



NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica

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

Voltamos à Vossa presença com mais uma edição da nossa revista Neutro-à-Terra.

Estamos certos que a qualidade dos artigos publicados nesta edição seguramente que compensarão a curiosidade e o interesse de todos os nossos habituais leitores, que nos privilegiam com o seu interesse desde o início das nossas publicações.

Já são 12 anos em que sem interrupções honramos o compromisso que temos convosco.

José Beleza Carvalho, Professor Doutor



Máquinas e Veículos Elétricos



Produção, Transporte e Distribuição Energia



Instalações Elétricas



Telecomunicações



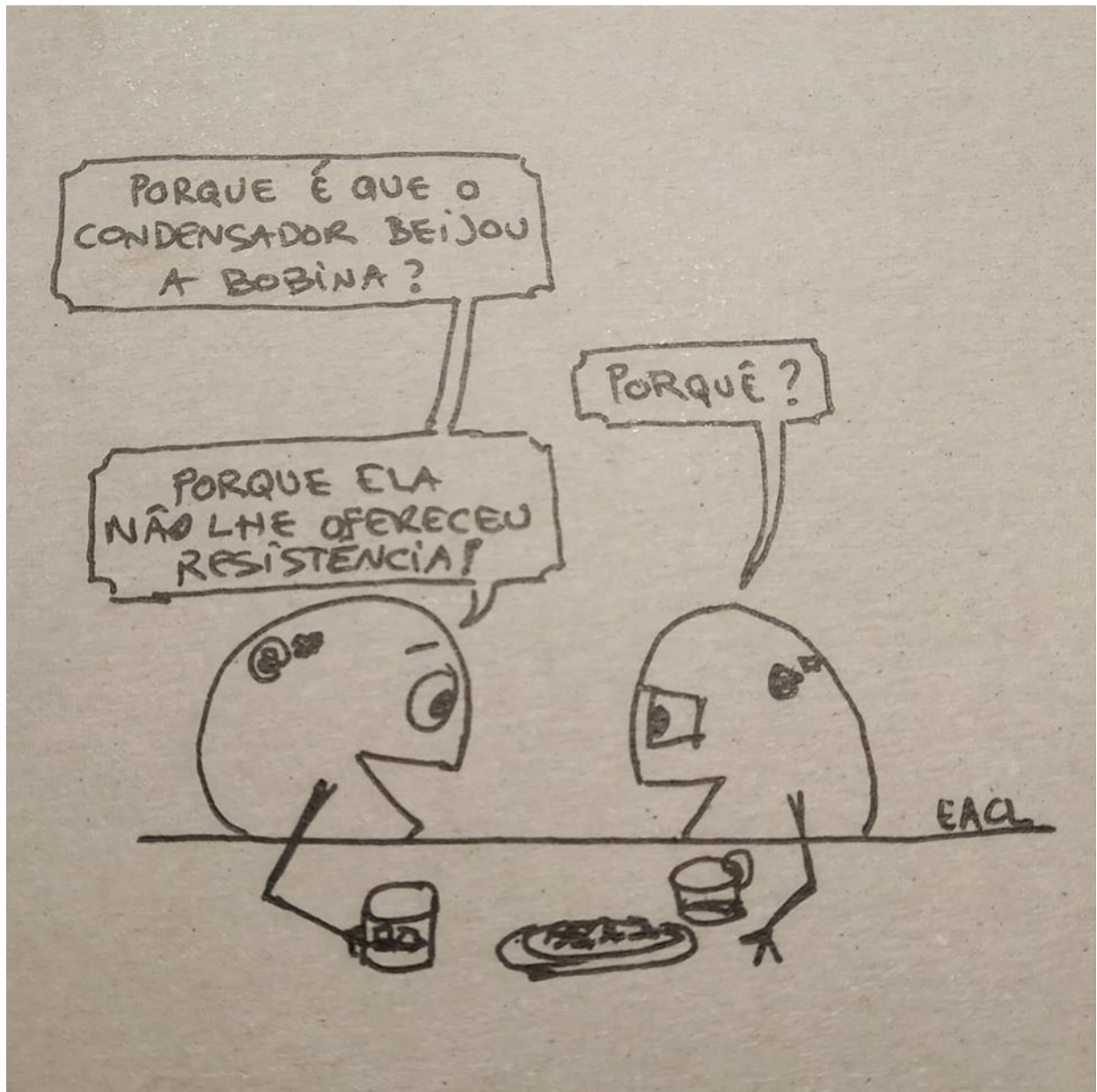
Segurança



Gestão de Energia e Eficiência Energética



Automação, Gestão Técnica e Domótica



- Editorial	5
- Rede Nacional de Transporte Célia Maria dos Santos Carneiro	9
- Potencial Energético das Correntes de Maré na Ria de Aveiro João Pedro Pereira da Rocha, J.Dias	25
- Syzing and Analisis of a Photovoltaic System for Self-consumption César M. S. Santos	37
- Solar Power Support of Luxury Boat Aleksandra Wawrzyniak	43
- Evolução das Classes de Rendimento de Motores Eléctricos Pedro Miguel Azevedo de Sousa Melo	53
- Experimental analysis of a DC current-controlled variable inductor in a DC-DC converter André P. Mendes; Bruno Baptista; Marina S. Perdigão; André M. S. Mendes	61
- A Engenharia ao Serviço da Segurança Alexandre Chamusca	71
- Regulamentos técnicos no âmbito das instalações eléctricas António Augusto Araújo Gomes	75
- Autores	

FICHA TÉCNICA

DIRETOR:	José António Belezza Carvalho, Doutor
SUBDIRETORES:	António Augusto Araújo Gomes, Eng. Roque Filipe Mesquita Brandão, Doutor Sérgio Filipe Carvalho Ramos, Doutor
PROPRIEDADE:	Área de Máquinas e Instalações Eléctricas Departamento de Engenharia Electrotécnica Instituto Superior de Engenharia do Porto
CONTATOS:	jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt

Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Dimensionamento e Proteção de Canalizações Elétricas
Autor: António Augusto Araújo Gomes, Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva, José António Beleza Carvalho
Editora: Publindústria
Data de Edição: 2017
ISBN: 9789897232046
Nº Páginas: 114
Encadernação: Capa mole

Sinopse:

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, selecionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Dimensionamento e Proteção de Canalizações Elétricas

SOBRE O LIVRO

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas.

Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o dimensionamento e proteção de canalizações elétricas aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação nas quais sejam intervenientes, selecionar o tipo de canalização e o modo de instalação mais adequados, de forma a maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como os custos de execução e exploração das instalações.

SOBRE OS AUTORES

António Augusto Araújo Gomes

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto – licenciado em Eletricidade (que inclui) em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Obra na CEFAEPUS – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Realto à Terra – Gabinete de Engenharia, Lda (2002 a 2006). Prestação de serviços de formação e supervisão de pessoal e apoio consultivo no âmbito das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética, a diversas entidades nomeadamente: NORVIA – Consultores de Engenharia, S.A.; Schmalz – Engenharia e Serviços, Lda; ENERPO – Consultores de Engenharia, Lda; EG – Instituto de Substância e Qualidade, Químicas – Fabrica de Quadros Elétricos, S.A.; EP – Instituto Eletrotécnico Português; CEMETEC – Centro de Energia e Tecnologia; ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações; IET – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico; ENX – Agência de Energia Entre Douro e Vouga.

Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica, ramo de Produção, Transporte e Distribuição de energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Mestre (gr. Bolonha) em Engenharia Industrial, pela Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Professor Adjunto Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

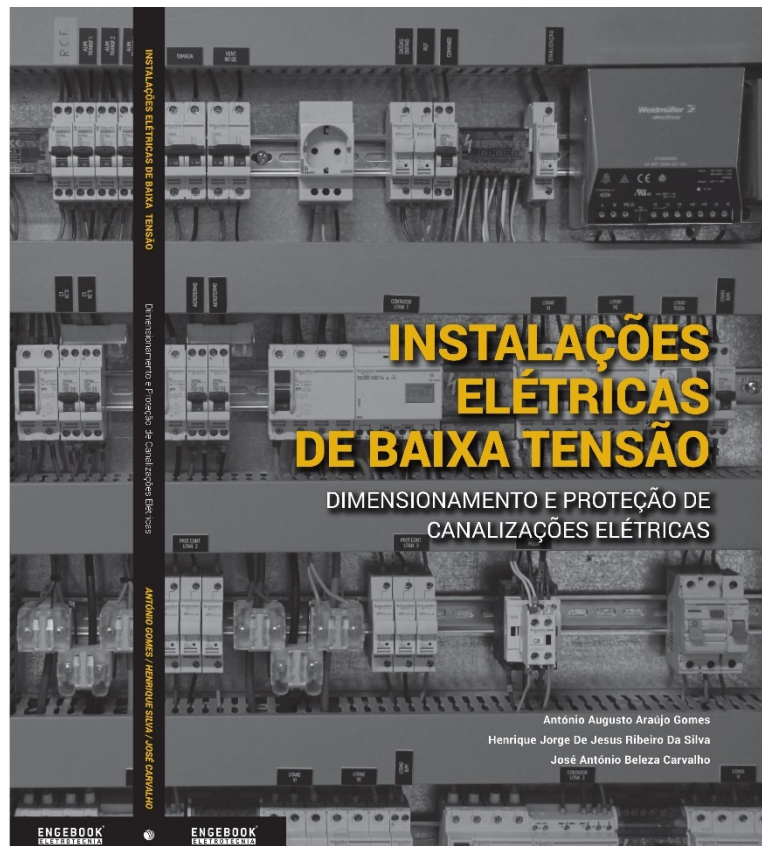
José António Beleza Carvalho

Bacharel em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto; Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Diretor do Departamento, vogal e direção de Escola Tecnológica de Vals de Camarã como investigador do Instituto Politécnico do Porto. Autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor de revista neutro-ôter e integrou vários júris de provas públicas de doutoramento e para a câmara do ensino superior.

ENGEBOOK

Família Empresarial de Famílias Instaladoras Elétricas

Com o apoio de **Lifa** **Om** **Schneider Electric** **Weidmüller**



Estimados leitores

Um pouco mais tarde que o habitual, pois os afazeres dos responsáveis pela edição da revista no fim de um ano letivo numa escola prestigiada de Engenharia são sempre muitos e complicados, voltamos à Vossa presença com mais uma edição da nossa revista Neutro-à-Terra. Estamos certos que a qualidade dos artigos publicados nesta edição seguramente que compensarão a curiosidade e o interesse de todos os nossos habituais leitores, que nos privilegiam com o seu interesse desde o início das nossas publicações. Já são 12 anos em que sem interrupções honramos o compromisso que temos convosco.

Numa revista focada nas áreas de especialização da Engenharia Eletrotécnica, tem sido falha dos editores a não apresentação de um artigo técnico-científico que apresente de uma forma clara e suficientemente desenvolvida o funcionamento de um Sistema Elétrico de Energia, ou seja, a produção, o transporte e distribuição de energia elétrica que todos usufruímos diariamente nas nossas atividades. Esta falta é compensada nesta edição da nossa revista, com apresentação de um artigo muito interessante sobre a Rede Nacional de Transporte e o funcionamento do Sistema Elétrico de Energia Português, da autoria da Engenheira Célia Carneiro, Mestre em Engenharia Eletrotécnica pelo ISEP, e operadora responsável no Centro de Operações da Rede de Muito Alta Tensão, localizado em Vermoim.

Os trabalhos de investigação desenvolvidos no ISEP, fundamentalmente no âmbito do desenvolvimento de Dissertações de Mestrado, permitem a realização de artigos científicos de elevada qualidade. Nesta edição publica-se dois artigos científicos em Inglês, *“Syzing and Analisis of a Photovoltaic System for Self-Consumption”* e *“Solar Power Support Of Luxury Boat”*, mantendo assim o compromisso que temos em regularmente publicar artigos científicos em língua Inglesa, fundamentalmente destinados aos nossos leitores dos países Anglo-Saxónicos. Ainda neste âmbito, merece particular destaque um artigo científico publicado conjuntamente por 2 investigadores da WEG e do Departamento de Engenharia Eletrotécnica da Universidade de Coimbra, *“Experimental Analysis of a DC Current-Controlled Variable Inductor in a DC-DC Converter”*.

No âmbito das Máquinas Elétricas, como tem sido habitual nas nossas recentes edições, publica-se mais um interessante artigo da autoria do Eng^o Pedro Melo, neste caso sobre a *“Evolução das Classes de Rendimento de Motores Elétricos”*, onde se apresenta uma síntese da evolução das classes de rendimento de motores elétricos de alcance internacional. Começando pelo acordo CE/CEMEP, no contexto europeu, referindo depois as sucessivas normas internacionais CEI, as quais traduzem a evolução da classificação IE.

Nesta edição da nossa revista merecem ainda destaque alguns artigos de elevado valor técnico e científico. Apresenta-se um artigo sobre *“Potencial Energético das Correntes de Maré na Ria de Aveiro”*, onde é feita uma abordagem ao aproveitamento da energia cinética existente no movimento de água induzido pela propagação das marés na produção de energia elétrica. Apresenta-se também um artigo sobre *“A Engenharia ao Serviço da Segurança”*, onde são abordadas as exigências crescentes que se fazem sentir nesta crescente área de negócio. Finalmente, mas não de menor importância, apresenta-se um artigo sobre *“Regulamentos Técnicos no Âmbito das Instalações Elétricas”*, da autoria do Eng^o António Gomes, um especialista que tem vindo aprofundar este assunto nas suas atividades profissionais e também em publicações que tem efetuado sobre o assunto.

Fazendo votos que esta 23^a edição da nossa revista *“Neutro à Terra”* vá novamente ao encontro das expectativas dos nossos leitores, estes semestre um pouco mais tarde que o habitual, mas com artigos de elevado valor técnico e científico, apresento os meus cordiais cumprimentos.

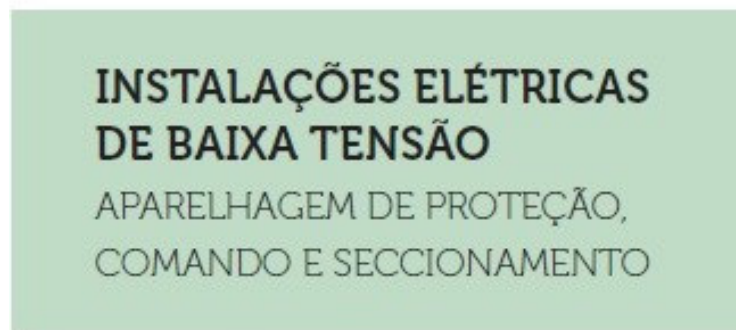
Porto, julho de 2019

José António Beleza Carvalho

Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Aparelhagem de Proteção, Comando e Seccionamento
Autor: António Augusto Araújo Gomes, Sérgio Filipe Carvalho Ramos, André Fernando Ribeiro de Sá
Editora: Publindústria
Data de Edição: Engebook
ISBN: 9789898927187
Nº Páginas: 226
Encadernação: Capa mole

Sinopse:

A obra Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Aparelhagem de Proteção, Comando e Seccionamento pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de Engenharia Eletrotécnica, bem como a Técnicos Responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser, ainda, uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, tecnológicos, normativos e regulamentares sobre a aparelhagem de proteção, comando e seccionamento de baixa tensão, aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação na qual sejam intervenientes, maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como reduzir os custos de execução e exploração das instalações.



ENGEBOOK **ELEOTECNIA**

António Gomes
 Sérgio Ramos
 André Sá



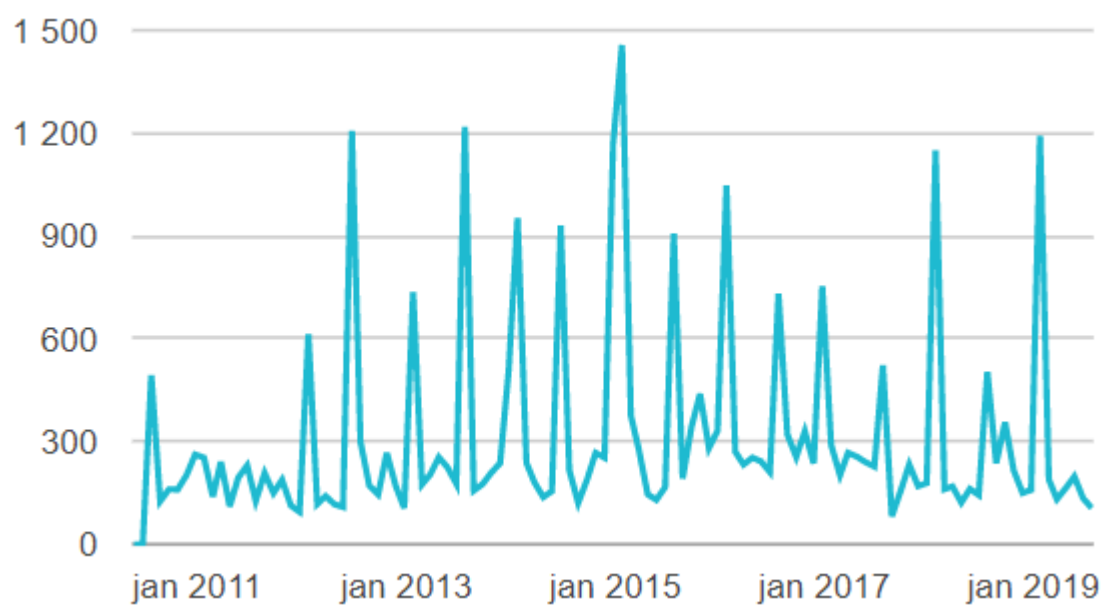
Blog:

www.neutroaterra.blogspot.com

Histórico de visualizações

34 401

Entrada	Visualizações de páginas
Portugal	25725
Estados Unidos	2950
Brasil	1956
Alemanha	531
França	445
Rússia	432
Angola	242
Reino Unido	205
Ucrânia	190
Espanha	137





REDE NACIONAL DE TRANSPORTE

1. Rede Nacional de Transporte

Nos dias de hoje, a energia elétrica é um fator determinante na evolução da sociedade, ora no sector doméstico ora no sector industrial. A dependência do homem em utilizar eletricidade, levou a que o consumo aumentasse ao longo do tempo. Em 2017, o consumo de energia elétrica em Portugal totalizou 49,6 TWh, registando-se o valor mais elevado desde 2011. [1] Deste modo, torna-se indispensável que a segurança e qualidade de abastecimento de energia elétrica tenham um elevado grau de fiabilidade por parte do funcionamento das redes.

O Sistema de Elétrico Nacional (SEN) é um sistema complexo, abraçando a produção, transporte, distribuição e comercialização de energia elétrica, Figura 1.

Todas as fases do SEN têm como princípio a racionalidade e eficiência dos recursos, de modo a, permitir uma eficiência maior sem que sejam necessárias obrigações adicionais por parte dos seus intervenientes.

Nos últimos anos tem-se assistido a uma profunda alteração no parque electroprodutor, com um acentuado crescimento dos aproveitamentos de fontes de energia renovável. Além das clássicas centrais térmicas (Figura 2) e centros electroprodutores hídricos (Figura 3), têm-se ligado à RNT centrais eólicas (Figura 4) e mais recentemente centrais solares (Figura 5). Estes centros, encontram-se em locais estratégicos e distantes, predominantemente na região norte e centro, enquanto que os grandes centros de consumo se localizam mais no litoral, por exemplo as cidades do Porto e Lisboa.

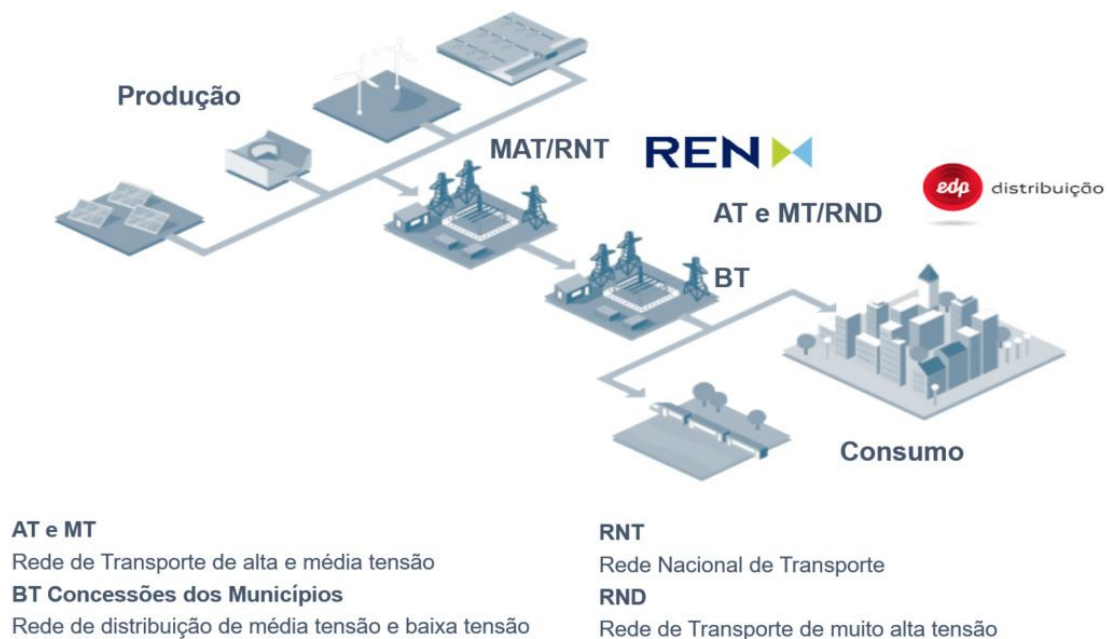


Figura 1 - Sistema Elétrico de Energia



Figura 2 - Central Termoelétrica do Carregado



Figura 3 - Aproveitamento hidroelétrico do Alqueva.



Figura 4 - Parque Eólico da Serra dos Candeeiros



Figura 5 - Central fotovoltaica de Ourika²

Posteriormente, a energia é conduzida através da rede de transporte e encaminhada para a rede de distribuição (AT, MT, BT), de modo a, chegar aos consumidores finais. A rede de transporte constitui assim uma parte fundamental da cadeia de valor do sistema elétrico nacional.

2. Caracterização da Rede Nacional de Transporte

A REN, Redes Energéticas Nacionais, S.A., é a empresa concessionária da Rede Nacional de Transporte (RNT), ligando os produtores (EDP Produção, Tejo Energia, etc.) e os consumidores, assegurando o equilíbrio entre a procura e a oferta de energia elétrica e o funcionamento dos mercados de energia. A RNT abastece a rede nacional de distribuição (RND), à qual estão ligados a maioria dos consumidores finais, 6 400 227 em Baixa Tensão, 23 397 em Média Tensão e cerca de 302 em Alta e Muito Alta Tensão. [3]

A concessão da RNT foi atribuída à REN pelo Estado Português, em regime de serviço público e de exclusividade, de acordo com o artigo 69 do Decreto de Lei número 29/2006 de 15 de fevereiro. [4] A REN fica encarregue da atividade de transporte de eletricidade em MAT (tensão acima dos 110 kV), e conseqüentemente, do planeamento, construção, operação e manutenção da RNT, abrangendo ainda a gestão técnica global do SEN. Em suma, tem a obrigação de assegurar o correto funcionamento da infraestrutura e dos diversos elementos que constituem a RNT, assim como, a continuidade de serviço e a segurança de abastecimento de eletricidade.

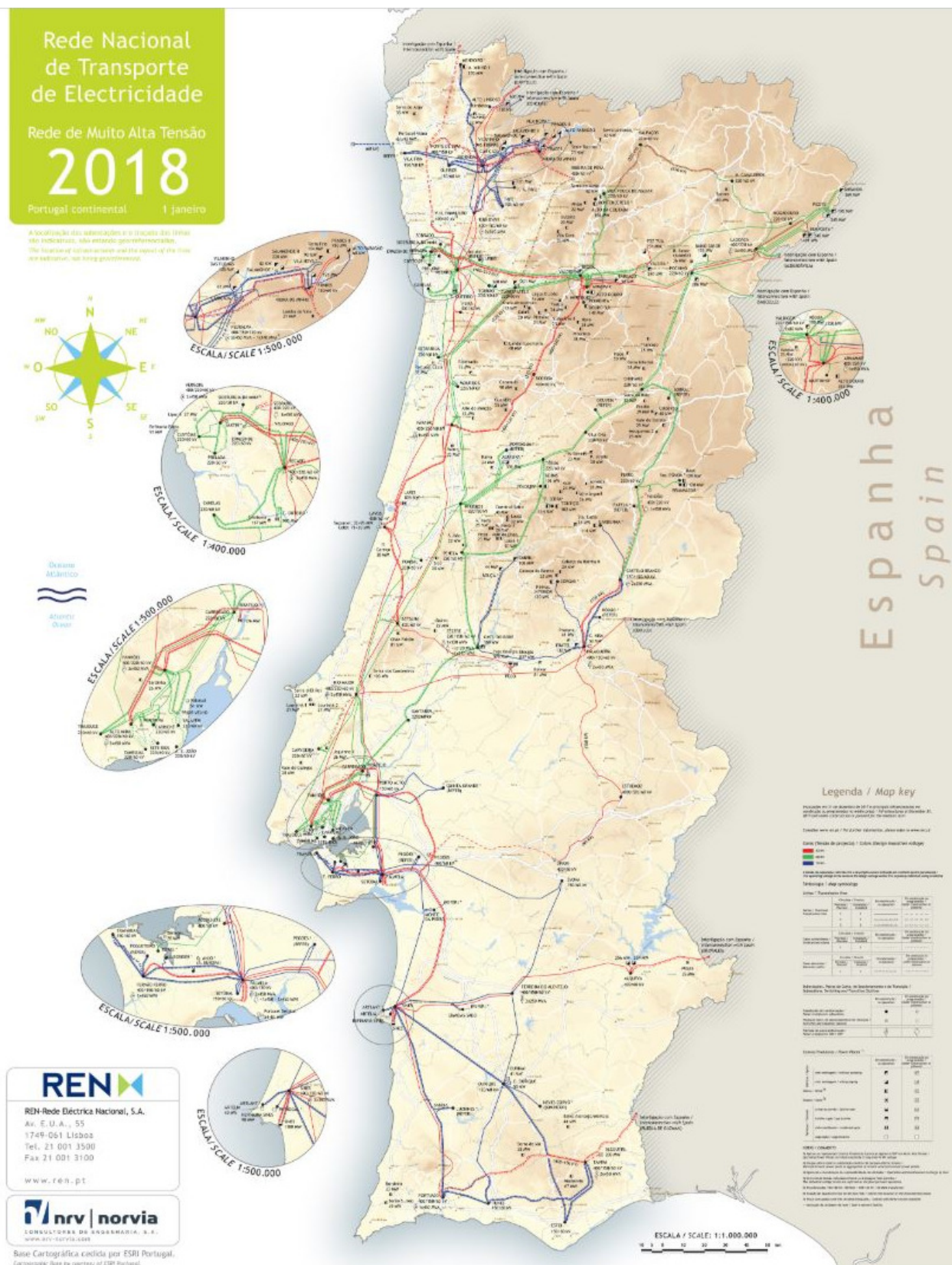


Figura 7 - Rede Nacional de Transporte 2018 [7]

As interligações com Espanha e, ao mesmo tempo, com a rede europeia síncrona, são de extrema importância, uma vez que, possibilitam um apoio bilateral em caso de distúrbios na rede elétrica e, adicionalmente a existência de um mercado de eletricidade. [8] No Gráfico 1 podemos observar a evolução da constituição da rede, onde é possível verificar que ao longo dos anos houve um grande investimento na RNT, surgindo mais linhas de 400 kV e de 220 kV, assim como de transformadores.

3. Gestão Global do Sistema

A gestão global do SEN é garantida através de sistemas de supervisão, controlo e proteção em tempo real, apoiados de tecnologia potente e telecomunicações avançadas.

É necessário assegurar o fornecimento ininterrupto de eletricidade, ao menor custo, satisfazendo os critérios de qualidade e de segurança. O equilíbrio entre a oferta e a procura de energia elétrica deverá ser mantido a todo instante, garantindo os interesses legítimos dos intervenientes no mercado energético, ou seja, entre produtores, distribuidores, comercializadores e consumidores.

A gestão do sistema é composta por 4 grupos de atuação, Operação da Rede, Despacho Nacional, Sistemas de desenvolvimento e Operação de Mercado, Figura 8, sendo que todas interagem entre si. Na REN cada grupo de atuação constitui um departamento da direção de gestão de sistema.

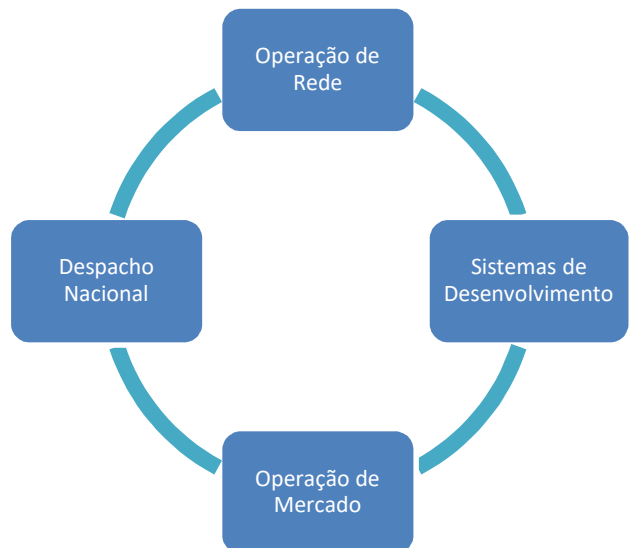


Figura 8 - Organização do Gestão Global do Sistema

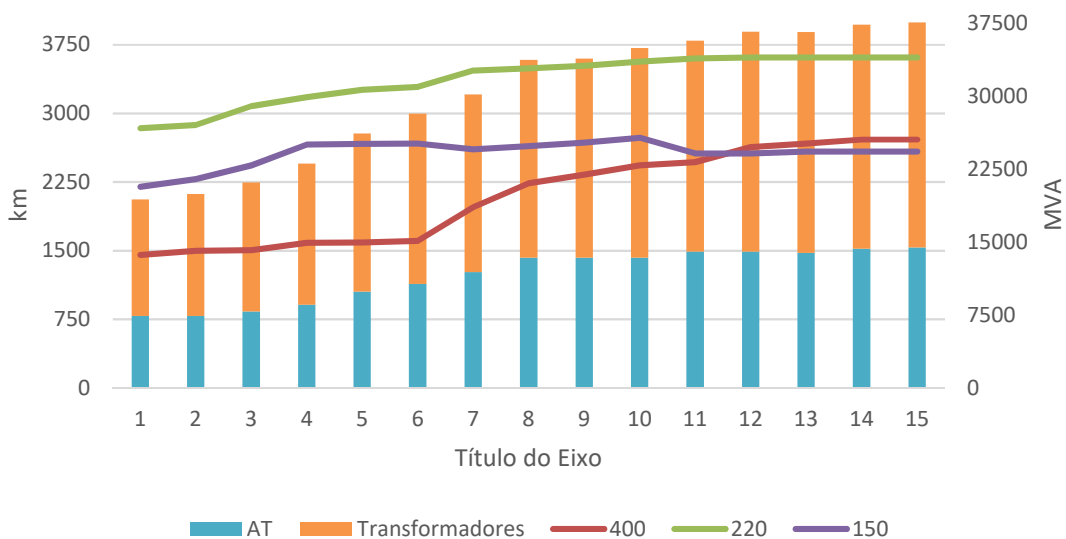


Gráfico 1 - Evolução da infraestrutura da RNT

a. Despacho Nacional

A principal missão do Despacho Nacional (DN) é coordenar o funcionamento do sistema elétrico, garantindo a segurança do sistema e assegurando o equilíbrio entre a procura e a oferta de energia, de modo que, o SEN forneça toda a energia necessária para alimentar a carga do sistema. [9] Em Portugal, existem 6 425 999 consumidores ligados ao SEN. [3]

Todavia, a carga não é um valor estável ao longo do ano, ou até mesmo ao longo do dia, sofrendo variações significativas de acordo com a atividade humana, e com um grande número de fatores, separando-se em fatores temporais e climáticos. Os fatores temporais baseiam-se na periodicidade diária e semanal, e época sazonal (sábado, domingo, verão, natal, entre outras). Por outro lado, os fatores climáticos, incluem temperatura, humidade, velocidade do vento e visibilidade. [6] As avarias inesperadas e os fenómenos naturais anómalos também afetam o valor da carga. No Gráfico 2 é possível observar-se a variação do consumo ao longo do dia 13/10/2018, dia da passagem da tempestade Leslie por Portugal, e no Gráfico 3, o consumo no dia 23/06/2019, dia de festejo do S. João em diversos pontos do país. [10]

Nos gráficos é possível observar-se alterações tanto a nível de produção como a nível consumo, sendo que a produção em regime especial foi bastante elevada no dia 13/10/2018 e a importação de energia foi maior no dia 23/06/2019. Do mesmo modo, o consumo no dia 13/10/2018 foi superior ao registado no dia 23/06/2019, em especial a partir das 19 horas.

Por conseguinte, o despacho nacional é responsável por antecipadamente efetuar uma previsão do consumo, da capacidade de interligação e da necessidade de reserva de geração, recorrendo a modelos de previsão do valor de carga na sua totalidade, de maneira a fazer a gestão da rede da forma mais eficiente possível, cumprindo os critérios de qualidade de serviço mínimos estabelecidos pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, no Regulamento de Qualidade de Serviço do setor elétrico, parte integrante do Regulamento nº 243/2017, publicado no Diário da República, 2ª série, de 20 de dezembro.

Para terminar, outra das suas responsabilidades, é realizar a verificação técnica da geração e interligação (VTP), após receção dos resultados das operações de mercado, e estabelecer medidas que possibilitem minimizar os efeitos resultantes de uma avaria ou alteração de comportamento de um elemento constituinte da RNT. [11]

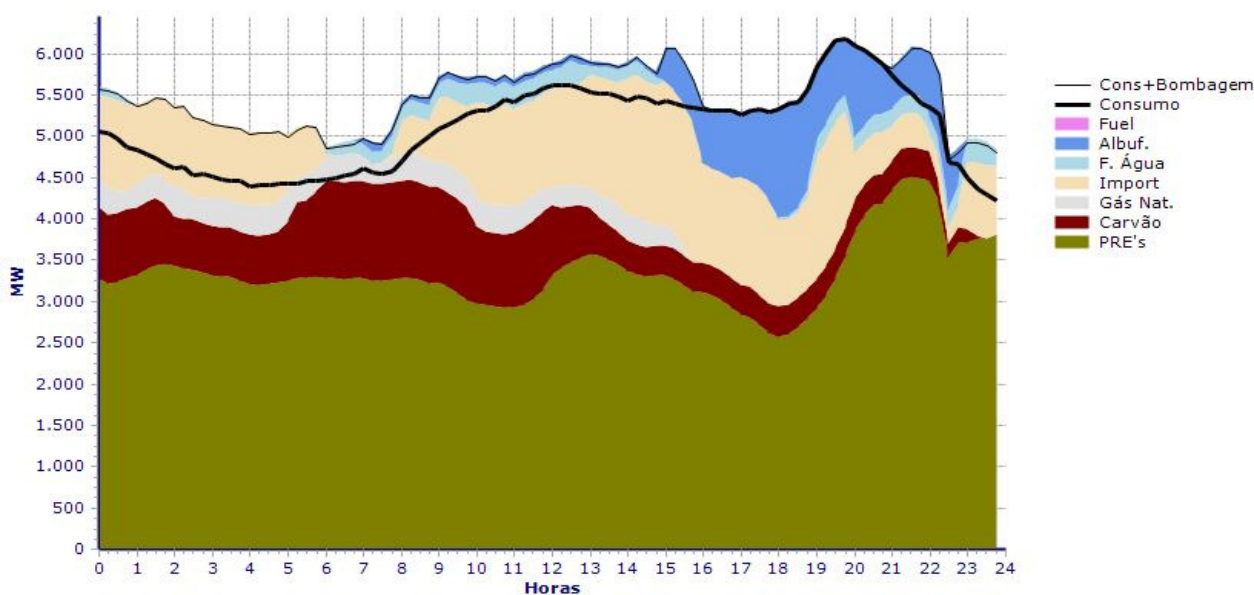


Gráfico 2 - Diagrama do Consumo 13/10/2018 [10]

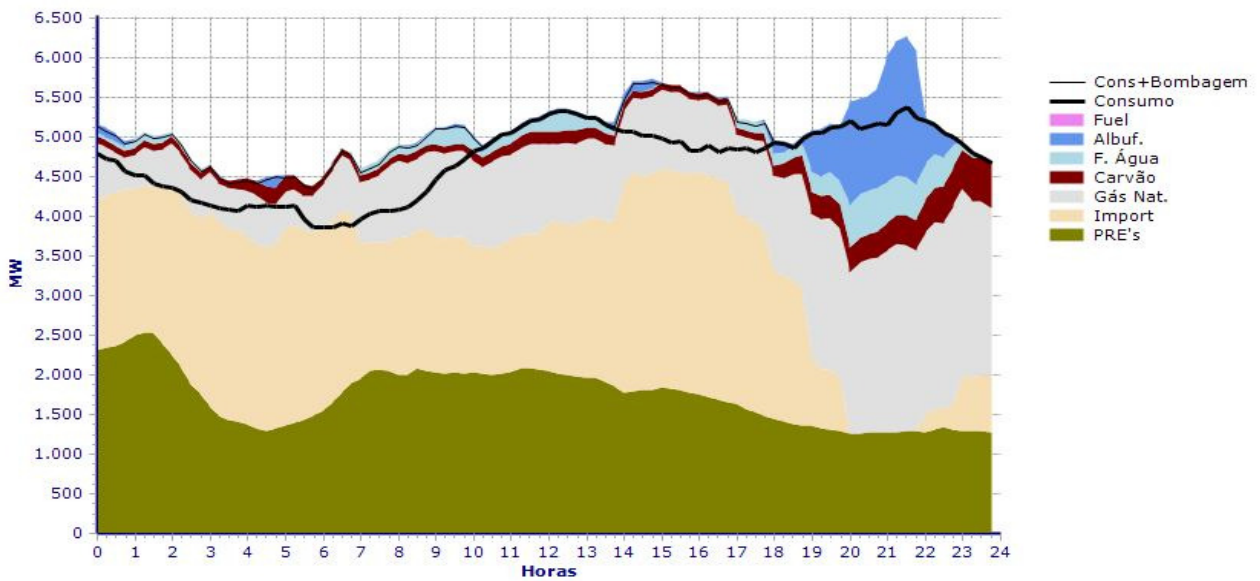


Gráfico 3 - Diagrama do Consumo 23/06/2019 [10]

b. Operação da Rede:

A operação da rede, tal como o despacho nacional, foca-se no tempo real num horizonte diário, no obstante, também atenta em planos anuais.

O centro de operação de rede (COR) e o despacho nacional operam 24h/dia durante os 365 dias do ano. Na Figura 9 podemos ver a sala de operação da rede elétrica, que se

situam em Vermoim, Maia-Porto.

A atividade da operação de rede baseia-se em garantir a continuidade de serviço e em monitorizar em permanência da RNT, reagindo de forma rápida, eficiente, e em coordenação com as equipas locais e com as restantes salas de comando das entidades externas às perturbações topológicas ou alterações de estado dos parâmetros da rede. [12]



Figura 9 - Sala do COR em Vermoim

O COR é, também, responsável por atuar perante situações de incidente, considerando como incidente qualquer acontecimento ou fenómeno de carácter extemporâneo que provoque uma alteração de estado de um ou vários elementos da rede eléctrica. O tempo decorrido para atuação perante a ocorrência de incidentes pode determinar se existe ou não Energia Não fornecida (ENF), sendo esta a ausência de fornecimento de energia eléctrica a uma infraestrutura de rede, afetando a qualidade de serviço. [12]

As linhas de MAT são os elementos que garantem o escoamento da energia eléctrica do local de produção até ao local de consumo, e as subestações são instalações eléctricas de alta potência, equipadas com diversos componentes eléctricos que permitem a transmissão e a distribuição de energia eléctrica. Todos estes equipamentos são essenciais ao correto funcionamento da RNT, sendo para tal, necessário o operador do sistema realizar a monitorização permanentemente destes, assegurando-se que em caso de avaria é realizando um diagnóstico, estabelecido o grau de gravidade e comunicado aos agentes intervenientes para a sua resolução.

Em regime normal, sem perturbações, o centro de operação de rede em coordenação e comunicação com as restantes salas de comando e várias entidades, efetua as manobras necessárias nas diversas infraestruturas da REN para indisponibilizar elementos de rede para criação de condições de segurança para trabalhos na RNT ou na proximidade desta, adotando assim a posição de Responsável e efetuando a emissão/receção das autorizações de trabalho.

Para se realizar uma intervenção na RNT é necessário planejar, assegurando as boas práticas, garantindo ao mesmo tempo a segurança contra o risco eléctrico e minimizando ao máximo as implicações da saída deste na operação da rede. A programação de trabalhos abrange todos os trabalhos que impliquem indisponibilidades, regime especial de exploração, regime de intervenção em serviço, ou ensaios de colocação em tensão/serviço em instalações da RNT.

A saber, entende-se por regime especial de exploração a implementação de condições que garantem um certo grau de segurança para a realização de trabalhos em tensão nas linhas, de modo a, diminuir o risco em caso de incidente e a reposição de tensão de forma automática ou manual no seguimento da atuação/disparo dos sistemas de proteção.

Por outro lado, na implementação do regime de intervenção em serviço, o elemento encontra-se em serviço, mas com restrições decorrentes da intervenção nos sistemas de comando, controlo e proteção.

As intervenções podem ser de vários tipos, acarretando o risco de disparo intempestivo do elemento, de falha de comando a manobrar o órgão, surgimento de sinalizações.

Em virtude da sua ação direta sobre a RNT, vincula-se como o meio comunicação entre as entidades externas (consumidores em MAT, produtores, etc.), salas de comando (sala da RND, CTCH - sala do centro de telecomando das centrais hídricas, sala de comando da REE) e intervenientes internos à empresa, no diz respeito a troca de informação sobre a rede de transporte. Deste modo, é fundamental a participação na programação de trabalho que implique troca de informação e pareceres com o despacho nacional, com as equipas locais da REN, com a rede eléctrica espanhola, com a rede de distribuição e com todas as outras entidades.

c. Sistemas e Desenvolvimento

Os Sistemas e Desenvolvimento (SD) são uma área direcionada para o *back office* da gestão global do sistema.

A sua atividade centra-se em gerir os sistemas de informação de suporte à atividade da gestão global do sistema, sendo encarregues de garantir a segurança de operação e de controlo remoto da rede. A seu cargo tem as aplicações EMS – *Energy Management System* e a manutenção da ferramenta SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*.

O SCADA é essencial a operação do sistema, dado que, é sistema informático que permite, em tempo real, a monitorização e operação da rede nacional de transporte, através da aquisição de dados e da emissão de comandos a elementos da rede através de um sistema de telecomunicações, Figura 10. [13]

As listas de alarmes gerados nas instalações e localmente pelo sistema informático (Figura 11), servem para auxiliar os operadores na leitura e compreensão da informação fornecida pelo SCADA, de forma, agirem de forma rápida e eficiente.

De igual modo, é da sua responsabilidade o desenvolvimento das aplicações de verificação técnica da geração e interligação (VTP), de análise de indisponibilidades de elementos da RNT (INDISP), de gestão de informação de mercado (GIM), e de previsão do consumo e produção de eólica que apoiam a gestão do sistema em tempo real.

O cálculo da capacidade de interligação em diferentes linhas temporais (semanalmente, mensalmente e trimestralmente), a atualização do plano nacional de deslastre frequencímetro, a análise das implicações da implementação de novos equipamentos, esquemas

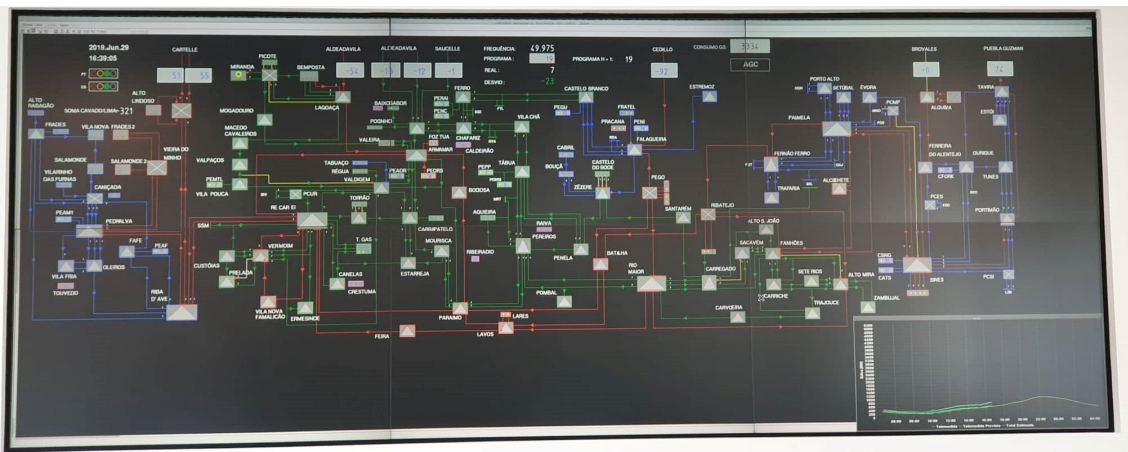


Figura 10 - Sinótico do SCADA instalado nas salas de comando da REN

EN		2014.Jun.18 10:11		Lista Geral de Eventos		15 / 22	
18.06	08:32:16,***	CVF	G1	SB1	Fechado		
18.06	08:32:31,720	SAL	M412 LAL. CTL1	Disjuntor	Aberto	ResCom	COR
18.06	08:32:36,740	SAL		Fechar Sec Iso1 D2	Inicio		
18.06	08:32:37,040	SAL	M422 LAL. RA2	Disjuntor	Aberto	ResCom	COR
18.06	08:32:37,180	SAL		Fechar Sec Iso1 D2	Fin		
18.06	08:33:37,820	SAL	M432	SLB2	Aberto		
18.06	08:33:55,840	SPD	TR1	Tomada No.	09		
18.06	08:34:19	ELRB	LLRBMUD1	Pot. Aparen 1200 MVA	Inicio	Alta	1020
18.06	08:34:40,010	SCN	626 LCN. N. REGEDOURA	SB1	dist		
18.06	08:34:40,090	SCN	626 LCN. N. REGEDOURA	SB1	Aberto		
18.06	08:34:49	ELRB	LLRBMUD1	Pot. Aparen 0 MVA	Fim	Alta	1020
18.06	08:34:49,753	SPD	TR2	Tomada No.	09		
18.06	08:35:52	CBC		Falha RTU SICAM	Inicio		
18.06	08:35:58	CRV		Falha RTU SICAM	Inicio		
18.06	08:36:09	ELRB	LLRBMUD1	Pot. Aparen 1199 MVA	Inicio	Alta	1020
18.06	08:36:14	CBC		Falha RTU SICAM	Fin		
18.06	08:36:27	SRA	TR6	Tomada No.	11		
18.06	08:36:31	SRA	TR7	Tomada No.	10		
18.06	08:36:54	EJMO	M433	SILB	Fechado		
18.06	08:38:40	CRV		Falha RTU SICAM	Fin		
18.06	08:38:59	ELRB	LLRBMUD1	Pot. Aparen 600 MVA	Fim	Alta	1020
18.06	08:39:40	EBZT	LBZTVDC	SIL	Aberto		
18.06	08:40:01,619	SET		Agente	Inicio		

Figura 11 - Exemplo de lista de alarmes do SCADA

especiais, monitorização das potências de curto-circuito, limites dinâmicos das linhas, entre outras, estão também a cargo dos sistemas e desenvolvimento. Adicionalmente, centram-se na gestão e troca de informação com as entidades externas (REE - Rede Eléctrica Espanhola, EDP – Energias de Portugal e ENTSO-E – European Network of Transmission System Operators for Electricity) que interagem, de alguma forma, com a RNT.

Adicionalmente, os sistemas de desenvolvimento estão encarregues da disponibilização/validação da informação necessária à tarifa Europeia ITC - Iniciativas Tecnológicas Conjuntas Europeias. Esta tarifa assegura uma compensação referente aos custos das perdas devido à incorporação de fluxos transfronteiriços de eletricidade e a disponibilidade da infraestrutura da RNT para acesso transfronteiriço.

Estão também a cargo dos SD os códigos EIC, sistema de Códigos mantido pela Rede Europeia dos Operadores das Redes de Transporte de Eletricidade, identificando os participantes no Mercado e outras entidades ativas no Mercado Interno Europeu da Energia.

Por fim, é responsabilidade do SD a definição dos programas de simulação para as sessões de treino de operadores, realizando duas vezes por ano, onde é testada as capacidades e as estratégias de resposta considerando situações de crise, isto é, em caso de incidentes críticos ao fornecimento de energia.

d. Operação de Mercado

A rede nacional de transporte tem vários pontos de interligação com a rede espanhola, permitindo a troca/comercialização de eletricidade em ambiente de mercado.

O contínuo desenvolvimento do processo de liberalização do sector elétrico culminou na criação de mercados transnacionais de eletricidade, agrupando mercados de eletricidade de diferentes países num único mercado. A existência de várias ligações transfronteiriças na RNT entre Portugal e Espanha, permitiu em 2007 a criação do Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL), possibilitando otimizar o fornecimento de energia elétrica em termos económicos, promovendo a concorrência entre os agentes produtores de ambos os países.

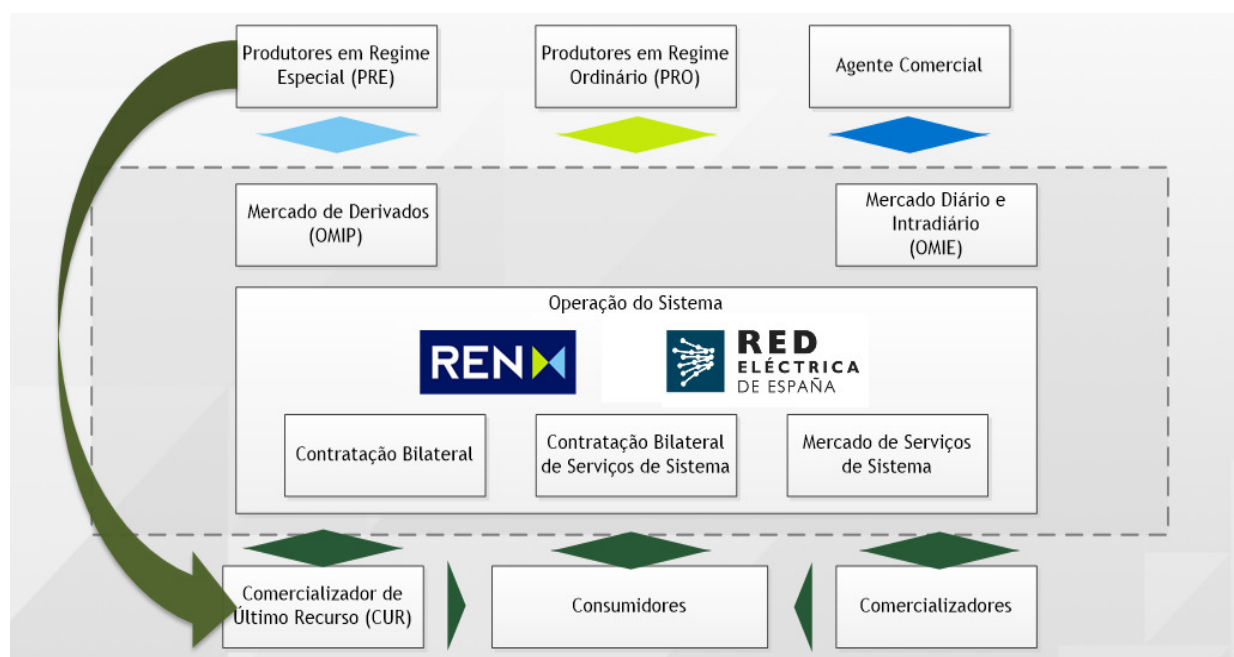


Figura 12 - Principais Intervenientes no MIBEL. [16]

Os resultados que daí advieram constituíram um contributo significativo não só para a concretização do mercado de energia elétrica a nível ibérico, mas também, à escala europeia, como um passo significativo para a construção do Mercado Interno de Energia. Mais tarde, em 2014, o MIBEL foi acoplado com os mercados do noroeste europeu. [14]

O MIBEL encontra-se disposto sob a forma de duas vertentes essenciais, a primeira é alusiva ao Mercado Diário e Mercado Intradiário, onde é definido o valor de energia elétrica e o preço da mesma a ser transacionada no dia seguinte e para cada uma das horas do dia, e outra respeitante ao Mercado de Serviços de Sistema. [15] Na Figura 11 é apresentada a estruturação de negociação do MIBEL.

Neste mercado as negociações entre os diversos agentes passaram a ser feitas num mercado comum, por outras palavras, as licitações poderão ser feitas independentemente do país em que os mesmos se encontrem, nomeadamente, Portugal ou Espanha. Pelo contrário, o mercado de serviços de sistema é separado, sendo que a REN é a empresa responsável pela gestão global do sistema em território Português e a REE em território Espanhol [17]. Na Figura 12, é apresentado o processo do mercado MIBEL.

Os serviços de sistema vão intervir de modo assegurar o equilíbrio entre a produção e o consumo, garantindo sempre que a rede funciona em perfeitas condições, ou seja, garantindo os limites de tensão e estabilidade de frequência, entre outros. O mercado de serviços de sistema é da responsabilidade do TSO - *Transmission System Operators* e divide-se em duas grandes categorias, sendo uma delas os serviços de prestação obrigatória e os serviços complementares.

A regulação primária constitui um serviço de carácter obrigatório e não remunerado, é a reserva que tem como finalidade a correção automática de desequilíbrios instantâneos que ocorrem entre o que se encontra a ser produzido e o que se encontra a ser consumido. Esta reserva deverá atuar num intervalo de tempo de 15 a 30 segundos e realiza-se através da variação da de potência dos geradores que se encontrem ligadas a RNT. De acordo com ENTSO-E, o valor mínimo de reserva primária deveria ser de 15000 MW/Hz, em todo o sistema europeu, repartindo-se este valor pelos diversos elementos síncronos constituintes do sistema europeu que se encontrem interligados. [18]

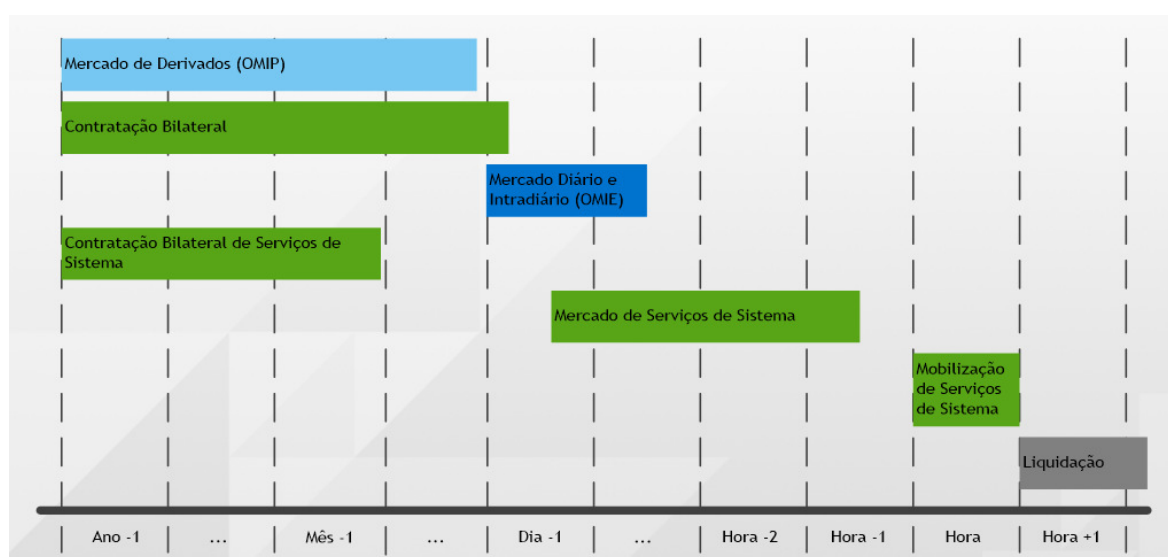


Figura 13 - Processos do Mercado MIBEL [16]

Os serviços complementares incorporam a Reserva Secundária, Reserva de Regulação, Controlo de Tensão, Arranque Automático, a Resolução de Restrições Técnicas e a Interruptibilidade.

É responsabilidade do operador de sistema determinar a reserva necessária para a gestão do sistema, tendo por base as normas e as regras estabelecidas pela legislação europeia. A REN, como gestor do sistema, determina quais as quantidades de energia a contratar, e anualmente publica a lista das unidades de programação (unidades de produção) que se encontram habilitadas a realizar tal serviço de acordo com o regulamento de operações das redes publicado pela ERSE.

4. Qualidade de Serviço

A REN, como referido anteriormente, enquanto concessionário da Rede Nacional de Transporte (RNT) de eletricidade e prestadora de um serviço público, deverá cumprir as obrigações de qualidade de serviço quer de natureza técnica quer de natureza comercial aplicáveis ao Sistema Elétrico Nacional, definidas no Regulamento de Qualidade de Serviço do setor elétrico, parte integrante do Regulamento nº 243/2017, publicado no Diário da República, 2ª série, de 20 de dezembro. [19]

No ano de 2017, Portugal assistiu a uma infortuna vaga de incêndios, em particular a região Centro do País, alcançando um nível de avaliação de adequado referente à segurança e continuidade de abastecimento de energia elétrica. A REN deparando-se com o impacto que os incêndios dos dias 15 e 16 de outubro tiveram na rede solicitou à ERSE a classificação de evento excepcional. [1]

Assim, em 2017 o número de incidentes aumentou 55,7% relativamente ao ano de 2016, registando-se mais 97 incidentes na rede Muito Alta Tensão (MAT), sendo que destes 61 tiveram origem em incêndios e 21 em descargas atmosféricas, sendo estas as duas principais causas de incidentes.

Em 2017, foram registados 285 incidentes com impacto na rede MAT, tendo 241 origem na rede MAT, 15 em equipamentos de alta tensão (AT) e 29 nas restantes redes. Apenas um pequeno número destes incidentes, aproximadamente 14 incidentes (4,9% do total), é que provocaram interrupção de abastecimento de energia elétrica aos consumidores, tendo metade provocado interrupções superiores a 3 minutos e resultando num corte de 10,5 MWh. Realça-se que 7 das 14 interrupções ocorreram nos dias 15 e 16 de outubro, solicitando a REN à ERSE a classificação evento excepcional. [1] No Gráfico 4 podemos observar a distribuição da origem dos 271 incidente com repercussão na rede MAT.

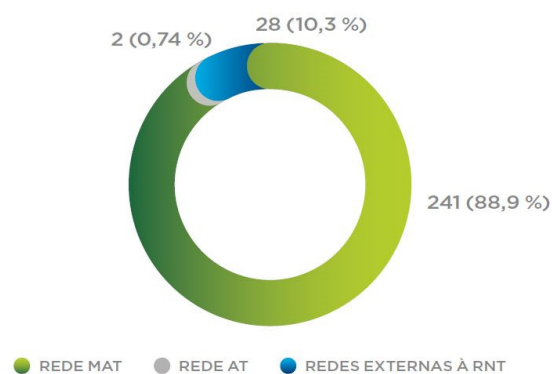


Gráfico 4 - Origem dos incidentes com repercussão na rede MAT [1]

Dos 241 incidentes com origem na rede MAT, 97,1% teve origem em linhas aéreas, sendo que destes 35,5% foram devido a incêndios, 26,1% foram devido a descargas elétricas e 18,8% provocadas por cegonhas, Gráfico 5. [1]

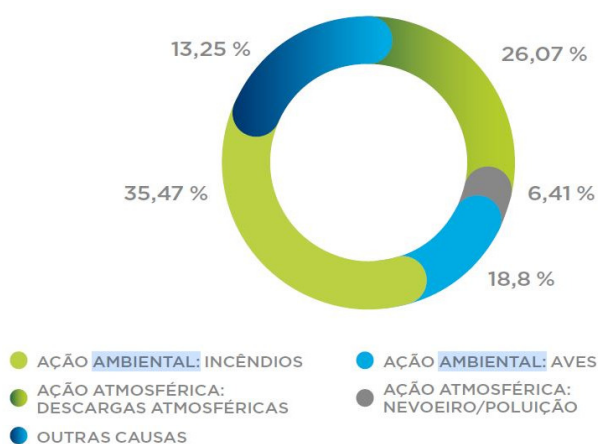


Gráfico 5 - Origem dos incidentes em linhas [1]

A REN, no sentido de melhorar a sua Qualidade de Serviço, tem vindo a tomar medidas no sentido de reduzir o impacto dos diversos agentes externos, nomeadamente, as aves, a poluição/humidade e a vegetação na proximidade dos equipamentos AT.

Registaram-se 367 interrupções, consequência de incidentes com origem em linhas, mais 210 do que o registado em 2016, sendo que, 140 tiveram um tempo de interrupção igual ou superior a 1 minuto. O somatório dos tempos de interrupções permanentes, correspondendo a 3 273 horas, foi o mais alto registado nos últimos anos, em parte devido ao incidente na central da Bemposta. [1]

A continuidade de serviço no fornecimento de energia eléctrica é avaliada segundo dois tipos de indicadores de qualidade, os de natureza geral (relativos ao desempenho global da RNT), estando separados em indicadores relativos aos pontos de entrega a instalações de consumo e a instalações de produção, e os de natureza individual (relativos ao desempenho da RNT em cada ponto de entrega). [19] Os indicadores de natureza geral, relativos aos pontos de entrega a instalações de consumo, são:

- Energia fornecida (ENF) calculada em MWh;
- Tempo de interrupção equivalente (TIE) calculado em minutos;
- Frequência média de interrupções longas (SAIFI);
- Duração média das interrupções do sistema (SAIDI) calculado em minutos;
- Tempo médio de reposição de serviço do sistema (SARI) calculado em minutos;
- Frequência Média das Interrupções de Curta Duração (MAIFI).

Por outro lado, os indicadores de natureza geral, relativos aos pontos de entrega a instalações de produção, são:

- Frequência média de interrupções longas (SAIFI);
- Duração média das interrupções do sistema (SAIDI) calculado em minutos;
- Tempo médio de reposição de serviço do sistema (SARI) calculado em minutos;

- Frequência Média das Interrupções de Curta Duração (MAIFI).

No cálculo dos indicadores referidos são consideradas todas as interrupções que afetem os pontos de entrega, sendo excluídas aquelas que não interrompam outras instalações de consumo ou de produção. E ainda, discriminada a globalidade da rede e as interrupções previstas e acidentais. [19]

Os indicadores de natureza individual, calculados anualmente, são:

- Número de interrupções;
- Duração total das interrupções, em minutos

O cálculo destes indicadores é feito para as instalações de consumo, e de uma forma separada para as instalações de produção.

No Gráfico 6 é possível ver a evolução dos indicadores gerais da continuidade de serviço na RNT. [1]

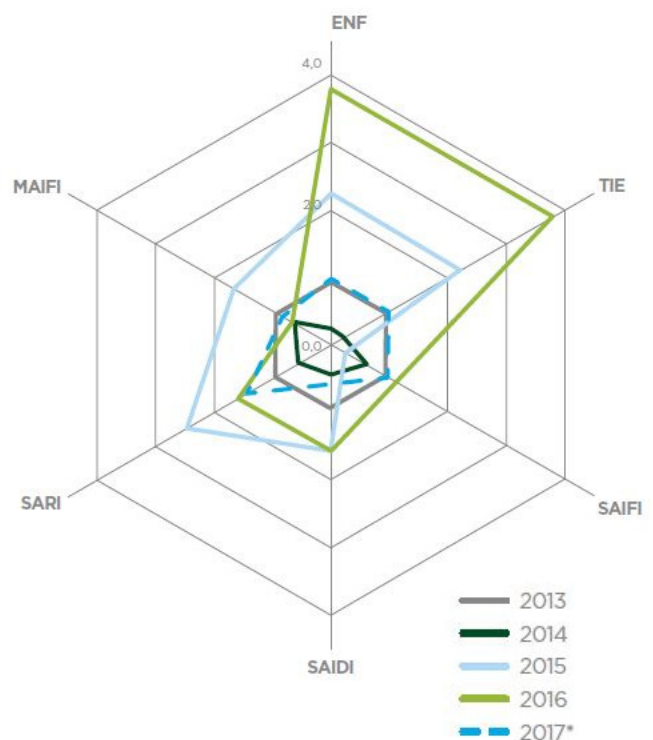


Gráfico 6 - Evolução dos indicadores da continuidade de serviço [1]

No Gráfico 6, não são considerados os impactos provocados pelos incêndios de 15 e 16 de outubro, caso fossem considerados, as interrupções causadas pelos incêndios nestes dias com uma duração de 230,5 minutos iriam afetar os indicadores SAIDI e SARI, o que representava um agravamento destes relativamente aos últimos 5 anos. [1]

O TIE registado em 2017 foi de 0,11 minutos, sendo, imputado diretamente à REN 6,6 segundos, correspondendo a uma energia não fornecida de 10,5 MWh, resultante de 7 interrupções de duração superiores a 3 minutos ocorridas no mês de outubro. No gráfico abaixo é possível verificar-se a evolução do TIE nos últimos 10 anos. [1]

Os indicadores, em 2017, de forma geral, encontram-se em sintonia com os valores registados nos últimos anos. Este resultado é o resultado das políticas de intervenção ativa ao nível do investimento e da manutenção na infraestrutura da rede elétrica.

Outros fatores que influenciam a qualidade de serviço, são as cavas de tensão, sobretensões momentâneas, as flutuações de tensão, desequilíbrio no sistema trifásico de tensões, distorções harmónicas, entre outras.

As cavas de tensão, são diminuições bruscas da tensão, sendo reposta a normalidade num intervalo de tempo de 10 ms a 1 minuto. Estas podem não causar interrupções, contudo, podem prejudicar os processos produtivos das indústrias alimentada direta ou indiretamente à RNT. Por regras, as cavas de tensão surgem devido a curto-circuitos que provocam a atuação dos sistemas de proteção da rede.

Em suma, nos últimos anos a REN tem conseguido desenvolver a sua atividade no sentido de melhorar a RNT, com o maior grau de qualidade de serviço do fornecimento de energia elétrica e segurança de abastecimento. Estas melhorias derivam no forte investimento que tem vindo a ser feito ao longo dos anos tanto a nível da infraestrutura da rede, como a nível de tecnologias informáticas como a nível de contratação de mão-de-obra.

Referências

[1] REN - Redes Energéticas Nacionais. Relatório da Qualidade de Serviço. 2017

[2] WATTSON. [Consultado em Julho de 2019]. Disponível em:

<https://www.wattson.pt/2018/10/31/central-solar-portuguesa-comprada-pela-allianz/>.

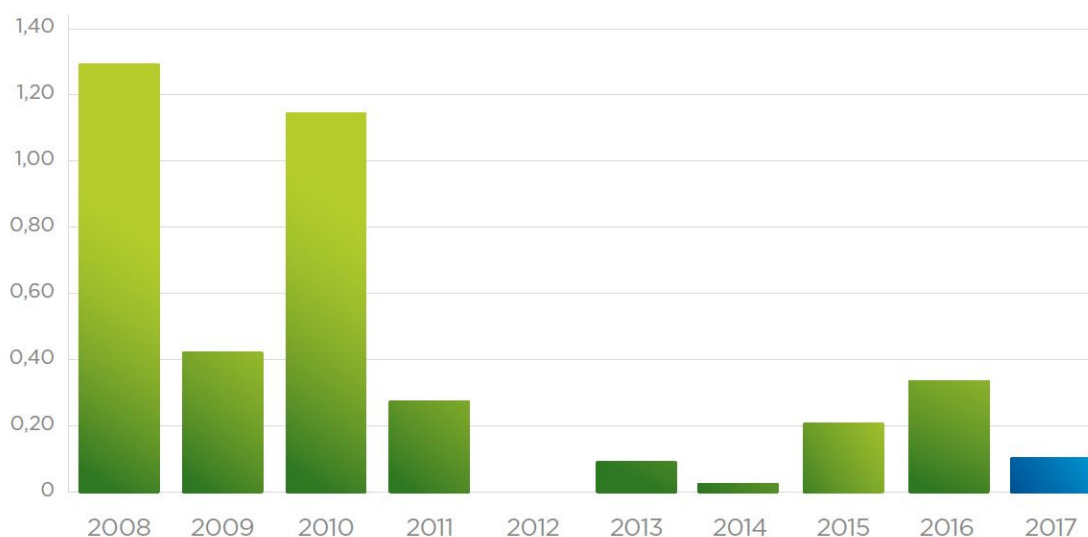


Gráfico 7 - Evolução do TIE nos últimos 10 anos [1]

- [3] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Caracterização da Procura de Energia Elétrica em 2019. Dezembro de 2018.
- [4] Ministério da Economia e da Inovação. Decreto-Lei n.º 29/2006. D.R. Nº3, série I-A. 2006-02-15.
- [5] REN - Rede Energéticas Nacionais. O Sector Elétrico. [Consultado em Julho de 2019]. Disponível em: https://www.ren.pt/pt-PT/o_que_fazemos/eletricidade/o_setor_eletrico/#5.
- [6] Paiva, J. P. S. (2011). Redes de Energia Elétrica - Uma Análise Sistémica (3a Edição). IST Press.
- [7] REN - Rede Energéticas Nacionais. Caracterização da Rede Nacional de Transporte para Efeitos de Acesso à Rede. 2018.
- [8] REN - Rede Energéticas Nacionais. Sistema de Informação de Mercados de Energia. [Consultado em Julho de 2019]. Disponível em: <http://www.mercado.ren.pt/PT/Electr/Paginas/default.aspx>.
- [9] REN - Rede Energéticas Nacionais. Gestão do Sistema. 2015.
- [10] REN - Rede Energéticas Nacionais. Centro De Informação. [Consultado em Julho de 2019]. Disponível em: <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/Paginas/CiHomePage.aspx>.
- [11] H. Laranjeira Cruz, A. Carlos Sepúlveda Machado Moura Co-orientador e R. Vasco Fernandes. Disjuntores de potência da RNT-Implementação de uma base de dados e desenvolvimento de uma aplicação informática de apoio. 2014.
- [12] REN - Rede Energéticas Nacionais. Gestão do Sistema - Operador de Rede: missão e funções.
- [13] REN - Rede Energéticas Nacionais. Formação Operadores COR - Sistema SCADA, versão9.
- [14] MIBEL. [Consultado em Julho de 2019]. Disponível em: <http://mibel.com>.
- [15] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Descrição do Funcionamento do Mibel. 2009.
- [16] REN - Redes Energéticas Nacionais. Portuguese Electricity Market. 2014.
- [17] Cardoso , C. F. D. M. A Interligação Elétrica entre Portugal e Espanha. 2011.
- [18] Union for the Coordination of the Transmission of Electricity (UCTE). [Consultado em Julho de 2019]. Disponível em: <https://www.entsoe.eu/about/system-operations/#operations>.
- [19] ERSE. Regulamento da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico e do Setor do Gás Natural. 2017.



Título: Instalações Elétricas de Média Tensão – Postos de Transformação e Seccionamento
Autor: António Augusto Araújo Gomes, José António Beleza Carvalho
Editora: Publindústria
Data de Edição: 2017
ISBN: 9789897232541
Nº Páginas: 195
Encadernação: Capa mole

Sinopse:

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o projeto, execução e exploração de postos de transformação e seccionamento aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação na qual sejam intervenientes, maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como reduzir os custos de execução e exploração das instalações.

António Augusto Araújo Gomes
 José António Beleza Carvalho

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO
POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO E SECCIONAMENTO

Sobre o livro

Esta obra pretende ser, acima de tudo, uma ferramenta didática de apoio aos alunos de cursos de engenharia eletrotécnica, bem como a técnicos responsáveis pelo projeto, execução e exploração de instalações elétricas. Pretende ser ainda uma ferramenta prática de estudo e de trabalho, capaz de transmitir conhecimentos técnicos, normativos e regulamentares sobre o projeto, execução e exploração de postos de transformação e seccionamento aos diversos agentes eletrotécnicos, tornando-os capazes de, para cada instalação na qual sejam intervenientes, maximizar a segurança, a fiabilidade e a funcionalidade, assim como reduzir os custos de execução e exploração das instalações.

Sobre os autores

António Augusto Araújo Gomes
 Bacharel em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, Licenciado e Mestre (em Biotecnologia em Engenharia Eletrotécnica e Computadores) pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor adjunto no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999. Coordenador de Cursos na CIBERTEC – Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999. Sócio da empresa Neutro à Terra – Gabinete de Engenharia Lda (2000 a 2006). Prestação de serviços de formação e/ou projeto e/ou assessoria e/ou consultoria no âmbito das instalações elétricas, telecomunicações, segurança, gestão de energia, eficiência energética, a diversas entidades, nomeadamente NORMA – Consultores de Engenharia, SA, Schumal – Engenharia e Serviços, Lda; ENERCO – Consultores de Engenharia, Lda; EQ – Instituto de Soldadura e Qualidade; Quaternos – Fabrica de Quadros Elétricos, SA; IEP – Instituto Eletrotécnico Português; CENBITEC – Centro de Energia e Tecnologia; ANACOM – Autoridade Nacional das Telecomunicações; IET – Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico; EDM – Agência de Energia Entre Douro e Minho.

José António Beleza Carvalho
 Bacharel em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, Mestre e Doutor em Engenharia Eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Diretor do Departamento. Integra a direção da Escola Tecnológica de Vale de Camba como representante do Instituto Politécnico do Porto. É autor de vários artigos publicados em conferências nacionais e internacionais, diretor da revista Neutro à Terra e integrou vários juries de provas públicas de doutoramento e para a carreira do ensino superior.



COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



Aleksandra Wawrzyniak

1150113@isep.ipp.pt

Erasmus student at ISEP from Warsaw University of Technology from master's degree in electrical engineering - Networks and Electricity Systems. Engineering Degree in Electrical Engineering. Worked on projects in concerning power electronics and design of electrical installations.



Alexandre Chamusca

achamusca@xkt.pt

Engenheiro Eletrotécnico. Consultor Soluções Integradas Segurança. XKT - Soluções Integradas de Segurança.

André P. Mendes

pereiramendes.andre@gmail.com

Instituto de Telecomunicações, Department of Electrical and Computer Engineering, 3030-290 Coimbra, Portugal

André M. S. Mendes

amsmendes@ieee.org

Department of Electrical and Computer Engineering, University of Coimbra/Instituto de Telecomunicações, 3030-290 Coimbra, Portugal



António Augusto Araújo Gomes

aag@isep.ipp.pt

Professor adjunto do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999.

Bruno Baptista

brunoricardo@weg.net

WEGeuro - Indústria Eléctrica, S.A., 4470-605 Maia, Portugal

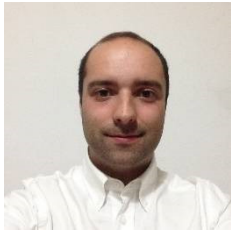


Célia Maria dos Santos Carneiro

celia_carneiro@live.com.pt

Licenciada em Engenharia Electrotécnica – Ramo Sistemas de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia. Em 2016 entrou para o programa de Trainees da empresa REN, onde atualmente, desempenha funções de operadora da rede eléctrica de MAT no COR- Vermoim.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



César M.S. Sanos

cesar.s.santos03@gmail.com

Licenciatura em Engenharia de Sistemas de Engenharia Renovável, no Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Aluno do curso de mestrado em Energias Sustentáveis, no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

João Dias

joao.dias@ua.pt

CESAM – Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, UA – Universidade de Aveiro, Aveiro.



João Pedro Pereira da Rocha

1181274@isep.ipp.pt

Aluno do curso de mestrado em Energias Sustentáveis, no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Marina S. Perdigão

perdigao@isec.pt

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra/Instituto de Telecomunicações, 3030-199 Coimbra, Portugal



Pedro Miguel Azevedo de Sousa Melo

pma@isep.ipp.pt

Mestre em Automação, Instrumentação e Controlo pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Aluno do Programa Doutoral em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001. Desenvolveu atividade de projetista de instalações elétricas de BT na DHV-TECNOPOPOR.

