

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

GLAUBER CABRAL DE SOUZA

RETROFIT EM UMA MÁQUINA DE PAPELÃO ONDULADO

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2016

GLAUBER CABRAL DE SOUZA

RETROFIT EM UMA MÁQUINA DE PAPELÃO ONDULADO

Monografia 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. Dr. Valmir de oliveira

CURITIBA
2016

Agradeço aos meus pais, os quais estão ao meu lado nos momentos de alegria e tristeza, de vitória e derrota. Erguendo-me quando caio. Somente assim, irreduzível e confiante sinto-me ao olhar para o futuro.

RESUMO

CABRAL DE SOUZA, glauber. **RETROFIT EM UMA MÁQUINA DE PAPELÃO ONDULADO**. 2016. 41 f. Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Este trabalho abordará o processo de reprogramação de um controlador lógico programável (CLP) que perdeu sua programação original devido a falta da bateria que mantém sua programação (software) na memória do mesmo, este é um problema que havia com os controladores mais antigos como o que iremos abordar. A este tipo de serviço, reprogramação ou aperfeiçoamento da lógica de uma máquina já existente é dado o nome de retrofit no linguajar industrial. A máquina em questão trata-se de um transportador de saída, que é o módulo final da linha de produção que constitui uma ondulateira de papelão, responsável por levar as pilhas de chapas de papelão até o operador da empilhadeira que destinará a pilha ao devido local de armazenamento. Esta automação é necessária para diminuir custos com funcionários e para que não haja acúmulo de papelão na saída do processo.

Palavras chave: CLP. Automação. Rslogix500. Allen Bradley. Papelão Ondulado.

ABSTRACT

CABRAL DE SOUZA, glauber. **RETROFIT ON A CARDBOARD MACHINE WAVY.** 2016. 41 f. Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

This paper discusses the process of reprogramming a programmable logic controller (PLC) which has lost its original program due to lack from battery that keeps its programming (software) in the memory of it, this is a problem we had with the older controllers as we will address. This type of service, programming or improving the logic of an existing machine is given the name of retrofit in industrial language. The machine in question comes to an outfeed conveyor, which is the final module of the series constituting a cardboard corrugator responsible for taking the stacks of cardboard sheets to the forklift operator to allocate the stack to the proper location of storage. This automation is necessary to reduce personnel costs and so there is no cardboard accumulation in the process output.

Keywords: PLC. Automation. Rslogix500. Allen Bradley. Corrugated Cardboard.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de Bobina de Papel.....	16
Figura 2: Posicionamento do Porta-Bobinas.....	17
Figura 3: Trajetória do papel representado em laranja e amarelo	17
Figura 4: Trajetória do papel representado em marrom claro.....	18
Figura 5: Adição de mais uma capa, formando o papelão ondulado	19
Figura 6: Passos para chegar a chapa de papelão	19
Figura 7: Empilhador de chapas.....	20
Figura 8: Vista superior do trajeto das chapas de papelão do empilhador até o transportador de saída.....	20
Figura 9: Layout original do transportador de saída	21
Figura 10: Funcionamento do tracionamento da esteira	22
Figura 11: Tabela de <i>input</i>	24
Figura 12: Tabela de <i>outputs</i>	24
Figura 13: <i>Layout</i> compatível com as dimensões da fábrica.....	26
Figura 14: Disposição das esteiras	27
Figura 15: Testando a automação.....	28
Figura 16: <i>Grafcet Main</i>	29
Figura 17: <i>Grafcets</i> sendo executados paralelamente	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PROBLEMA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	JUSTIFICATIVA	13
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	PAPÉIS PARA FABRICAÇÃO DE PAPELÃO ONDULADO	15
2.1	PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PAPELÃO ONDULADO	16
2.1	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA ORIGINAL	21
3	DESENVOLVIMENTO DO TEMA	23
3.1	ENTENDIMENTO DO <i>HARDWARE</i> E SUAS PARTICULARIEDADES	23
3.1	REQUISITOS DO PROJETO	23
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	25
4.1	ALTERAÇÕES DO <i>LAYOUT</i> E COMPONENTES	25
4.2	<i>GRAF CET</i>	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS	33
	APÊNDICE A – Programação do Main	34
	APÊNDICE B – Sub-rotinas do Transportador Inferior zona 1, zona 2 e 3, zona 4 e Clamp.	37

1 INTRODUÇÃO

Segundo Franchi e Camargo (2009), o controlador lógico programável (CLP) foi desenvolvido a partir de uma demanda existente na indústria automobilística norte-americana. Suas primeiras aplicações foram na Hydronic Division da General Motors, em 1968, devido à grande dificuldade de mudar a lógica de controle de painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e de dinheiro.

De maneira resumida podemos dizer que a grande vantagem que um CLP traz é a diminuição de componentes como contatores, relés, temporizadores e contadores que por sua vez implicam na diminuição de fiação, reduzindo o tamanho do painel elétrico e de sua complexidade de entendimento além da versatilidade na mudança de lógica ou aperfeiçoamento.

Desde 1968 os CLP's evoluíram muito, e foram absolutamente aceitos pelo mercado como a melhor solução para o controle industrial de máquinas e processos. Atualmente ele é utilizado amplamente em todos os setores, o que inclui o de automação das ondulateiras de papelão.

Com o avanço da automação o número de operadores de uma máquina ou sistema diminui, diminuindo custos de produção para a empresa. Porém Segundo Vilela e Vidal (2003) “Apesar da velocidade com que evoluem as tecnologias aplicadas à automação, a automatização industrial é um trabalho lento e progressivo. O custo de atualização da tecnologia geralmente não torna viável uma busca infundável por estar implantando ao processo industrial o que existe de mais novo no mercado.” Por isto, muitas vezes há a necessidade de *retrofits* ou reformas maximizando a utilização de todos ou boa parte dos equipamentos existentes na máquina.

1.1 PROBLEMA

Este trabalho será aplicado em uma empresa que pretendia montar uma nova unidade fabril, onde uma linha de produção de papelão, comumente chamada de ondulateira de papelão foi adquirida de outra empresa e está sendo reinstalada. A este processo de montagem completa e ativação de uma fábrica é dado o nome de *startup* ou *rodar a planta*. Utilizaremos estes termos daqui por diante.

Ao se verificar as instalações elétricas das máquinas adquiridas detectou-se que um dos CLP's estava sem a programação (software). Ficou evidente que o mesmo estava sem a bateria de alimentação da memória, ao verificar o manual observou-se que após permanecer alguns dias sem a mesma perderia sua programação lógica, este é um problema daquela geração de controladores programáveis. Além daquele fato, o *layout* de posicionamento da máquina precisou ser alterado devido ao espaço disponível no galpão o que acarretou em redução do comprimento de uma das esteiras e aumento da outra, provocando alterações na solução da programação anteriormente prevista pelo projetista.

O fato da automação não funcionar por falha no CLP, acarreta em um gargalo na produção, além de haver a necessidade de funcionários extras para fazer trabalho repetitivo e cansativo.

Para este projeto é requisito a utilização do controlador adquirido com a máquina ondulateira de papelão. Tal CLP parecia estar em perfeito funcionamento, embora tivesse perdido a programação. A reprogramação do CLP e as adequações na reinstalação da máquina ondulateira de papelão compõem a essência desse trabalho.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

- Reprogramação de um CLP da máquina pertencente a uma das etapas da produção de papelão.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Compreender o processo de produção do papelão ondulado.
- Realizar pesquisas exploratórias para entender melhor o funcionamento do transportador de saída, parte da máquina que será abordada.
- Compreender o projeto elétrico.
- Compreender o projeto de automação.
- Entender as características do CLP já existente na máquina.
- Desenvolver um *grafcet* que solucione o problema.
- Compreender particularidades do *software* de programação *RsLogix 500*

1.3 JUSTIFICATIVA

No ramo industrial é comum a prática de compra e venda de máquinas usadas, este trabalho contempla um destes casos. Quando inicia-se a instalação é comum se ter de fazer reformas mecânicas: rolamentos, buchas, parafusos, entre outras além das reformas elétricas: disjuntores, contadores e cabeamento.

Além de adequações nas partes físicas da máquina, foi verificado que haveria a necessidade de refazer a programação em seu CLP para que a máquina funcionasse de maneira automática, evitando a constante necessidade da intervenção do operador. Era requisito a utilização do CLP e sensores adquiridos junto com a máquina usada, reduzindo os custos para a reativação do equipamento.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1 - Introdução: serão apresentados o tema, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.

Capítulo 2 – Turismo: Neste capítulo abordaremos algumas características do papelão e como funciona o processo de transformação do papel em chapas de papelão.

Capítulo 3 – Sustentabilidade e Territórios: Aqui serão apresentados os dados coletados, a tradução e compreensão do hardware do sistema.

Capítulo 4 – Apresentação e Análise dos Resultados: abordaremos o graficet e sua importância metodológica para solucionarmos o problema, serão apresentados os resultados obtidos.

Capítulo 5 – Considerações finais: serão retomados os objetivos específicos observando a importância que tiveram para atingir o objetivo geral. Além disto, serão sugeridos trabalhos futuros que poderiam ser realizados a partir do estudo realizado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para termos uma visão geral do trabalho devemos compreender o processo produtivo de uma chapa de papelão ondulado por uma máquina ondulateira. Tudo começa com a compra de rolos de papel, também chamados de bobina de papel, que estão de acordo com o tópico 2.1 apresentado a seguir. O processo produtivo de transformação da matéria prima (celulose) em bobina de papel não será abordado neste trabalho por não ser parte da fábrica em questão.

2.1 PAPÉIS PARA FABRICAÇÃO DE PAPELÃO ONDULADO

Segundo Robert (2007). “O papelão ondulado, conforme a Norma NBR 5985/83 – “Papelão Ondulado e Caixas de Papelão Ondulado – Terminologia”, o papelão ondulado é definido como uma "estrutura formada por um ou mais elementos ondulados (miolos) fixados a um ou mais elementos planos (capas) por meio de adesivo aplicado no topo das ondas"

- Miolo – Papel fabricado com pasta semiquímica e/ou aparas, geralmente com 120 a 150g/m². Usado para ser ondulado na fabricação de papelão ondulado.
- Capa de 1^a – Papel fabricado com grande participação de fibras virgens, geralmente com 120g/m² ou mais, atendendo as especificações de resistência mecânica requeridas para construir a capa ou forro das caixas de papelão ondulado.
- Capa de 2^a – Papel semelhante ao “Capa de 1^a” porém com propriedades mecânicas inferiores, consequentes da utilização de matérias-primas recicladas em alta proporção.

A escolha do tipo de papel levará em consideração a aplicação final que o papelão terá, por exemplo, se este papelão for utilizado para abrigar peças ou

produtos pesados, a escolha do papel será por um de grande gramatura, para cada finalidade da caixa de papelão tipos de papel, variações no tamanho da onda interna, diferenciação na composição da cola deverá ser escolhida de maneira a atingir os padrões requeridos pelo cliente. Na figura 1 está apresentado um exemplo de bobina de papel utilizada para os primeiros testes na planta.



Figura 1: Exemplo de Bobina de Papel
Fonte: Autorial própria

2.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PAPELÃO ONDULADO

O processo de papelão ondulado inicia com o posicionamento das bobinas de papel nos chamados porta-bobinas, apresentado na Figura 2. No início do processo a máquina toda é posta em baixa rotação e o papel é passado por todas as máquinas, assim o papel é tensionado até chegar à mesa de secagem onde ele ganha resistência mecânica suficiente e já pode ser considerado papelão ondulado. Com o processo em andamento, uma bobina de papel que esteja prestes a terminar é emendada ao início de uma nova bobina, assim o processo se mantém ininterrupto. Tal procedimento é feito pelo equipamento chamado de emendador e conta com o auxílio do operador. O emendador está localizado sobre o porta-bobinas. Como a unidade estava em fase de comissionamento, o emendador não era utilizado, então o papel saía do porta-bobinas e passava pelo pré-secador que

tem a função de aquecer o papel facilitando o processo de conformação mecânica. Na figura 3 é apresentada a trajetória que o papel faz.

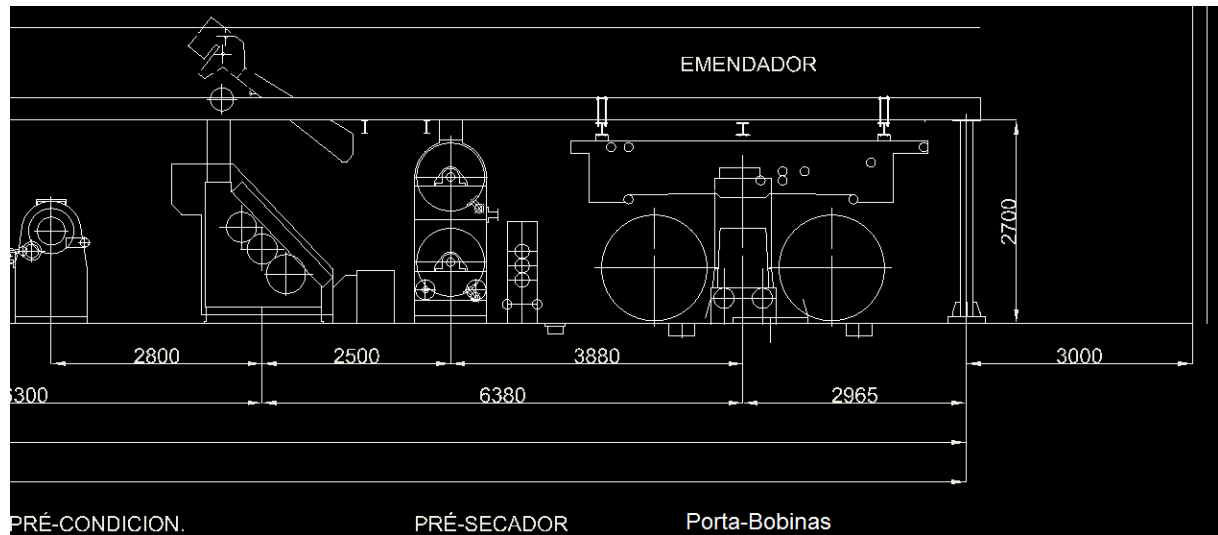


Figura 2: Posicionamento do Porta-Bobinas

Fonte: Autoria própria

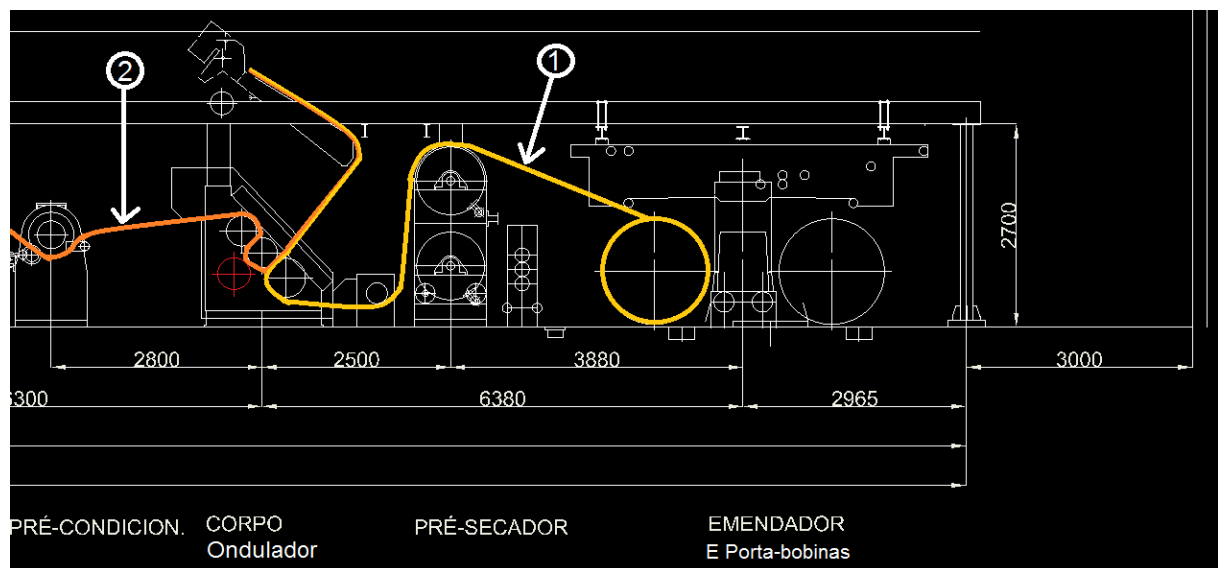


Figura 3: Trajetória do papel representado em laranja e amarelo

Fonte: Autoria própria

Em amarelo, indicado pelo número 1 na Figura 3, temos a trajetória do o papel saindo da bobina esquerda do primeiro porta-bobinas da máquina passando pelo pré-secador e indo em direção ao corpo ondulator. Este papel será a capa externa superior do papelão. Em laranja, nº2 na Figura 3, está representada a trajetória do papelão que vem de um segundo porta-bobinas – não mostrado, tendo direção oposta ao primeiro papel. No caso dessa máquina há um total de cinco

porta-bobinas, podendo haver duas bobinas por equipamento. O papel do segundo porta-bobina também passará por um pré-condicionador para ajudar na conformação e adesão da cola. Depois segue em direção ao rolos corrugados, localizados no corpo ondulator, que são os responsáveis por criar as ondas no papel. Na saída da corrugação há um rolo responsável por passar uma camada milimétrica de cola na crista da onda do papel. Isso permite que papel capa superior e o papel ondulado unam-se e sejam encaminhados ao transportador sanduiche.

Na Figura 4, temos a representação da trajetória que o papel liso colado ao papel ondulado fará. O transportador sanduiche tem a função de acumular papel sobre a ponte, para que o operador do corpo ondulator possa fazer algum ajuste caso necessário sem que o papel rasgue, por diferença de velocidade ou alguma parada momentânea. Mais a esquerda da figura também pode-se ver outro corpo ondulator e outros equipamentos que o cercam, estes não serão abordados, pois têm o mesmo princípio de funcionamento do primeiro e são utilizados quando deseja-se fazer papelão duplo, que possui maior resistência mecânica.

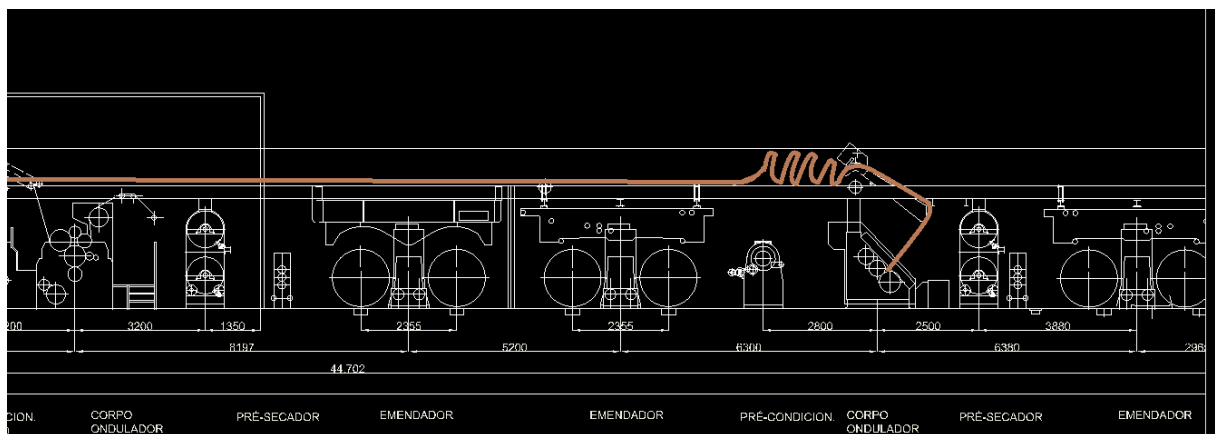


Figura 4: Trajetória do papel representado em marrom claro

Fonte: Autoria própria

Ao final da ponte temos o alinhador, que direciona a união de papel miolo e capa para a próxima etapa. Então passa pelo coleiro, o qual aplicará cola à crista inferior da onda para que o papel vindo do porta-bobinas 5, mostrado em vermelho e indicado pelo número 3 na Figura 5, una-se ao papel vindo do alinhador, formando o papelão ondulado simples. Agora com as três partes juntas é necessário que o papelão passe pela forradeira, que tem a função de prensar o papelão para firma-lo

e ao mesmo tempo aquece-lo para que a cola possa secar, essas etapas são mostradas nas Figura 5 e 6.

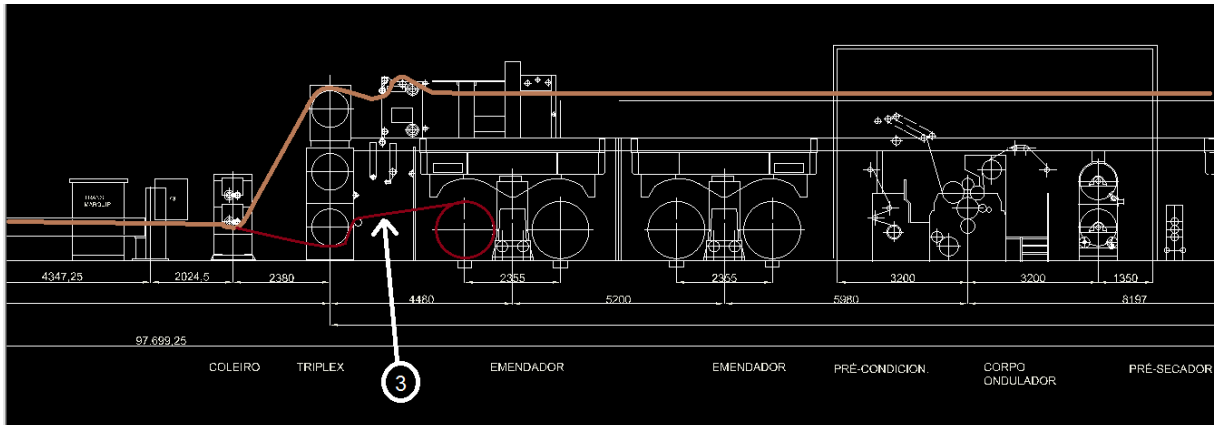


Figura 5: Adição de mais uma capa, formando o papelão ondulado
Fonte: Autoria própria

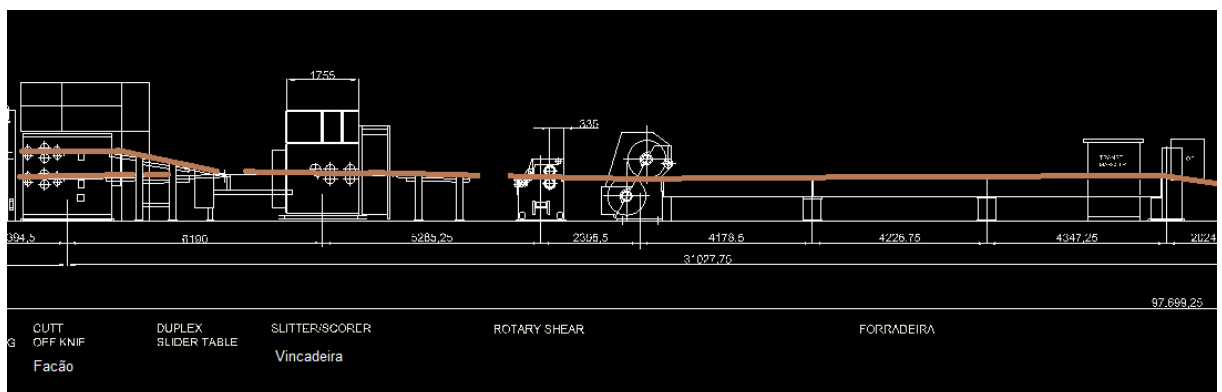


Figura 6: Passos para chegar a chapa de papelão
Fonte: Autoria própria

Ainda observando a Figura 6, após o papelão deixar a forradeira ele passa pelo *rotary shear*, que é o responsável por cortar o papelão quando à troca de modelo. Na sequência o papelão passa pela vincadeira, responsável por cortar longitudinalmente o papelão, caso deseje-se um papelão menor que largura da bobina, além de fazer os vincos longitudinais que futuramente serão as arestas de dobras nas caixas de papelão. Após passar pela vincadeira o papelão segue em direção a um dos dois facões, superior ou inferior. Os dois sistemas de corte são necessário, pois quando a máquina está em alta velocidade evita-se um gargalo produtivo.

Ao sair do Facão as chapas de papelão já estão prontas e preparadas para serem empilhadas, na Figura 7 veremos as chapas indo em direção ao empilhador superior e inferior, a máquina ou o operador define qual a altura da pilha.

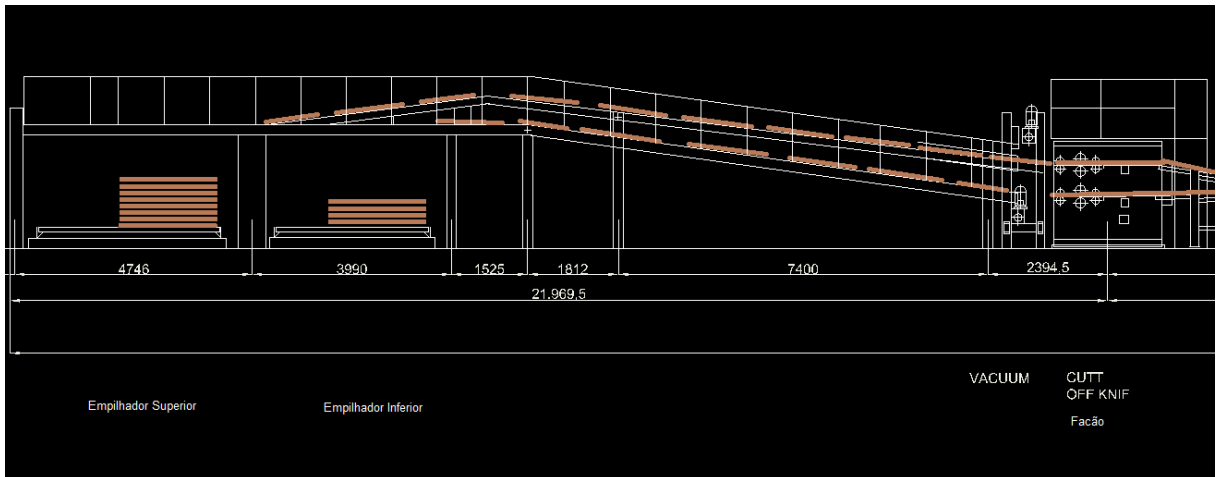


Figura 7: Empilhador de chapas
Fonte: Autoria própria

Finalmente quando a pilha está pronta, o empilhador a empurra para o transportado de saída. Este será responsável deixar as pilhas em espera até que um palete esteja posicionado, então o transportador fará a transferência da pilha para cima do palete, depois ocorre o transporte até um local onde o operador da empilhadeira poderá remover e armazenar a pilha em um local adequado. Podemos observar na Figura 8 que pode haver mais de uma pilha ao mesmo tempo nas esteiras transportadoras.

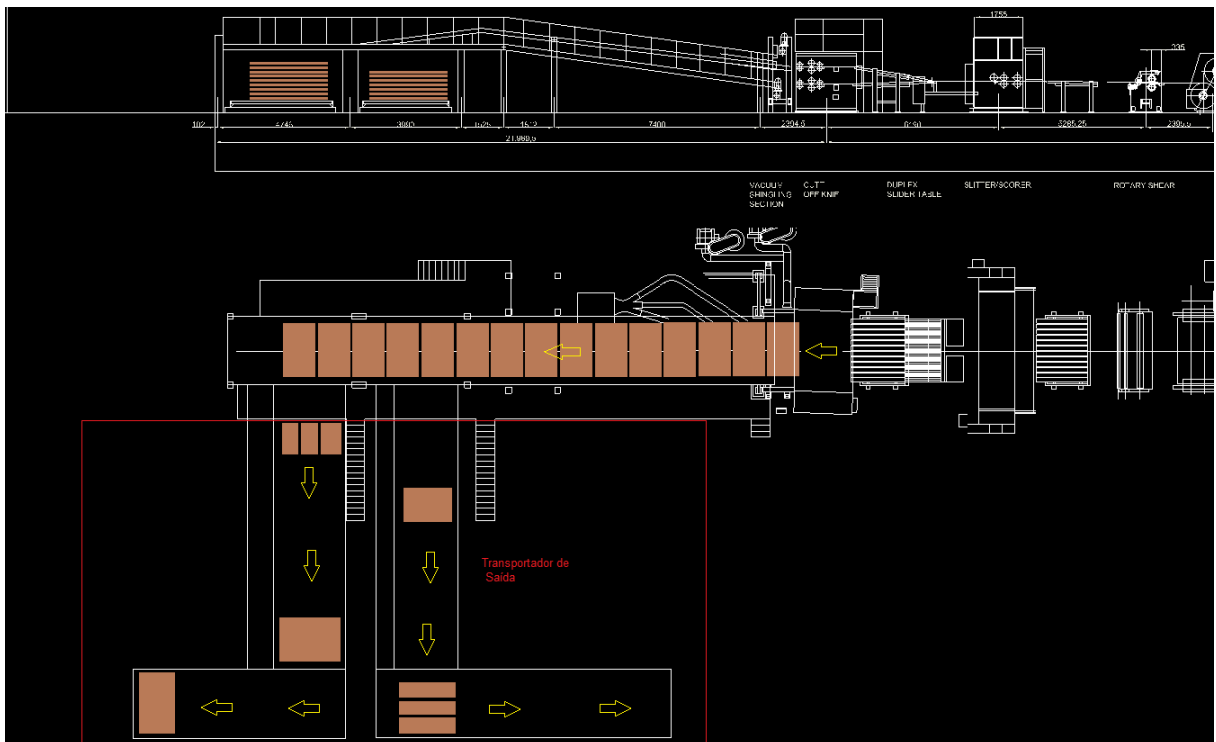


Figura 8: Vista superior do trajeto das chapas de papelão do empilhador até o transportador de saída
Fonte: Autoria própria

2.1 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA ORIGINAL

O diagrama do projeto original é mostrado na Figura 9, onde contém as eletroválvulas do comando pneumático e os sensores. Podemos ver na Figura 10 as duas esteiras transportadoras, denominadas superior e inferior.

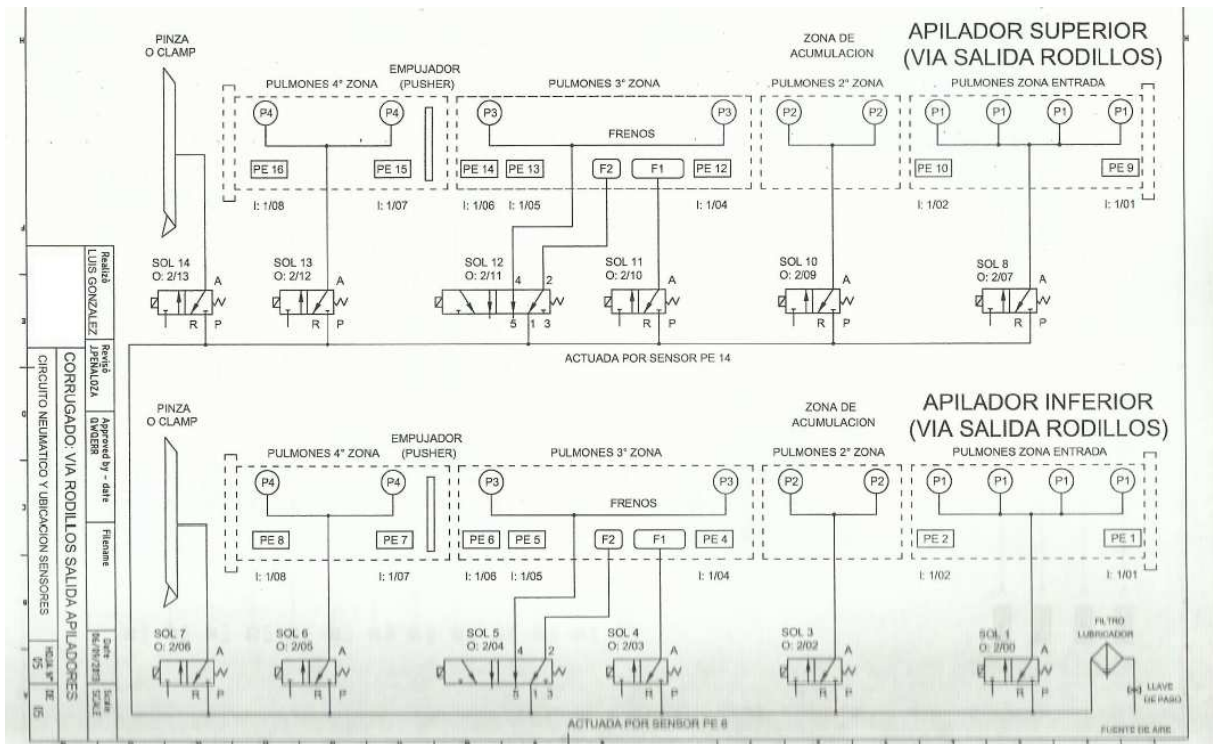


Figura 9: Layout original do transportador de saída
Fonte: Luis Gonzalez

Os dispositivos representados pelas letras de P1 a P4 na Figura 9 tratam-se de molas pneumáticas ou pulmões pneumáticos, que tem a função de se inflarem de ar comprimido quando acionados por eletroválvulas pneumáticas, representadas no mesmo diagrama pelas siglas SOL1 a 14. Os dispositivos representados pela letra F são freios, porém foram retirados no novo processo e por fim os dispositivos nominados com as siglas de PE1 a 16 são fotosensores reflexivos que comutam na presença de um objeto.

Cada esteira é constituída por uma dupla esteira, sendo que a esteira de baixo é constituída de alguns rolos com cerca da metade do tamanho dos superiores e têm a função de manter tracionada uma correia transportadora que está sempre em movimento. A esteira de cima é constituída de vários rolos próximos uns aos outros sendo que esses só adquirirão movimento ao sofrerem tração da esteira de baixo contra a de cima, sendo assim podemos controlar cada trecho da esteira de

cima inflando ou não a mola pneumática condizente ao trecho. Uma observação importante é não confundir esteira de baixo e de cima com inferior e superior, na Figura 10 podemos observar o mecanismo aqui descrito.

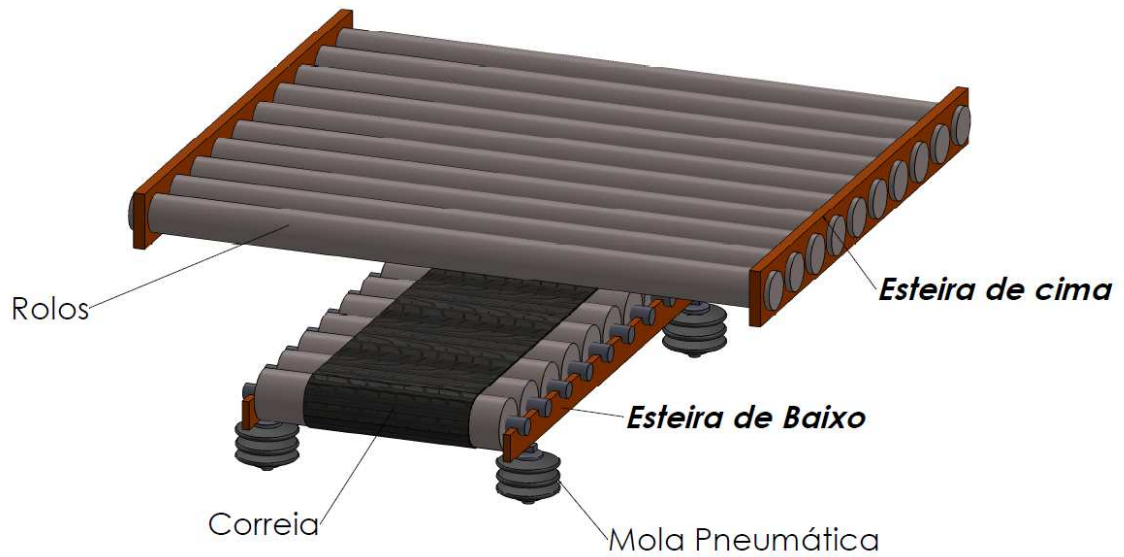


Figura 10: Funcionamento do tracionamento da esteira
Fonte: Autoria própria

3 DESENVOLVIMENTO DO TEMA

Neste capítulo serão abordado os passos para a compreensão do sistema. Começando pela análise do controlador lógico programável - CLP, entendendo o funcionamento da máquina em geral e então a compreensão da lógica de funcionamento do equipamento.

3.1 ENTENDIMENTO DO *HARDWARE* E SUAS PARTICULARIDADES

Para ser feita a correta configuração do CLP é necessário conhecermos o *hardware* que o constitui, através de etiquetas que acompanham cada CLP foi feito o levantamento conforme a Figura 11, a seguir está listada a alocação de cada componente no *rack* do CLP.

Foi verificado em campo que era um CLP da família SLC 500/01 da Allen Bradley. Através de pesquisas no site do fabricante foi constatado que o *software* de programação para esta família era o Rslogix 500 pertencente à associada Rockwell Automation.

```

TRANSPSAIDA_V6.5_BAK154

I/O Configuration
-----
0   1747-L511      5/01 CPU - 1K Mem.
1   1746-IA16     16-Input 100/120 VAC
2   1746-OA16     16-Output (TRIAC) 100/240 VAC
3   1746-IA16     16-Input 100/120 VAC
4   1746-OA16     16-Output (TRIAC) 100/240 VAC
5   1746-IA16     16-Input 100/120 VAC
6

```

Figura 11: Configurações do CLP
Fonte: Autoria Própria

3.1 REQUISITOS DO PROJETO

Com função organizacional, o primeiro passo no que se diz respeito a programação do controlador, foi realizada a tabulação das memórias, entradas - *inputs*, saídas - *outputs* e temporizadores do projeto, atribuindo a eles um nome representativo e tão grande quanto o necessário e ainda comentados quando houve

a necessidade. Sendo assim a Figura 12 representa as *inputs*, ou entradas de sinal digital do sistema e na Figura 13 podemos observar as *outputs*, ou saídas digitais do sistema.

I:1/0	CLP ENERGIZADO	Global	
I:1/1	PE 1	Global	
I:1/2	PE 2	Global	
I:1/4	PE 4	Global	
I:1/7	PE 7	Global	
I:1/8	PE 8	Global	
I:1/9	PE 9	Global	
I:1/10	PE 10	Global	
I:1/12	PE 12	Global	
I:1/13	PE 13	Global	
I:1/14	PE 14	Global	
I:1/15	PE 15	Global	
I:3/0	PE 16	Global	
I:3/2	FIM DE CURSO INF	Global	
I:3/4	CHAVE AV Z AUT INF	Global	
I:3/5	ZONA4 MANUAL INF	Global	
I:3/7	BOTÃO GRAMPO INF	Global	
I:3/8	ZONA1E23 MANUAL INF	Global	
I:3/9	CHA CONFIR GRAMP INF	Global	
I:3/10	BARRA EMP SUP PERMIS	Global	botão retentivo que da a permissão para acionar o outro botão que ira acionar
I:3/11	FIM DE CURSO SUP	Global	Aviso que a barra chegou no final
I:3/12	RETORNO BARRA SUP	Global	
I:3/13	CHAVE AV Z AUT SUP	Global	seleção automatica de funcionamento da máquina
I:3/14	FUN AUTO BARRA SUP	Global	chave para modo de funcionamento automatico da bara
I:3/15	PLS Z ACUM CARGA_SUP	Global	botão que da pulsos (operador)na zona de carga
I:5/0	BOTÃO GRAMPO SUP	Global	botão de abrir e fechar o grampo (pinça)
I:5/1	CHV CONFIRM GRAM SUP	Global	
I:5/2	PULS ZONA EMPUR SUP	Global	pulsos (operador) na zona da barra empurradora
I:5/3	BT PULMÃO 2 INF	Global	
I:5/4	BT PULMÃO 1 INF	Global	
I:5/5	LIGA MOTORES INF	Global	
I:5/6	BT PULMAO 1 SUP	Global	
I:5/7	BT PULMAO 2 SUP	Global	
I:5/8	CHAVE MOTORES SUP	Global	

Figura 11: Tabela de *input*

Fonte: Autoria própria

O:2/0	SOL_1	Global	
O:2/2	SOL_2E3	Global	
O:2/5	SOL_6	Global	
O:2/6	SOL_7	Global	
O:2/7	SOL_8 NC	Global	
O:2/9	SOL_10	Global	
O:2/10	SOL_11 NC_FREIO	Global	
O:2/11	SOL_12 NC	Global	
O:2/12	SOL_13 NC	Global	
O:2/13	SOL_14 NC	Global	
O:2/14	BARRA_EMPURRA_INF	Global	
O:4/0	BARRA_EMPURRA_SUP	Global	
O:4/1	LAMPADA_GRAMPO_SUP	Global	
O:4/2	MOTOR_1_INF	Global	
O:4/3	MOTOR_1_SUP	Global	
O:4/6	PULMÃO 2 INF	Global	
O:4/7	PULMÃO 1 INF	Global	
O:4/8	PULMAO 1 SUP	Global	
O:4/9	PULMÃO 2 SUP	Global	
O:4/10	ALARME BARRA_SUP	Global	
O:4/12	MOTOR_2_INF	Global	
O:4/13	MOTOR_3_SUP	Global	
O:4/14	ENERGIZA_BARRA_INF	Global	
O:4/15	ENERGIZA_BARRA_SUP	Global	permissão para o acionamento da barra empurradora (manualmente ou auto) == BT 3/10

Figura 12: Tabela de *outputs*

Fonte: Autoria própria

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No capítulo 4.1 é apresentada alterações nos componente da máquina assim como em seu *layout*, pode-se ter o entendimento do circuito pneumático da máquina.

A partir das pesquisas feitas em campo com funcionários que já haviam presenciado o funcionamento de máquinas similares, um pressuposto de operação foi esboçado, com isso um grafcet foi idealizado para entender as lógica de funcionamento, como demonstrará o capítulo 4.2.

4.1 ALTERAÇÕES DO *LAYOUT* E COMPONENTES

À necessidade de mudar o *layout* da máquina, foi devido ao tamanho do barracão, a configuração física da máquina ficou de acordo com a figura 14 onde está representada a disposição das divisões da máquina. Observando a figura 8 vemos que a direção de saída das chapas de papelão das duas esteiras, representadas por flechas amarelas, originalmente possuíam direções opostas, além disso, o diagrama encontrado junto a máquina, figura 9, não demonstrava a existência das zonas 5 e 6. Retornando a Figura 14 vemos que as saídas foram direcionadas para a mesma direção.

Quando a pilha está sobre uma das zonas e deseja-se movimentar esta pilha para a zona posterior, um sinal elétrico deve ser fornecido a solenoide das válvulas, indicadas pelo prefixo SOL seguido do seu respectivo número de posicionamento. Exemplificando, ao acionar a saída digital O:2/0 do CLP, este fornece uma tensão de 127 *volts* para a solenoide da válvula SOL1, que por sua vez comutará de estado deixando com que o ar comprimido passe pela linha pneumática, apresentada em vermelho, até chegar aos atuadores P1, também chamados de molas ou pulmões pneumáticos, estes irão inflar-se e movimentarão a carga por toda a área compreendida por zona 1. Quando a solenoide é desenergizada, a válvula muda para sua posição original, retorno por mola, isto faz com que os atuadores desinflatem, liberando este ar comprimido para a atmosfera.

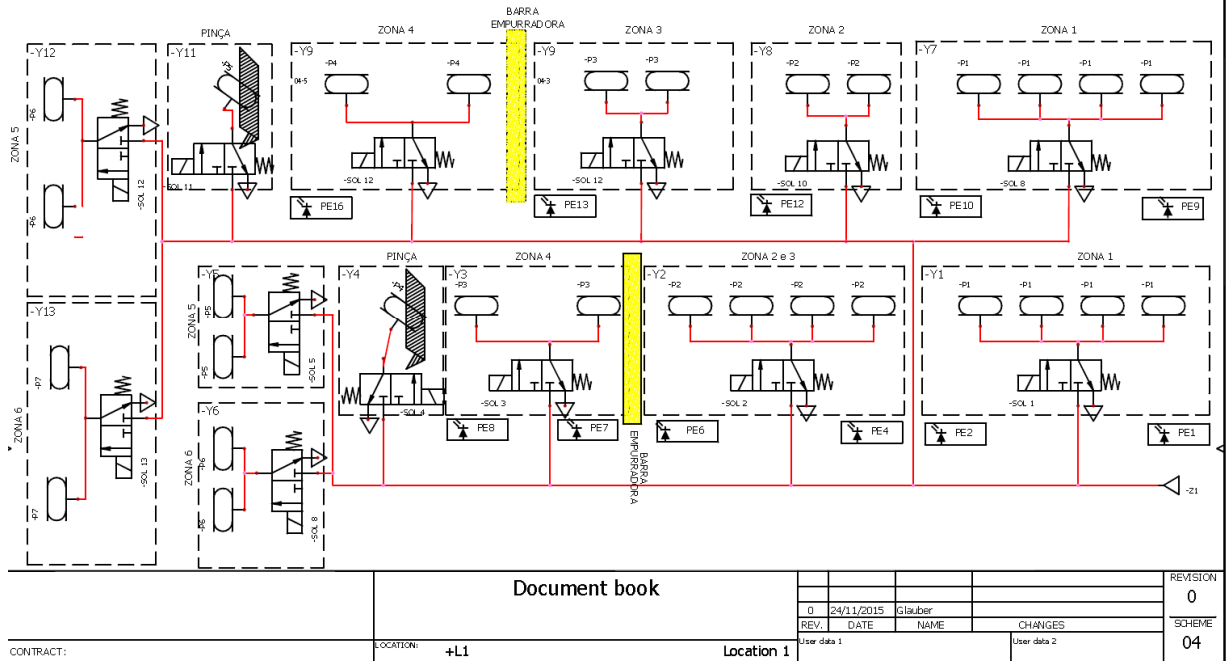


Figura 13: *Layout* compatível com as dimensões da fábrica
 Fonte: Autoria própria

Apesar de ser um diagrama adimensional, ele tenta demonstrar um aumento do tamanho da esteira superior e uma diminuição do tamanho físico na esteira inferior, por isso as antigas zona 2 e zona 3 que eram separadas foram transformadas em apenas uma, podemos visualizar a diferença de tamanhos na Figura 15.



Figura 14: Disposição das esteiras

Fonte: Autoria própria

4.2 GRAFCET

Com base nos dados levantados em campo, o *layout* definido e a compreensão da funcionalidade deste segmento de máquina perante ao processo como um todo, um *grafcet* do suposto funcionamento da máquina foi feito, com o objetivo de entender o processo passo a passo. Basicamente o processo inicia-se com uma pilha de chapas de papelão entrando na zona 1, o empilhador literalmente empurra a pilha de papelão para o transportador de saída sem aviso algum. Na primeira hipótese é considerado que não haja nenhuma outra pilha na linha do transportador inferior então a mesma poderá avançar livremente para a zona 2 e 3 automaticamente – considerando que estes dois trechos foram unidos – agora com a pilha sobre este trecho ela somente avançará para a zona 4 se a barra que empurra a pilhas para cima dos paletes não estiver acionada, ou seja, deve haver uma garantia que a barra está na posição estacionária, caso contrário o sistema emperraria, pois a pilha tentaria avançar e a barra movimentaria esta na direção oposta. Na Figura 16 a barra em amarelo está preste a empurrar a pilha.



Figura 15: Testando a automação

Fonte: Autoria própria

A barra na posição estacionária a pilha será empurrada da zona 2 e 3 para a zona 4 passando sobre a barra, quando a pilha chega na ponta final da zona 4 ela desliga a válvula da respectiva zona quando a pilha é detectada através de um sensor PE1 (*photoelectric*).

Se o palete estiver no local correto, o operador deverá indicar através de um botão então a barra ajudará a empurrar a pilha para cima do palete, o controle das zonas 5 e 6 são feitas pelo operador de acordo com a disponibilidade da paletizadora. Esta seria a solução completa se houvesse apenas uma pilha de papelão por vez, o problema em questão é que a função desta esteira é justamente “ganhar tempo” para que o fluxo de produção não diminua e para que haja tempo de alocar as pilhas nos locais apropriados no depósito.

A solução encontrada foi fazer um bloco de função, ou no caso uma sub-rotina de programação para cada zona da esteira. Sendo assim, cada zona “tomaria conhecimento” de poder prosseguir a carga para a próxima zona ou não. Podendo haver até três pilhas na zona automatizada, e mais duas nas zonas controladas pelo operador.

A seguir na Figura 17 é apresentado o *grafcet* do *main* – função principal – nota-se que não há condição para retorno da etapa 1 e da etapa manual para a

etapa 0, isso é devido a necessidade de manter o programa *main* em constante loop, para verificar se o operador mudou estado de automático para manual e vice-versa. A programação do *main* em linguagem *ladder* pode ser visualizada no apêndice A.

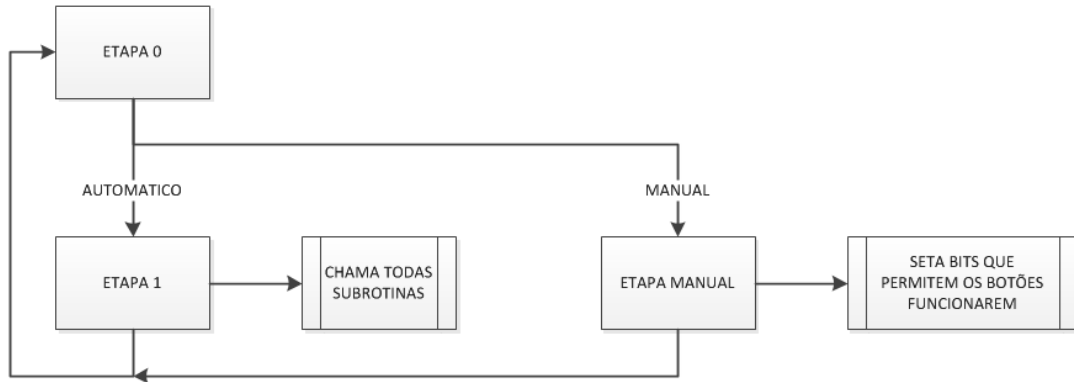


Figura 16: *Grafcet Main*
 Fonte: Autoria própria

Sendo assim, estando com a chave seletora apontada para o modo automático de funcionamento as sub-rotinas, zona 1, zona 2 e 3, zona 4 e pinça (clamp), são chamadas e atualizadas a cada ciclo de leitura. A seguir na Figura 17 pode-se ver como ficaram os *grafcets* das sub-rotinas. E no apêndice B estão apresentados como os *grafcets* foram convertidos para linguagem *ladder*.

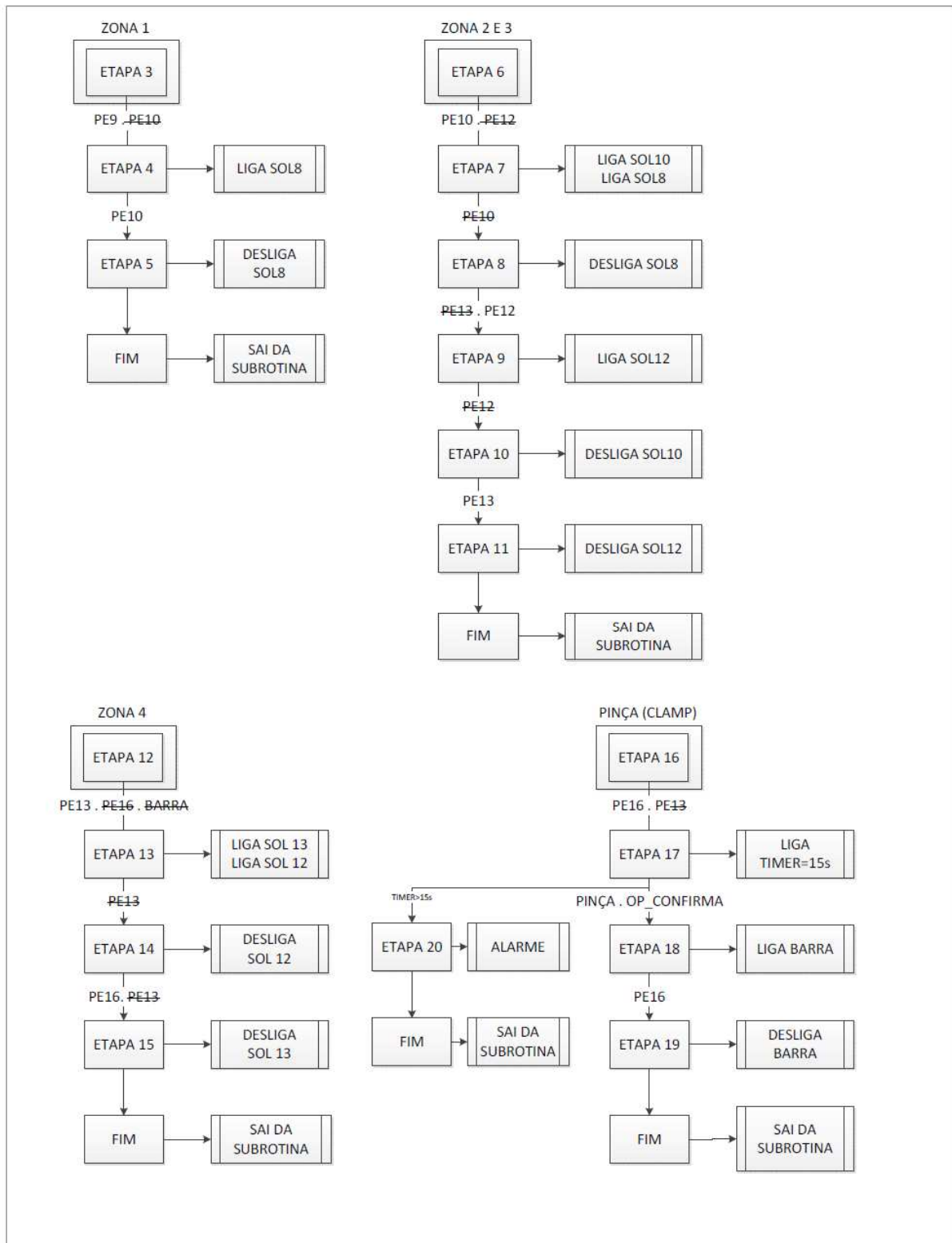


Figura 17: *Grafcets* sendo executados paralelamente
 Fonte: Autoria própria

Um dos pontos mais interessantes do trabalho é o aprendizado em dividir o problema em partes ou neste caso em sub-rotinas. Isto permite que cada sub-rotina seja responsável por executar uma função com base nos sinais que ela recebe. Isso permitiu o programa ter um paralelismo de ações fazendo com que uma pilha só avance para um próximo estágio caso não haja restrições entre as sub-rotinas. Assim todas as sub-rotinas “trabalham ao mesmo tempo” dentro da velocidade de processamento em que esta máquina necessita, ou seja, a unidade de processamento lógico deste controlador continua obedecendo a sequência de execução das linhas de programação da esquerda para a direita, e de cima para baixo, porém o tempo de execução de todas as linhas é suficientemente rápido para dizermos que ocorrem ao mesmo tempo para este processo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As duas esteiras funcionaram como o esperado, porém algumas melhorias poderiam ser feitas, este tipo de esteira não é muito recomendada do ponto de vista mecânico por ser constituída de vários rolos compridos, onde estes acabam empenando, enferrujando e emperrando, além disso, a má calibração da pressão na linha pneumática resulta em fortes pancadas dos atuadores nas esteiras, já existem esteiras de forma construtiva mais adequada para este tipo de aplicação.

Para a realização deste trabalho foi fundamental ter compreendido o processo de produção como um todo, talvez a parte mais difícil, pois inicialmente a máquina não estava montada e isso dificulta o entendimento das particularidades do sistema. Em segundo, no que se diz respeito a importância, vejo a construção do grafcet pois ali pode-se antecipar erros de funcionamento da máquina por pura prática de exercícios mentais. Por último o entendimento do hardware e software pois estes definem a composição da lógica, e estratégia de programação quando transformamos o *grafcet* para linguagem *ladder*.

Como projeto de melhoria desta aplicação do ponto de vista elétrico e de processo, acredito que o processador deste CLP poderia ser substituído por um SLC 500/05 permitindo a comunicação por *ethernet* industrial, podendo assim informar a uma central de ações o monitoramento de saída das pilhas podendo-se gerar

gráficos e históricos da produção. Acrescentado alguns sensores para que o posicionamento do palete fosse detectado automaticamente quando estivesse no local correto de transferência da zona 5, além de outros sensores na zona 5 e 6, permitiriam que estas duas zonas também fossem automatizadas.

REFERÊNCIAS

ALLEN-BRADLEY (United States). **RSLogix 500 Getting Results Guide**. 2015. Disponível em: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/lg500-gr002_-en-e.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2015.

ALLEN-BRADLEY (United States). **SLC 500 Digital I/O Modules: Installation Instructions**. 2012. Disponível em: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1746-in027_-en-p.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2012.

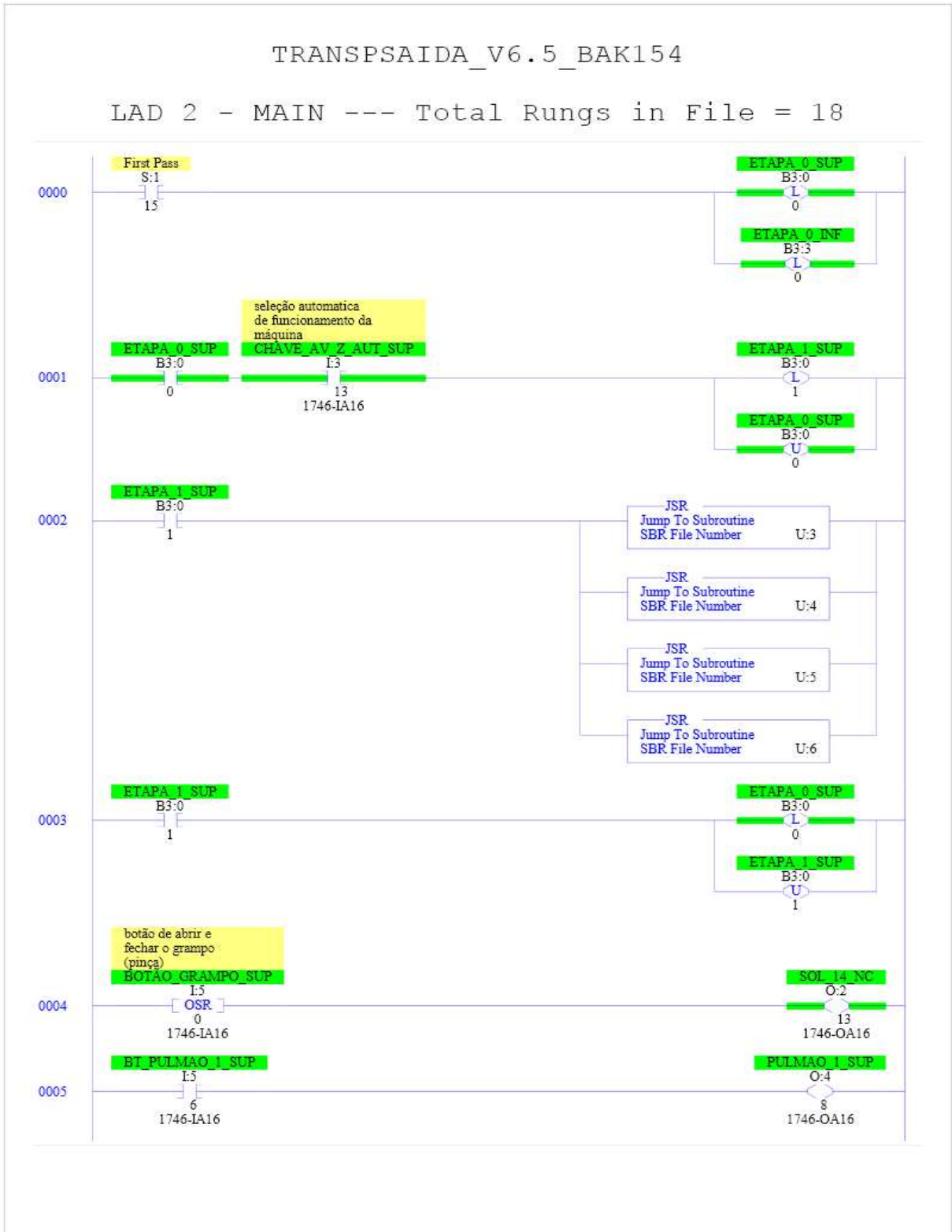
ALLEN-BRADLEY (United States). **SLC 500 Instruction Set: Reference Manual**. 2008. Disponível em: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1747-rm001_-en-p.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2008.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2009. 352 p.

ROBERT, Noely T. Forlin. **Dossiê Técnico: Produção de Embalagens de Papel**. Rio de Janeiro: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2007. 31 p. Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro – REDETEC.

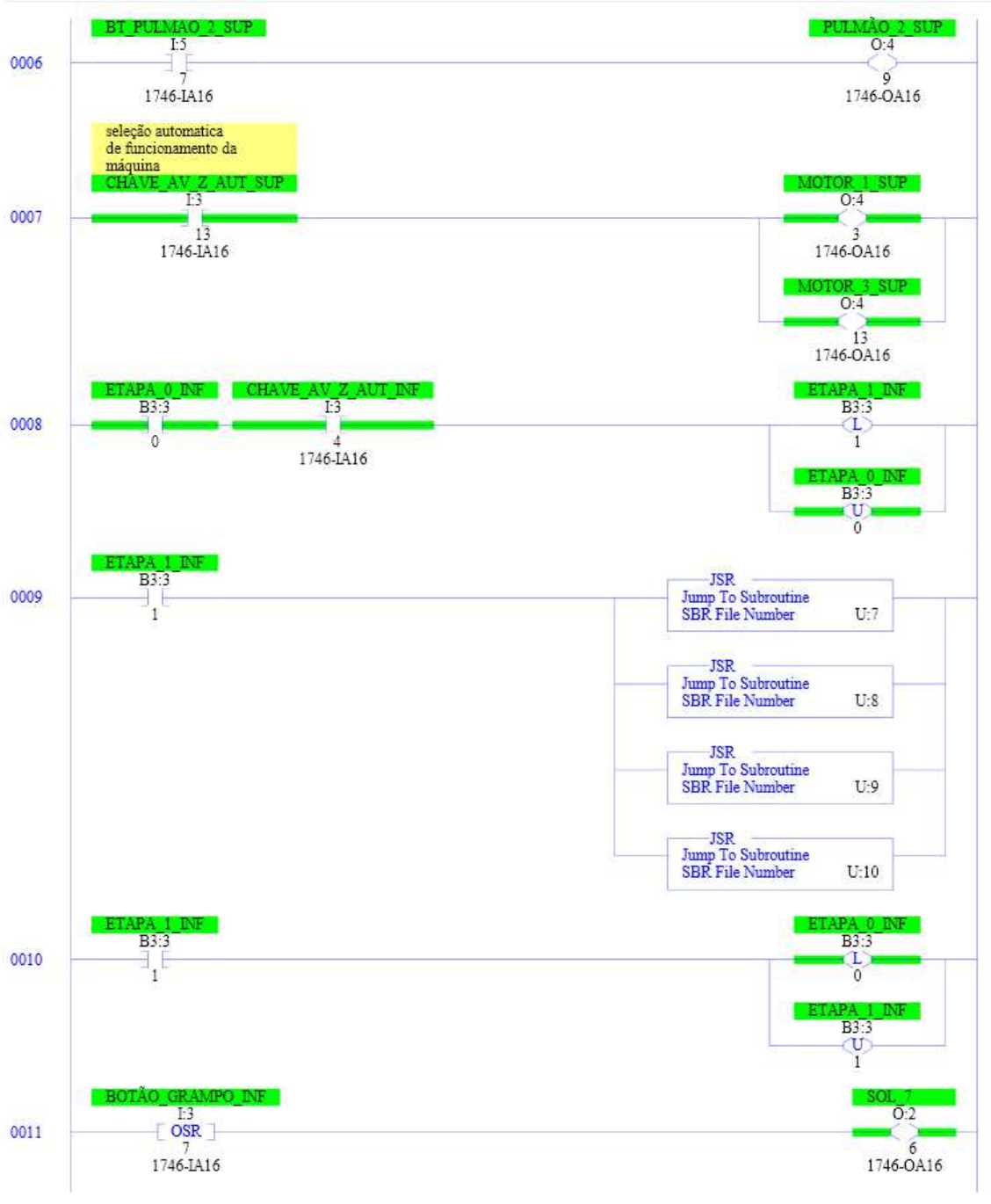
VILELA, Paulo Sérgio da Câmara; VIDAL, Francisco José Targino. **AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**. DCA - 2401. ed. Rio Grande do Norte: Leca - Dca - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003. 5 p.

APÊNDICE A – Programação do Main



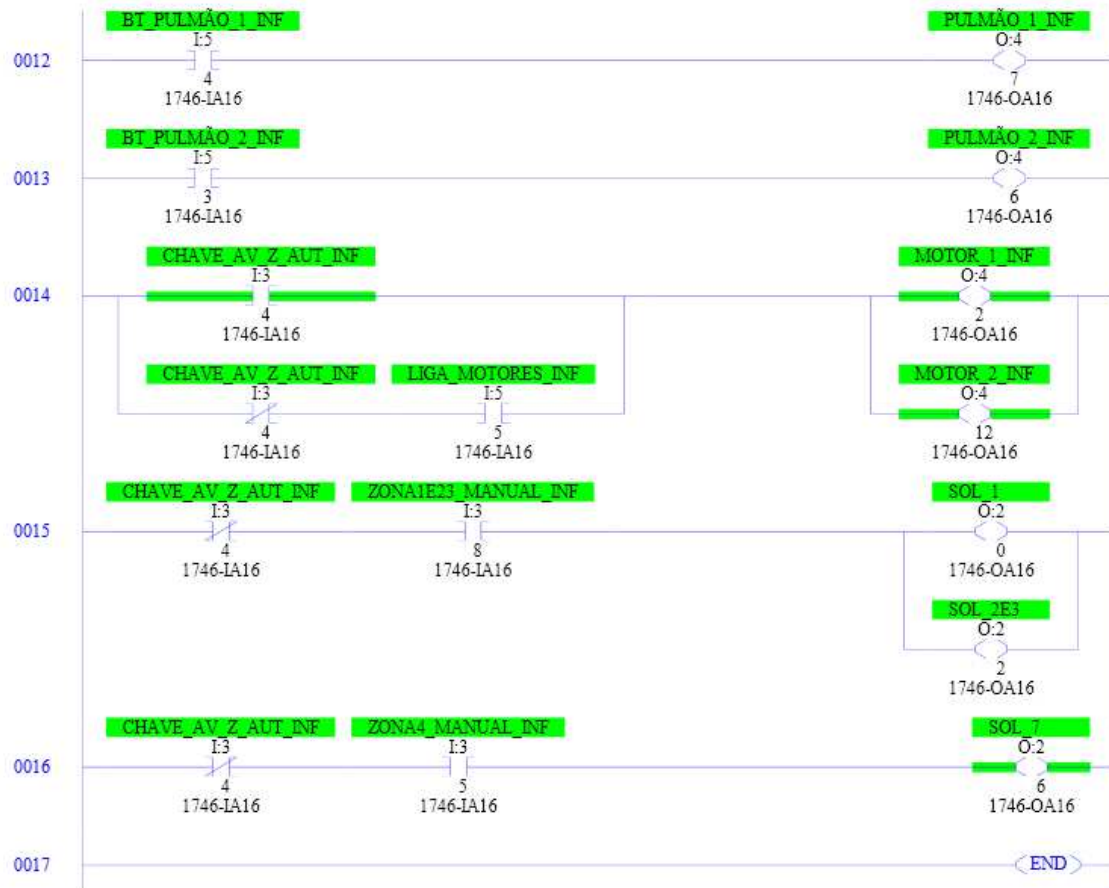
TRANSPSAIDA_V6.5_BAK154

LAD 2 - MAIN --- Total Rungs in File = 18

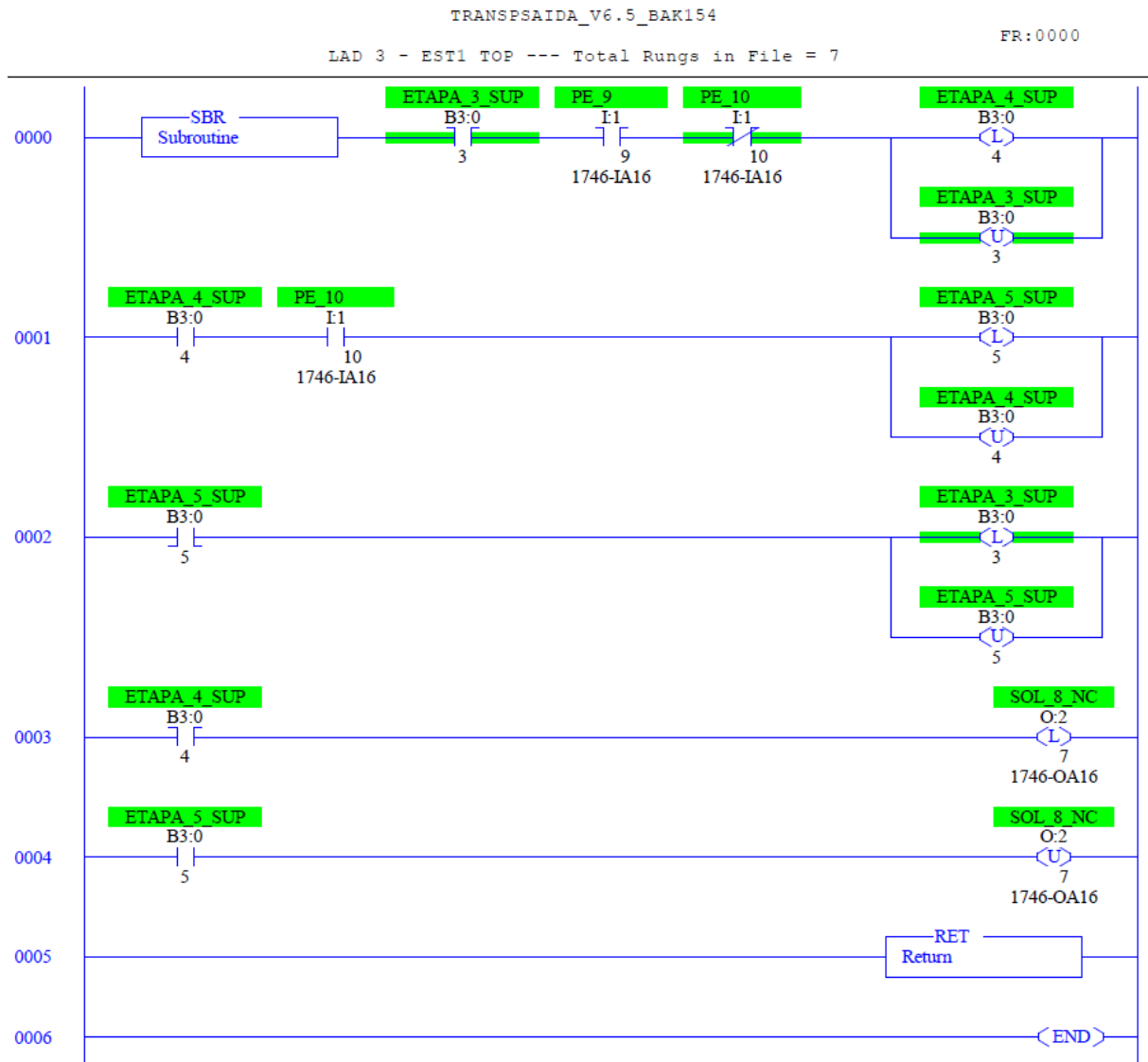


TRANSPSAIDA_V6.5_BAK154

LAD 2 - MAIN --- Total Rungs in File = 18



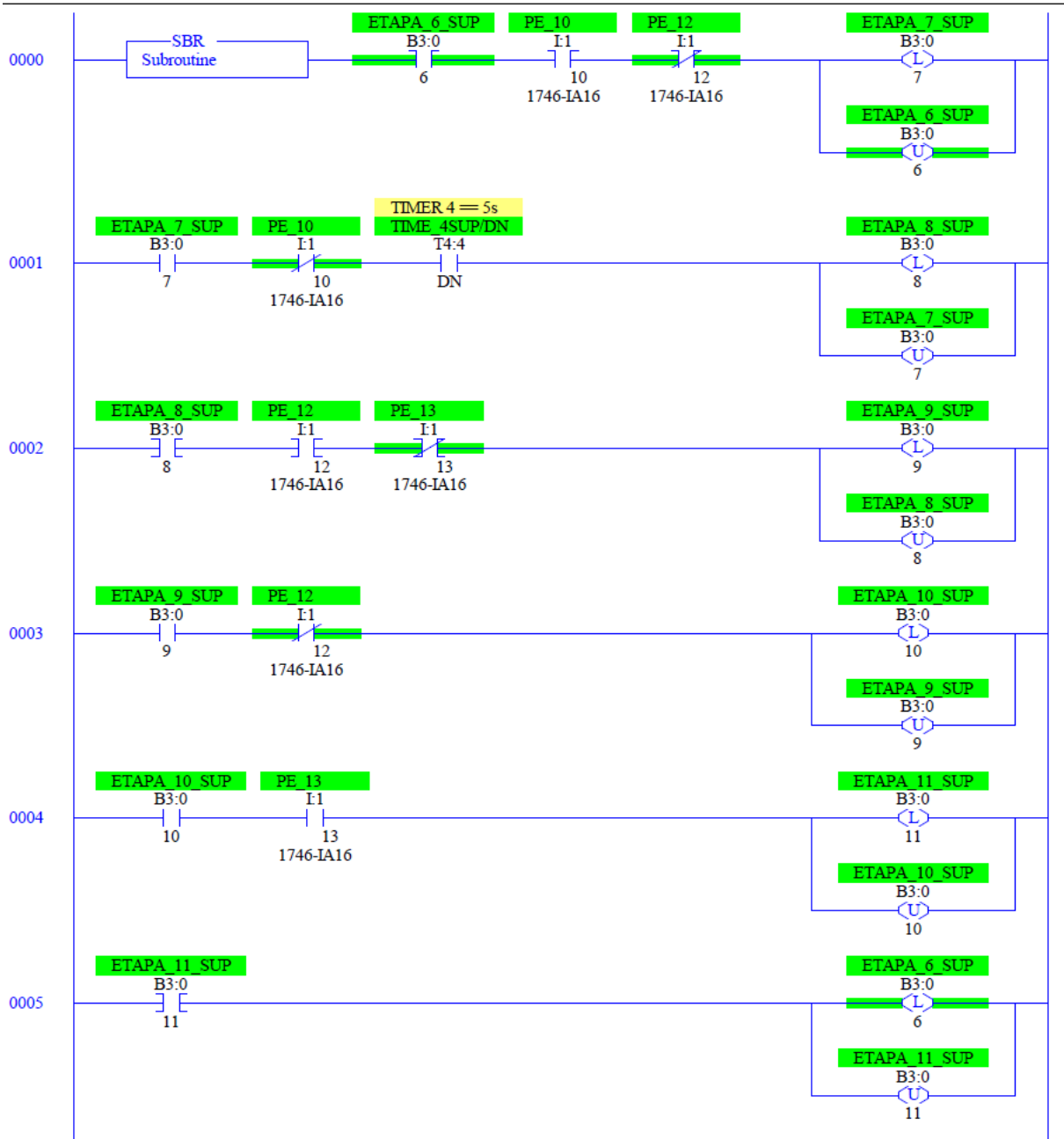
APÊNDICE B – Sub-rotinas do Transportador Inferior zona 1, zona 2 e 3, zona 4 e Clamp.

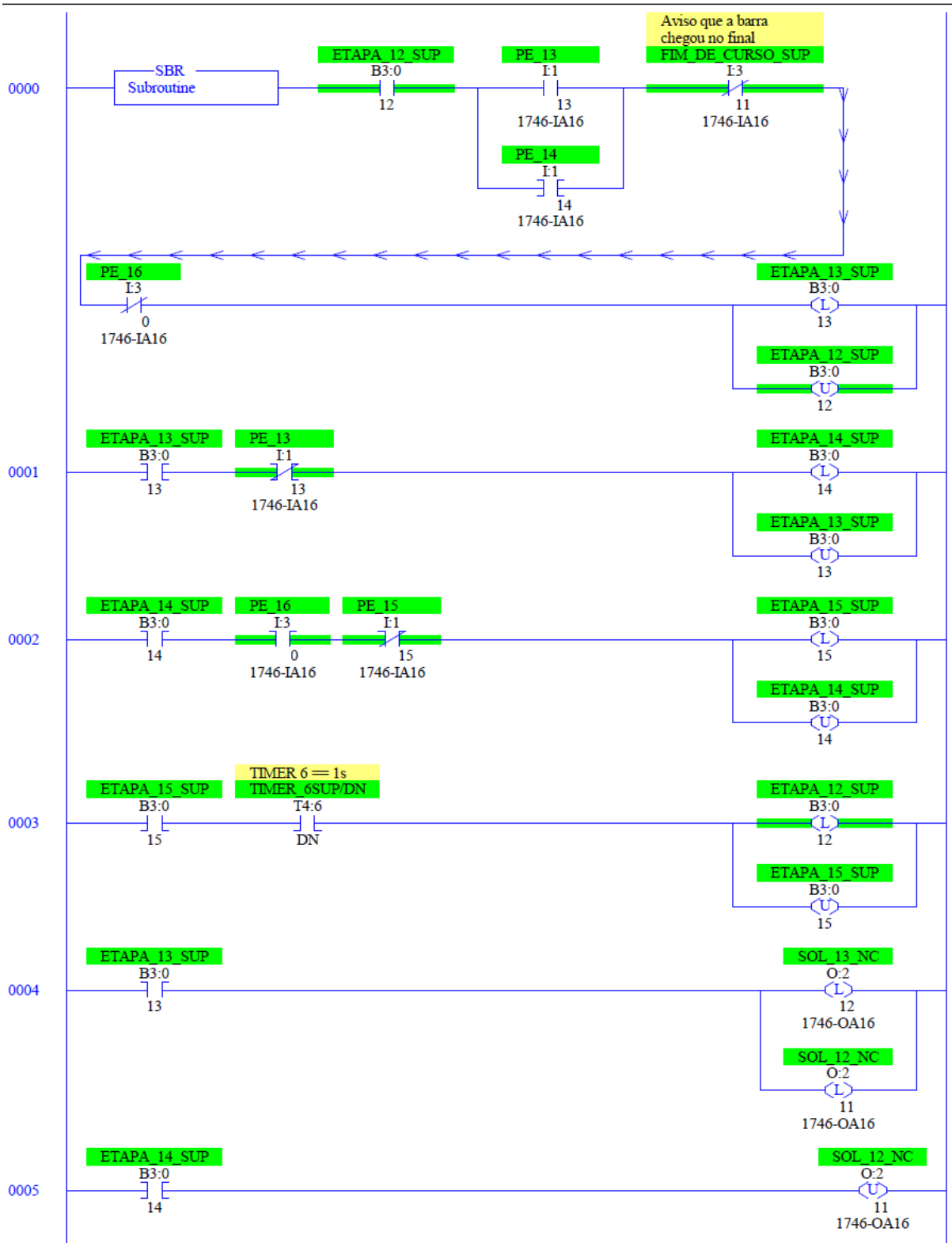


TRANSESAIDA_V6.5_BAK154

FR:0000

LAD 4 - EST2E3 TOP --- Total Rungs in File = 13

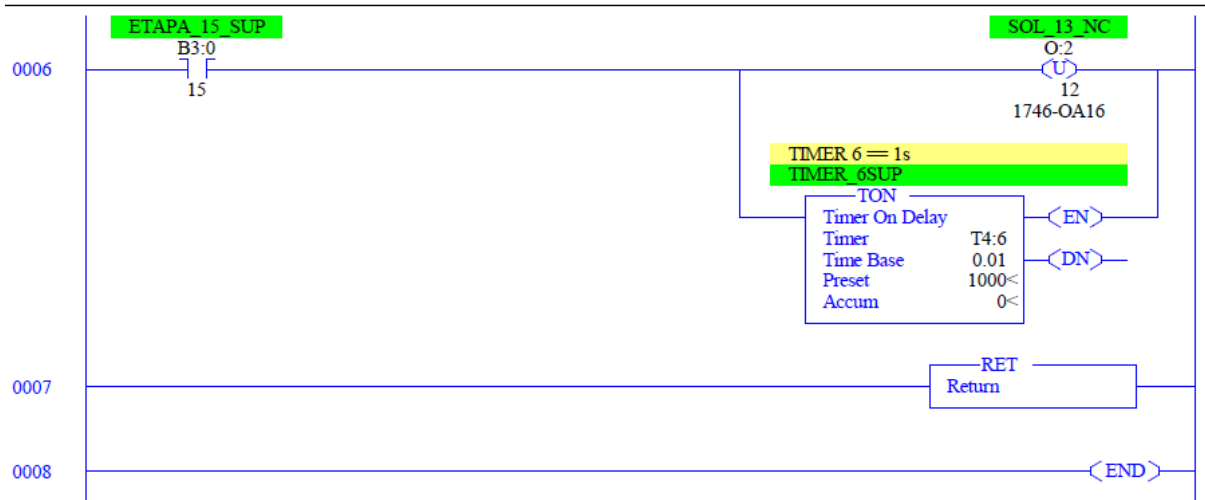




TRANSPSAIDA_V6.5_BAK154

FR:0006

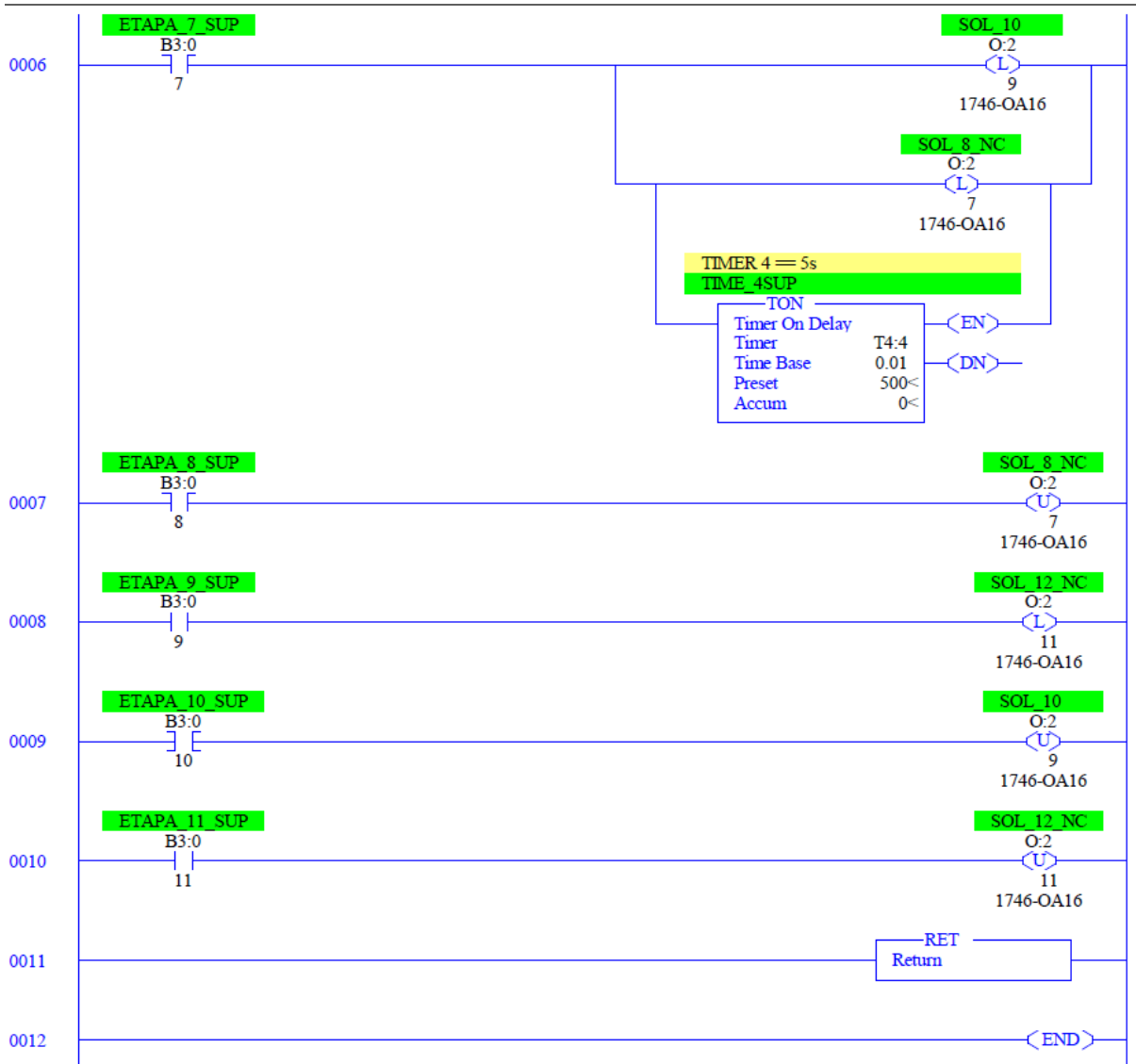
LAD 5 - EST4 TOP --- Total Rungs in File = 9



TRANSPSAIDA_V6.5_BAK154

FR:0006

LAD 4 - EST2E3 TOP --- Total Rungs in File = 13



TRANSPSAIDA_V6.5_BAK154

FR:0000

LAD 6 - CLAMP TOP --- Total Rungs in File = 11

