

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

ANDREO CESAR MELOTTO

**AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE DE BOBINA DE
AÇOS PLANOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2014

ANDREO CESAR MELOTTO

AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE DE BOBINA DE AÇOS PLANOS

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização, apresentado ao Curso de Especialização em Automação Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. M.Sc. Guilherme Alceu Schneider

CURITIBA
2014

AGRADECIMENTOS

Presto meus agradecimentos aos meus pais pela minha formação e incentivo aos estudos, ao professor Guilherme Schneider pela orientação prestada, ao meu amigo Flavio Cardoso pelo grande auxílio na implantação deste trabalho, A Deus pela experiência de vida e em especial a minha futura esposa Mirtes que tanto amo, pela sua compreensão, incentivo, e carinho.

RESUMO

MELOTTO, Andreo Cesar. **Automatização do sistema de transporte de bobinas de aços planos**. 2014. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Este trabalho apresenta a implantação de um sistema automatizado para o controle de transporte de bobinas de aços planos. No trabalho estão descritas as características do sistema de movimentação e as operações manuais realizadas pelos operadores. Também apresenta os métodos de programação e a arquitetura do *hardware* e *software* envolvido na linha de produção. Hoje essas operações são realizadas por meio de comandos manuais, o que não contribui para a produtividade da linha. O estudo é uma pesquisa científica aplicada fundamentalmente em campo e apresenta por meio da implantação do sistema automático uma solução que atenda as necessidades da do processo cujo objetivo é melhorar a confiabilidade e repetibilidade do sistema e possibilitar a otimização das atividades operacionais. São definidas as entradas, saídas e variáveis auxiliares para o comissionamento da lógica do sistema automático. Por fim apresentam-se as conclusões com o desenvolvimento do sistema de transporte automático, seus reflexos no processo da linha de produção e sugestão para projetos futuros.

Palavras chave: Automação, Métodos de programação, Controlador Lógico Programável.

ABSTRACT

MELOTTO, Andreo Cesar. **Automation of the transport system of flat steel coils.** 2014. 51 f. Conclusion Work Specialization Course (Specialization Course in Industrial Automation), Academic Department of Electronics, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2014.

This paper presents the implementation of an automated system for flat steel coils transport control. Here is described the handling characteristics of the system and manual operations performed by operators. It also features methods of programming and hardware architecture and software involved in the production line. Today these operations are performed by means of manual controls, which does not contribute to the line productivity. The study is a fundamentally applied scientific research in the field and presents through the implementation of the automatic system a solution that meets the needs of the process whose purpose of the project is to increase system reliability and optimizing operating activities. The inputs, outputs and auxiliary variables for the commissioning of the automatic system logic are defined. Finally we present the conclusions with the development of the automatic transport system, their reflections in the process of production and suggestion for future projects.

Keywords: Automation, programming methods, Programmable Logic Controller.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista de topo das regiões do fosso do carro transportador de bobina	11
Figura 2: Vista tridimensional do equipamento.....	16
Figura 3: Acionamento da unidade hidráulica	17
Figura 4: Primeiro estágio de elevação	17
Figura 5: Acionamento do movimento de translação	18
Figura 6: Acionamento dos rolos de giro	18
Figura 7: Segundo estágio de elevação	19
Figura 8: Estrutura do projeto de <i>software</i> da automação da linha	21
Figura 9: Elementos do programa do S7-400.....	22
Figura 10: Aplicações de CLP com várias entradas e saídas	23
Figura 11: Exemplo de programação em linguagem ladder.....	24
Figura 12: Exemplo de Grafcet.....	25
Figura 13: Comandos para movimentos do carro bobina.....	26
Figura 14: Fluxograma do transporte de bobina.....	27
Figura 15: Relação de FBs e DBs envolvidas na programação	30
Figura 16: Diagrama Grafcet global	31
Figura 17: Etapa 0 da FB1030 - Início do Ciclo	35
Figura 18: Etapa 1 da FB1030 - Posição vertical do carro	36
Figura 19: Etapa 2 da FB1030 - comando para abaixar o carro.....	36
Figura 20: DB1030 - Variáveis globais	37
Figura 21: Etapa 2 da FB1030 - Carro abaixado.....	37
Figura 22: Etapa 4 da FB1030 - Botão buscar bobina	38
Figura 23: Etapa 5A da FB1030 - Pula para próxima etapa	38
Figura 24: Etapa 5B da FB1030 - Entra na FB1031 (Virador para B2)	39
Figura 25: Diagrama Grafcet FB1031 (Virador para B2)	40
Figura 26: Etapa 0 da FB1031 - Inicia o ciclo.....	41
Figura 27: Etapa 1 da FB1031 - Botão posição virador.....	42
Figura 28a: FC1031 - Bloco subtração.....	42
Figura 28b: FC1031 - Bloco adição.....	43
Figura 28c: FC1031 - Bloco comparação	43

Figura 29: FC1206 - Set points de posições transversal do carro.....	44
Figura 30: FC1206 - Tolerância de posição transversal do carro.....	45
Figura 31: FC1202 – Movimento de elevação do carro.....	45
Figura 32: Etapa 2 da FB1031 - Elevação do carro	46
Figura 33: Etapa 3 da FB1031 - Parar movimento de elevação do carro.....	46
Figura 34: Etapa 4 da FB1031 - Botão posição berço 2.....	47
Figura 35: Etapa 5 da FB1031 - Descer Carro	47
Figura 36: Etapa 6 da FB1031 – Instrução save.	48
Figura 37: Condição C05C da FB1030 – Fim do ciclo retorna para etapa inicial	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Sequências de movimentos	29
Quadro 2: Relação de entradas digitais	34
Quadro 3: Relação de variáveis globais auxiliares	44

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS.

BQ	Bobina Quente
CLP	Controlador Lógico Programável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1.	TEMA	10
1.2.	PROBLEMA	12
1.3.	OBJETIVOS	13
1.3.1	Objetivo Geral.....	13
1.3.2	Objetivos Específicos	13
1.4	JUSTIFICATIVA	14
1.5.	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2	TRASPORTE DE BOBINA.....	16
2.1	CARRO TRASPORTADOR DE BOBINA.....	16
3	MÉTODOS DE PROGRAMAÇÃO E IMPLANTAÇÃO	20
3.1	ESTRUTURA DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO	20
3.2	IMPLANTAÇÃO	26
4	CONCLUÇÕES	49
	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Este tópico apresenta a introdução, o tema pesquisado, seus problemas e premissas, seguidos dos objetivos do estudo, bem como a justificativa e a estrutura do trabalho.

1.1 TEMA

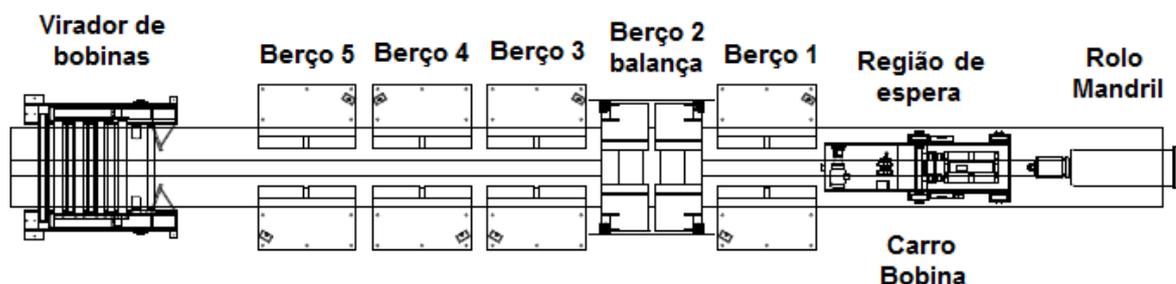
Este trabalho aborda sobre a automação de um carro transportador de bobinas o qual é muito utilizado no ramo siderúrgico para auxiliar no transporte de bobinas de aços. Em especial, o tema trata do comissionamento da lógica de automação de um carro bobina, também conhecido como *coil car* utilizado na entrada de uma linha de decapagem de aço. Fazano (1998) define a decapagem química como um processo que tem como finalidade a remoção da capa de óxido pela intensa ação de soluções ácidas.

A bobina a quente (BQ) é processada na linha de decapagem imersa num tanque com uma solução de ácido clorídrico, visando melhor remoção da camada de óxidos formados na superfície da bobina após a laminação a quente. É realizada também durante este processo, a inspeção de qualidade superficial e o apartamento lateral da bobina. Para melhor eficiência da camada de óxido, a combinação de variáveis, tais como concentração, velocidade da tira, grau de resistência devem estar ajustadas e compatíveis com a capacidade do equipamento. (OLIVEIRA, 2010).

Além do transporte, o carro também auxilia na retirada de cintas metálicas que envolvem o material para não para permitir que a bobina desenrole e no enfiamento da mesma no mandril de entrada. Segundo Moura (2005) a intenção do deslocamento de materiais é conduzi-los do início ao fim do curso, sem regresso no ajuste de posição e com um mínimo de deslocamento, e entregá-los nos devidos lugares de modo a evitar atrasos e manejos desnecessários.

Contextualizando o tema segundo Crowsox (2006), o equipamento automatizado é desenvolvido de modo a atender demandas de locomoção de material. A automação do sistema de transporte tem sido aplicada em várias empresas com a finalidade de minimizar a dificuldade de deslocamento manual e

ampliar a produtividade. Conforme cita Ray (2008) é possível obter algumas vantagens em aperfeiçoar a movimentação de matérias, como: diminuição do gasto com transporte; tornar a atividade eficaz; possibilitar maior segurança na operação, melhorar a produtividade e bem-estar na atividade. O *coil car* é um equipamento cujo sua função é o transporte de bobina quente (BQ's) para o início do beneficiamento na linha, são oito regiões de alojamento de bobina neste curso: Virador de bobina, berço 5, berço 4, berço 3, berço 2, berço 1, região de espera e rolo mandril, respectivamente esta é a sequência para o material iniciar a sua produção. A implantação do sistema automatizado de transporte de bobina será realizado apenas nas regiões do virador de bobina até o berço 2, ficando de fora o berço 1, espera e rolo mandril, isso deve ao fato que no berço 2 é o local destinado para retirar as cintas metálicas das bobinas e também realizar a pesagem das bobinas, impossibilitando que o material siga adiante sem antes parar nesta região. A Figura 1 mostra a vista superior tridimensional das regiões do fosso e do carro do carro.



Vista superior das regiões do fosso do carro bobina.

Fonte: Autoria própria.

1.2 PROBLEMA

O *coil car* em questão não possui um sistema de transporte totalmente automático que possibilita executar a tarefa sem a presença do operador. O comando para movimentação do equipamento é elétrico, por meio de chaves comutadoras e botões, neste sistema existem 2 comutadoras sem retenção neste caso a operação é manual, ou seja, só funciona quando as chaves são acionadas, uma executa os movimentos de translação (avanço e recuo), e a outro o movimento de elevação (subir e descer) do equipamento. Para o caso semiautomático, existem oito botões, cada botão executa o comando para o traslado do carro até sua respectiva região. Com este sistema manual ou semiautomático, além de dispor de tempo operacional na atividade, não proporciona confiabilidade e repetibilidade no transporte do material. Segundo Kardec e Nascif (1999), Confiabilidade, do inglês *Reliability*, é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições específicas, durante um intervalo de tempo. O termo confiabilidade é usado como uma medida de desempenho de confiabilidade.

O deslocamento de bobina exige muita atenção dos operadores, pois estas tarefas existem alguns riscos como:

- Tombamento do material se coletado a mesma fora de centro, colisão com os berços e colisão com bobinas.

A premissa é que ao automatizar o processo de transporte de materiais proporcione maior confiabilidade e repetibilidade do sistema, além de haver uma maior disponibilidade da mão de obra para utilização em outras áreas produtivas.

1.3 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos gerais e específicos do trabalho, relativos aos problemas anteriormente descritos.

1.3.1 Objetivo Geral

Implantar a automação no sistema para transporte de materiais entre as regiões do virador de bobina até o berço 2, na entrada linha de decapagem de aços planos.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para alcançar ao objetivo geral proposto seguem os objetivos específicos:

- Estudar o sistema de transporte de bobina;
- Estudar a lógica de comando e seus intertravamentos;
- Descrever o CLP envolvido na atividade;
- Descrever sobre a metodologia GRAFCET;
- Comissionar a lógica para a automação do sistema de transporte;

1.4 JUSTIFICATIVA

É necessário melhorar a produtividade, confiabilidade e reduzir os custos de produção e a proposta da implantação da automatização do transporte de bobina por meio da metodologia GRAFCET, vem contribuir para alcançar esses objetivos. A automação do processo contribui para melhorar o desempenho das atividades de mão de obra e ainda permite a realocação de um operador em outras atividades do processo.

Além disso, a planta em questão dispõe de um sistema de automação já implantado, sendo necessária apenas a instalação de alguns sensores para comissionamento da lógica, conectado por meio de uma rede de comunicação industrial em um controlador lógico programável (CLP), do sistema de automação da linha de produção. Portanto a implantação do sistema automatizado de transporte de bobina da linha se mostra, além de oportuna, totalmente exequível e sem a necessidade de maiores investimentos.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho divide-se em quatro capítulos, conforme descrição a seguir.

O capítulo 1, introdutório do trabalho, contempla o tema central, é apresentado o problema, seguidos os objetivos de estudo e justificativas para solução.

No capítulo 2 iniciará a fundamentação teórica do sistema de transporte de bobina bem como as especificações e funcionalidades do carro utilizado na entrada da linha.

O capítulo 3 apresentará a estrutura da automação, a descrição do CLP (Controlador Lógico Programável) e a metodologia GRAFCET aplicado no processo.

Por fim as conclusões serão descritas no capítulo 4 deste trabalho.

2 TRANSPORTE DE BOBINA

Este segmento apresenta o equipamento responsável pelo transporte de bobina, são destacados alguns de seus componentes e funções necessárias no processo da linha.

2.1 CARRO TRANSPORTADOR DE BOBINA

O *coil car* é um equipamento cuja sua finalidade é auxiliar no processo de decapagem, podendo destacar algumas de suas funções:

- Transporte das BQ's posicionadas no virador de bobinas para os berços.
- Realizar o giro das bobinas por meio dos rolos de giro, a fim de colocá-la em uma posição segura para o corte da cinta.
- Transporte das BQ's posicionadas nos berços para o rolo mandril da desenroladeira. A Figura 2 mostra a vista tridimensional do *coil car*.

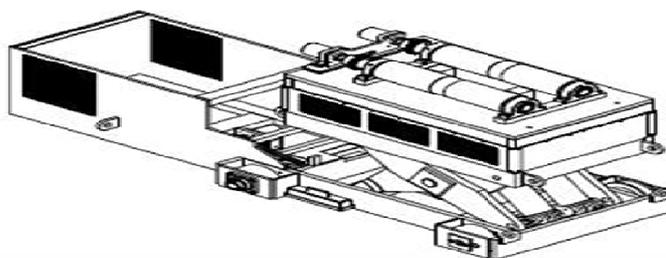


Figura 2: Vista tridimensional do equipamento.
Fonte: Autoria Própria.

Toda a energia hidráulica do carro bobina é proveniente da bomba da unidade hidráulica, acionada por um motor alimentado a 460V. Outras fontes elétricas são de tensão 24V que alimentam os sensores e solenoides utilizados nos blocos de válvulas. Há também um motor dedicado na ventilação do trocador de calor. A Figura 3 apresenta o motor da unidade hidráulica e o bloco de válvulas.



Figura 3: Acionamento da unidade hidráulica.
Fonte: Autoria Própria.

O acionamento do primeiro estágio permite o carro elevar a bobina no berço, possibilitando assim sua centralização em relação ao mandril e inserção. Neste trajeto o carro só usa a elevação primária e a translação. Para estes movimentos o equipamento é composto de um conjunto de válvulas cuja finalidade é o direcionamento do fluxo para a função de sobe e desce com pressão e vazão controlada. A Figura 4 mostra o primeiro estágio de elevação do equipamento.



Figura 4: Primeiro estágio de elevação.
Fonte: Autoria Própria.

Acionamento de translação usada para movimentar o carro com ou sem bobina deslocando até o mandril ou vice e versa. É composto de um conjunto de válvulas com finalidade de direcionar o fluxo de óleo para um motor hidráulico fazendo através deste o deslocamento do carro. Outros componentes hidráulicos garantem a velocidade correta de deslocamento assim como a frenagem do carro. Na Figura 5 apresenta uma corrente, elemento este responsável pelo movimento de translação.



Figura 5: Acionamento do movimento de translação.
Fonte: Autoria Própria.

O acionamento dos rolos de giro é usado para posicionar a ponta da tira em relação à entrada no mandril. O bloco possui válvulas para direcionamento do fluxo com finalidade de acionamento dos rolos para os dois sentidos de rotação, além de possuir válvulas para controle de velocidade e frenagem. A Figura 6 mostra os rolos de giro e também o trilho no qual o carro exerce seu movimento de translação.



Figura 6: Acionamento dos rolos de giro.
Fonte: Autoria Própria.

O acionamento da elevação secundária ou segundo estágio da Figura 7, é usado para retirar bobinas com diâmetro pequeno do mandril devido à necessidade de uma altura superior a da elevação primária, faz-se uso de mais uma elevação para conseguir alcançar o mandril. É composto de um conjunto de válvulas cuja finalidade é o direcionamento do fluxo para a função de sobe e desce com pressão e vazão controlada.



Figura 7: Segundo estágio de elevação.
Fonte: Autoria Própria.

3 MÉTODOS DE PROGRAMAÇÃO E IMPLANTAÇÃO

Neste capítulo, é apresentada a estrutura do sistema de automação comissionado pelo fabricante da linha, seguido pela metodologia de programação e por fim a implantação do sistema automatizado.

3.1 ESTRUTURA DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO

Os dispositivos da linha de produção são comandados por uma estrutura de automação que compõe todos os controles do processo. Na linha de decapagem essa estrutura é constituída de diversas partes, cada um com suas funções, contudo conectados entre si.

O sistema de automação da linha possui dois modelos de CLPs, todos do fabricante SIEMENS, um do tipo SYMADIN TDC e o outro do tipo S7-400. Há 1 *rack* de TDC com 2 CPUs, que consiste a parte da automação do processo que demanda maior eficiência de processamento. E há 1 *rack* de S7-400 que desempenha as funções mais simples, sobretudo a automação dos processos auxiliares da linha.

O rack do TDC, abrange as CPUs designadas aos comandos das operações comuns da linha, como controle de velocidade, condução dos modos de operação, coleta e distribuição de *setpoints* e informações de processo com as seguintes funções:

- MRG (*Master Ramp Generator*) – responsável por controlar os *setpoints* de velocidade que são enviados aos inversores de frequência que acionam a linha.
- LCO (*Line Coordinator*) – responsável por controlar todas as sequencias da linha, como partida, paradas, acelerações, etc;
- SDH (*Setpoint Data Handler*) – responsável por receber os *setpoints* e dados de produção do computador de processo – nível 2.
- MTR (*Material Tracking*) – Responsável por monitorar o fluxo e posicionamento das bobinas na linha.

Os CLPs S7-400 estão divididos em 2 sistemas, sendo:

- MTA (*Material Transport Auxiliary*) – responsável pela automação dos dispositivos da linha, como rolos, mesas de passagem de tira, guias, carros bobinas, etc. Nesse CLP que será proposto a automatização do sistema de transporte de bobinas de aços da decapagem.
- INC (*Instrumentation And Control*) – responsável pela automação e controle das variáveis de processo da linha.

Ainda que o processo de transporte de bobinas não seja totalmente automatizado, seus equipamentos são controlados pela CPU S7-400 MTA conforme descrito anteriormente. A Figura 8 apresenta a estrutura de *software* da automação da linha na qual a CPU MTA está incluído.

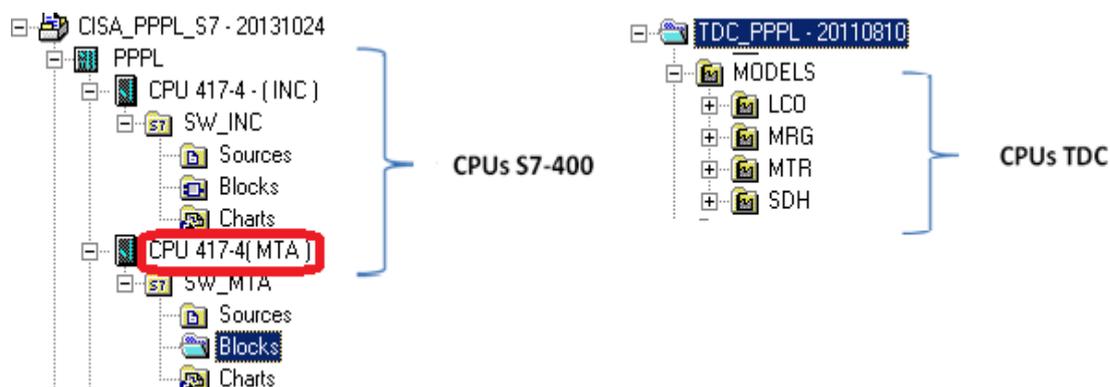


Figura 8: Estrutura do projeto de *software* da automação da linha.
Fonte: Autoria própria

Nas CPUs estão as lógicas de programação para comandos e intertravamento dos dispositivos referente a cada função pela qual é responsável. No caso do S7-400, a metodologia de programação usado pelo fabricante, foi de assumir 2 *Functions Chart* (FC) e 1 *Data Block* (DB) para cada equipamento. Em cada FC possuem a lógica de comandos automáticos e manuais, condições de partida e funcionamento e intertravamentos dos equipamentos. Nesse FC apresenta todas as entradas digitais da máquina como, sensores, botoeiras, encoders, instrumentos, etc, que são empregados na programação. O outro FC estão as saída digitais do conjunto, e é o responsável por enviar o comando para executar um acionamento. O DB é usado para arquivar e manipular informações do sistema, como estados lógicos, posicionamento, condições, setpoints, valores atuais, etc. Por

meio do DB que ocorrem a comunicação do FC de entrada e o FC de saída. A Figura 9 apresenta um modelo dos objetos do programa do movimento de translação do carro, com o FC de entrada, FC de saída, e o DB.

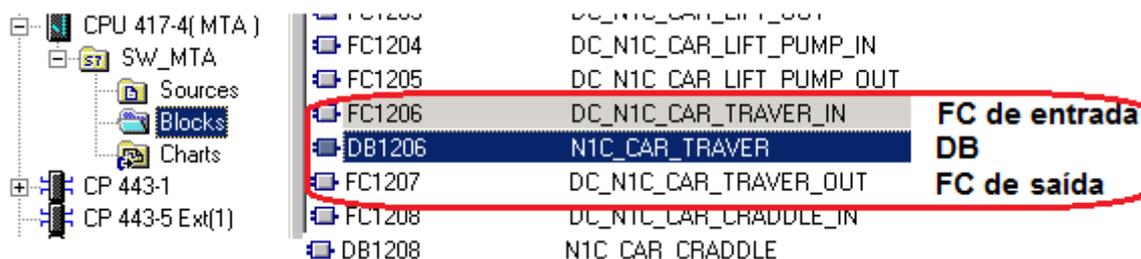


Figura 9: Elementos do programa do S7-400

Fonte: Autoria própria

As principais entradas do sistema de transporte do carro bobina são basicamente:

- Entrada Analógica:
 - Sensor de posição;
- Entradas digitais:
 - Chave seleção manual/automático;
 - Botão buscar bobina;
 - Sensor presença de bobina;
 - Sensor primeiro estágio elevado;
 - Sensor primeiro estágio abaixado;
 - Sensor virador na linha;
 - Sensor virador ocupado;
 - Sensor berço 5 ocupado;
 - Sensor berço 4 ocupado;
 - Sensor berço 3 ocupado;
 - Sensor berço 2/balança ocupado;
 - Sensor berço 5 ocupado;

- Saídas Digitais:

- comando avançar carro;
- comando recuar carro;
- comando elevar carro;
- comando abaixar carro;

Segundo Castrucci e Moraes (2007) a automação é qualquer estrutura auxiliado pelo computador que propõem otimização econômica e rapidez para alcançar os propósitos da indústria e serviços.

O aumento da competitividade exige que as indústrias melhorem o desempenho de suas linhas de produção, neste contexto com o desenvolvimento da automação surgiram os controladores lógicos programáveis CLPs. Segundo Georgini (2005) o CLP pode ser definido como um computador industrial utilizado no controle de sistemas automatizados, capaz de armazenar e executar funções de controle, como: contagem, temporização, sequencia e operações lógicas, manipulação de dados, etc. A Figura 10 apresenta algumas aplicações do CLP.

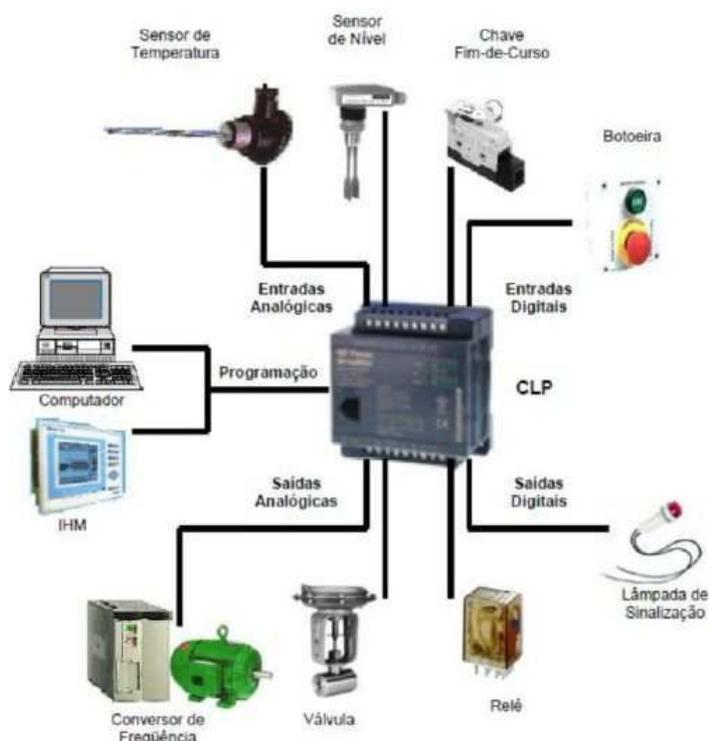


Figura 10: Aplicações de CLP com várias entradas e saídas
Fonte: NETO (2011, p.3)

Em relação às linguagens de programação no mercado dos controladores programáveis são padronizadas pelo *International Electrotechnical Committee* (IEC), sendo que a norma IEC 1131-3 define algumas linguagens entre as quais estão a lista de instruções e a linguagem ladder.

Georgini (2005) comenta que a primeira linguagem especificamente criada à programação de CLP é o ladder, presente em praticamente todos os controladores e ainda é a mais utilizada no mercado. Esse nome deve-se ao fato da linguagem se lembrar de uma escada, pois a lógica de controle é interligada por duas linhas verticais paralelas. A Figura 11 apresenta um exemplo de programação em linguagem ladder.

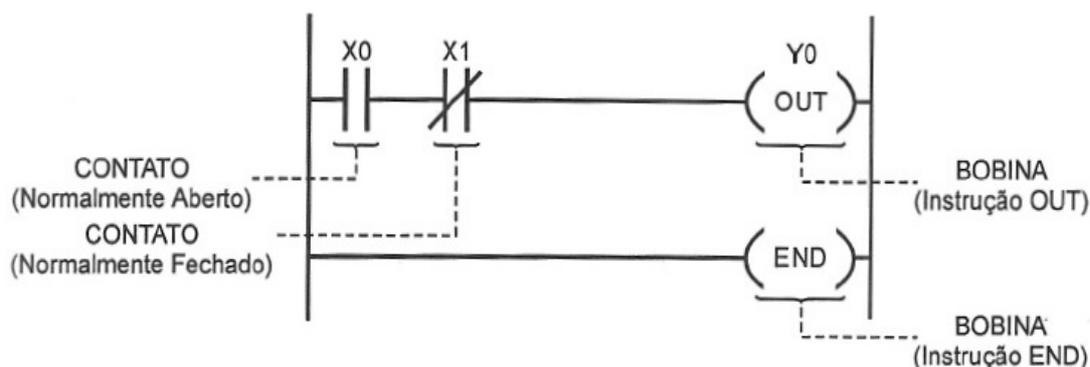


Figura 11: Exemplo de programação em linguagem ladder.
Fonte: GEORGINI (2005, p.84)

Segundo Silveira e Santos (2007) comentam que o uso da linguagem ladder é totalmente satisfatório em sistema de controle de lógica combinacional em que as saídas e ações obedecem somente as condições atuais de entrada, porém para problemas nos quais as atividades de controle são sequenciais, a linguagem ladder pode se tornar confusa e inviável.

Com base nisso, Pires (2002) comenta sobre as vantagens da utilização de linguagens gráficas, especialmente porque de alguma forma se assemelham ao modelo de problemas representados pelos homens, sendo um diagrama gráfico sequencial, denominado GRAFCET.

Georgini (2005) diz que os elementos da linguagem Grafcet podem ser representados por:

- Etapas ou estados, às quais se associam ações;
- Transições entre etapas, determinadas por condições lógicas;
- Elementos de ligação que conferem orientação.

Ainda conforme Georgini (2005) comenta também que cada etapa demonstra um estado do sistema no qual uma ação é realizada, e cada transição é dependente de uma condição que ativa a próxima etapa e desativa a anterior quando satisfeito. A etapa inicial do programa é representada por um retângulo de borda dupla. A Figura 12 apresenta um exemplo de Grafcet.

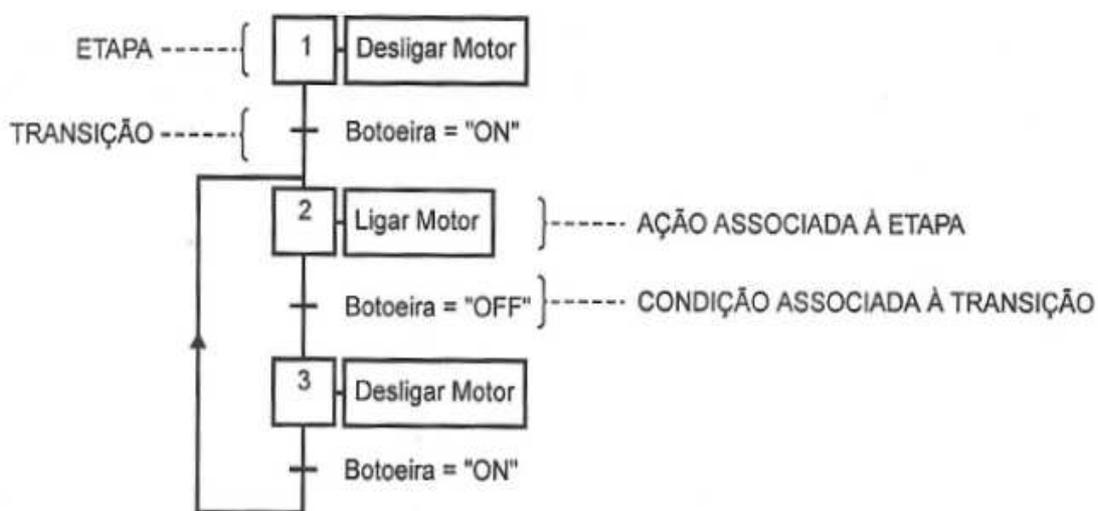


Figura 12: Exemplo de Grafcet.
Fonte: Georgini (2005, p.22)

Castrucci e Moraes (2007) definem as transições como uma barra que separa etapas, no qual para ser ultrapassada um conjunto de condições lógicas devem ser satisfeitas. Essas condições são chamadas de receptividade da transição entre etapas.

Para Pires (2002): A transição sequencial quando sua condição atendida ativa a etapa posterior e desativa a etapa anterior, conforme ilustrado na Figura 12 acima.

3.2 IMPLANTAÇÃO

Com base nos problemas e objetivos descritos nos capítulos anteriores e em conjunto com a necessidade de dispor de uma melhor confiabilidade e repetibilidade do processo de movimentação de bobinas, este segmento apresenta a implantação da automação do sistema de transporte.

A atividade operacional é executada por acionamento de chaves comutadoras e botões instalados em um painel elétrico próximo do equipamento, mantendo uma dessas chaves acionadas o carro movimenta no sentido transversal e interrompe ao desativar o comando, ainda para o movimento transversal também pode ser acionado por meio de botões, são oito botões e cada um deles corresponde a uma região que o carro se desloca ao ser pressionado com um único pulso. Para o movimento no sentido vertical o acionamento é feito apenas com chave comutadora iguais do movimento transversal. Para cada região citada existe um sensor que indica o *feedback* de ocupado ou vazio. A Figura 13 mostra as chaves (movimentos manuais) e botões (movimentos semiautomáticos) de acionamento do carro.

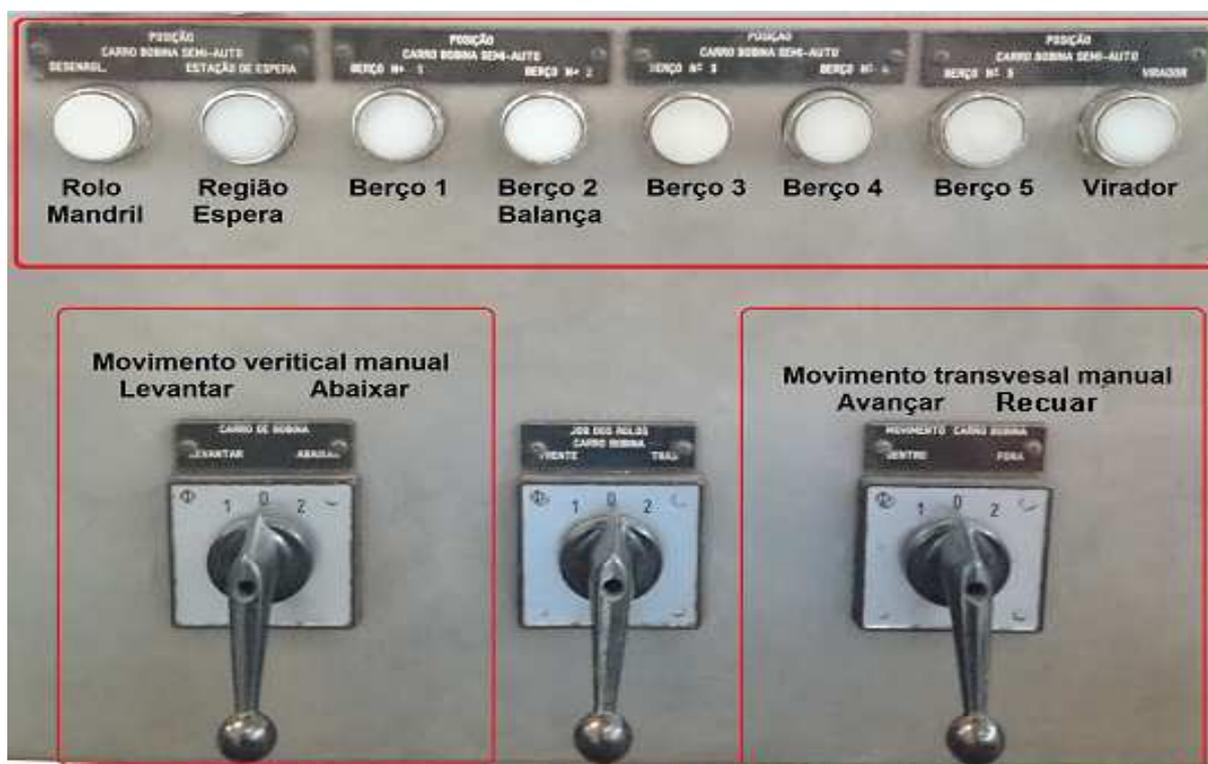


Figura 13: Comandos para movimentos do carro bobina.
Fonte: Autoria própria.

A Figura 14 mostra o fluxograma de movimentação do carro:

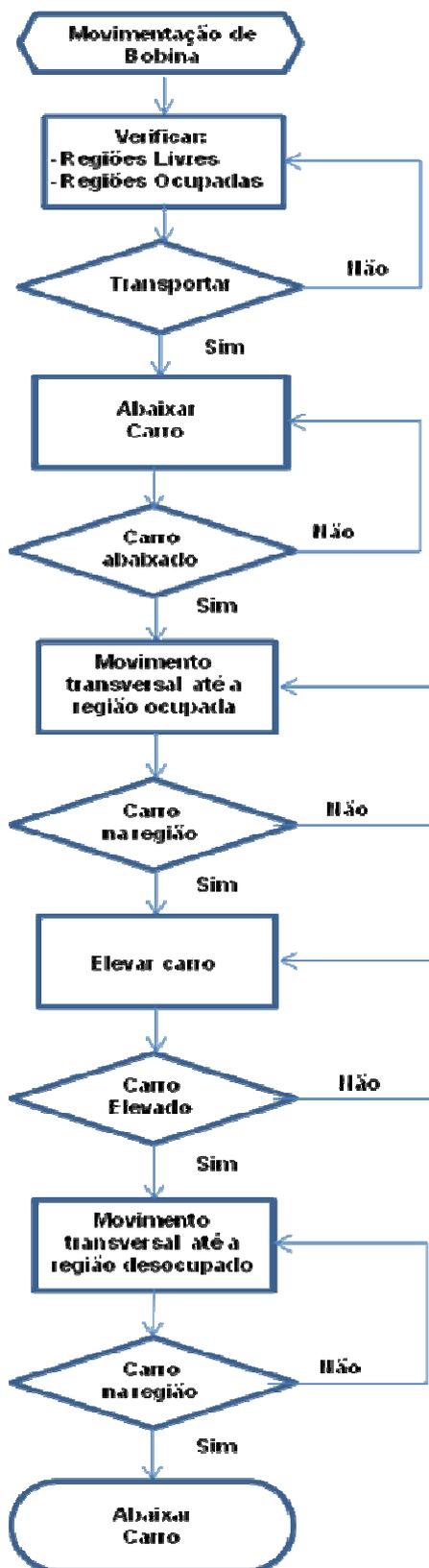


Figura 14: Fluxograma do transporte de bobina.
Fonte: Autoria própria.

A automação será baseada nos possíveis movimentos do carro entre o virador e o berço 2, levando em consideração que o sistema somente poderá coletar a bobina no sentido do virador e entregar o material no sentido do berço 2 garantindo o abastecimento da linha sem que haja colisões no transporte. O Quadro 1 mostra todas as possibilidades de movimentação de carga entre o virador de bobina e o berço 2, e a otimização destas sequências por meio de análise de combinações, no qual denominamos como valor lógico “zero” para as regiões vazias e “um” para as regiões ocupadas, possibilitando reduzir de 32 para 10 sequências.

Qtde.	Berço 2	Berço 3	Berço 4	Berço 5	Virador	Movimento	Sequência	Nº Seq.
1	0	0	0	0	0	--	--	--
2	0	0	0	0	1	V → B2	VIRADOR → B2	1
3	0	0	0	1	0	B5 → B2	B5 → B2	8
4	0	0	0	1	1	B5 → B2		
5	0	0	1	0	0	B4 → B2	B4 → B2	9
6	0	0	1	0	1	B4 → B2		
7	0	0	1	1	0	B4 → B2		
8	0	0	1	1	1	B4 → B2		
9	0	1	0	0	0	B3 → B2	B3 → B2	5
10	0	1	0	0	1	B3 → B2		
11	0	1	0	1	0	B3 → B2		
12	0	1	0	1	1	B3 → B2		
13	0	1	1	0	0	B3 → B2		
14	0	1	1	0	1	B3 → B2		
15	0	1	1	1	0	B3 → B2		
16	0	1	1	1	1	B3 → B2		
17	1	0	0	0	0	--	--	--
18	1	0	0	0	1	V → B3	VIRADOR → B3	2
19	1	0	0	1	0	B5 → B3	B5 → B3	10
20	1	0	0	1	1	B5 → B3		
21	1	0	1	0	0	B4 → B3	B4 → B3	6
22	1	0	1	0	1	B4 → B3		
23	1	0	1	1	0	B4 → B3		
24	1	0	1	1	1	B4 → B3		
25	1	1	0	0	0	--	--	--
26	1	1	0	0	1	V → B4	VIRADOR → B4	3
27	1	1	0	1	0	B5 → B4	B5 → B4	7
28	1	1	0	1	1	B5 → B4		
29	1	1	1	0	0	--	--	--
30	1	1	1	0	1	V → B5	VIRADOR → B5	4
31	1	1	1	1	0	--	--	--
32	1	1	1	1	1	--	--	--

Quadro 1: Sequências de movimentos.

Fonte: Autoria própria

A concepção da automação neste processo será por meio da metodologia grafcet, pois se trata de um processo sequencial de movimentação de carga. Para a implantação apresentamos um diagrama gráfico convencionalmente chamado de grafcet global, neste está programado o início do processo de transporte por meio de uma chave de seleção manual/automático e um botão de pulso para buscar a bobina, ambas instalados no púlpito operacional na entrada da linha, o diagrama gráfico global, também identifica as regiões vazias e ocupadas por bobinas.

A partir desta topologia a implantação será desdobrada em dez grafcets, cada uma responsável pela sequência de movimento conforme representado no quadro 1 anteriormente. Por exemplo, a sequência 1 do quadro1, corresponde ao movimento de coleta de bobina no virador e entrega no berço 2 (VIRADOR → B2), que por sua vez corresponde a etapa 5B da estrutura global, na qual se desdobra em um outro grafcet, programado no Bloco de função chamado de FB1031 (CoilCar_V_B2), assim ocorre para os outros nove movimentos. Os FBs foram gerados para instanciar as DBs correspondentes, desta maneira possibilita economia de memória. A Figura 15 apresenta as FBs e suas respectivas DBs programadas no CLP.

Object name	Symbolic name	Object name	Symbolic name
FB900	CLOCK	DB1030	DB_CoilCar_V_B2
FB1030	Grafcet Global Seq,Aut	DB1031	DB_CoilCar_V_B3
FB1031	CoilCar_V_B2	DB1032	DB_CoilCar_V_B4
FB1032	CoilCar_V_B3	DB1033	DB_CoilCar_V_B5
FB1033	CoilCar_V_B4	DB1034	DB_CoilCar_B3_B2
FB1034	CoilCar_V_B5	DB1035	DB_CoilCar_B4_B3
FB1035	CoilCar_B3_B2	DB1036	DB_CoilCar_B5_B4
FB1036	CoilCar_B4_B3	DB1037	DB_CoilCar_B5_B2
FB1037	CoilCar_B5_B4	DB1038	DB_CoilCar_B4_B2
FB1038	CoilCar_B5_B2	DB1039	DB_CoilCar_B5_B3
FB1039	CoilCar_B4_B2	DB1040	DB_MA_ME_RT_N_SECC
FB1040	CoilCar_B5_B3	DB1062	DB_MA_ME_RT_N_SECC

Figura 15: Relação de FBs e DBs envolvidas na programação.
Fonte: Autoria própria

O grafcet global está ilustrado na Figura 16 com todas suas etapas e condições no qual será detalhado posteriormente.

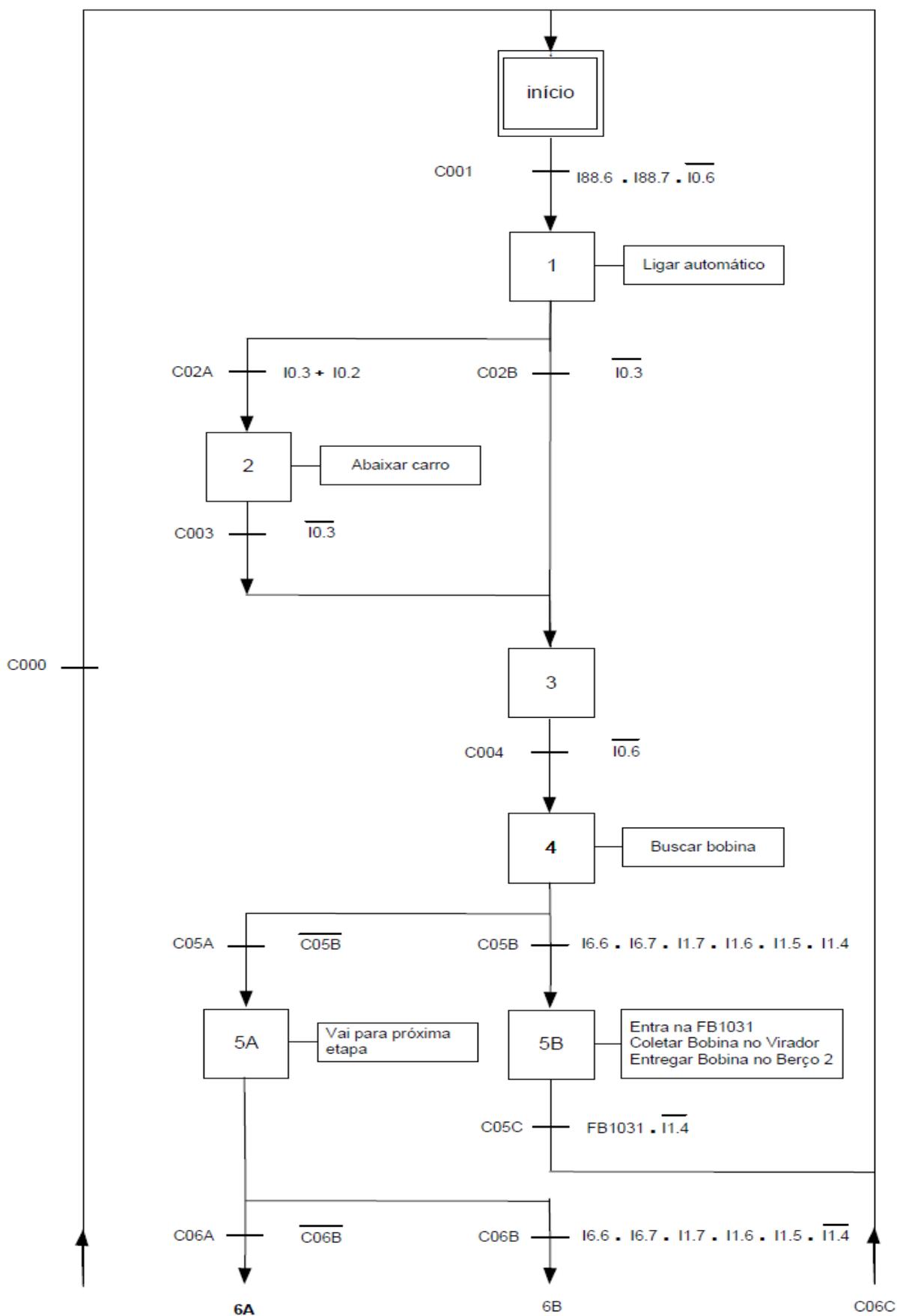


Figura 16: Diagrama Grafset global.
Fonte: Autoria própria.

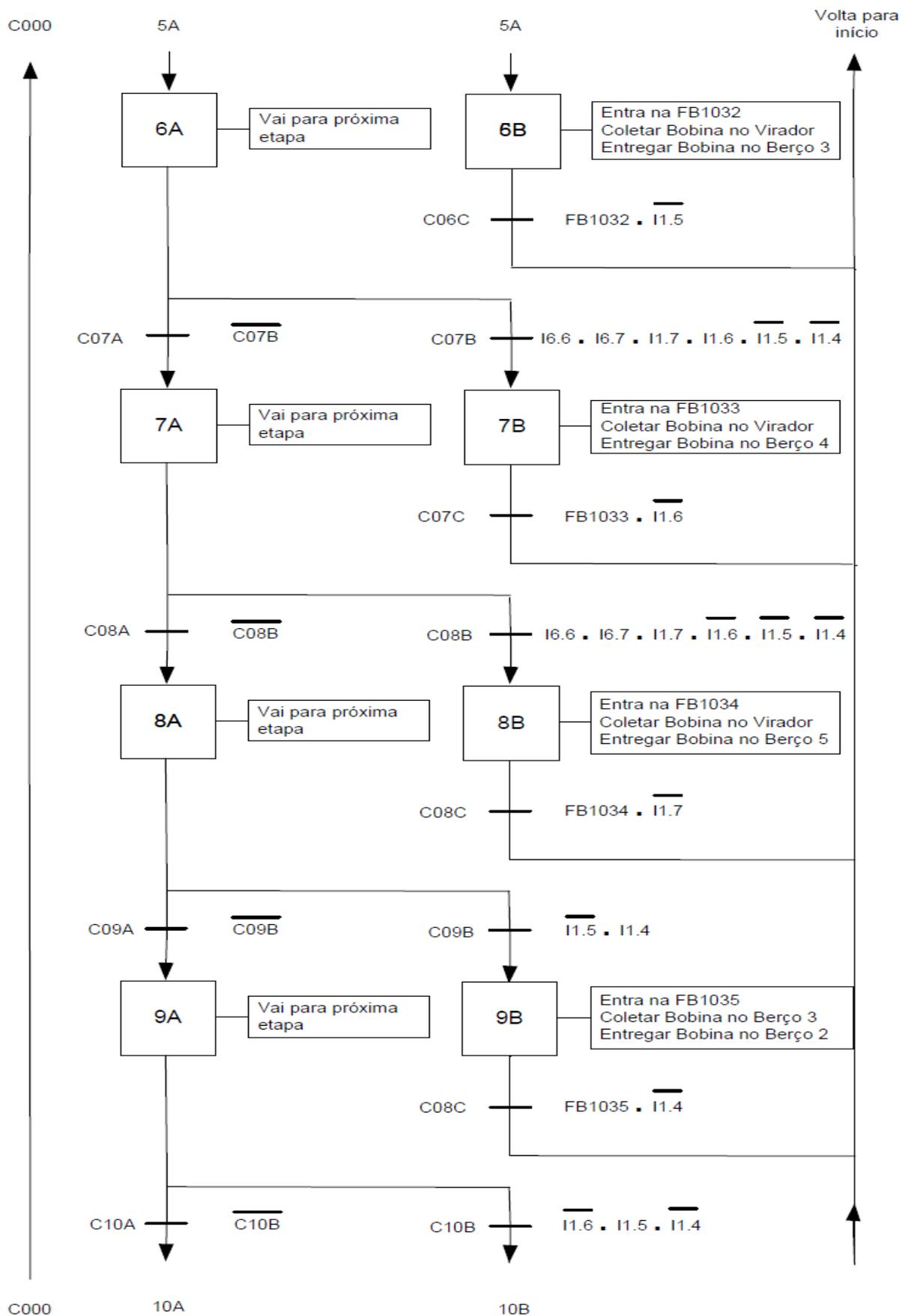


Figura 16: Diagrama Grafcet global.
 Fonte: Autoria própria.

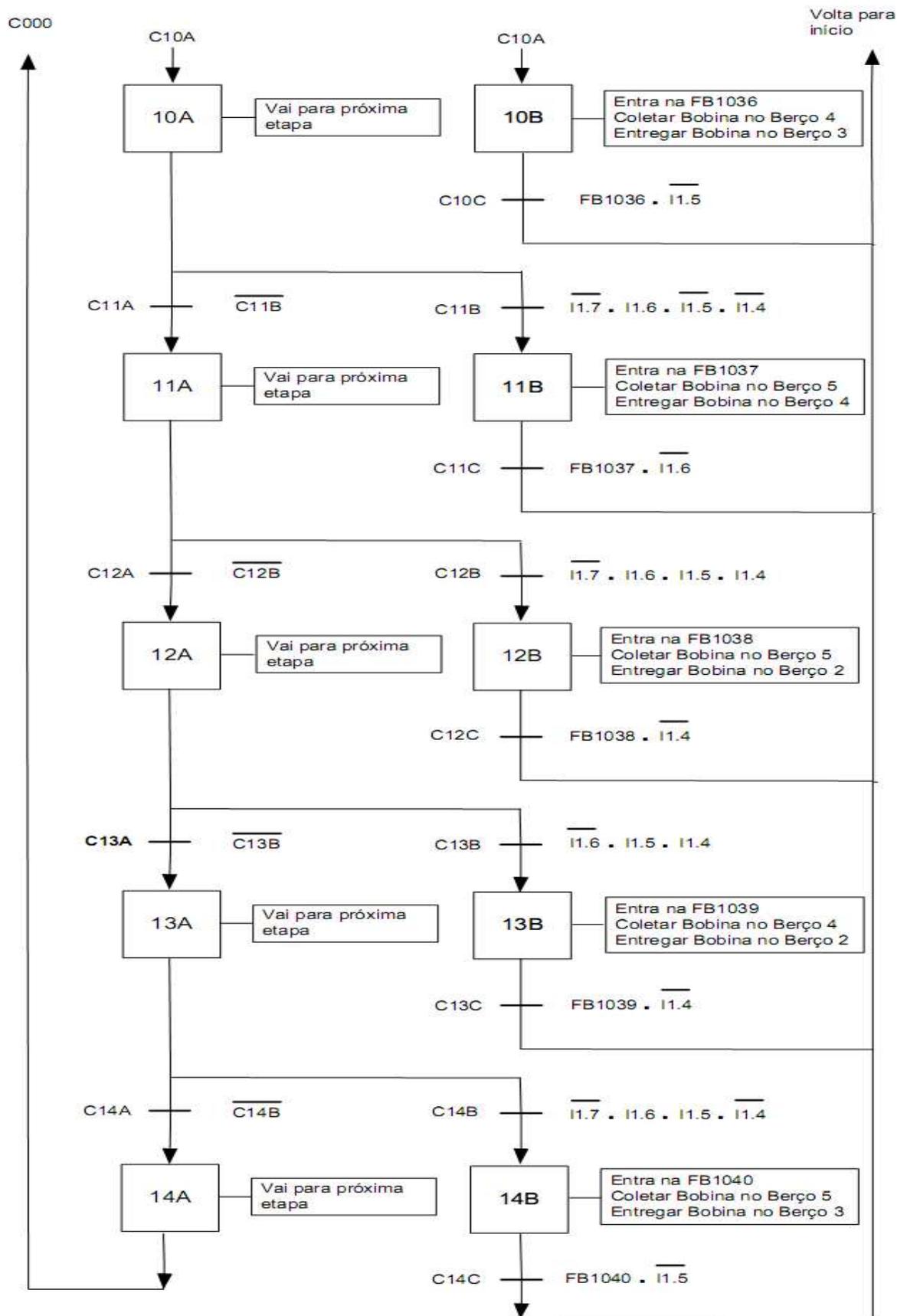


Figura 16: Diagrama Grafcet global (concluído).
Fonte: Autoria própria.

O quadro 2 apresenta as entradas digitais do sistema automático envolvido no processo para a ativação das condições da lógica.

Entradas Digitais	Descrição
I88.6	Chave seletora Manual/Automático
I88.7	Botão buscar bobina
I0.6	Sensor presença de bobina
I0.3	Sensor carro abaixado
I0.2	Sensor carro Elevado
I6.6	Sensor de virador na linha
I6.7	Sensor de bobina no virador
I1.7	Sensor de bobina no berço 5
I1.6	Sensor de bobina no berço 4
I1.5	Sensor de bobina no berço 3
I1.4	Sensor de bobina no berço 2

Quadro 2: Relação de entradas digitais.
Fonte: Autoria própria.

Para a montagem do método grafcet global foi criado a FB1030 no CLP S7-400 MTA, desta estrutura foram criados outros 10 grafkets, também programado em nos seus respectivos FBs no qual cada um é responsável por uma sequência de movimento. A linguagem aplicada no comissionamento da lógica com base no grafcet foi a lista de instrução. Georgini (2005) comenta que nesta linguagem é concedida somente uma operação por linha, e que seu emprego é possível em aplicações menores ou para melhorar parcela de uma aplicação mais complexa.

A Figura 16 mostra a linguagem escrita da etapa 0, no qual só é ativada quando as demais estiverem desativadas. Ainda na Figura 17 temos a programação em ladder que para satisfazer a condição “C001” à chave “manual/automático” deve estar selecionada em automático, não pode ter bobina no carro e deverá ser pressionado o botão de buscar bobina.

```
// ETAPA 0 - Inicio do Ciclo.
  AN   #E001
  AN   #E002
  AN   #E003
  AN   #E004
  AN   #E05A
  AN   #E05B
  AN   #E06A
  AN   #E06B
  AN   #E07A
  AN   #E07B
  AN   #E08A
  AN   #E08B
  AN   #E09A
  AN   #E09B
  AN   #E10A
  AN   #E10B
  AN   #E11A
  AN   #E11B
  AN   #E12A
  AN   #E12B
  AN   #E13A
  AN   #E13B
  AN   #E14A
  AN   #E14B
  S    #E000
```

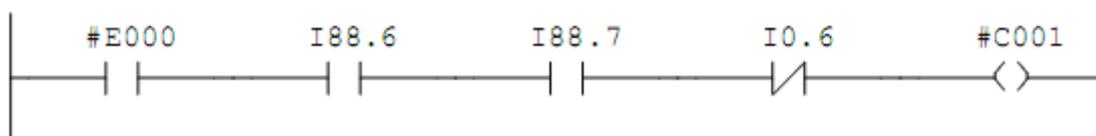


Figura 17: Etapa 0 da FB1030 - Inicio do Ciclo.
Fonte: Autoria própria.

Após o início do ciclo, é verificada a posição vertical do carro, para ativar a condição C02A, conforme ilustra a Figura 18.

```
// ETAPA 1 - Condição (C001)
  Botão seta Automático e reseta Etapa (E000).

  A    #E000
  A    #C001
  S    #E001
  R    #E000
```

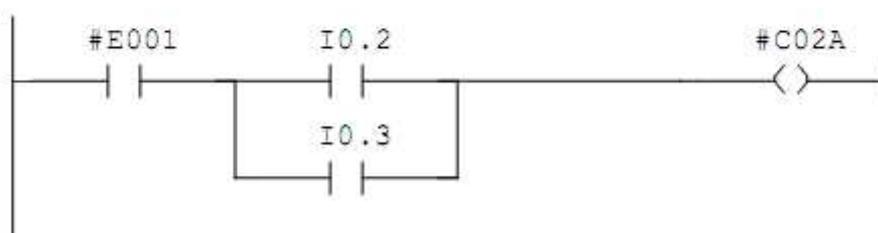


Figura 18: Etapa 1 da FB1030 – Posição vertical do carro
Fonte: Autoria própria.

Caso o carro não esteja na posição abaixado a etapa 2 chama a DB1030.DBX0.2, está por sua vez escreve na FC1202 responsável pelo movimentos de elevação do equipamento, esta DB após 5 segundos aciona a variável temporária (#Seq_Coil_Car_Lower) conforme destacado na Figura 19, e esta variável aciona o comando para abaixar o carro.

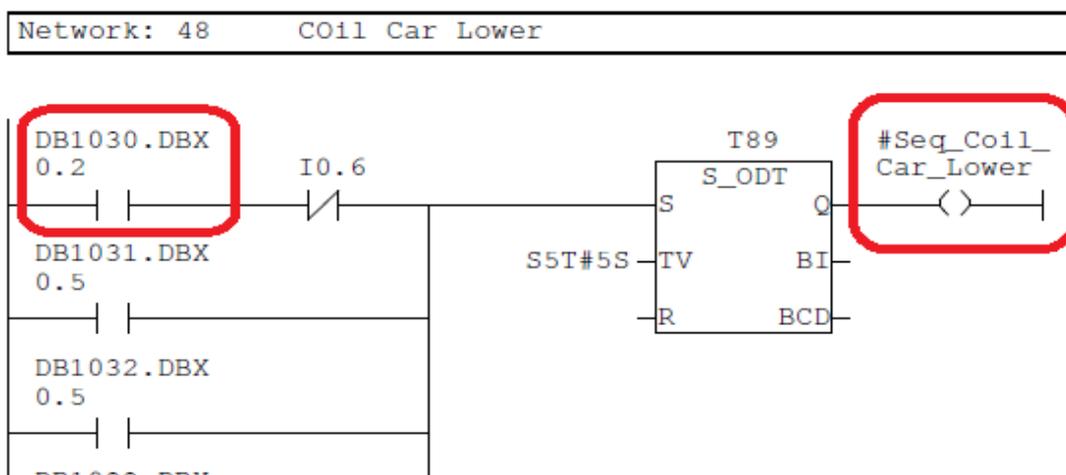


Figura 19: Etapa 2 da FB1030 comando para abaixar o carro
Fonte: Autoria própria.

A Figura 20 mostra as variáveis globais criadas na DB1030 para a programação da lógica.

Address	Declaration	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
0.0	stat	E000	BOOL	FALSE	FALSE	
0.1	stat	E001	BOOL	FALSE	FALSE	
0.2	stat	E002	BOOL	FALSE	FALSE	
0.3	stat	E003	BOOL	FALSE	FALSE	
0.4	stat	E004	BOOL	FALSE	FALSE	
0.5	stat	E05A	BOOL	FALSE	FALSE	Pula para proxima etapa
0.6	stat	E05B	BOOL	FALSE	FALSE	FB1031 Virador para Berço 2
0.7	stat	E06A	BOOL	FALSE	FALSE	Pula para proxima etapa
1.0	stat	E06B	BOOL	FALSE	FALSE	FB1032 Virador para Berço 3
1.1	stat	E07A	BOOL	FALSE	FALSE	Pula para proxima etapa
1.2	stat	E07B	BOOL	FALSE	FALSE	FB1033 Virador para Berço 4
1.3	stat	E08A	BOOL	FALSE	FALSE	Pula para proxima etapa
1.4	stat	E08B	BOOL	FALSE	FALSE	FB1034 Virador para Berço 5
1.5	stat	E09A	BOOL	FALSE	FALSE	Pula para proxima etapa
1.6	stat	E09B	BOOL	FALSE	FALSE	FB1035 Berço 3 para Berço 2
1.7	stat	E10A	BOOL	FALSE	FALSE	Pula para proxima etapa
2.0	stat	E10B	BOOL	FALSE	FALSE	FB1036 Berço 4 para Berço 3
2.1	stat	E11A	BOOL	FALSE	FALSE	Pula para proxima etapa
2.2	stat	E11B	BOOL	FALSE	FALSE	FB1037 Berço 5 para Berço 4
2.3	stat	E12A	BOOL	FALSE	FALSE	Pula para proxima etapa
2.4	stat	E12B	BOOL	FALSE	FALSE	FB1038 Berço 5 para Berço 2
2.5	stat	E13A	BOOL	FALSE	FALSE	Pula para proxima etapa

Figura 20: DB1030 - Variáveis globais.
Fonte: Autoria própria.

No passo 2 o programa ativa a condição C02B somente se o carro estiver abaixado, ver Figura 21. O mesmo acontece para a condição C003.

```
// ETAPA 2 - Condição (C02A)Abaixar Coil car.
```

```

A      #E001
A      #C02A
S      #E002
R      #E001

```



Figura 21: Etapa 2 da FB1030 – Carro abaixado.
Fonte: Autoria própria.

Para iniciar a busca da bobina na etapa 4, a condição da Figura 22 deve ativar apenas se não houver bobina no carro.

```
// ETAPA 4 - Condição (C004) Botão Buscar Bobina.
A    #E003
A    #C004
S    #E004
R    #E003
```



Figura 22: Etapa 4 da FB1030 – Botão buscar bobina
Fonte: Autoria própria.

A etapa 5A verifica as regiões ocupadas e vazias, a condição C05A deverá ser satisfeita para sua ativação. A Figura 23 mostra a condição inversa C05B para ativar a etapa 5A que por sua vez pula para a próxima etapa. Da mesma maneira ocorre para as etapas 6A, 7A, 8A, 9A, 10A, 11A, 12A, 13A e na etapa 14A volta para o início do graficet global.

```
// ETAPA 5A - Condição (C05A)
Virador e Berço 2 Ocupado, pula para Etapa (E06A)
A    #E004
A    #C05A
S    #E05A
R    #E004
```



Figura 23: Etapa 5A da FB1030 – Pula para próxima etapa.
Fonte: Autoria própria.

A etapa 5B verifica as regiões ocupadas e vazias ela está diretamente relacionado com a sequência 1 do quadro 1 de sequência de movimentos de bobinas apresentado anteriormente, é nesta etapa que é programado a FB1031 (Coil_Car_Virador_B2) para o movimento de coleta no virador e entrega da bobina no berço 2. A Figura 24 mostra as condições para a ativação da etapa 5B. O mesmo acontece para as etapas 6B, 7B, 8B, 9B, 10B, 11B, 12B, 13B, 14B.

```
// ETAPA 5B - Condição (C05B)
Virador Ocupado e Berços 5, 4, 3, 2 Vazios
Buscar Bobina no Virador para Berço 2.

A   #E004
A   #C05B
S   #E05B
R   #E004
```

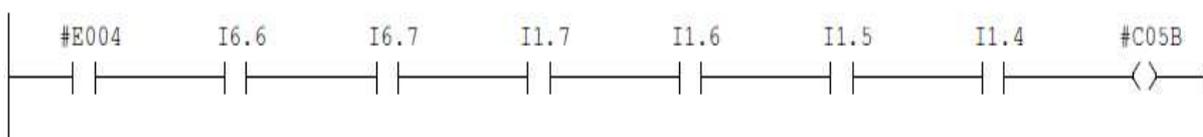


Figura 24: Etapa 5B da FB1030 – Entra na FB1031 (Virador para B2).
Fonte: Autoria própria.

Dentro desta etapa entraremos em outro graficet programado por meio da FB1031 conforme mostra a Figura 25.

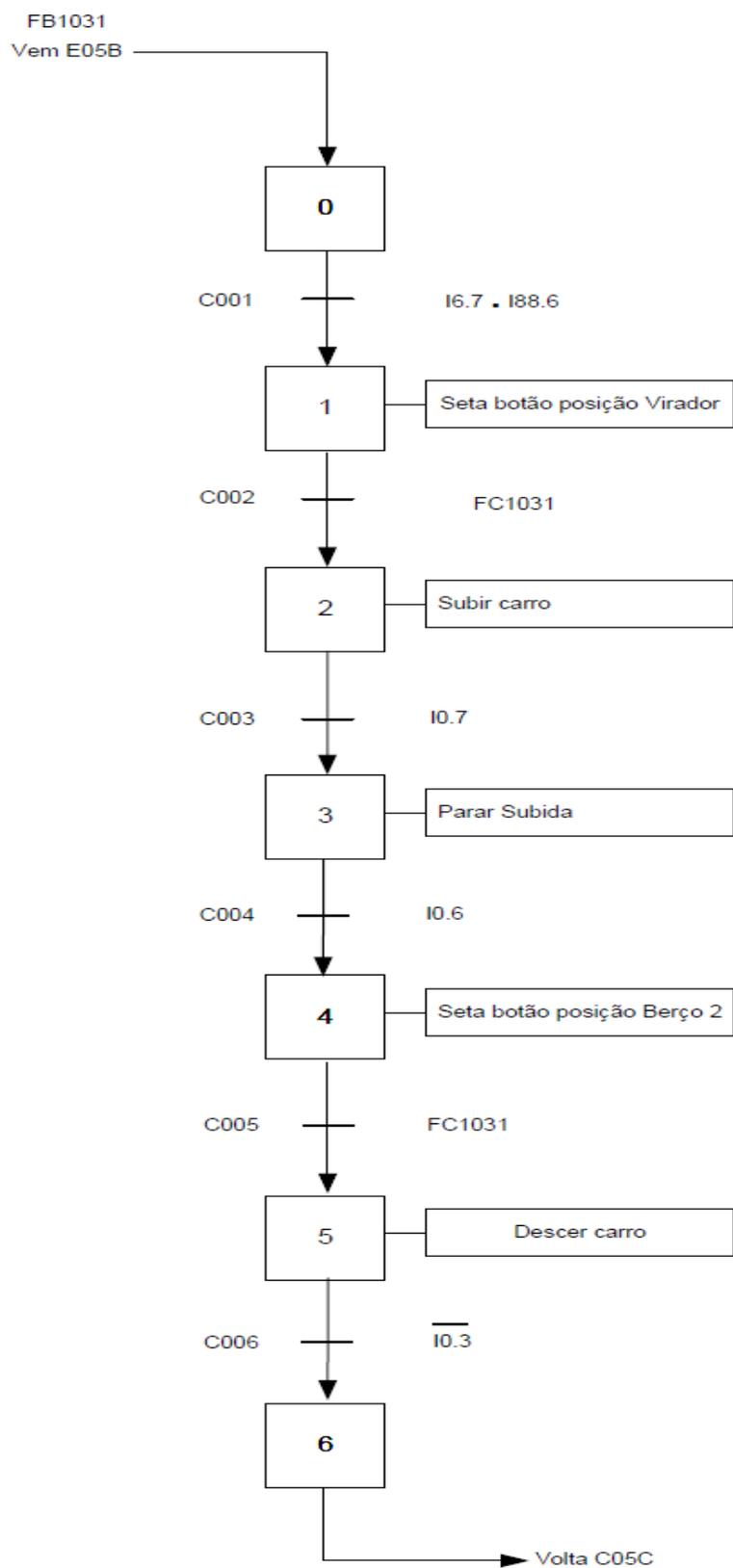


Figura 25: Diagrama Grafcet FB1031 (Virador para B2).
 Fonte: Autoria própria.

Dentro da FB1031, a etapa zero inicia o ciclo apenas quando todas as demais não estiverem ativadas. A Figura 26 retrata esta programação.

```
// ETAPA 0 - Início do Ciclo.
```

```
AN   #E001
AN   #E002
AN   #E003
AN   #E004
AN   #E005
AN   #E006
=    #E000
```



Figura 26: Etapa 0 da FB1031 – Inicia o ciclo.
Fonte: Autoria própria

A etapa 1 da Figura 27 quando ativada entra na FC1031, essa por sua vez tem como finalidade ativar o botão do seu respectivo local, neste caso buscar a bobina na região do virador. A programação é feita por meio de três variáveis:

- DB1206.DBD300 corresponde a posição atual do movimento transversal do carro, medido através de um sensor de posição;
- DB1206.DBD304 corresponde a tolerância de posição para cada região do carro, conforme Figura 30;
- DB1206.DBD356 corresponde ao *set point* de posição do carro, para este especificamente região do virador, conforme Figura 29.

```
// ETAPA 1 - Condição
(C001)Virador ocupado e semi automático.
```

```
A    #E000
A    #C001
S    #E001
R    #E000
```

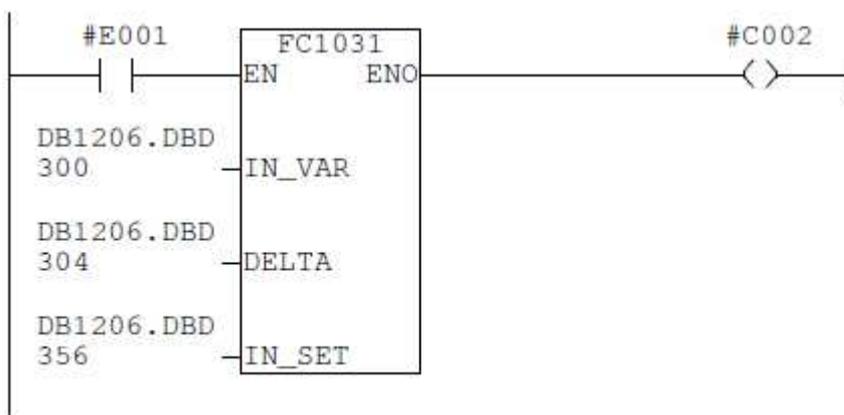


Figura 27: Etapa 1 da FB1031 – Botão posição virador.
Fonte: Autoria própria.

Dentro da FC1031 a programação é feita por meio de lógicas matemáticas e comparação conforme mostram as Figura 28a, 28b, 28c.

Na Figura 28a, o bloco (SUB_R), subtrai o valor da posição de *set point* do virador (IN_SET) pelo valor de tolerância (DELTA), para encontrar o valor mínimo (MIN_VAR1).

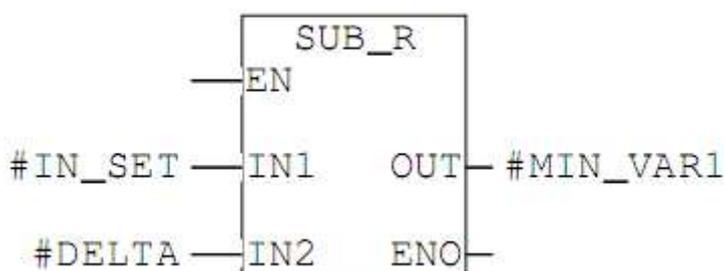


Figura 28a: FC1031 - Bloco subtração.
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 28b, o objetivo é encontrar o valor máximo (MAX_VAR1), para isso o cálculo é a somatória do valor da posição de *set point* do virador (IN_SET) e o valor de tolerância (DELTA).

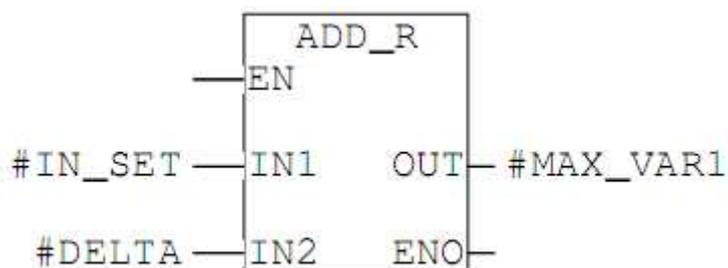


Figura 28b: FC1031 - Bloco adição.
Fonte: Autoria própria.

Na programação ilustrada na Figura 28c, o carro interrompe o movimento quando o seu valor de posição atual estiver entre o valor máximo e mínimo garantindo que o equipamento está na posição desejada. Isso ocorre também nas mesmas etapas 1 e 4 dos demais graficets (FB1032, FB1033, FB1034, FB1035, FB1036, FB1037, FB1038, FB1039, FB1040), mudando apenas o valor do *set point* de posição.

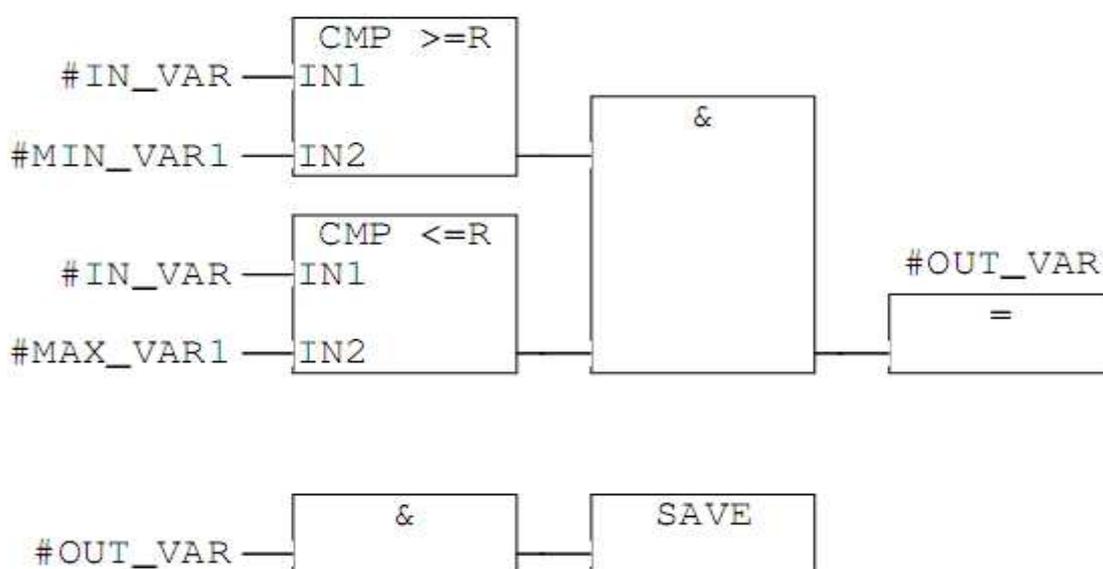


Figura 28c: FC1031 - Bloco comparação.
Fonte: Autoria própria

O quadro 3 apresenta as variáveis auxiliares utilizada para a programação do processo em questão.

Variável global auxiliar	Descrição
DB1206.DBD300	Posição atual
DB1206.DBD304	Tolerância da posição
DB1206.DBD328	Set point de posição do berço 2
DB1206.DBD324	Set point de posição do berço 3
DB1206.DBD320	Set point de posição do berço 4
DB1206.DBD316	Set point de posição do berço 5
DB1206.DBD356	Set point de posição do Virador

Quadro 3: Relação de variáveis globais auxiliares.
Fonte: Autoria própria.

A programação da linha 37 da FC1206, mostra em destaque todos os set points de posição transversal do carro. Cada região com seu respectivo valor de posição conforme Figura 29.

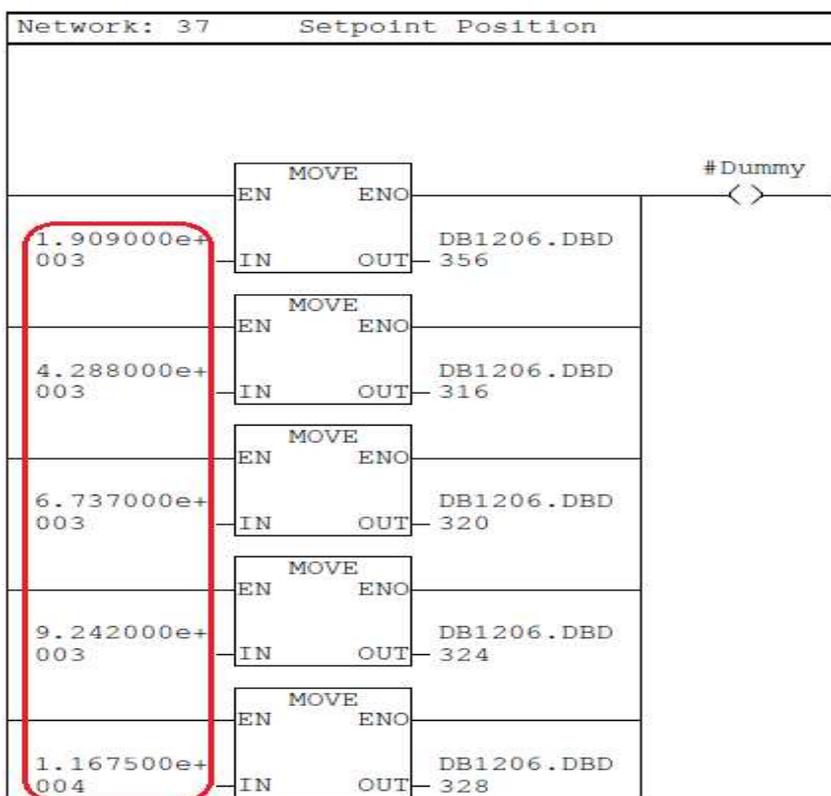


Figura 29: FC1206 - Set points de posições transversal do carro.
Fonte: Autoria própria

Na linha posterior (38) da mesma FC, a Figura 30 apresenta com um valor fixo de tolerância para as regiões de armazenamento de bobinas.

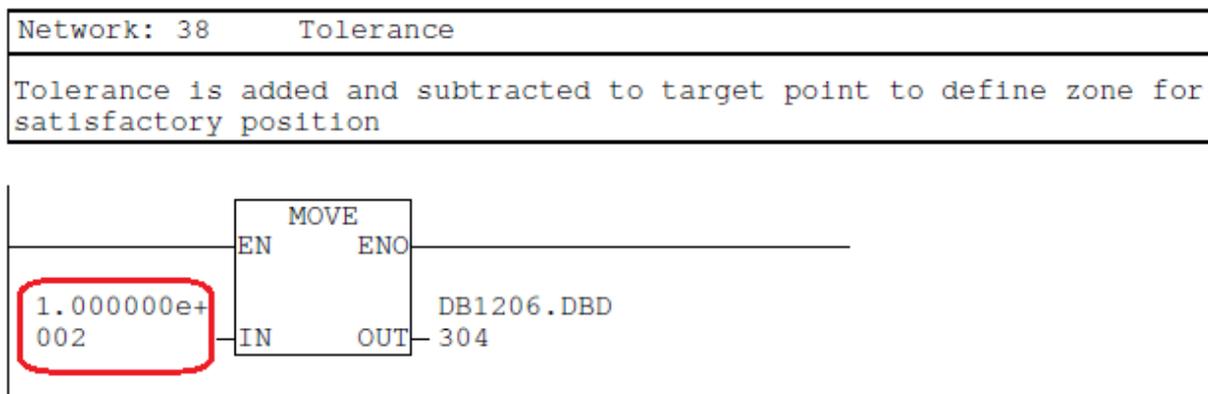


Figura 30: FC1206 – Tolerância de posição transversal do carro.
Fonte: Autoria própria

O carro interrompe o movimento transversal quando entra na região do virador, conforme a Figura 31 a etapa 2 ativa a DB1031.DBX0.2 que por sua vez conta 10 segundos e habilita a variável (#Seq_Coil_Car_Raise) da FC1202 para executar movimento vertical de elevação do carro.

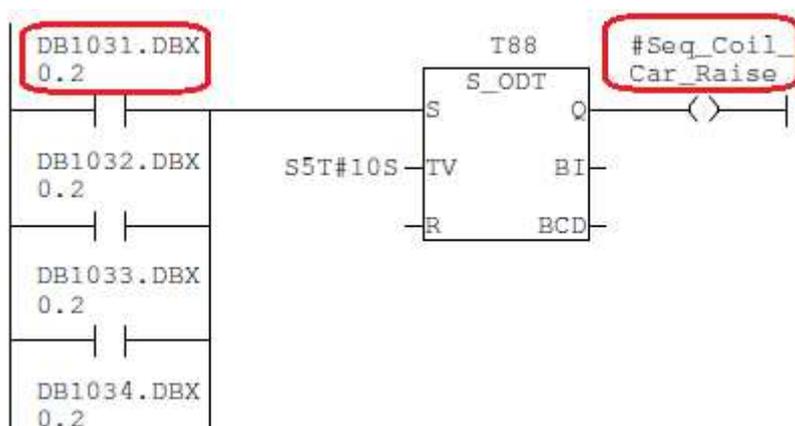


Figura 31: FC1202 – Movimento de elevação do carro.
Fonte: Autoria própria.

O movimento de elevação será interrompido quando ativar o sensor de limite de berço (I0.7), condição de segurança para garantir que o equipamento não irá colidir. A Figura 32 retrata a lógica desta condição.

```
// ETAPA 2 - Condição (C002)
```

```
Carro dentro da faixa do Virador = 1809 a 2009 mm.
```

```
A    #E001
A    #C002
S    #E002
R    #E001
```

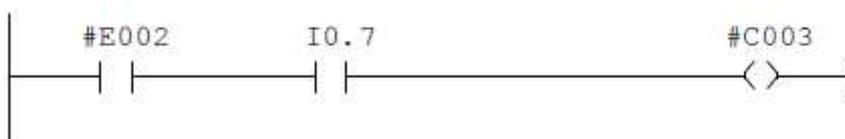


Figura 32: Etapa 2 da FB1031 – Elevação do carro.
Fonte: Autoria própria.

A etapa 3 da FB1031 e o sensor de presença de bobina (I0.6) ativados, permitem o movimento de translação do carro, desta vez para entregar a bobina no berço 2, a Figura 33 mostra este processo.

```
// ETAPA 3 - Condição (C003)
```

```
A    #E002
A    #C003
S    #E003
R    #E002
```

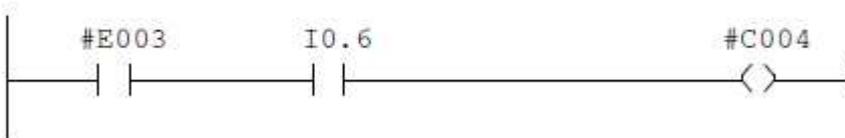


Figura 33: Etapa 3 da FB1031 – Parar movimento de elevação do carro.
Fonte: Autoria própria.

A lógica representada na Figura 34 mostra o limite de tolerância de posição igualmente comentando na etapa 01 da Figura 27, porém desta vez para entrega da bobina no berço 2.

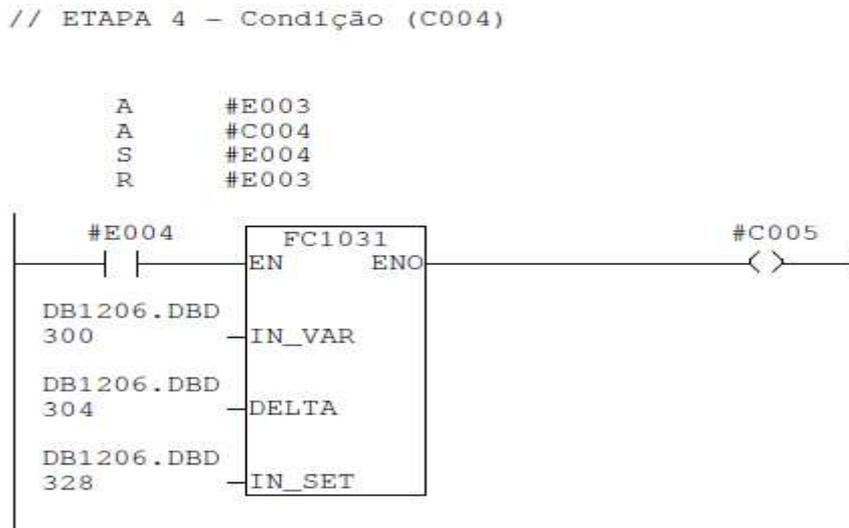


Figura 34: Etapa 4 da FB1031 – Botão posição berço 2.
Fonte: Autoria própria.

Após o carro entrar na região, é executado o movimento para abaixar o equipamento para a entrega do material no berço 2, conforme Figura 35 esse movimento será interrompido apenas quando o sensor de carro abaixado (I0.3) for atuado.

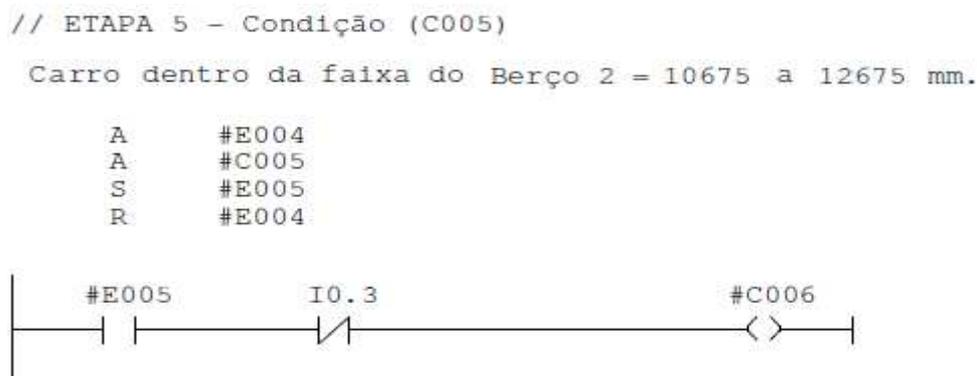


Figura 35: Etapa 5 da FB1031 - Descer Carro.
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 36, a instrução `save`, serve para garantir que a saída da FB1031 seja ativada apenas quando o `save` for acionado, retornando deste modo para o graficet global FB1031.

```
// ETAPA 6 - Condição (C05C)
  Volta Graficet Global.
```

```
  A   #E005
  A   #C006
  =   #E006
  R   #E005
```



Figura 36: Etapa 6 da FB1031 – Instrução `save`.
Fonte: Autoria própria.

A condição C05C é à saída da etapa 5B, ou seja, ela ativa quando a FB1031 e o sinal negado do sensor de bobina no berço 2 (I1.4) estiverem satisfeitos quando isso acontece voltamos a etapa inicial (zero) do graficet global ou FB1030. A Figura 37 apresenta esta função.

```
// ETAPA0 - Condição (C05C)
  Berço 2 Ocupado, Inicia novo Ciclo.
```

```
  A   #E05B
  A   #C05C
  S   #E000
  R   #E05B
```

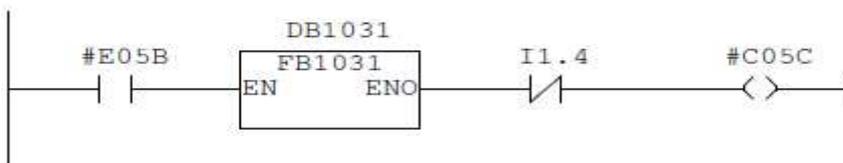


Figura 37: Condição C05C da FB1030 – Fim do ciclo retorna para etapa inicial.
Fonte: Autoria própria.

4 CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho foi constatado que existem muitas oportunidades de melhorias de processo por meio da implantação de recursos de automação nas indústrias. Mesmo as plantas com tecnologias de automação industrial oferecem oportunidades de ganhos de produtividade por meio da otimização de atividades automatizando ainda mais suas funções.

Na implantação do trabalho em questão é possível disponibilizar mais tempo de mão de obra operacional para execução de outras atividades da linha de produção, devido ao operador não necessitar mais permanecer em tempo integral no processo de transporte de bobinas.

Para o comissionamento da lógica de programação foi utilizado o simulador de CLP S7-400 da Siemens, o que possibilitou efetuar diversos testes antes da implantação no local, porém mesmo com estes testes ocorreram algumas dificuldades como ajustes de sensores do equipamento, pouca oportunidade de teste na integra devido à operação da linha e falta de domínio com relação ao funcionamento do Scan (varredura) da programação no CLP.

Com relação ao movimento transversal, foi necessário diminuir a pressão hidráulica do equipamento para melhorar a precisão da posição de parada do carro com cargas pesadas, em contra partida faltou torque para tirar o equipamento da inércia quando carregado. Neste caso para não mexer muito no ajuste hidráulico foi necessário aumentar o range de tolerância de parada do carro.

No estudo e desenvolvimento foi notado que a utilização da metodologia de diagramação das atividades em grafcet facilita o entendimento do processo a ser automatizado. Outra ferramenta interessante é o relacionamento de todas as etapas e transições com suas respectivas ações, saídas e entradas no CLP. A partir dessa fase é bastante mecânico a transformação dessas informações em uma programação no CLP, como lista de instruções e *ladder*. Além de o *ladder* ter a característica de fácil diagnóstico, uma vez documentado o projeto com as tabelas de relação e o diagrama grafcet, torna-se mais simples ainda o diagnóstico e falhas e entendimento da automação do sistema.

Um trabalho futuro que pode ser realizado é o comissionamento e instalação de uma motorreductora acionada por inversor de frequência para o movimento

transversal do carro, com esses dispositivos elétricos é possível garantir precisão nos *set point* de posição, sem perder torque para o deslocamento do equipamento com carga, garantindo maior precisão e confiabilidade do processo.

REFERÊNCIAS

CASTRUCCI, Plínio de L.; MORAES, Cícero Couto; **Engenharia de Automação Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2007.

CROWSOX, R.; **Assembly Processes – Finishing, Packaging, and Automaton**. New York: Taylor and Francis Group, 2006.

FAZANO, Carlos Alberto T.V.; **Tintas: Métodos de Controle de Pinturas e Superfícies**. 5. ed. São Paulo, Ed. Hemus Editora Limitada, 1998.

GEORGINE, Marcelo; **Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistema Sequenciais com PLCs**. 4. ed. São Paulo, Ed. Érica Ltda, 2005.

KARDEC, Alan e NASCIF, Júlio; **Manutenção: Função Estratégica**. 1. ed. Rio de Janeiro, Ed. Qualitymark Editora Ltda, 1999.

MOURA, Reinaldo A.; **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenamento de Materiais**. 5. Ed. Ver. São Paulo: Imam, 2005.

NETO, João Teixeira de Carvalho. **Controladores Lógicos Programáveis**. Natal-RN, 2011. Disponível em:
<<http://www.dca.ufrn.br/~joaoteixeira/ApostilaCLPFinal.pdf>>. Acesso em: 01 dez.2014.

OLIVEIRA, Antônio Fabiano de. **Caracterização de um aço IF após relaminação no laminador de encruamento**. São Paulo-SP, 2010. Disponível em:
<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-11082010-161554/pt-br.php>>. Acesso em 29 mai 2014.

RAY, S. **Introduction to Material Handling**. 1. Ed. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers, 2008.

PIRES, J. Norberto. **Automação Industrial**. Lisboa: Lidel Edições Técnicas, 2002.

SILVEIRA, Paulo R., SANTOS, Winderson E.. **Automação e Controle Discreto**. São Paulo: Érica, 2007 8ª edição.