

# 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.



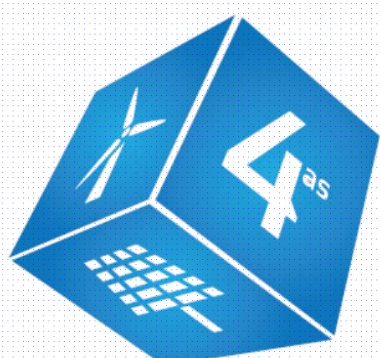
No âmbito do tema “Divulgação”, que pretende divulgar os laboratórios do Departamento de Engenharia Eletrotécnica, onde são realizados alguns dos trabalhos correspondentes a artigos publicados nesta revista, nesta edição apresenta-se o Laboratório de Sistemas Digitais.

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.

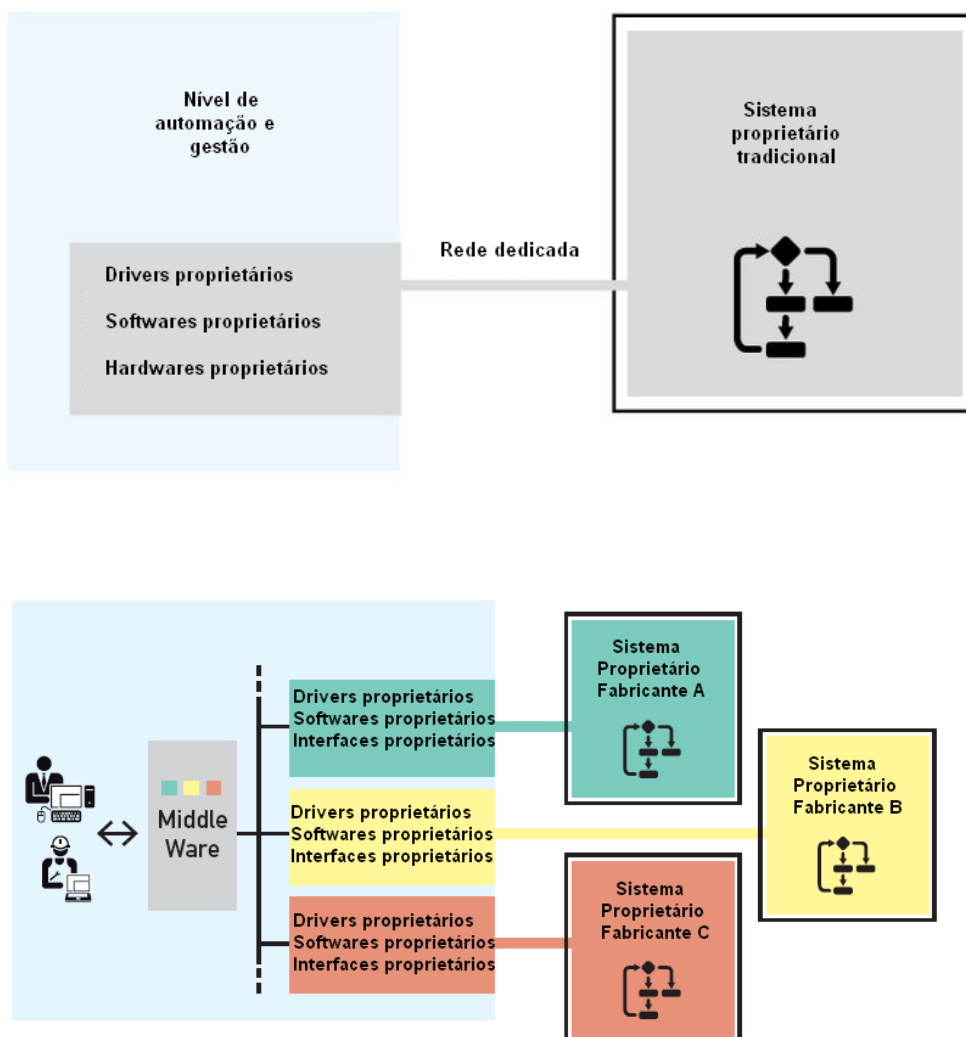
## Servidor de Automação e Automação LEAN Para uma GTC mais otimizada

### 1. Servidor de automação – Integração de diversos protocolos em plataforma única compatível com as tecnologias web/IT

Durante muito tempo, os integradores e instaladores foram confrontados pelos diversos fabricantes de automação por desenvolvimentos que faziam com que os clientes finais ficassem cada vez mais presos às suas soluções proprietárias

com softwares dedicados, redes dedicadas e drivers dedicados.

E o paradigma de uma instalação facilmente se torna num conjunto heterogéneo de diferentes soluções proprietárias como se de ilhas isoladas se tratassem ou com a necessidade de software SCADA com drivers e interfaces para todas essas soluções.



A alternativa a esse paradigma é o Servidor de Automação.

O Servidor de Automação pode ser um conceito relativamente novo na automação, mas é baseado em tecnologias já comprovadas e estabilizadas.

Sendo os autômatos da SAIA multiprotocolo, é possível um autômato funcionar como gateway para autômatos de outros fabricantes, garantindo desse modo a abertura para sistemas de automação normalmente proprietários.

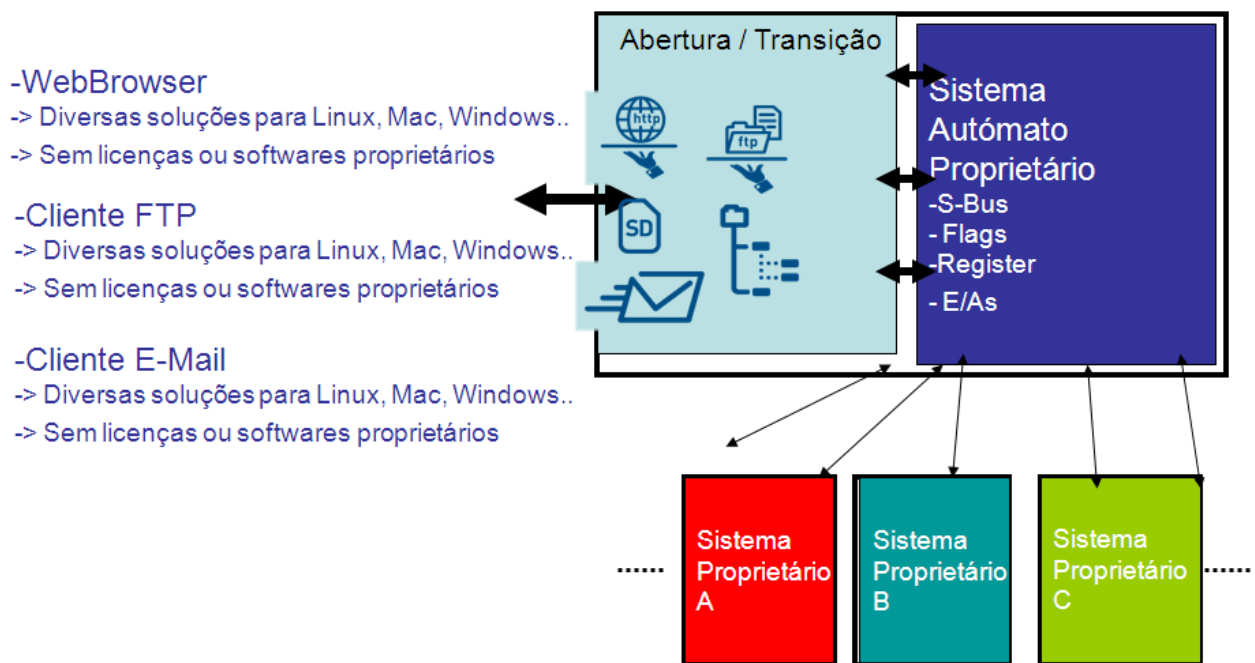
É uma combinação de funcionalidades Web e IT com interfaces standard e universais que foram incorporados diretamente no autômato programável, permitindo ao utilizador um acesso aos recursos proprietários da unidade.

Servidor Web, servidor FTP, cliente SMTP e sistema de ficheiros estão localizados diretamente no autômato, sem a necessidade de aquisição de componentes externos adicionais.

Estas funcionalidades permitem ao utilizador, a partir do seu próprio ambiente de trabalho e usando ferramentas comuns como um browser Web, aceder diretamente ao autômato e ler e escrever dados.

O operador não precisa mais de comprar as tais ferramentas proprietárias dispendiosas; não precisa mais de interfaces proprietários e drivers do fabricante; nem tem mais problemas com dados em formatos proprietários.

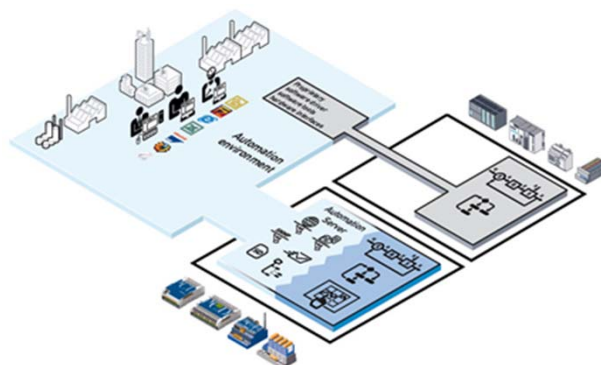
### Servidor de automação



## 2. Lean Automation – Otimizar, remodelar e expandir a GTC durante o tempo de vida da instalação

Normalmente, a solução de Gestão Técnica Centralizada adjudicada é aquela cujo investimento seja o mais reduzido possível, cumprindo minimamente os requisitos de controlo e de funcionamento exigidos em CE e definidos nas normas aplicáveis.

Na prática, isso significa que algumas funcionalidades e características, essenciais para a exploração e a manutenção da instalação ao longo dos anos seguintes, são minimizadas ou mesmo eliminadas de modo a tornar a solução mais barata. Só que, por norma, a maior percentagem de custos dá-se durante o ciclo de vida de um edifício e quase sempre acontece que o barato acaba por sair muito caro ao cliente final...



### Antes – Importante: Custo inicial



### Peace of Mind – Importante: Custo ao longo do tempo de vida da instalação



A aplicação do conceito Lean à GTC conduz a uma otimização da instalação com base na Cadeia de Valor: Projetista, Consórcio, Integrador da GTC, Fiscalização, Cliente Final e Responsáveis por Exploração e Manutenção.

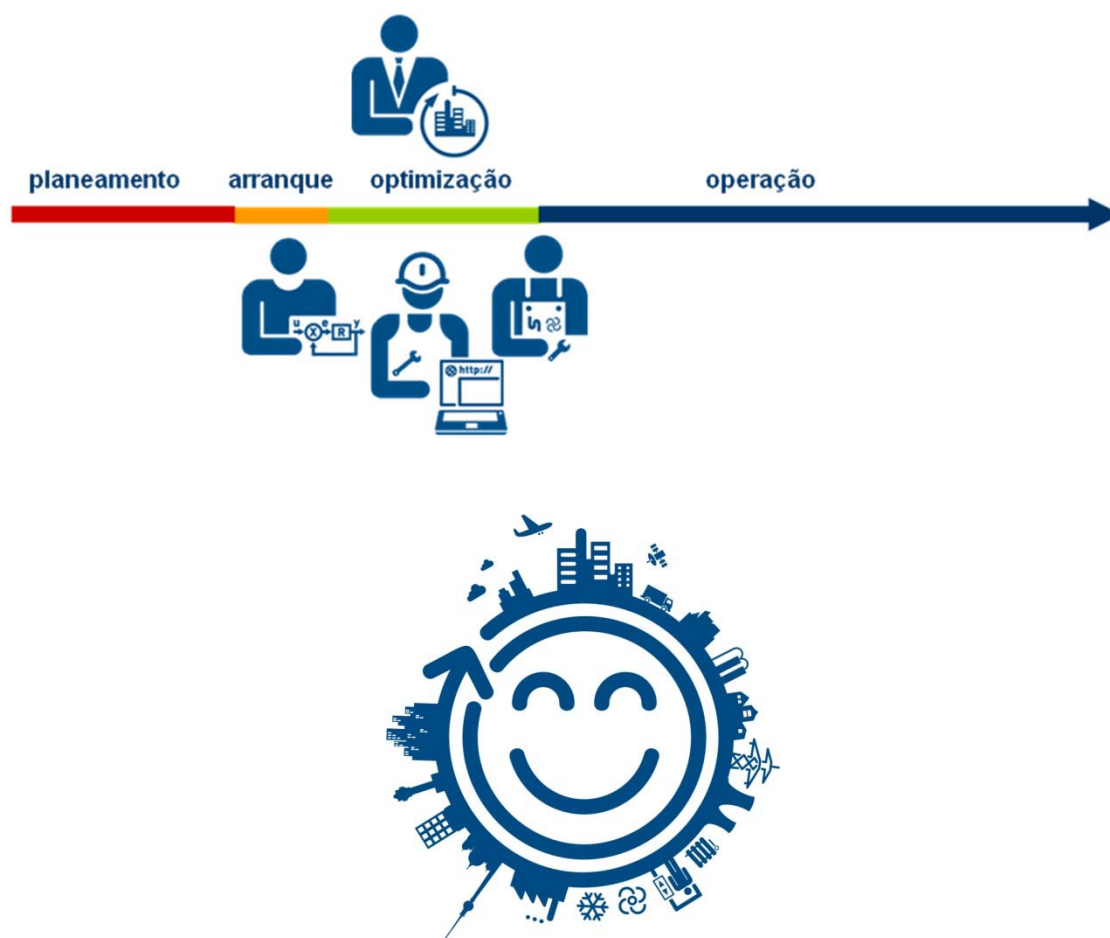
Todos estes agentes deverão ter uma participação ativa no processo de decisão – no momento de planeamento e adjudicação - e melhoria – no momento do arranque, com a necessidade de otimização da instalação - , com vista a ter uma instalação que preencha os requisitos do consórcio de construção – Solução economicamente competitiva – e os requisitos do Cliente Final – Solução que acompanhe o tempo de vida da instalação.

De modo a conseguir-se este objetivo, a GTC deverá ser o mais aberta – integração de outras tecnologias/sistemas, quer sejam de automação como IT -, flexível – facilidade de remodelação e expansão futuras com custos reduzidos – e versátil – facilidade de adaptação às diversas circunstâncias quer no arranque da instalação como durante o tempo de vida do edifício.

A solução de GTC da Infocontrol vai ao encontro deste objetivo já que reúne todas as características atrás indicadas, tendo a Infocontrol já diversas referências em que este conceito foi decisivo no momento de adjudicação.

### Lean Automation :

Remodelação, optimização e expansão fácil durante o tempo de vida da instalação!





## 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 consultadoria 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 Sarmento**

**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)

