



EPUSP

# Engenharia de Automação Industrial

## Bloco 5 - Linguagem Grafcet



## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

Composta de Passos, Transições, Arcos, Ações Qualificadas e Expressões Booleanas e graficamente é desenhada verticalmente.

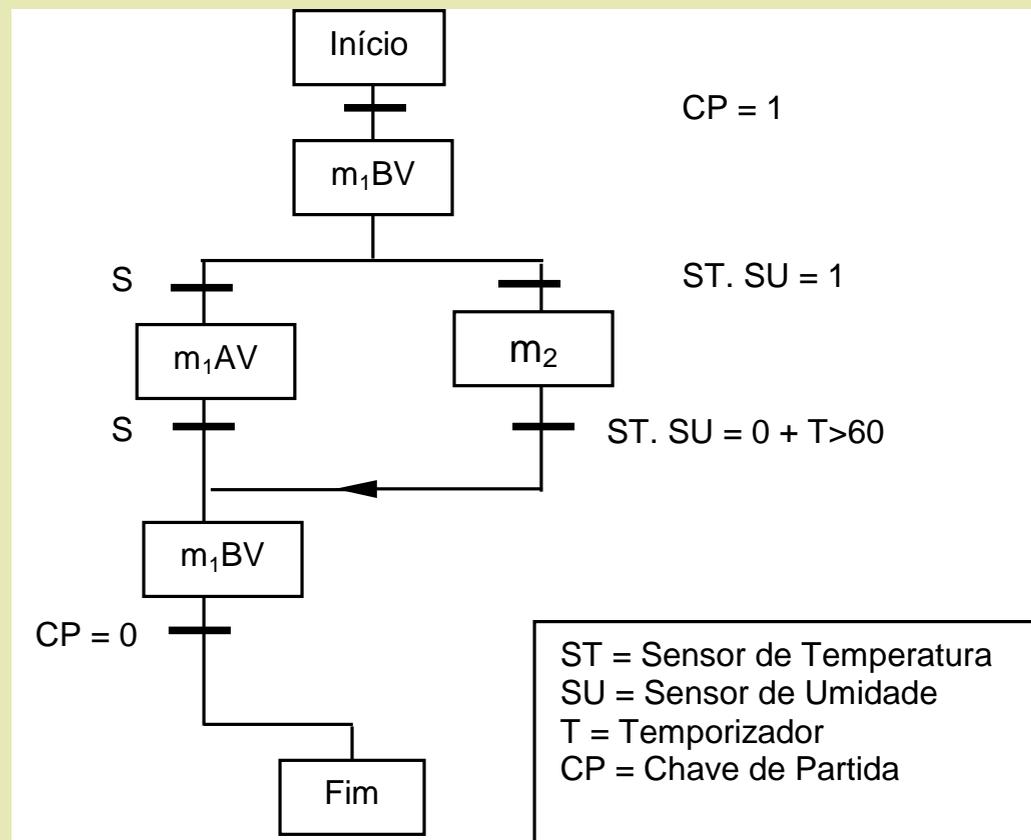
- Cada passo representa um estado particular do sistema que está sendo descrito e se desenha como um retângulo.
- Cada transição por sua vez é subordinada a uma condição que, uma vez satisfeita, desativa o passo anterior e ativa o passo posterior.

**GRAF CET OU SFC é uma linguagem bastante apropriada para uma programação de sistemas de intertravamentos sequenciais**

## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

**Exemplo:** Um sistema de ar condicionado é constituído por: Um motor M1 de duas velocidades: baixa velocidade (BV) quando da ligação da chave de partida e alta velocidade (AV) quando um sensor de temperatura é ativado. AV deve funcionar até cair a temperatura e em seguida, voltar à baixa velocidade.

- Um motor M2 que é acionado pelo sensor de temperatura e por um sensor de umidade, devendo também ficar ligado no máximo por uma hora.



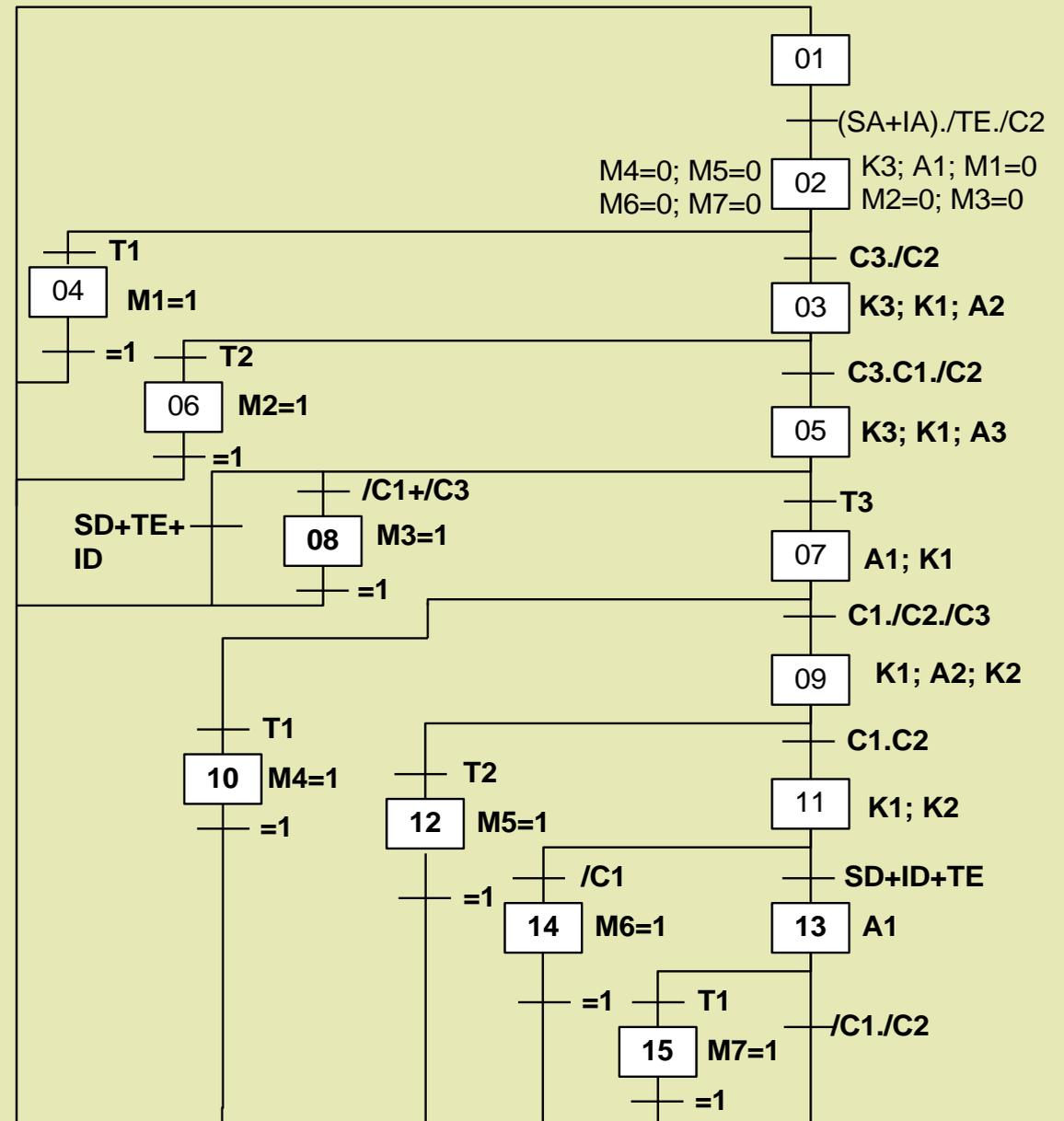


EPUSP

# Linguagem Grafcet

## SFC Partida Estrela/Triângulo

- TE: térmico
- BL: botão liga
- BD: botão desliga
- SA: supervisor aciona
- SD: supervisor desaciona
- IA: IHM aciona
- ID: IHM desaciona
- M1: falha CA estrela
- M2: falha CA principal
- M3: falha de alimentação
- M4: Contato estrela colado
- M5: falha CA triângulo
- M6: desligou anormal
- M7: não desligou
- A1: acumulado temp.conf.CA
- A2: acumulado temp.conf.CA
- T1: saída temp.conf.CA
- T2: saída temp.conf.CA
- K1: contator principal
- K2: contator triângulo
- K3: contator estrela
- C1: contator auxiliar principal
- C2: contator auxiliar triângulo
- C3: contator auxiliar estrela
- A3: acumulado temp.partida
- T3: saída temp. partida





EPUSP

# Linguagem Grafcet

## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

### Elementos estruturais do SFC (Grafcet)

#### Passo

□ Cada passo (lugar) dentro do Grafcet é um retângulo que representa um possível estado operacional do sistema e que deve ter um único nome. Quando um passo está ativo, assinala-se o fato por meio de uma **marca** (“token”) no retângulo representativo do passo.

As variáveis associadas ao passo são:

- Variável FLAG: indica passo em atividade. Esta variável tem a forma (nome do passo) •X e se torna verdadeira (= 1) enquanto o passo está em atividade.
- Variável TEMPO: associada à duração em tempo real desde o início da entrada do passo em atividade. Esta variável tem a forma (nome do passo)•T.

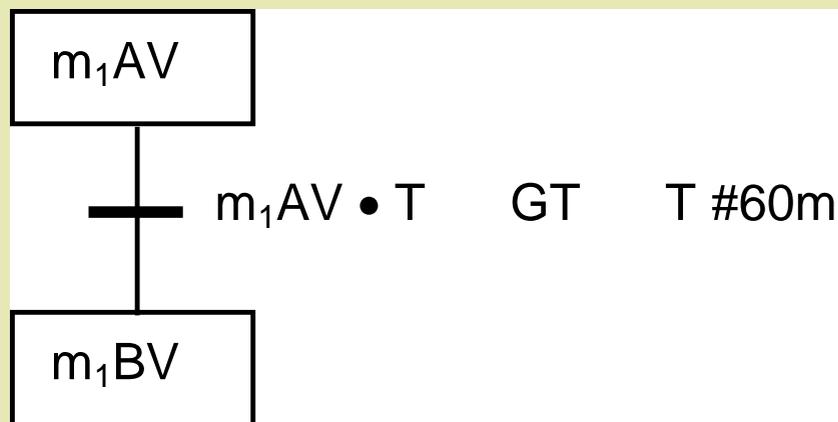
## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

### Elementos estruturais do SFC (Grafcet)

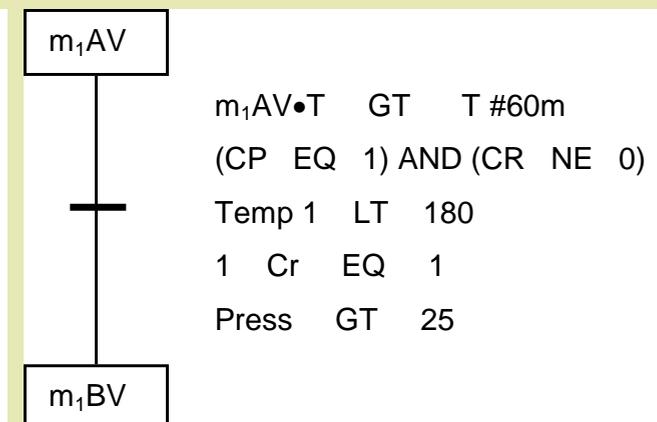
#### Transição

□ Graficamente a transição é uma barra que corta a ligação entre passos sucessivos; representa uma barreira que é suprimida quando se satisfaz um conjunto de condições lógicas, temporais, de controle aritmético, etc., resumido numa expressão booleana.

□ Esta expressão booleana é chamada de receptividade da transição.



Temporização



Transição com receptividade composta por 5 condições lógicas

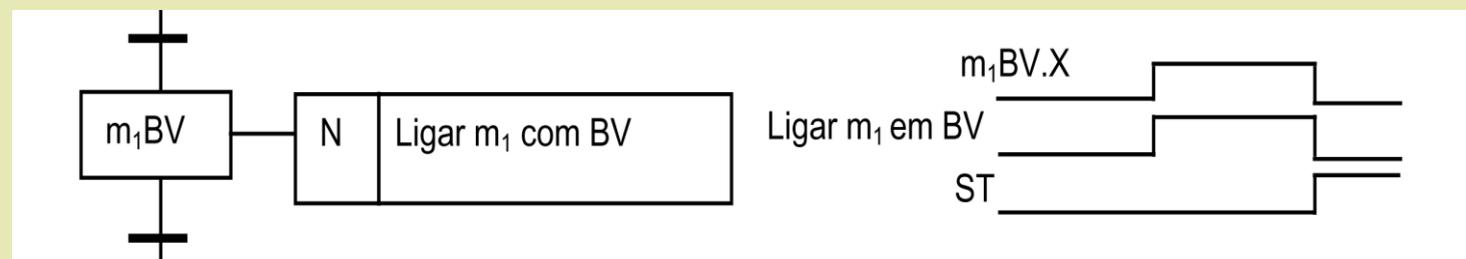
## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

### Elementos estruturais do SFC (Grafcet)

#### Ações

##### a) N: Ação Simples

**Exemplo:** a ação “Ligar motor  $m_1$  em uma velocidade BV” é executada continuamente enquanto o passo  $m_1BV$  está ativado, isto é, enquanto  $m_1BV \cdot X$  é igual a 1.



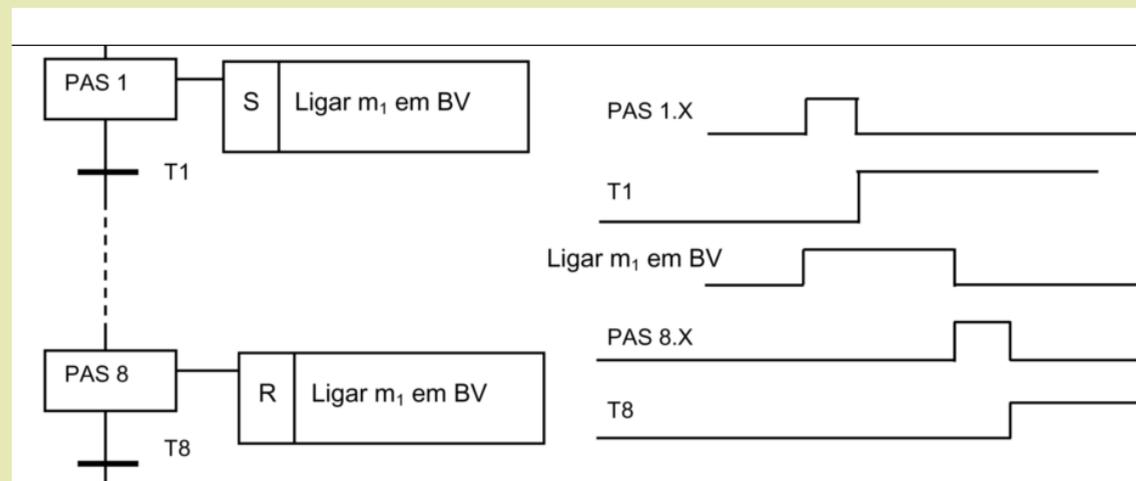
Qualificador de ações tipo “N” com respectivos tempos

## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

### Elementos estruturais do SFC (Grafcet)

#### Ações

#### b) S: Set e R: Reset



#### Qualificadores de Ação Tipo “S” e “R” com respectivos tempos

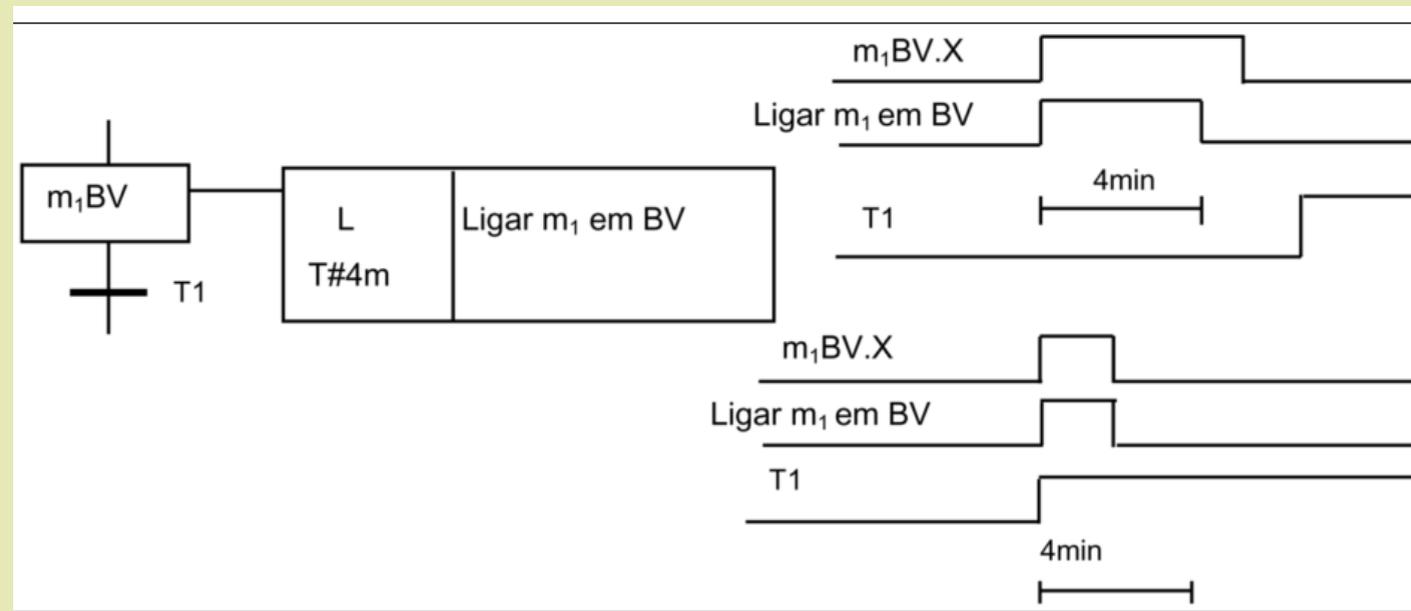
- ❑ No instante em que PAS1 é ativado ( $PAS1.X=1$ ) inicia-se execução da ação. Como seu qualificador é S (set), ela permanece em atividade até que um novo passo, também ligado a esta ação, seja ativado com qualificador R; no caso é o PAS8 ( $PAS8.X=1$ ).

## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

### Elementos estruturais do SFC (Grafcet)

#### Ações

#### c) L: Ação com Tempo limitado



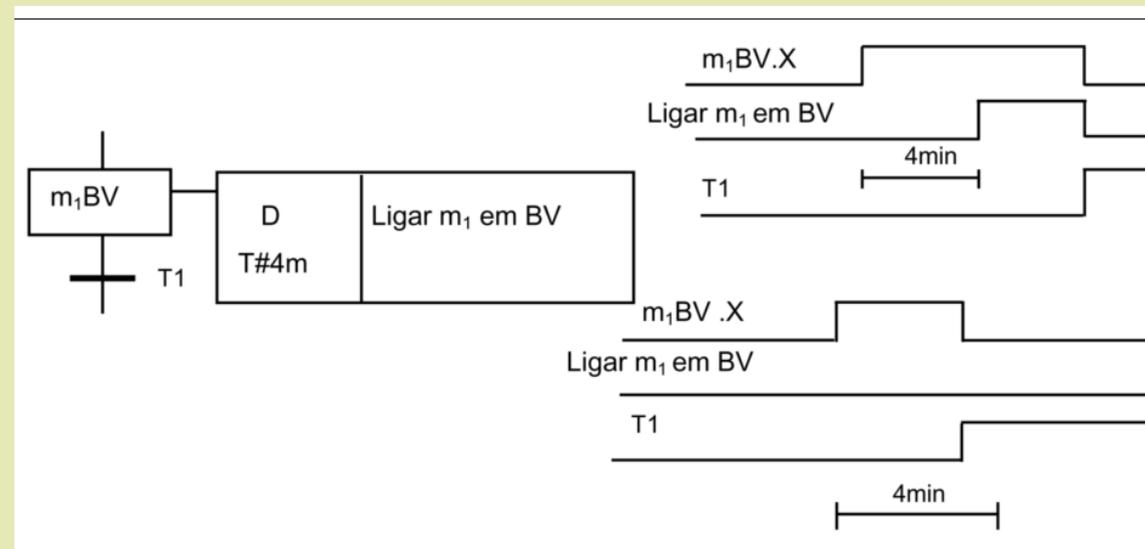
- Neste caso a ação cessa após decorridos 4 minutos ou menos, se T1 se tornar verdadeira.

## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

### Elementos estruturais do SFC (Grafcet)

#### Ações

#### d) D: Ação de entrada retardada



#### Qualificador de Ação Tipo D com respectivos tempos

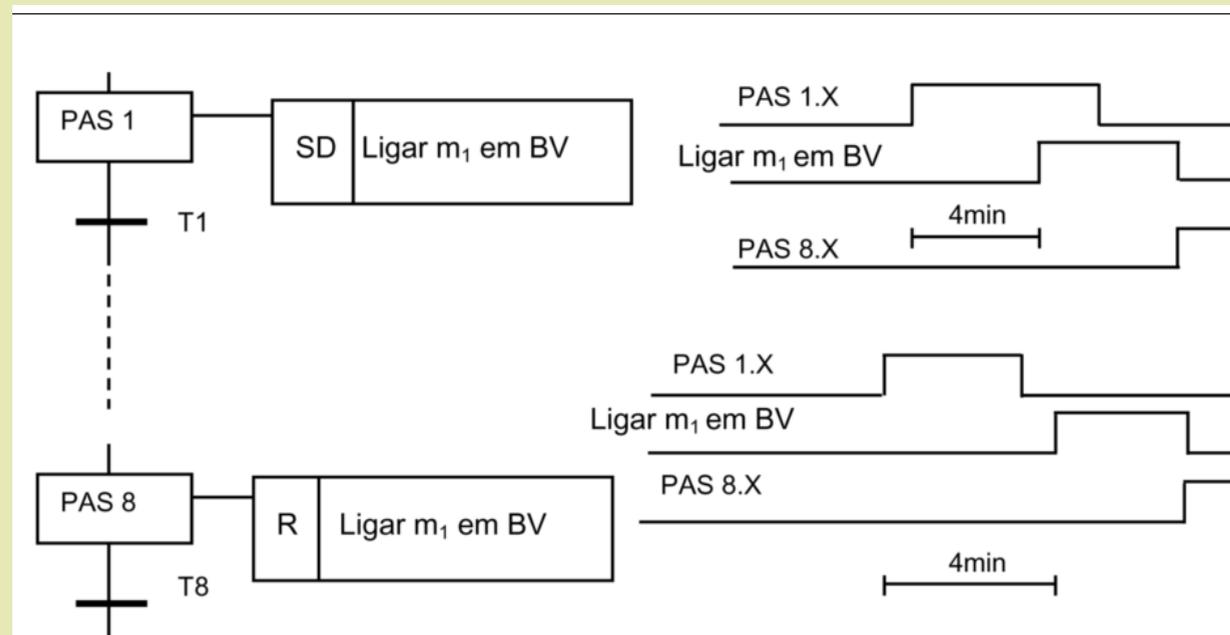
- A ação relacionada com este qualificador entra em execução após um período T e termina quando a transição seguinte se torna verdadeira.

## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

### Elementos estruturais do SFC (Grafcet)

#### Ações

#### e) SD: Ação de entrada com retardo prefixado



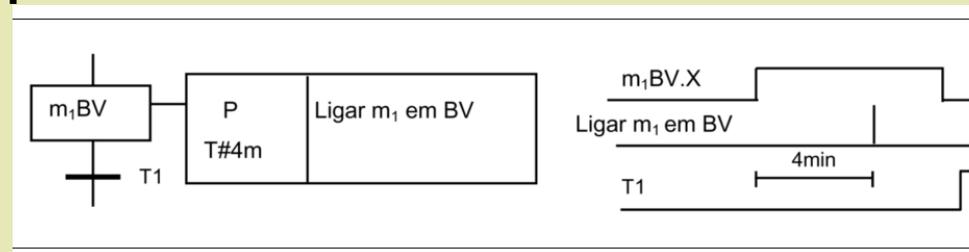
Qualificador de Ação Tipo “SD” com respectivos tempos

## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

### Elementos estruturais do SFC (Grafcet)

#### Ações

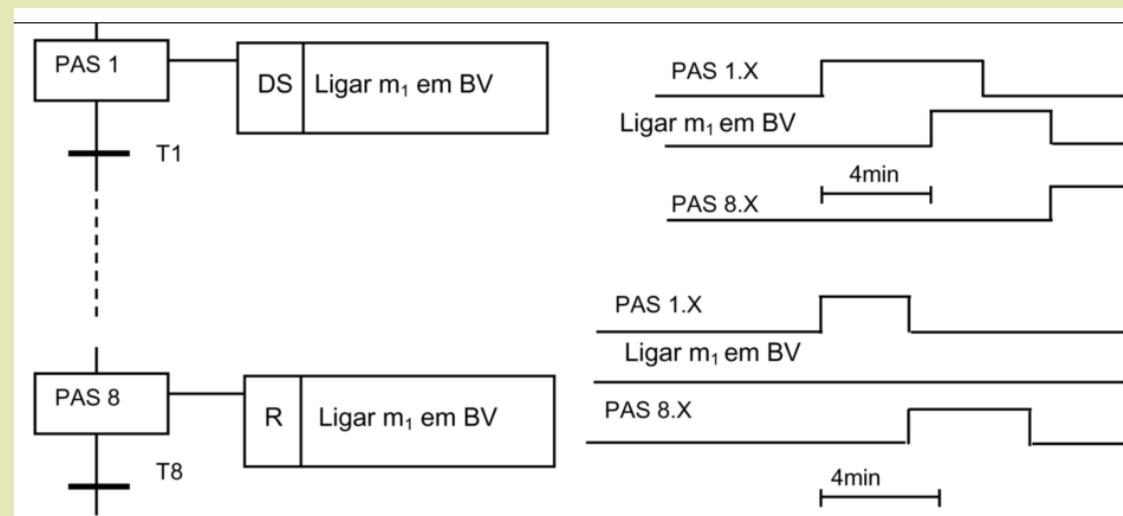
#### f) P: Ação pulsada



#### Qualificador de Ação Tipo P com respectivos tempos

#### g) DS: Ação retardada e setada

Qualificador de Ação Tipo DS com respectivos tempos

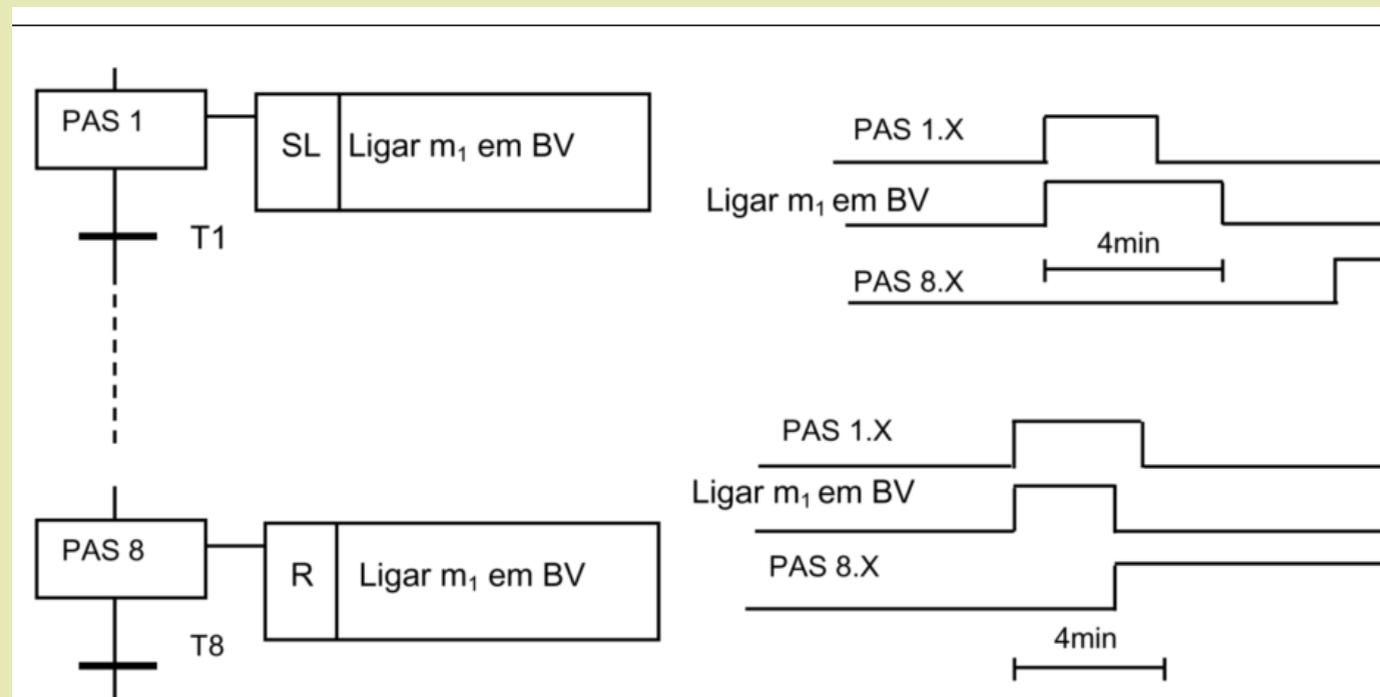


## Linguagem Sequential Flow Chart (SFC) ou Grafcet

### Elementos estruturais do SFC (Grafcet)

#### Ações

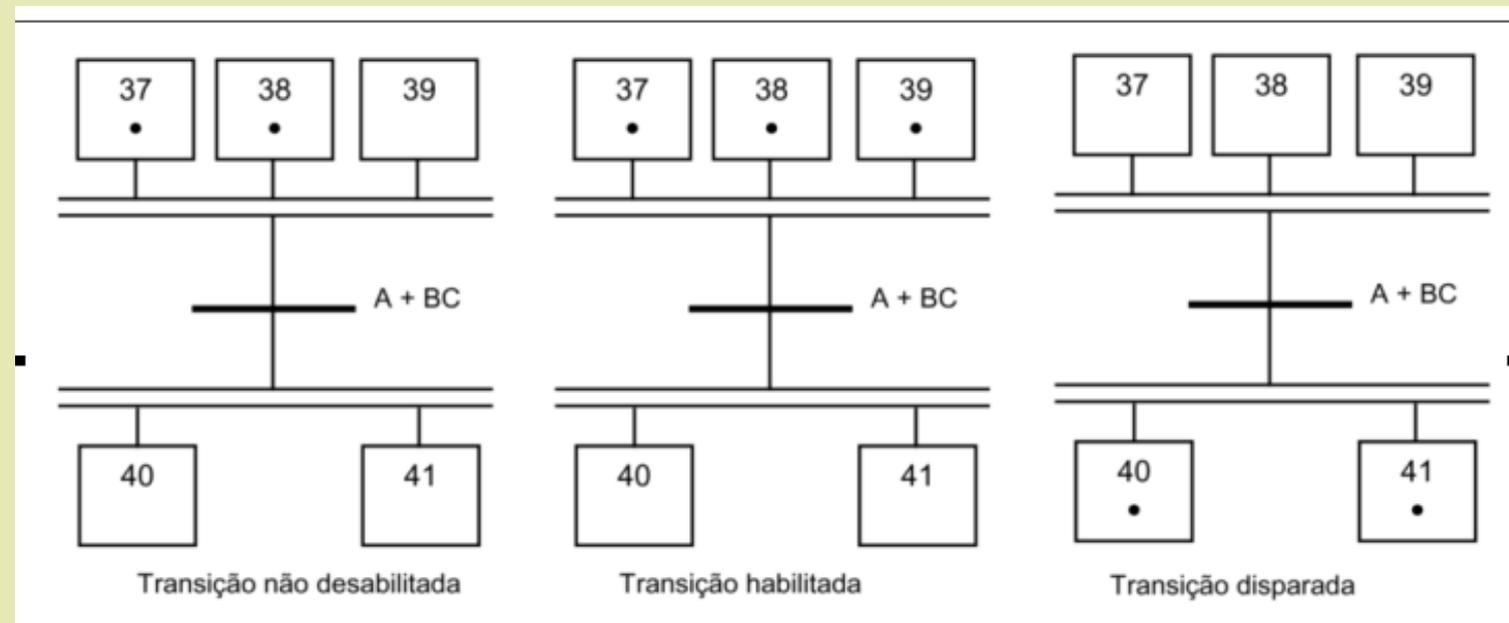
#### h) SL: Ação setada com tempo limitado



Qualificador de Ação Tipo SL com respectivos tempos

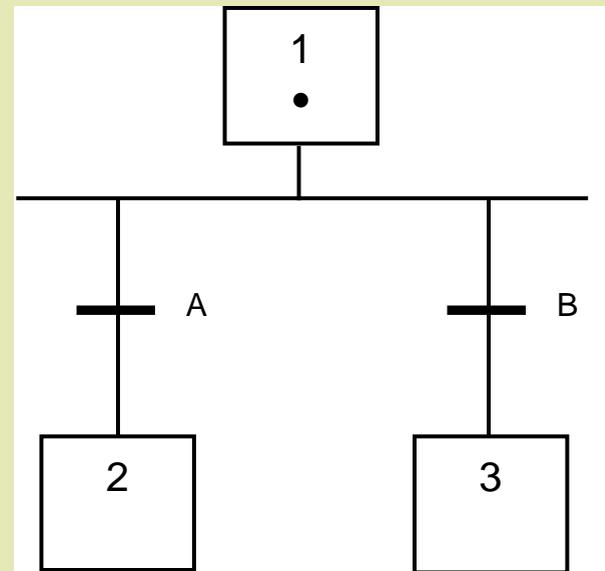
## Regras de Evolução do SFC

- ❑ **Simultaneidade:** quando vários passos precedem ou sucedem uma mesma transição, a conexão é representada por duas linhas em paralelo.
- ❑ A habilitação da transição exige que todos os passos anteriores estejam fichados; o seu disparo requer que a receptividade esteja atendida (= 1), e resulta em que todos os passos subseqüentes à transição recebam marcas.



## Regras de Evolução do SFC

- ❑ **Ou Divergente:** duas transições são saída de um único passo, sem simultaneidade. A transição a executar depende da receptividade que estiver satisfeita.

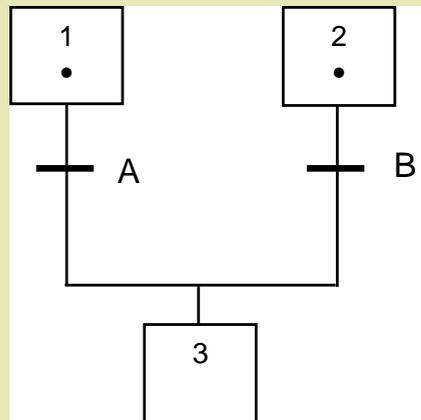


### Regra do OU Divergente

- ❑ Se A e B estão habilitadas pelo passo anterior e se há receptividade em uma delas, a outra transição fica desabilitada.

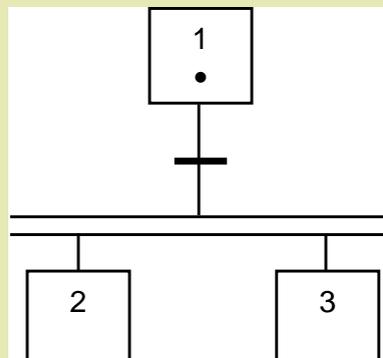
## Regras de Evolução do SFC

- ❑ **Ou Convergente:** quando duas transições possuem passos distintos de entrada e um passo único de saída.



Regra do OU Convergente

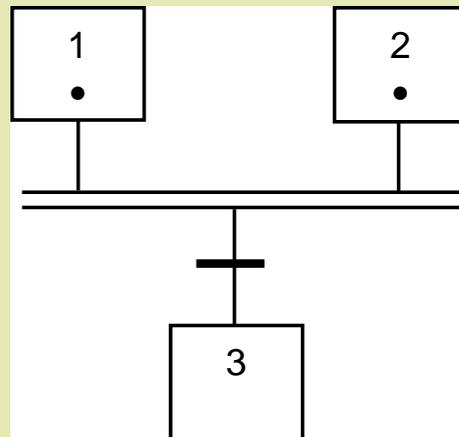
- ❑ **E Divergente:** quando uma transição é sucedida por dois ou mais passos e há traço duplo de simultaneidade.



Regra do E Divergente

## Regras de Evolução do SFC

- ❑ **E Convergente:** quando uma transição é precedida por dois ou mais passos e há traço duplo de simultaneidade.

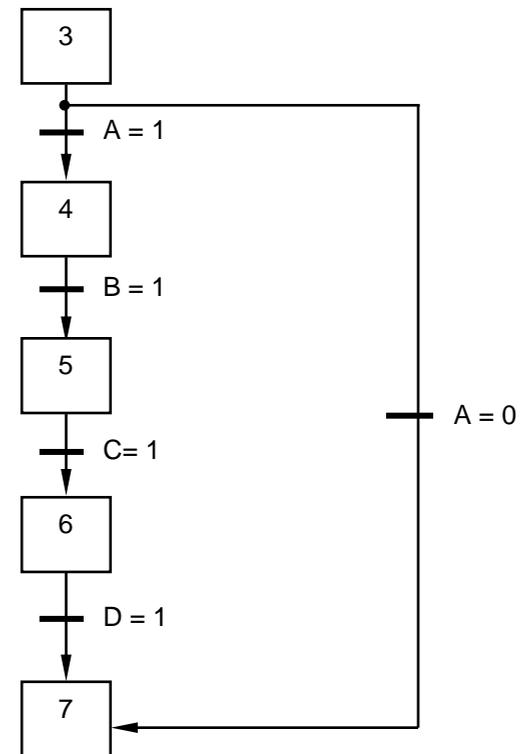


Regra do E Convergente

## Regras de Evolução do SFC

### Derivação e Malha Fechada Condicionais

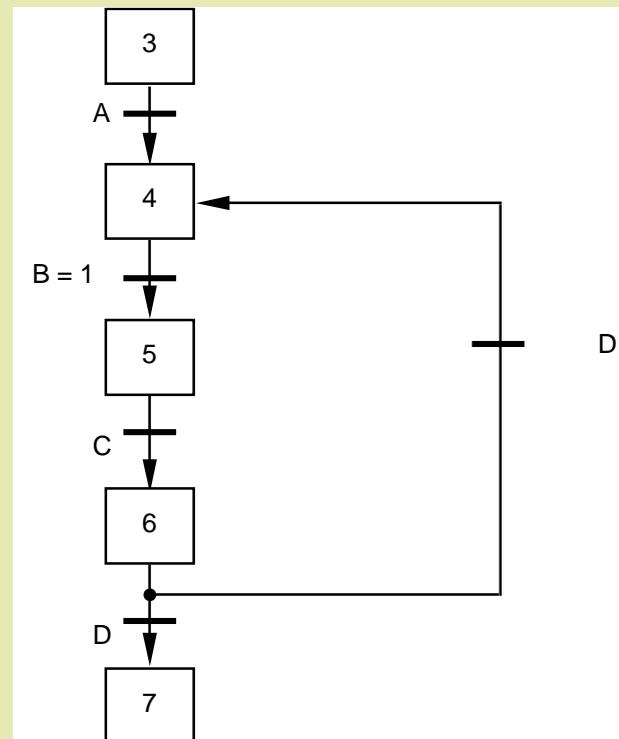
**Derivação:** se  $A=1$ , a sequência dos passos é 4, 5 e 6; se  $A=0$ , do passo 3 segue-se o passo 7. A derivação é sempre tomada com o sentido à frente.



## Regras de Evolução do SFC

### ❑ Derivação e Malha Fechada Condicionais

**Malha fechada:** se a transição D for igual a 0, a execução retorna a um passo anterior do Grafcet; se D for igual a 1, a execução segue em frente, para o estágio 7.

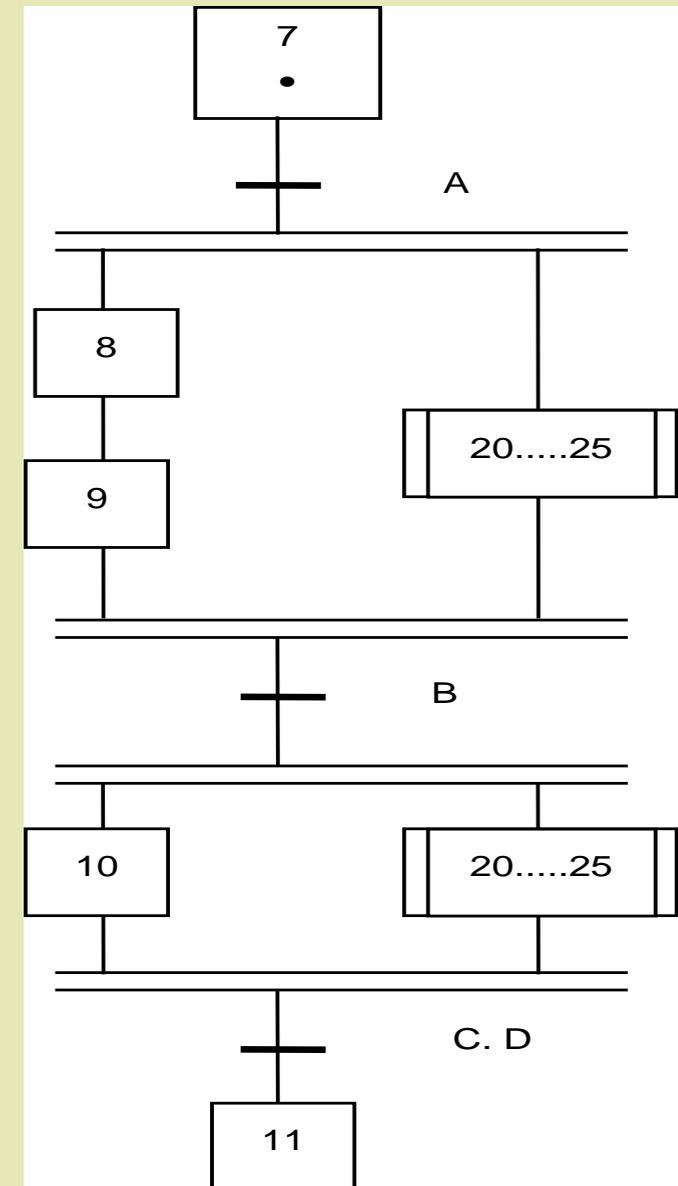


**Malha Fechada  
Condicional**

## Regras de Evolução do SFC

### ❑ Sequência Repetitiva

- Utiliza-se quando uma dada sequência de passos pode ser percorrida em vários locais do Grafcet. Sua representação pode ser feita por um retângulo com duplas linhas verticais contendo os números dos passos da sequência. No exemplo, os passos 20 a 25 são percorridos em dois momentos diferentes; o conjunto 20-25 deve ter um Grafcet próprio.





EPUSP

# Linguagem Grafcet

## Metodologia de projeto de automação pelo Grafcet

<b>Etapas</b>	<b>Objetivos</b>
<b>1ª Etapa: "Apresentação do problema"</b>	<b>Descrição do processo de automação a ser desenvolvido</b>
<b>2ª Etapa: "Esclarecimento e Análise"</b>	<b>Detalhamento e melhorias do processo</b>
<b>3ª Etapa: "Algoritmo"</b>	<b>Descrição passo a passo do processo de automação</b>
<b>4ª Etapa: "Representação Gráfica"</b>	<b>Fluxograma analítico do processo</b>
<b>5ª Etapa: "Esquema Funcional"</b>	<b>Diagrama em macro blocos</b>
<b>6ª Etapa: "Programação"</b>	<b>Grafcet ou Ladder</b>



EPUSP

# Linguagem Grafcet

## **Projeto: Mesa Rotativa para solda de suportes de freios**

### **1ª Etapa: Apresentação do problema**

O processo automatizado é constituído por 6 macro passos:

- Colocação manual da barra de direção no suporte próprio para a finalidade sobre a mesa
- Colocação automática das peças – Suportes e Guias sobre a barra de direção
- Solda dos suportes – processo MIG
- Solda das guias – processo MIG
- Resfriamento das soldas
- Retirada manual da barra de direção

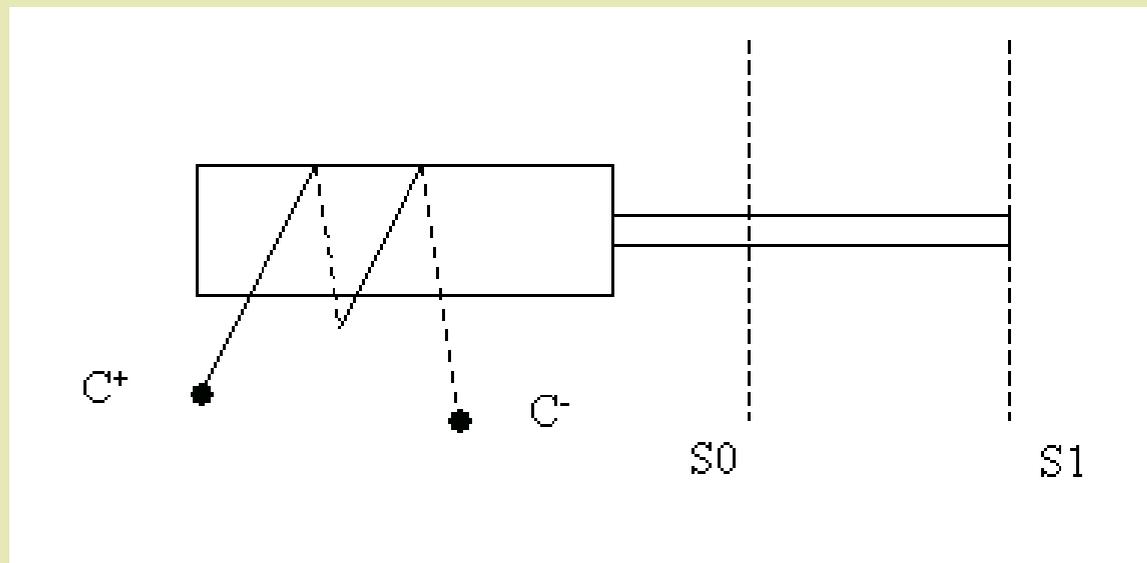
## 2ª Etapa: Detalhamento do processo

- válvulas eletropneumáticas - duas posições:

recolhida (-)

expandida (+)

- sensores de fim de curso



Com entrada C+ : Expansão acionando S1

Com entrada C- : Recolhimento acionando S0



## Relação dos atuadores e sensores

Atuadores (Válvulas e Chaves)	Sensores (Chaves fim de Curso)	Aplicação
$V_A$	$S_{A0}; S_{A1}$	Movimenta mesa (giro de $60^\circ$ )
$V_T$	$S_{T0}; S_{T1}$	Travamento da mesa
$V_{CSG}$	$S_{CSG0}; S_{CSG1}$	Colocação dos suportes e guias
$V_{SS}$	$S_{SS0}; S_{SS1}$	Movimento do Eletrodo da MIG <sub>1</sub>
$V_{SG}$	$S_{SG0}; S_{SG1}$	Movimento do Eletrodo da MIG <sub>2</sub>
$V_D$	$S_{D0}; S_{D1}$	Destacador da barra de direção
$C_S$	-	Chave de energização da MIG <sub>1</sub>
$C_G$	-	Chave de energização da MIG <sub>2</sub>
$C_P$		Chave de partida para início do ciclo que produz $V_T$

## 3ª Etapa: Algoritmo

Em qualquer posição de I a VI existirá uma barra de direção

	Posição da Barra
1 - A barra é colocada na posição correta sobre a mesa sendo acionada a chave $C_P$	I
2 - A válvula $V_T$ libera o avanço da mesa	I
3 - A válvula $V_A$ produz o avanço da mesa de $60^\circ$	I / II
4 - A válvula $V_T$ trava a mesa	II
5 - A Válvula $V_{CSG}$ coloca os suportes e guias sobre a barra	II
6 - A chave $C_S$ energiza eletricamente o sistema MIG	III
7 - A válvula $V_{SS}$ movimenta o eletrodo da MIG	III
8 - A chave $C_S$ desenergiza o sistema $MIG_1$	III
9 - A chave $C_G$ energiza eletricamente o sistema $MIG_2$	IV
10 - A válvula $V_{SG}$ movimenta o eletrodo da $MIG_2$	IV
11 - A chave $C_G$ desenergiza o sistema $MIG_2$	IV
12 - A barra passa pelo resfriador (posição com ventilador ligado)	V
13 - A válvula $V_D$ libera a barra fixada na mesa	VI



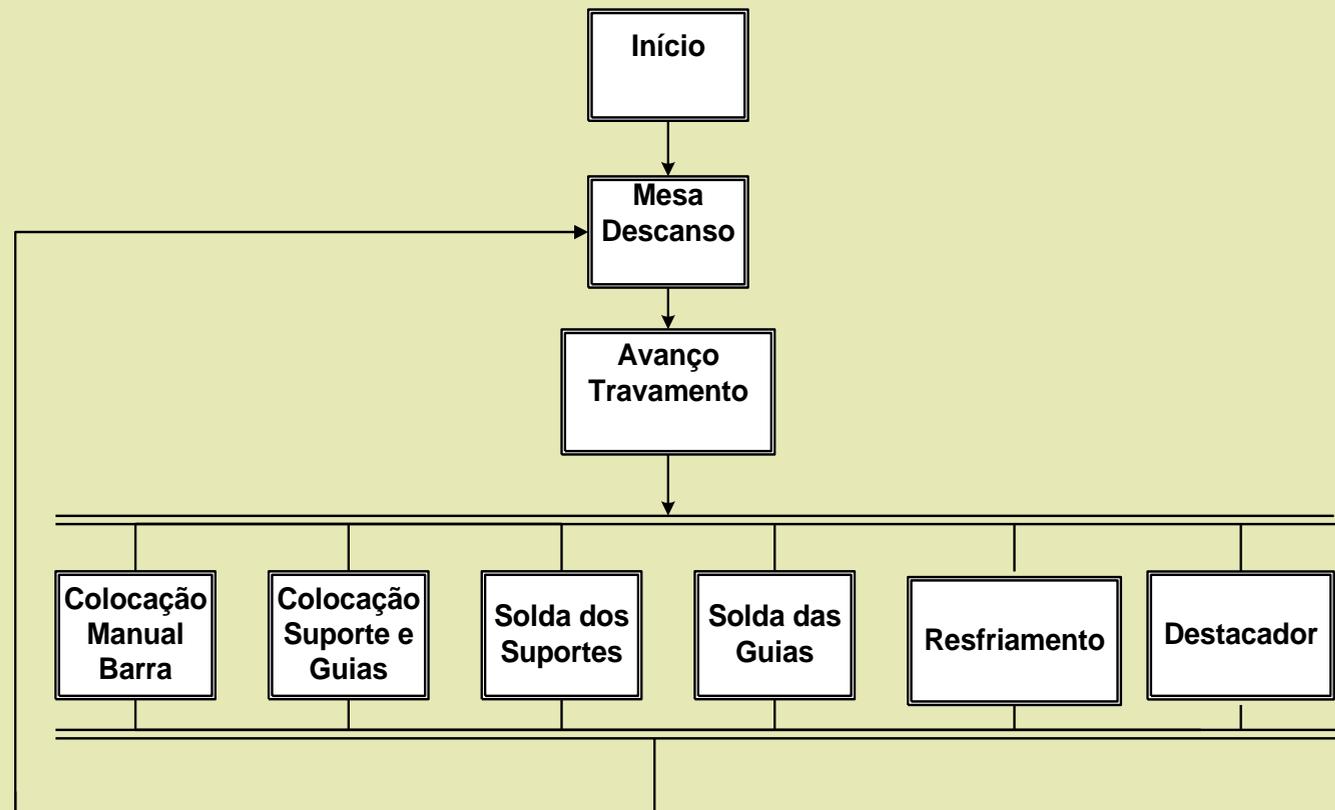
EPUSP

# Linguagem Grafcet

## 4ª Etapa: Fluxograma

- sequência das operações possíveis que são responsáveis pela execução do processo, já detalhadas no algoritmo.
- importante quando são considerados fatores, tais como: queda de energia, peças com defeitos de fabricação, falha de atuação ou sensoriamento, etc.

## 5ª Etapa: Diagrama em macro blocos

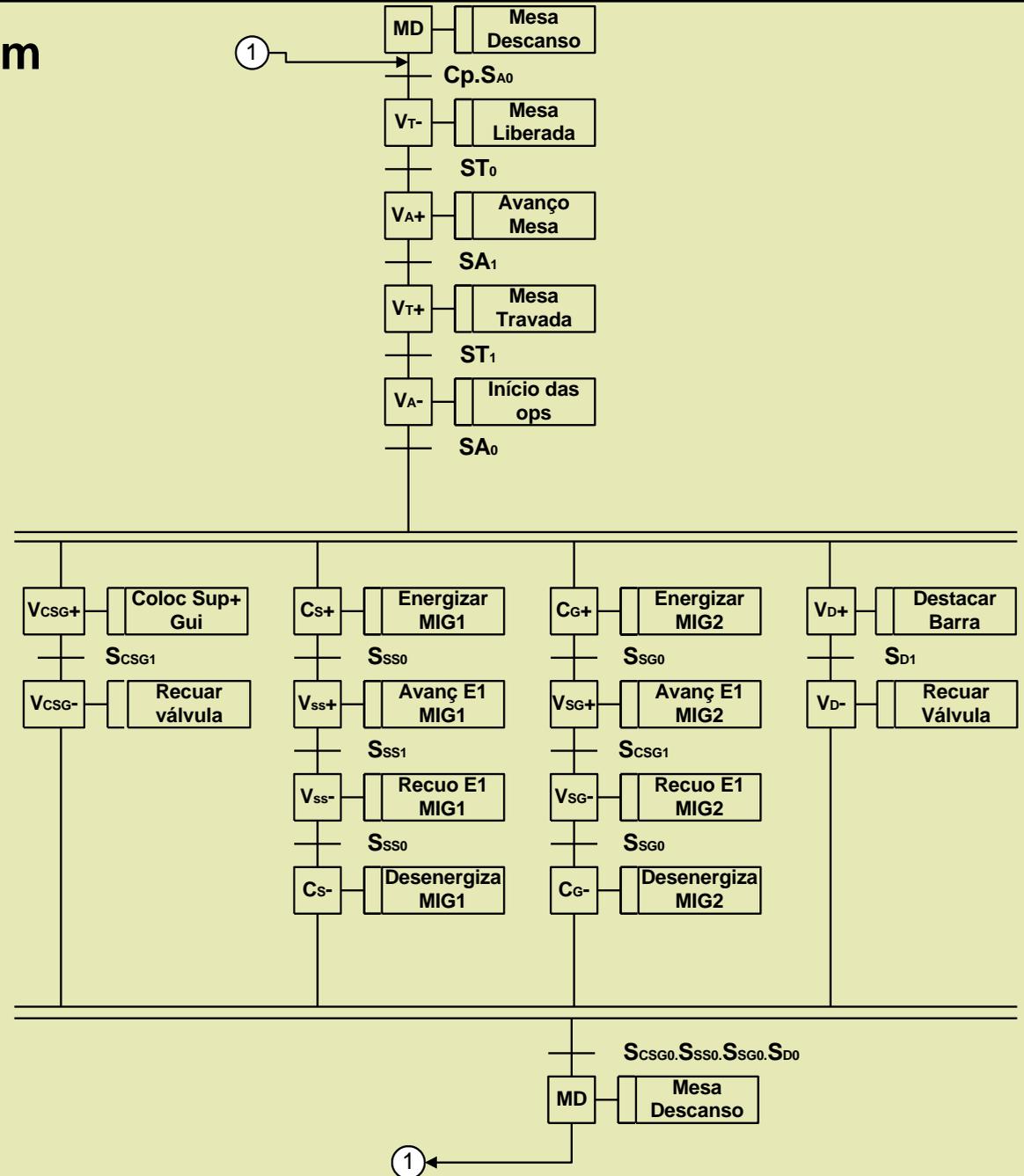




EPUSP

# Linguagem Grafcet

## 6ª Etapa: Diagrama em macro blocos





EPUSP

# Linguagem Grafcet

## SFC Partida Estrela/Triângulo

- TE: térmico
- BL:botão liga
- BD:botão desliga
- SA: supervisor aciona
- SD: supervisor desaciona
- IA: IHM aciona
- ID: IHM desaciona
- M1: falha CA estrela
- M2: falha CA principal
- M3: falha de alimentação
- M4: Contato estrela colado
- M5: falha CA triângulo
- M6: desligou anormal
- M7: não desligou
- A1: acumulado temp.conf.CA
- A2: acumulado temp.conf.CA
- T1: saída temp.conf.CA
- T2: saída temp.conf.CA
- K1: contator principal
- K2: contator triângulo
- K3: contator estrela
- C1: contator auxiliar principal
- C2: contator auxiliar triângulo
- C3: contator auxiliar estrela
- A3: acumulado temp.partida
- T3: saída temp. partida

