



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Mecânica

# REFRIGERAÇÃO

## TM-182 REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

Prof. Dr. Rudmar Serafim Matos



### 3. SISTEMAS DE COMPRESSÃO A VAPOR DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS

#### CÂMARAS FRIGORÍFICAS COMERCIAIS



### 3. SISTEMAS DE COMPRESSÃO A VAPOR DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS

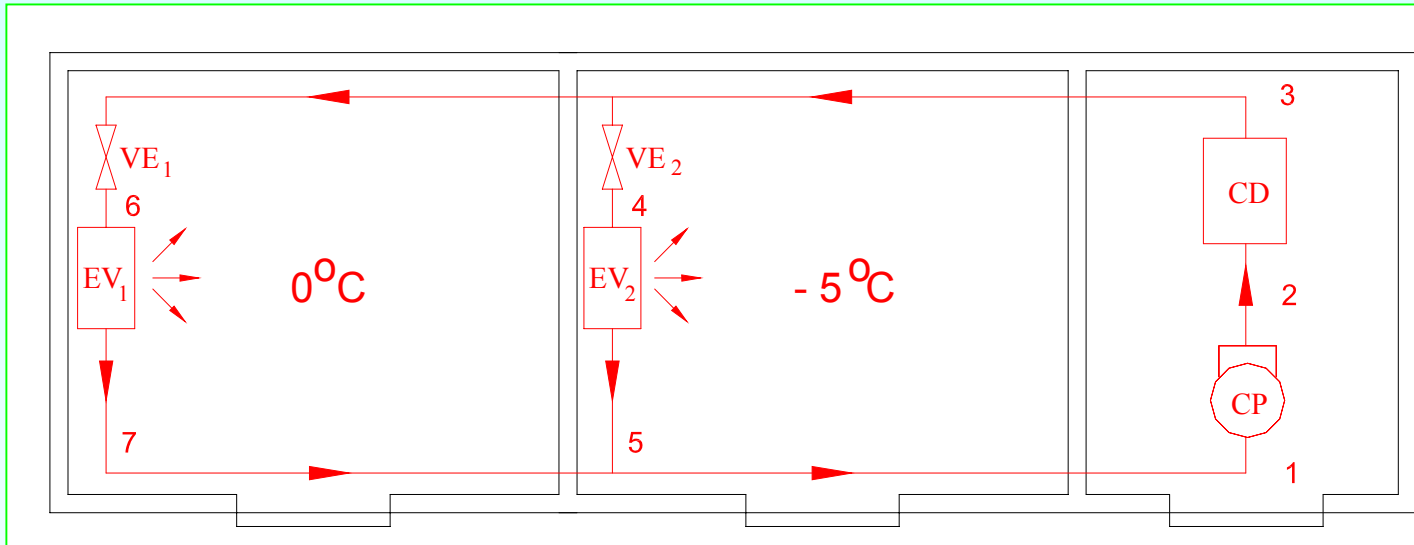
#### CÂMARAS FRIGORÍFICAS INDUSTRIAIS



### 3. SISTEMAS DE COMPRESSÃO A VAPOR DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS

#### 3.1 INSTALAÇÃO COM VÁRIOS EVAPORADORES

##### 3.1.1 Câmaras frigoríficas com temperaturas próximas.



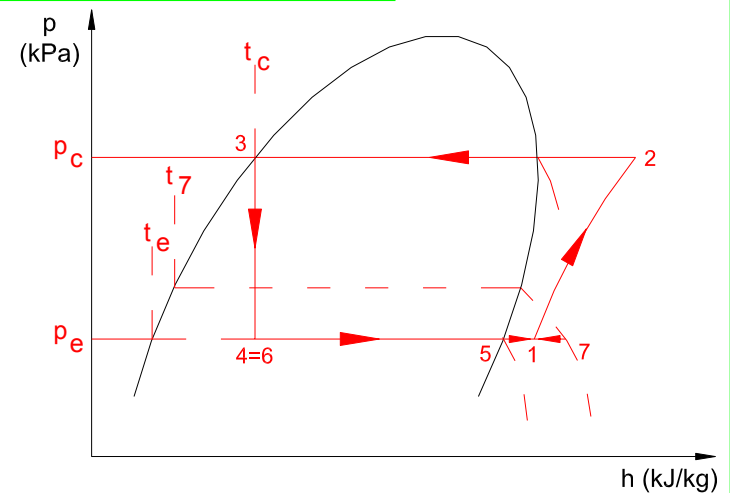
$$t_e = t_i - \Delta t$$

$$Q = \downarrow A U \Delta T \uparrow$$

$$t_{e2} = -5 - (6) = -11$$

$$t_{e1} = t_{e2} = -11$$

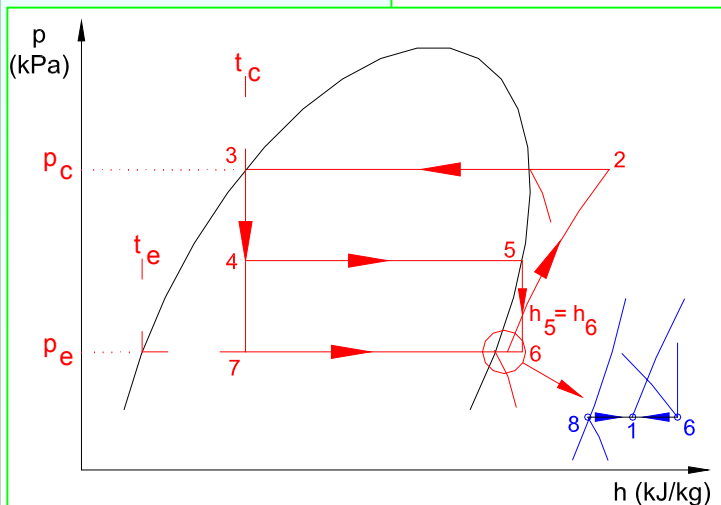
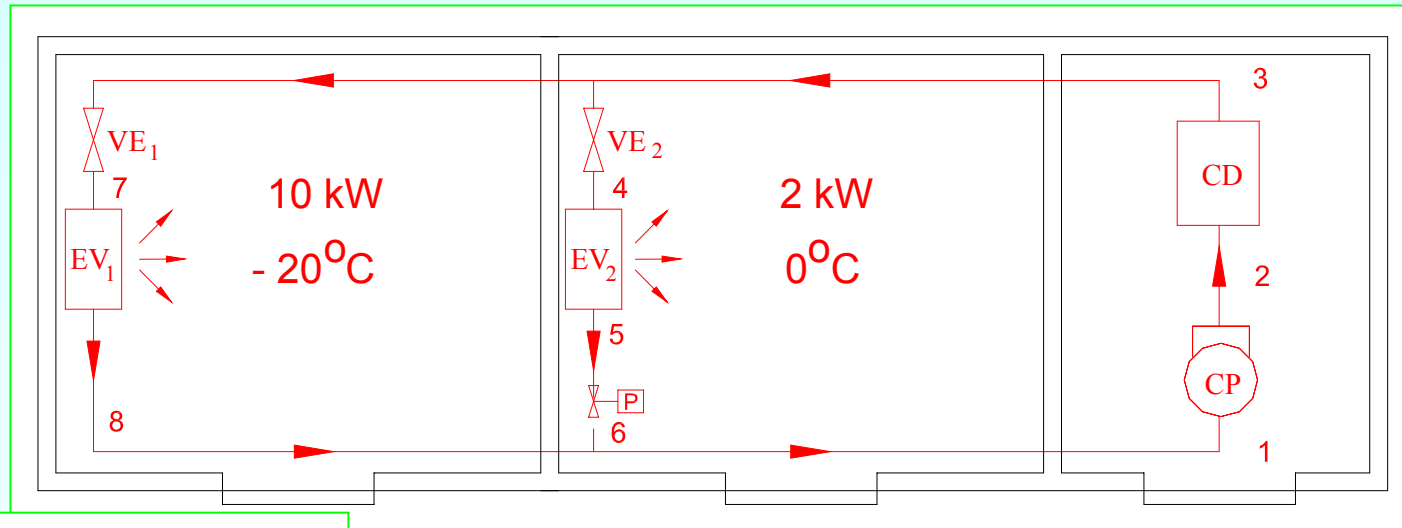
$$\Delta t_1 = 0 - (-11) = 11$$



### 3. SISTEMAS DE COMPRESSÃO A VAPOR DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS

#### 3.1.2 Câmaras frigoríficas com temperaturas bastante diferentes.

##### CÂMARAS FRIGORÍFICAS COM 1CP E 1 VRP



$$t_e = t_i - \Delta t$$

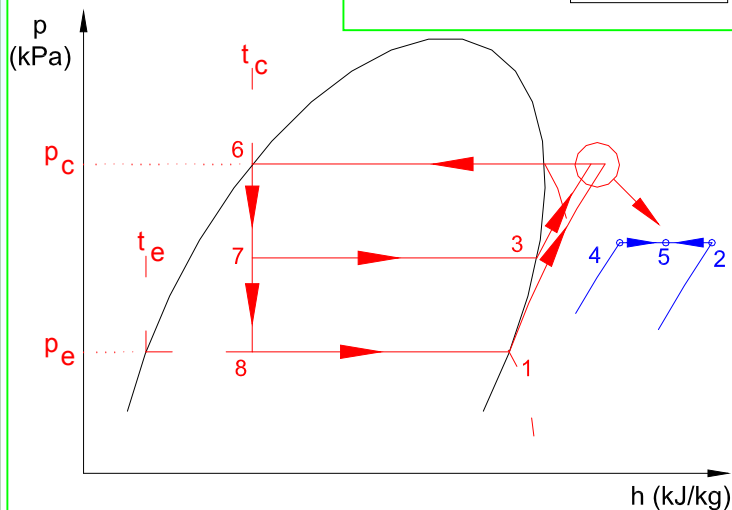
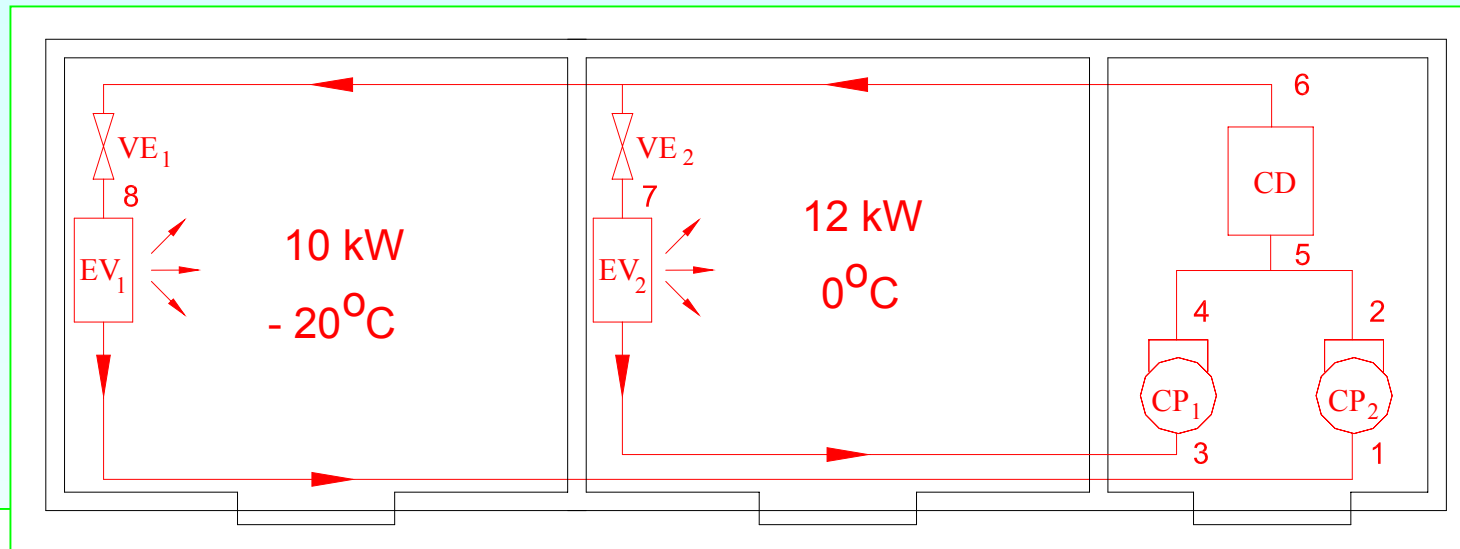
$$t_{e1} = -20 - (6) = -26$$

$$t_{e2} = -0 - (6) = -6$$

### 3. SISTEMAS DE COMPRESSÃO A VAPOR DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS

#### 3.1.2 Câmaras frigoríficas com temperaturas bastante diferentes.

#### CÂMARAS FRIGORÍFICAS COM COMPRESSORES EM PARALELO



$$t_e = t_i - \Delta t$$

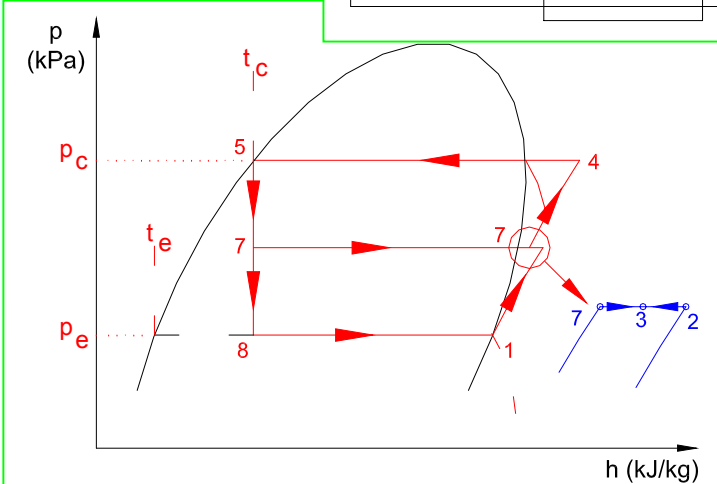
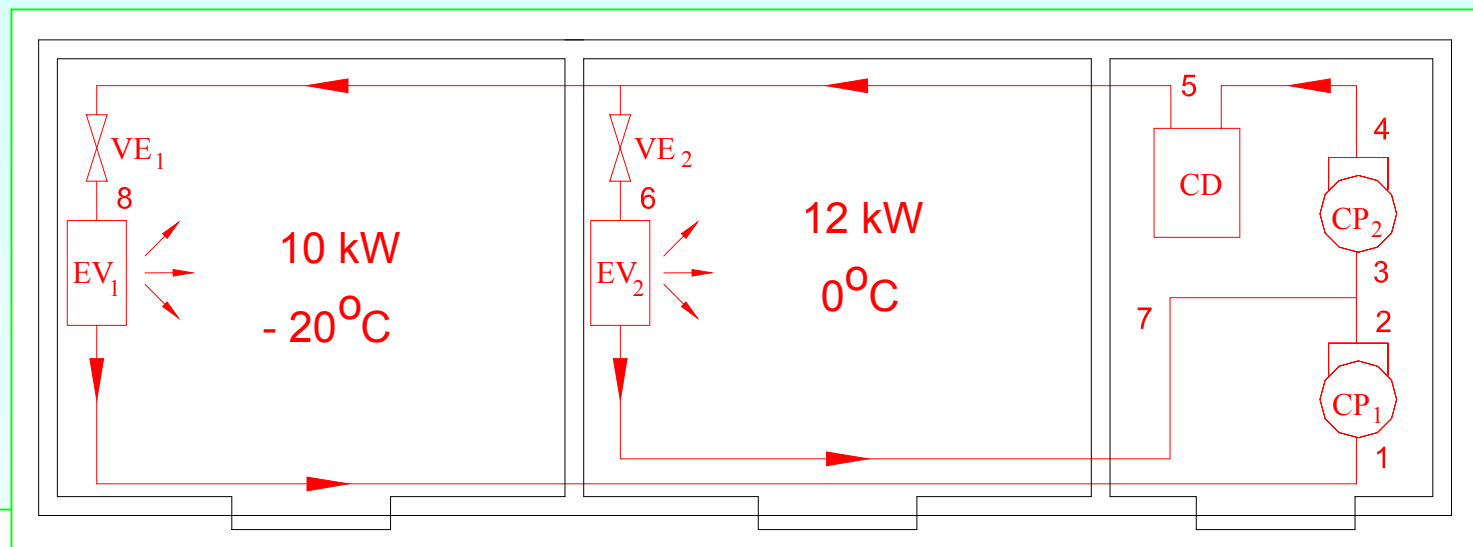
$$t_{e1} = -20 - (6) = -26$$

$$t_{e2} = -0 - (6) = -6$$

### 3. SISTEMAS DE COMPRESSÃO A VAPOR DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS

#### 3.1.2 Câmaras frigoríficas com temperaturas bastante diferentes.

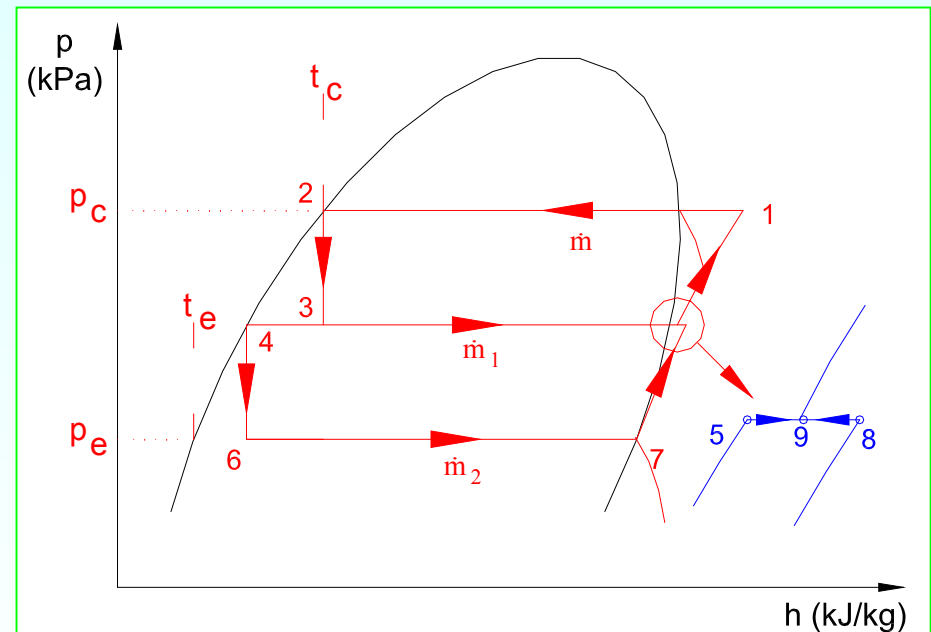
##### CÂMARAS FRIGORÍFICAS COM COMPRESSORES EM SÉRIE



$$t_e = t_i - \Delta t$$

$$t_{e1} = -20 - (6) = -26$$

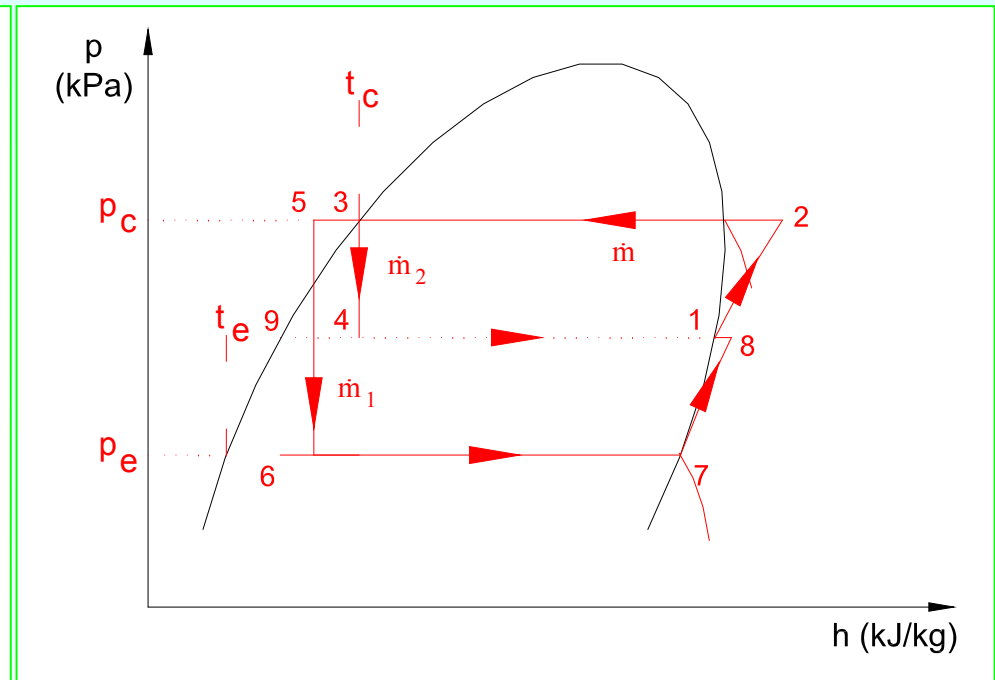
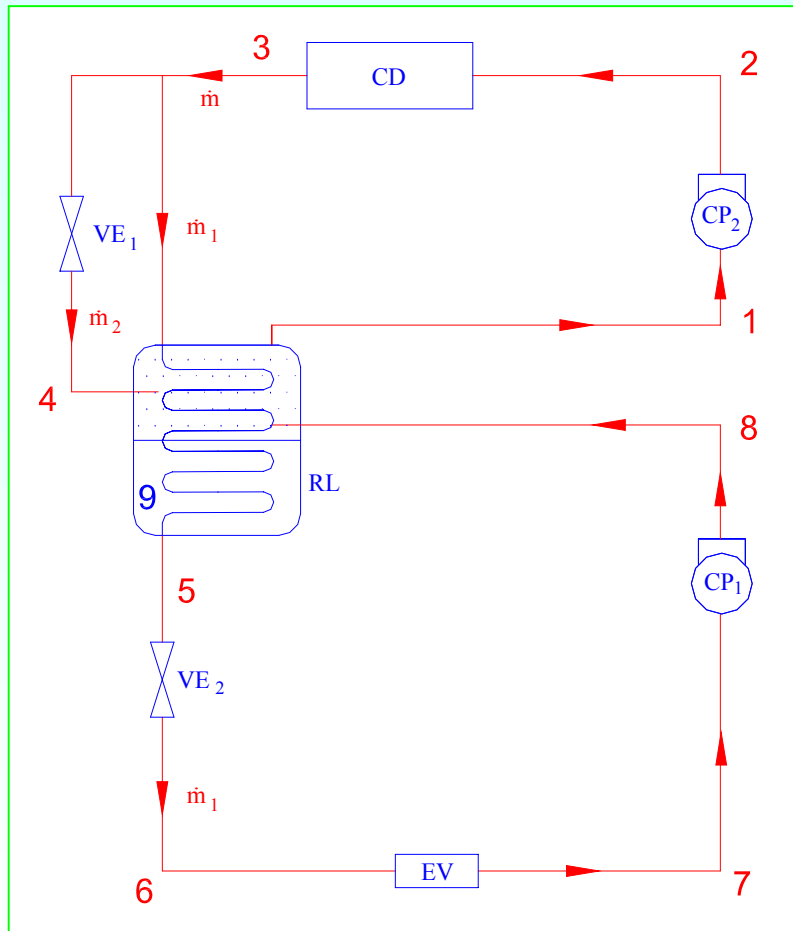
$$t_{e2} = -0 - (6) = -6$$



### 3. SISTEMAS DE COMPRESSÃO A VAPOR DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS

#### 3.2 INSTALAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE BAIXAS TEMPERATURAS.

##### 3.2.2 Ciclo combinado de expansão fracionada e resfriamento intermediário

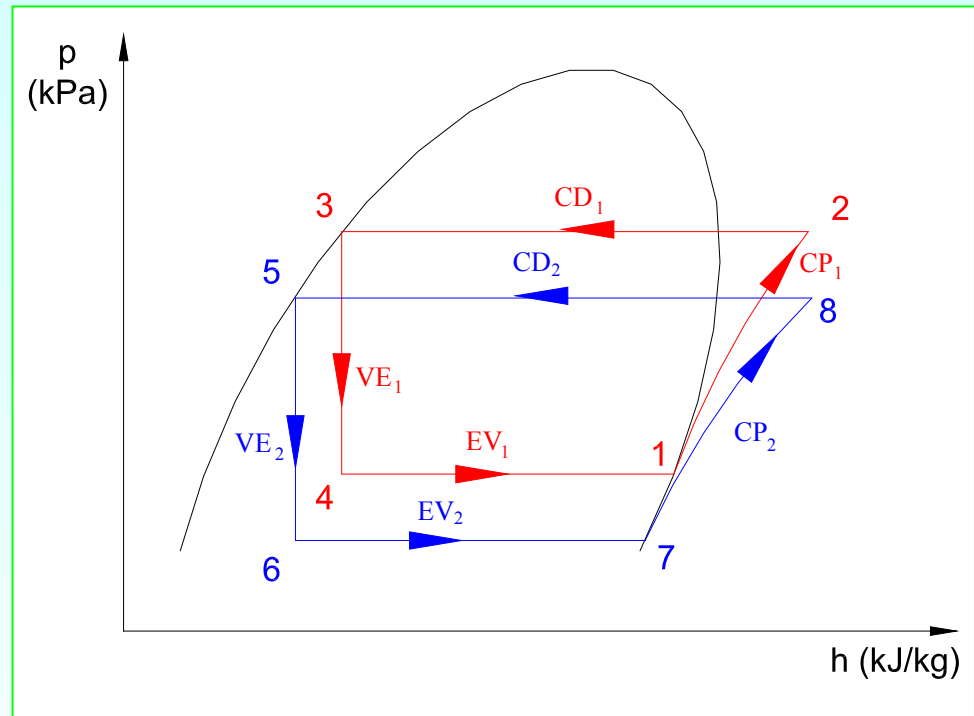
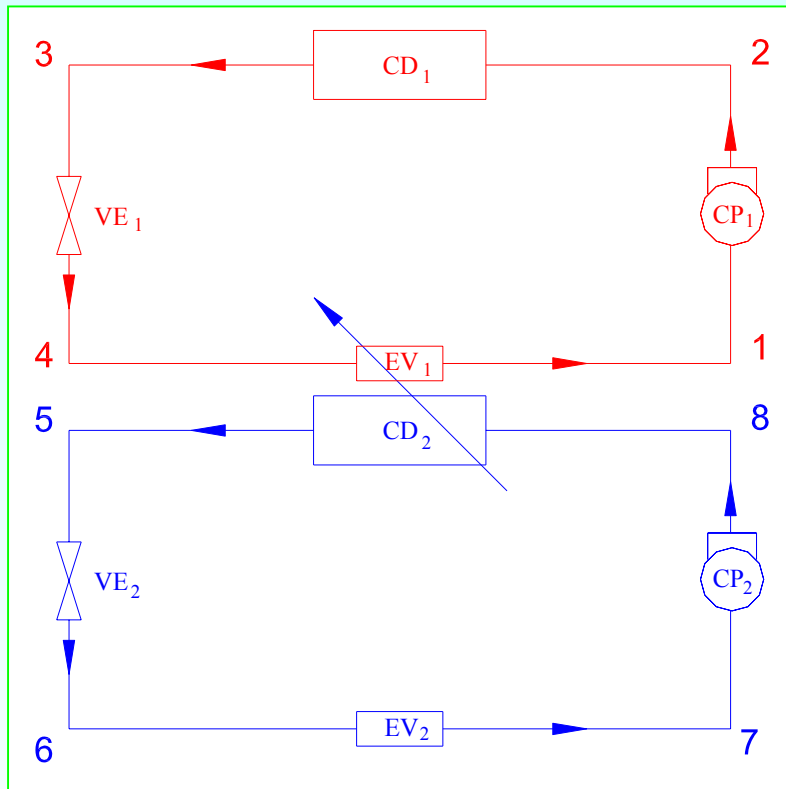


$$p_i = \sqrt{p_e p_c}$$

# 3. SISTEMAS DE COMPRESSÃO A VAPOR DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS

## 3.2 INSTALAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE BAIXAS TEMPERATURAS.

### 3.2.3 Ciclo em cascata



| Temp.<br>(°C) | R-12                          |                                                    | R-13                          |                                                    |
|---------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|
|               | Pressão de<br>saturação (kPa) | Volume específico<br>do vapor (m <sup>3</sup> /kg) | Pressão de<br>saturação (kPa) | Volume específico<br>do vapor (m <sup>3</sup> /kg) |
| -70           | 12,42                         | 1,146                                              | 180,9                         | 0,08488                                            |
| 25            | 651,6                         | 0,02686                                            | 3560                          | 0,002915                                           |