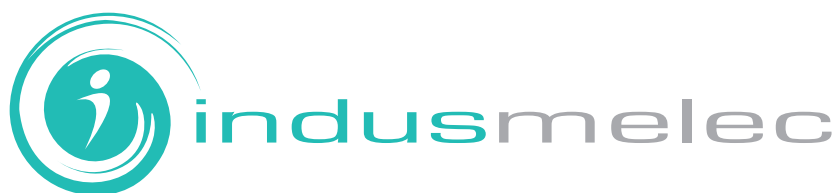


Compensação de Factor de Potência



excelência'10 excelência'11 excelência'12



MATERIAL ELÉCTRICO & AUTOMATISMOS INDUSTRIAIS, LDA.

O poder da



oje em dia, praticamente todas as instalações eléctricas têm associados aparelhos indutivos, nomeadamente, motores e transformadores.

Estes equipamentos necessitam de energia eléctrica para poderem criar campos magnéticos, necessários para o seu funcionamento. A energia que lhes é fornecida é habitualmente superior ao seu consumo efectivo. Este fornecimento em excesso denomina-se de energia reactiva.

Podemos verificar então, que um dispositivo eléctrico recebe dois tipos de energia:

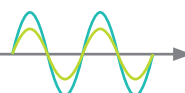
- energia reactiva: necessária para o seu funcionamento, mas que não é traduzida em rendimento do aparelho.
- energia activa: energia que é recebida pelos equipamentos eléctricos e é transformada em trabalho mecânico e calor. Os equipamentos que absorvem apenas este tipo de energia, designam-se por resistivos.

Assim, a rede eléctrica tem de fornecer aos equipamentos indutivos, energia reactiva para que estes funcionem, o que origina um maior consumo de energia.

Por sua vez, os equipamentos indutivos quando estão em funcionamento fornecem energia à rede.

Esta troca de energia entre a rede e os aparelhos indutivos, provoca perdas nos equipamentos e nos condutores, para além de um maior consumo, o que se traduz directamente na factura de energia eléctrica.

A compensação de factor de potência é a solução.

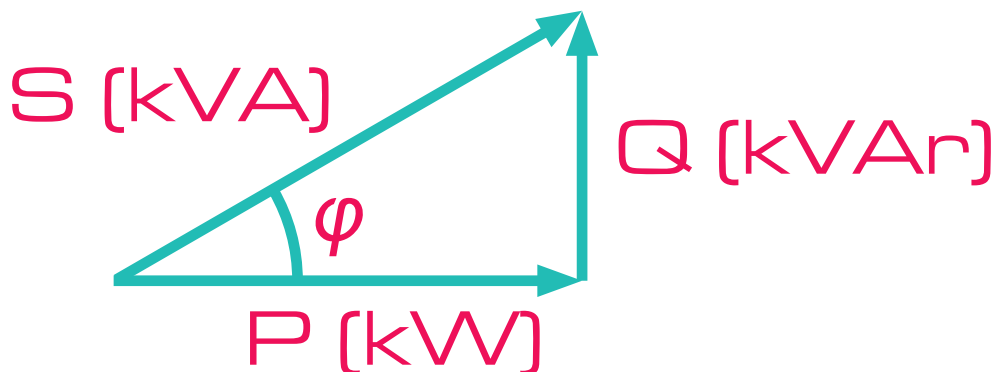


Potência e $\cos \varphi$

Em termos electrotécnicos, consideram-se três tipos de potência, nomeadamente, potência aparente (S), potência activa (P) e potência reactiva (Q), sendo que estas relacionam-se da seguinte forma:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Esta expressão é traduzida do seguinte modo,



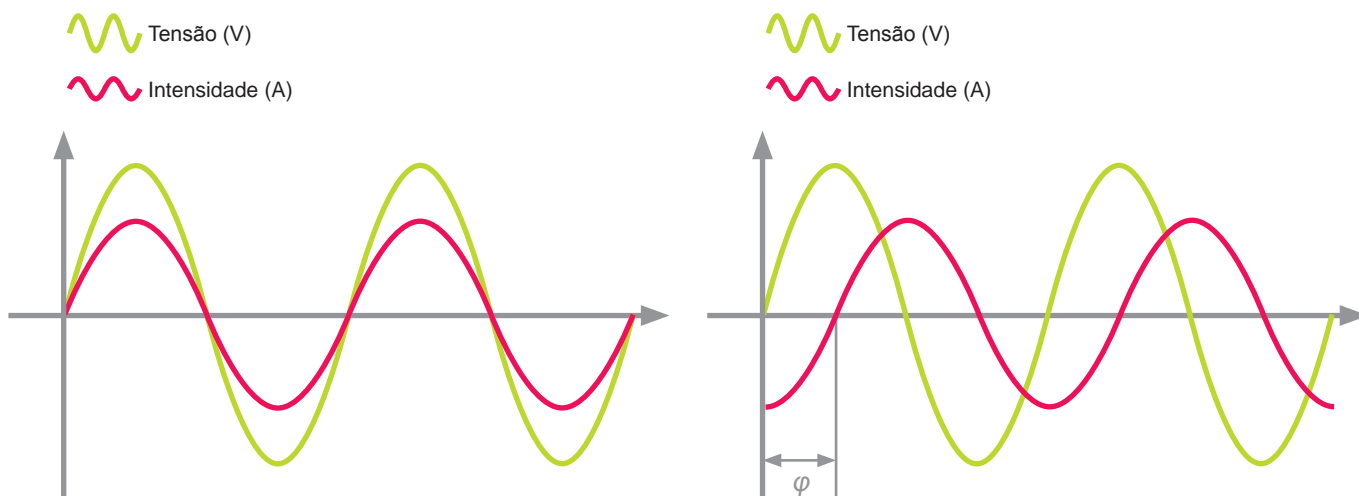
sendo que,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P} \quad \cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Quando ligamos numa instalação equipamentos indutivos, estes provocam um desfaseamento entre a curva de tensão e a curva de corrente, provocando uma alteração do ângulo φ e consequentemente, um aumento da energia reactiva.

O $\cos \varphi$ indica a relação entre a potência activa (P) e a potência aparente (S), indicando o rendimento eléctrico de uma instalação, sendo que esta relação varia entre 0 e 1. Quanto maior for o $\cos \varphi$, menor é a quantidade de energia reactiva necessária.

Nos gráficos abaixo, podemos verificar o exemplo das curvas de tensão e de corrente com cargas resistivas e com cargas indutivas.



1) Carga resistiva com intensidade em fase com a tensão

2) Carga indutiva com intensidade em atraso à tensão

O desfaseamento entre as duas curvas provoca uma diminuição do $\cos \varphi$ e consequente aumento de energia reactiva.

Vantagens da correcção do factor de potência

A correcção do factor de potência é efectuada utilizando condensadores que fornecem a energia reactiva necessária ao funcionamento dos equipamentos eléctricos que necessitam de gerar campos electromagnéticos para o seu funcionamento, eliminando assim o consumo de energia reactiva proveniente da rede eléctrica.

São diversas as vantagens de efectuarmos a correcção do factor de potência, indo desde o rendimento dos equipamentos eléctricos até à poupança de energia eléctrica.

> Rendimento dos equipamentos eléctricos

Se numa instalação, o $\cos \varphi$ for de 0,6 indutivo, o transformador que alimenta esta instalação fornecerá somente 60 % da sua potência, ou seja, apenas 60% da sua capacidade irá ser utilizada para produzir trabalho útil, sendo que o restante é energia reactiva necessária aos equipamentos eléctricos que precisam de criar campos electromagnéticos inerentes ao seu funcionamento.

Se corrigirmos o factor de potência desta instalação para $\cos \varphi = 0,98$, a energia reactiva ao ser fornecida por condensadores, permitirá que o transformador possa fornecer até cerca de 98 % da sua potência.

> Perdas na instalação

Um baixo factor de potência leva a que as perdas na instalação por efeito de Joule sejam superiores, provocando o aquecimento de condutores e equipamentos eléctricos, tendo como consequência o aumento da energia reactiva. Por sua vez, o aumento da energia reactiva implica um aumento da corrente eléctrica, levando a que surjam quedas de tensão acentuadas, que podem originar sobrecargas, aumento da corrente dos motores, variação da intensidade luminosa, não fornecimento de energia eléctrica, entre outros. Em instalações com baixo factor de potência, verificamos também que os motores são sobredimensionados, bem como os transformadores trabalham em vazio ou a carga reduzida.

> Sobredimensionamento da instalação

Como já verificámos, uma instalação que tenha um baixo factor de potência tem um maior consumo de energia reactiva. Este aumento da energia reactiva consumida leva a que haja um sobredimensionamento da instalação eléctrica, dado que para a mesma potência activa, a instalação terá de ter aparelhos de protecção de calibre superior, bem como, cabos eléctricos de maior secção para evitar as perdas.

> Aumento da factura de energia eléctrica

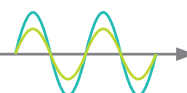
A energia reactiva é facturada pelo fornecedor de energia eléctrica, logo, quanto mais energia reactiva uma instalação consumir, maior será o valor da respectiva factura de energia eléctrica.

A utilização de equipamentos para a compensação de energia reactiva nas instalações eléctricas, reduz os valores dispendidos.

De acordo com o Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), no que respeita à redução das perdas nas redes de transporte e distribuição de energia eléctrica com vista a uma utilização mais eficaz das respectivas redes, o Despacho nº 7253/2010 aprovou o regime jurídico aplicável à facturação de energia reactiva indutiva e capacitiva. Este Despacho tem por objectivo motivar comportamentos adequados dos clientes, no que respeita à compensação de energia reactiva.

Assim, foi definido que a facturação de energia reactiva indutiva é efectuada de acordo com os seguintes escalões e factores multiplicativos:

Escalões	Descrição	Factor multiplicativo
Escalão 1	tg φ igual ou superior a 30% e inferior a 40% ($\cos \varphi$ igual ou inferior a 0,95 e superior a 0,93)	0,33
Escalão 2	Correspondente a tg φ superior ou igual a 40% e inferior a 50% ($\cos \varphi$ igual ou inferior a 0,93 e superior a 0,89)	1,00
Escalão 3	Correspondente a tg φ superior ou igual a 50% ($\cos \varphi$ igual ou inferior a 0,89)	3,00



O Despacho nº 7253/2010 indica ainda que:

- Os factores multiplicativos aplicáveis na facturação de energia reactiva indutiva nas horas fora de vazio nos escalões de tg ϕ superiores ou iguais a 40% entraram em vigor em 1 de Janeiro de 2011.
- A obrigação de facturação de energia reactiva indutiva nas horas fora de vazio no escalão de tg ϕ igual ou superior a 30% e inferior a 40% entraram em vigor em 1 de Janeiro de 2012.
- As novas instalações estão isentas da facturação de energia reactiva e as instalações que tenham uma variação de pelo menos 50% na potência contratada, durante 8 meses, têm também direito a isenção, tendo esta de ser solicitada.



Calcular o factor de potência de uma instalação

Para este cálculo é necessário saber qual o cos ϕ médio da instalação a corrigir. A forma mais simples consiste em verificar a factura eléctrica e ver qual a média dos últimos 6 meses, ou, caso não tenhamos acesso a estes valores, calcular o cos ϕ através da seguinte fórmula,

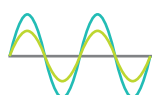
$$\cos \phi = \frac{\text{Energia activa}}{\sqrt{(\text{Energia activa})^2 + (\text{Energia reactiva})^2}}$$

sendo que:

Energia activa = (Energia activa nas horas cheias + Energia activa nas horas de ponta).

Após este cálculo e com base em valores de tabela é possível verificar qual o coeficiente pretendido. Este coeficiente a multiplicar pela potência activa da instalação, indica-nos qual a potência reactiva a fornecer à instalação.

Valores iniciais da instalação		Valores pretendidos na instalação								
tg ϕ	cos ϕ	tg ϕ	0,39	0,36	0,32	0,29	0,25	0,20	0,14	0,00
		cos ϕ	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40		1,896	1,928	1,963	2,000	2,041	2,088	2,149	2,291
1,98	0,45		1,589	1,622	1,656	1,693	1,734	1,781	1,842	1,985
1,73	0,50		1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,590	1,732
1,52	0,55		1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518
1,33	0,60		0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333
1,17	0,65		0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966	1,027	1,169
1,02	0,70		0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020
0,88	0,75		0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739	0,882
0,75	0,80		0,355	0,387	0,421	0,458	0,449	0,547	0,608	0,750
0,62	0,85		0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620
0,48	0,90		0,089	0,121	0,156	0,193	0,234	0,281	0,342	0,484



Vejamos o seguinte exemplo:

A partir da factura de energia eléctrica, foram retirados os seguintes dados:

- Potência máxima kW = 110
- Factor de potência $\cos \varphi = 0,65$

Pretende-se corrigir o factor de potência da instalação para $\cos \varphi = 0,98$.

Pela tabela anterior verifica-se que o coeficiente é de 0,966.

Efectua-se o seguinte cálculo para determinar a potência do equipamento a instalar.



$$\text{Coeficiente de potência} \times \text{Potência máxima} = \text{Potência do equipamento a instalar}$$

ou seja,

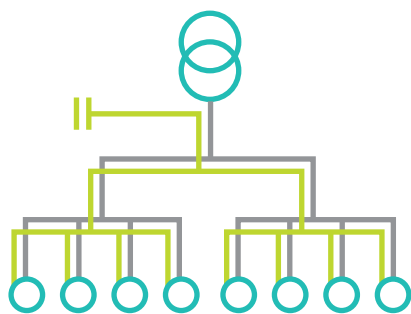
$$0,966 \times 110 = 96,6 \text{ kVAr}$$

A potência do equipamento a instalar seria de 100 kVAr.

> Onde efectuar a compensação de factor de potência

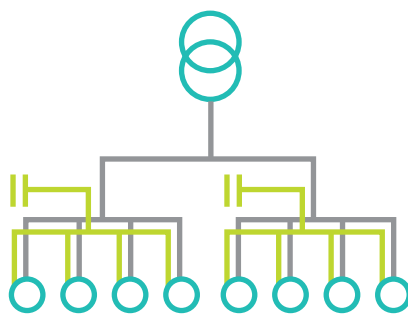
De acordo com as características da instalação e dos objectivos pretendidos, determinamos como efectuar a compensação do factor de potência da instalação. Este os diversos aspectos a considerar temos o modo de distribuição de corrente eléctrica, o regime de carga, o transformador, o aumento de tensão no final de linha, o custo da instalação destes equipamentos,...

Em termos gerais a compensação de uma instalação pode ser efectuada de forma global, parcial, individual ou combinada (utilizando os métodos anteriores).



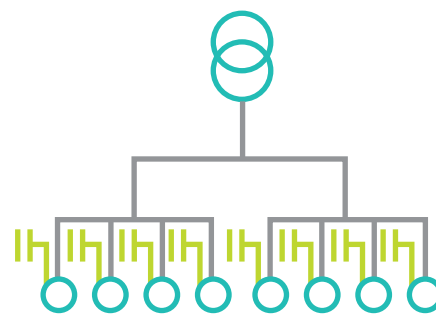
Compensação global

A bateria de condensadores é instalada à saída do transformador se a instalação for alimentada em MT ou do quadro geral se a instalação for alimentada em BT. Utiliza-se em grandes instalações eléctricas, com um grande número de receptores de potências diferentes e regimes de utilização pouco uniformes.



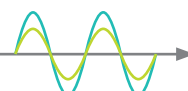
Compensação parcial

A bateria de condensadores é instalada de forma a compensar um sector, ou um conjunto de máquinas. É colocada junto ao quadro parcial que alimenta esses receptores. A potência necessária será menor que no caso da compensação individual, o que torna a instalação mais económica.



Compensação individual

É efectuada ligando os condensadores junto ao equipamentos cujo factor de potência se pretende melhorar. Do ponto de vista técnico representa a melhor solução. As despesas de instalação são maiores do que nas outras opções.



Compensação fixa e Compensação Automática

Em termos de equipamentos para a compensação de factor de potência, existem dois tipos:

Baterias de Condensadores de Capacidade Fixa

Os condensadores a utilizar nas baterias, têm potência unitária idêntica. Normalmente, são modulares, podendo ser agregados, de forma a obter a potência reactiva necessária de compensação.

Quando a bateria entra em funcionamento, é inserida a totalidade da potência, não havendo a possibilidade de regular a mesma. A ligação/corte da bateria de condensadores pode ser feita:

- por comando manual, mediante accionamento de um interruptor ou disjuntor;
- de forma sem-automática, através de um contactor, mediante uma ordem eléctrica (através de um interruptor horário);
- de modo directo, quando o equipamento é ligado directamente aos bornes de um receptor, em que a ligação/corte da bateria ocorre, necessariamente, quando se efectua a ligação/corte do receptor.

Baterias de Condensadores de Regulação Automática

Permitem a adaptação automática da potência reactiva fornecida pelo conjunto, a um perfil de factor de potência desejado. Este tipo de baterias é instalado, geralmente, à cabeça da instalação de distribuição BT, ou então num quadro parcial da mesma. As baterias de condensadores estão divididas em escalões que são ligados e desligados de forma automática, em função dos valores da carga da instalação e do factor de potência. Este processo é efectuado por um relé varimétrico.

> Compensação de factor de potência em redes poluídas (presença de harmónicas)

As harmónicas são frequências múltiplas da frequência fundamental ($H_2 = 100\text{Hz}$, $H_3 = 150\text{Hz}$, $H_4 = 200\text{Hz}$, ...), sendo que, na prática, o resultado é uma forma de onda distorcida. Estas têm origem na instalação de cargas não lineares, cuja forma de onda da corrente, não acompanha a forma de onda sinusoidal da tensão de alimentação.

Por este facto, corrigir o factor de potência numa instalação com harmónicas é mais complexo, dado que as harmónicas podem interagir com os condensadores causando fenómenos de ressonância.

As harmónicas numa instalação eléctrica podem provocar sobrecarga e possibilidade de ressonância nos condensadores, perdas nos enrolamentos e no núcleo magnético dos transformadores, aumento de temperatura enrolamentos e no circuito magnético dos motores, aquecimento dos condutores por efeito de Joule, quedas de tensão,....

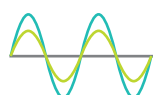
Nestes casos são utilizadas baterias de condensadores com filtros anti-harmónicas, dado que se utilizarmos os mesmos equipamentos sem este tipo de filtros, estes irão provocar um aumento das taxas de distorção de harmónicas.

De acordo com a norma **NP EN 50160**, em condições normais de exploração, a THD (Taxa de Distorção Total) da tensão de alimentação (incluindo as harmónicas até à ordem 40, acima desta não são consideradas) não deve ultrapassar os 8%.

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2} \leq 8\%$$

Conclusão

Compensar o factor de potência reduz o valor da factura de energia eléctrica, reduz as perdas internas na rede, aumenta o tempo de vida útil dos equipamentos e melhora a estabilidade da rede interna. A compensação da potência reactiva através da utilização de baterias de condensadores é rentável para o utilizador, apresentando o equipamento de compensação de factor de potência, um período de recuperação do investimento efectuado relativamente curto.



Indusmelec

Material Eléctrico & Automatismos Industriais, Lda.

Rua António Sousa Bastos, N° 2/2A

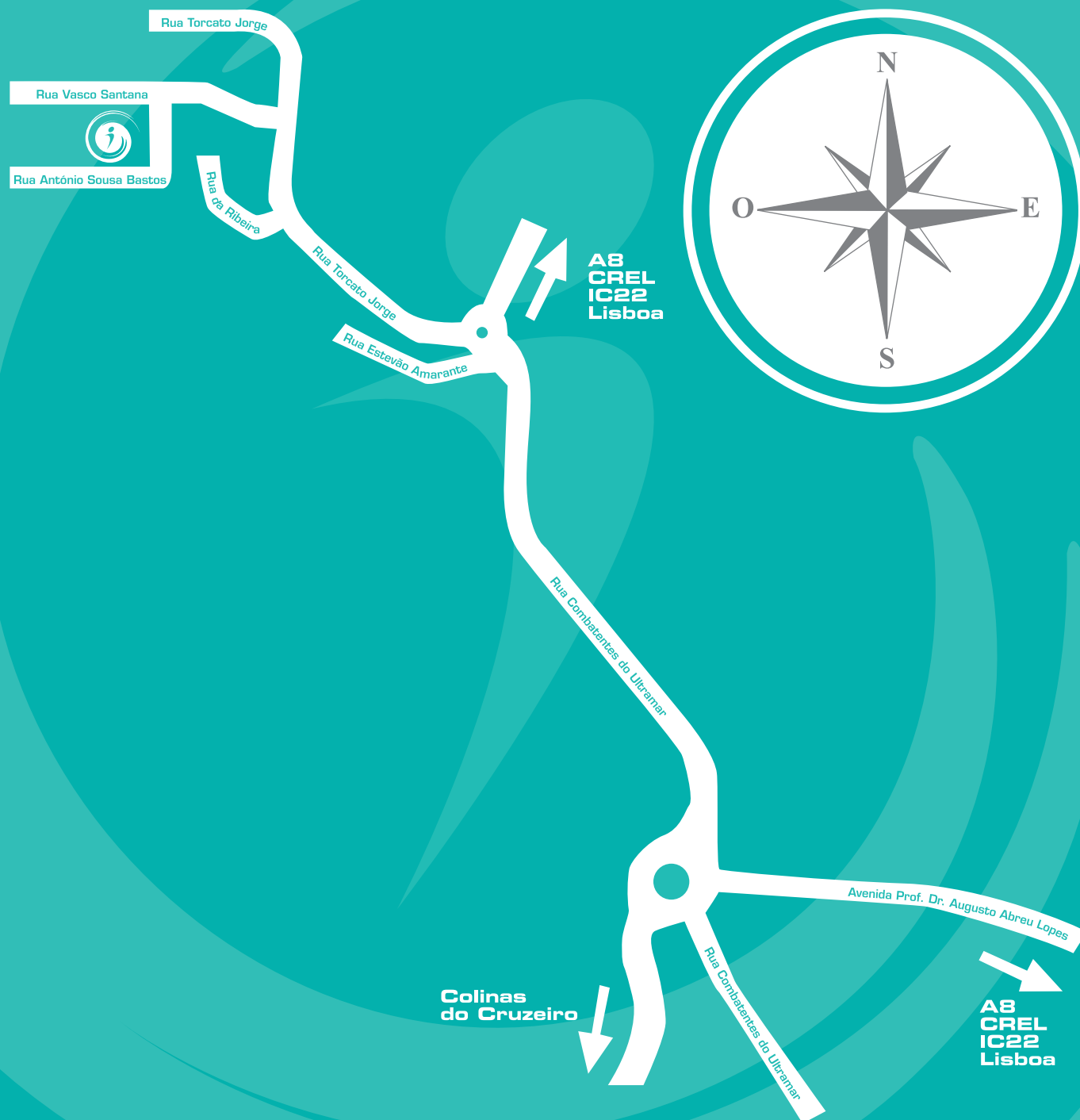
2620-419 Ramada

Tel.: 219 318 046/7/8 - 219 340 400 - 211 571 461 (6 acessos)

Fax: 219 318 049

Coordenadas GPS: N 38° 48' 7" W 9° 11' 34"

e-mail: geral@indusmelec.pt



||| | www.indusmelec.pt ||| |