



CTeSP IEA

# **Conceção de Instalações Elétricas**

## **02 - Balanço de Potência**

**2.º ano - 1.º semestre**  
**2017 / 2018**



# O projeto elétrico

## ■ Identificar os recetores

- motores, iluminação, aparelhos de aquecimento, etc....
- fator de potência,
- rendimento,
- modo de funcionamento dos recetores  
(corrente de arranque, harmónicas ... ).



## ■ Definir as potências

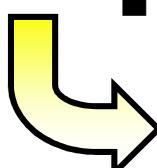
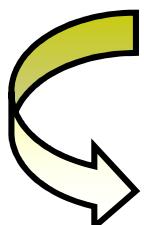
- instaladas,
- de utilização,
- futuras,
- contrato com o distribuidor,

## ■ Definir as fontes

- principais
- de socorro

## ■ Escolha dos materiais

- os materiais elétricos devem ser escolhidos tendo em conta:
- as condições de serviço
  - as condições de influência externa





# Arquitetura de rede e potências

## 1º Definir a estrutura da distribuição da energia elétrica

- Subdivisão dos circuitos (e quadros de distribuição)

*Os equipamentos com características de riscos idênticos devem ser agrupados em circuitos comuns.*

- Avaliação da potência previsível a nível global e setorial

*A potência de cada quadro terminal deve refletir o regime de exploração mais desfavorável, considerando situações especiais como o arranque de motores*

## 2º Calcular a potência instalada, potência de utilização e potência a contratar – tendo em conta os fatores de redução e de aumento



# Fatores de Redução

A potência de utilização total é, normalmente, inferior à potência instalada por dois motivos:

- Porque alguns receptores (por exemplo os motores) não costumam trabalhar à plena carga

➤ **Coeficiente de Utilização (K<sub>U</sub>)**

Relação entre a potência efetivamente absorvida por um dado aparelho de utilização e a sua potência estipulada.

- Porque os receptores raramente funcionam todos em simultâneo

➤ **Coeficiente de Simultaneidade (K<sub>S</sub>)**

Relação entre o somatório das potências estipuladas dos equipamentos suscetíveis de funcionarem simultaneamente e o somatório das potências estipuladas de todos os equipamentos alimentados pelo mesmo circuito ou pela mesma instalação.



# Fator de aumento

A potência a contratar pode ser superior à potência de utilização, quando exista uma perspetiva de evolução da potência de utilização:

➤ **Coeficiente de Evolução de Cargas (Ke)**

Caracteriza a margem de ampliação da potência instalada, tendo também em conta a eventual alteração dos coeficientes de simultaneidade.



# Fatores de redução - exemplos

NFC 15-100

## ■ Fator de utilização (Ku)

- iluminação /aquecimento = 1,
- motor = 0,3 - 0,75 - 1.

## ■ Fator de simultaneidade (Ks)

utilização	fatores de Simultaneidade
iluminação	1
aquecimento e ar condicionado	1
tomadas de corrente (1)	0,1 a 0,2
elevadores (2) e monta cargas	
- para o motor de maior potência	1
- para o motor seguinte	0,75
- para os outros	0,60
(1) Para instalações industriais poderá ser maior	
(2) $I_b = I_N$ do motor + 1/3 de $I_d$ .	

IEC 60439-1

## ■ Fator de simultaneidade (Ks) para quadros de distribuição.

número de circuitos	factor
2 e 3	0,9
4 e 5	0,8
6 a 9	0,7
10 ou mais	0,6
conjuntos parcialmente testados escolher em todos os casos	1



# Fatores de simultaneidade para instalações coletivas e entradas

QUADRO 803A

## Factores de simultaneidade para locais de habitação e seus anexos

Número de instalações eléctricas (de utilização) situadas a jusante	Coeficiente de simultaneidade
2 a 4	1,00
5 a 9	0,75
10 a 14	0,56
15 a 19	0,48
20 a 24	0,43
25 a 29	0,40
30 a 34	0,38
35 a 39	0,37
40 a 49	0,36
≥ 50	0,34

Fonte:  
RTIEBT



# Determinação das Potências

**2º Calcular a potência instalada, potência de utilização e potência a contratar**

- A **potência instalada ( $S_i$ )** corresponde à soma das potências consumidas à plena carga, por todos os equipamentos da instalação (em VA).

$$S_i = \sqrt{\left( \sum_{k=1}^n P_k \right)^2 + \left( \sum_{k=1}^n Q_k \right)^2}$$

$P_k$  é a k-ésima componente de potência ativa instalada, num total de  $n$ , em W

$Q_k$  é a k-ésima componente de potência reativa instalada, num total de  $n$ , em var



# Determinação das Potências

**2º Calcular a potência instalada, potência de utilização e potência a contratar (cont.)**

- *A potência de utilização ( $S_u$ ) é a potência elétrica que realmente vai ser consumida por todos os equipamentos instalados.*

$$S_u = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$P_k$  é a k-ésima componente da potência ativa

$K_{uk}$  é a k-ésima componente do fator de utilização

$K_{sk}$  é a k-ésima componente do fator de simultaneidade

$P_k \cdot \tan \varphi_k$  é a k-ésima componente de potência reativa

$$P = \sum_{k=1}^n (P_k \cdot K_{uk} \cdot K_{sk})$$

$$Q = \sum_{k=1}^n (P_k \cdot \tan \varphi_k \cdot K_{uj} \cdot K_{sj})$$



# Determinação das Potências

**2º Calcular a potência instalada, potência de utilização e potência a contratar**

- *A potência a contratar ( $S_c$ ) é a potência a contratar ao distribuidor público ou a instalar em PT/SE, de valor igual ou superior à potência de utilização.*

$$S_c = S_u \cdot K_e$$

$S_c$  – potência a contratar

$S_u$  – potência de utilização

$K_e$  – Coeficiente de evolução de cargas



# Determinação das Potências

Na determinação da potência a considerar para o dimensionamento das Instalações:

- Registo das características de todos os equipamentos de utilização já existentes;
- Registo das características de todos os equipamentos de utilização cuja aquisição seja previsível

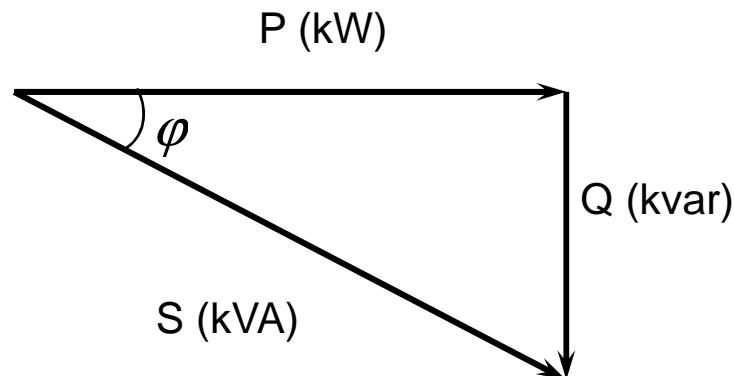
Para todos os equipamentos, registar as características técnicas:

- Potência útil ( $P_u$ )
- Rendimento ( $\eta$ )
- Fator de potência ( $\cos\phi$ )



# O fator de potência

- Potências : definições (monof.)



potência aparente

$$\mathbf{S} = \mathbf{U.I}$$

potência ativa

$$\mathbf{P} = \mathbf{U.I} \cdot \cos \phi$$

potência reativa

$$\mathbf{Q} = \mathbf{U.I} \cdot \sin \phi$$

$$\mathbf{S} = \sqrt{\mathbf{P}^2 + \mathbf{Q}^2}$$

- Fator de potência

$$F_p = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{S}}$$

Nota : aparelhos de aquecimento (resistências)

$$\mathbf{S} = \mathbf{P}$$

$$F_p = 1$$



**S = Pa = Pn**

# Illuminação

**S = U.I**

Ex : simples com arrancador, balastro compensado.

P lamp = 36W,  
P absorvida = 45W,  
Ia = 0,237 A

- Lâmpadas de incandescência normais ou halogéneos:

$$Pa = Pn$$

- Lampâdas fluorescentes:

a potência em W indicada sobre o tubo não tem em consideração a potência absorvida pelo balastro

$$Pn = U I Fp$$

$$Pa = Pn + P \text{ balastro} \quad (P \text{ balastro eletromagnético} = 25 \% \text{ de } Pn)$$

Fp = 0,60 montagem não compensada

Fp = 0,86 montagem compensada

Fp = 0,96 com balastro eletrónico (em caso de falta de dados)

- Outros sistemas de iluminação :
- Vapor de mercúrio
- Vapor de sódio

Lâmpadas de descarga :  
ex : P lamp = 100W  
U = 230V, I = 1,1 A  
P com bobina = 115 W  
C = 16μF para  $\cos \phi \geq 0,9$

# O motor assíncrono



Mot. 3 ~ LS 80 LT Nº 5188565 BJ 017 Kg					
IP 55 I cl F		40°C	S1		
V	Hz	min⁻¹	kW	cosφ	A
D 230	50	935	1,1	0,78	4,8
Y 400					2,8

MADE IN FRANCE

$$P_a = \frac{P_u}{\eta} = \sqrt{3}UI \cos \varphi$$

$$P_a = \frac{P_u}{\eta} = UI \cos \varphi$$

$$S = \frac{P_a}{\cos \varphi}$$

$$S = U I \sqrt{3}$$

} Potência aparente

Potência ativa nominal (trifásico)

Potência ativa nominal (monofásico)

Exemplo de « Fp » ( f ) carga

$$100\% \quad Fp = \cos \varphi \approx 0,85$$

$$75\% \quad Fp = \cos \varphi \approx 0,8$$

$$50\% \quad Fp = \cos \varphi \approx 0,73$$

$$25\% \quad Fp = \cos \varphi \approx 0,55$$



# Potência instalada - Iluminação

- A potência instalada é a soma das potências nominais de todos os receptores da instalação. Numa instalação nem todas as grandezas são conhecidas, os valores do quadro permitem uma aproximação grosseira (as estimativas de *potência de iluminação* foram feitas para locais com aproximadamente 500 m<sup>2</sup> de superfície).

---

iluminação fluorescente (compensada com  $\cos \phi = 0,86$ )

---

tipo de exploração	Potência estimada (VA/m <sup>2</sup> ) lampâda fluorescente com reflector industrial (1)	Iluminação média (lux = lm/ m <sup>2</sup> )
vias de circulação	7	150
áreas de stockagem sem trabalho contínuo		
trabalhos grosseiros :	14	300
fabricação/montagem de grandes peças		
trabalhos correntes :	24	500
trabalhos de escritório		
trabalhos de precisão :	41	800
sala de desenho, oficinas de montagem de precisão		

---

(1) exemplo : lâmpada 65 W (balastro não incluído), fluxo 5100 lm, eficácia luminosa da lâmpada 78,5 lm/W.  
Estimativa das potências instaladas.



# Potência instalada – força motriz

- As estimativas de *potência de força motriz* foram feitas para locais com aproximadamente 500 m<sup>2</sup> de superfície

---

## Força motriz

tipo de exploração	Potência estimada (VA/m <sup>2</sup> )
central de bombagem ar comprimido	3 a 6
ventilação dos locais	23
aquecimento eléctrico por convector :	
casa individual	115 a 146
apartamento	90
escritórios	25
armazens de expedição	50
oficinas de montagem	70
oficinas de maquinaria	300
oficinas de pintura	350
oficinas de tratamento térmico	700

Estimativa das potências instaladas.



# Potências mínimas para Estabelecimentos Comerciais

## 801.2.6.3 — Potência mínima para o dimensionamento de lojas e de pequenos estabelecimentos comerciais.

As instalações elétricas de lojas e de pequenos estabelecimentos comerciais devem ser dimensionadas para potências não inferiores a 30 VA/m<sup>2</sup>, com o mínimo de 3,45 kVA, em monofásico (15 A, em 230 V).

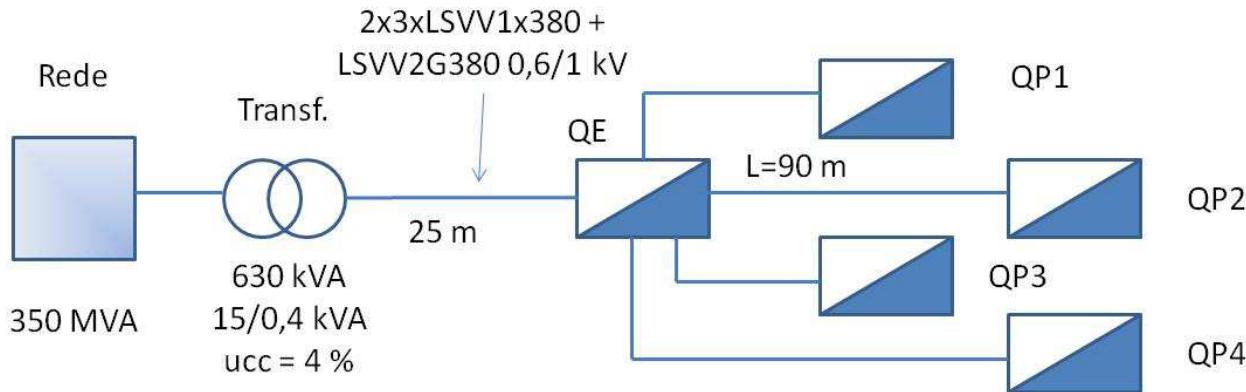
Fonte:  
RTIEBT

Utilization		Apparent power (Pa) kVA	Utilization factor max.	Apparent power demand max. kVA	Level 1		Level 2		Level 3			
					Simultaneity factor	Apparent power demand kVA	Simultaneity factor	Apparent power demand kVA	Simultaneity factor	Apparent power demand kVA		
<b>Workshop A</b>	Lathe	no. 1	5	0.8	4	Distribution box	0.75	14.4	0.9	18.9		
		no. 2	5	0.8	4							
		no. 3	5	0.8	4							
	Pedestal-drill	no. 4	5	0.8	4							
		no. 1	2	0.8	1.6		0.9	3.6				
	5 socket-outlets 10/16 A	no. 2	2	0.8	1.6							
<b>Workshop B</b>	Compressor		15	0.8	12	1	12	Power circuit Socket-outlets	0.9	0.9		
			10.6	1	10.6	0.4	4.3	Lighting circuit				
	3 socket-outlets 10/16 A											
			1	1	1	1	1					
	10 fluorescent lamps											
<b>Workshop C</b>	Ventilation	no. 1	2.5	1	2.5	Distribution box	1	35	0.9	37.8		
		no. 2	2.5	1	2.5							
	Oven	no. 1	15	1	15							
		no. 2	15	1	15							
	5 socket-outlets 10/16 A		18	1	18	0.28	5	Socket-outlets Lighting circuit				
	20 fluorescent lamps		2	1	2	1	2					



# Exemplo de balanço de potência

Determinar o balanço de potência.



Quadro	Tipo	Descrição
QP1	Iluminação	800 lâmpadas fluorescentes de 58 W com balastro ferromagnético e montagem compensada
	Tomadas UG	18 circuitos monofásicos com 7 tomadas de 16 A
QP2	Iluminação	Fluorescente compensada para trabalhos correntes para área de 1.200 m <sup>2</sup>
	Tomadas	7 circuitos monofásicos com 5 tomadas de 16 A
	Monta cargas	$P_n = 5,5 \text{ kW}$ ; $\eta = 87\%$ ; $\cos \varphi = 0,80$ ; $K_u = 0,95$ e $P_n = 4,0 \text{ kW}$ , $\eta = 86\%$ ; $\cos \varphi = 0,80$ ; $K_u = 0,93$
QP3	Força motriz 3	$P_n = 22 \text{ kW}$ ; $\eta = 91\%$ ; $\cos \varphi = 0,83$ ; $K_u = 0,99$
QP4	Força motriz 4	$P_n = 37 \text{ kW}$ ; $\eta = 92\%$ ; $\cos \varphi = 0,83$ ; $K_u = 0,98$



# Exemplo de balanço de potência

QP1:

Iluminação

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 800 \times 58 \times 1,25 = 58 \text{ kW} \\ Q_1 = P_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi = 58 \times \operatorname{tg}(a \cos(0,86)) = 34,42 \text{ k var} \end{array} \right.$$

Tomadas

$$\left\{ \begin{array}{l} S_2 = U \cdot I_2 = U \cdot I \cdot K_u \cdot K_s = \\ = 230 \times 16 \times 18 \times 1 \times 0,3 = 19,87 \text{ kVA} \\ P_2 = S_2 = 19,87 \text{ kW} \\ Q_2 = 0 \text{ k var} \end{array} \right.$$



# Exemplo de balanço de potência

QP2:

Illuminação

$$S_3 = 24 \text{ VA/m}^2 \times 1.200 \text{ m}^2 = 28,8 \text{ kVA}$$

$$P_3 = S_3 \times 0,86 = 24,8 \text{ kW}$$

$$Q_3 = \sqrt{S_3^2 - P_3^2} = 14,7 \text{ k var}$$

Tomadas

$$S_4 = U \cdot I_4 = U \cdot I \cdot K_u \cdot K_s =$$

$$= 230 \times 16 \times 7 \times 1 \times 0,3 = 7,73 \text{ kVA}$$

$$P_4 = S_4 = 7,73 \text{ kW}$$

Monta Cargas

Motor 1

$$P_5 = \frac{P_n}{\eta} \cdot K_u \cdot K_s = \frac{5,5}{0,87} \times 0,95 \times 1 = 6,01 \text{ kW}$$

$$Q_5 = P_5 \cdot \operatorname{tg} \varphi_5 = 6,01 \times \operatorname{tg}(a \cos(0,80)) = 4,50 \text{ k var}$$

Motor 2

$$P_6 = \frac{P_n}{\eta} \cdot K_u \cdot K_s = \frac{4}{0,86} \times 0,93 \times 0,75 = 3,24 \text{ kW}$$

$$Q_6 = P_6 \cdot \operatorname{tg} \varphi_6 = 3,24 \times \operatorname{tg}(a \cos(0,80)) = 2,43 \text{ k var}$$



# Exemplo de balanço de potência

QP3:

FM 3

$$\left\{ \begin{array}{l} P_7 = \frac{P_n}{\eta} \cdot K_u \cdot K_s = \frac{22}{0,91} \times 0,99 \times 1 = 23,93 \text{ kW} \\ Q_7 = P_7 \cdot \operatorname{tg} \varphi_7 = 23,93 \times \operatorname{tg}(a \cos(0,83)) = 16,08 \text{ k var} \end{array} \right.$$

QP4:

FM 4

$$\left\{ \begin{array}{l} P_8 = \frac{P_n}{\eta} \cdot K_u \cdot K_s = \frac{37}{0,92} \times 0,98 \times 1 = 39,41 \text{ kW} \\ Q_8 = P_8 \cdot \operatorname{tg} \varphi_8 = 39,41 \times \operatorname{tg}(a \cos(0,83)) = 26,49 \text{ k var} \end{array} \right.$$



# Exemplo de balanço de potência

$$S_u = K_S \cdot \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$P = \sum_{i=1}^8 P_i = 185,89 \text{ kW}$$

$$Q = \sum_{i=1}^8 Q_i = 92,02 \text{ k var}$$

$$S_u = K_S \cdot \sqrt{P^2 + Q^2} = 0,8 \times \sqrt{185,89^2 + 92,02^2} = 165,9 \text{ kVA}$$



# Centro de Cargas

Para determinar a localização do centro de cargas elétricas da instalação, para ajuda na decisão da implantação dos quadros elétricos.

$$\text{Centro de Cargas} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot I_i^2}{\sum_{i=1}^n I_i^2} \hat{i} + \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot I_i^2}{\sum_{i=1}^n I_i^2} \hat{j}$$

Onde  $I_{mq}$  é a corrente média quadrática:

$$I_{mq}^2 = \sum_{i=1}^n I_i^2$$



# Centro de Cargas - Exemplo

## CENTRO DE CARGAS - SIMULAÇÃO

Carga	I	x	y
	A	m	m
A	20	-7	-2
B	30	-3	3
C	100	9	0

$I_{mq^2}$	$A^2$	11.300
$I_{mq}$	A	106,3

i	j
$m \cdot A^2$	$m \cdot A^2$
84.500	1.900

i	j
m	m
7,48	0,17

