



Luan Gabriel Cardoso Pinheiro
Luiz Henrique Gariglio dos Santos

TRABALHO FINAL:
Instalação Portuária

Belo Horizonte
2024

Luan Gabriel Cardoso Pinheiro
Luiz Henrique Gariglio dos Santos

TRABALHO FINAL:
Instalação Portuária

Trabalho apresentado a disciplina de
Informática Industrial.

Professor: Luiz Themystoklitz S.
Mendes

Belo Horizonte
2024

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	VARIÁVEIS	4
3	TAREFAS	8
3.1	PLC_PRG	8
3.1.1	Descarregamento	8
3.1.2	Carregamento	11
3.1.3	Alarmes	15
3.2	Simulação	17
3.2.1	SDESCARREGAMENTO	18
3.2.2	SCARREGAMENTO	19
3.2.3	SSILO	20
4	IHM	21

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo detalhar o desenvolvimento de um sistema de controle para uma instalação portuária a seco. A instalação descrita no trabalho consiste em uma composição ferroviária por onde chega um vagão contendo uma tonelada de grãos. Os grãos são descarregados e armazenados em dois silos, cada um com uma capacidade de 2,5 toneladas. O conteúdo dos silos é então utilizado para carregar caminhões que os transportam para indústrias de processamento.

O sistema é dessa forma dividido em duas etapas, de descarregamento (chegada dos grãos nos silos) e de carregamento (do caminhão). Esses processos ocorrem de forma independente e funcionam tanto no modo automático quanto no modo manual.

Através do software CodeSys, foi desenvolvido um programa para o controle do sistema utilizando as linguagens SFC, ST e FBD. Além disso, foi desenvolvida uma interface homem-máquina para controle e supervisão do sistema no software InduSoft.

2 VARIÁVEIS

As variáveis utilizadas no programa são apresentadas na tabela 1 e foram agrupadas de acordo com o equipamento a que estão relacionadas. A primeira coluna mostra o nome da variável, em seguida, na segunda coluna, é apresentado o tipo de dado (bool, real...). A terceira coluna, por sua vez, se trata de que tipo da variável, input, output ou de interface. Finalmente, na quarta coluna, há uma breve descrição do que ela representa.

Por motivos de padronização e simplicidade, foram adotados alguns padrões na nomeação das variáveis:

- O "I_" antes do nome da variável indica que se trata de uma variável de interface;
- De forma semelhante, o "C_" no início do nome indica uma célula de carga;
- Já o "_C" no fim do nome da variável indica um sensor de chegada;
- E o "_S" mostra um sensor de saída;
- O "L_" no início, indica uma chave de nível baixo;
- Já o "H_", uma chave de nível alto;
- "V_" se trata de um sistema de ventilação;
- "VAZIO" alarme de uma situação proibida de um equipamento que está ligado e vazio;
- "CHEIO" alarme de uma situação proibida de um equipamento que está desligado, mas cheio;
- "LIGADO" alarme para quando um equipamento que depende de outro está ligado sozinho.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas no programa

Carregamento			
SELEC_CARR_MAN	bool	interface	seleciona o modo de carregamento
CARR_MAN	bool	interface	ativa o modo de carregamento
CARREGAR	bool	interface	inicia carregamento automático
I_NOT_CARR	bool	interface	alarme de carregamento impedido
I_GRAOS	bool	interface	alarme de grãos insuficientes
Descarregamento			

Continua na próxima página

Tabela 1 – Continuação da tabela

SELEC_DESC_MAN	bool	interface	seleciona o modo de descarregamento
DESC_MAN	bool	interface	ativa o modo de descarregamento
DESCARREGAR	bool	interface	inicia descarregamento automático
I_NOT_DESC	bool	interface	alarme de descarregamento impedido
Vagão Graneleiro			
VAGAO	bool	input	sensor de posicionamento do vagão graneleiro
I_VAGAO	bool	interface	
VAGAO_C	bool	input	sensor de chegada do vagão
I_VAGAO_C	bool	interface	
VAGAO_S	bool	input	sensor de saída do vagão
I_VAGAO_S	bool	interface	
Transportador de entrada			
C_TR_01	bool	input	célula de carga do transportador
I_C_TR_01	bool	interface	
I_TR_01	bool	interface	estado do transportador de entrada
I_VAZIO_TR_01	bool	interface	indicação que o transportador está ligado e vazio por mais de 5s
Desviador da mangueira			
MG_01	bool	output	posiciona a mangueira no determinado silo
I_MG_01	bool	interface	
Silos de armazenagem			
C_AS_01	real	input	células de carga dos silos
I_C_AS_01	real	interface	
C_AS_02	real	input	células de carga dos silos
I_C_AS_02	real	interface	
L_AS_01	bool	input	chaves de baixo nível
I_L_AS_01	bool	interface	
L_AS_02	bool	input	chaves de baixo nível
I_L_AS_02	bool	interface	
H_AS_01	bool	input	células de alto nível
I_H_AS_01	bool	interface	
H_AS_02	bool	input	células de alto nível
I_H_AS_02	bool	interface	
I_V_AS_01	bool	interface	
V_AS_01	bool	output	sistemas de ventilação

Continua na próxima página

Tabela 1 – *Continuação da tabela*

I_V_AS_02	bool	interface	
V_AS_02	bool	output	sistemas de ventilação
Alimentadores da moega			
AL_01	bool	output	estado dos alimentadores
I_AL_01	bool	interface	
AL_02	bool	output	estado dos alimentadores
I_AL_02	bool	interface	
C_AL_01	bool	input	indicador de grãos no alimentador
I_C_AL_01	bool	interface	
C_AL_02	bool	input	indicador de grãos no alimentador
I_C_AL_02	bool	interface	
I_VAZIO_AL_01	bool	interface	indicador de alimentador ligado e vazio por mais de 5s
I_VAZIO_AL_02	bool	interface	indicador de alimentador ligado e vazio por mais de 5s
Moega			
C_MO_01	real	input	célula de carga da moega
I_C_MO_01	real	interface	
MO_01	real	input	estado da moega
I_MO_01	real	interface	
I_CHEIO_MO_01	bool	interface	indicador de transportador de saída desligado e moega cheia
Transportador de saída			
TR_02	bool	input	estado do alimentador de saída
I_TR_02	bool	interface	
C_TR_02	bool	input	célula de carga do transportador de saída
I_C_TR_02	bool	interface	
I_VAZIO_TR_02	bool	interface	indicação que o transportador está ligado e vazio por mais de 5s
I_LIGADO_TR_02	bool	interface	indicação que o transportador está ligado e o alimentador desligado
Alimentador de saída			
AL_03	bool	output	estado do alimentador de saída
I_AL_03	bool	interface	
CAMINHAO	bool	input	sensor que indica se o caminhão está corretamente conectado
I_CAMINHAO	bool	interface	

Continua na próxima página

Tabela 1 – *Continuação da tabela*

I_LIGADO_AL_03	bool	interface	indica que o alimentador está ligado e o caminhão desconectado
Caminhão			
CAMINHAO_C	bool	input	sensor de chegada do caminhão
I_CAMINHAO_C	bool	input	
CAMINHAO_S	bool	input	
I_CAMINHAO_S	bool	input	

Fim da tabela

3 TAREFAS

O sistema, da forma que foi pensado apresentará duas tarefas, uma referente ao programa que implementa o controle do sistema chamado "PLC_PRG" e outra que contém a simulação do sistema, denominado "Simulação".

3.1 PLC_PRG

Essa tarefa contém o programa que implementa o controle do sistema (figura 1). Desse modo, todas as variáveis apresentadas na tabela 1 foram declaradas nele. O programa possui três blocos de função que funcionam de forma paralela e independente. Um deles é responsável pelo processo de descarregamento, o segundo pelo de carregamento e o terceiro pela gerência dos alarmes.

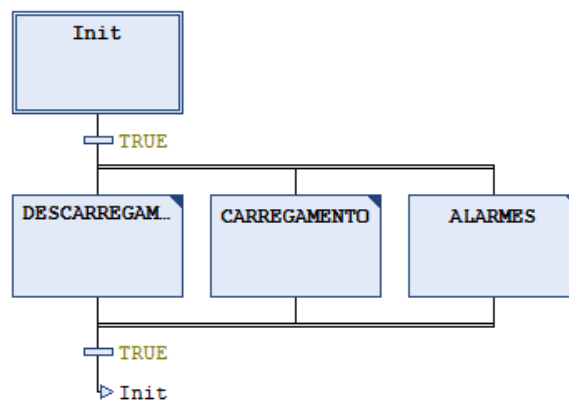


Figura 1 – PLC_PRG

3.1.1 Descarregamento

A implementação do descarregamento em SFC pode ser vista na figura 2. Nele é controlado todo o processo de descarregamento do vagão nos silos tanto de forma automática quanto manual. Para isso, o primeiro bloco possui uma ação (figura 3) que, caso todos os equipamentos estejam desligados e nenhum alarme esteja acionado, atualiza a seleção de modo.

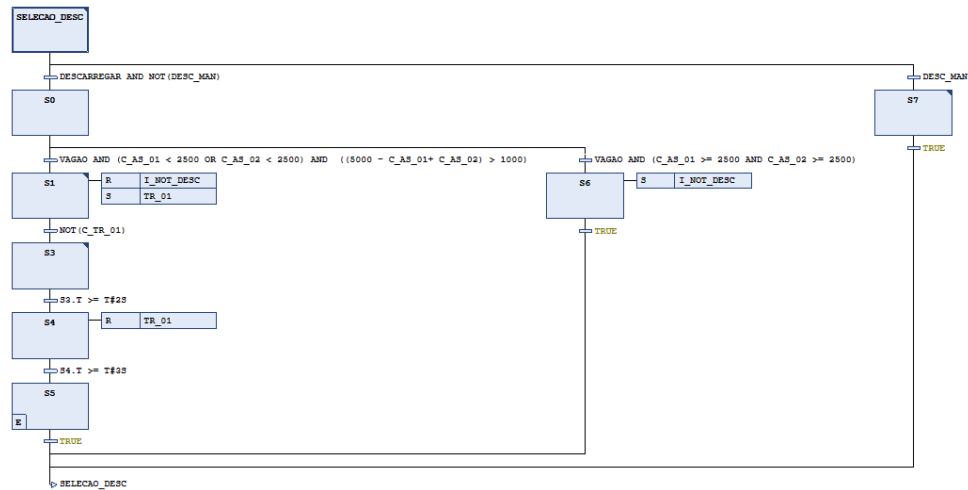


Figura 2 – Descarregamento

```

1  IF (TR_01 = 0) AND (I_VAZIO_TR_01 = 0) THEN
2      DESC_MAN:= SELEC_DESC_MAN;
3  END_IF
4

```

Figura 3 – seleção do modo de descarregamento

Em seguida, o código pode seguir por dois caminhos. Se selecionado o modo manual, o fluxo segue para S7 (4), onde os componentes do sistema são controlados pelos comandos recebidos pela IHM.

```
1 // TRANSPORTADOR DE ENTRADA
2 IF(I_TR_01 = 1) THEN
3     TR_01:= 1;
4 ELSE
5     TR_01:= 0;
6 END_IF
7 // DESVIADOR DA MANGUEIRA
8 IF(I_MG_01 = 1) THEN
9     MG_01:= 1;
10 ELSE
11     MG_01:= 0;
12 END_IF
13 // SILO DE ARMAZENAGEM 1
14 IF(I_V_AS_01 = 1) THEN
15     V_AS_01:= 1;
16 ELSE
17     V_AS_01:= 0;
18 END_IF
19 // SILO DE ARMAZENAGEM 2
20 IF(I_V_AS_02 = 1) THEN
21     V_AS_02:= 1;
22 ELSE
23     V_AS_02:= 0;
24 END_IF
```

Figura 4 – Descarregamento manual

Caso contrário, esteja selecionado o modo automático, deve-se então enviar o comando para iniciar o descarregamento. É verificado se há espaço o suficiente nos silos e, em caso afirmativo, o sistema inicia o processo da seguinte forma: Em S1 (figura 5) é ligado o transportador de entrada, a mangueira seletora é posicionada no silo mais vazio e sua ventilação é ligada. O código permanece neste estado até que o vagão seja completamente esvaziado, ou seja, a célula de carga do transportador esteja vazia. Após dois segundos o transportador de entrada é desligado e após cinco segundos a ventilação é desligada em S5 (figura 6).

```
1 IF (C_AS_01 <= C_AS_02) THEN
2     MG_01:= 0;
3 ELSE
4     MG_01:= 1;
5 END_IF
6 I_MG_01:= MG_01;
7
8 IF (I_MG_01 = 0) THEN
9     V_AS_01:= 1;
10 ELSE
11     V_AS_02:= 1;
12 END_IF
13 I_V_AS_01:= V_AS_01;
14 I_V_AS_02:= V_AS_02;
```

Figura 5 – Início do descarregamento

```
1 IF (I_V_AS_01 = 1) THEN
2     V_AS_01:= 0;
3 END_IF
4 IF (I_V_AS_02 = 1) THEN
5     V_AS_02:= 0;
6 END_IF
7 I_V_AS_01:= V_AS_01;
8 I_V_AS_02:= V_AS_02;
9
```

Figura 6 – Final do descarregamento

3.1.2 Carregamento

Para o sistema de carregamento, foi desenvolvida uma ação no bloco de mesmo nome do programa inicial, que pode ser vista na figura 7. Semelhante ao processo de descarregamento, no primeiro estágio é verificado se o processo ocorrerá de forma manual ou automática (figura 8). A mudança só é permitida caso todos os equipamentos estejam desligados e nenhum alarme esteja acionado. Caso o modo selecionado seja o manual o programa segue para o estado SC10, figura 9, que faz o controle dos equipamentos de acordo com os comandos recebidos pela IHM.

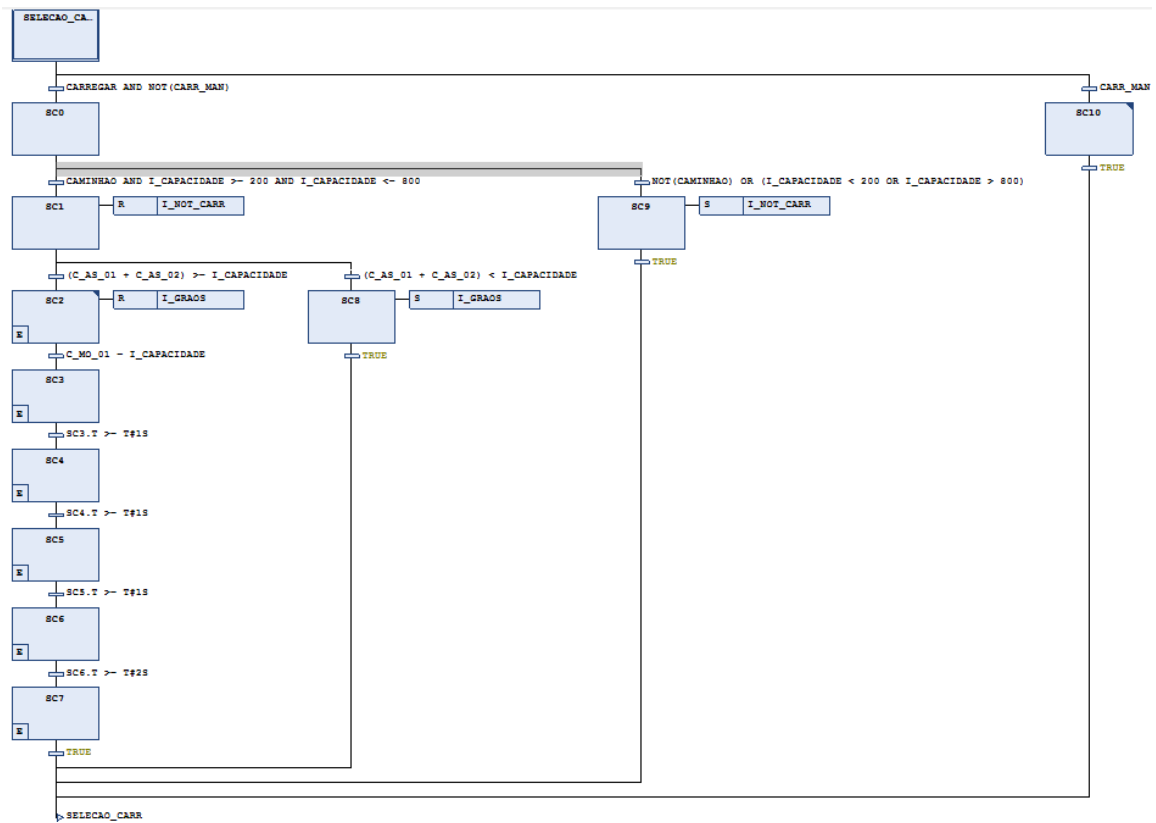


Figura 7 – Carregamento

```

1 IF (AL_01 = 0) AND (AL_02 = 0) AND (AL_03 = 0) AND (MO_01 = 0) AND (TR_02 = 0)
2 AND (I_VAZIO_AL_01 = 0) AND (I_VAZIO_AL_02 = 0) AND (I_CHEIO_MO_01 = 0)
3 AND (I_VAZIO_TR_02 = 0) AND (I_LIGADO_TR_02 = 0) AND (I_LIGADO_AL_03 = 0)
4 AND (I_GRAOS = 0) THEN
5   CARR_MAN:= SELEC_CARR_MAN;
6 END_IF

```

Figura 8 – Seleção do modo de carregamento

```

// SILO DE ARMAZENAGEM 1
IF(I_V_AS_01 = 1) THEN
    V_AS_01:= 1;
ELSE
    V_AS_01:= 0;
END_IF
// SILO DE ARMAZENAGEM 2
IF(I_V_AS_02 = 1) THEN
    V_AS_02:= 1;
ELSE
    V_AS_02:= 0;
END_IF
// ALIMENTADOR DA MOEGA 1
IF(I_AL_01 = 1) THEN [1 lines]
ELSE [1 lines]
END_IF
// ALIMENTADOR DA MOEGA 2
IF(I_AL_02 = 1) THEN [1 lines]
ELSE [1 lines]
END_IF
// MOEGA
IF(I_MO_01 = 1) THEN [1 lines]
ELSE [1 lines]
END_IF
// TRANSPORTADOR DE SAÍDA
IF(I_TR_02 = 1) THEN [1 lines]
ELSE [1 lines]
END_IF
// ALIMENTADOR DE SAÍDA
IF(I_AL_03 = 1) THEN [1 lines]
ELSE [1 lines]
END_IF

```

Figura 9 – Seleção do modo de carregamento

Se selecionado o modo automático, espera-se até que seja recebido o comando para iniciar o carregamento. Então, é verificado se o caminhão encontra-se posicionado corretamente e se a capacidade do caminhão está dentro do intervalo permitido. Caso essas especificações não sejam atendidas, o comando é ignorado e um alarme de que não foi possível realizar o carregamento é acionado no estado SC9.

Uma vez atendidas, é confirmado se há capacidade suficiente de grãos nos silos para carregar o caminhão. Se não, é acionado um alarme e o processo ignorado. Já se possível, o fluxo de carregamento é iniciado no estado SC2 (figuras 10 e 11). Onde há uma ação de entrada que liga o alimentador de saída, o transportador de saída e a moega, e uma ação ativa enquanto o programa permanecer nele, que faz a seleção do silo de onde serão retirados os grãos. Nesse caso, é ligada a ventilação do determinado silo, e seu alimentador de saída.

```

1 //SILO
2 IF (C_AS_01 >= C_AS_02) THEN
3     AL_01 := 1;
4     AL_02 := 0;
5     V_AS_01 := 1;
6     V_AS_02 := 0;
7 ELSE
8     AL_01 := 0;
9     AL_02 := 1;
10    V_AS_01 := 0;
11    V_AS_02 := 1;
12 END_IF
13 I_AL_01 := AL_01;
14 I_AL_02 := AL_02;
15 I_V_AS_01 := V_AS_01;
16 I_V_AS_02 := V_AS_02;

```

Figura 10 – Seleção do silo a ser descarregado

Uma vez que o peso contabilizado na moega seja igual a capacidade do caminhão, o programa segue para os próximos passos. Primeiro, desliga os alimentadores de saída dos silos (12), após um segundo desliga a moega (13), após dois segundos desliga o transportador de saída (14), depois de três segundos o alimentador de saída (15), e, finalmente, depois de cinco segundos desliga a ventilação dos silos (16).

```

//SILO
IF (I_AL_01 = 1) THEN
    AL_01 := 0;
END_IF
IF (I_AL_02 = 1) THEN
    AL_02 := 0;
END_IF
I_AL_01 := AL_01;
I_AL_02 := AL_02;

```

Figura 12 – Desliga os alimentadores de saída dos silos

```

//TRANSPORTADOR DE SAÍDA
TR_02 := 0;
I_TR_02 := TR_02;

```

Figura 14 – Desliga o transportador de saída

```

//ALIMENTADOR DE SAÍDA
AL_03 := 1;
I_AL_03 := AL_03;
//TRANSPORTADOR DE SAÍDA
TR_02 := 1;
I_TR_02 := TR_02;
//MOEGA
MO_01 := 1;
I_MO_01 := MO_01;

```

Figura 11 – Início do processo de carregamento

```

//MOEGA
MO_01 := 0;
I_MO_01 := MO_01;

```

Figura 13 – Desliga a moega

```

//ALIMENTADOR DE SAÍDA
AL_03 := 0;
I_AL_03 := AL_03;

```

Figura 15 – Desliga o alimentador de saída

```
//SILO  
IF (I_V_AS_01 = 1) THEN  
    V_AS_01 := 0;  
END_IF  
IF (I_V_AS_02 = 1) THEN  
    V_AS_02 := 0;  
END_IF  
I_V_AS_01 := V_AS_01;  
I_V_AS_02 := V_AS_02;
```

Figura 16 – Desliga a ventilação nos silos

3.1.3 Alarmes

O código para gerenciamento dos alarmes (figura 17) foi desenvolvido utilizando a linguagem FBD e está em paralelo com as implementações de carregamento e descarregamento de modo que a qualquer instante os alarmes possam ser gerados independentemente ao estado da planta.

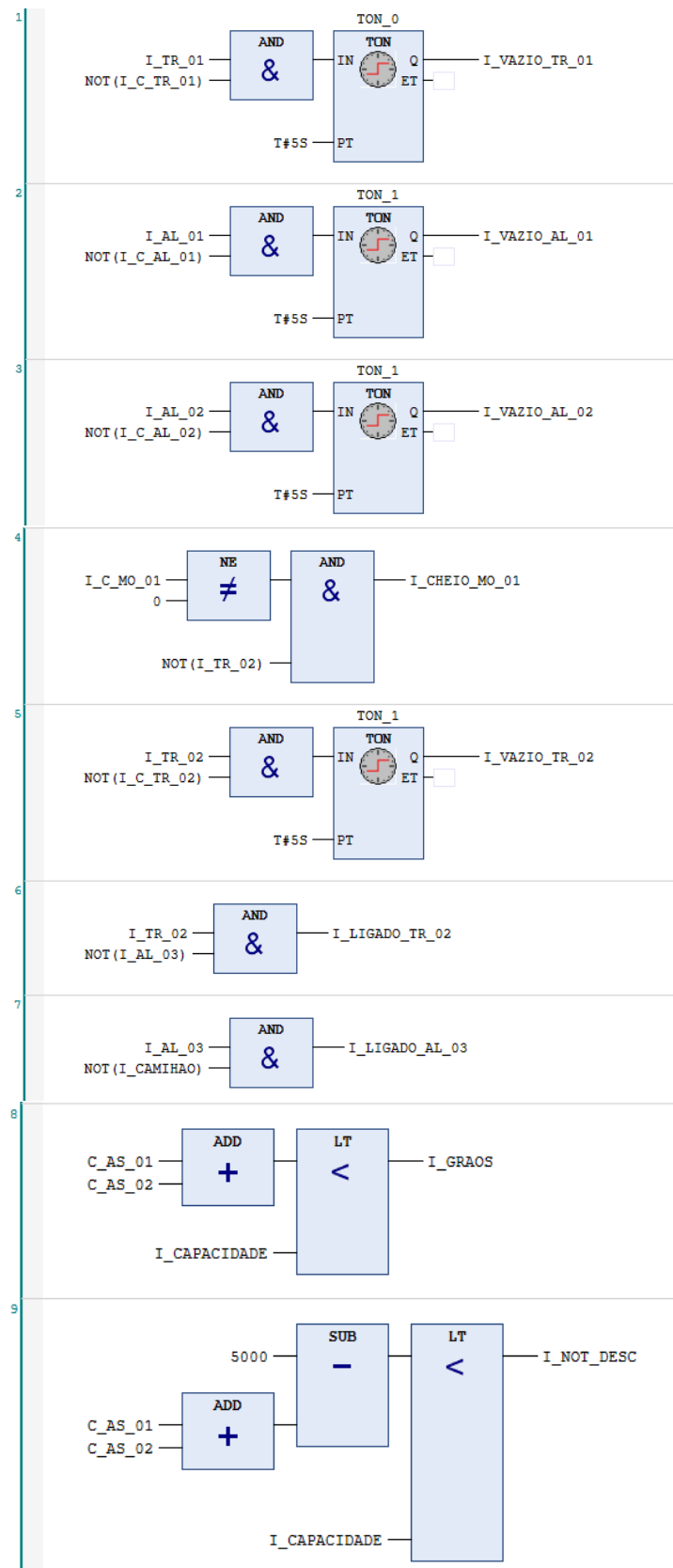


Figura 17 – Alarmes

Linha 1: Aciona o alarme $I_VAZIO_TR_01$, que indica que o transportador de entrada está ligado

e vazio por mais de 5s.

Linha 2 e 3: I_VAZIO_AL_01 e I_VAZIO_AL_02. Indicações de que os alimentadores da moega estão ligados e vazios por mais de 5s.

Linha 4: Responsável pela indicação I_CHEIO_MO_01, de que a moega está cheia e o transportador de saída desligado.

Linha 5: Aciona o alarme I_VAZIO_TR_02, que indica que o transportador de saída está ligado e vazio por mais de 5s.

Linha 6: I_LIGADO_TR_02 indica que o transportador de saída está ligado, mas o alimentador de saída está desligado.

Linha 7: Aciona I_LIGADO_AL_03 quando o alimentador de saída está ligado e o caminhão desconectado.

Linha 8: I_GRAOS indica que a quantidade de grãos nos silos é inferior a capacidade do caminhão.

Linha 9: I_NOT_DESC Indica que não a capacidade suficiente nos silos para descarregar mais um vagão.

3.2 Simulação

Para testar o sistema desenvolvido, criamos outra tarefa responsável por simular os estímulos nas entradas dos sensores na aplicação. Esta tarefa (figura 18) foi estruturada de forma semelhante a primeira, com blocos de função que funcionam de forma simultânea responsáveis pelos processos de carregamento e descarregamento.

As variáveis utilizadas foram as mesmas declaradas no programa principal (1), visto que é possível acessá-las da seguinte forma: "PLC_PRG.<nome da variável>". Além das variáveis do PLC_PRG, foram declarados dois temporizadores e uma variável GRAOS_VAGAO foi criada para indicar a quantidade de grãos que chega com o vagão.

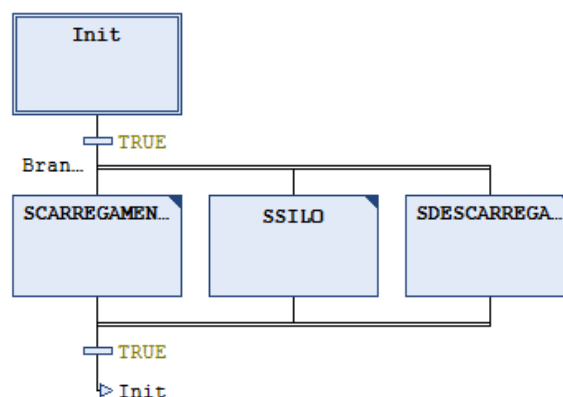


Figura 18 – Simulação

3.2.1 SDESCARREGAMENTO

Para a ação do estágio de descarregamento foi feito um programa em SFC, figura 19. O primeiro estado estimula o sensor de chegada do vagão. o segundo estado, por sua vez, indica que o vagão está posicionado corretamente e atribui a variável do peso do vagão o valor de 1000kg.

Ao receber a sinalização de que o transportador de entrada está ligado, o programa segue para o próximo estado (figura 20). Nele, são retirados 100kg por segundo do peso do vagão e esse peso é adicionado ao silo que a mangueira está conectada. Quando a quantidade de grãos no vagão é zerada, o programa segue para o último estado, que indica que não há grãos no transportador de entrada, o vagão foi desconectado e estimula o sensor de saída do vagão. Antes que o programa reinicie sua execução, há uma espera de cinco segundos.

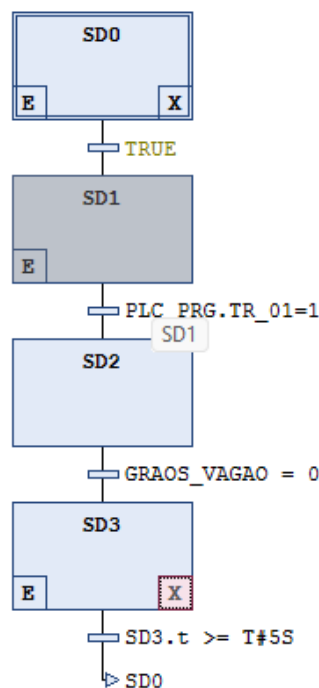


Figura 19 – Simulação do descarregamento

```

PLC_PRG.C_TR_01:= 1;
T1(IN:=TRUE,PT:=T#1S);
IF(T1.Q = 1) THEN
    IF (PLC_PRG.MG_01 = 0) THEN
        GRAOS_VAGAO:= GRAOS_VAGAO - 100;
        PLC_PRG.C_AS_01:= PLC_PRG.C_AS_01+100;
    ELSE
        GRAOS_VAGAO:= GRAOS_VAGAO - 100;
        PLC_PRG.C_AS_02:= PLC_PRG.C_AS_02+100;
    END_IF
    T1(IN:=FALSE);
END_IF

```

Figura 20 – Simulação do descarregamento

3.2.2 SCARREGAMENTO

A ação do estágio de carregamento foi também desenvolvida em SFC, como pode ser vista na figura 21. No primeiro bloco são definidas duas ações, uma de entrada e uma de saída, onde é estimulado o sensor de chegada do caminhão. Em seguida, é enviado o sinal de que o caminhão está corretamente conectado. O programa permanece nessa etapa até que seja ligado um dos alimentadores de saída de algum dos silos.

Então começa-se o processo de carregamento em que a cada um segundo subtrai-se 50kg do silo cujo alimentador está ativado e o adiciona na célula de carga da moega.

Ao final desse processo, as células de carga são resetadas, e o sensor de saída do caminhão é estimulado. Enfim, o programa conta cinco segundos para que outro caminhão chegue.

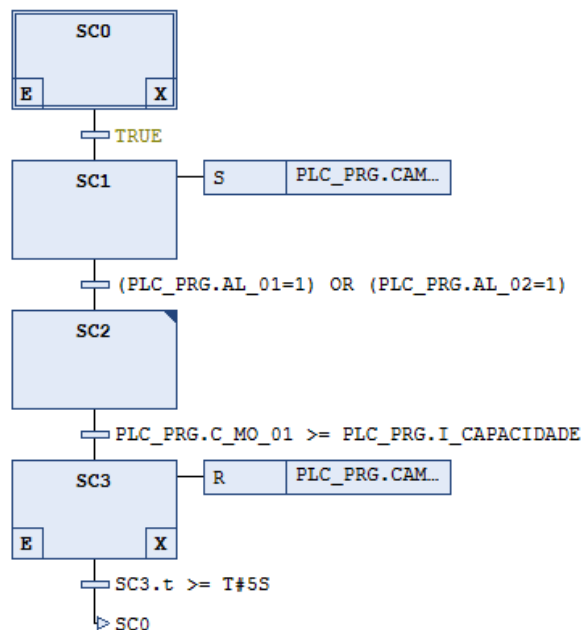


Figura 21 – Simulação carregamento

```

PLC_PRG.C_TR_02:= 1;
T2(IN:=TRUE,PT:=T#1S);
IF (T2.Q = 1) THEN
    IF (PLC_PRG.AL_01 = 1) THEN
        IF (PLC_PRG.C_AS_01>=50) THEN
            PLC_PRG.C_AL_01:= 1;
            PLC_PRG.C_AS_01:= PLC_PRG.C_AS_01 - 50;
            PLC_PRG.C_MO_01:= PLC_PRG.C_MO_01 + 50;
        END_IF
    END_IF
    IF (PLC_PRG.AL_02 = 1) THEN
        IF (PLC_PRG.C_AS_02>=50) THEN
            PLC_PRG.C_AL_02:= 1;
            PLC_PRG.C_AS_02:= PLC_PRG.C_AS_02 - 50;
            PLC_PRG.C_MO_01:= PLC_PRG.C_MO_01 + 50;
        END_IF
    END_IF
    T2(IN:=FALSE);
END_IF

```

Figura 22 – Simulação carregamento

3.2.3 SSILO

Este estado é o responsável pelas chaves de baixo e alto nível dos silos. Ou seja, verifica o nível em cada um deles separadamente e se estiver abaixo de 100kg ativa a chave de baixo nível e se estiver acima de 2.4t ativa a chave de alto nível dos respectivos silos.

```

1  //SIMULAÇÃO DAS CHAVES DE ALTO E BAIXO NÍVEL DOS SILOS
2
3  IF (PLC_PRG.C_AS_01<=100) THEN
4      PLC_PRG.L_AS_01:= 1;
5  ELSIF (PLC_PRG.C_AS_01>=2400) THEN
6      PLC_PRG.H_AS_01:= 1;
7  ELSE
8      PLC_PRG.L_AS_01:= 0;
9      PLC_PRG.H_AS_01:= 0;
10 END_IF
11
12 IF (PLC_PRG.C_AS_02<=100) THEN
13     PLC_PRG.L_AS_02:= 1;
14 ELSIF (PLC_PRG.C_AS_02>=2400) THEN
15     PLC_PRG.H_AS_02:= 1;
16 ELSE
17     PLC_PRG.L_AS_02:= 0;
18     PLC_PRG.H_AS_02:= 0;
19 END_IF

```

Figura 23 – Chaves de alto e baixo nível dos silos

4 IHM

A IHM foi desenvolvida no InduSoft, figura 24. A tela sinóptica apresenta uma visão geral de todo o sistema com indicações de funcionamento, nível dos silos, botões para ativação dos componentes e uma tela de alarmes.

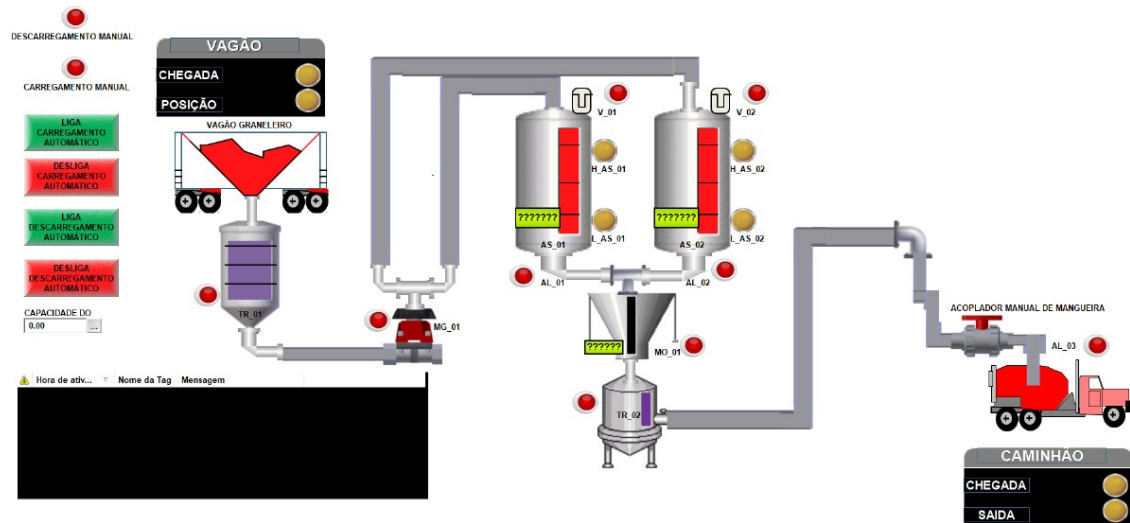


Figura 24 – Esboço da interface homem-máquina