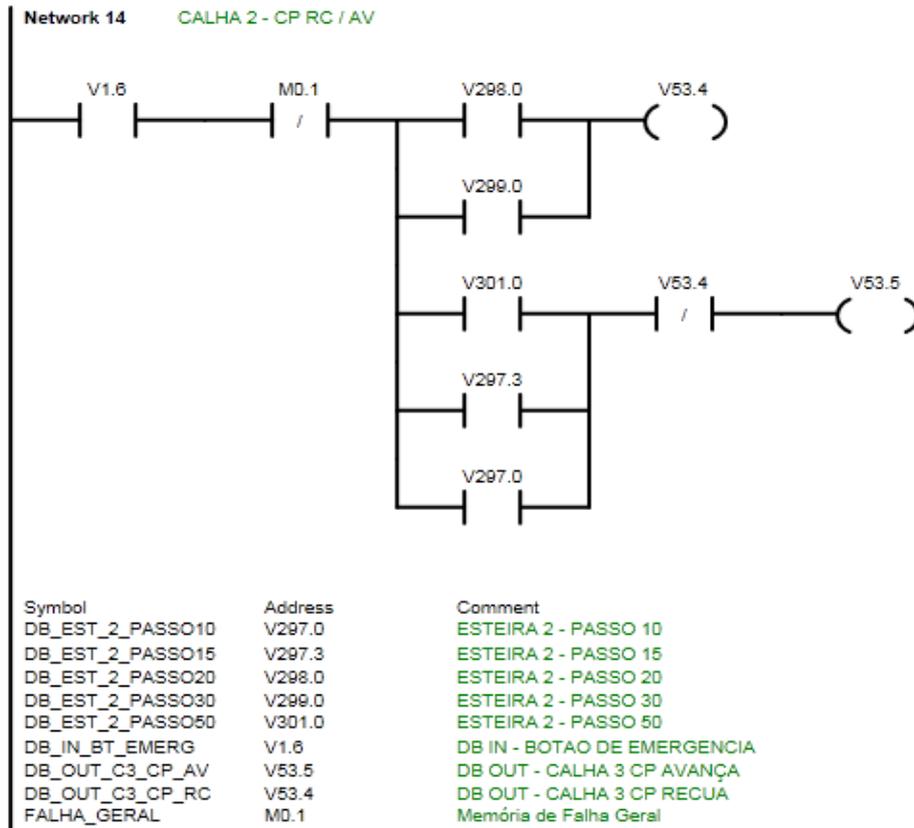


Figura 91 – Acionamento do cilindro da calha 2.

Fonte: Autoria própria.

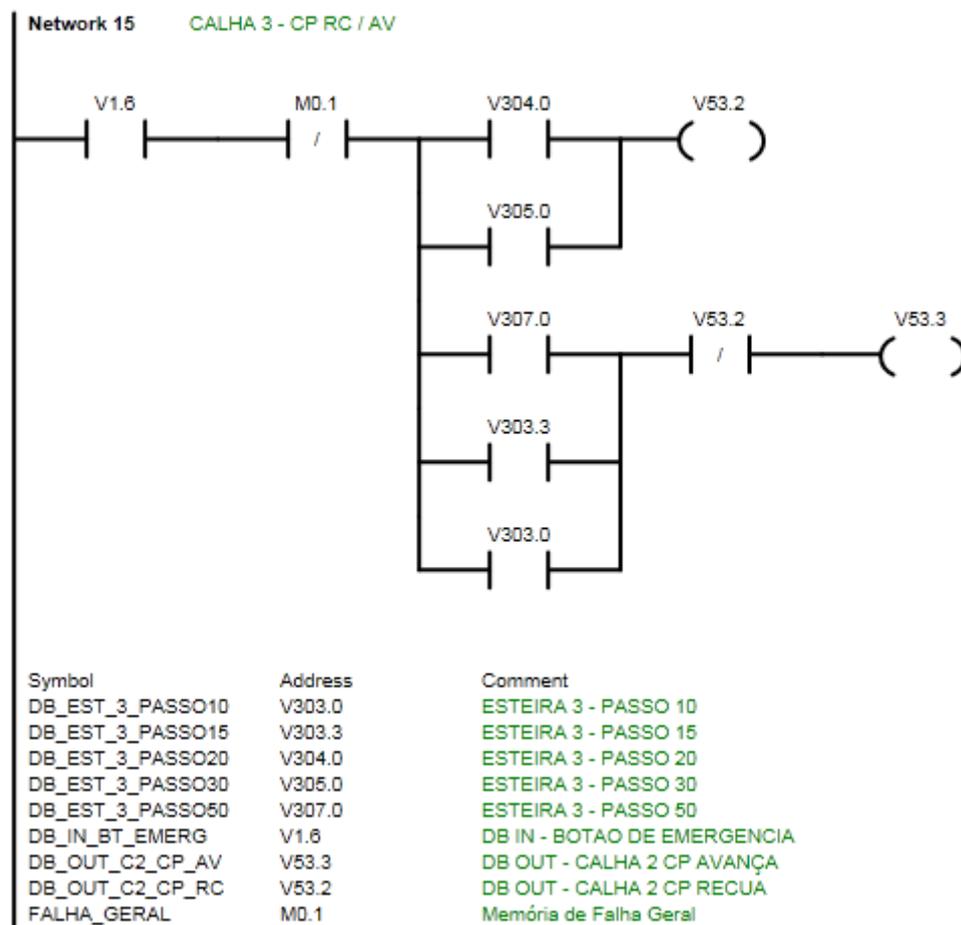


Figura 92 – Acionamento do cilindro da calha 3.

Fonte: Autoria própria.

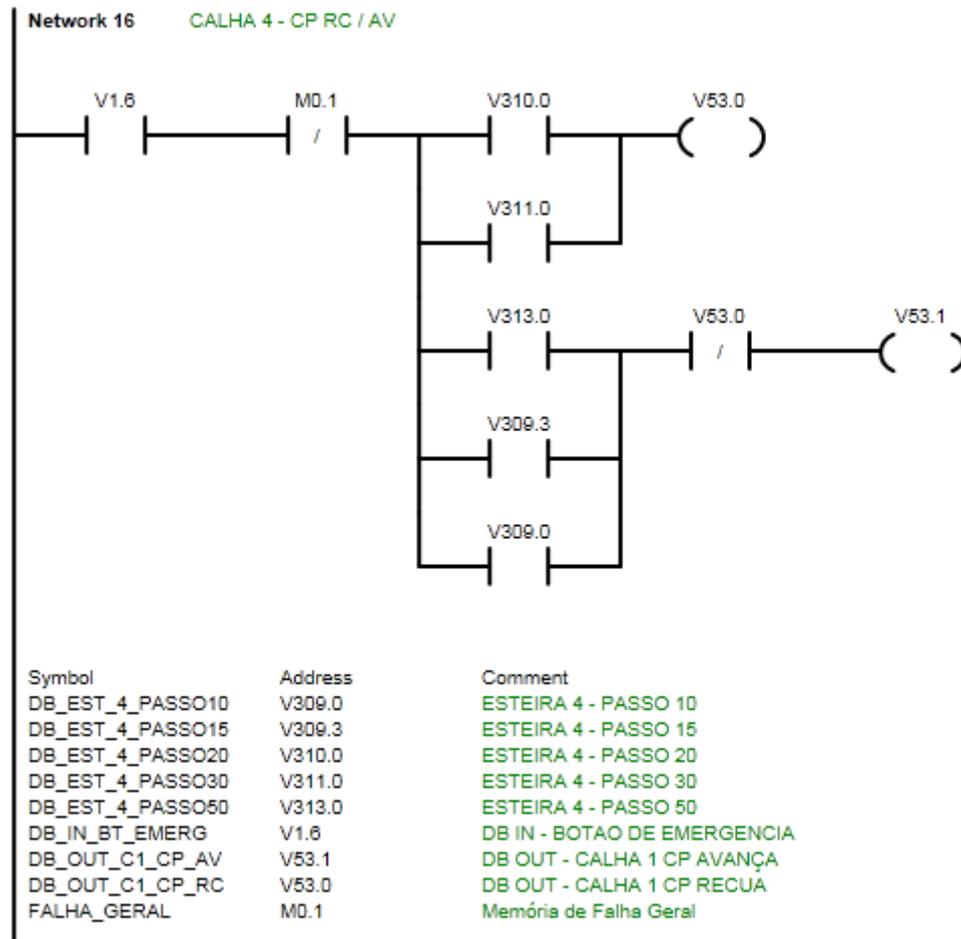


Figura 93 – Aacionamento do cilindro da calha 4.

Fonte: Autoria própria.

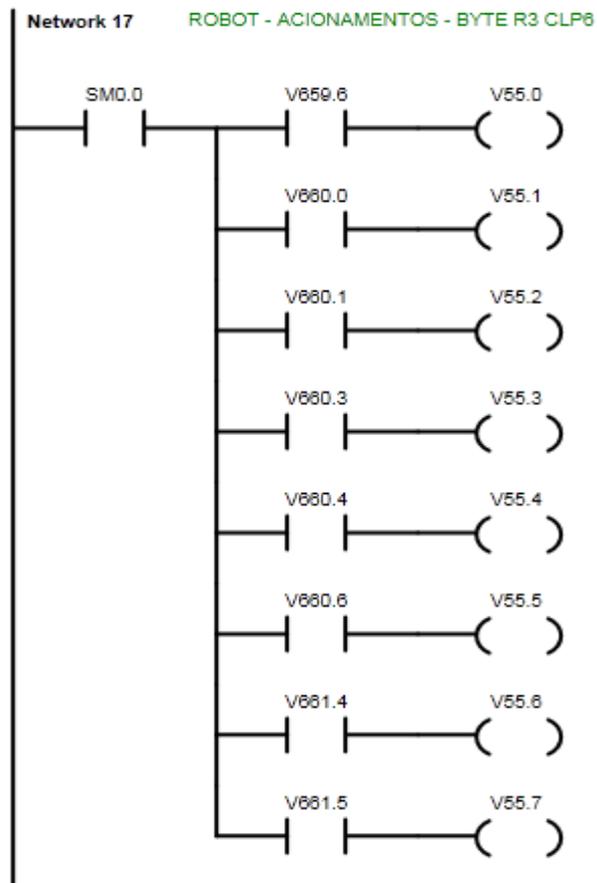


Figura 94 – Acionamento do *Byte 6* de saídas do CLP.

Fonte: Autoria própria.

Na *network* dezessete (figura 90) são acionadas as seguintes saídas para o robô:

- Fim de ciclo da máquina um: V55.4
- Máquina um OK: V55.0
- Início de ciclo da máquina um: V55.2
- Fim de ciclo da máquina três: V55.5
- Máquina três OK: V55.1
- Início de ciclo da máquina três: V55.3
- Biela para a calha um, classe 11: V55.6
- Biela para a calha dois, classe 12: V55.7

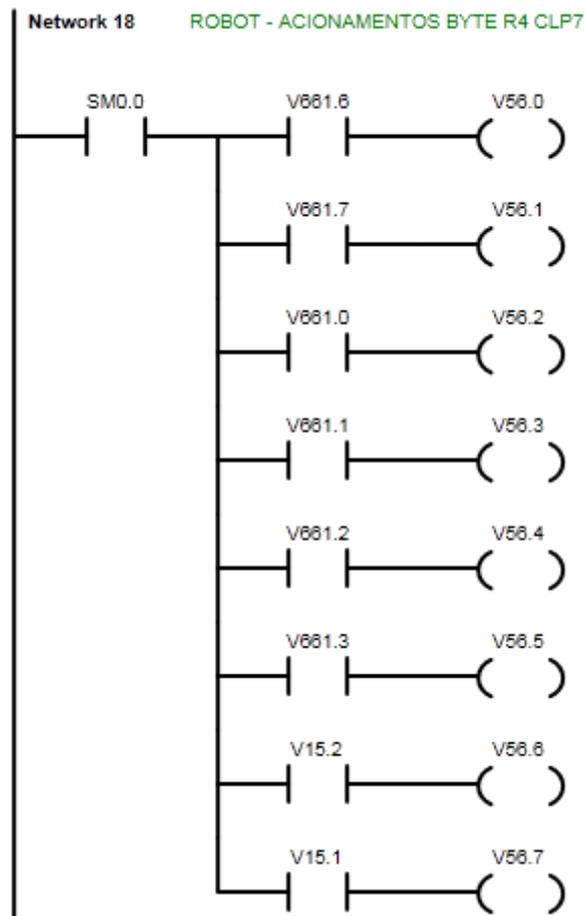


Figura 95 – Acionamento do *Byte 7* das saídas do CLP.

Fonte: Autoria própria.

Na *network* dezoito (figura 91) são acionadas as seguintes saídas para o robô:

- Peso não ok: V56.6
- Poka-Yoke não ok: V56.7
- Biela para a calha três, classe 21: V56.0
- Biela para a calha quatro, classe 22: V56.1
- Bit zero da classe de reprova: V56.2
- Bit um da classe de reprova: V56.3
- Bit dois da classe de reprova: V56.4
- Bit três da classe de reprova: V56.5

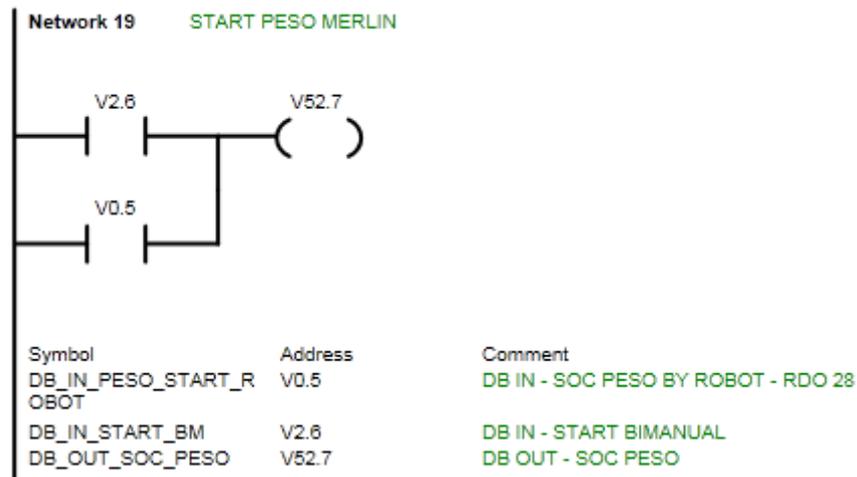


Figura 96 – Comando de início de ciclo de medição do peso.

Fonte: Autoria própria.

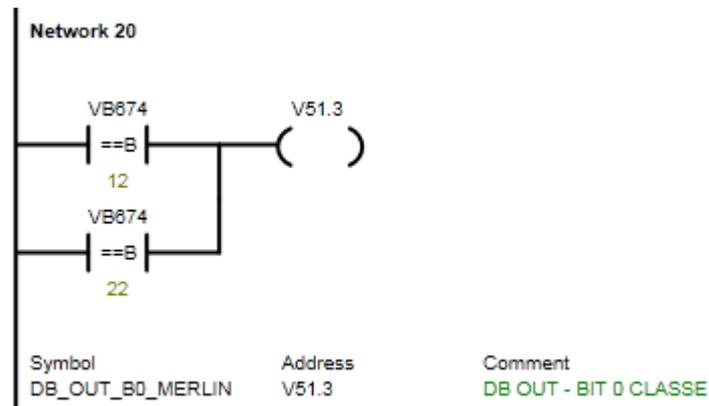


Figura 97 – *Bit* zero de seleção de programa da gravadora.

Fonte: Autoria própria.

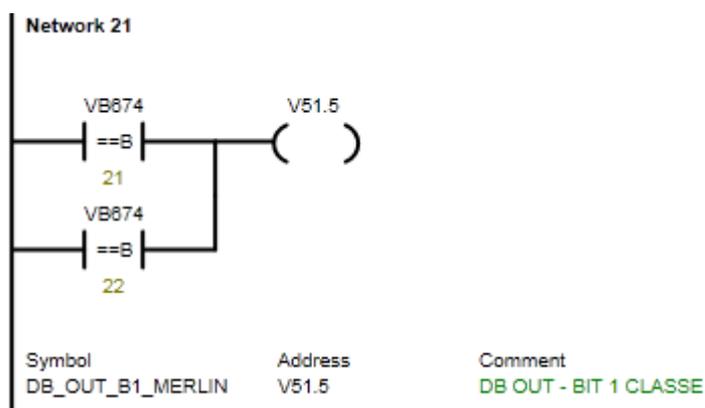


Figura 98 – *Bit* um de seleção de programa da gravadora.

Fonte: Autoria própria.

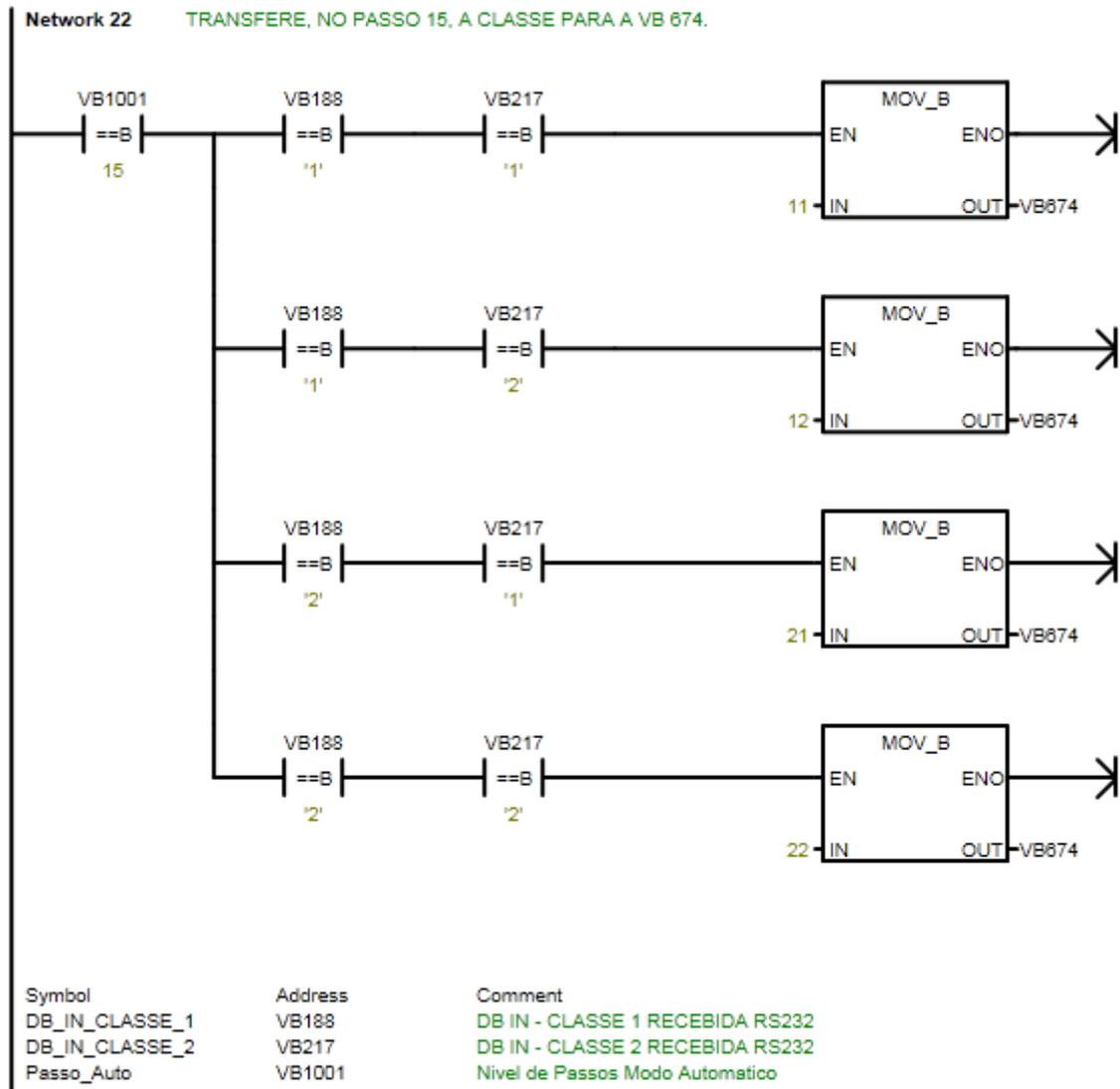


Figura 99 – Transferência da classe recebida pela RS232.

Fonte: Autoria própria.

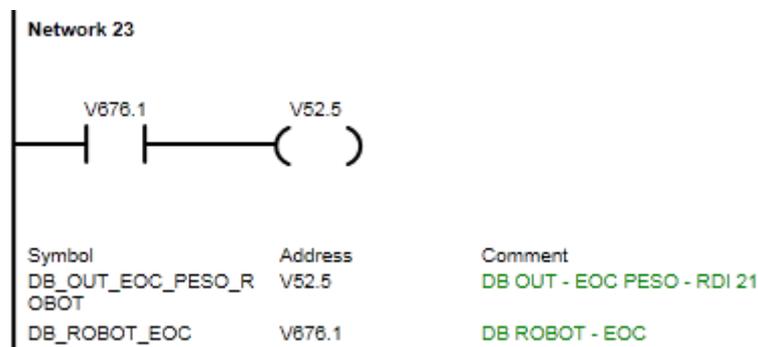


Figura 100 – Sinal de fim de ciclo da medição do peso enviado ao robô.

Fonte: Autoria própria.

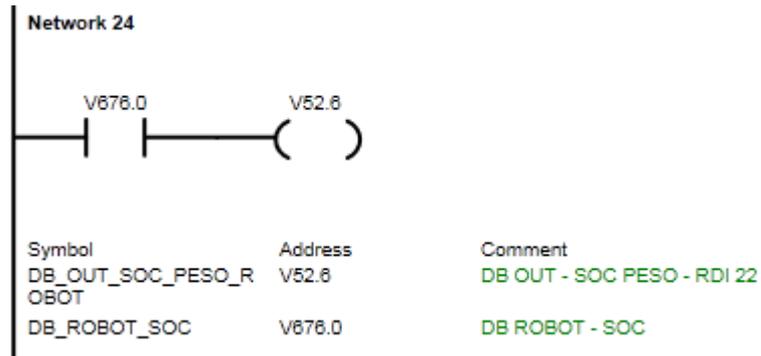


Figura 101 – Sinal de início de ciclo de medição do peso enviado ao robô.

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE F - SINAIS DISPONIBILIZADOS POR CADA ESTAÇÃO.

Tabela 1 – Sinais trocados com a máquina de medição do dimensional.

Descrição:	Símbolo:	Endereço:
Comando de início de ciclo:	DB_OUT_START_MARPOSS	V51.6
Reprova: Flexão	DB_IN_MARP_TR2	V4.1
Reprova: Simetria	DB_IN_MARP_TR3	V4.2
Reprova: Espessura	DB_IN_MARP_TR4	V4.3
Reprova: Torção Maior	DB_IN_MARP_TR5	V4.4
Reprova: Torção Menor	DB_IN_MARP_TR6	V4.5
Reprova: Conicidade	DB_IN_MARP_TR7	V4.6
Reprova: Diâmetro menor <	DB_IN_MARP_TR8	V4.7
Reprova: Diâmetro maior <	DB_IN_MARP_TR9	V5.0
Reprova: Perpendicular	DB_IN_MARP_TR10	V5.1
Reprova: Dist. Entre Centros	DB_IN_MARP_TR11	V5.2
Reprova: Ovalização	DB_IN_MARP_TR12	V5.3
Reprova: Diâmetro menor >	DB_IN_MARP_TR13	V5.4
Reprova: Diâmetro maior >	DB_IN_MARP_TR14	V5.5
Sinal de peça aprovada	DB_IN_3_0	V3.0
Sinal de Refugo	DB_IN_MARP_REFUGO	V3.2
Sinal de Retrabalho	DB_IN_3_3	V3.3
Cilindro Recuado	DB_IN_CP_DIM_RC	V0.3

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 – Sinais trocados com a máquina de medição do peso.

Descrição:	Símbolo:	Endereço:
Comando de início de ciclo	DB_OUT_SOC_PESO	V52.7
Presença de peça	DB_IN_PP_PESO	V0.4
Sinal de fim de ciclo	DB_IN_EOC_PESO	V1.1
Resultado: Peso OK	DB_IN_PESO_OK	V1.2
Resultado: Peso não OK	DB_IN_PESO_NOK	V1.3
Primeira classe do peso	DB_IN_CLASSE_1	VB188
Segunda classe do peso	DB_IN_CLASSE_2	VB217

Fonte: Autoria própria

Tabela 3 – Sinais trocados com a gravadora.

Descrição:	Símbolo:	Endereço:
Avançar cilindro da gravadora	DB_OUT_CP_AV	V51.0
Sensor do cilindro da gravadora	DB_IN_GRAV_CP_AV	V1.0
Avançar cilindro de teste	DB_OUT_CP_CANAIS_AV	V51.2
Sensor do cilindro de teste	DB_IN_SENS_CANAL	V2.5
Bit 1 de seleção de classe	DB_OUT_B1_MERLIN	V51.5
Bit 0 de seleção de classe	DB_OUT_B0_MERLIN	V51.3
Iniciar gravação	DB_OUT_START_GRAV	V51.4
Fim de gravação	DB_IN_EOC_TECHNIFOR_1	V2.4

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4 -Sinais trocados com a calha de peças aprovadas.

Descrição:	Símbolo:	Endereço:
Calha 1: Cilindro recuar	DB_OUT_C1_CP_RC	V53.0
Calha 1: Cilindro avançar	DB_OUT_C1_CP_AV	V53.1
Calha 1: Led da calha	DB_AUTO_LED_CAN1	V50.0
Calha 1: Sensor do início	DB_IN_C1_S_INI	V6.0
Calha 1: Sensor do final	DB_IN_C1_S_FIN	V6.1
Calha 1: Sensor do cilindro	DB_IN_C1_CP_AV	V6.2
Calha 2: Cilindro recuar	DB_OUT_C2_CP_RC	V53.2
Calha 2: Cilindro avançar	DB_OUT_C2_CP_AV	V53.3
Calha 2: Led da calha	DB_AUTO_LED_CAN2	V50.1
Calha 2: Sensor do início	DB_IN_C2_S_INI	V6.4
Calha 2: Sensor do final	DB_IN_C2_S_FIN	V6.5
Calha 2: Sensor do cilindro	DB_IN_C2_CP_AV	V6.6
Calha 3: Cilindro recuar	DB_OUT_C3_CP_RC	V53.4
Calha 3: Cilindro avançar	DB_OUT_C3_CP_AV	V53.5
Calha 3: Led da calha	DB_AUTO_LED_CAN3	V50.2
Calha 3: Sensor do início	DB_IN_C3_S_INI	V7.0
Calha 3: Sensor do final	DB_IN_C3_S_FIN	V7.1
Calha 3: Sensor do cilindro	DB_IN_C3_CP_AV	V7.2
Calha 4: Cilindro recuar	DB_OUT_C4_CP_RC	V53.6
Calha 4: Cilindro avançar	DB_OUT_C4_CP_AV	V53.7
Calha 4: Led da calha	DB_AUTO_LED_CAN4	V50.3
Calha 4: Sensor do início	DB_IN_C4_S_INI	V7.4
Calha 4: Sensor do final	DB_IN_C4_S_FIN	V7.5
Calha 4: Sensor do cilindro	DB_IN_C4_CP_AV	V7.6

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 – Sinais trocados com a calha de peças reprovadas.

Descrição:	Símbolo:	Endereço:
Sensor da calha inferior e central	DB_IN_DIAM_MAIOR_INF	V3.4
Sensor da calha superior	DB_IN_DIAM_MENOR_SUP	V3.5

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6 – Sinais trocados com o robô.

Descrição:	Simbolo:	Endereço:
Iniciar ciclo: dimensional e peso	DB_IN_START_DIM_PESO	V0.0
Iniciar ciclo: gravadora	DB_IN_START_GRAVADORA	V0.1
Ciclo iniciado: Dimensional	DB_OUT_MAQ1_SOC	V55.2
Ciclo iniciado: Peso	DB_OUT_SOC_PESO_ROBOT	V52.6
Ciclo iniciado: Gravadora	DB_OUT_MAQ3_SOC	V55.3
Ciclo finalizado: Dimensional	DB_OUT_MAQ1_EOC	V55.4
Ciclo finalizado: Peso	DB_OUT_EOC_PESO_ROBOT	V52.5
Ciclo finalizado: Gravadora	DB_OUT_MAQ3_EOC	V55.5
Reset do ciclo	DB_IN_RESET	V0.2
Dimensional OK	DB_OUT_MAQ1_OK	V55.0
Poka Yoke não OK	DB_OUT_PY_NOK	V56.7
Peso não OK	DB_OUT_PESO_NOK	V56.6
Gravadora OK	DB_OUT_MAQ3_OK	V55.1
Aprovada classe 11	DB_OUT_TIPO_APRV_11	V55.6
Aprovada classe 12	DB_OUT_TIPO_APRV_12	V55.7
Aprovada classe 21	DB_OUT_TIPO_APRV_21	V56.0
Aprovada classe 22	DB_OUT_TIPO_APRV_22	V56.1
Classe de reprova, bit 0	DB_OUT_TIPO_REPROV_B0	V56.2
Classe de reprova, bit 1	DB_OUT_TIPO_REPROV_B1	V56.3
Classe de reprova, bit 2	DB_OUT_TIPO_REPROV_B2	V56.4
Classe de reprova, bit 3	DB_OUT_TIPO_REPROV_B3	V56.5

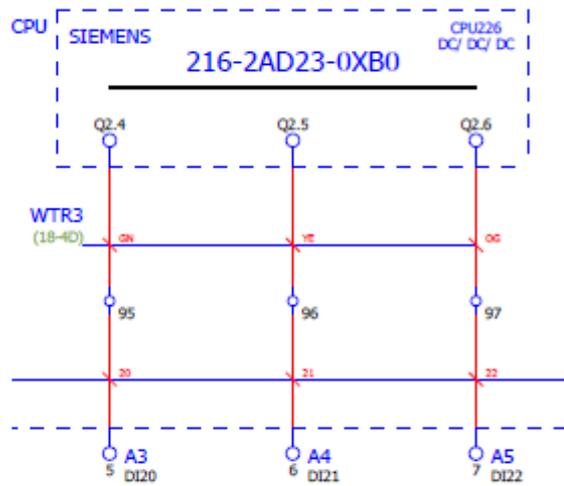
Fonte: Autoria própria.

Tabela 7 – Configuração dos bits de reprova.

Endereço do sinal de reprova:	bit de reprova:			
	3 (Valor = 8)	2 (Valor = 4)	1 (Valor = 2)	0 (Valor = 1)
V670.1	0	0	1	0
V670.2	0	0	1	1
V670.3	0	1	0	0
V670.4	0	1	0	1
V670.5	0	1	1	0
V670.6	0	1	1	1
V670.7	1	0	0	0
V671.0	1	0	0	1
V671.1	1	0	1	0
V671.2	1	0	1	1
V671.3	1	1	0	0
V671.4	1	1	0	1
V671.5	1	1	1	0
V671.6	1	1	1	1

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE G – ESQUEMA ELÉTRICO.



Cartão de Entrada Slot 2 / Rack 1 - 16 entradas (1-8)

Reserva
PLCDO2.4 EOC PESO SOC PESO

Figura 102 – Esquema elétrico de sinais trocados entre robô e CLP – Parte 1.

Fonte: Autoria própria.

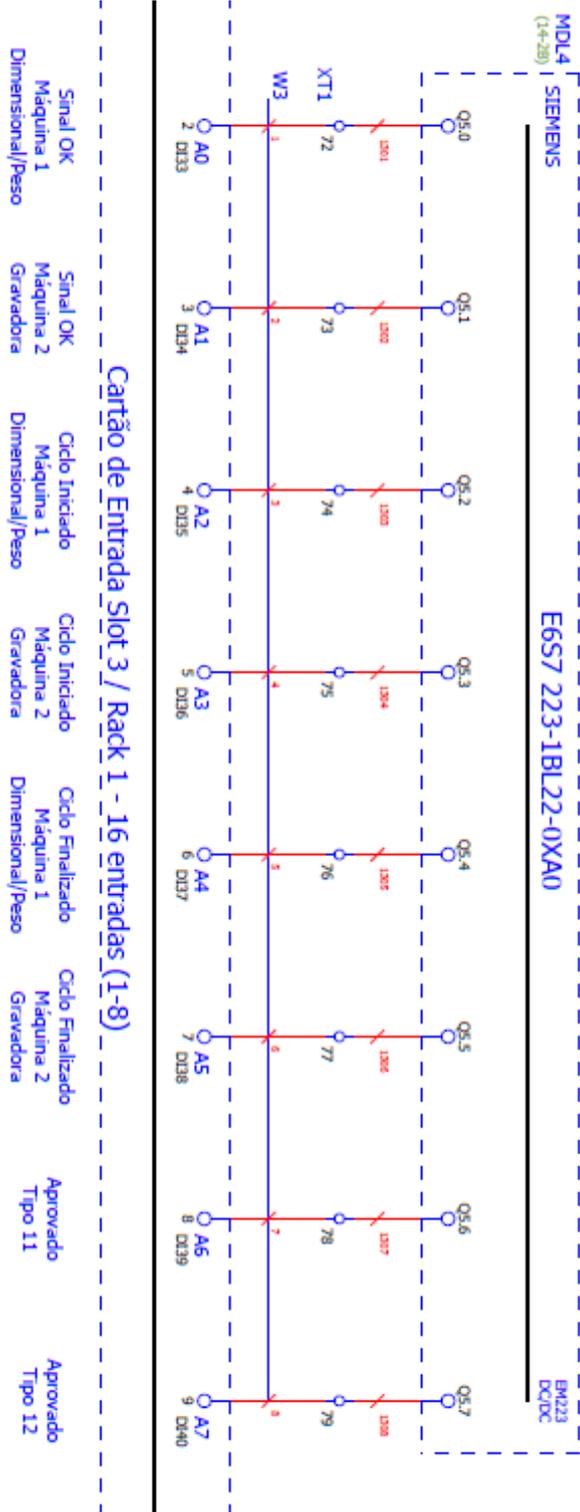


Figura 103 – Esquema elétrico de sinais trocados entre robô e CLP – Parte 2.
 Fonte: Autoria própria.

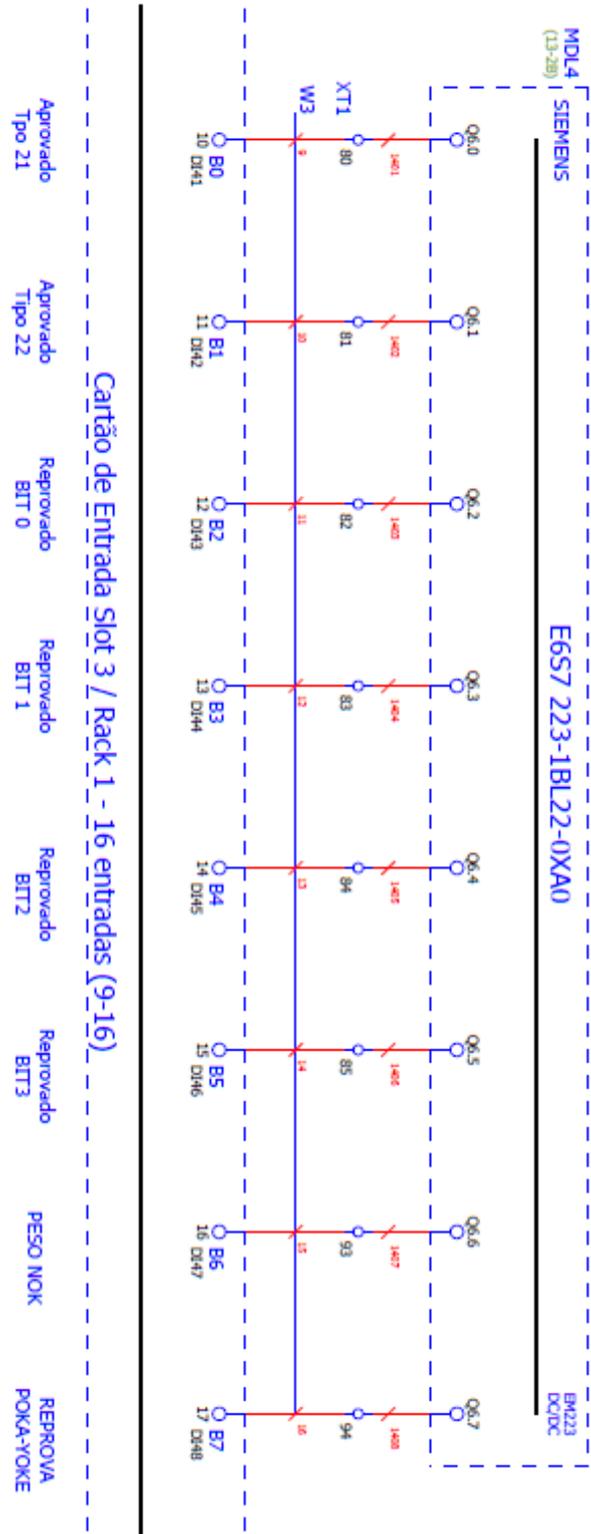


Figura 104 – Esquema elétrico dos sinais trocados entre robô e CLP – parte 3.
 Fonte: Autoria própria.

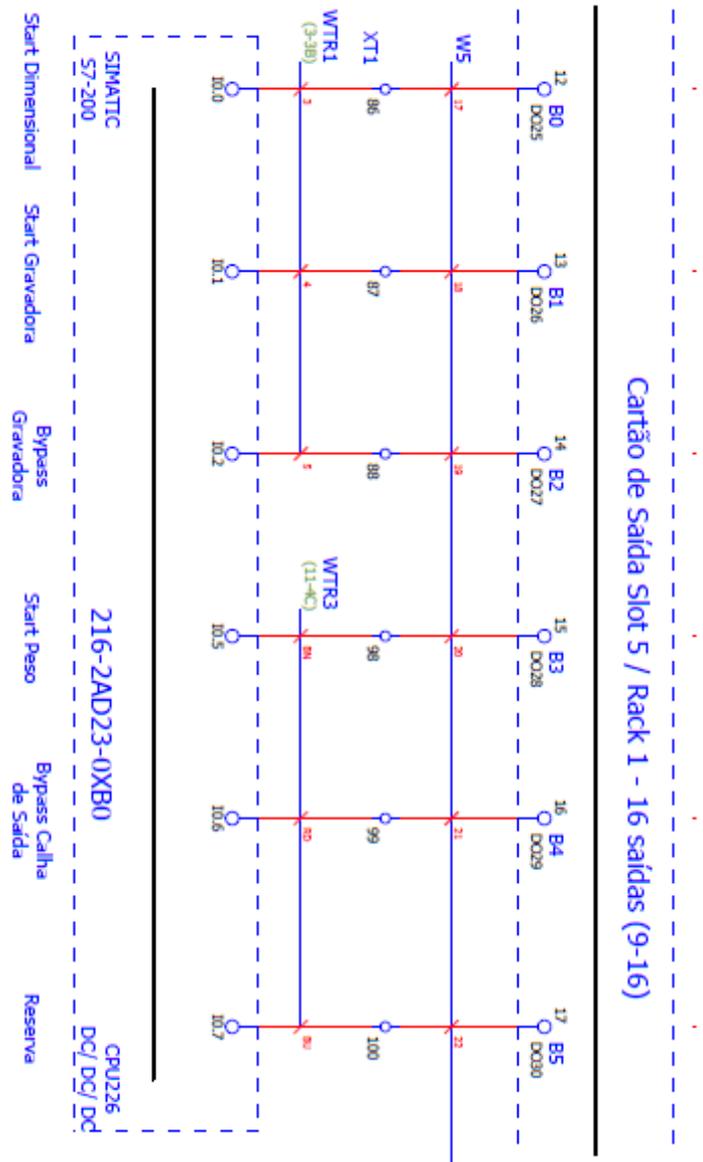


Figura 105 – Esquema elétrico dos sinais trocados entre o robô e CLP – parte 4.

Fonte: Autoria própria.