

# NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica [Nº9] Junho de 2012

<http://www.neutroaterra.blogspot.com>

A revista “Neutro à Terra” volta novamente à vossa presença, com novos e interessantes assuntos na área da Engenharia Eletrotécnica em que nos propomos intervir. Nesta edição da revista merecem particular destaque os temas relacionados com as instalações elétricas, as máquinas elétricas, a eficiência energética e as energias renováveis.

Nesta publicação dá-se também destaque à quarta edição das Jornadas Eletrotécnicas de Máquinas e Instalações Elétricas, que devem ocorrer nos dias 5 e 6 de Dezembro de 2012 no Centro de Congressos do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Professor Doutor José Beleza Carvalho



Instalações  
Elétricas  
Pág.5



Máquinas  
Elétricas  
Pág. 19



Telecomunicações  
Pág. 27



Segurança  
Pág. 31



Energias  
Renováveis  
Pág. 39



Eficiência  
Energética  
Pág.55



Domótica  
Pág. 61

## Índice

### 03| Editorial

### 05| Instalações Elétricas

Electromagnetic Forces of Short-Circuits  
in Symmetric Three-phase Circuits  
Rui Manuel de Moraes Sarmento

### 19| Máquinas Elétricas

Geradores Eólicos Características Elétricas  
José António Beleza carvalho  
Roque Filipe Mesquita Brandão

### 27| Telecomunicações

ZAP – Muito mais que um acesso privilegiado  
Sérgio Filipe Carvalho Ramos  
António Silva

### 31| Segurança

Segurança Contra Incêndio em Edifícios  
Regime Jurídico, Normas e Notas Técnicas  
António Augusto Araújo Gomes  
Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva

### 39| Energias Renováveis

Inovar na produção de energia elétrica a partir do vento  
O recurso a postes de eletricidade existentes  
Miguel Leichsenring Franco

Cogeração e Trigeração. Um caso prático  
Alfredo Silva  
Pedro Costa

### 55| Eficiência Energética

Veículos Elétricos  
Impactos, Barreiras e Oportunidades da Integração nos Sistemas de Energia  
Vera Silva

### 61| Domótica

Servidor de Automação e Automação LEAN  
Para uma GTC mais otimizada  
Infocontrol – Eletrónica e Automatismo, Lda

### 65| Autores

## FICHA TÉCNICA

DIRETOR:

Doutor José António Beleza Carvalho

SUBDIRETORES:

Eng.º António Augusto Araújo Gomes  
Doutor Roque Filipe Mesquita Brandão  
Eng.º Sérgio Filipe Carvalho Ramos

PROPRIEDADE:

Área de Máquinas e Instalações Elétricas  
Departamento de Engenharia Electrotécnica  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

CONTATOS:

jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL:

ISSN: 1647-5496

Estimados leitores

A revista “Neutro à Terra” volta novamente à vossa presença, com novos e interessantes assuntos na área da Engenharia Eletrotécnica em que nos propomos intervir. Nesta edição da revista merecem particular destaque os temas relacionados com as instalações elétricas, as máquinas elétricas, a eficiência energética e as energias renováveis.

As forças eletromagnéticas que se manifestam nas situações de curto-circuito são de extrema complexidade, sendo o seu conhecimento determinante para um correto dimensionamento das instalações elétricas, quer ao nível dos esforços que condutores e barramentos ficam sujeitos, quer ao nível do dimensionamento de equipamentos de proteção. Nesta edição, apresenta-se um artigo de elevado nível científico, que descreve uma nova metodologia de cálculo das forças que se estabelecem entre condutores na situação mais desfavorável de um curto-circuito, particularmente no período transitório da ocorrência do defeito. Os resultados obtidos com diversas simulações, que são aqui apresentadas, permitem uma reflexão aberta sobre o que está estabelecido e é atualmente aceite, no âmbito dos valores máximos das forças eletromagnéticas resultantes de um curto-circuito simétrico trifásico.

A produção de eletricidade a partir de energia eólica tem vindo a crescer de forma rápida e sustentada desde 1985. Atualmente, existem geradores eólicos localizados em todo o mundo cuja potência já atinge valores superiores a 3000 MW. A necessária conversão eletromecânica de energia baseia-se em máquinas que apresentam um princípio de funcionamento baseado nas leis da indução eletromagnética, assente no princípio das ações e reações eletromagnéticas, devidamente justificadas pelas leis de Faraday, Lenz e Laplace. Nesta edição, apresenta-se um artigo que analisa as principais características elétricas das máquinas mais utilizadas como geradores eólicos.

A necessidade de reduzir a dependência Europeia dos combustíveis fósseis e de reduzir o nível de emissões de dióxido de carbono oriundos do sector dos transportes deu origem a uma necessidade de desenvolver novas tecnologias e soluções de mobilidade. Uma das soluções que se apresenta como promissora é a substituição de veículos movidos por motores de combustão térmica por veículos elétricos e veículos híbridos recarregáveis. Nesta edição da revista apresenta-se um importante artigo, que analisa o impacto desta nova carga elétrica ao nível do planeamento, gestão e exploração dos atuais sistemas elétricos de energia.

O forte desenvolvimento que se tem verificado na produção de energia elétrica com recurso a fontes de energia renováveis, especialmente de natureza eólica, levou na última década a uma grande proliferação de parques eólicos. Como resultado de pesados investimentos em grandes geradores eólicos, o vento passou de um pequeno fornecedor de energia para um dos principais componentes do mix energético dos países industrializados. A eletricidade gerada a partir do vento aumentou mundialmente a uma taxa média de 21% entre 2006 e 2010, representando hoje cerca de 2% do fornecimento total de energia. Nesta edição da revista, publica-se um artigo que aborda uma forma inovadora de produção de energia eólica, baseado na utilização dos postes das redes de transporte e distribuição de energia elétrica para colocação dos aerogeradores.

Nesta edição da revista “Neutro à Terra” pode-se ainda encontrar outros assuntos reconhecidamente importantes e atuais, como um artigo sobre infraestruturas de telecomunicações em edifícios, um artigo sobre segurança contra incêndios em edifícios e um artigo que analisa as tecnologias adotadas na cogeração e trigeração, apresentando-se um caso prático de cogeração e trigeração em funcionamento num centro comercial da cidade do Porto.



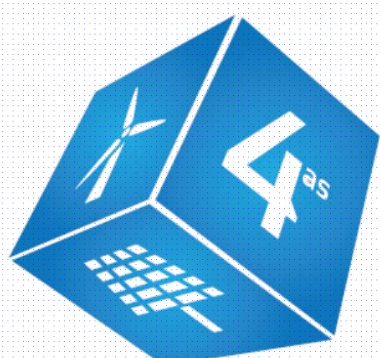
No âmbito do tema “Divulgação”, que pretende divulgar os laboratórios do Departamento de Engenharia Eletrotécnica, onde são realizados alguns dos trabalhos correspondentes a artigos publicados nesta revista, nesta edição apresenta-se o Laboratório de Sistemas Digitais.

Nesta publicação dá-se também destaque à quarta edição das Jornadas Eletrotécnicas de Máquinas e Instalações Elétricas, que devem ocorrer nos dias 5 e 6 de Dezembro de 2012 no Centro de Congressos do ISEP. Este evento contará com a participação de diversas empresas ligadas às áreas das máquinas elétricas, sistemas eletromecânicos, energias renováveis, veículos elétricos, segurança, domótica, luminotecnia e infraestruturas de telecomunicações. O evento é organizado pelo Departamento de Engenharia Eletrotécnica do ISEP, com os habituais colaboradores desta revista a terem um papel preponderante.

Esperando que esta nova edição da revista “Neutro à Terra” possa voltar a satisfazer as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos.

Porto, Junho de 2012

José António Beleza Carvalho



JORNADAS  
ELETROTÉCNICAS  
MÁQUINAS E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

## 4<sup>as</sup> JORNADAS ELETROTÉCNICAS DE MÁQUINAS E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

5 e 6 de Dezembro de 2012

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Informações  
[www.dee.isep.ipp.pt](http://www.dee.isep.ipp.pt)  
[jbc@isep.ipp.pt](mailto:jbc@isep.ipp.pt)

### Objetivo

Promover a divulgação e discussão de temas relacionados com as Máquinas e Instalações Elétricas, devidamente enquadrados com a problemática atual das energias renováveis e a utilização racional de energia, envolvendo o ensino, a investigação, profissionais e empresários do sector eletrotécnico, através da apresentação de comunicações e exposição de equipamentos.

### Destinatários

Licenciados, bacharéis, alunos de cursos de Engenharia Eletrotécnica e, de uma forma geral, todos os profissionais do sector eletrotécnico, que exerçam funções relacionadas com as áreas das máquinas e instalações elétricas.

### Temas

Investigação/Ensino; Política Energética; Energias Renováveis; Máquinas Elétricas; Veículos Elétricos; Sistemas Eletromecânicos; Instalações Elétricas; Sistemas de Segurança; Telecomunicações.

## Cogeração e Trigeração

### Um caso prático

#### 1 Introdução

A necessidade de diminuir os consumos de energia, não só por questões financeiras mas, essencialmente, por questões ambientais fez com que fossem feitos esforços no sentido da implementação de sistemas de energias renováveis ou mesmo com rendimentos o mais elevados possíveis.

Surge, então, em alternativa às grandes centrais convencionais e às redes de distribuição em alta tensão, a produção descentralizada de eletricidade, sendo que a cogeração era em finais de 2010 segundo a Galp Energia, responsável pela produção de cerca de 12% de todo o consumo de eletricidade no país e por 34% da produção em regime especial.

A cogeração/trigeração surge como uma tecnologia interessante ao garantir economias de energia e competitividade acrescida às empresas e consiste basicamente na produção combinada de energia térmica e elétrica num mesmo equipamento, destinando-se ambas ao consumo da própria empresa ou de terceiros, evitando ou atenuando a utilização de equipamentos próprios de produção de calor e aquisição de energia elétrica à rede.

Neste artigo vamos familiarizar-nos com esta solução energética, a cogeração/trigeração, que prova ser bastante eficiente, aplicando os princípios da produção combinada de eletricidade, calor e frio.

#### 2 Conceitos e princípios

As centrais convencionais convertem em eletricidade apenas cerca de 1/3 da energia do combustível que consomem, o resto é perdido na forma de calor. Tal desperdício acarreta efeitos adversos para o meio ambiente tornando-se imperativa a necessidade do aumento de eficiência no processo de produção. A cogeração apresenta um rácio onde 4/5 da energia primária é convertida em energia utilizável apresentando vantagens na área financeira e ambiental.

O conceito de produção distribuída diz respeito à produção de energia o mais próximo de onde ela é consumida, ou seja, a energia é produzida no local de consumo sendo evitadas as perdas nas redes de distribuição, e aplicadas no sector industrial e em edifícios onde existe uma exigência simultânea de energia elétrica e térmica calor e/ou frio.

No processo convencional de transformação de energia fóssil em energia elétrica a maior parte da energia contida no combustível é transformada em calor e perdida no meio ambiente.

#### Cogeração

Começando pela necessidade de entender o conceito poder-se-á dizer que a cogeração consiste, basicamente, na produção de eletricidade junto dos centros de consumo, permitindo o aproveitamento de calor no processo de geração, também designada por CHP (*Combined Heat and Power*). O aproveitamento pode dar-se sob a forma de calor ou água quente, para uma aplicação secundária. Os processos conseguem assim um máximo de aproveitamento de combustível consumido e poupam energia primária.

Devido às grandes dificuldades no transporte da energia térmica o calor só pode ser utilizado perto do centro produtor, o que limita estas instalações a centrais relativamente pequenas. O limite de distância para o transporte de calor ser economicamente viável fica em torno de 5km.

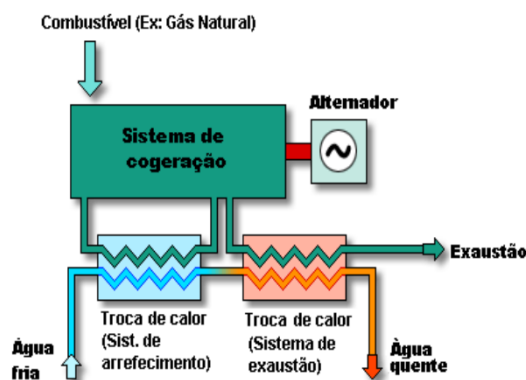


Figura 1 – Esquema de um sistema de cogeração

## Trigeração

Já no que diz respeito à trigeração poder-se-á dizer que esta implica a produção simultânea de eletricidade, calor e frio a partir de um único combustível. É um esquema de produção de energia em que se recupera calor desperdiçado para se obter frio. Compreende sistemas CHP combinados com *chillers* de absorção.

Nos serviços, o calor gerado pelos sistemas de cogeração é essencialmente utilizado para a climatização, dos edifícios, no entanto as necessidades de aquecimento são limitadas a alguns meses de Inverno. Há, contudo, necessidades significativas de arrefecimento, ar condicionado, durante os meses de Verão. A Energia térmica proveniente de uma instalação de cogeração, será utilizada para produzir frio, através de um ciclo de absorção. Este processo “alargado” de cogeração é conhecido por trigeração ou produção combinada de eletricidade, calor e frio (CHCP, *combined heat, cooling and power production*).

## Vantagens e benefícios da trigeração

No sector terciário a trigeração já provou ser uma solução apropriada para uma vasta gama de tipos de edifícios, nomeadamente Hotéis, Hospitais, Escolas, Universidades,

Aeroportos, e grandes Centros Comerciais. Apresentando as seguintes vantagens:

- Economias de energia primária:** Cerca 25% comparativamente à produção convencional de energia elétrica.
- Redução de emissões poluentes:** Com a utilização de gás natural em vez de combustíveis derivados do petróleo ou carvão, as emissões de CO<sub>2</sub> e partículas são praticamente nulas.
- Benefícios económicos:** Os custos energéticos das instalações de trigeração são menores do que os das instalações convencionais. Pode dizer-se que a redução de preços é da ordem dos 20-30%.
- Aumento da fiabilidade do aprovisionamento energético:** Pequenas centrais de cogeração/trigeração de energia elétrica, calor e frias ligadas à rede elétrica, garantem uma operação ininterrupta da instalação, no caso de falha do funcionamento da central ou do abastecimento da rede. Ao nível nacional favorecem a produção descentralizada, reduzindo a necessidade de grandes centrais termo-elétricas. Contribuindo também para o aumento do emprego a nível local.

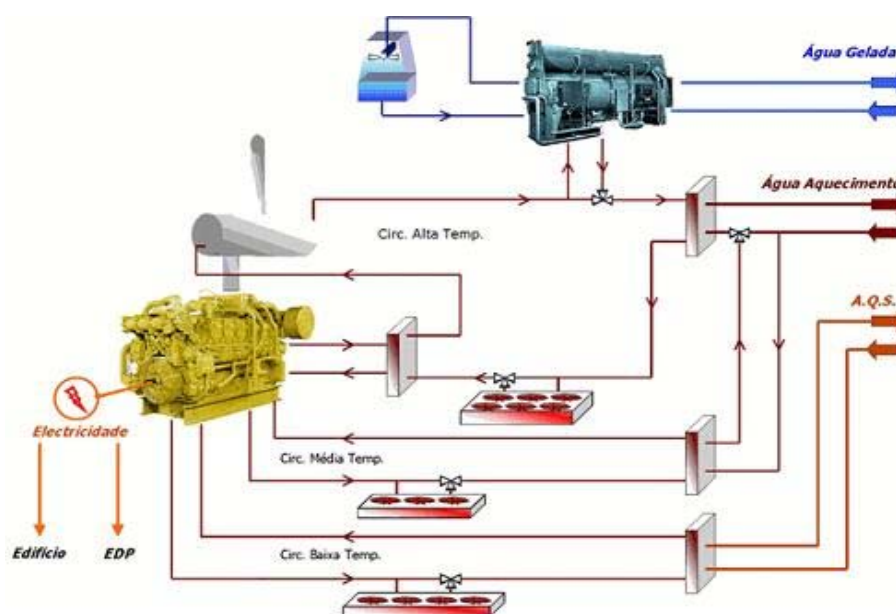


Figura 2 – Esquema de trigeração (Fonte: STET, 2008)

**e. Aumento de estabilidade do sistema elétrico:** As unidades de trigerção proporcionam um alívio significativo às redes do sistemas elétrico durante os meses quentes de verão. As cargas de arrefecimento são transferidas da eletricidade para um combustível fóssil, uma vez que o processo de arrefecimento/refrigeração muda dos, largamente, utilizados ciclos de compressão de vapor para os de absorção. Isto contribui ainda para o aumento da estabilidade das redes elétricas e para a melhoria da eficiência do sistema, porquanto os picos de verão são servidos pelas empresas elétricas distribuidoras através de unidades de apoio ineficientes e linhas de transporte de energia elétrica sobrecarregadas.

### 3 Tecnologias de trigerção

A parte mais importante de uma instalação de trigerção é a máquina que produz eletricidade e energia térmica (calor). Esta máquina caracteriza a instalação ou central de cogeração (CHP). Seguindo-se o aparelho que produz o frio, utilizando energia térmica do processo de cogeração (*chiller* de absorção).

Presentemente as tecnologias mais importantes disponíveis no mercado para cogeração são:

- Turbina de gás;
- Turbina de vapor;
- Ciclo combinado;
- Motor alternativo de combustão interna;
- Pilhas de combustível;
- Micro-turbinas

As primeiras quatro tecnologias, usando turbinas ou motores alternativos de combustão interna, têm sido aplicadas em instalações de cogeração nas últimas décadas. As pilhas de combustível e micro-turbinas estão em fase de desenvolvimento e início de comercialização.

Para a trigerção, os tipos vulgarmente mais aplicados são os motores de combustão interna, muitas das vezes em grupos de mais que um para fazer face à variação de carga. As turbinas de gás são utilizadas em grandes complexos de edifícios tais como Hospitais ou redes urbanas de calor e frio. As pilhas de combustível são utilizadas, essencialmente no sector terciário, devido ao seu funcionamento silencioso.

Outra vantagem fundamental deste sistema, reside nos subprodutos da operação, nomeadamente o hidrogénio. Este pode ser utilizado como meio de armazenar energia, contribuindo para o aumento global da instalação de trigerção.

Para comparação, a tabela I resume as características técnicas dos tipos de tecnologias de cogeração mais utilizados.

#### Unidades produtoras de água refrigerada (*Chiller*)

Um *chiller* é uma máquina que tem como função arrefecer água ou outro líquido em diferentes tipos de aplicações, através de um ciclo termodinâmico.

**Tabela I – Características dos diferentes tipos de sistemas de cogeração**

Máquina Motriz	Turbina de gás	Turbina de Vapor	Ciclo Combinado	Motor de Combustão	Célula de Combustível
Potência (MWe)	0,2 -100	0,5-100	4-100	0,015-30	0,01-0,25
Razão Calor/Eletricidade	1,12- 2	2-10	0,5-1,7	0,4-1,7	1,1
Rend. Eléctrico (%)	15-35	10-40	30-40	25-45	35-40
Rend. Térmico (%)	40-59	40-60	40-50	40-60	20-50
Rend. Total (%)	60-85	60-85	70-90	70-85	55-90
Tempo de Vida (anos)	15-25	20-35	15-25	10-20	>5
Carga Mínima (%)	75	20	75	50	Sem limites
Eficácia (%)	90-98	99	90-98	92-97	>95
Uso Energia Térmica	Aquecimento, AQS, Vapor BP e AP	Vapor BP e AP	Vapor BP e AP	Aquecimento, AQS, Vapor BP e AP	AQS, Vapor BP e AP
Combustível	Gasoso, Líquido	Todos	Gasoso, Líquido	Gás, Gasolina, Gasóleo	Gás

Os dois principais tipos de *chiller* são:

- *Chiller* de compressão ou elétrico;
- *Chiller* de absorção .

Os *chillers* de compressão utilizam um compressor mecânico acionado, normalmente por um motor elétrico, de forma a aumentar a pressão em determinada fase do ciclo termodinâmico do sistema.

Os *chillers* de absorção permitem produzir água gelada a partir de uma fonte de calor utilizando para tal uma solução de um sal (brometo de lítio) num processo termoquímico de absorção. Os *chillers* de absorção são, muitas vezes, integrados em sistemas de cogeração, de forma a permitir o aproveitamento do calor que de outra forma seria desperdiçado.

Principais componentes de um *chiller* de absorção estão representados na figura 3.

#### 4 Caso de estudo

Este capítulo apresenta os principais resultados do levantamento efetuado à central de cogeração/trigeração do *Norteshopping*, com o intuito de proporcionar uma melhor compreensão da sua importância, a sua influência na produção distribuída e seu desempenho e os seus contributos na melhoria do meio ambiente.



Figura 4 – Motor de combustão instalado no Norteshopping

A central de trigeração do *Norteshopping* entrou em funcionamento em 1998 e totaliza atualmente 54 500 horas de funcionamento. É constituída por dois motores de combustão interna utilizando como combustível o gás natural. Tem uma potência elétrica instalada de 2950 kWe (quilo Watt elétrico) por grupo, num total de 5900 kWe, uma potência térmica de 2750 kWt (quilo Watt térmico) por grupo, num total de 5500 kWt. Estão ainda instalados dois *chillers* de absorção com uma potência de frio de 1750 kWt por grupo, num total de 3500 kW.

Toda a energia elétrica produzida pela central é vendida à EDP, sendo a energia térmica utilizada para climatização do *Norteshopping*. A central de trigeração está em funcionamento de segunda a sexta das 7H00 às 24H00,

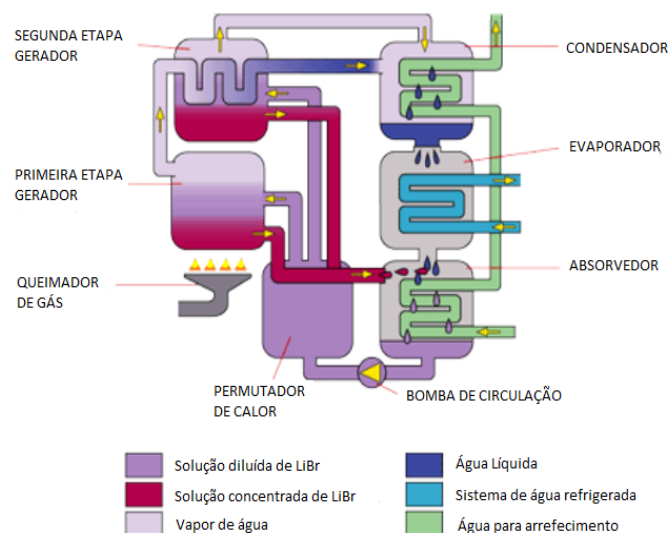


Figura 3 – Esquema de um *chiller* de absorção (Adaptado de: [www.fscc-online.com](http://www.fscc-online.com))



funcionando à carga máxima nas horas de ponta e a 95% nas horas cheias, nas horas do vazio e super vazio não se encontra em funcionamento.

Na tabela II são apresentados os dados energéticos da central de cogeração/trigeração do *Norteshopping* em 2010.

Através dos vetores energéticos apresentados no quadro, podemos então proceder ao cálculo da poupança de energia primária (PEP) da atividade da cogeração relativamente à produção separada de calor e de eletricidade, em conformidade com o estabelecido no decreto lei nº23/2010 de 25 de Março, medida de acordo com a seguinte fórmula.

$$PEP = \left[ 1 - \frac{1}{\frac{CHP\_H\eta}{REF\_H\eta} + \frac{CHP\_E\eta}{REF\_E\eta}} \right] \times 100 \quad (1)$$

**CHP H $\eta$**  é a eficiência térmica do processo, definida como a produção anual de calor útil dividida pelo combustível utilizado na produção total de calor e de eletricidade;

$$H\eta = \frac{T}{C} \times 100 = \frac{13.838.060}{59.417.911} \times 100 = 23,3\% \quad (2)$$

T - energia térmica útil consumida anualmente

C- energia primária consumida anualmente e avaliada a partir do poder calorífico inferior do gás natural

**Ref H $\eta$**  é o valor de referência da eficiência para a produção separada de calor, estando este valor compreendido entre os 35% e 45%.

**CHP E $\eta$**  é a eficiência elétrica, definida como a produção total anual de eletricidade dividida pelo combustível utilizado na produção total de calor útil e de eletricidade num processo de cogeração.

$$E\eta = \frac{E}{C} \times 100 = \frac{22 - 122 - 255}{59.417.911} \times 100 = 37,2\% \quad (3)$$

E - energia elétrica produzida anualmente

C- energia primária consumida anualmente e avaliada a partir do poder calorífico inferior do gás natural

Tabela II – Vetores energéticos da central de cogeração/trigeração no ano 2010

ESP.	UN.	2010
<b>HORAS DE FUNCIONAMENTO</b>		
Cogeração – 2010	H	8.570
GN 2010	Nm3	5.544.732
GN (PCI) 2010	kWh	59.417.911
GN (PCS) 2010	kWh	65.796.976
<b>PRODUÇÃO ENERGIA ELÉTRICA</b>		
PROD (W#1+W#2)	kWhe	22.122.255
Prod>EDP 2010	kWhe	20.840.770
<b>PRODUÇÃO ENERGIA TÉRMICA</b>		
En.Térmica 2010	kWht	13.838.060
AF 2010	kWht	8.449.712
AQ 2010	kWht	1.767.043
<b>ENERGIA TÉRMICA SERVIÇOS COMUNS</b>		
AF SC 2010	kWh	8.089.662
AQ SC 2010	kWh	1.614.846
<b>CUSTO COMBUSTIVEL</b>		
CUSTO ESPECIF.GN	Eur/kWhGas(PCI)	0,02479
CUSTO ESPECIF.GN	Eur/kWheu	0,07827
<b>PREÇO VENDA ENERGIA</b>		
AF	Eur/kWh	0,04410
AQ	Eur/kWh	0,04467
EE W	Eur/kWh	0,11489

**Ref En** é o valor de referência da eficiência para a produção separada de eletricidade, estando este valor compreendido entre os 35% e 45%.

Calculada a eficiência energética elétrica e térmica, e conhecidos os valores de referência correspondentes procederemos então ao cálculo da poupança de energia primária (PEP) da atividade da cogeração.

$$PEP = \left[ 1 - \frac{1}{\frac{0,233}{0,9} + \frac{0,372}{0,4}} \right] \times 100 = 15,9\% \quad (4)$$

**Eficiência Global do Sistema** - A eficiência global corresponde ao total anual da produção de energia elétrica e da produção de calor útil dividido pelo consumo de combustível utilizado na produção de calor num processo de cogeração e na produção bruta de energia elétrica e mecânica, sendo a eficiência calculada com base no poder calorífico líquido dos combustíveis (também denominado poder calorífero inferior).

$$G\eta = \frac{E + T}{C} \times 100 = \frac{13.838.060 + 22.122.255}{59.417.911} \times 100 = 60,5\% \quad (5)$$

**Rendimento elétrico equivalente**- A legislação portuguesa define o rendimento elétrico equivalente REE por forma a avaliar o rendimento efetivo da instalação de trigeração. Para o presente caso como a central funciona a gás natural o REE têm de ser superior a 55% sendo dada pela seguinte expressão

$$REE = \frac{E}{C - \frac{T}{0,9}} = \frac{22.122.255}{59.417.911 - \frac{13.838.060}{0,9}} = 50,2\% \quad (6)$$

Analisando o fornecimento de energia elétrica aos clientes finais de eletricidade podemos verificar que este é suportado por um sistema centralizado de produção baseado em centrais termoelétricas de grande potência e um sistema de transporte de energia de longas distâncias. A central de cogeração/trigeração do *Norteshopping*, embora apresente um rendimento elétrico equivalente abaixo das mais

recentes centrais de cogeração/trigeração constituiu ao longo dos últimos treze anos um meio de produção alternativo ao sistema centralizado evitando o custo de produção e transporte dessa energia pelas centrais convencionais e reduzindo o impacto ambiental.

## 5 Enquadramento jurídico cogeração/trigeração

DL 538/1999 - Regulamenta a atividade de cogeração.

DL 313/2001 - Modifica o clausulado do DL 538/1999.

Declaração de Retificação 8-B/2002 - Corrige o DL 313/2001.

DL 68/2002 e Portaria 764/2002 - Regulamenta a Produção de eletricidade de baixa tensão (microgeração).

P 399/2002 - Disposições sobre a aplicação do DL 313/2001.

DL 363/2007 - Regulamenta a microprodução.

DL 23/2010 - Estabelece o regime jurídico e remuneratório aplicável à energia elétrica e mecânica e de calor útil produzidos em cogeração.

## 6 Conclusões

A Cogeração/Trigeração desempenha um importante papel no esforço de redução de emissões de CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito de estufa, pois o carácter integrado da trigeração implica maiores taxas de conversão de energia e, por conseguinte, menores emissões poluentes.

A vantagem resultante para o sector energético da utilização da cogeração/trigeração é importante referir, que na sua maioria dizem respeito à produção de eletricidade. As centrais de trigeração produzem três formas de energia útil, eletricidade, calor e frio, a partir da queima de um combustível. Comparando com as centrais convencionais consegue-se o reaproveitamento da energia desperdiçada sob a forma de energia térmica, aumentando desta forma claramente o rendimento, que nas centrais convencionais situar-se-iam entre os 30% e os 50% enquanto que os de produção de calor situar-se-iam entre os 85% e os 95%, facilmente se percebe que o potencial na melhoria dos rendimentos de conversão só existe, na prática, no lado da produção de eletricidade.

Um facto importante a retirar é que o custo de produção do calor, frio e da eletricidade nestas unidades é diretamente afetado, pelo custo do combustível consumido. Se o consumidor de calor já está familiarizado com essa indexação permanente de energia térmica, a aquisição de eletricidade no mercado, regulado ou liberalizado, não agrega uma atualização direta, porque vigora o método de estabilidade dos preços. Se é um facto que os projetos de cogeração/trigeração melhoram a eficiência energética, não se pode dispensar a existência de uma remuneração da eletricidade de cogeração, que agregue, em cada momento, um mecanismo de indexação aos preços dos combustíveis em detrimento de uma criação de tarifários.

### Bibliografia

- Azevedo, João L. Toste, *Apontamentos sobre cogeração*, IST 2001
- Sérgio da Silva Brandão, *Cogeração*, UC, 2004.
- Rui M.G. Castro, *Introdução à cogeração*, DEEC/IST, 2009
- Álvaro Brandão Pinto, *Palestra, O Futuro da Cogeração*, FEUP
- Decreto Lei nº23 /2010 de 25 de Março
- Pedro Rocha, *NORTESHOPPING*, 2011
- DGEG-Direcção Geral de Energia e Geologia, *Renováveis* <http://www.dgeg.pt>
- GALP ENERGIA <http://www.galp.pt/>
- ADENE <http://www.adene.pt>
- COGEN Portugal <http://www.cogenportugal.com>
- COGENERATION <http://cogeneration.net/>

### CURIOSIDADE



mestrado em engenharia eletrotécnica  
**sistemas elétricos de energia**

2012 / 2013



inscreve-te eletronicamente na página:

[www.isep.ipp.pt/mestrados](http://www.isep.ipp.pt/mestrados)

- energias renováveis
- gestão empresarial
- projetos de instalações elétricas
- tecnologias e equipamentos

mais informações em: [www.dee.isep.ipp.pt](http://www.dee.isep.ipp.pt)

**engenheiros competitivos para a indústria elétrica**



## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



**Alfredo Verónico da Silva**

**alfredo@sgotf.pt**

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica - Sistemas Elétricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Aluno de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica -Sistemas Elétricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Responsável pedagógico na entidade formadora SGO-Tecnologia e Formação, Lda.



**António Augusto Araújo Gomes**

**aag@isep.ipp.pt**

Mestre (pré-bolonha) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.  
Doutorando na Área Científica de Sistemas Elétricos de Energia (UTAD).  
Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999.  
Coordenador de Obras na CERBERUS - Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999.  
Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica.  
Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 1999.



**António Silva**

**antonio.silva@efapel.pt**

Engenheiro Eletrotécnico licenciado pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.  
Responsável pelo Serviço de Apoio Técnico da EFAPEL- Empresa Fabril de Produtos Elétricos, S.A."



**Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva**

**hjs@isep.ipp.pt**

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica, em 1979, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, opção de Produção, Transporte e Distribuição de Energia.  
Diploma de Estudos Avançados em Informática e Eletrónica Industrial pela Universidade do Minho.  
Mestre em Ciências na área da Eletrónica Industrial.  
Professor Adjunto Equiparado do ISEP, lecionando na área da Teoria da Eletricidade e Instalações Elétricas.



**Infocontrol – Eletrónica e Automatismo, Lda**

**www.infocontrol.pt**

O Grupo Infocontrol é formado por um conjunto de empresas comerciais especializadas em engenharia, que operam nas áreas da Indústria, Edifícios e Segurança. A sua atividade baseia-se na inovação, precisão técnica e no apoio que presta a todos os clientes. As empresas do Grupo (Infocontrol, QEnergia e Novalec) cooperam particularmente com projetistas e empresas de engenharia nas seguintes áreas: Medida, Gestão, Informação, Segurança.



**José António Beleza Carvalho**

**jbc@isep.ipp.pt**

Nasceu no Porto em 1959. Obteve o grau de B.Sc em engenharia eletrotécnica no Instituto Superior de Engenharia do Porto, em 1986, e o grau de M.Sc e Ph.D. em engenharia eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em 1993 e 1999, respetivamente.  
Atualmente, é Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Director do Departamento.

## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



**Miguel Leichsenring Franco**

**m.franco@schmitt-elevadores.com**

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Master in Business Administration (MBA) com especialização em Marketing pela Universidade Católica Portuguesa – Lisboa.

Licenciado em Administração e Gestão de Empresas pela Universidade Católica Portuguesa – Porto.

Administrador da Schmitt-Elevadores, Lda.



**Pedro Manuel Pereira Costa**

**1070173@isep.ipp.pt**

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica - Sistemas Elétricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto

Aluno de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica -Sistemas Elétricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto

Formador Profissional na área de Eletrónica e Energia na SGO-Tecnologia e Formação, Lda



**Roque Filipe Mesquita Brandão**

**rfb@isep.ipp.pt**

Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Elétricos de Energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Professor Adjunto no Instituto Superior de Engenharia do Porto, departamento de Engenharia Eletrotécnica.

Consultor técnico de alguns organismos públicos na área da eletrotecnia.



**Rui Manuel de Moraes Sarmiento**

**rms@isep.ipp.pt**

Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica, pela FEUP. Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, pela FEUP.

Diretor de planeamento e produção na empresa FERSEQUE, entre 1982 e 1987

Diretor e coordenador de Cursos de Ação de Formação em Controlo da Qualidade, ISEP entre 1989 e 2001

Assistente das disciplinas Física Atómica e Termodinâmica dos Cursos de Eng<sup>a</sup> Química e Eng<sup>a</sup> Civil, da FEUP em 1975.

Professor Adjunto do Quadro do Instituto Superior de Engenharia do Porto, em 1993



**Sérgio Filipe Carvalho Ramos**

**scr@isep.ipp.pt**

Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Elétricos de Energia, pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Aluno de doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores no Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Docente do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do curso de Sistemas Elétricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001.

Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações elétricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica.

Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 2002.



**Vera Lúcia Paiva da Silva**

Licenciatura e Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e Eletrónica no Imperial College London.

Ocupa atualmente a posição de "Expert Research Engineer" no Departamento de Funcionamento e Economia dos Sistemas de Energia na Unidade de Investigação e Desenvolvimento (EDF R&D) da Eletricidade de França (EDF SA) tendo exercido anteriormente (2009-2011) o cargo de Gestora de Projetos na mesma empresa.

## CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO PÓS-GRADUADA EM Projeto de Instalações Elétricas

### OBJETIVOS

Promover competências aos pós-graduados no âmbito do projeto, execução, exploração e utilização de instalações elétricas de serviço público e serviço particular e, de uma forma integrada, abordar todos os assuntos relacionados com a conceção de instalações elétricas de média e baixa tensão.

### DESTINATÁRIOS

O curso destina-se a bacharéis, licenciados e mestres recém formados na área da Engenharia Eletrotécnica e/ou Engenharia Eletrónica, assim como quadros no activo que pretendam atualizar conhecimentos ou adquirir competências no âmbito da conceção e utilização de instalações elétricas.

### PLANO CURRICULAR

- Equipamentos e Sistemas de Proteção
- Instalações Elétricas
- Técnicas e Tecnologias de Eficiência Energética
- Projeto Integrador

### LOCAL

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto

Tel. 228 340 500 – Fax: 228 321 159

Info: [jbc@isep.ipp.pt](mailto:jbc@isep.ipp.pt)

