FERROVIA

Edição nº 35
Maio de 2007

Soluções para Transportes e Logística

EFACEC

Juntos inovamos

TEX
TRANSPORTE DE ENCOMENDAS EXPRESSO

EDITORIAL

Em 1998, o nº 13 da FER XXI foi dedicado à EFACEC, no ano em que esta empresa comemorava os seus 50 anos de fundação. Na realidade, pode até considerar-se que a história da EFACEC remonta a 1905, quando foi criada a pequena empresa "Moderna" que mais tarde, vindo a associar-se aos grupos ACEC e CUF, daria então origem à actual empresa.

Nesse ano de 1998 estava-se em pleno coração do último grande ciclo de modernização do caminho-de-ferro em Portugal, que se pode de algum modo considerar como tendo tido inicio com a construção da Ponte de S. João [1984/1991] e término com as conclusões das modernizações da linha do Norte [1996/2011], linha da Beira Baixa [1999/2009] e ligação Sines - Elvas [2006/2012].

Em 2007, vive-se um momento de grande expectativa relativamente a um novo ciclo no caminho-de-ferro em Portugal, estando em curso o processo de construção da Rede Ferroviária Portuguesa de Alta Velocidade.

Se por um lado se podem desde já antever benefícios económicos e sociais proporcionados pela entrada em serviço dum novo sistema de transporte de elevado desempenho, não é ainda claro qual irá ser a participação e a capacidade das empresas nacionais de incorporação de valor acrescentado na construção deste empreendimento, muito em particular nas vertentes de maior complexidade tecnológica.

Uma das empresas nacionais em que se pode depositar maior esperança na sua participação no projecto de alta velocidade é muito justamente a EFACEC, uma empresa que marcou uma forte presença no último grande ciclo da ferrovia atrás referido e que soube acompanhar o muito exigente ritmo de evolução constatado nas áreas da energia, automação, telecomunicações e electrónica.

É pois com o maior gosto que a FER XXI dedica hoje este número à EFACEC, dando a conhecer melhor aos leitores as principais soluções que esta empresa nacional dispõe para o futuro do nosso sector ferroviário.

Filipe Gomes de Pina
Director da FERXXI

FICHA TÉCNICA

Propriedade
ADFER - Associação Portuguesa para o Desenvolvimento do Transporte Ferroviário - Alameda dos Oceanos, Lote 1.02.1.1 T31 1990-207 Lisboa

Director
Filipe Gomes de Pina

Directores Adjuntos
Gilberto Gomes, Campos e Matos, Alves Dias, Rui Calçada, Carlos Bento Nunes, José Manuel Andrade Gil, Francisco Asseiceiro, Francisco Abreu, Joaquim Barbosa, Paulo Brito da Silva, António José Cabral, Marco Aurélio, Daniel Gonçalves, Maria do Céu Lopes, Fernando Vendas, Fernanda Pinto, Carreira Miguel, Sérgio Calado, Nuno Barriga, Alexandra Pratas.

Conselho Editorial
Arménio Matias, Manuel Caetano, Aparício dos Reis, Natal da Luz, Seabra Ferreira, Quaresma Dias, Nunes da Silva, Vitor Martins da Silva, António Proença, Marina Ferreira, Rui Santos.

Colaboradores Permanentes
Paulino Pereira, Oliveira Martins, Marques da Costa, Anacoreta Correia, Almeida e Castro, Tiago Ferreira, Rodrigues Coelho, Simões do Rosário, Campos Moura, Manuel Soares Lopes, Martins de Brito, Hormigo Vicente, Xavier de Campos, Carlos Reis, Américo Ramalho, Guimarães da Silva, Campos Costa, Vítor Lameiras, Maria Constantina, Eduardo Frederico, Castanho Ribeiro, Maurício Levy, Luís Mata, Líbano Monteiro, António Parente, Brasão Farinha, Maria Guilhermina Mendes, Silva Mendes, Baptista da Costa.

Colaboraram Nesta Edição
Júlio Valdemar (Coordenação EFACEC), Paulo Miguel (Gestão de Conteúdos), Sandra Bourbon, Daniel Gonçalves, José Manuel Silva (Fotografia), Marisa Dias (Revisão de Textos)

Distribuição
Gratuita

Tiragem
3 250 Exemplares

Depósito Legal
134694/00

Fotografia
Manuel Ribeiro

Design e Paginação
Fausto Reis de Oliveira

Impressão
Impresse4 - Soc. Edições e Impressão, Lda

CONTACTOS

ADFER
dias úteis das 10h00 às 13h00
Morada: Alameda dos Oceanos, Lote 1.02.1.1 T31
1990-207 Lisboa
Tel: 21 014 03 12 Fax: 21 014 03 06
E-mail: geral@adfer.mail.pt
Internet: http://www.adfer.pt

FER XXI
dias úteis das 15h00 às 17h00
Morada: Alameda dos Oceanos, Lote 1.02.1.1 T31
1990-207 Lisboa
Tel: 21 014 03 13 Fax: 21 014 03 06
E-mail: ferxxi@adfer.mail.pt

EFACEC

A Importância Estratégica do sector dos Transportes para a Economia do País e para as Indústrias Portuguesas

Luís Filipe Pereira (Dr.)
Presidente do Conselho de Administração do Grupo EFACEC

1 - PROXIMIDADE SUSTENTÁVEL, UM FACTOR DE VANTAGEM COMPETITIVA

Rapidez, proximidade e economia de tempo são hoje conceitos indissociáveis da crescente competitividade e globalização das economias e mercados, num mundo onde a redução das distâncias, o aumento da capacidade de comunicação e do uso de redes e a consequente rapidez na tomada de decisões com minimização dos recursos envolvidos, são factores estratégicos e de vantagem competitiva inegáveis.

Os Transportes, bem como as Comunicações, são assim dois dos mais importantes sectores de actividade das economias de hoje, contribuindo fortemente para a promoção das trocas entre países e para o seu crescimento económico, devendo as autoridades em Portugal, a nível governamental, regional e local, por um lado, e as indústrias e gestores portugueses, por outro, ter uma clara consciência desta importância, dinamizando de forma sustentável (económica, social e ambientalmente), todas as iniciativas que estiverem ao seu alcance, com vista ao desenvolvimento destes vectores estratégicos para a economia nacional.

A mobilidade sustentável de pessoas (e de bens) faz hoje parte integrante da vida dos países e das populações. A esta mobilidade estão cada vez mais associados os conceitos de segurança, fiabilidade, conforto e de brevidade temporal, sendo, para tal efeito, fundamental a qualidade das infra-estruturas de transportes, bem como a sua operacionalidade e intermodalidade, condições logísticas de excelência.

Estima-se que até 2010 o sector de transportes de mercadorias cresça aproximadamente 38% e, segundo dados recolhidos pela Unidade de Coordenação do Plano Tecnológico Nacional, já hoje cerca de 78% do valor do nosso comércio internacional de mercadorias é transaccionado com outros países da União Europeia (UE), realizando-se 83% por via rodoviária. No que respeita ao comércio com países não pertencentes à UE, 68% do valor dos bens transaccionados realiza-se por via marítima.
Dentro das nossas fronteiras, o transporte rodoviário detém a maior expressão, repre-sentando a maioria do tráfego de mercadorias e de passageiros.

Por outro lado, e ainda segundo a mesma fonte, o sector ferroviário em Portugal, apresenta ainda algumas fragilidades, nomeadamente no transporte interurbano de passageiros de longo curso e na ligação ferroviária a alguns dos nossos portos principais, apesar dos importantes investimentos que têm sido efectuados. Já em relação ao transporte marítimo poder-se-á afirmar que Portugal tem uma localização geográfica altamente privilegiada, com centralidade no que

respeita às trocas a nível mundial, podendo por isso tirar fortes vantagens deste tipo de transporte.

Torna-se desse modo incontornável e da máxima importância a necessidade de um forte apoio e de uma clara aposta no sector dos Transportes, particularmente na sua vertente ferroviária, mas também nas vertentes rodoviária, marítima, aérea, etc., tendo em conta sobretudo a concentração urbana que já hoje é uma realidade mas que, de forma ainda mais profunda, se acentuará e marcará as sociedades nos próximos tempos.

No curto prazo, porém, é expectável que os investimentos no sector dos Transportes possam passar em Portugal por uma fase de retracção, até que se iniciem os grandes empreendimentos, como os da OTA e da Alta Velocidade (TGV).

A bem da economia nacional, consideramos no entanto que a indústria portuguesa não poderá retrair-se ou sucumbir durante este período, antes deverá desenvolver-se quanto a tecnologias dos produtos e processos, porque as necessidades mundiais e nacionais em matéria de transportes são evidentes.

Nesta matéria Portugal tem fortes competências demonstradas. Veja-se, a título de exemplo, a construção do Metro do Porto, infra-estrutura de grande envergadura e dimensão técnica, tecnológica e humana, que inclui tecnologia de ponta, comparando com o que de melhor e mais complexo é desenvolvido, em qualquer parte do mundo.

2 - EFACEC O PARCEIRO PREFERENCIAL DOS GRANDES PROJECTOS

Com mais de um século de história, cuja origem remonta a uma pequena empresa "A Moderna", criada em 1905, o Grupo EFACEC, maior Grupo Eléctrico Nacional de capitais portugueses, tem mais de 2.500 colaboradores e uma facturação de cerca de 400 milhões de Euros, estando presente em mais de meia centena de países e exportando aproximadamente metade da sua produção.

A EFACEC tem feito uma clara aposta na internacionalização da sua actividade e um forte investimento na Inovação e na I&D de Novas Tecnologias, factores primordiais para o seu posicionamento na linha da frente da indústria portuguesa e nos mercados internacionais.

As vantagens competitivas e os factores diferenciadores de que dispõe, permitiram ao Grupo, de forma consistente, traçar o objectivo ambicioso de duplicar a performance económica-financeira e a sua dimensão em cinco anos e, em dez anos, replicar noutros continentes as actividades que a EFACEC hoje desenvolve em Portugal.

Nesse sentido, a busca contínua de soluções sustentadas para os seus negócios e para o seu crescimento e desenvolvimento é uma das principais características da EFACEC, contribuindo para o sucesso da sua já longa história. Recentemente a EFACEC definiu e implementou uma nova estrutura visando a focagem nos seus Mercados de Energia, Transportes e Engenharia e Serviços, sustentando uma abordagem cada vez mais Sistemista/Integradora de produtos e serviços.

Esta abordagem procura não só satisfazer melhor as necessidades dos nossos clientes e permitir uma maior rentabilização das várias valências do Grupo, como também reforçar a sua abordagem Internacional, sem abrandamento da atenção ao *home-market*.

A EFACEC tem desenvolvido uma importante actividade, no mercado nacional dos Transportes, e um esforço consistente nesse mercado a nível da exportação (crescimento aproximado de 2,5 vezes nos últimos dois anos), demonstrando fortes competências nesta matéria, em particular nas suas disciplinas core (Energia, Automação, Electrónica e Telecomunicações).

Para antecipar e enfrentar os desafios que se lhe colocam, a EFACEC tem como principal valor o seu elemento humano, contando com uma equipa experiente e com níveis elevados de qualificações académicas (82% dos seus colaboradores possui 12 ou mais anos de escolaridade e destes cerca de 40% possuem formação superior), estando mais de 150 dos seus quadros mais qualificados dedicados em exclusivo a tarefas de I&D.

Estas qualificações aliadas a uma experiência de sucesso comprovado em Grandes Projectos Nacionais (Centrais Eléctricas, Expo 98, Euro 2004, Metropolitano de Lisboa e Metro do Porto, bem como participação em todos os grandes projectos de Energia, Sinalização e Telecomunicações da REFER e CP) e em muitos outros de âmbito internacional, permitem à EFACEC ambicionar uma participação ímpar e de grande relevo no panorama nacional, em todos os projectos Ferroviários e em particular na Rede de Alta Velocidade.

3 - A INOVAÇÃO COMO COMPETÊNCIA CHAVE

Num sector onde o incentivo à Investigação e Desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias, nomeadamente nos equipamentos de apoio à gestão de tráfego, na utilização de tecnologias de referenciação espacial (localização e identificação de objectos) e nos sistemas de bilhética sem contacto, entre outras, é cada vez mais importante, as capacidades inovadoras dos parceiros envolvidos assumem uma importância fundamental.

No panorama industrial Português, a EFACEC distingue-se como uma das empresas com maiores competências de Inovação, testemunhadas pela capacidade de associar as tecnologias clássicas às tecnologias mais recentes. Só em 2006 a EFACEC apresentou projectos de investimento à Agência Portuguesa de Investimento (API) que envolvem IDI num total de 15.000 m€.

No âmbito das soluções para transportes, a EFACEC tem vindo a desenvolver um conjunto de produtos próprios que permitem a exploração em segurança de transportes públicos, tornando-a ao mesmo tempo mais eficiente. A gestão de redes de energia, videovigilância, informação ao público, localização de veículos/composições, são alguns dos exemplos onde a Inovação EFACEC se tem destacado. Com base nesse valor acrescentado tem sido possível ter sucesso no exterior, como se pode constatar por exemplo com a adjudicação à EFACEC do projecto do Metro de Tenerife, nas vertentes de Energia e Sistemas.

Desenvolver uma Cultura de Inovação, tornando-a num Valor fundamental e fazer da Inovação a chave do sucesso, é assim um dos objectivos fundamentais da EFACEC. A Inovação no Grupo EFACEC é assim encarada como um processo sistemático e sustentado que requer, acima de tudo, uma atitude positiva de todos os intervenientes, e um clima organizacional em que a criatividade e a multidisciplinaridade constituem características altamente valorizadas ao serviço de uma postura que incentive continuamente a inovação nos comportamentos, produtos, processos e modelos organizacionais.

4 - COOPERAÇÃO COMO CHAVE PARA O SUCESSO PORTUGUÊS

Tendo em vista as competências referidas e o inequívoco desejo de intervir nas obras nacionais de referência anunciadas para o sector dos Transportes, a EFACEC considera que a antecipação das etapas futuras destes grandes projectos nacionais, seria de particular importância e é factor vital para que a indústria nacional se mantenha competitiva no futuro.

Neste contexto, é fundamental, para o desenvolvimento da indústria nacional dos Transportes, a contribuição de todas as entidades envolvidas (empresários, associações, Governo) sendo desejável uma forte coesão e cooperação nesta matéria, à semelhança do que ocorre noutros países.

PARE
AO SINAL VERMELHO !

Sistemas e Equipamentos

Alberto Barbosa (Eng.º)
Administrador
Membro da Comissão Executiva

O estatuto da EFACEC como empresa de prestígio provém do reconhecimento das suas competências humanas e técnicas, capazes de prever situações e conceber soluções que se adaptam às exigências de cada cliente, sempre com vista no desenvolvimento sustentado e na melhoria contínua.

A EFACEC é conhecida mundialmente pela qualidade, fiabilidade e excelência dos seus produtos, reconhecimento que foi adquirindo ao longo dos tempos mediante o fornecimento de sistemas e equipamentos de energia, como transformadores, disjuntores, celas, seccionadores, subestações convencionais e móveis e equipamentos de média e alta tensão. Esta reputação de referência verifica-se não só no mercado nacional, mas também em mercados internacionais tendo em vista o "*Mercado Global*".

Graças à imagem sólida de inovação, qualidade e robustez que reflecte, a EFACEC exporta para o mercado norte-americano uma parte significativa dos Transformadores de Potência que produz. De facto, os Estados Unidos das América (EUA) efectuaram recentemente a primeira encomenda de uma máquina de 500 kV, encomenda que implicou a adaptação da EFACEC à nova realidade e que está, por isso, na origem da reestruturação das infra-estruturas de fabrico e ensaio dos grandes transformadores. Esta é outra vantagem estratégica da EFACEC: ser capaz de se adaptar a todos os desafios com que se depara, evoluindo permanentemente para níveis de competitividade superiores e impondo *know-how* nacional no tão pretendido "*mercado global*". Ainda nesta perspectiva importa salientar que a EFACEC é um dos principais fornecedores mundiais de Subestações Móveis, do qual os EUA são o maior consumidor mundial.

Em paralelo com a sua actividade ao nível dos equipamentos, a EFACEC criou e desenvolveu um conjunto de competências diversificadas que dificilmente se encontram reunidas em empresas do sector e que lhe confere uma capacidade ímpar na área de sistemas. Este elemento diferenciador e de competitividade contribui para que o Grupo seja escolhido como parceiro preferencial de referência nacional, como são os casos do Metro do Porto, do Metropolitano de Lisboa, da REFER, da CP, da Central do Alqueva, da Central da Venda Nova II, do Grupo EDP, do Estádio do Sporting Clube de Portugal ("Alvalade XXI") e da Brisa.

No panorama internacional de Sistemas de Transportes, a participação da EFACEC está vincadamente marcada nos metros de Tenerife (projecto, cálculo, fornecimento, instalação e manutenção de todos os subsistemas eléctricos e electrónicos e de comunicações, incluindo a rede de energia e linhas aéreas), Jerusalém, Singapura, Messina, Bursa e Bósnia, entre outros. Nos Sistemas de Energia, em empresas da Europa, Magreb, América do Sul e Central (automação de redes no Brasil, no Chile, na Argélia, em Moçambique e Angola) e em centros de competência e investigação onde a credibilidade nacional e o "saber-estar" e o "saber-fazer" da EFACEC se evidenciam. É o caso do CERN (Centro de Estudos e Desenvolvimento Nuclear - Suiça), o maior laboratório de partículas físicas do mundo, e da ESA (Agência Espacial Europeia) que valorizam, acima de tudo, o *state of the art*.

Na área de Aeroportos, a EFACEC também tem sido um *player* de prestígio, dignificando a Industria Nacional com a sua capacidade de fazer fornecimentos do tipo chave-na-mão, de todos os sistemas. É o caso do Aeroporto Francisco Sá Carneiro (Porto), de Faro, de Cabo Verde, de Brasília e de Sófia. A EFACEC apresenta soluções globais para um segmento cada vez mais exigente onde factores como segurança, competitividade e retorno do investimento são preponderantes para o bom desempenho destas infraestruturas.

Factor-chave de sucesso e avanço, quando entendido, como a EFACEC o entende, na sua acepção mais global, a inovação consiste na concepção e no aperfeiçoamento de soluções cada vez mais *taylor made* e no desenvolvimento tecnológico. É disso exemplo a, "Solução Inovadora" do Transformador de Fases Dissociadas, onde se tiveram em atenção vários aspectos, nomeadamente o do transporte; e os Transformadores Desfasadores, uma unidade das quais fornecida para a REN (600 MVA), instalada na subestação da Falagueira, servindo como ponto-chave para a interligação com a rede eléctrica internacional.

Conciliando progresso e crescimento económico com uma adequada preservação da natureza e do ambiente, a EFACEC aposta na expansão e consolidação do sector das energias renováveis como forma de desenvolvimento económico e de satisfação das necessidades actuais, sem comprometer as necessidades das gerações futuras. O avanço da tecnologia da EFACEC e das soluções técnicas e comerciais que disponibiliza permitiram a instalação do primeiro Parque Eólico em Portugal, com uma subestação de 220 kV ligada directamente à rede de distribuição de energia da REN, na Pampilhosa da Serra.

Ainda no contexto das energias renováveis, a EFACEC desenvolve estudos e implementa sistemas de energia para Centrais de Cogeração, Centrais Hidroeléctricas, Mini-hídricas, Centrais de Biomassa, bem como soluções ao nível da energia Fotovoltaica, de Ondas (Central do Pico Açores), Biometanização de lixos e da Geotérmia.

No que diz respeito ao Ambiente, a EFACEC fornece soluções integradas de Água e de Ar, como sejam os sistemas de tratamento de Água e Efluentes e de Despoeiramento, de Lavagem de Gases e Ar Condicionado. Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR's) foram já instaladas em vários sistemas ao nível nacional e internacional, bem como fornecidos todos os equipamentos electromecânicos essenciais às necessidades hídricas da agricultura em Roxo (Alentejo). No que concerne ao Ar são exemplos o sistema de tratamento de ar da nova fábrica da Lactogal e as unidades de despoeiramento para as cimenteiras Cimpor. Também os FGD's, responsáveis pela limpeza do enxofre emitido pelas centrais térmicas a carvão, contribuem para o bem-estar ambiental.

A EFACEC é a líder na prestação de serviços de manutenção em Portugal, em áreas tão diversas como a energia, os transportes, edifícios e unidades hospitalares, a indústria, o ambiente, as auto-estradas, entre outras.

EFACEC, INOVAÇÃO, MOTIVAÇÃO E RESPONSABILIDADE SOCIAL

O reforço de focalização da EFACEC no mercado internacional não faz diminuir a sua atenção sobre o mercado interno. Os projectos nacionais em que se envolve e as constantes preocupações com o meio ambiente, concebendo sistemas perfeitamente integrados no ambiente, comprovam esta asserção. Atendendo aos efeitos das suas decisões sobre a sociedade, a cultura do Grupo colabora, participa, confia e estabelece uma relação mútua de responsabilidade, assegurando que o seu sistema sociopolítico trabalha no sentido dos interesses de todos e preservando as liberdades política e económica.

E porque as suas decisões também têm repercussões óbvias no seio da própria empresa, a EFACEC constrói sistemas de administração do quotidiano que promovem a interacção de todos através de relações recíprocas propícias à partilha de um sentimento de missão. Neste sentido, pensamos que a inovação colectiva da EFACEC a eleva a um orgulhoso nível de qualidade, liderança, motivação, confiança e no respeito entre todos os

que fazem parte desta grande família reside numa estrutura organizativa simples, assente em sistemas flexíveis, transparentes e integrados, e na comunicação interna. "*Um verdadeiro líder deve ser mestre de dois fins: ideias ao mais elevado nível de abstracção e acções ao mais mundano nível de detalhe*" (*Peters* e *Waterman*).

A optimização de recursos e o reforço da aproximação e da supremacia da orientação para o cliente implica, por parte das equipas em geral e da gestão das áreas e unidades de negócio em particular, uma grande disponibilidade de tempo para detectar novas e importantes oportunidades de negócio e focalização constante para antecipar e preparar atempadamente soluções especificamente concebidas para satisfazer as necessidades próprias de cada cliente, garantias de flexibilidade e rapidez de acção. Daí que a EFACEC se empenhe em gerir aspectos como o planeamento e a organização de toda a estrutura empresarial, o rigor e a excelência.

A EFACEC é assim reconhecida pela sua capacidade de conceber e realizar sistemas através das suas competências multidisciplinares e das elevadas sinergias existentes entre as diferentes unidades e empresas do Grupo. E é esta capacidade que nos caracteriza e que constitui, em simultâneo, uma oportunidade e uma vantagem competitiva que, todos os dias, nos esforçamos por desenvolver, sedimentar e interiorizar. Assim cultivamos a cultura empresarial da EFACEC.

A EFACEC desenvolve esforços continuados no sentido de transformar os recursos em resultados potenciais, cultivando um clima de melhoramento contínuo e monitorizando as percepções de qualidade do cliente, sempre assente numa visão partilhada de inovação. Acreditamos sinceramente que é no potenciar desta estratégia que se encontra o caminho para o sucesso.

"*juntos inovamos*"

Soluções para Transportes e Logística

Mário Barbosa (Eng.º)
Administrador

UMA SÓ EMPRESA

É hoje o momento oportuno para falar sobre a presença da EFACEC nos Transportes, pois a recente reorganização do Grupo resultou na criação de uma nova estrutura de negócio que se designa por "Soluções de Transporte e Logística" (STL). A STL que tem como principais objectivos integrar todas as competências requeridas para o sector, conjugando-as de forma a maximizar o seu desempenho; e melhorar o serviço prestado aos nossos clientes.

Pensamos que o modelo adoptado é o que mais se adecua aos Sistemas de Transportes, que implicam soluções complexas e englobam várias valências do conhecimento

Esta aposta da EFACEC reflecte o nosso compromisso em servir esta actividade que se afigura de capital importância no desenvolvimento futuro do país.

As áreas de actuação do Grupo neste sector são as mais diversas, as competências e tecnologias as mais abrangentes e a empresa uma só: a EFACEC.

UMA VIDA DE EXPERIÊNCIA

A ligação da EFACEC ao sector dos Transportes tem cerca de meio século.

Esta colaboração iniciou-se no sector Ferroviário, em meados dos anos 60, mais precisamente através do fornecimento de transformadores para as subestações da CP, no seguimento das obras de renovação da Linha do Norte.

Anos mais tarde, a diversificação das actividades desenvolvidas pelo Grupo EFACEC justificou a nossa presença no fabrico de motores de tracção, alargando-se posteriormente aos equipamentos Electrónicos e aos Sistemas de Comando e Controlo bem como de Ajuda à Exploração.

São exemplos marcantes desta presença o Posto Central de Telecomando, situado em Santa Apolónia, que supervisiona toda a rede de energia da REFER, o chamado *Train Office*, fornecido à CP, que permite a localização *on-line* de cerca de 450 comboios de carga e passageiros por dia; e as centenas de Passagens de Nível automatizadas que constituem, para o grande público, a imagem mais visível da presença da EFACEC neste sector.

A par do sector ferroviário pesado outras áreas mereceram a demonstração das capacidades e dos conhecimentos tecnológicos da EFACEC.

Assim, a nossa presença nas redes de Metros faz-se sentir ao nível das Redes de Energia, dos sistemas de Controlo, Supervisão, Comunicações, Informação ao Público bem como ao nível dos sistemas de Ventilação. Para todos foram desenvolvidas e implementadas soluções inovadoras adequadas às exigências particulares de cada aplicação.

A EFACEC teve o primeiro contacto com este segmento de mercado, nos anos 80 através do fornecimento de diversas subestações de tracção para o Metro de Lisboa, sendo a sua presença mais marcante no mercado nacional a levada a cabo no projecto do Metro do Porto (como subcontratados da *Balfour Beatty Rail* e da *Bombardier*

Transportation), nomeadamente enquanto responsável pelo fornecimento, instalação e colocação em serviço dos sistemas electromecânicos (Catenária, Subestações, *SCADA*, Supervisão Técnica, Telecomunicações e Ventilação). Também no mercado internacional estivemos presentes, nomeadamente nos projectos dos metros de Messina, Bursa, Singapura e, mais recentemente, Tenerife.

Também nos sectores Rodoviários e dos Aeroportos, EFACEC tem tido uma posição de referência. A sua habitual competência e a aplicação de tecnologia própria está sempre presente no fornecimento de sistemas de Telemática Rodoviária e Gestão de Frotas, e na capacidade demonstrada nos fornecimentos chave-na-mão de instalações para estruturas Aeroportuárias ou de sistemas de Tratamento de Bagagens.

Disponibilizando uma ampla gama de produtos e sistemas, a EFACEC privilegia, na sua concepção, a cooperação com o cliente, sempre com o objectivo criar soluções à medida de cada um.

A EFACEC distingue-se e cria valor através das inúmeras valências multidisciplinares que possui e dos seus quadros especializados, dotados de singulares aptidões técnicas, nos diversos ramos de actuação. Além destes aspectos, a EFACEC tem revelado uma grande capacidade de adaptação ás diversas exigências que este mercado encerra. A nossa filosofia não é a de vender produtos ou sistemas, mas Soluções globais e integradas, com atributos que satisfazem as necessidades dos clientes.

Por terem sido concluídas com êxito, as oportunidades que surgiram a nível nacional, foram elementos de elevada importância para a abordagem ao mercado Internacional. Tais experiências foram a alavanca que nos impulsionou para o mercado internacional, nomeadamente para o Metro de Tenerife que se encontra em fase de implementação e que conta, em todos os sistemas, com a impregnação de todas as nossas capacidades, concretizando assim o objectivo estratégico de crescimento consolidado baseado na experiência acumulada.

Como suporte a estes objectivos, a Inovação tecnológica foi sempre um desígnio da empresa. Mas a Inovação implica a necessidade de se conhecer o mercado e as alterações que nele ocorrem. Neste contexto, a EFACEC acredita diferenciar-se por oferecer Inovação com eficiência: tem competências humanas, *know-how* específico das aplicações, conhecimento das tecnologias e um contacto forte com os seus clientes e parceiros. O foco das nossas atenções é prosperar sempre, concebendo soluções de qualidade e melhorando-as continuamente.

Conscientes das responsabilidades sociais que recaem sobre os agentes económicos em geral e em particular sobre a EFACEC, estamos empenhados na prevenção e na minimização de qualquer impacto resultante do natural crescimento da nossa actividade. Assumimos a Qualidade, Ambiente, Segurança e Saúde no Trabalho como pressupostos fundamentais das actividades de Soluções para Transportes e Logística, envolvendo todos os Colaboradores na concretização da satisfação dos clientes, das pessoas e dos accionistas, no desenvolvimento de processos e em atitudes de cidadania responsável, com vista a um desenvolvimento sustentável.

Com base nestes pilares e como resultado de um trabalho continuado, implementamos um Sistema de Gestão Integrado de Qualidade, Ambiente, Segurança e Saúde no Trabalho. Este é o resultado de um trabalho conjunto e o reflexo do esforço inequívoco em melhorar continuamente o nosso desempenho rumo a um crescimento sustentado através da oferta de bens e serviços de excelência que, gerem alto valor acrescentado, contribuam para a qualidade de vida e reduzam progressivamente o impacto ecológico, assim como a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, por forma a manter a capacidade de sustentação estimada para o planeta.

Ao longo destas páginas faremos referência ao passado, ao presente e ao futuro da EFACEC. Queremos partilhar com os leitores os diversos marcos da nossa presença no sector ferroviário e dar mostras da capacidade da engenharia nacional no desenvolvimento de produtos e sistemas.

UMA ATITUDE DE MELHORIA

O conhecimento e a experiência do Grupo EFACEC na área dos Transportes Ferroviários assentam em bases sólidas, construídas com tecnologia própria nos últimos 50 anos. Essa é uma razão mais do que suficiente para encararmos os desafios do futuro com optimismo e também com redobrada motivação.

As mudanças que o futuro nos reserva na área dos Transportes conduzirão inevitavelmente a um forte incremento da mobilidade e permitirão quebrar barreiras de espaço e tempo, interligando modernidade e eficácia com segurança e comodidade.

Projectos como a rede de Alta Velocidade e o Aeroporto Internacional de Lisboa, altamente estruturantes para o País, também o são certamente para a EFACEC, pois assumem-se como alavancas do desenvolvimento e oportunidades únicas para a aplicação de competências nacionais e, consequentemente, de se instituição de uma massa crítica capaz de, no futuro, transferir conhecimentos para o espaço internacional.

Projectos desta dimensão envolvem tecnologias e sistemas ainda não disponíveis no nosso país, em cuja implementação, a EFACEC afigura como o parceiro nacional de eleição para as empresas internacionais detentoras desses conhecimentos. A permuta de conhecimentos e experiências beneficiará o país e a engenharia nacional no futuro.

A perspectiva de criação de valor nacional deve assim ser avaliada pelo impacto futuro do Know-how adquirido e não apenas pelos resultados a curto prazo.

Consideramos que o sector dos Transportes representa um forte potencial de crescimento que beneficia claramente uma empresa com a multidisciplinaridade da EFACEC. Estamos, por isso conscientes do papel importante que podemos desempenhar no futuro que se avizinha, contribuindo com tecnologia nacional para o desenvolvimento do país.

Sabemos também que só apostando na Investigação e Desenvolvimento estaremos preparados para os desafios do futuro e que a Internacionalização é o caminho para o desenvolvimento sustentado da nossa actividade. Neste sentido traçamos planos e objectivos nesses dois domínios e trabalhamos afincadamente para os cumprir. Agradecemos aos nossos clientes o seu reconhecimento e respeito, pois são eles a base da nossa confiança.

Temos motivação, reunimos as capacidades necessárias e estamos dotados de uma atitude de melhoria constante. Estamos pois, preparados para aceitar este desafio, participando activamente nos projectos do futuro de Portugal.

4009

CHEGADA
DE CANAVESES
17H54
CHEGAD
SAO ROMAO

Contributo do Grupo EFACEC para a modernização dos transportes públicos de passageiros: Caminhos-de-Ferro, Metropolitanos, Metros Ligeiros e Autocarros

António Vasconcelos (Eng.º)
Ex-Chefe da Divisão de Sistemas de Sinalização e Tracção da EFACEC, Sistemas de Electrónica.
Ex-Consultor do Grupo EFACEC

A crescente necessidade de mobilidade das pessoas, aliada a cada vez maiores exigências ambientais e de segurança, veio dar um grande impulso no desenvolvimento dos transportes públicos, quer ferroviários quer rodoviários. Assim, para dar resposta a tais imperativos, foram efectuados, na última década, no nosso país, avultados investimentos nos transportes referidos, que contaram com a participação activa do Grupo EFACEC.

Remontam aos anos 60, os primeiros fornecimentos da EFACEC, no domínio dos transportes, neste caso ferroviários. Estava em curso a segunda fase da electrificação da Linha do Norte, troço Entroncamento-Campanhã/Ermesinde. Para essa obra, a EFACEC equipou as subestações da CP de alimentação da catenária (sistema 25 kV, 50 Hz) com variados equipamentos eléctricos de alta tensão. Merece realce o fornecimento de cinco transformadores, de 10 MVA, destinados às subestações de Salreu e Travagem e previstos para montagem *Scott*. Tal montagem que, nessa época, permitia reduzir o desequilíbrio provocado na rede nacional de alta tensão pelas cargas monofásicas geradas pela tracção eléctrica, tornou-se desnecessária quando, mais tarde, se verificou o aumento da potência instalada na rede eléctrica nacional.

Cerca de vinte anos passados, surge uma nova oportunidade para a indústria nacional EFACEC fornecer os caminhos-de-ferro nacionais: o plano de reapetrechamento da CP, definido por despacho governamental de 1976. No seguimento deste plano, a CP, ao adquirir à *Alstom* 30 locomotivas diesel-eléctricas das séries 1900 e 1930, de 3.300 CV de potência, concretiza a maior aquisição de sempre de locomotivas diesel eléctricas em Portugal. À EFACEC competiu o fabrico de 120 motores de corrente contínua - 282 kW, 360 V - necessárias às locomotivas (entregues em 1981). O fabrico destes motores na fábrica de motores eléctricos constituiu um marco importante para a cultura da EFACEC e impulsionou avultados investimentos, tais como um novo laboratório de ensaios, a instalação de impregnação para resinas sem solventes e uma máquina automática de soldadura de colectores (processo TIG).

A EFACEC fabricaria depois outras séries de motores de corrente de contínua, das quais salientamos, em 1984, 44 motores de 300 kW, 850 V, destinados às Unidades Triplas Eléctricas (UTE) da série 2200 (subcontrato *AEG*) e, em 1987, 17 motores de 1.500 kW, 1.500 V, destinados a nove locomotivas eléctricas da série 2620 (subcontrato *Alstom*).

Entretanto, com a evolução tecnológica do material motor, os tradicionais motores de corrente contínua foram substituídos por motores de corrente alterna assíncronos trifásicos, desenvolvimento que a EFACEC também acompanhou. Em 1991 forneceu 10 motores de 158 kW, 650 V, para sete automotoras diesel-eléctricas (subcontrato *ABB*), destinados à Linha da Póvoa, e, mais tarde, entre 1993 e 1997, 252 motores de 393 kW, 1.650 V, destinados a Unidades Quádruplas Eléctricas (UQE) da Linha de Sintra (subcontrato *Siemens*).

A par do fabrico dos motores de corrente contínua para as locomotivas eléctricas, a aquisição, pela CP, em 1987, de 58 carruagens tipo *Corail*, as

primeiras do nosso país a serem equipadas com ar condicionado e destinadas aos comboios Alfa e Intercidades da Linha do Norte, representou um passo importante para a EFACEC. De facto, foi na nossa Divisão de Electrónica Industrial que foram fabricados os 31 conversores estáticos de dupla tensão (1500 V, 50 Hz ou cc) de 40 kVA que alimentaram os auxiliares das referidas carruagens e a carga da bateria (subcontrato *Alstom*). Em 1994, a CP, visando a remodelação de 45 carruagens de aço inoxidável da *Sorefame*, destinadas aos comboios Intercidades, volta a encomendar à EFACEC 45 conversores estáticos do mesmo tipo. A EFACEC estreava-se, desta forma, na área da electrónica de potência ferroviária, construindo, para o efeito, uma instalação de ensaios adequada.

Em Julho de 1980, a criação da Divisão de Sistemas de Tracção (mais tarde denominada Sistemas de Sinalização e Tracção e, actualmente, Unidade de Sistemas de Transporte) marcou o início da actividade da EFACEC em Sistemas. Tendo como objectivos o estudo, projecto e coordenação de fornecimento de equipamentos eléctricos de tracção para diversos meios de transporte, a primeira grande realização neste domínio foi o estudo, fornecimento, montagem e ensaios de equipamentos eléctricos de tracção para Troleicarros, em consórcio com a empresa Salvador Caetano, que resultou no fornecimento de 45 veículos: 15 Simples (1984) e 10 Articulados (1985) para os STCP (Serviço de Transportes Colectivos do Porto) e 20 Simples para os SMTUC (Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra), em 1984.

E porque não podemos descurar a Segurança, a EFACEC desde logo se preocupou em associá-la aos caminhos-de-ferro. Com a necessidade de se substituírem os anteriores Circuitos de Via (CDV) da Linha do Norte, do tempo da sua electrificação, e que não eram compatíveis com o teor de harmónicos gerados pelos conversores estáticos das novas carruagens tipo *Corail* (como atrás referido, adquiridas pela CP), a EFACEC dá o seu primeiro passo no sentido da Sinalização Ferroviária ao assinar um contrato com a CP para o fornecimento, em 1984, de 150 novos circuitos. Estes CDV's, do tipo de impulsos de tensão elevada, passaram então a ser fabricados pela EFACEC, ao abrigo de um contrato de licença assinado com a então *Jeumont Schneider*, hoje em vigor com a *Alstom*. O primeiro fornecimento destes CDV's deu-se em 1984 e pouco depois foram encomendadas outras 150 unidades. A CP deu preferência a este tipo de equipamentos de sinalização seleccionando-os para incorporarem os novos sistemas de sinalização electrónica.

Em 1991, a EFACEC começa a participar, juntamente com empresas internacionais seleccionadas, no estudo, fornecimento, instalação e ensaios de entrada em serviço de diversos subsistemas de sinalização, tais como CDV´s de Impulsos de tensão elevada (cerca de 3.000 unidades) e Passagens-de-Nível (PN's) automáticas (cerca de 100 unidades) integradas em sistemas de sinalização electrónica do tipo SSI, ESTW, PIPC e recentemente, no Metro do Porto, EBILOCK. São de salientar, neste âmbito, os importantes projectos do Sistema de Sinalização do Integrado do SUL (SISSUL), da Beira Alta, dos 3 A's (troços da linha do Norte: Alverca/Alhandra e Azambuja Setil), da Linha de Sintra, do Eixo Norte-Sul e da modernização da Linha do Norte.

As PN's automáticas têm sido também uma área de forte envolvimento da EFACEC no reforço da segurança dos atravessamentos rodoviários. A primeira PN automática da EFACEC entrou em serviço há dezoito anos, precisamente a 17 de Março de 1988. Neste momento são cerca de 300 as unidades dos tipos B e C, fornecidas em várias fases e em regime de chave-na-mão: estudos, fabrico, fornecimento de equipamentos e de cabos, construção civil, montagem global do sistema e ensaios de entrada em serviço.

É de realçar que a tecnologia das PN's, para além da tecnologia de base franco-belga, incorpora muito *know-how* da EFACEC.

O contrato assinado com a CP, em 1989, para a manutenção e reparação de avarias das PN's automáticas, fornecidas pela EFACEC, assinala o início das actividades de manutenção de sinalização ferroviária. Refira-se que este serviço é apoiado por um sistema de supervisão remota (inicialmente, rede telefónica comutada e,

actualmente, por redes IP - *Internet Protocol* - em fibra óptica e rádio GSM - *Global System for Mobile Communication*) que informa, em tempo real, o Centro de Comando da Manutenção das avarias e sua caracterização. Trata-se do inovador Sistema Automático de Transmissão de Avarias (SATA), desenvolvido pela EFACEC.

O desafio lançado recentemente pela REFER para o estudo de uma PN simplificada adaptada a linhas de baixo tráfego foi imediatamente aceite pela EFACEC e resultou num sistema inovador que, mantendo os equipamentos de sinalização rodoviários (sinais rodoviários e meias-barreiras), recorre à utilização de novas tecnologias de transmissão do anúncio que activam as PN's a partir de terminais informáticos localizados em cada estação. O ramal de via única da Figueira da Foz foi o escolhido para automatização e protecção das 31 PN's que se encontram nesta linha, através de sinais ferroviários (SPN's) localizados a uma distância apropriada (consultar descrição completa deste novo sistema no artigo "Passagens-de-Nível Automáticas").

Um outro importante projecto de sinalização que contou com a presença da EFACEC, na qualidade de subfornecedor da *ABB*, foi o projecto *Convel*, um projecto, concluído em 1994, que dotou as linhas do Norte e Sintra de um sistema de protecção e controlo automático de velocidade dos comboios (ATP - *Automatic Train Protection*). Foram assim instaladas centenas de unidades de via (codificadores e balizas) e substituídas, em conformidade, 330 unidades motoras de vários tipos pelos adequados dispositivos de controlo (painéis de bordo, unidades de avaliação e unidades de registo). Em Portugal, a EFACEC foi a empresa responsável pelo fabrico de diversos equipamentos electrónicos (codificadores, unidades de avaliação e unidades de registo), montagem e ensaios de entrada em serviço.

A EFACEC tem tido uma forte presença no fornecimento de energia da catenária nas subestações, no sistema 25 kV, 50 Hz (REFER); em corrente contínua 1.500 V (Linha do Estoril) ou 750 V (Metropolitano de Lisboa e Metro do Porto), para as quais dispõe de tecnologia própria, dada a sua grande experiência em sistemas de energia eléctrica de alta tensão.

Neste sentido, em 1990, foi entregue, em chave-na-mão, a primeira subestação: Litém, na Linha do Norte. Seguiram-se as de Vila Franca de Xira, também na Linha do Norte; de Abrantes, na Linha do Leste; as de Quinta Grande e Pegões, na Linha de Vendas Novas; a do Fogueteiro, no Eixo Norte-Sul; e, recentemente, a renovação e aumento de potência das subestações de Salreu e Travagem, na Linha do Norte.

Em corrente contínua (1.500 V), salientamos o fornecimento, também em chave-na-mão, das subestações de Paço de Arcos, Carcavelos, S. Pedro do Estoril, Cruz Quebrada e Belém, todas na Linha de Cascais e cada uma equipada com dois grupos rectificadores de 2.000 kW.

O Metropolitano de Lisboa é uma referência importante para a EFACEC no que respeita ao fornecimento das subestações de 6.500 kW localizadas nas estações de Alameda, Vale de Chelas, Olivais Sul, Roma, Pontinha e Baixa Chiado.

Para o Metro do Porto, a EFACEC forneceu, em chave-na-mão, 29 subestações de 1.600 kW (subcontrato da *Balfour Beatty Rail*).

O avanço seguinte foi a modernização das referidas subestações de energia de tracção através do fornecimento de sistemas informatizados de telecontrolo e supervisão técnica, os chamados sistemas *SCADA* (*Supervisory Control and Data Acquisition*). O primeiro foi instalado no Metropolitano de Lisboa (1994) e, neste momento, a grande referência é o Posto Central de Telecomando de Energia da REFER, situado junto à estação de Santa Apolónia. Instalada a primeira fase em 1994, este sistema da REFER efectua, hoje, a supervisão e telecontrolo de 20 subestações e 150 postos de catenária. Os equipamentos e *software* dos sistemas SCADA foram desenvolvidos pela Unidade de Automação e Telecontrolo de Redes de Energia da EFACEC e são similares aos que temos fornecido ao Grupo EDP (redes de distribuição e transporte de energia).

No que concerne às Telecomunicações ferroviárias, a Unidade de Telecomunicações da EFACEC tem exercido uma actividade de relevo tanto no fornecimento como na instalação de infra-

estruturas de telecomunicações de fibra óptica e cabos metálicos, redes locais, equipamentos de transmissão, alimentações e supervisão técnica do sistema de telecomunicações das linhas da Beira Alta e do SISSUL.

Salientamos, ainda, o sistema de telecomunicações dos troços Pampilhosa/Quintães e Quintães/Ovar, da Linha do Norte, e o do troço Funcheira/Faro, da Linha do Algarve; que compreendem suportes físicos e equipamentos de transmissão de dados e fonia, alimentações, sincronismo horário e rede de exploração. Entretanto, está em curso a instalação do sistema de informação aos passageiros no Centro de Comando Operacional (CCO) do Porto, que inclui suportes físicos, painéis de informação aos passageiros em tecnologia LED (*Light Emitting Diode*) e respectivo *software*.

Os Sistemas de Ajuda à Exploração (SAE) de autocarros, agora designados comercialmente por *TimeKeeper*, são uma das recentes actividades abordadas pela Unidade de Transportes da EFACEC, cuja função principal é localizar os veículos através de um odómetro, *GPS* (*Global Positioning System*) ou mesmo através de sistema de navegação inercial. Constituídos por quatro subsistemas (sistemas embarcados, rede rádio, CCO e informação ao público) são a melhor forma de gerir a actividade dos serviços públicos de transportes de passageiros em autocarros, aumentando a sua operacionalidade e segurança.

O primeiro SAE foi fornecido à Companhia Carris de Ferro de Lisboa, em 2001, e gere, em tempo real, a sua frota de 800 autocarros, disponibilizando aos passageiros informações sobre o tempo previsto de espera nas paragens (Painel de Informação ao Público - PIP). Até este momento foram instalados 200 destes terminais. Seguiu-se uma instalação equivalente para a STCP, em 2005, dotada de 600 autocarros e 70 PIP's e, recentemente, a assinatura, com a companhia madeirense "Horários do Funchal", de um contrato para o fornecimento de um SAE para gerir uma frota de 210 autocarros e 50 PIP's (consultar completa descrição destes sistemas no artigo "*TimeKeeper*").

Equivalente aos SAE, mas destinado ao transporte ferroviário, existe o sistema *Train Office*, fornecido pela EFACEC à CP, em chave-na-mão, em 2004, e que se destina a fazer seguir os comboios de carga e de passageiros da CP. Actualmente é utilizado em cerca de 450 comboios diários. Os 160 computadores de bordo, instalados em diversos tipos de unidades motoras (locomotivas e automotoras), e os mais de 3.000 identificadores de vagões de mercadorias (TAG), informam o CCO das diversas características dos vagões e da sua carga. Refira-se que a informação dos TAG é lida, manualmente, por um aparelho portátil específico e depois carregada no computador de bordo.

A transmissão de informações entre o computador de bordo do comboio e o CCO é suportado pela rede comercial *GSM/GPRS*. A localização do comboio é efectuada por sistema *GPS*, aliado a um sistema de informação geográfica e, por isso, independente do sistema de sinalização da linha percorrida pelo comboio.

Entre as várias facilidades do *Train Office* destaca-se a função de cálculo dos eventuais atrasos do comboio, efectuada através da comparação da base de dados da marcha do comboio com a respectiva localização; e a interface com o sistema *Convel* que calcula automaticamente os dados de frenagem mediante a informação da carga total do comboio e o respectivo "peso freio".

A EFACEC dedica-se ainda à Telemática Rodoviária, no contexto da qual destacamos o fornecimento (ainda em curso) para a totalidade da rede de auto-estradas da Brisa (consórcio com a empresa espanhola *Indra*), de 144 painéis de informação variável, 414 câmaras de vídeo-vigilância e 35 estações meteorológicas, disseminadas ao longo de 1.500 km de auto-estradas. Salientamos também o fornecimento, através da encomenda em chave-na-mão da EGIS, do Sistema de Gestão da NORSCUT do IP3 (Viseu-Chaves), no qual estão incluídos dois CCO's (Viseu e Lamego), 15 painéis de informação variável, 30 câmaras de vídeo-vigilância, duas estações meteorológicas e diversas unidades de contagem e classificação de veículos.

Nesta área de negócios da Unidade de Transportes realçamos o sistema integrado de gestão do túnel de Castro Daire, incluído no IP3 (duas galerias paralelas com 600 m de comprimento), fornecido, em 2002, através de encomenda em chave-na-mão recebida da Estradas de Portugal (EP). O mesmo acontece com o sistema integrado de gestão dos dois túneis das Antas (2004), incluídos no Plano de Acessibilidades ao Estádio do Dragão do Futebol Clube do Porto (encomenda recebida do GOP/Câmara Municipal do Porto), também fruto da experiência da EFACEC nesta área.

Internacionalmente considerada e reconhecida, a EFACEC expande os seus horizontes à exportação de sistemas ferroviários para metros e metro ligeiros. Destacamos três importantes obras: Metro Ligeiro de Tenerife (Ilhas Canárias), Metro Ligeiro de Messina (Sicília) e Metro de Bursa (Turquia).

O Metro Ligeiro de Tenerife (20 km de via, 27 estações e 22 veículos) constitui, até ao momento, a maior referência de exportação de sistemas ferroviários. Um consórcio de várias empresas da EFACEC forneceu, em chave-na-mão, a alimentação de energia de tracção (catenária e subestações), o sistema de ajuda à exploração (SAE), o sistema de telecomunicações e o sistema de supervisão e telecontrolo SCADA.

Para o Metro de Messina, a EFACEC forneceu, também em chave-na-mão, os sistemas electromecânicos, nomeadamente 16 km de catenária para tensão de 750 V cc; as subestações de tracção de 1.25 MW, os sistemas de informação ao público e a sinalização da via.

Por sua vez, para o Metro de Bursa, a Unidade de Telecomunicações forneceu, sob subcontrato da *Siemens*, os sistemas integrados de telecomunicações (transmissão, vídeo-vigilância, sonorização e alimentações).

Pouco fidedigna seria esta resenha histórica se a terminássemos sem referir a importante contribuição do Grupo EFACEC na construção da primeira fase do Metro Ligeiro do Porto. Neste enorme projecto, que se desenrolou entre 1999 e 2005, foram construídos 70 km de linha dupla, electrificados em 750 V cc (7 km dos quais em subterrâneo), servidos por 74 estações e cinco linhas. Várias empresas do Grupo EFACEC forneceram, através de subcontratos da *Balfour Beatty Rail* e da *Bombardier Transportation*, diversos sistemas electromecânicos, dos quais destacamos o sistema de alimentação de energia (subestações de alta tensão 15 kV, 29 subestações de tracção 750 V cc, a instalação e ensaios de 118 km de catenária e o respectivo sistema de supervisão e telecontrolo SCADA), o sistema de Telecomunicações (cabos de fibra óptica e respectivo sistema de transmissão SDH e PDH, vídeo-vigilância, informação ao público e redes de fonia), 25 PN's automáticas (integradas no sistema de sinalização electrónico da *Bombardier Transportation*) e as fontes de alimentação.

A EFACEC escreve, com orgulho, a sua própria história, plena de desenvolvimentos. Amanhã há mais para contar.

O sistema Train Office, desenvolvido pela EFACEC, destina-se a fazer seguir os comboios de carga e de passageiros da CP. Actualmente é utilizado em cerca de 450 comboios diários.

EFACEC: Inovação e Desenvolvimento Tecnológico para o Sector dos Transportes

Pedro Moreira da Silva (Eng.º)
Comissão Directiva de STL - Inovação e Desenvolvimento

Tem crescido, nos últimos anos, a percepção de que os modelos de negócio e operações escolhidos pelas empresas determinam o sucesso ou fracasso das suas estratégias. Para enfrentar a competitividade, cada vez mais forte no mercado, é necessário responder com Inovação: olhar além do desenvolvimento de novos produtos e serviços e equacionar novos modelos de negócio e parcerias.

INTRODUÇÃO

A EFACEC dispõe de uma ampla gama de produtos e sistemas de tecnologia própria, fruto de uma forte capacidade técnica, com quadros especializados nas diferentes áreas de actividade e uma grande quantidade de valências multidisciplinares. A sua abordagem sistemista/integradora permite-lhe satisfazer as actuais necessidades do mercado e rentabilizar as várias valências do Grupo.

A aposta da EFACEC no mercado internacional, no investimento em Inovação e no desenvolvimento de novas tecnologias (em articulação com as tecnologias de base), possibilitou-lhe a liderança no mercado nacional e a afirmação nos mercados internacionais.

Demasiado pequeno e inconstante, o mercado nacional é, neste momento, incapaz de sustentar, por si só, uma empresa como a EFACEC; motivo que está na origem da sua internacionalização, já com um significativo conjunto de referências. Ao concorrer nos mercados internacionais com soluções próprias, a EFACEC aumenta a competitividade da sua oferta integrada.

A criação de um Gabinete de Inovação, ao nível de todo o Grupo, demonstra a importância dada aos domínios da Inovação e Desenvolvimento, desde sempre presentes na cultura da EFACEC. Este gabinete dedica-se à dinamização da cultura da Inovação, empreendendo vários projectos e iniciativas, dirigidas a todo o grupo ou dedicados a áreas específicas, e promovendo a participação do Grupo em actividades externas ligadas à Inovação.

No contexto de Soluções de Transporte e Logística (STL), a sua Comissão Directiva encarrega-se das tarefas de dinamização e coordenação das actividades de desenvolvimento tecnológico nas suas diferentes unidades, bem como do fomento da sua participação nas actividades de Inovação do Grupo.

No sentido de integrar as actividades de Inovação e Desenvolvimento Tecnológico (I+DT) e aumentar o seu alinhamento estratégico, a coordenação destas actividades é efectuada com base em eixos como a organização do desenvolvimento tecnológico, a partilha de conhecimento, os instrumentos de controlo e os produtos/soluções.

RECURSOS

Actualmente e ao nível de STL, o desenvolvimento tecnológico é concebido nas várias Unidades de Negócio (UN) da EFACEC. As UN contribuem, com as suas competências e *know-how*, para o portfólio de soluções próprias no sector dos transportes e, em determinados projectos, colaboram entre si na integração das soluções.

O investimento de STL em I+DT representa 3,8% do seu volume de negócios, resultado da permanência de equipas de engenharia dedicadas exclusivamente ao desenvolvimento tecnológico; para além

do desenvolvimento aplicacional que é feito pelos restantes engenheiros.

As áreas de actuação envolvem a automação de sistemas de energia, a electrónica de potência, a telemática, a sinalização ferroviária, as telecomunicações, o processamento de vídeo, a logística e a automação em geral.

Caracterizadas, principalmente, por serem multidisciplinares, as actividades de STL congregam um conjunto de competências diversificadas, das quais se destacam o *hardware* de electrónica e micro electrónica, o *software* embebido, a informática, as comunicações, os protocolos de rede, os protocolos *wireless*, a electrónica de potência, a análise estrutural e térmica, a concepção e construção mecânica, a concepção eléctrica e a automação.

A cultura do grupo no domínio da inovação está também na origem da criação de um departamento aeroespacial que trabalha em projectos para a Agência Espacial Europeia, desenvolvendo tecnologias e metodologias futuramente susceptíveis de serem aplicadas nas outras áreas de actuação do Grupo.

COOPERAÇÃO EXTERNA

É tradição da EFACEC colaborar com universidades e entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional (SCTN), participando conjuntamente em projectos de I+DT, em teses de mestrado e/ou doutoramento e em projectos de final de curso e estágios.

Destacam-se as faculdades de Engenharia e de Ciências da Universidade do Porto, o Instituto Superior Técnico, o INETI, o ISEP, a Universidade do Minho, a UTAD, o INESC, o INEGI, a Universidade Lusófona, a Universidade Nova e a Universidade de Aveiro.

A EFACEC também já integrou alguns projectos internacionais, nomeadamente de âmbito europeu, em colaboração com universidades estrangeiras e organismos europeus como o *JRC* (*Joint Research Center*).

O Grupo EFACEC é, desde a sua criação, membro da COTEC Portugal e está presente em várias iniciativas de dinamização da inovação e em associações para sectores específicos: ADFER - Associação Portuguesa para o Desenvolvimento do Transporte Ferroviário, NET - Novas Empresas e Tecnologias, S.A.; ANETIE - Associação Nacional das Empresas de Tecnologia de Informação e Electrónica; DANOTEC - Associação de Empresas de Defesa, Armamento e Novas Tecnologias; WEC - Centro de Energia das Ondas; APDC - Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Comunicações; Proespaço; AP2H2 - Associação Portuguesa para a Promoção do Hidrogénio; entre outras.

Empenhada nas recentes iniciativas de constituição de redes de competências, a EFACEC faz parte do consórcio "Rede de Competência em Mobilidade", que congrega várias empresas, universidades e entidades do SCTN da zona norte do país.

A EFACEC colabora ainda activamente na criação de novas entidades, como o ITS Portugal (dedicado aos sistemas de transporte inteligentes) ou a ADSEE - Associação para o Desenvolvimento de Sistemas de Engenharia Emergentes.

O grupo EFACEC marca também presença em actividades de normalização, integrando 12 Comissões Técnicas de Normalização e um Grupo de Trabalho, das quais se destacam para o sector dos transportes: CTE9 (aplicações eléctricas e electrónicas para instalações ferroviárias), CT155 (equipamentos para estradas), CTE22 (Electrónica de Potência), CTE57 (Comunicações para Controlo de Sistemas de Energia) e CTE82 (Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica).

A EFACEC integra igualmente a Comissão Instaladora da Associação Portuguesa para a Normalização e Certificação Ferroviária (APNCF).

A área STL da EFACEC foi incluída num conjunto de empresas piloto escolhidas pela COTEC para o projecto de Certificação da Gestão da Inovação.

DESAFIOS TECNOLÓGICOS

Hoje em dia, os seguintes paradigmas revestem-se de extrema importância no sector dos transportes:

- Conforto e segurança dos utentes
- Segurança e protecção dos equipamentos fixos e rolantes e das pessoas em geral
- Automatização
- Interoperabilidade

- Eficiência operacional
- Eficiência energética
- Qualidade de serviço para os utentes
- Informação aos operadores e utentes
- Interface a outras modalidades de transporte
- Integração de sistemas
- Facilidade de utilização
- Utilização por pessoas diminuídas
- Disponibilização de comunicação e serviços em mobilidade aos utentes

A aposta continuada em I+DT permite que a EFACEC proporcione, nas suas áreas de actuação, um conjunto de produtos e sistemas que abordam estes paradigmas.

- Sistemas de energia de elevada qualidade por recurso a electrónica de potência e a fontes de energia renovável
- Sinalização ferroviária onde há sistemas críticos em termos de segurança e optimização de circulação
- Telecomunicações de última geração
- Informação ao público
- Videovigilância
- Controlo e comando das redes de energia
- Seguimento e gestão de frotas de autocarros ou vagões
- Sistemas de ajuda à exploração
- Localização remota
- Integração de várias destas vertentes ao nível do centro de comando.
- Sistemas auxiliares como ventilação e bombagem, gestão de alarmes e detecção de incêndio

ERTMS designa *European Rail Traffic Management System*, uma geração standardizada de sinalização e controlo de velocidade que deverá substituir os 23 sistemas diferentes que existem na Europa. O *ERTMS* aborda claramente o paradigma da interoperabilidade e, como introduz conceitos totalmente novos na sua forma de gerir a circulação, possibilita o aumento da segurança e da capacidade das linhas mediante o conhecimento instantâneo da posição, velocidade e dados de trajeto de cada comboio. Este sistema acaba por se aproximar também de paradigmas como o conforto e a segurança, a automatização, a eficiência operacional e energética, a qualidade de serviço, a informação e a integração com outros sistemas. Atenta a esta evolução, a EFACEC iniciou já o desenvolvimento deste tipo de sistema.

A tecnologia do sistema *Galileo* desempenhará um papel-chave nas futuras soluções de mobilidade terrestre. Aplicações em sistemas de gestão de tráfego, navegação, informação ao indivíduo em trânsito, portagens, pagamentos virtuais e toda uma série de novos serviços baseados na posição do utilizador, localização de veículos roubados, auxílio à condução e outros, serão melhorados face à actual utilização dos sistemas *GPS* (*Global Positioning System*) e *Glonass*.

As redes de telecomunicação de banda larga, como *WiFi* e *WiMax*, tornam possível a cada vez maior necessidade de comunicação entre os veículos rodoviários e ferroviários e a infra-estrutura. Estas tecnologias terão forte aplicação ao nível da telemática e dos sistemas de pagamento automático, áreas nas quais a EFACEC já tem uma presença significativa.

As preocupações ambientais, a eficiência energética e os congestionamentos de tráfego colocam os transportes públicos no centro das atenções de qualquer política de transportes. As energias renováveis, endógenas e limpas constituem, por isso, um desafio ao qual a EFACEC se associa, envolvendo-se em vários projectos de geração de energia eólica, ondas, biomassa, pilhas de combustível e mini-hídricas.

Resolvidas as questões de privacidade e segurança pessoais, para além da interoperabilidade e da compatibilidade internacional; estima-se que a *RFID (Radio Frequency IDentification)* venha a representar um papel importante na economia e na qualidade de vida das pessoas.

Para manter a sua capacidade competitiva, a EFACEC acompanha permanentemente todas estas tecnologias e aplicações e incorpora-as na sua oferta.

CONCLUSÃO

Uma das características distintivas da EFACEC no sector dos transportes é a sua capacidade de desenvolver e integrar soluções à medida do cliente e da aplicação, flexibilidade que constitui uma mais-valia em todos os projectos em que participa. Os nossos clientes têm demonstrado repetidamente confiança nas nossas tecnologias através da aquisição de produtos e sistemas que nos permitem manter o nosso portfólio em constante renovação.

"Em Julho de 1980, a criação da Divisão de Sistemas de Tracção (mais tarde denominada Sistemas de Sinalização e Tracção e, actualmente, Unidade de Sistemas de Transporte) marcou o início da actividade da EFACEC em Sistemas."

EFARail
Soluções Inovadoras para Aplicações Ferroviárias

António Carrapatoso (Eng.º)
Director de Investigação e Desenvolvimento da Automação e Telecontrolo

A necessidade de melhorar a qualidade de serviço, a segurança e a eficiência dos sistemas ferroviários, sejam eles metros ligeiros ou pesados, comboios convencionais ou de alta velocidade, implica a utilização de sistemas cada vez mais sofisticados de supervisão e controlo, também com um nível de especialização crescente; e a troca constante de informações entre eles. O Grupo EFACEC, não alheio à optimização destes sistemas, tem vindo a desenvolvê-los e a implementá-los, antecipando as necessidades dos seus clientes, empresas gestoras de infra-estruturas ferroviárias. Como resultado do trabalho já desenvolvido surge um conceito inovador designado EFARail.

NECESSIDADES

O facto de, muitas vezes, as mesmas informações serem necessárias a diferentes sistemas obriga a duplicações de captores, cablagens e meios de comunicação, que se traduzem na complexidade das instalações e acarretam custos desnecessários. O funcionamento optimizado e harmonioso dos diversos sistemas existentes numa infra-estrutura ferroviária carece então de uma Partilha de Informações entre os mesmos, a fim de evitar a duplicação de funcionalidades entre si e minimizar os custos associados à aquisição de informação. Assim acontece quando existe um sistema que, na posse de determinadas informações, as "publica" por via informática, disponibilizando-as a quaisquer outros sistemas que nelas estejam interessadas.

O actual e crescente nível de especialização dos sistemas que hoje existem recomenda que se estabeleça a Autonomia de cada um dos diversos sistemas, incrementando as trocas de informações entre eles, em detrimento da centralização das distintas funcionalidades num único sistema.

Os diversos sistemas de supervisão e controlo são normalmente utilizados por operadores distintos. No entanto, em determinadas horas do dia (horas de menor tráfego) ou em condições excepcionais, pode ser conveniente que um único operador possa, no seu posto de operação, interagir com mais do que um sistema em simultâneo. O mesmo aplica-se às informações que são geradas pelos diferentes sistemas, designadamente informações históricas, que, para análise de incidentes, por exemplo, devem poder ser analisadas de forma integrada. Daí a necessidade de uma Interface com os operadores.

OS SISTEMAS

O telecomando da rede de energia, a supervisão técnica, a videovigilância e a informação ao público são alguns dos Sistemas de Supervisão e Controlo que o Grupo EFACEC tem vindo a fornecer aos seus clientes da área ferroviária, nomeadamente em Portugal (REFER, Metropolitano de Lisboa e Metro do Porto), em Espanha (Metro de Tenerife), em Singapura (*LTA*), em Itália (*Commune di Messina*) e na Bósnia-Herzegovina (*BHRPC*).

O Telecomando de Energia permite realizar a supervisão e o telecomando de toda a rede de energia, informando o operador sobre o estado energético dos vários troços, o estado dos órgãos das subestações e as diversas medidas (correntes, tensões, potências, energias), fornecendo informações detalhadas sobre incidentes ocorridos e, se necessário, reconfigurando o sistema de alimentação. Outra das funcionalidades disponibilizadas é o arquivo histórico, de medidas e/ou de acontecimentos, para análise posterior.

A Supervisão Técnica permite averiguar o estado dos diversos subsistemas de suporte à infra-estrutura ferroviária e dos equipamentos instalados na via, nas subestações de tracção, nas estações, túneis, entre outros; informando o operador sobre eventuais falhas ocorridas nos mesmos.

A Videovigilância permite efectuar a monitorização permanente, por meio de câmaras de vídeo, de diversas áreas da via, subestações e estações; e a gravação dessas imagens em situações consideradas relevantes.

A Informação ao Público permite difundir, dentro das composições ou nas estações, por afixação de mensagens ou por mensagens sonoras, informações relevantes sobre a chegada de composições, alterações a horários, informações de serviço, entre outras.

A SOLUÇÃO

A EFACEC, após uma análise aprofundada das necessidades dos seus clientes e das soluções tecnológicas disponíveis, concebeu e desenvolveu um projecto inovador que permite aos seus clientes maximizar a rentabilidade das funcionalidades disponibilizadas pelo conjunto dos vários sistemas. O projecto visa consentir que os diversos sistemas operem integradamente entre si, partilhando informações, mas mantendo, cada um, a sua própria autonomia.

De acordo com o *standard* de comunicações CORBA, a utilização de um *event bus* permite que qualquer sistema "publique" eventos na rede informática (que interliga os distintos sistemas), eventos que são imediatamente disponibilizados aos sistemas que os "subscreveram".

A autonomia dos sistemas é garantida, pois, apesar de poderem compartilhar informações e de serem operados a partir do mesmo posto, cada um pode evoluir autonomamente. Quer isto dizer que podem ser incorporadas, em sistemas distintos, novas funcionalidades sem que isso afecte os demais.

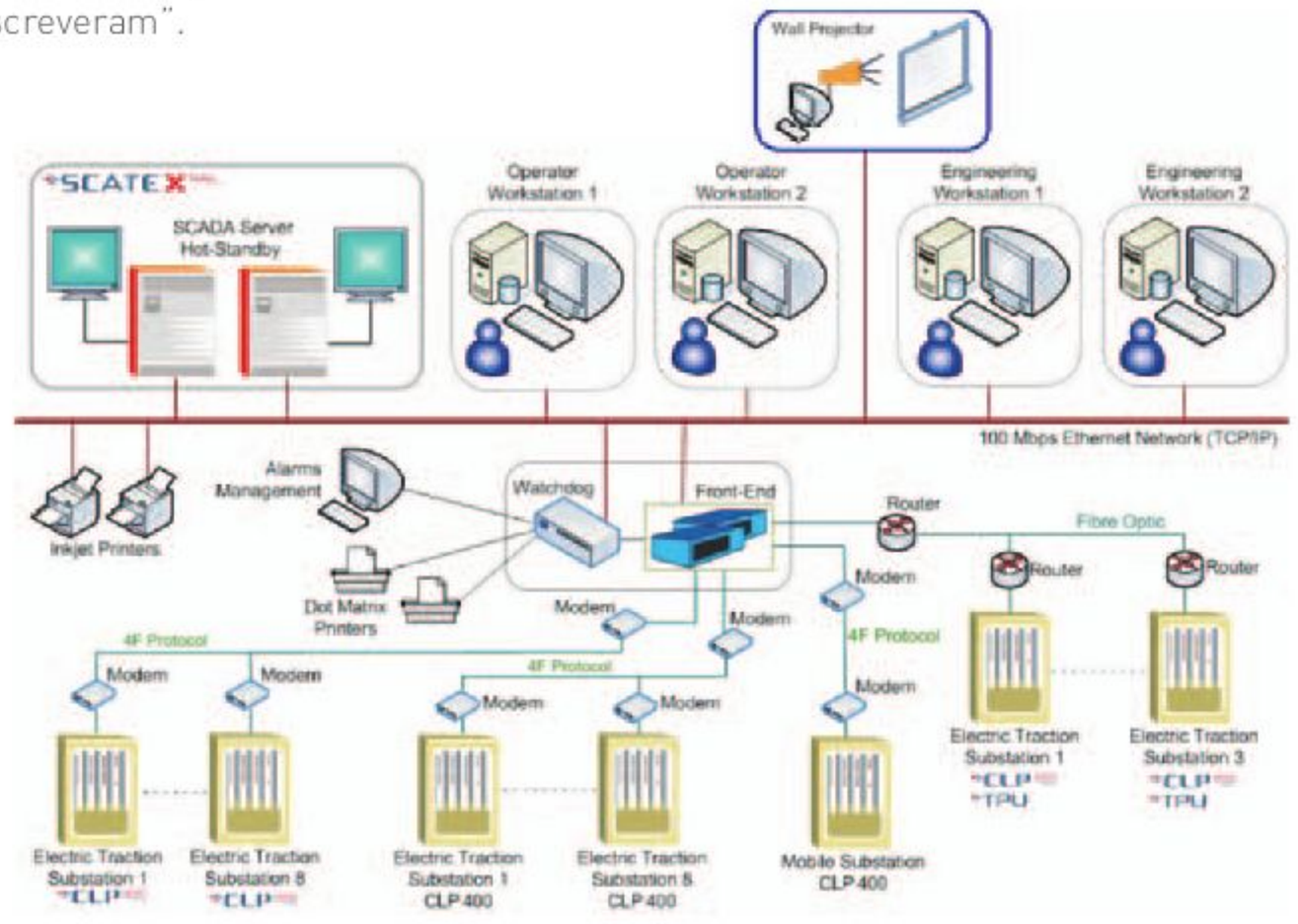
A utilização do *event bus*, além da partilha de informações em tempo real, faculta a Operação Integrada dos diferentes sistemas a partir do mesmo posto, entre os quais a autenticação única do operador e a navegação entre aplicações de diferentes sistemas.

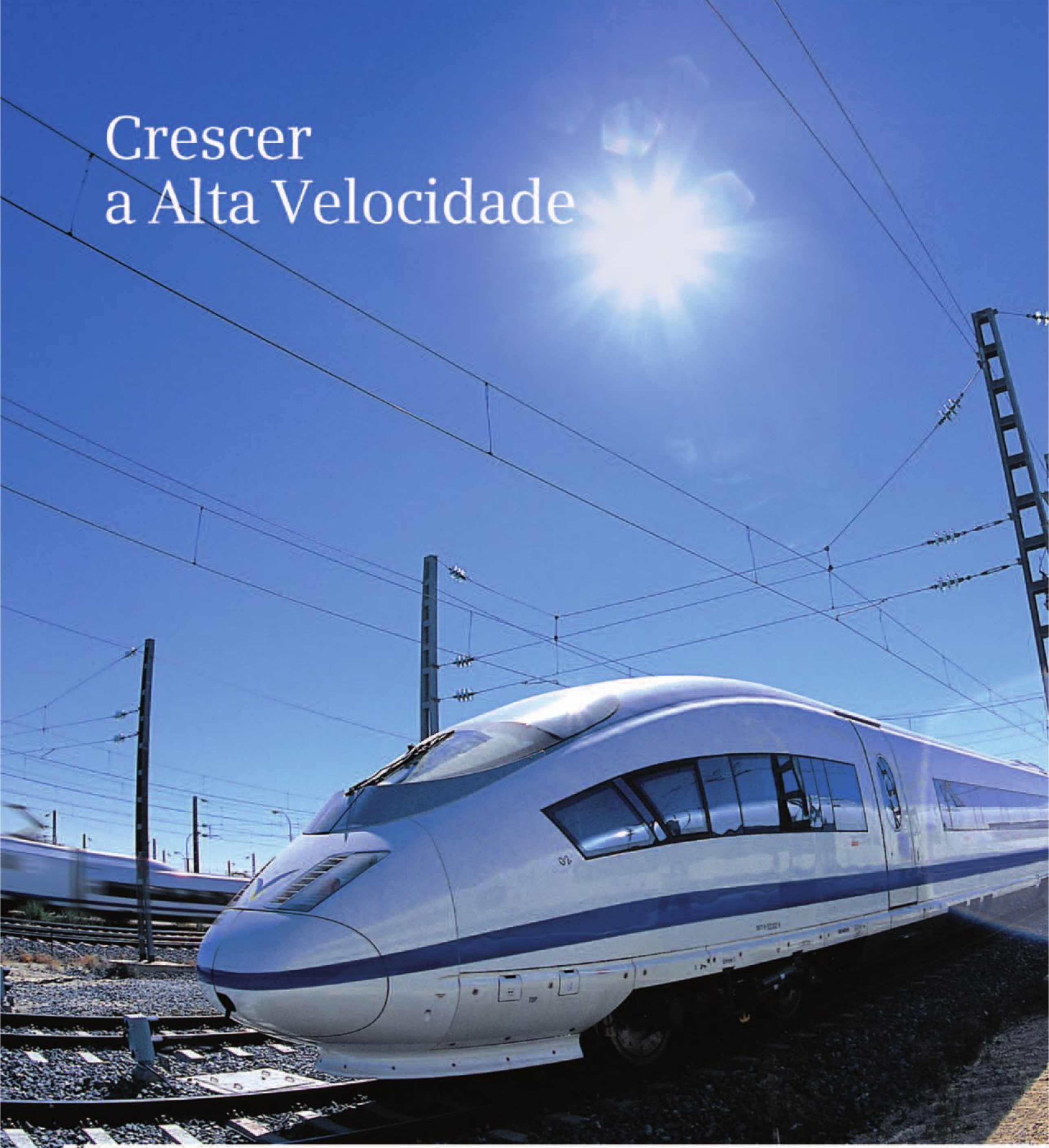
APLICAÇÕES

O conceito *EFARail* está já a ser aplicado ao Metro de Tenerife, instalação que deverá entrar em funcionamento operacional ainda este ano. Neste sistema de metro ligeiro, os sistemas de supervisão da rede de alimentação (750 Vcc), de supervisão técnica, de videovigilância, de informação ao público e de apoio à exploração, fornecidos por diferentes empresas do Grupo EFACEC, partilham informações e permitem realizar, de forma centralizada, as funções de operação.

CONCLUSÃO

O Grupo EFACEC é portador de diversas competências na área da electrónica, das telecomunicações, do telecomando e sistemas de informação, competências que se encontram distribuídas por várias empresas, com áreas de negócios diversificadas. Usufruindo de tais faculdades, a EFACEC desenvolveu uma solução inovadora, para aplicações ferroviárias, que lhe permite oferecer aos seus clientes um conjunto de sistemas com um leque de funcionalidades que ultrapassa largamente o somatório das funcionalidades individuais de cada um deles, o *EFARail*.





Soluções Globais para Alta Velocidade

Competências locais que acrescentam valor estratégico ao país

Mobilidade e velocidade são exigências de um país moderno e inovador.
Os nossos comboios de Alta Velocidade combinam estes dois aspectos
de uma forma eficaz. Em conjunto com as nossas soluções de infra-estruturas,
são a base ideal para o desenvolvimento de Portugal, de forma rápida e segura.

www.siemens.com/transportation

SIEMENS

"Remontam aos anos sessenta os primeiros fornecimentos da EFACEC, no domínio dos transportes ferroviários."

Sistemas de Gestão de Energia para Ferrovias

José Manuel Fonseca (Eng.º)
Director Geral da Unidade de Negócios de Automação de Sistemas de Energia

As crescentes necessidades de resposta rápida nas reposições de serviço e de existência de informação de monitorização que permita uma análise eficaz dos comportamentos dos sistemas têm forçado a constante evolução tecnológica dos sistemas de Automação e Telecomando de Redes Eléctricas de Tracção Ferroviária e Supervisão Técnica das Infra-estruturas. Acompanhando esta evolução, e em permanente actualização, a EFACEC ocupa, actualmente, uma posição de referência reconhecida no panorama nacional, a par da sua também reconhecida presença internacional.

1. INTRODUÇÃO

No contexto da Automação e Telecomando de Redes Eléctricas de Tracção e Supervisão Técnica das Infra-estruturas em ambiente ferroviário, a actividade da EFACEC tem vindo a desenvolver-se desde a década de 80, tendo adquirido, ao longo dos tempos, competências significativas, quer ao nível das tecnologias aplicáveis nestes domínios, quer no projecto dos respectivos sistemas. Estes sistemas são utilizados quer na ferrovia tradicional quer em metros, ligeiros ou pesados.

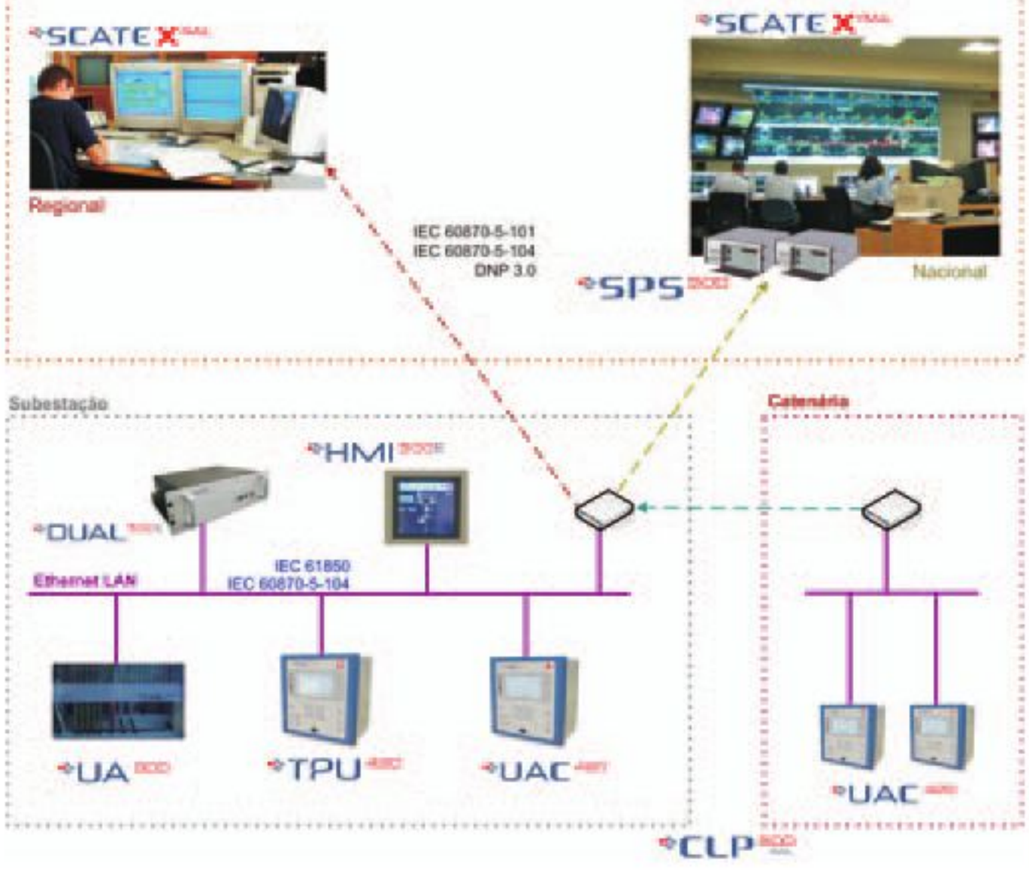
2. TELECOMANDO DE ENERGIA

As empresas que têm como missão gerir as infra-estruturas das redes ferroviárias, com extensões mais ou menos significativas, têm de garantir, de forma fiável, o fornecimento de energia às linhas electrificadas. A solução que apoia o sucesso desta missão passa pela possibilidade de se controlarem e monitorizarem as redes e instalações de Tracção através da utilização de sistemas *SCADA* (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

Tipicamente este tipo de sistemas permite a supervisão e o telecomando de toda a rede de energia, disponibilizando aos operadores, sob diferentes formas, vários tipos de informação, nomeadamente a existência de energia nos vários troços, o estado dos órgãos de manobra e o valor das diversas grandezas (correntes, tensões, potências, energias, entre outras.). Com base nessas informações podem ser feitas análises sobre incidentes que tenham ocorrido e tomadas as devidas acções, no sentido de, se necessário, se reconfigurar o Sistema de Energia.

Habitualmente, funcionalidades acrescidas como o arquivo histórico, de medidas e/ou de acontecimentos; listas e relatórios de ocorrências estão naturalmente disponíveis afim de permitir a adequada condução da rede eléctrica.

Figura 1: Diagrama de um Sistema de Telecomando de Energia para a Ferrovia



2.1.Postos de Catenária

Tradicionalmente, num sistema de Telecomando de Catenária existem, ao longo da via, Unidades Remotas de Telecontrolo (URT's) que recolhem as informações e permitem o comando dos órgãos de manobra, nomeadamente os seccionadores de catenária. Estas unidades, localizadas nos postos de catenária e mais relevantes nas zonas neutras, podem ainda garantir funções de encravamento e automatismos adequados à gestão do posto.

A informação, uma vez adquirida, é enviada para a subestação de tracção adjacente à qual o Posto de Catenária está ligado do ponto de vista da rede de Energia (v. g. 25 kV), sendo daí reencaminhada para o Centro de Comando Centralizado. De igual forma, os comandos sobre os órgãos de manobra, para além de poderem ser desencadeados nos painéis de comando e sinalização local, podem ser recebidos da dita subestação adjacente, quer sejam desencadeados nesta ou no Centro de Comando.

2.2.Telecomunicações ao longo da Via

A transmissão da informação é assegurada por redes de comunicações de dados privativas assentes em meios físicos que podem variar de redes em cabos metálicos (nem sempre satisfatórias devido ao uso de modulações em banda de canal, normalmente com velocidades e qualidade de transmissão baixas) a redes em fibra óptica que permitem elevadas larguras de banda e reduzidas taxas de erro. Este último tipo de infra-estrutura de telecomunicações possibilita a utilização de protocolos de comunicação estandardizados internacionalmente e de elevado desempenho, em suporte *TCP/IP*, tais como o CEI 60870-5-104.

A existência de meios de comunicação altamente eficazes permite, desde logo, a implementação de novas funções, nomeadamente daquelas que carecem de interacção entre as subestações e os postos de catenária ou mesmo entre ambos. Estas funções, quando implementadas, possibilitam reconfigurações mais dinâmicas da rede de energia.

2.3.Subestações de Tracção

s Subestações de Tracção, enquanto instalações fulcrais para garantir o fornecimento de energia à rede de tracção, são alimentadas a partir das redes de transmissão ou subtransmissão (v. g. EDP ou REN), em alta ou muito alta tensão (60, 110, 150, 220 ou 400 kV). Estas subestações possuem transformadores, geralmente em configuração duplicada, destinados a obter os níveis de tensão (nomeadamente em corrente alternada) adequados às funções de tracção (v. g. 25 kV); toda a aparelhagem de corte e os sistemas de comando, controlo e protecção, destinados a garantir o fornecimento fiável de energia à rede de tracção.

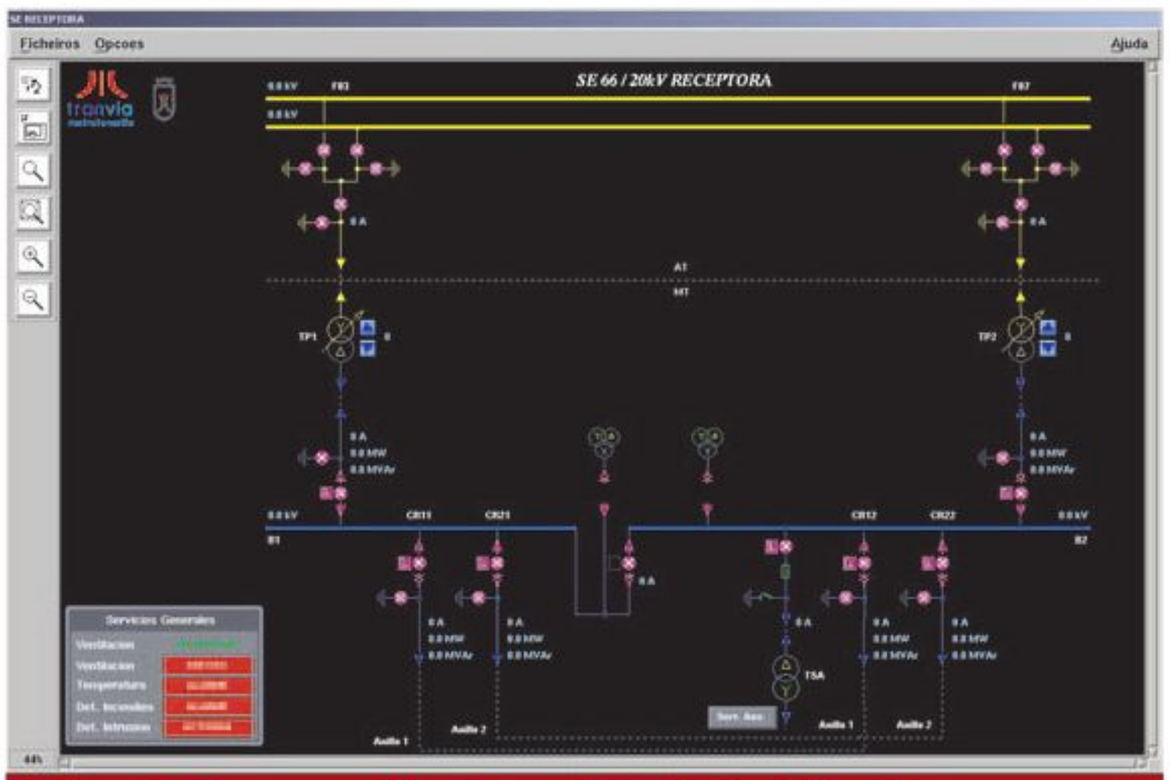


Figura 2: Esquema unifilar de uma Subestação de Tracção metropolitano Tenerife

A gestão de uma Subestação de Tracção pode, do ponto de vista do Telecomando, Comando, Controlo, Automação e Protecção, ser abordada de várias formas.

2.3.1.Abordagem Tradicional

Sistema de Protecção tradicional (SP)
Sistema de Comando e Controlo tradicional (SCC)
Unidade Remota de Telecontrolo (URT)

Esta abordagem, usada na maior parte das implementações existentes da Ferrovia, quer pesada quer ligeira, assenta na independência dos sistemas, por função. Como tal, pode traduzir alguma redundância em termos de *hardware*, uma maior complexidade no que respeita ao projecto eléctrico, uma fiabilidade teoricamente menor, dificuldades de manutenção acrescidas e um custo global da instalação à partida superior, por conduzir a um volume de cablagem elevado.

Neste caso, a função Telecomando é assegurada por uma Unidade Remota autónoma que garante a aquisição, geralmente por ligações físicas a fio, de todas as informações destinadas à Supervisão e Telecomando da Subestação. Estas informações podem ser obtidas a partir da Interface Homem Máquina (IHM), da própria Unidade Remota ou do Centro de Comando. No entanto, como se tratam de unidades actualmente com grande capacidade computacional, outras funções, como automatismos locais, destinadas ao controlo da subestação, podem estar também implementadas.

2.3.2. Abordagem Evoluída

Sistema Integrado de Telecomando, Controlo e Protecção (SCP)

Esta abordagem é usada em algumas implementações mais recentes e caracteriza-se por apresentar um nível de integração funcional elevado.

De facto, o SCP possibilita a realização de um projecto eléctrico mais simples, uma fiabilidade teoricamente superior e uma manutenção tecnicamente mais evoluída (por isso mais simples, mas também mais especializada). Além disso, disponibiliza funcionalidades acrescidas e a informação disponível é muito mais detalhada, o que se traduz numa exploração da rede de energia mais determinística e, portanto, mais eficiente.

Nesta aproximação, a função Telecomando é uma das funções de um sistema que, através de ligações informáticas físicas e/ou lógicas, integra e interage também com as diferentes funções de Automação e Protecção.

Em qualquer um dos casos, as infra-estruturas de comunicação revelam-se de particular importância uma vez que, ao nível das subestações, os volumes de informação podem ser elevados, principalmente nesta abordagem. Daí a necessidade de se disponibilizarem redes muito eficientes, com elevada largura de banda, no sentido de, mais uma vez, se possibilitar o uso de protocolos de comunicação estandardizados internacionalmente e de elevado desempenho, em suporte *TCP/IP*, tais como o CEI 60870-5-104.

O facto das unidades das subestações concentrarem informação crítica, relativa a troços relevantes da rede de energia, justifica o recurso a esquemas redundantes em *hot-standby*, que asseguram a fiabilidade da função Telecomando e das comunicações.

O mesmo acontece com as abordagens aos Sistemas de Alimentação CC destas unidades que optam por esquemas redundantes e razoavelmente autónomos, de forma a garantir elevados níveis de disponibilidade.

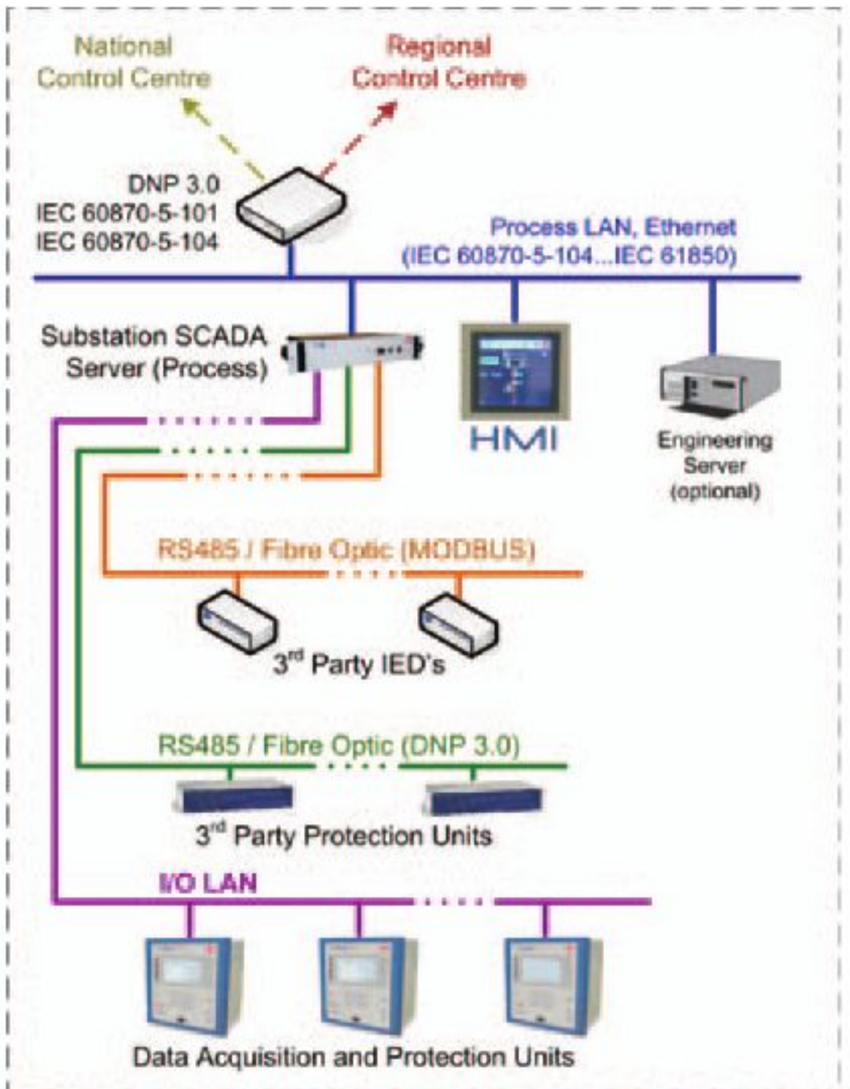


Figura 3: Arquitectura de um Sistema Integrado de Telecomando, Controlo e Protecção

2.4. Centros de Comando

Genericamente, um sistema de *SCADA* é constituído por servidores (normalmente redundantes numa configuração em *hot-standby*), um conjunto de Postos de Operação com vários monitores, um sistema de sincronização horária (geralmente via *GPS - Global Positioning System*), um ou vários Frontais de Comunicações (usualmente redundantes numa configuração em *hot-standby*), um sistema de vigilância *watchdog*, impressoras de diversos tipos, *videowall*, entre outros. Configurações mais elaboradas dispõem de servidores dedicados a determinadas funções, dependendo do volume de dados a tratar ou de necessidades específicas.

Para além das infra-estruturas físicas (*hardware*), os sistemas têm por base um conjunto de plataformas de *software* que são *standards* internacionais: sistemas operativos dos computadores, tais como *Unix*, *Windows* ou *Linux*; os sistemas de gestão de base de dados relacionais (*RDBMS*), como é o caso do *Oracle* e os *standards* de comunicações, *CORBA*, e *CEI 60870*.

Sobre estas plataformas estão assim os *softwares* que implementam as aplicações específicas como as de *SCADA* e outras.

A consciência de que os sistemas *SCADA*, devidamente vocacionados para a gestão das redes

de energia na ferrovia, são de facto uma mais valia, fez a EFACEC manter, desde há cerca de duas décadas, uma linha de desenvolvimento dos seus próprios produtos.

Numa aplicação de um Centro de Comando para uma Rede Eléctrica de Tracção, para além do Centro de Comando global e centralizado (PCT - Posto Central de Telecomando), é possível existirem centros de comando dependentes, com funcionalidades idênticas ou reduzidas e de carácter mais regional. Os mesmos podem funcionar de forma autónoma (i.e. adquirirem a informação directamente, a partir das URT's que lhes estiverem directamente adstritas) ou de forma híbrida.

Recorrendo às estruturas de comunicações atrás referidas, os sistemas *SCADA* recolhem, através dos Frontais de Comunicações, a informação proveniente das Unidades Remotas e tratam-na de forma a ser apresentada aos operadores de modo adequado à condução da rede.

O tratamento da informação é conseguido por intermédio de programas que implementam um conjunto de funcionalidades, nomeadamente:

- Processamento de eventos e de alarmes
- Arquivos históricos
- Gerador de relatórios
- Diagramas esquemáticos da rede
- Controlos individuais e em sequência
- Gráficos de tendência
- Configuração *online* do sistema
- Editor vectorial de esquemáticos, com conectividade
- Gestão de privilégios de operador e de áreas de responsabilidade
- Funções automáticas configuráveis
- Importação/Exportação de dados (*DXF*, etc.)
- Estatísticas de indisponibilidade
- Protocolos (*downstream*) *standard* de comunicações
  - o *CEI 60870-5-101*
  - o *CEI 60870-5-104*
  - o *DNP 3.0*
- Protocolos entre centros de comando
  - o *CEI 60870-6 (TASE.2/ICCP)*
- Alertas *SMS* e via *e-mail*
- Interface a sistemas de terceiras partes
- Interface *WEB*

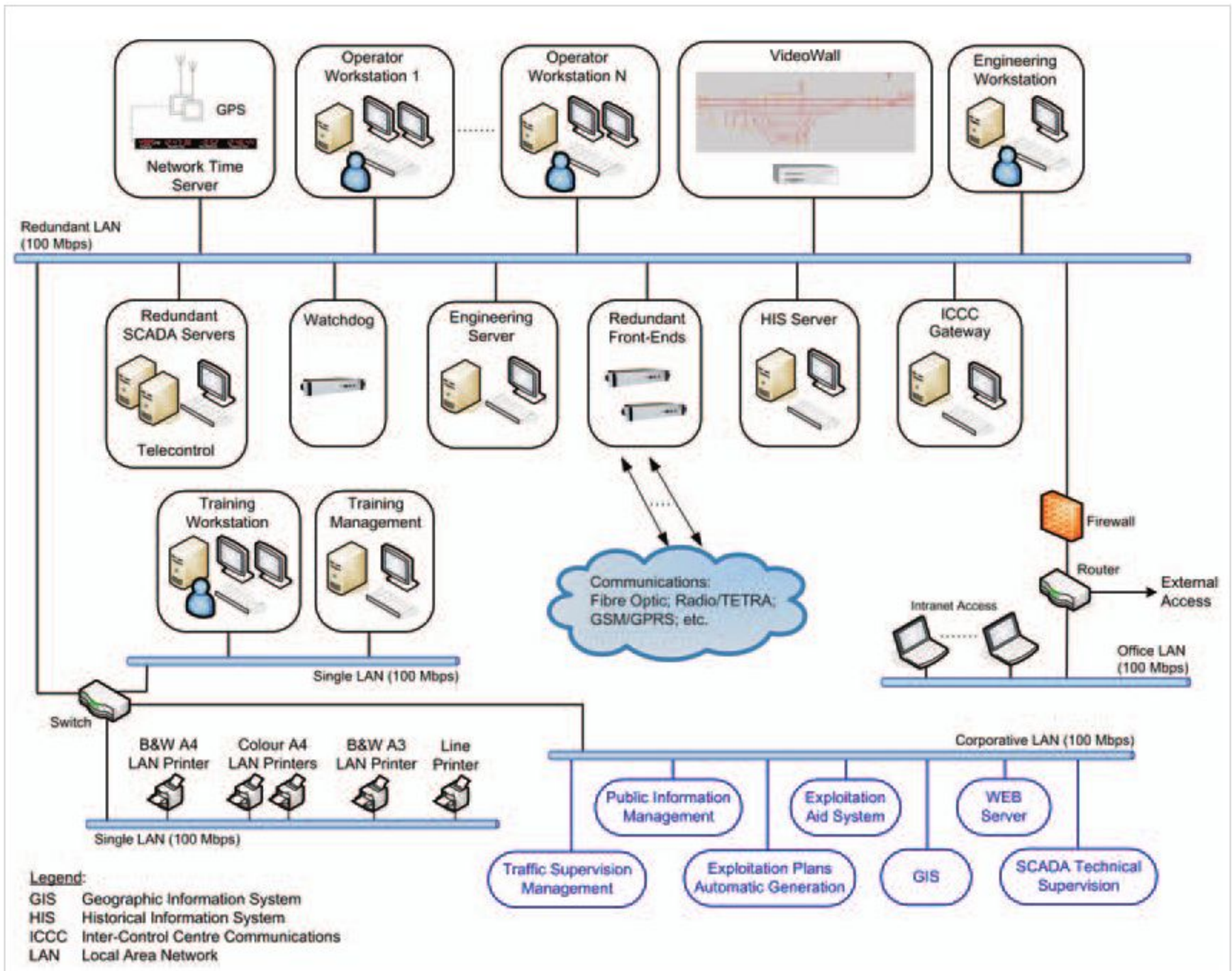


Figura 4: Arquitectura de um Centro de Comando de Energia para a Ferrovia

Para além destas funções mais usuais e que garantem o tratamento da informação, a sua manutenção e apresentação, bem como as interligações com os sistemas exteriores; podem existir outras mais elaboradas e especificamente focadas no cálculo dos fenómenos energéticos e no apoio à decisão de operação. São disso exemplo:

- Processamento de topologia e coloração dinâmica (*on-line* e *off-line*)
- Estimação de estados (*on-line*)
- Análise de fluxo óptimo de potências (*off-line*)
- Análise de curto-circuito (*off-line*)
- Controlo de tensão e energia reactiva (*on-line*)
- Gestão (previsão e optimização) de consumos de energia, por troços de catenária, por subestação (*off-line*)
- Análise de Contingências (*on-line* e *off-line*), com recurso aos dados da previsão
- Tratamento Inteligente de Alarmes
- Localização de defeitos, isolamento e reposição
- Análise de harmónicos (*off-line*)
- Estudos e cálculos de disponibilidade (em função de dados reais)
- Gestão de documentos operacionais (ordens de manobra, consignação, incidentes, etc.)
- Integração (EFARail) com sistemas corporativos, tais como Sistemas de Informação Geográfica, etc
- Simulador de treino de operações,
  - Ambiente idêntico ao da exploração
  - Modo de estudo
  - Com cenários arquivados ou reais
  - Situações de stress ou contingência

É recorrendo às técnicas, funcionalidades e características atrás mencionadas que a EFACEC garante aos seus clientes o fornecimento de Sistemas com qualidade, desempenho e grau de escalabilidade ao nível do que de melhor se faz mundialmente nestes domínios.

3. SUPERVISÃO TÉCNICA

Uma empresa que gere uma rede ferroviária de transportes alberga uma diversidade de infra-estruturas cuja exploração e gestão se reveste da maior importância, nomeadamente a segurança de pessoas e bens, a informação ao público, a videovigilância, os meios de locomoção, os acessos, as comunicações, as alimentações auxiliares, entre outras.

Tendo em conta que as respectivas plataformas de suporte são, na maioria das vezes, oriundas de múltiplos fabricantes, tais infra-estruturas são susceptíveis de serem supervisionadas a partir de um centro de comando, o centro de Supervisão Técnica.

A EFACEC tem vindo, ao longo dos tempos, a oferecer plataformas abertas, a partir das quais um centro de comando pode interagir com as diferentes plataformas tecnológicas de suporte às referidas infra-estruturas. Essa interacção é conseguida mediante interfaces directas às infra-estruturas, através de unidades remotas de pequeno e/ou médio porte nelas localizadas; ou por intermédio de interfaces a unidades (por vezes proprietárias), de menor ou maior dimensão, concentradoras das informações relativas às mesmas infra-estruturas. Neste caso, a transferência das informações faz-se recorrendo a comunicações directas com esses concentradores ou através de *gateways* que implementam os protocolos adequados.

Para além da Gestão Técnica integrada de todas as infra-estruturas, os sistemas de Supervisão Técnica podem suportar também funções avançadas, tais como:

- Gestão da Manutenção
  - Gestão do ciclo de vida de acções de manutenção preventiva ou correctiva, através de:
    - Interface a Sistemas de Informação Geográfica (GIS)
    - Gestão das equipas de Manutenção recorrendo à localização de veículos de equipas de intervenção por *GPS*
    - Envio de alertas *SMS*
  - Gestão de documentos operacionais
    - Relatórios de funcionamento de sistemas e equipamentos
    - Planos e calendários de intervenção
    - Relatórios de manutenção
  - Cadastro dos equipamentos
- Simulador de treino de operações
  - Ambiente idêntico ao da exploração
  - Modo de estudo
  - Com cenários arquivados ou reais
  - Situações de stress ou contingência

- Partilha de informação (EFARail) com o conjunto de sistemas de gestão da infra-estrutura ferroviária, entre os quais:
  - Sistema de Informação Geográfica (GIS)
  - Sistema de análise e de gestão de Incidentes
  - Sistema de telecomando de energia

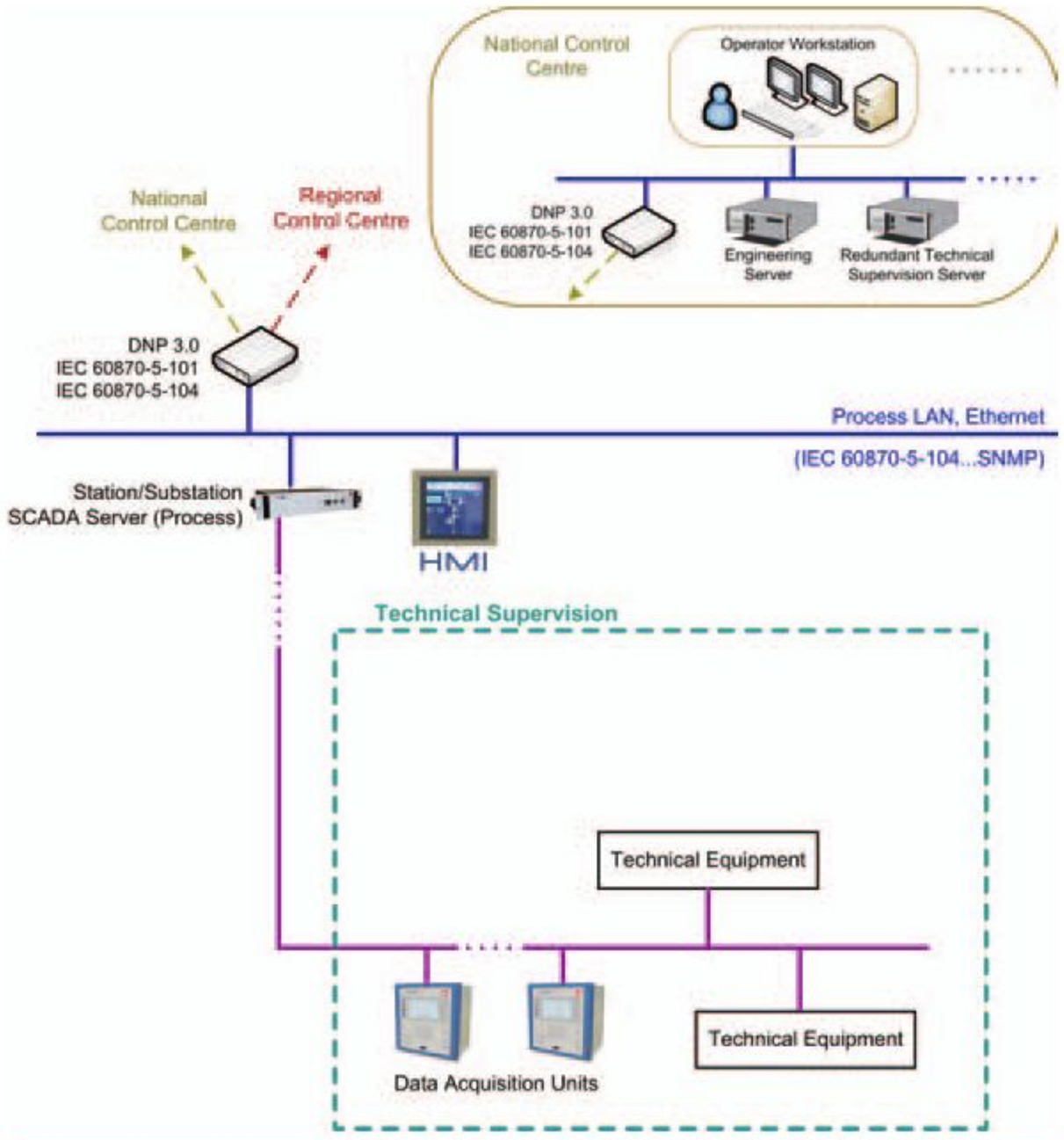


Figura 5: Arquitectura de um Centro de Comando de Supervisão Técnica para a Ferrovia

As empresas gestoras das infra-estruturas ferroviárias podem encontrar na EFACEC e nos sistemas atrás enunciados a solução ideal para uma gestão e manutenção eficientes.

4. CENTROS DE COMANDO OPERACIONAIS

Perante os actuais desafios de focalização de actividades e de eficiência na gestão dos serviços dos Sistemas de Transportes torna-se, em alguns casos, interessante congregar, num espaço comum, sistemas de várias especialidades. Assim, perante um incidente, as decisões serão tomadas com base na correlação do maior número de informações possível, no mais curto espaço de tempo.

Para além deste objectivo, em algumas aplicações, a optimização do número de operadores por turno, por intermédio da sua multidisciplinaridade, pode constituir um aspecto importante a ter em conta .

De qualquer modo, a forma de atingir estes objectivos poderá variar desde a simples junção de todas as especialidades numa mesma sala até à integração informática dos diversos sistemas. No entanto, tal a ser feito, deverá sê-lo de modo a garantir a manutenção da independência e da integridade dos sistemas das especialidades, a minimização dos riscos de perda de desempenho (decorrente de múltiplos processamentos em série) e, consequentemente, de incongruência de informação. Especial atenção deverá ser tida na mistura de informação relativa a aspectos críticos, nomeadamente de segurança, com outra de carácter não crítico.

Esta aproximação permite vislumbrar um conjunto de tendências que se podem sumariar:

- Integração de Funções e Ferramentas Avançadas
- Incremento do Volume e Qualidade da Informação Adquirida
- Acções Automáticas
- Análise de Informação Histórica
- Ajuda ao Processo de Decisão do Operador
- Partilha de Informação Entre Sistemas
- Interacção entre Interfaces Homem Máquina Distintas
- Disponibilidade da Informação de Forma Alargada

A concretização destas tendências poderá trazer algumas vantagens que importa enumerar:

- Gestão Harmoniosa dos Sistemas Ferroviários
- Optimização de Recursos
- Melhoria da Eficiência Operacional
- Aumento da Qualidade de Serviço
- Visão Global da Infra-estrutura

Naturalmente e face ao estado actual dos sistemas disponíveis, colocam-se alguns desafios:

- Permitir, em alguns casos, a evolução a partir de sistemas existentes
- Assegurar a Coexistência de Soluções Multifabricante
- Garantir a Cooperação entre Sistemas Heterogéneos
- Ausência de *Standard* para a Integração de Sistemas
- Manutenção de Elevados Níveis de Fiabilidade

A abordagem EFACEC a esta problemática denomina-se EFARail e garante o seguinte conjunto de pressupostos.

- Permite a Cooperação entre Sistemas, preservando a sua Autonomia
- Implementa Postos de Operação Multi-funcionais, preservando as Interfaces Homem Máquina dos Sistemas Especializados
- Extensível a Sistemas de Terceiros

Permite ainda um conjunto de Funcionalidades Acrescidas:

- Gestão Global de Alarmes
- Arquivo de Dados e Análise de Incidências, Unificados
- Gestão Centralizada de Operadores
- Navegação Contextualizada entre Sistemas

Apresenta-se, de seguida, um diagrama que representa a implementação de um sistema efectivo, já desenhado pela EFACEC, que permite a exploração dos diferentes sistemas existentes na ferrovia:

- Comando de tráfego centralizado
- Regulação
- Telecomando de catenária
- Informação ao Público
- Videovigilância
- Comunicações
- Supervisão de Infra-estruturas
  - o Arquivo Histórico
  - o Gestão de Incidentes
  - o Gestão de Equipas de Manutenção

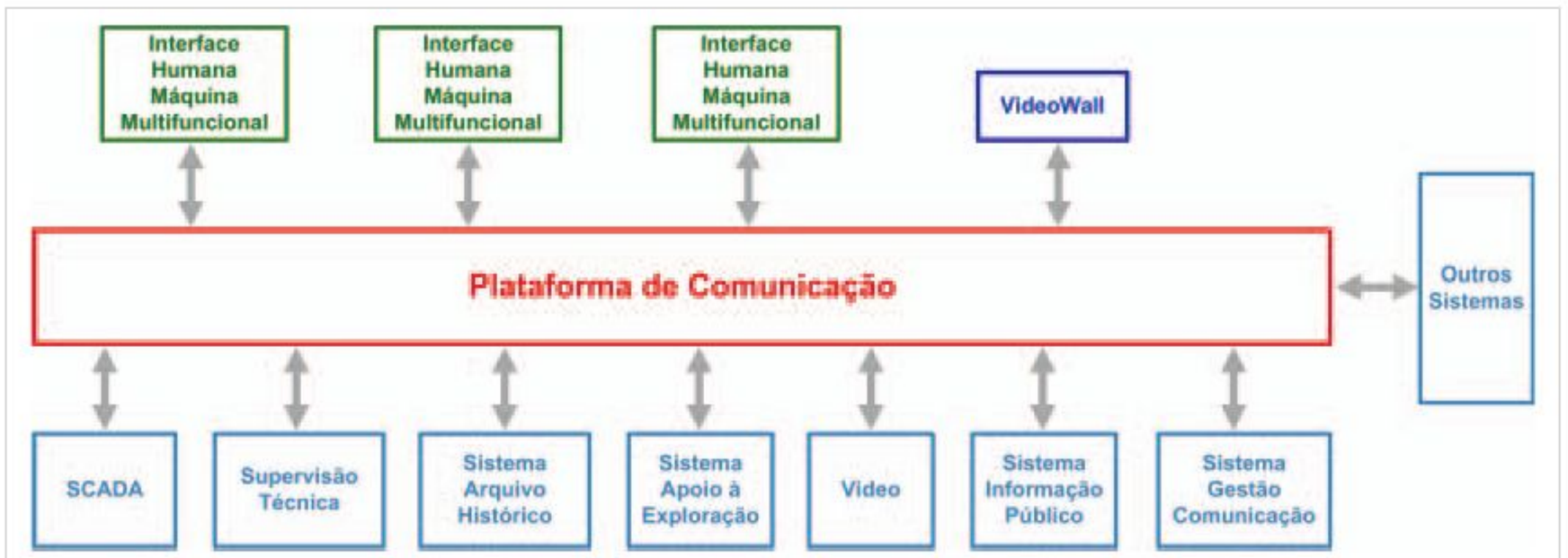


Figura 6: Sistema EFACEC EFARail

5. CONCLUSÃO

Sistemas como os atrás abordados, quando dotados das funcionalidades adequadas, são, na realidade actual, uma ferramenta imprescindível para acrescentar valor à gestão global dos Sistemas Ferroviários, em particular nas implementações da Alta Velocidade.

Neste domínio, a EFACEC, enquanto empresa nacional de capitais portugueses e detentora de uma vasta gama de Produtos e Sistemas, complementados pelas suas excelentes capacidades de engenharia, garante aos seus clientes soluções inovadoras e altamente competitivas, capazes de satisfazer os mais exigentes requisitos, tendo em vista uma operação segura e uma gestão eficiente dos activos ferroviários.

Esta posição, que decorre do constante investimento que é feito em I&D, posiciona a EFACEC como um parceiro nacional com grande capacidade de desenvolvimento de novas soluções. O Grupo EFACEC garante também todo o apoio local necessário, testemunho que pode, em contexto ferroviário, ser confirmado por empresas nacionais (REFER, CP, METRO do PORTO e METROPOLITANO DE LISBOA) e internacionais.

Estádio do Dragão
Metro do Porto

TRAIN OFFICE

Jorge Vieira (Dr.)
Sistemas de Transporte e Logística

Na última década, o desenvolvimento e a integração das tecnologias de informação e das telecomunicações fizeram nascer uma nova disciplina técnica: a Telemática.
As soluções telemáticas são vistas como uma ferramenta preponderante para se ultrapassarem dificuldades que se prendem com a segurança, qualidade e competitividade.

A evolução das redes de telecomunicações móveis e de satélites induziu a Telemática no sentido de estender o seu âmbito de actuação ao interior dos veículos.

OS FACTORES CRÍTICOS DE SUCESSO

Os factores críticos de sucesso para um operador ferroviário prendem-se com a prestação de serviços de qualidade, seguros e a preços competitivos.

O controlo destes factores depende inevitavelmente da gestão, em tempo real, do fluxo de informação a eles associada, de modo a permitir a intervenção atempada sobre os processos que a actividade encerra, tanto para o operador das infra-estruturas como para o operador do material rolante.

Assim, a prestação de um serviço de qualidade implica que o operador disponibilize, aos seus clientes, informações, em tempo real, nomeadamente sobre:

- o modo e disponibilidade de transporte
- o custo
- a duração
- o estado dos serviços em curso

O desenvolvimento da *Internet* e do *e-commerce* torna também imperativo que os operadores acompanhem a evolução do mercado e passem, neste sentido, a utilizar os meios electrónicos nas suas transacções comerciais.

É então imprescindível que um operador de material rolante passe a efectuar, por via electrónica, a venda de bilhetes ou a encomenda de transporte de mercadorias. O mesmo se aplica ao operador de infra-estruturas no que diz respeito aos documentos de circulação, à facturação e ao pagamento dos serviços.

Garantir a segurança no transporte é manter informados, em tempo real, os vários actores, os clientes, sejam eles operadores dos veículos e das infra-estruturas ou autoridades (policiais, aduaneiras, protecção civil, entre outras). Consequentemente, o tratamento eficiente da respectiva informação associada é, hoje, um outro requisito fundamental.

A competitividade de um operador (de infra-estruturas ou de transporte) está intimamente associada à gestão eficiente das suas operações e à optimização dos recursos materiais e humanos que utiliza. Assim, é vital que a gestão disponha de informação, em tempo real, sobre o decorrer das operações e da disponibilidade e ocupação dos seus recursos, de forma a manter elevados os níveis de ocupação e rotatividade.

No entanto, os operadores ferroviários debatem-se, ainda com as dificuldades criadas por duras realidades que caracterizam a sua actividade:

- as grandes áreas geográficas em que operam
- as frotas compostas por um número elevado de veículos (material motor e rebocado)
- os diferentes modos de transporte utilizados

AS TECNOLOGIAS

A actividade de transportes caracteriza-se pela mobilidade dos meios utilizados, daí que as soluções telemáticas apelem às últimas tecnologias de redes fixas e móveis, de comunicação terrestre, de satélites e dos sistemas de informação.

Redes de telecomunicações móveis

As soluções telemáticas das redes Ferroviárias prevêem as redes rádio privadas *PMR* (*Private Mobile Radio*), as redes digitais *GSM* (*Global System for Mobile Communication*) e *TETRA* (*TErrestrial Trunked RAdio*) e as redes de satélite de baixa órbita (*Globalstar* e *Orbcomm*).

Na Europa, a tecnologia mais utilizada é o serviço *GPRS* (*General Packed Radio Service*) das redes *GSM* públicas e privadas *GMS-R (GSM-Railway)*.

Neste modo de comunicação, a transferência de ficheiros e a ligação *internet/intranet* são efectuadas via pacote de dados, permitindo a comunicação simultânea de dados e voz com, velocidades até 40Kbps (velocidade real). Neste caso, o tempo de estabelecimento de comunicação, por não requerer a implementação de um circuito, é uma fracção do tempo obtido, no passado, com as redes analógicas.

Também susceptível de utilização, a rede digital *TETRA*, cujas redes se encontram em fase de instalação em algumas redes de metro ligeiro e pesado, permite a comunicação em modo pacote de dados, com velocidades até 28.8 Kbps.

Quando, em determinadas áreas geográficas, a cobertura das redes *GSM* não é possível utilizam-se as tecnologias de comunicação por satélites de baixa órbita, das quais destacamos as redes da *GLOBALSTAR* e *ORBCOMM* operacionais nos cinco continentes.

No caso da *GLOBALSTAR*, as performances assemelham-se às das redes *GSM* com serviços de *SMS* e voz.

Por sua vez, as performances da rede da *ORBCOMM* são mais modestas e requerem comunicadores específicos.

Em termos futuros, cremos que o lançamento das redes *UMTS* e *WiMax* disponibilizarão meios mais poderosos de comunicação capazes de expandir as funcionalidades dos sistemas actuais.

Sistemas de localização por satélite

Para a localização de veículos estão disponíveis as redes de satélites do *GPS* (*Global Positioning System*), do Departamento de Defesa dos *USA*, do *GLONASS* (*Global Navigation Satelite System*), sistema equivalente da URSS; e, a curto prazo na Europa, o Sistema *GALILEO*.

A localização é obtida a partir da recepção de sinais provenientes de uma ou mais constelações de satélites referidas e por cálculos de triangulação e estimativa com algoritmos complexos.

E se, hoje em dia, a precisão da localização das composições ferroviárias situa-se abaixo da dezena de metros, prevê-se que, no futuro, com a utilização do sistema *GALILEO*, de giroscópios

electrónicos e algoritmos adequados, a localização se possa fazer com erros da ordem das dezenas de centímetros (localização segura).

Internet/Intranet

Dado o desenvolvimento acelerado da *internet* e das tecnologias a ela associadas, nomeadamente a tecnologia das redes em fibra óptica de grande largura de banda (*Gigabit Ethernet*) que utilizam o protocolo *IP* (*Internet Protocol*), é imperativa a sua utilização nos sistemas telemáticos ferroviários.

Os operadores de transporte passam então a beneficiar das vantagens dos seus progressos, entre elas a interacção com os seus clientes, com as autoridades e com a sociedade em geral; aceleração da troca de informações e a redução do custo das transacções.

SIG

A tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem vindo a evoluir significativamente nos últimos anos.

A utilização da programação orientada por objectos e a sua integração com a tecnologia de bases de dados e com os avanços da computação gráfica e das tecnologias da *internet* tornam-na indispensável no tratamento de informação para gestão de sistemas de transporte.

RFID

Usada em aplicações a *RFID* (*Radio Frequency IDentification*) é uma tecnologia de comunicações sem fios que identifica e recebe informações sobre pessoas, animais e objectos.

Essencialmente, um sistema *RFID* é constituído por três componentes: um *transponder* (normalmente designado por *TAG*), um leitor e *software*.

Aplicados directamente ao objecto, existem os mais diversos tipos de *transponders*, adaptados às mais diversas aplicações.

Há *transponders* apenas de leitura, utilizados quando apenas é necessário identificar o objecto, e *transponders* de leitura/escrita que permitem armazenar informação dinâmica no próprio *TAG*.

À passagem pela área de captação do leitor, o *TAG* é identificado e a sua informação lida. As distâncias de leitura variam de poucos centímetros até vários metros, dependendo do tipo de leitor e *transponder* (passivo ou activo).

A Junção das Tecnologias num Sistema de Gestão e Acompanhamento do Transporte Ferroviário

Resultado da parceria da EFACEC com a CP e fruto da tendência da evolução dos sistemas para o controlo de operações de transporte ferroviário de passageiros e mercadorias na Europa, o sistema *Train Office*, enquanto sistema telemático que utiliza as tecnologias atrás referidas, visa os objectivos que se seguem.

Gestão Comercial - informar o cliente acerca da localização das mercadorias transportadas, a partir da localização do vagão que as transporta; estimar o prazo de entrega no local de destino e permitir efectuar encomendas e receber informações sobre o serviço, via *Internet*.

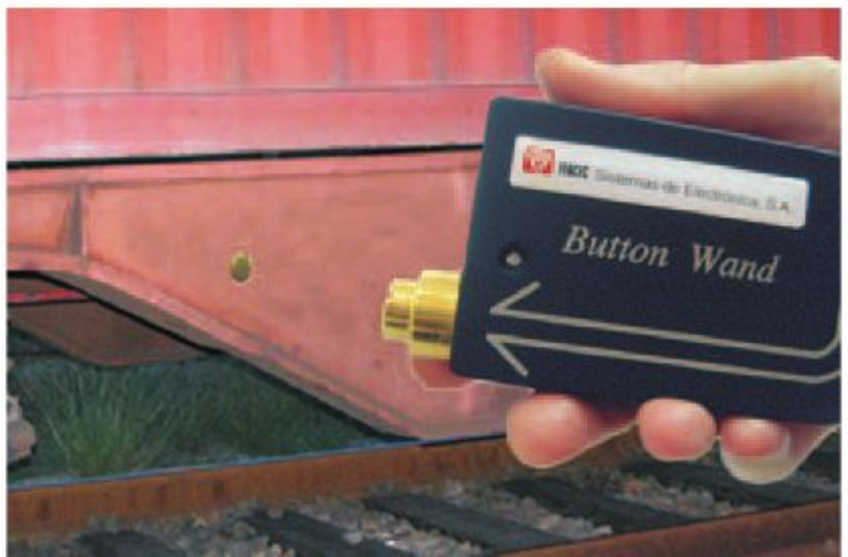
Gestão Operacional - informar sobre a circulação dos comboios, gerir a movimentação de vagões nas gares de triagem, na formação das composições e nos terminais de carga e descarga; e emitir, a bordo, as guias de circulação.

Gestão de Recursos - informar qual a localização e o estado dos veículos (vagões e locomotivas) e recolher, a bordo, dados sobre a ocupação dos recursos humanos afectos aos serviços.

Gestão Técnica - informar sobre o estado dos veículos, e respectivos órgãos (temperatura de eixos e alarmes técnicos das locomotivas, v. g.), e das mercadorias (temperatura de câmara frigorífica, registo de choques mecânicos, v. g.).

A solução técnica caracteriza-se pela instalação, no material rolante, de dispositivos de identificação (*TAG*) e, nas locomotivas, de Computadores de Bordo (*OBC*) equipados com localizadores *GPS* e rádios de comunicação de voz e dados *GSM/GPRS*.

Os *TAG*'s, memórias electrónicas passivas, fixadas ao material rolante, são facilmente identificadas através da leitura e gravação de informação a partir de terminais portáteis adequados. Dada a flexibilidade deste sistema, os *TAG*'s podem ser de contacto (actualmente utilizados pela CP para identificar as suas locomotivas e vagões) ou *RFID*.



Neste momento, o desafio da EFACEC (partilhado com a CP) consiste em reunir as condições favoráveis à aplicação de *transponders RFID* ao duro e exigente ambiente ferroviário.

A identificação do material rolante permite à tripulação elaborar, com maior rapidez, a composição do comboio, elemento muito importante no transporte ferroviário, particularmente de mercadorias.

A possibilidade de se identificarem as diferentes componentes (peças) das locomotivas, vagões e carruagens abre caminho para uma futura associação, particularmente interessante e útil para as equipas de manutenção, entre os comboios realizados, os quilómetros percorridos e os diferentes componentes do material rolante.

Os *OBC*'s instalados nas locomotivas estão equipados com ecrãs tácteis para interacção com os operadores e conseguem, através de uma rede rádio *GSM* de um operador público, localizar o comboio e estabelecer a comunicação com um centro de seguimento.

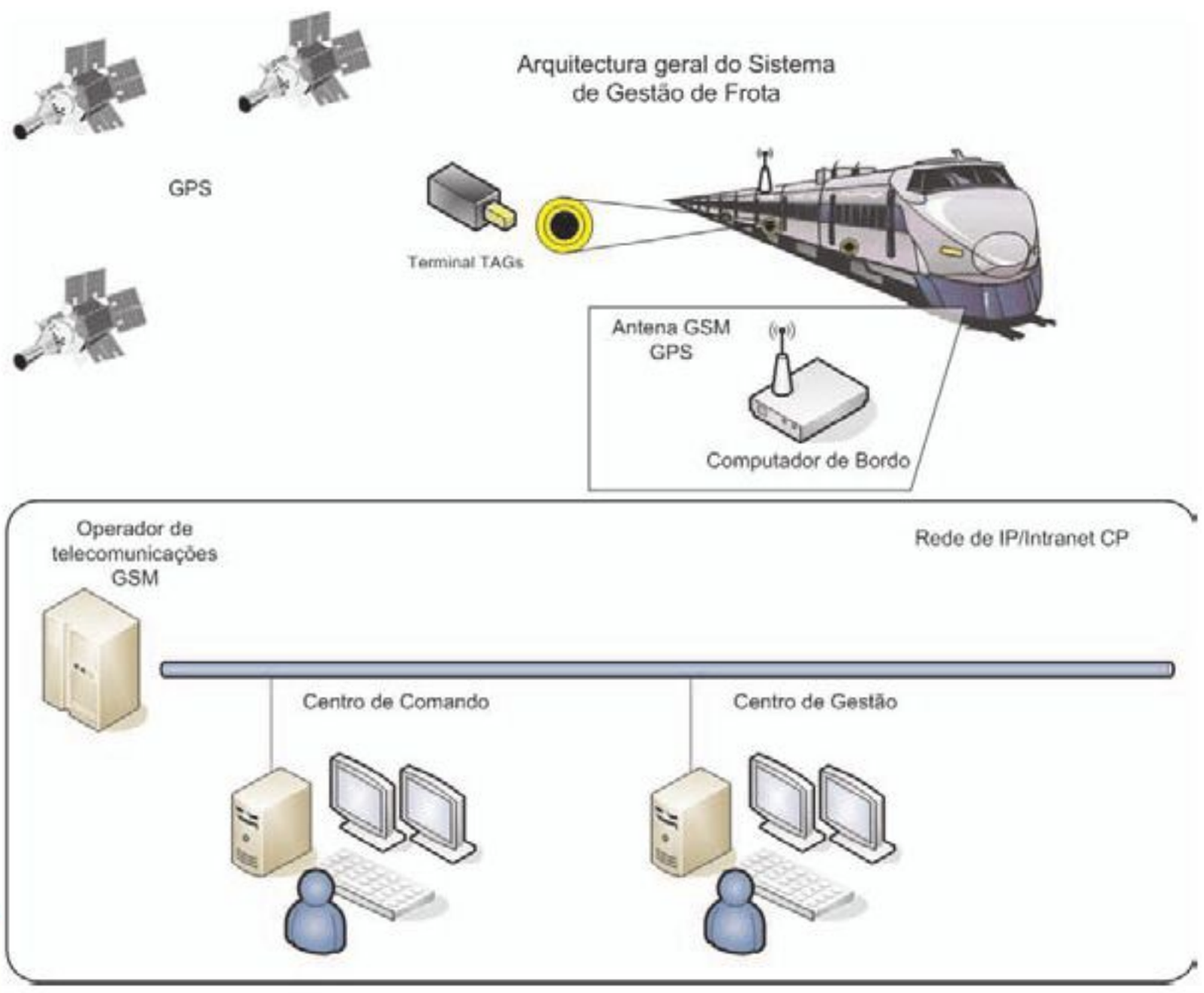
A implementação desta solução dispensa trabalhos nas infra-estruturas ferroviárias e está vocacionada para ser implementada pelos operadores do transporte ferroviário.

Arquitectura geral do sistema

Na figura podemos identificar os principais elementos da arquitectura do sistema, nomeadamente a nível da componente embarcada.

TAG - Identificador do vagão.

OBC - Computador de Bordo.

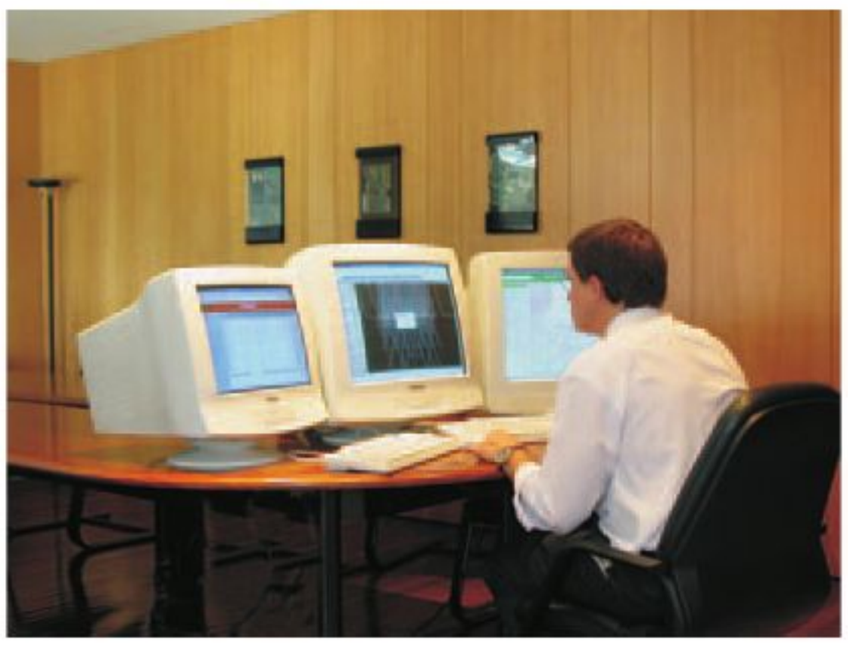


Computador embarcado equipado com um módulo de localização *GPS* (dispõe de comunicação rádio *GSM/GPRS* e doca de comunicação com os terminais portáteis de identificação do material rolante), um com um módulo para recolha de sinais de sensores da locomotiva e com um leitor de cartões sem contacto, para identificação dos tripulantes.

Antena - Equipamento resistente ao ambiente a que se destina que, por possuir, no mesmo invólucro, a antena *GPS* e *GPRS* (*GSM*), facilita o aproveitamento do espaço.

Terminal Portátil - Terminal de introdução de dados e leitura de *TAG*'s a curta distância que acompanha a execução das operações nas gares de triagem e terminais, como é o caso da actualização da informação armazenada nos *TAG*'s.

GPS - Conjunto de satélites do sistema de localização *GPS* (*Global Positioning System*).



Para a efectivação das comunicações com o centro de controlo, o sistema utiliza *GSM*, *GPRS* ou ambos, consoante o equipamento instalado na locomotiva. Uma linha dedicada (instalada com a redundância necessária) entre o operador de comunicações e o

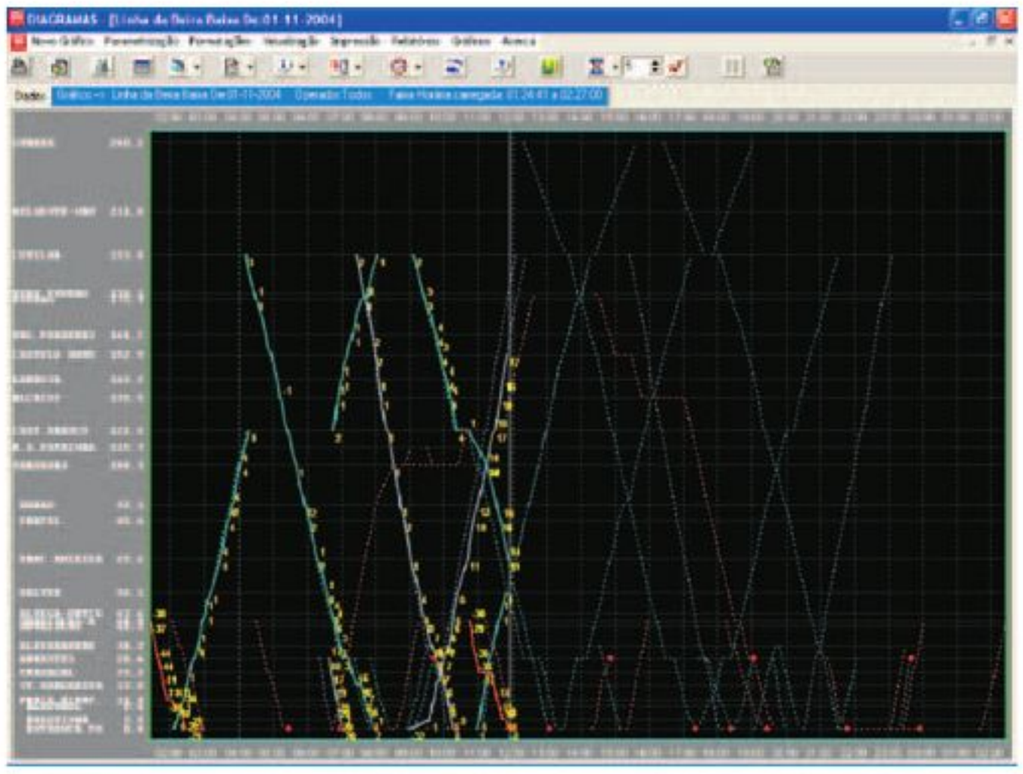
centro de controlo transfere toda a informação, sem qualquer atraso na entrega da mesma.

Dada a sua modularidade, o sistema pode utilizar outros sistemas de comunicações.

Discriminam-se, de seguida, os componentes que existem ao nível do centro de controlo principal.

Interface com Sistemas Externos - Interface através do qual o sistema *Train Office* recebe, de sistemas externos, a informação que necessita para operar: horários planeados, utilizadores, tripulações, cadastro do material rolante, entre outras.
Complementarmente, é exportada, para diferentes sistemas do operador, toda uma quantidade de informação gerada pelo *Train Office*. A título de exemplo: horários realmente realizados, quilómetros percorridos, composições reais, carga transportada, comboios suprimidos e comboios realizados.

Servidor de Comunicações - Computador, ligado por linha dedicada, para troca de dados com o Operador de Telecomunicações, que assegura o envio e a recepção de toda a comunicação efectuada entre os equipamentos embarcados nas locomotivas e os respectivos centros de controlo.
Os dados que se destinem a ser processados pelo sistema são encaminhados para o seu servidor de mensagens (Servidor TO). Por sua vez, os alarmes enviados pelas locomotivas são directamente encaminhados para os centros de controlo que, naquele momento, têm a responsabilidade de acompanhar aquela viagem.



Servidor TO - Componente muito importante do sistema *Train Office* que efectua todo um trabalho de preparação da informação a enviar para as locomotivas que a solicitaram e que trata todo o tipo de informação recebida das mesmas, desde detecção de passagens por estações, acções diversas da tripulação, alarmes do sistema de protecção automática *ATP* (*Automatic Train Protection*) e mesmo composições e boletins de circulação e frenagem criados a bordo.

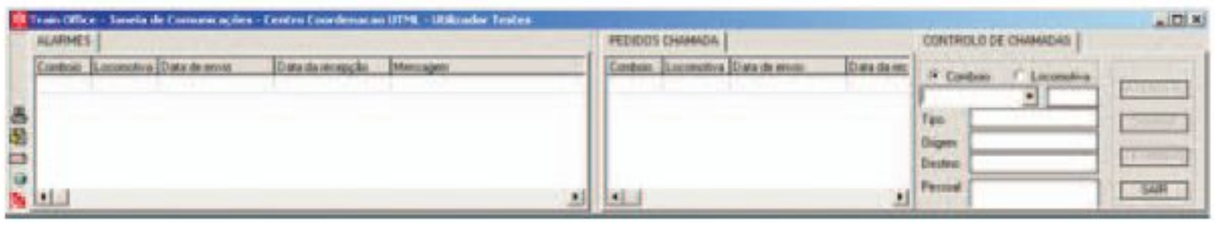
Dada a grande quantidade de dados a processar, este componente é escalável, isto é, o processamento é susceptível de ser efectuado em paralelo.

Interligados com o centro de controlo principal, através da *Intranet* da CP, e dispersos por todo o país encontram-se os diversos centros de controlo. Cada centro tem por missão o acompanhamento e apoio aos comboios realizados, tendo em consideração o tipo de viagem (passageiros ou mercadorias) e a localização geográfica do comboio num dado momento (cada centro cobre apenas a sua zona de intervenção).
Apesar de serem centros permanentemente monitorizados, o sistema permite a transferência de responsabilidades de um centro para outro.

Seguem-se algumas das ferramentas de monitorização postas à disposição dos operadores.

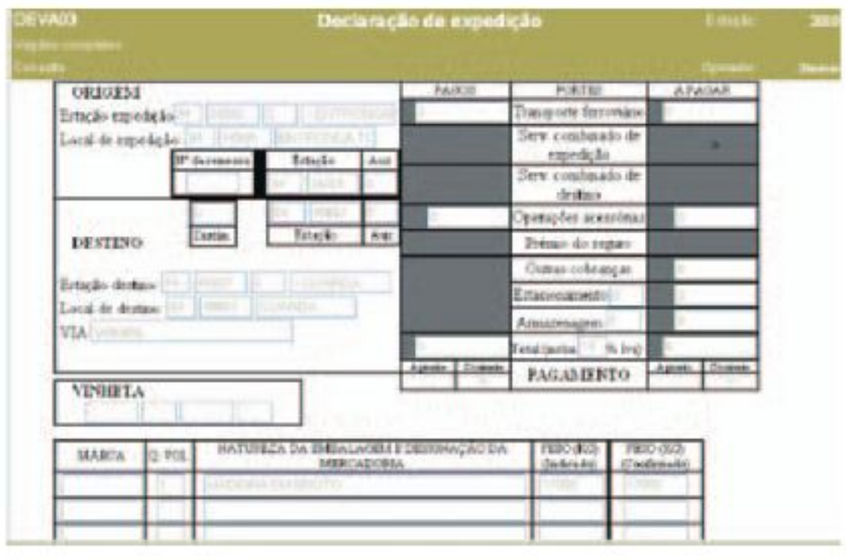
Graficagem - Ferramenta gráfica muito útil no acompanhamento dos comboios que permite visualizar, num gráfico espaço/tempo, o horário planeado de cada comboio e o horário real (obtido de forma automática pela composição), analisar os atrasos dos comboios e os necessários cruzamentos e prever a passagem pelos troços por percorrer pela composição.

Componente SIG - (Sistema de Informação Geográfico da *Autodesk*, *Mapguide*) - Ferramenta de monitorização que coloca ao dispor do operador todo um conjunto de *layers* que lhe permitem visualizar, sobre o mapa de Portugal, a localização de comboios, locomotivas, vagões e carruagens.



MMI - Módulo de alarmística e comunicações de voz com as locomotivas através do qual o operador, nos centros de controlo, recebe os alarmes enviados pelas locomotivas que lhe estão afectas. Basta-lhe o simples auxílio do "rato" para tomar conhecimento dos mesmos e estabelecer, como consequência de alarme ou por iniciativa própria, comunicação directa de voz com a locomotiva que pretender.

Módulos de Consulta e Gestão - Módulos (na ordem das dezenas) que permitem, aos operadores nos centros de controlo ou a qualquer outro operador da *Intranet* da CP (desde que possua autorização para tal), realizar as mais diversas operações de preparação de dados para o *Train Office* e a manipulação dos mesmos. Tendo sempre como entidade base o comboio, o operador pode, a título de exemplo, definir composições previstas, emitir declarações de expedição para a carga transportada, consultar a localização e situação de um comboio, consultar o boletim de circulação e



Princípio de funcionamento do sistema

O sistema *Train Office* é modular e está concebido para se adaptar à forma de funcionamento do operador ferroviário.

O *Train Office* pode ser utilizado numa vertente mais centrada na tripulação do comboio, segundo a qual a tripulação indica, entre outros dados, quais os veículos que transporta e quais os pesos das respectivas cargas.

No entanto, se o operador assim o entender, o sistema está repleto de funcionalidades que permitem toda uma preparação prévia dos dados das composições e cargas a transportar. Tal capacidade diminui substancialmente as tarefas da tripulação nas operações de preparação do comboio, o que resulta na redução do tempo necessário para o efeito, numa maior exactidão dos dados e num menor índice de erros.

O comboio, enquanto entidade básica, é composto por uma identificação e por um horário. Planeado este horário, o mesmo é, normalmente, carregado no sistema através de um interface com o sistema gerador de horários, mas pode, no entanto, ser criado no próprio *Train Office*.

Módulo DE - Componente, particularmente utilizado nos terminais multimodais da CP, fundamental para o transporte de carga nos vagões, mediante o qual o operador introduz, por exemplo, todos os dados da carga transportada e dos cliente, produto, peso, destino, contrato.

Através de um componente *WEB* adicional, os principais clientes do operador podem, eles próprios, preencher a sua Declaração de Expedição, declaração que necessita apenas de validação posterior (na altura do transporte) pelo operador.

Como consequência da elevada complementaridade existente entre os diferentes sistemas, o cliente consegue, em qualquer momento, ter conhecimento da situação da sua declaração de expedição, em que comboio(s) está a ser transportada e qual a localização exacta dos diferentes comboios num dado momento.

No limite, o sistema *Train Office* pode operar sem a existência prévia de um horário planeado, mas optemos por um modelo de operação, actualmente utilizado pelo operador português (CP).

Diariamente, o sistema é alimentado com horários planeados dos comboios para os próximos dias e com alterações que surjam relativamente ao cadastro do material rolante.

Aos horários recebidos é-lhes aplicado um tratamento necessário à correcta identificação das coordenadas *GPS* de entrada e saída das dependências dos horários. Questões como a passagem de uma linha para outra e a direcção do comboio são então avaliadas e registadas.

Ao nível do planeamento, o operador tem à sua disposição ferramentas para preparar antecipadamente os comboios que se vão realizar: consultas das cargas a transportar, agrupadas por origens e destinos; localização do material rolante e respectiva disponibilidade e consulta dos horários planeados e localização actual das locomotivas. Analisadas as informações que delas derivam, o operador é capaz de empreender importantes acções de planeamento como as que a seguir identificamos.

- Suprimir comboios parcial ou totalmente
- Emitir pedidos de comboios especiais para suprir um excesso de procura
- Gerar o projecto de comboio (composição prevista para o comboio nas diferentes fases do seu percurso)
- Movimentar os vagões em estação, preparando-os para o transporte (carregar/descarregar os veículos e indicar o respectivo destino)

Na altura da realização do comboio, a tripulação do mesmo executa, mediante o equipamento embarcado, as acções necessárias e obrigatórias: identificação através de cartões de identificação sem contacto e indicação do comboio que vai ser realizado. Validados os dados recebidos, o centro de controlo, envia, de forma automática, para o computador de bordo, toda a informação de que dispõe desse comboio, o seu projecto, a carga transportada, o horário planeado e uma eventual indicação de supressão.

Sendo assim, a tripulação pode, em qualquer momento e a bordo, consultar todas estas informações e, em termos de composição do comboio, validar ou efectuar alterações ao projecto.

O sistema calcula então com base nas tabelas de segurança em vigor, os parâmetros de frenagem que o operador deve introduzir no sistema *ATP* (eventualmente pode indicar a inexistência de condições para o comboio circular com a parametrização indicada).

Graças à comunicação permanente com o centro de controlo, qualquer acção da tripulação é do conhecimento global do sistema, podendo ser consultada a nível central.

Aos tripulantes é-lhes ainda facultada a possibilidade de entrar em contacto por voz com o centro de despacho da área geográfica em que circulam, a partir do comunicador *GSM*.

A partir do momento em que a viagem tem início, o sistema *Train Office* vai detectando as passagens pelas dependências do horário do comboio e informando a tripulação da situação, quer geográfica quer de eventuais atrasos relativamente ao planeado.

No fim da viagem cabe à tripulação indicar esta mesma acção, pois o sistema encarrega-se de toda a comunicação de dados com o centro.

Nos centros de controlo e mesmo nas estações, os operadores podem completar a informação com dados que o sistema não recolhe automaticamente.

É o caso dos movimentos em estação dos veículos (carga e descarga) e das manutenções e limpezas.

Valor acrescentado para o operador

Em primeiro lugar a questão do investimento. Por se tratar de um sistema que se baseia essencialmente no sistema *GPS* para a localização dos comboios e detecção de pontos notáveis (embora possa ser complementado, se assim se desejar e necessitar, com a recolha de informação do odómetro ou ainda com colocação de "balizas" - *TAG*'s *RFID* - na via), o *Train Office* requer um investimento mais reduzido do que aquele que é necessário para outros sistemas idênticos, que necessitam de infra-estruturas na própria via.

O *Train Office* assume-se assim como um sistema modular e extremamente adaptável.

Instaurada a capacidade de realizar praticamente todas as operações manualmente, recorrendo aos mais de 300 ecrãs da aplicação, e devido à extraordinária integração e complementaridade entre os movimentos gerados manualmente e os gerados automaticamente, a instalação de equipamento embarcado nas locomotivas pode ser realizada de forma gradual. Evita-se o inicial investimento e garante-se a afinação do sistema à realidade do operador.

Este sistema valoriza, no seu todo, a segurança, daí o seu contributo para uma maior precisão em termos dos pesos transportados. Tais níveis de exactidão devem-se tanto à automatização das Declarações de Expedição como ao conhecimento, sempre actualizado, do cadastro do material rolante (inclusive uma parte significativa do operador espanhol) e aos cálculos automatizados dos parâmetros de aceleração de frenagem para o sistema *ATP*.

A possibilidade de envio de alarmes (rápida e intuitivamente) e a comunicação de voz entre os centros de controlo e as tripulações são factores também significativos.

Ao nível da Gestão, o *Train Office* tem a seu favor diversas vantagens, algumas das quais enunciamos de seguida.

- Obtenção e imediata disponibilização, para todo o sistema, de tempos reais de passagem/paragem nas dependências, sem qualquer intervenção humana
- Informação mais exacta e actualizada da localização dos veículos e da sua situação
- Informação útil e necessária para trabalhos de manutenção, obtida de forma automática (quilómetros percorridos, v. g.)
- Possibilidade de consulta de todo um plano semanal (comboios previstos, supressões e pedidos de comboios especiais de reforço)
- Presença de um sistema automático a auxiliar e a disciplinar as intervenções manuais, que garante a execução atempada das acções
- Geração de informação em tempo real e com a fiabilidade necessária ao bom funcionamento de estações de manuseamento de mercadorias e de outros sistemas, como a gestão de terminais multimodais de contentores
- Informação sobre as diferentes tripulações dos comboios, horas de entrada/saída e manobras efectuadas
- Informação sobre a mercadoria transportada, dados para cuja introdução os clientes podem intervir
- Garantia de uma única plataforma integrada de informação, fruto da conjunção entre os diversos componentes citados

Expansões e novas oportunidades

A modularidade do sistema *Train Office* permite a adaptação das suas funcionalidades às prioridades do operador e, portanto, que as mesmas sejam acrescentadas progressivamente. Algumas, como as que se seguem, começaram já a ser exploradas.

- Obtenção fiável de consumos de energia das locomotivas. Se interligarmos esta informação com o sistema *Train Office* é-nos possível detalhar os consumos de energia por comboio, por condutor, por troço percorrido
- Interligação com básculas de pesagem. Assente que o sistema *Train Office* possui um componente para a gestão da mercadoria transportada (mediante, entre outros dados, o conhecimento do peso declarado pelo cliente do operador), a conjugação deste com básculas de pesagem existentes na via permite que, de forma integrada, sejam efectuadas pesagens de controlo, cujos resultados podem ser disponibilizados directamente aos operadores nos centros de gestão ou mesmo à tripulação a bordo

CONCLUSÃO

O sistema *Train Office* tem vindo a ser utilizado pelo operador CP, há já alguns anos, auxiliando no acompanhamento de cada vez mais comboios por dia. A totalidade dos comboios de mercadorias da CP é, hoje em dia, seguida por este sistema, bem como uma percentagem significativa dos comboios de passageiros.

Estão, em fase de aquisição entre a CP e a *Siemens*, 15 novas locomotivas que virão já equipadas, de origem, com o equipamento embarcado necessário ao sistema *Train Office* (entrega prevista a partir de 2007).

R · A · R · I

CONSTRUÇÕES METÁLICAS, ENGENHARIA, PROJECTOS E SOLUÇÕES INDUSTRIAIS

> *Somos referência em:*

Projectos / Obras de Engenharia
Manutenção Industrial Aeronáutica / Componentes
Soluções Industriais / Mobiliário Urbano
Construções Metálicas / Mecânicas
Electricidade e Automação
Construção de componentes para Indústria Ferroviária
Indústria Automóvel

> *Principais clientes:*

CP - Caminhos de Ferro Portugueses
Refer
Metropolitano de Lisboa
Grupo Saint-Gobain
EDP
TAP
OGMA
Grupo Volkswagen
Siderurgia Nacional
Grupo Galp Energia

www.rari.pt | Telf.: +351 212 808 110 | Fax: +351 212 808 119 | Zona Industrial da Moita, Lt. 51-43 | 2860-193 Alhos Vedros | Portugal

FERBRITAS

CERTIFICAÇÃO DE SISTEMAS NP EN ISO 9001:2000 SGS

- Extracção, produção e comercialização de inertes;
- Gestão de empreendimentos e fiscalização;
- Acompanhamento do fabrico, recepção técnica de materiais e equipamentos de via férrea e catenária.

Engenharia de Transportes

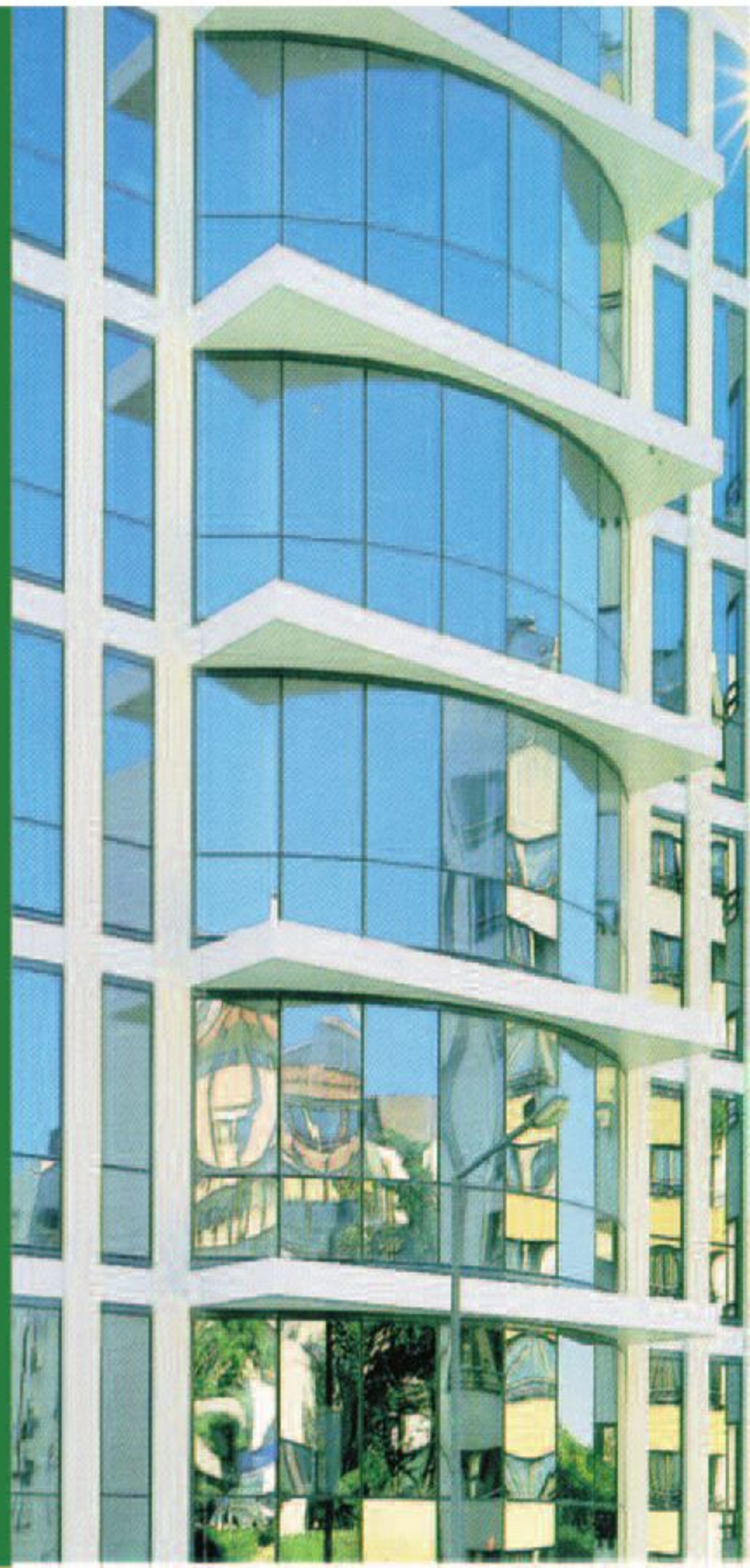
- Planeamento e Gestão de Sistemas
- Projecto de Infraestruturas
- Gestão Integrada de Empreendimentos
- Controlo de Qualidade de materiais
- Gestão de Projectos
- Topografia
- Expropriações

Agregados

- Balastro
- Gravilhas e Britas
- Tout-Venant

Sede

Rua José da Costa Pedreira, nº11
1750-130 Lisboa, Portugal
Tel: + 351 21 751 1700 Fax: + 351 21 754 0600
e-mail: info@ferbritas.pt



TimeKeeper
- Sistema de Ajuda à Exploração -

Luís Roboredo (Eng.º)
Director Geral da Unidade de Sistemas de Transporte

Controlar os factores de que dependem uma boa gestão é obter, com precisão, a localização de cada veículo e disponibilizar, ao condutor, ao centro de controlo operacional e ao público utente do serviço, informação, em tempo real, acerca do estado da prestação do serviço em relação aos horários previamente estabelecidos.

Os factores-chave para uma boa gestão da actividade de um serviço público de transporte de passageiros, e dos quais depende a qualidade do serviço, são:

- A cumprimento dos horários estabelecidos
- A informação ao público, actualizada e precisa, sobre a disponibilidade de transporte e eventuais incidentes que perturbem o serviço proposto
- A segurança no serviço de transporte

O *TimeKeeper* (SAE) é um sistema de ajuda à exploração que permite às empresas controlar estes factores-chave.

Conhecendo, em tempo real, a localização dos veículos e as condições de circulação adversas ou de qualquer ocorrência de trânsito, o centro de controlo e os condutores podem implementar estratégias correctivas tendentes a manter a regularidade do serviço (horários e frequências). Optimiza-se, desta forma, a utilização de recursos (veículos, condutores e energia) e minimizam-se os efeitos das perturbações que ocorrem na via pública (congestionamentos de trânsito, acidentes, avarias, entre outras).

A informação ao público, em tempo real, através de painéis electrónicos, colocados nas paragens e estações; ou via serviços de telecomunicação, permite aos passageiros a gestão do seu tempo (face à previsão de chegada do próximo veículo) e a opção pelo meio de transporte.

A localização dos veículos associada, a todo o momento, aos sistemas de comunicação possibilita a actuação, em tempo real, dos mecanismos de segurança, que torna a intervenção das entidades policiais mais eficaz.

A análise dos diversos dados disponibilizados pelo *TimeKeeper* em tempo diferido - percursos e distâncias percorridas, tempos, velocidades de exploração e comercial, número de paragens, tripulantes, entre outros - constitui um importante instrumento de planeamento operacional da actividade.

O *TimeKeeper* possibilita a obtenção de relatórios estatísticos e o tratamento rigoroso de indicadores e optimiza a oferta de serviço público, o controlo da regularidade e qualidade do serviço prestado e a gestão, pelo desempenho, dos recursos humanos.

A capacidade de integração do *TimeKeeper* com outros sistemas da empresa - sistemas de planeamento, *marketing*, contabilidade, recursos humanos e manutenção - torna-o a ferramenta-base de toda a gestão da empresa.

A ARQUITECTURA DO SISTEMA

O *TimeKeeper* é composto por quatro subsistemas:

- Sistemas embarcados
- Rede de comunicações rádio
- Centro de Comando Operacional (CCO)
- Sistemas de Informação ao Público

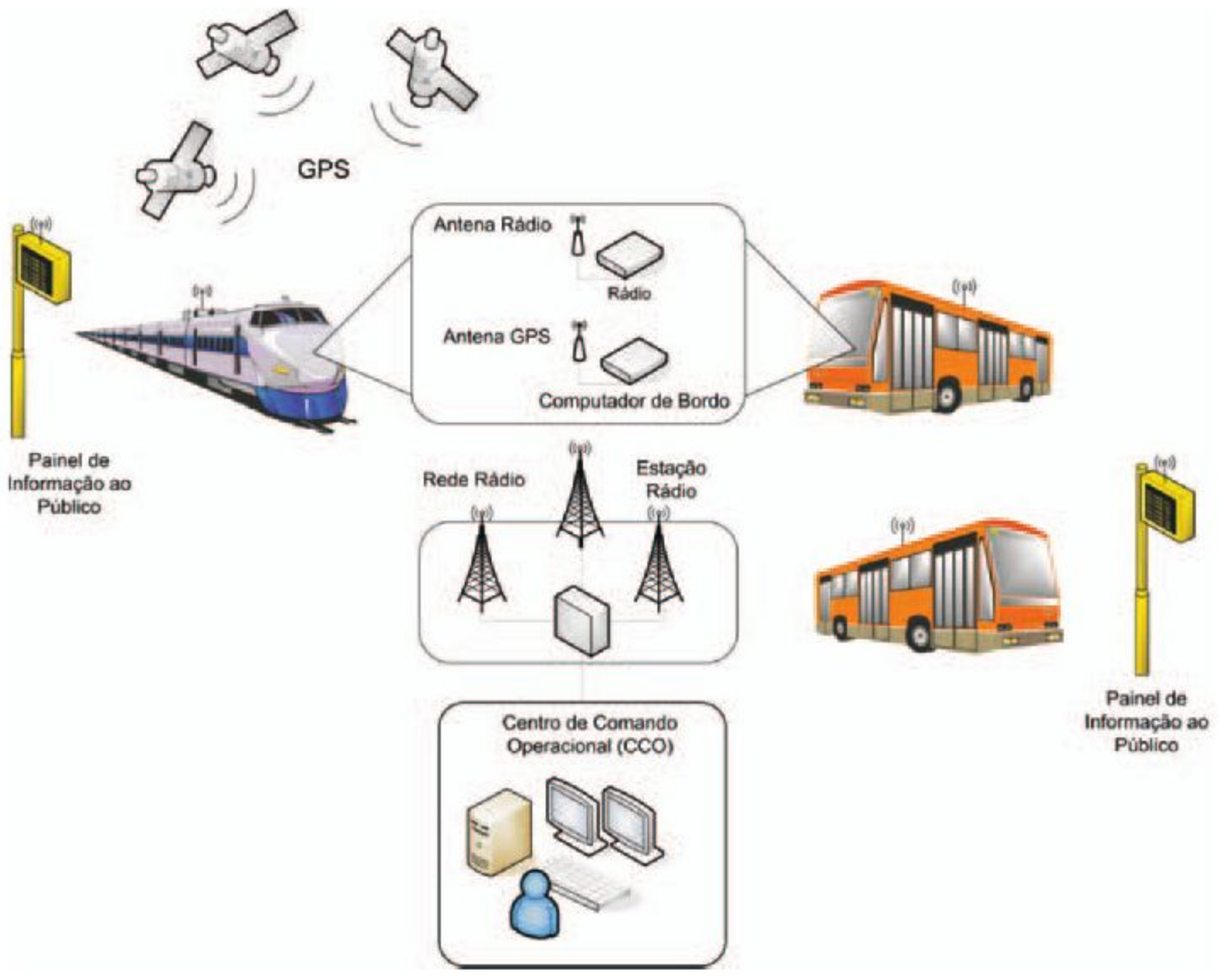


Figura 1: Arquitectura geral do *TimeKeeper*

OS SISTEMAS EMBARCADOS

Para que possamos obter níveis máximos de eficiência e operacionalidade são instalados, nas viaturas, vários equipamentos de informática embarcada que alimentam o CCO do *TimeKeeper* com dados fidedignos.

Uma vez que cada veículo (autocarro ou veículo ferroviário) envia periodicamente (a intervalos regulares predefinidos que vão de 10 a 30s) a sua posição (com outras informações de funcionamento agregadas), o gestor perspectiva a realidade de tudo o que se passa no terreno.

O equipamento embarcado é composto por vários elementos:

- Computador de bordo
- Consolas do condutor
- Sistemas de localização
- Terminal de comunicações rádio
- Painéis de Informação e de Destino
- Sistema de Anúncios Sonoros
- Sistema de Contagem Automática de Passageiros.

As informações obtidas através dos equipamentos embarcados permitem saber onde se encontram os veículos e qual o seu estado de funcionamento (alarmes e eventos).
Estas informações assumem particular relevância, não só na pronta resolução dos mais variados problemas operacionais (desvios a horários, rotas alternativas, desdobramentos, trocas de tripulantes, etc.), como também na actuação preventiva (controlo das manutenções, etc.).

COMPUTADOR DE BORDO (CB)

Os Computadores de Bordo (figura 2) processam os sinais provenientes do Sistema de Localização (*GPS* e/ou balizas rádio), Odómetro e Comando de Portas; recebem e enviam as informações de e para o CCO, em intervalos de tempo pré-definidos e/ou definidos pelo utilizador; e enviam comandos e recolhem informação de outros sistemas embarcados.

Seguem-se as operações que os CB realizam:

- Cálculo da posição do veículo
- Comando da Sinalização Ferroviária
- Comando do Sistema de Lubrificação de rodas nos veículos ferroviários
- Comando do Sistema de Videovigilância embarcada
- Comando do Sistema de Anúncios Sonoros (externos e internos)
- Actualização automática dos Painéis de Destinos e de Informação ao público
- Comando do Sistema Automático de Contagem de Passageiros
- Registo em base de dados interna e envio de Estado e Eventos
  - Abertura de Portas
  - Alarme
  - Excesso de velocidade
  - Outros

- Registo e Transmissão da informação introduzida na consola do condutor
- Comunicações de dados entre o veículo e o CCO
- Monitorização automática do estado do veículo relativamente ao horário
- Relatórios de situação, baseados nos desvios relativos ao horário
- Transmissão de relatórios para o CCO
- Recepção de informação de mudança de destino, de forma a corrigir desvios ao horário
- Configuração remota dos intervalos de transmissão de dados
- Envio e Recepção de Mensagens livres ou pre-definidas

Figura 2: Computador de bordo

CONSOLA DO CONDUTOR

A Consola do Condutor (figura 3), colocada junto dos pontos de condução, assume-se como a ferramenta mais importante para o condutor, permitindo-lhe comunicar com o CCO e registar todas as actividades do seu dia de trabalho. A informação personalizada recebida do CCO é visualizada no ecrã da consola.

Figura 3: Consola de condutor

O condutor utiliza uma interface simples de menus para o envio de mensagens predefinidas para o CCO (figura 4).

- Início de Serviço
- Fim de Serviço
- Troca de Tripulante
- Identificação do Condutor
- Pedido de Chamada de voz
- Bloqueio do Sistema de Bilhética

Figura 4: Consola do condutor (aplicada no Metro de Tenerife)

O envio de mensagens de texto livre é também possível, bem como de mensagens de alarme / emergência (característica *standard* da consola).

A Consola do Condutor já se encontra preparada para a integração com os sistemas de Bilhética.

SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO

Na localização dos veículos, o *TimeKeeper* utiliza um algoritmo de cálculo, especialmente desenvolvido para o efeito, que integra o sinal do odómetro, do fecho das portas, da marcha atrás, do módulo *GPS* e/ou do sistema de identificação de balizas.

A localização dos veículos, no caso da utilização do sistema de identificação de balizas, é determinada com um erro inferior a 3 metros, inferior a 5 metros (em 90% do tempo) ou de 10 metros (em 98% do tempo e no caso da utilização simples do módulo *GPS*).

PAINÉIS DE DESTINO

O *TimeKeeper* actualiza automaticamente a informação dos painéis de destino (frontais, laterais e traseiros) e assegura o comando dos sistemas embarcados de informação ao público (visuais e sonoros), dispondo, em ambos os casos para o efeito, de interfaces *standard* adequadas e de capacidade de implementação dos protocolos, de acordo com os respectivos fabricantes.

Figura 5: Painel de Informação exterior

Figura 6: Painel de Informação interior

PAINÉIS DE INFORMAÇÃO E ANÚNCIOS SONOROS

A actualização da informação é efectuada de acordo com os requisitos do operador, com base na detecção de aproximação às paragens e nos respectivos eventos de chegada e partida.

Contagem Automática de Passageiros

Para o estudo da procura, o *TimeKeeper* dispõe de interfaces adequadas e implementa algoritmos de controlo para os sistemas de Contagem Automática de Passageiros. Na posse do número de passageiros entrados e saídos em cada paragem associa-os aos serviços de transporte em curso.

O devido tratamento estatístico dos dados recolhidos produz informações fidedignas sobre a procura de transporte em cada paragem.

A REDE RÁDIO

O sistema de comunicações de suporte ao *TimeKeeper* pode ser implementado sobre uma plataforma de *trunking* digital do tipo *TETRA* ou sobre redes *GSM*, *CDMA* e rede rádio privada.

A plataforma utilizada, para além das comunicações de voz (chamadas individuais, chamadas de grupo - associadas às linhas - e chamadas de *broadcast*), suporta o elevado volume de dados que circula na rede através da utilização da transmissão de dados em modo pacote, com protocolo *IP*.

INFORMAÇÃO AO PÚBLICO

Figura 7: Painel de Informação de Paragem

Os painéis de informação em paragens e estações

O painel de informação ao público tem como função informar o passageiro que aguarda pelo serviço de transporte público na paragem ou estação.

O painel mostra informação actualizada quanto aos tempos para a chegada dos veículos à paragem e/ou informação diversa. Assim, o utente pode decidir sobre a utilização, ou não, do transporte em questão, gerindo o seu tempo da melhor forma.

A informação de tempos de chegada das viaturas à paragem é agrupada em pares linha/destino. Para cada linha são analisados, conjuntamente, todos os veículos e separados por destino. Ao passageiro é apenas indicado o tempo previsto de chegada do próximo veículo para cada linha/destino configurado, mesmo que uma das viaturas seja encurtada e não vá até ao término normal da linha (no caso de ser o próximo veículo a chegar à paragem ou estação).

O painel socorre-se de um conjunto de linhas fixas (tempo previsto de chegada de uma indicação linha/destino) e de um conjunto de linhas variáveis (tempo previsto de chegada para indicações não previstas, na parte fixa do painel; e mensagens de texto livre emitidas a partir do CCO).

A informação exibida no painel é calculada centralmente e enviada, automática e regularmente, através de um *modem* de comunicação que faz a emissão/recepção das mensagens para/do CCO.

A informação via *GSM-SMS*

Através da rede móvel *GSM*, o *TimeKeeper* oferece um modo alternativo de informação ao público: o serviço *SMS*.

O utente dos serviços de transporte pode consultar directamente o *TimeKeeper*. Assim, se desejar saber quais os próximos veículos a passar numa determinada paragem, basta-lhe compor um *SMS* com o carácter "C", seguido do número da paragem desejada, e enviá-la para um determinado número de telefone que encaminha a consulta para o CCO do *TimeKeeper*.

Figura 8: Mensagem por *SMS* (telemóveis)

O CCO, em resposta, envia um *SMS* com os próximos veículos, de cada linha, a passar na paragem solicitada.

Em alternativa, por variação do carácter inicial, identificação da paragem e linha desejada; a resposta dada conterá os três próximos veículos a passar nessa linha, na paragem inquirida.

O CENTRO DE COMANDO OPERACIONAL (CCO)

O órgão central do *TimeKeeper* é o CCO. As suas funções são monitorizar, em tempo real, a frota de veículos em serviço; recolher toda a informação relevante e registá-la em base de dados; e parametrizar o sistema e a extracção das estatísticas geradas.

Figura 9: CCO fornecido à Sociedade de Transportes Colectivos do Porto, S. A.

Arquitectura funcional do CCO

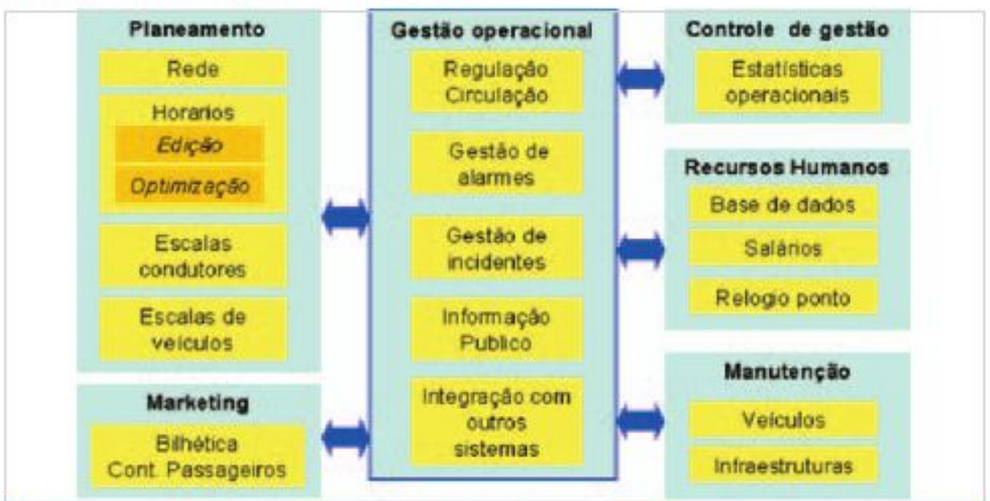


Figura 10: Arquitectura funcional do CCO do *TimeKeeper*, integrado na gestão global de uma empresa de serviço de transporte público

O CCO do *TimeKeeper* constitui o núcleo central de todo o sistema de apoio à gestão, concentrando, em si mesmo, o apoio, em tempo real, às actividades de gestão operacional.

- Gestão da Regulação e Circulação
- Gestão de Alarmes
  - Operacionais
  - Técnicos dos veículos
  - Técnicos da infra-estrutura
  - Segurança
- Gestão de Incidentes
- Informação ao Público
- Integração com os demais sistemas da empresa e externos
  - Videovigilância
  - Bilhética
  - Supervisão de infra-estruturas
  - Telecontrolo de energia
  - Sistemas de gestão administrativa
  - Sistemas de emergência (polícia, protecção civil, entre outros)

Como complemento destas actividades, o CCO disponibiliza informação para as outras áreas funcionais da empresa, nomeadamente para as que se seguem.

- Marketing
  Alimentação do sistema com informação relativa à origem e destino das viagens efectuadas, através de interface com o sistema de bilhética.
  Recolha de dados estatísticos relativos às validações (obtenção de dados relativos à procura do transporte).
  Recolha e tratamento de dados relativos à procura (através do sistema de contagem de passageiros).

- Planeamento
  Alimentação dos sistemas de planeamento com informação relativa aos serviços realizados e recursos utilizados (condutores e veículos).

- Controlo de Gestão
  Alimentação dos sistemas com dados relativos à contabilização dos quilómetros produzidos e aos consumos efectuados.

- Recursos Humanos
  Alimentação dos sistemas com a informação das horas de condução e com os índices de regularidade e pontualidade atingidos pelos condutores nos serviços realizados (gestão por desempenho).

- Manutenção
  Alimentação dos sistemas de manutenção com o registo de alarmes técnicos de avarias (planeamento das reparações).
  Garantia do registo histórico de avarias.

A ARQUITECTURA DO CCO

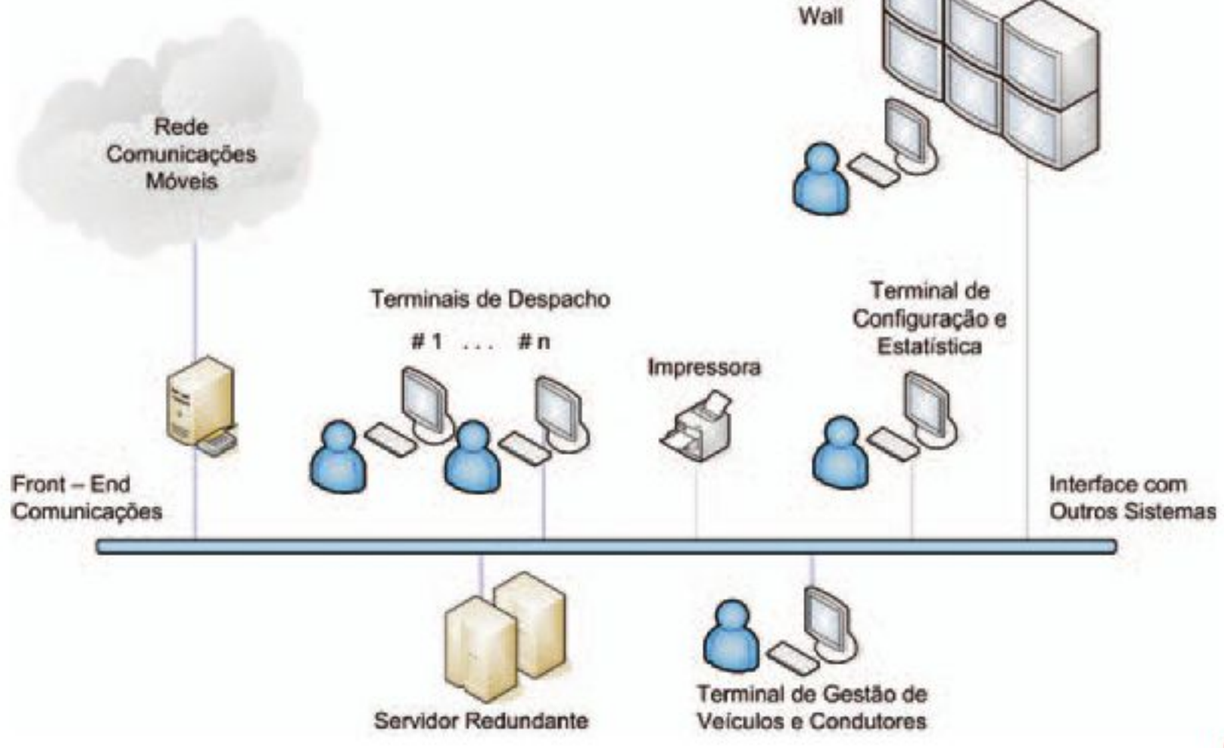


Figura 11: Arquitectura do CCO

No Servidor Redundante, um *cluster* de PC's, está instalada uma Base de Dados (BD) que recupera, em caso de falha de um dos servidores que o compõem, as informações retidas. No *cluster* estão instaladas as três aplicações servidoras do sistema:

- Servidor de Comunicações (SC)
- Servidor SAE (SSAE)
- Servidor Informação ao Público (SIP)

O SC tem a responsabilidade de fazer a interface entre o subsistema de rede comunicações rádio e o Servidor SAE. Comunica com o *FrontEnd* de comunicações e faz toda a gestão das comunicações de dados e voz da frota.

O SSAE é a entidade responsável pela actualização da BD com dados de tempo real e estatísticos e pela interface com os outros sistemas da empresa.

Os cálculos dos tempos previstos para a chegada dos veículos às paragens e o cálculo da regulação são executados no SIP.

A exploração do sistema é feita nos Terminais de Despacho que, à semelhança dos demais postos de trabalho do *TimeKeeper*, são constituídos por computadores tipo PC, equipados com teclado, rato, um ou mais ecrãs policromáticos (em tecnologia *LCD*) e sistema operativo *WinXP pro*.

A parametrização e extracção de relatórios, baseados nos estatísticos armazenados na BD do SAE, é feita no Terminal de Configuração e Estatísticas. Os relatórios podem ser impressos na impressora de relatórios.

Os Terminais de Gestão de Veículos e Condutores, instalados nas estações de recolha, permitem a consulta das respectivas escalas.

Um *videowall* permite a visualização de qualquer ecrã de um posto de trabalho pelos demais utilizadores, funcionalidade essencial no tratamento de situações de emergência.

OS TERMINAIS DE DESPACHO

Nos Terminais de Despacho, os operadores têm acessíveis cinco janelas básicas de gestão:

- Sinóptico de Linha
- Mapa electrónico de linha
- Graficagem de serviços (horários)
- Interface de Comunicações
- Gestão de alarmes

Cada uma destas janelas tem menus dedicados que dão acesso a subjanelas e a submenus que permitem ao operador aceder à informação por níveis de detalhe adequados às funções implementadas.
Sendo que cada posto de trabalho pode dispor de mais de um ecrã, o trabalho em simultâneo nas quatro janelas principais é facilitado. Daí que o acesso aos terminais e à informação sejam controlados, respectivamente através da identificação dos operadores e respectivas palavras-chave; e dos perfis de utilizador (geridos pelo administrador do sistema).

Sinóptico de Linha

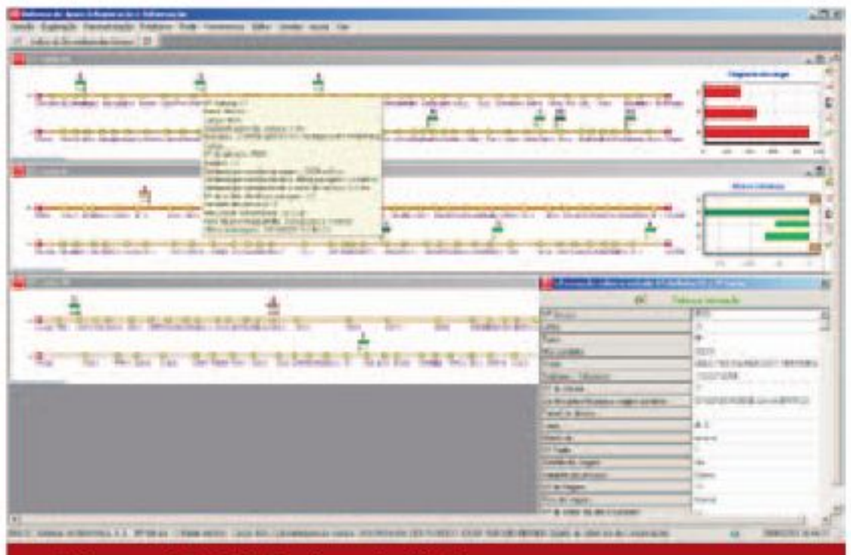


Figura 12: Sinóptico da linha

Mapa electrónico

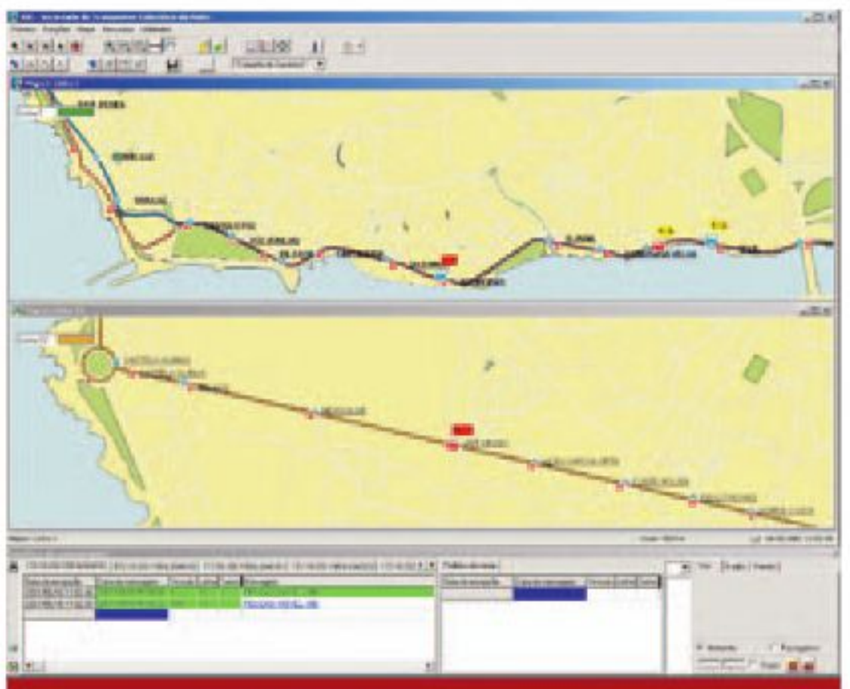


Figura 13: Mapa electrónico

Graficagem

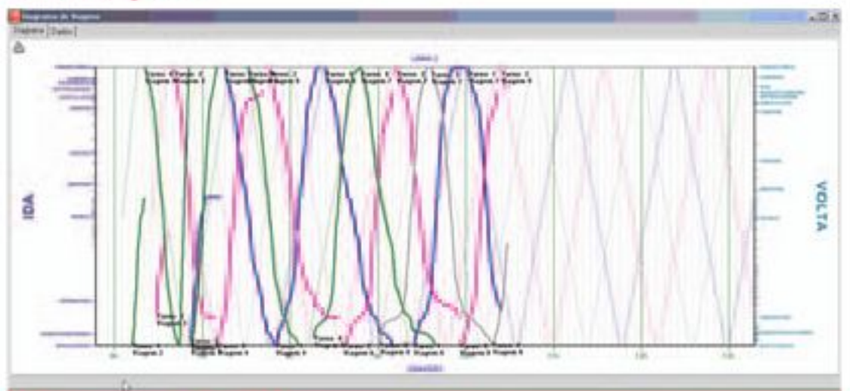


Figura 14: Graficagem

Interface de Comunicações

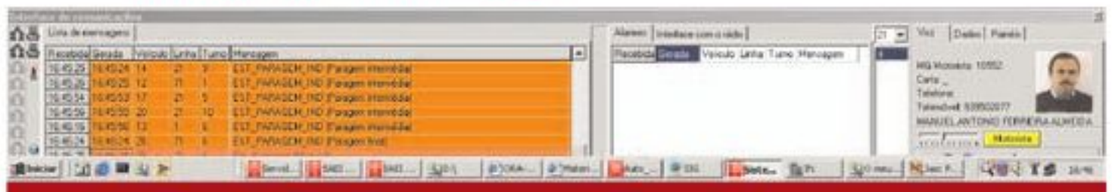


Figura 15: Interface de comunicações

Gestão de Alarmes

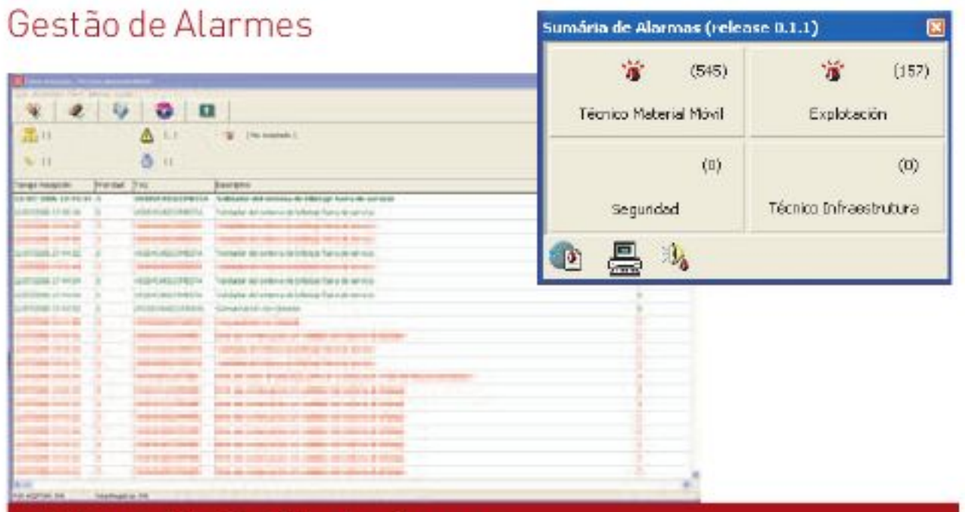


Figura 16: Gestão de alarmes

OS TERMINAIS DE CONFIGURAÇÃO E ESTATÍSTICAS

Os Terminais de Configuração e Estatísticas permitem ao operador a extracção de relatórios e a alteração dos parâmetros do sistema.

Nas figuras seguintes poderão ser visualizados alguns ecrãs respeitantes a estas operações.

Edição de Planos de Trabalho

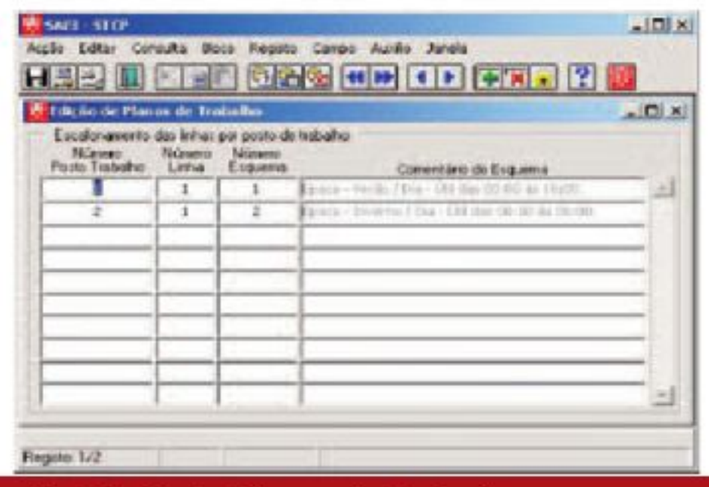


Figura 17: Edição de Planos de Trabalho

Relatório - Carga Transportada por Troço

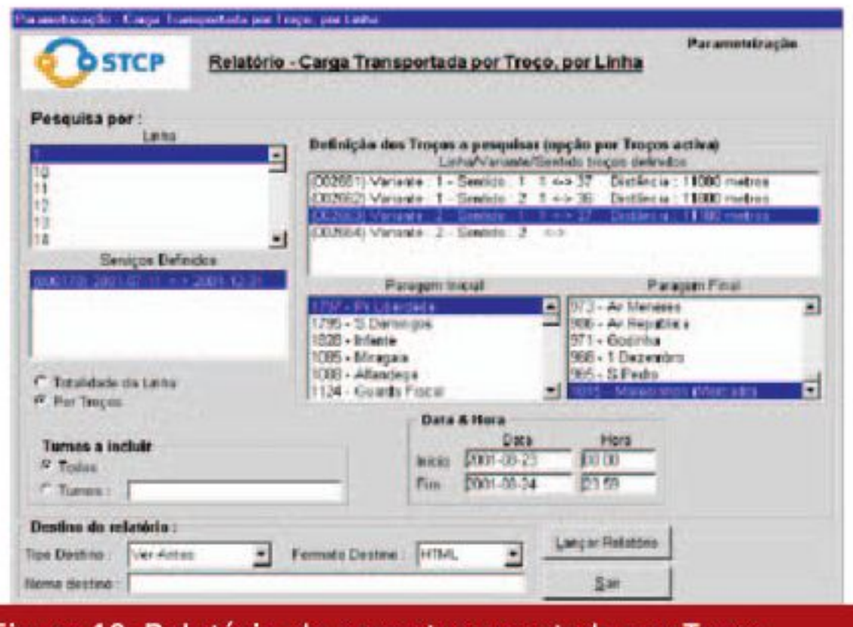


Figura 18: Relatório de carga transportada por Troço

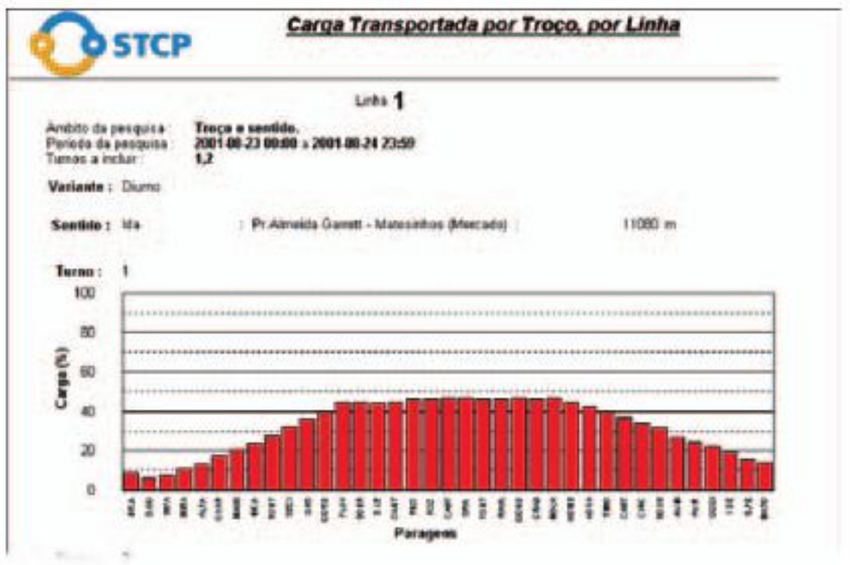


Figura 19: Relatório de carga transportada por Troço, por Linha

OS BENEFÍCIOS DO *TIMEKEEPER*

O *TimeKeeper* representa uma ferramenta essencial para uma empresa de transporte público, nomeadamente nos domínios que se seguem.

Produtividade: através da racionalização dos meios envolvidos, da optimização dos processos e da oferta de serviço que possibilita.

Qualidade: o rigor, a credibilidade da informação fornecida e a maior segurança que proporciona aos seus clientes conferem uma maior competitividade ao transporte público de passageiros.

Nos sistemas em exploração, os benefícios são vários:

- Redução de postos de expedição de rua e dos respectivos meios envolvidos
- Diminuição dos quilómetros perdidos, devido a perturbações viárias, e consequente melhoria da regularidade
- Redução dos índices de incidentes, agressões e actos de vandalismo
- Decréscimo do número de reclamações de passageiros

A EFACEC conta já com várias referências do *TimeKeeper*, tanto nacionais como internacionais, o que comprova a sua aptidão e capacidade para desenvolver e implementar sistemas inovadores, a par do que de mais avançado se faz a nível mundial.

ERCom - Solução de Telefonia de Exploração de nova geração da EFACEC

Álvaro Filipe Silva (Eng.º)
Engenharia de Sistemas

A exploração das redes ferroviárias exige um sistema de comunicações de voz de elevada disponibilidade, com funcionalidades específicas.
Para aumentar a rentabilidade e competitividade global da sua actividade, os Gestores de Infra-estruturas Ferroviárias necessitam de sistemas de elevada disponibilidade, mas que sejam igualmente flexíveis, expansíveis, evolutivos e com custos de aquisição e manutenção optimizados.
Para responder a esta necessidade, a EFACEC desenvolveu uma solução de telefonia de exploração de nova geração: o **ERCom** (*EFACEC Railway Communication System*).

Tradicionalmente, as soluções de comunicações de voz de suporte à exploração ferroviária baseavam-se em sistemas telefónicos, desenvolvidos globalmente de raíz para este tipo de aplicação, por um número reduzido de fabricantes. Esses sistemas apresentavam, por isso, características penalizadoras ao nível do custo e da reduzida capacidade de evolução e interligação / integração com outros sistemas.

Como ponto de partida para a criação do **ERCom**, a EFACEC enfrentou o desafio de criar uma solução, cujas características principais são:

- Cumprimento integral dos requisitos regulamentares actuais da telefonia de exploração, nas suas diversas vertentes, desde o comando e controlo de circulação (para todos os seus regimes: RES, Cantonamento telefónico, Telecomando de CTC, CCO) ao Telecomando de Energia e à Informação ao Passageiro
- Elevada segurança, robustez, fiabilidade e disponibilidade
- Facilidade de instalação, operação e manutenção
- Elevada flexibilidade e capacidade de expansão;
- Capacidade de interligação com outras redes, em particular com as já existentes
- Elevada capacidade de evolução, acompanhando futuros requisitos da telefonia de exploração e proporcionando novas funcionalidades
- Custo optimizado pela utilização preferencial de equipamentos e protocolos de utilização genérica, na área da telefonia, cumprindo as normas internacionais aplicáveis.

A SOLUÇÃO

Os sistemas de transmissão *IP* que actualmente, têm maior expressão e perspectivas de evolução; constituem já uma parte muito significativa das infra-estruturas de apoio à exploração ferroviária.

É também um facto adquirido que os indíces de qualidade e de disponibilidade, proporcionados pelas soluções de Voz sobre *IP* (*VoIP*), bem como os níveis de segurança atingidos cumprem já os requisitos exigidos pelas aplicações para ambientes ferroviários (por vezes chegam mesmo a ultrapassar os correspondentes parâmetros da telefonia convencional).

Deste modo, no âmbito das soluções de telefonia de nova geração, a EFACEC segue a tendência crescente desenvolvendo a solução ERCom, do tipo *Full IP*. Todos os módulos que constituem esta solução ligam-se directamente à rede de transmissão, por interface *Ethernet*; comunicando, entre si, através do protocolo *IP*. Consegue-se, desta forma, usufruir, em pleno, de todas as vantagens inerentes a este protocolo de comunicações, como sejam a disponibilidade, a elevada flexibilidade e

escalabilidade, a facilidade de instalação e de interligação de equipamentos, a independência relativamente ao meio físico de transmissão (incluindo as redes sem fios), entre outras.

Arquitectura da Solução ERCom

A arquitectura da solução ERCom baseia-se essencialmente na utilização de equipamentos de *VoIP standard* (*Call Server*, *Media Gateways* e telefones *IP*), de fabricantes reconhecidos; e de uma aplicação de *software* de alto nível, desenvolvida pela EFACEC: o ERCom ↗ CTI. Esta aplicação é responsável pela gestão global do sistema, implementando todas as funcionalidades específicas da exploração ferroviária.

São também componentes da solução global um sistema de gravação das chamadas, módulos de controlo local (ERCom ↗ LA) e módulos de interface ao sistema de informação ao passageiro (ERCom ↗ PA).

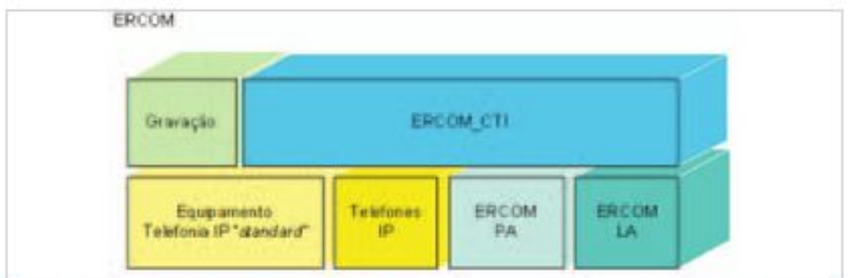


Figura 1: Gráfico ERCOM

Configuração Geral

As ligações entre os equipamentos são suportadas na rede de transmissão *IP* existente que interliga os Postos de Comando, as Estações, as Passagens-de-Nível (PN's), as Subestações de Tracção e os Postos de Catenária (PC's).

Centralmente encontram-se os equipamentos de processamento e controlo da telefonia, bem como de interligação a outros sistemas (como, por exemplo, à rede de telefonia automática).

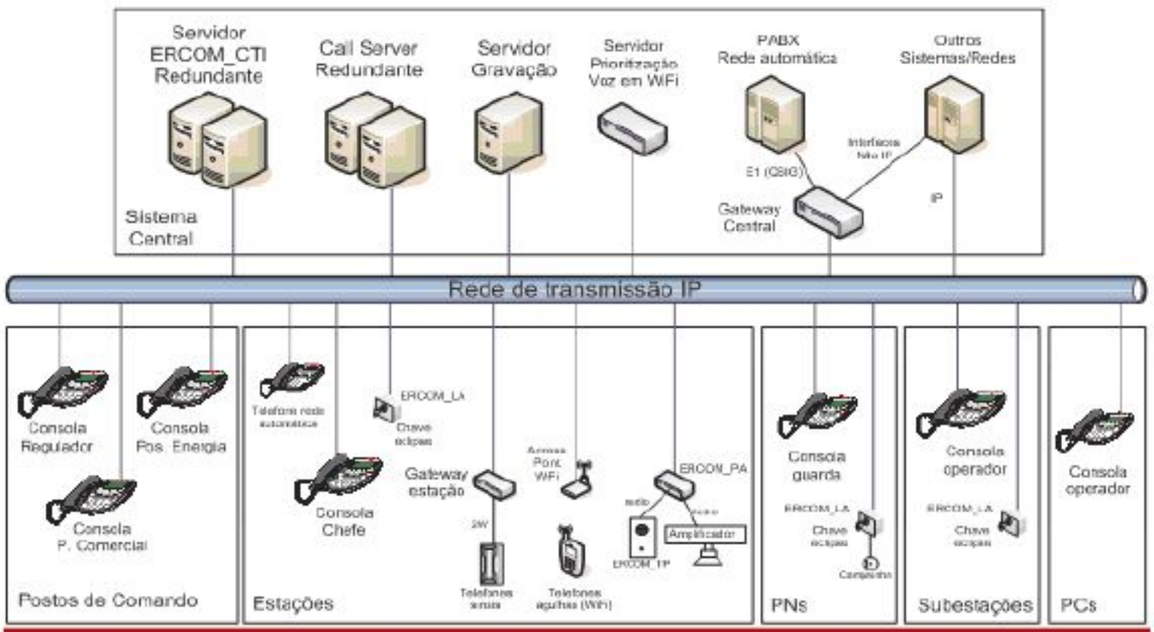


Figura 2: Rede de transmissão IP

Nos postos de comando (PCL, PCT, CTC, CCO) encontram-se as consolas de operação dos Reguladores, da Posição de Energia e da Posição Comercial.

Para cada estação, é disponibilizada uma consola de operação do Chefe de estação, um agente local ERCom ↗ LA,com chave de eclipse; um telefone da rede automática; um *media gateway* de estação; telefones de informação ao passageiro; um módulo ERCom ↗ PA de interface ao sistema de sonorização e ao ERCom ↗ TIP; um *access point* que suporta a rede *IP* sem fios (*WiFi*) e os telefones *IP* sem fios.

Em cada PN instala-se a consola de operação do Guarda e um agente local ERCom ↗ LA, com chave de eclipse, que permite o guarnecimento e desguarnecimento da PN. Este agente local possibilita ainda a actuação de uma campainha de alta sonoridade, para audição à distância do sinal de chamar.

Nas subestações de tracção e nos postos de catenária encontram-se as consolas de operação dos respectivos operadores. Nas subestações existe também um agente local ERCom ↗ LA, com chave para as guarnecer/desguarnecer.

Em todos os locais existe o módulo ERCom ↗ PD (*Power Distributor*) que permite a alimentação *PoE* (*Power over Ethernet*) dos telefones *IP*, dos *access points* e dos ERCom ↗ LA, a partir do sistema de alimentação de telecomunicações socorrido (48 V cc).

Descrição dos Componentes

- *Call Server*

Responsável pela gestão dos telefones *IP* e dos *Media Gateways* e pela administração-base das chamadas, possui arquitectura redundante *LSP* (*Local Survivable Processor*), mantendo todas as funcionalidades em caso de falha do servidor principal.

- *Media Gateway* Central

Componente que permite a interligação da rede *VoIP* a outros sistemas (como a rede telefónica automática) através de diversos interfaces não *IP* (junções E1).

• ERCom ↗ CTI

Servidor que suporta a aplicação *CTI* (*Computer Telephony Integration*) desenvolvida pela EFACEC. Com arquitectura redundante do tipo *cluster*, esta aplicação controla o estado de (des)guarnecimento das estações e das PN's, administra, ao alto nível, as chamadas realizadas por todas as entidades e implementa todas as funcionalidades específicas não disponíveis ao nível do *Call Server*.

- Servidor de gravação

Solução de gravação centralizada de todas as chamadas, entre todas as entidades. A gravação é feita por interface *IP*, ficando a porta do gravador em conferência com as entidades a gravar. A existência de uma lista com a identificação dos intervenientes e data/hora de início e fim das chamadas facilita a pesquisa e leitura das gravações.

- Consolas de Operação

As consolas do Posto de Comando, do Chefe de Estação, das PN's, das Subestações e dos Postos de Catenária são telefones *IP*, com alimentação *PoE*, que possuem auscultador, interface para *headset* e sistema de alta-voz. O modelo de telefone varia de acordo com o número de teclas de marcação directa e de linhas do *display* (*LCD*), mais adequado a cada operador.

• ERCom ↗ LA

Módulo agente local, desenvolvido pela EFACEC, responsável pelo processo de (des)guarnecimento de uma estação, subestação ou PN. Em cada um dos casos, o operador pode (des)guarnecer localmente a estação/subestação/PN, através de uma chave. O agente ERCom ↗ LA notifica o servidor ERCom ↗ CTI do estado de guarnecimento da estação/subestação/PN.
No caso das PN´s, o módulo ERCom ↗ LA disponibiliza ainda um interface para alimentação de uma campaínha exterior de alta sonoridade, que só é accionada quando a PN está guarnecida.

- *Media Gateway* de Estação

Componente que disponibiliza interfaces analógicos para ligação de telefones não *IP*. O modelo de *media gateway* é escolhido em função do tipo e do número de telefones analógicos a interligar em cada estação.

• ERCom ↗ PA e ERCom ↗ TIP

O ERCom ↗ PA é um módulo criado pela EFACEC que disponibiliza uma saída de áudio (para ligação ao sistema de sonorização da estação) e uma interface para ligação ao ERCom ↗ TIP.

Por sua vez, ERCom ↗ TIP é um telefone de informação ao passageiro, criado pela EFACEC. O painel de interface com o utilizador é embutido num elegante e inovador pedestal, com construção antivandalismo e indíce de protecção IP55.

- *Access Point* (*WiFi*)

Este componente disponibiliza rede *IP* sem fios (*WiFi*) com área de cobertura mínima até às agulhas da estação. O acesso à rede *IP* é controlado (recurso aos mais recentes e eficazes métodos de encriptação e técnicas de controlo de acessos) devido à necessidade de se permitir, exclusivamente, o acesso aos telefones *IP* autorizados.

- Telefones sem fios

São telefones *IP* (*WiFi*) portáteis, usados para comunicação com o Chefe de Estação e/ou Regulador (v. g. por manobradores de agulhas). Accionada a funcionalidade de *PTT* (*push-to-talk*) estabelecem a comunicação local entre operadores de um mesmo grupo (v. g. para a criação de redes locais de manobras).

• ERCom ↗ PD

Módulo de distribuição de alimentação (*power distributor*) para *PoE* que possui uma entrada de 48 V cc (protegida para ligação a um sistema de alimentação socorrido) e disponibiliza um repartidor RJ45 para ligação à rede de dados *IP* e para ligação aos telefones *IP*, com alimentação *PoE*.

Funcionalidades operacionais da solução

- (Des)Guarnecimento de estações

O Chefe de Estação pode (des)guarnecer localmente a estação através da chave de eclipse

cuja comutação altera o modo de exploração da consola do Chefe (de eclipse para activo e vice-versa). Os destinos das chamadas, dependentes do estado de guarnecimento da estação, são automaticamente actualizados pelo sistema, tendo em conta o estado das restantes estações.

- (Des)Guarnecimento de PN's

O Guarda da PN pode (des)guarnecer localmente a PN através da chave de eclipse cuja comutação altera o de exploração da consola do guarda (de inactivo para activo e vice-versa). Em modo activo, a consola funciona em *hotline*; em modo inactivo (do ponto de vista de exploração), a consola passa a ter funcionalidades de telefone da rede automática, podendo ser usada por técnicos de manutenção.

- Tipos de chamadas suportadas:

  - Chamada selectiva do Regulador para cada uma das estações
  - Chamada, em conferência, do Regulador com qualquer grupo dos Chefes de Estação, por ele seleccionado. Os Chefes de Estação são chamados, em simultâneo, e adicionados à conferência à medida que vão atendendo as consolas. É possível passar para conferência a partir de uma chamada selectiva em curso e adicionar novos participantes a uma conferência em curso. A conferência termina quando o regulador desliga a sua consola
  - Chamada do Chefe de Estação para o Regulador. No caso da estação estar em eclipse, esta é a única chamada permitida ao Chefe de Estação através da sua consola
  - Chamada do Chefe de Estação para os chefes das estações colaterais guarnecidas (avanços ascendentes e descendentes)
  - Chamada, em conferência, do Chefe de Estação para o grupo das PN's ascendente e descendente, até à próxima estação guarnecida, (também incluída)
  - Chamada do Guarda de PN para os Chefes das estações colaterais guarnecidas
  - Chamada dos telefones de Manobradores de Agulhas para o Chefe de Estação e vice-versa. Este tipo de chamadas só é permitido quando a estação está guarnecida
  - Chamada dos telefones de sinais para o Chefe de Estação e vice-versa. Quando a estação está desguarnecida a comunicação é feita com o Regulador
  - Chamada selectiva da Posição de Energia para as Subestações (e para as estações e PC's, no caso das subestações estarem desguarnecidas)
  - Chamada das estações e PC's para as subestações (ou para a Posição de Energia, no caso das subestações estarem desguarnecidas)
  - Chamada directa entre subestações
  - Chamada selectiva da Posição Comercial (ou do Regulador) para cada uma das estações, para emissão de anúncio sonoro
  - Chamada do Chefe de Estação para emissão de anúncio sonoro local
  - Chamada do passageiro para a Posição Comercial (ou para o Regulador), através do ERCom ↗ TIP
  - Chamada selectiva da Posição Comercial (ou do Regulador) para cada uma das estações, para comunicação com o passageiro através do ERCom ↗ TIP. A chamada é estabelecida automaticamente, sem necessidade de atendimento por parte do passageiro

- Chamadas de emergência

Sempre que tal se justifique, o Chefe de Estação pode efectuar uma chamada de emergência para o Regulador. Se o mesmo estiver livre, a chamada é estabelecida de imediato, em alta-voz do lado do Regulador. Se o Regulador estiver ocupado, a chamada em curso é imediatamente suspensa e a chamada de emergência é atendida automaticamente. O outro interveniente da chamada que estava em curso (ou outros, no caso de chamada em conferência) recebe aviso automático antes da sua chamada ficar temporariamente suspensa. No fim da chamada de emergência, a chamada que ficou suspensa é reposta automaticamente.

- Identificação das chamadas

- Início das chamadas

Na fase de ligação e depois de estabelecida a chamada, a identificação de origem/destino é apresentada nos *displays* das consolas do operador chamado/chamador.

- Início das chamadas

Em todas as consolas de operação, o início das chamadas estabelece-se pressionando uma tecla destinada a cada destino, devidamente identificada. Exceptuam-se as consolas dos guardas de PN, pois a chamada inicia-se, automaticamente, ao levantar o auscultador (*hotline*).

No caso das chamadas de grupo, iniciadas pelo Regulador, a selecção das estações a incluir na conferência e o início da mesma são controlados pelo ERCom ↗ CTI. A selecção das estações é feita de uma só vez, antes do início da chamada de grupo, de modo a facilitar a operação do Regulador.
O ERCom ↗ CTI controla igualmente o estabelecimento, iniciado pelo Chefe de estação, das chamadas de avisos às PN's. Através de uma única tecla, para cada direcção (ascendente e descendente), são chamadas, em simultâneo, todas as PN's guarnecidas até à próxima estação guarnecida (incluindo esta).

- Chamadas em espera

As consolas do Posto de Comando e dos Chefes de Estação dispõem de diversas linhas de entrada/saída que permitem a funcionalidade de chamadas em espera durante uma chamada em curso. Uma vez apresentadas, no 'display' da sua consola, as diversas chamadas em espera, o operador pode comutar a chamada em curso com qualquer uma delas.

Outras funcionalidades

- Encriptação das chamadas

Para maior segurança nas comunicações, as chamadas são encriptadas, evitando a captura de chamadas e a intrusão por parte de entidades não autorizadas.

- Concentração do comando de diversas linhas ferroviárias num único operador

Sempre que as condições de exploração assim o exijam e permitam, é possível concentrar o comando de diversas linhas num único operador, ou seja, as comunicações são transferidas dos operadores de comando das diversas linhas para o operador único.

- Consolas ERCom ↗ CIG

A solução disponibiliza consolas com interface gráfico de utilizador do tipo *Touchscreen*, para os postos de operação, nos postos de comando.

Interligação e integração com outros sistemas

A elevada flexibilidade da solução ERCom potencia a sua interligação e integração com outros sistemas. A interligação a sistemas de rádio e a outros sistemas de telefonia de exploração ou de telefonia automática permite a concentração da realização e atendimento de chamadas de voz num reduzido número de consolas, ao nível dos postos de comando.

A integração com outros sistemas que não possuem, por si só, voz, mas que têm uma forte relação com a telefonia de exploração (videovigilância, supervisão técnica, sinalização) possibilita a realização de acções automáticas que facilitam as tarefas dos operadores desses sistemas (v. g. apresentação automática, pelo sistema de videovigilância, da imagem de uma câmara associada ao telefone TIP; realização de chamadas telefónicas, a partir de comandos incluídos nos interfaces gráficos de operação dos outros sistemas, entre outras).

Soluções ERCom em operação

O sistema ERCom encontra-se em operação na REFER, estabelecendo as comunicações de exploração da Linha do Vouga e da Linha do Minho.

Nestas instalações, todos os equipamentos-base de telefonia *IP* utilizados são do fabricante *Avaya©*, líder mundial em equipamentos e soluções de telefonia *IP* cujos componentes cumprem integralmente os requisitos da solução ERCom (vasta gama de *Call Server*s, *Media Gateways* e Telefones *IP*).

- Linha do Vouga

A Linha do Vouga tem um Regime de Exploração do tipo "Simplificado" (RES), com o Chefe de Linha, 12 estações e 32 PN's (com circuitos de avanços e de avisos).

O equipamento central é constituído por um *Call Server*, um *Media Gateway* Central, três *Gateway* 2GSM / 1BRI, um Servidor ERCom ↗ CTI e um Servidor de Gravação.
Em Sernada do Vouga estão instalados dois Telefones *IP*, para o Chefe de Linha.
Em cada estação existe um telefone *IP* para utilização pelo Acompanhante do comboio.
Em cada PN existe um *Gateway* 1GSM/1analógico e um telefone analógico para o Guarda.

Figura 3: Imagem de um "telefone"

- Linha do Minho

A Linha do Minho tem um Regime de Exploração do tipo "Cantonamento Telefónico", com o Regulador no PCL e Campanhã; cinco estações no troço S. Bento-Lousado, 10 estações no troço Nine-Valença e 37 PN's.
Estão implementados, em todas as estações, os circuitos de selectivo de movimento e, no troço Nine-Valença, os circuitos de avanços e de avisos às PN's. Nas estações deste troço existe, em termos de informação ao público, uma posição comercial para enviar anúncios e atender os TIP.

O equipamento central é constituído por dois *Call Server* (um principal e um redundante), dois *Media Gateway* Centrais (um principal e um redundante), um servidor EMMC (expansão de conferência para 50 participantes), um Servidor ERCom ↗ CTI, um servidor de Gravação e um servidor de prioritização de voz em *WiFi*.

No PCL de Campanhã está instalado um Telefone *IP* para o Regulador.

Em cada estação existe um telefone *IP* (para o Chefe), um *media gateway* (para os telefones de sinais), um ERCom ↗ LA (com chave de eclipse), um ERCom ↗ PA, um ERCom ↗ TIP, um *access point*, dois telefones *WiFi* (para os manobradores de agulhas) e um telefone analógico da rede automática (neste caso, o telefone da rede automática é do tipo analógico e suportado no *media gateway* de estação).

Figura 4: ERCom ↗ TIP

Figura 5: ERCom ↗ LA

Em cada PN existe um ERCom ↗ LA (com chave de eclipse e módulo de interface à campaínha de alta sonoridade) e um telefone *IP* para o Guarda.

No âmbito da Linha do Minho, o sistema instalado foi projectado com capacidade de extensão futura para a Linha do Douro (Regulador, 16 estações e 18 PN's).

CONCLUSÕES

A solução ERCom, em cumprimento de todos os requisitos típicos desta aplicação ferroviária, implementa, com custos optimizados e suportado por redes de transmissão *IP* (actualmente com maior expressão e melhores perspectivas de evolução), um sistema telefónico de exploração de nova geração.

As características da solução ERCom, em termos de flexibilidade, capacidade de evolução e facilidade de interligação/integração com outros sistemas; permitem dar resposta efectiva a novas necessidades da telefonia de exploração e potenciam a evolução da mesma.

A descrição da solução ERCom, aqui orientada para uma utilização típica em ambiente ferroviário, possui uma arquitectura modular perfeitamente adaptável a outros cenários (v. g. Linhas de Metros).

As soluções em operação na REFER constituem uma importante referência para a EFACEC e contribuem para a modernização dos sistemas de telecomunicações ferroviários em Portugal.

Soluções Integradas de Transmissão para Ambientes Metro-Ferroviários

Paulo Paixão (Eng.º)
Investigação e Desenvolvimento (Director)

Ao longo das últimas décadas, a EFACEC tem desenvolvido e fornecido soluções integradas de transmissão para suporte de comunicações de voz, vídeo e dados para ambientes metro-ferroviários. Além de responderem às necessidades objectivas dos operadores, estas soluções apresentam grande flexibilidade e facilidade de costumização.

SISTEMAS INTEGRADOS DE COMUNICAÇÃO PARA AMBIENTES METRO-FERROVIÁRIOS

Os primeiros sistemas integrados de Comunicação para Ambientes Metro-Ferroviários implementados eram suportados em tecnologias *PDH* (*Pleisochronous Digital Hierarchy*) e *SDH* (*Synchronous Digital Hierarchy*) e disponibilizavam circuitos (plesiócronos e síncronos) para remotização de extensões telefónicas e interligação de centrais, suporte à sinalização ferroviária ou ao telecomando de energia, interligação de *LAN*'s, etc. Entretanto, os sistemas de transmissão baseados no protocolo *IP* e na tecnologia *Ethernet*, nomeadamente *Gigabit-Ethernet* (*GbE*), tornaram-se bastante fiáveis, a custos competitivos. Paralelamente, surgiram no mercado soluções de telefonia, de áudio e de vídeo baseados em *IP*. Por comparação com os sistemas baseados em *IP* e *GbE*, os sistemas *PDH/SDH* tornaram-se menos eficientes e menos competitivos (custos de integração mais elevados). Como consequência, as soluções de transmissão baseiam-se, cada vez mais, em *GbE* (ao nível do *backbone*) e em redes de comunicações sem fios (*wireless*) nos seus extremos, que permitem o suporte *IP* das múltiplas aplicações e comunicações *end-to-end* e garantem a operação e configuração de toda a rede através de sistemas de gestão unificados.

Tecnologias de Comunicação *Wireless*

Na última década, desenvolveram-se sistemas de comunicação *wireless* com débitos "elevados", facilitando a mobilidade com elevado desempenho e fiabilidade. A utilização deste tipo de tecnologia em sistemas metro-ferroviários reforça a segurança, facilita a operação e melhora os serviços oferecidos aos utentes. Na verdade, estudos recentes, efectuados em Inglaterra, indicam que 80% dos executivos que viajam de comboio trabalhariam durante a viagem se tivessem disponível um serviço de comunicação de elevado débito. No entanto, a implementação de uma solução *wireless* nesse ambiente, apesar de garantir a simplificação da infra-estrutura assente em cabo (cobre/fibra), exige que se tenham em conta os aspectos que se seguem.

- Desempenho

  O desempenho versa questões relacionadas com a taxa de transmissão efectiva e a latência, as quais condicionam o tipo de aplicações suportadas. Para taxas de transmissão reduzidas apenas se garante o suporte fiável de serviços simples (comandos, ficheiros de texto, v. g.), sendo que, para o suporte de aplicações em tempo real, tipo *streams* de vídeo, é necessário garantir taxas de transmissão mais elevadas e de baixa latência.

- Fiabilidade

  A fiabilidade, associada às comunicações sem fios, depende do número de pacotes perdidos, do número de vezes em que há perdas de ligação e

da imunidade do sistema a factores externos. Numa ligação não fiável haverá perdas de pacotes e a taxa de transmissão sofrerá uma redução, pelo que a exigência das aplicações, no que respeita à fiabilidade, condiciona a escolha da tecnologia de comunicações.

- Segurança

  A segurança depende de aspectos como o nível de encriptação e dos mecanismos de autenticação suportados.

- Mobilidade

  A mobilidade prende-se com a velocidade máxima dos veículos, sem perdas de ligação ou perdas de pacotes.

- Área de cobertura

  A área de cobertura depende essencialmente da tecnologia usada e da distribuição geográfica dos pontos de acesso (*AP*). Uma boa solução é a que garante uma cobertura efectiva da área pretendida com o menor número de *AP* e que comuta entre dispositivos (*switch/hand-off*) sem perdas. Esta métrica está directamente associada ao custo da infra-estrutura, uma vez que quanto maior for o número de *AP* mais cara será a solução.

Apesar do leque de soluções *wireless* ser, actualmente, bastante extenso e abarcar tecnologias como *GSM/GPRS*, *UMTS/3G*, *TETRA*, *WiFi* (IEEE 802.11), *WiMAX* (IEEE 802.16) ou *MBWA* (IEEE 802.20), as tecnologias que melhor se aplicam a clientes do segmento metro-ferroviário são o *WiFi* e o *WiMax*.

WLAN/WiFi

Wireless Fidelity (*WiFi*) é o nome atribuído ao *standard* IEEE 802.11, inicialmente concebido para ambientes de interior. No entanto, face às diferentes extensões ao *standard* (802.11a, b, g, n e p), permite alcances consideráveis e suporta mobilidade. É usual denominar de *WLAN/WiFi* (*Wireless Local Area Network/WiFi*) a tecnologia que possibilita a implementação de redes locais sem fios por recurso ao *standard* 802.11. Como valores de referência, esta tecnologia atinge taxas de transmissão até 55 Mbps, verificando-se, no entanto, um decréscimo em ambientes móveis. Em termos de frequências as mais usadas são 2.4, 3.5 e 5 Ghz, quer exijam ou não licenciamento.

WiMAX

Nome atribuído ao *standard* IEEE 802.16 que foi desenvolvido de raiz para ambientes de exterior e para redes metropolitanas. Como valores de referência destacam-se a taxa de transmissão permitida de 74 Mbps e os alcances de 50 km, em Linha de vista (LOS), e de 10 km, sem linha de vista (NLOS), para frequências entre 2 e 6 Ghz.

As diferenças de alcance entre as duas tecnologias devem-se às técnicas de modulação usadas. A tecnologia WiMAX suporta um maior número de utilizadores, permite operar em PMP (Ponto-MultiPonto), garante uma maior fiabilidade e qualidade de serviço (QoS) e, ao contrário do WiFi, só permite usar frequências licenciadas. O WiFi é mais recomendável devido ao baixo custo da solução, quando o veículo circula a velocidades baixas e se pretende disponibilizar aplicações de suporte à exploração. Em cenários em que se pretende disponibilizar aplicações ao público em geral (acesso à Internet dentro de um veículo ou uso de computadores portáteis por clientes durante as viagens, v. g.), o WiMax assume-se como uma tecnologia de futuro, apesar do custo elevado da solução. A Tabela que se segue apresenta alguns valores típicos para *WiFi/WLAN* e WiMax.

	Taxa de Tx	Latência	Alcance	Mobilidade
WiFi/WLAN	55 Mbps	50 ms	Até 1000 m	< 150 Km/h
WiMAX	75 Mbps	25-40 ms	Até 8 Km (NLOS)	< 120 Km/h

A taxa de transmissão efectiva disponibilizada pelos diferentes *standards* é bastante inferior aos valores normalizados. Esta redução depende dos protocolos de rede usados (TCP/UDP) e, em certa medida, do tamanho dos pacotes. O uso de UDP, em conjunção com pacotes grandes, é o pior cenário, ao contrário do uso do TCP que, em conjunto com pacotes pequenos, permite uma redução do débito efectivo em cerca de 50%.

A Figura 1 representa um cenário típico de uma solução integrada de comunicações para ferrovias, suportada por *GbE* e *WiFi* e, portanto, capaz de transmitir voz, vídeo e dados.

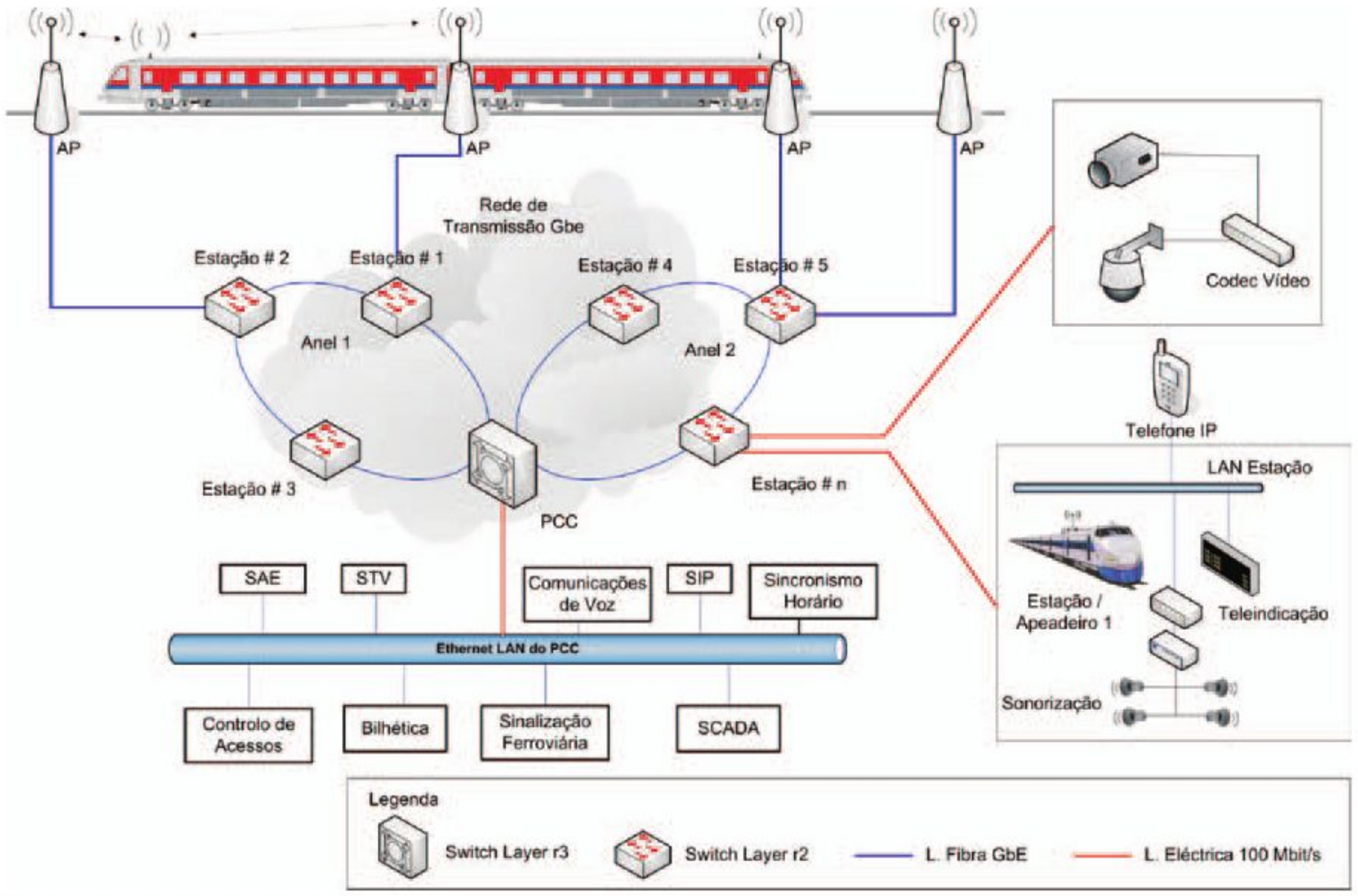


Figura 1: Sistema Integrado de Comunicações

O sistema garante, de forma integrada, os requisitos de um operador de redes metro-ferroviários, nomeadamente:

- Comunicação entre Posto(s) de Comando (CCO) e os veículos
- Comunicação de dados para o Sistema de Ajuda à Exploração (SAE)
- Comunicação de dados para o sistema de Bilhética
- Comunicações de dados para aplicações de informação ao público
- Comunicações de Voz tradicionais (tipicamente para comunicações entre reguladores e condutores) e sobre *IP* (*VoIP*)
- Comunicações de Voz entre o CCO e as várias estações (tipicamente telefones de estação, de zonas de manobras e telefones de emergência)
- Comunicações de dados para o suporte da Sinalização Ferroviária
- Comunicações de dados para o suporte do Controlo de Acessos e para a distribuição de Sincronismo horário
- Comunicações de dados para recepção dos alarmes dos vários sistemas
- Comunicação de dados para o suporte do sistema *SCADA* (*Supervisory Control and Data Acquisition*)
- Envio de imagens do interior do veículo, das estações e de locais críticos para o CCO
- Visualização, pelo condutor, de imagens recebidas de estações ou locais remotos ao longo da via. Tipicamente, o condutor pode ter acesso a imagens da passagem de nível mais próxima ou de uma zona de manobras ou cruzamento

O sistema *wireless* possibilita comunicações fiáveis com os veículos e é suportado pelos componentes que a seguir se enunciam.

- Infra-estrutura da rede WiFi

  Constituída por antenas e por vários *AP*'s, instalados ao longo da via (por exemplo em postes de catenária). Os *AP*'s disponibilizam uma interface para ligação à antena e uma interface de fibra óptica para ligação à restante rede de transmissão. A ligação dos *AP*'s ao *backbone* é tipicamente feita aos *switches layer* 2 localizados na estação. Como ligações alternativas referem-se as seguintes: i) Alguns dos *AP*'s podem estar ligados entre si, funcionando com repetidores para reduzir o número de equipamentos de acesso ao *backbone* ii). Os *AP*'s interligam-se a uma antena central que se liga ao ponto de acesso com o *backbone*.

- Equipamento Embarcado

  Inclui um Módulo WiFi embarcado por veículo, antena de exterior e interfaces *Ethernet* RJ-45 (interligação de sistemas internos ao veículo),

tais como *VoIP*, Bilhética, sistema SAE, sistema de vídeo e sistema de informação ao público.

O *backbone* de comunicações *GbE* é suportado pelos seguintes módulos principais:

- *Switch Layer* 3: tipicamente usado no CCO, suporta múltiplas interfaces eléctricas (interligação dos vários sistemas do CCO) e várias interfaces ópticas (implementação de anéis)
- *Switches Layer* 2: tipicamente usados nas estações, suportam várias interfaces eléctricas (sistemas locais) e interfaces ópticas (ligação às estações adjacentes)

Esta solução de transmissão suportada em *GbE* garante:

- Redundância, suportada pela topologia em anel e pelo protocolo *RSTP* (*Rapid Spanning Tree Protocol*) que impede a existência de rotas duplicadas
- Segmentação eficiente da rede mediante a implementação de *VLAN*
- Mecanismos eficientes de roteamento (*routing*) de pacotes
- Qualidade de serviço (QoS) e controlo eficiente de congestionamentos
- Segurança
- Alto desempenho

Gestão Integrada da rede de comunicações

A infra-estrutura de transmissão é o suporte das comunicações, serviços e aplicações, essenciais à operação e exploração de um Metro ou de uma Ferrovia. Em relação à indisponibilidade de rede, de mecanismos rápidos de configuração, de identificação e resolução rápida de problemas; a garantia de tempos reduzidos só é possível com boas ferramentas de gestão e manutenção. Neste sentido, a EFACEC desenvolveu o INOSSv2, uma plataforma de gestão que se baseia no protocolo *SNMP* (*Simple Network Management Protocol*) que, recorrendo a *gateways* e *proxies*, configura e gere equipamentos, mesmo aqueles que não suportam este protocolo. Actualmente, esta plataforma configura e gere todos os equipamentos que fazem parte do portfólio de produtos EFACEC (*PDH*, *SDH*, *Ethernet Switches*, equipamentos rádio, etc.) e integra facilmente equipamentos de terceiros. Além da configuração, monitorização, recolha de alarmes e cadastro dos equipamentos de transmissão; esta plataforma opera de forma semelhante sobre os equipamentos de outros subsistemas, nomeadamente:

ERCom

- *CODEC*'s, amplificadores e matrizes de áudio (Sistema de Informação ao público)
- *CODEC*'s de vídeo (sistema de videovigilância)
- Equipamentos do sistema de (EFACEC *Railway Communication System*)
- Equipamentos informáticos de suporte

Para facilitar o trabalho das equipas de manutenção é possível programar o sistema para enviar as notificações e alarmes também para telemóveis (mensagens *SMS*) ou caixas de correio (endereços de *e-mail*).

A arquitectura da plataforma de gestão é aberta e distribuída, escalonável e flexível e os servidores estão equipados com o sistema operativo *Linux* e Base de Dados *ORACLE*. As interfaces gráficas de tecnologia *Java* garantem a completa independência relativamente ao sistema operativo. A modularidade é um outro valor acrescido da plataforma INOSSv2 que, entre

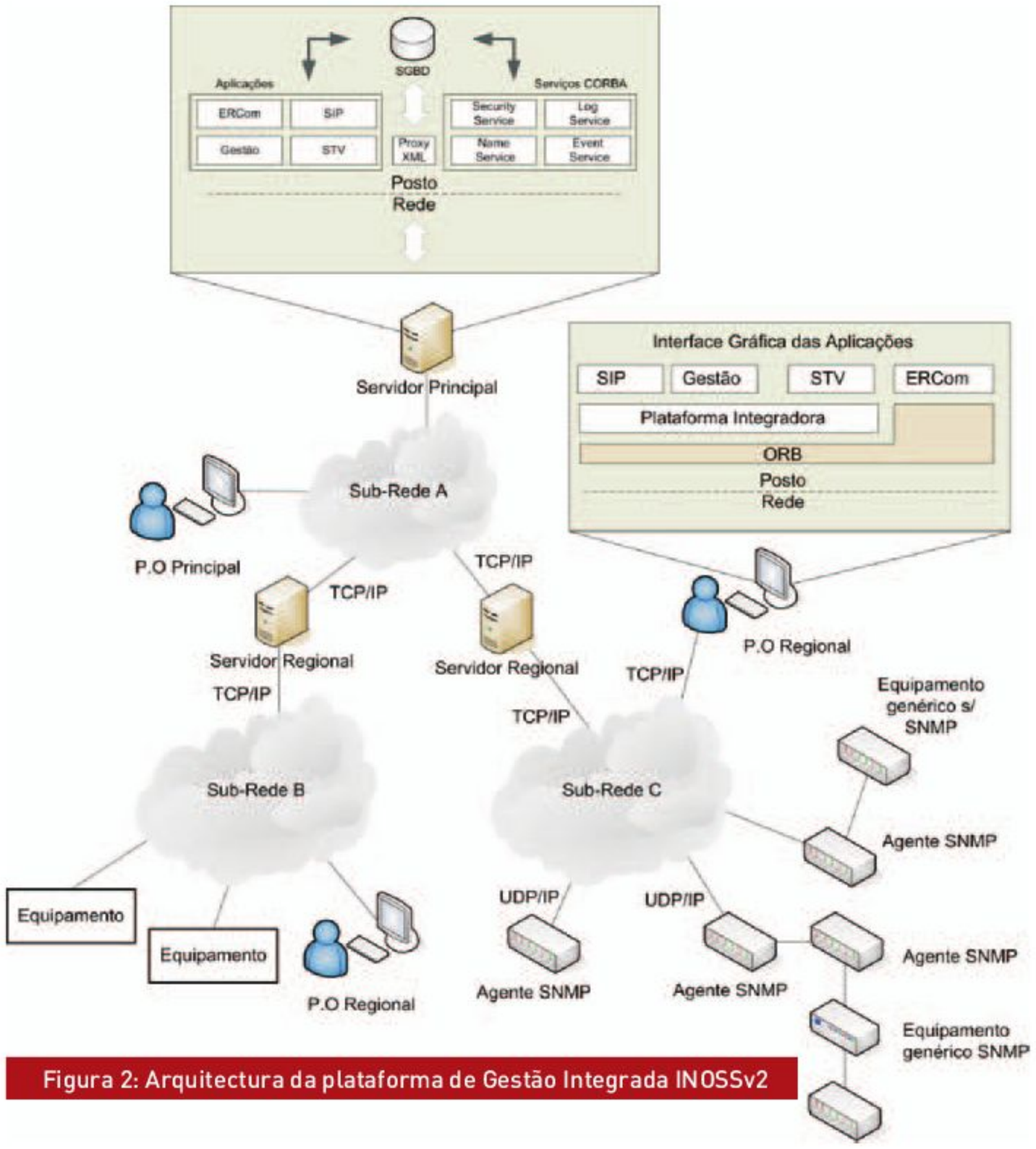


Figura 2: Arquitectura da plataforma de Gestão Integrada INOSSv2

outros factores, permite a integração de múltiplas aplicações, das quais se salientam as de Informação ao Público, de videovigilância e de telefonia de exploração.
A figura 2 apresenta a arquitectura global da plataforma INOSSV2 na qual se realça a filosofia multi-posto, multi-servidor e os blocos constituintes do servidor e do posto de operação.

A elev
arquite

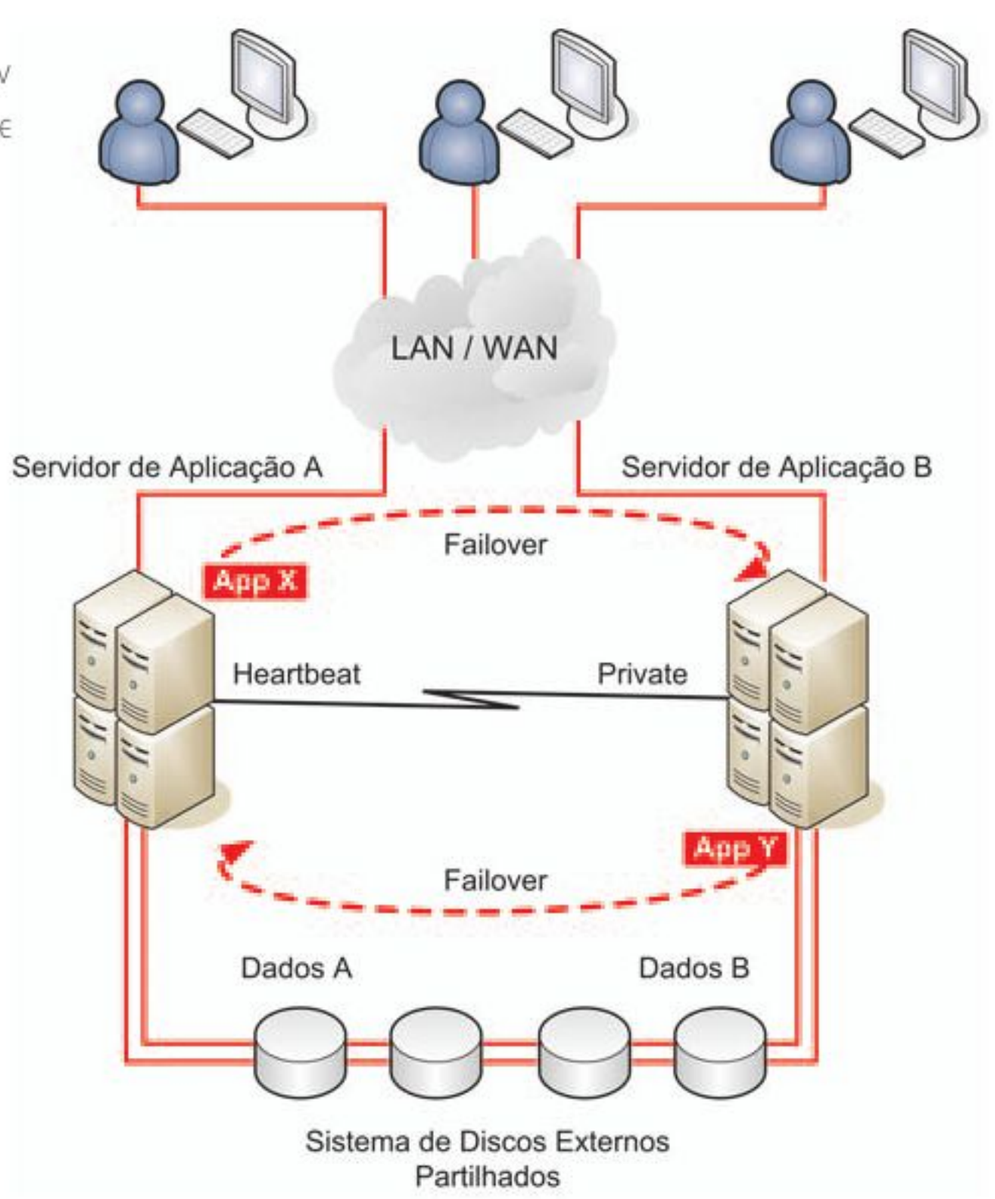


Figura 3: Arquitectura em *cluster*

Nesta arquitectura em *cluster* é de realçar:

- A existência de, pelo menos, duas máquinas (servidor A e B)
- Cada servidor tem duas placas de rede: uma para a *LAN* e outra para uma ligação privada entre os servidores que constituem o *cluster*. Esta ligação é utilizada para a gestão do *cluster* (mecanismo de *polling* entre máquinas - *heartbeat* - e migração dos serviços de uma máquina em falha para outra - *failover*)
- Existência de um sistema de ficheiros partilhados, num disco (ou conjunto de discos) externo e partilhado
- Interface à unidade de armazenamento

A utilização da arquitectura em *cluster*, por recorrer à duplicação dos elementos críticos do sistema, minimiza as quebras de serviço e a existência de pontos de falha. Trata-se de uma solução também vantajosa porque, ao contrário de outras soluções (que obrigam as aplicações/subsistemas a serem dotadas de algoritmos para preverem cenários de falha/comutação), os mecanismos de comutação são tratados ao nível do *hardware* e do sistema operativo logo é totalmente transparente e independente, relativamente às aplicações em utilização (v. g. Informação ao Público, Videovigilância e Telefonia de Exploração).

O SABER-FAZER EFACEC

As principais realizações da EFACEC reflectem a evolução tecnológica ao nível dos sistemas integrados de transmissão para ambientes metro-ferroviários.

- REFER, Linha da Beira Alta (1997) - Sistema de transmissão *PDH* para suporte das comunicações de exploração, com 25 nós
- REFER, Linha da TelSul (1998) - Sistema *PDH*, com 48 nós, para suporte das comunicações de exploração e de solução de videovigilância
- REFER, Linha do Norte, subtroços 3.1 e 3.2 (2001/2002) - Sistema integrado *PDH/SDH*, com 30 nós *PDH* e mais de 13 nós *SDH*; e rede de dados *Ethernet* sobre fibra óptica, com aproximadamente 16 nós
- Metro ligeiro de *Bursa*, Turquia (2001) - Sistema integrado de transmissão baseado em equipamentos *PDH* e *SDH*, com 30 nós. A gestão da rede de transmissão é assegurada por uma aplicação de gestão unificada
- Metro do Porto (2002) - Sistema integrado *PDH/SDH*, com cerca de 70 nós, em que os equipamentos *PDH* suportam *IP* e *multicast*, interligam várias *LAN*'s (CCO e estações) e suportam os vários sistemas. A gestão da rede de transmissão é assegurada por uma aplicação de gestão unificada
- REFER, troço Funcheira-Faro, troços S. Bento-Nine-Braga e Linha de Guimarães, Linha do Minho e Linha do Oeste (2003-2005) - Sistema integrado *PDH/SDH*, com 175 nós *PDH* e 17 nós *SDH*. Rede de dados *Ethernet* sobre fibra óptica, com cerca de 220 nós. Foi fornecida também uma solução de gestão de toda a rede *PDH* da REFER, com Postos de Operação localizados em Lisboa e no Porto
- ONCF, Linha *Nouacer-Jorf Lasfar*, Marrocos (em execução) - Sistema integrado de transmissão para suporte às comunicações de exploração, com 28 nós *PDH* e 14 nós *SDH*. A gestão da rede de transmissão é assegurada por uma aplicação de gestão unificada
- Metro de *Tenerife*, Espanha (em instalação) - Solução integramente suportada em *GbE*, com topologia em anel, para cerca de 20 estações. Todos os serviços e sistemas são suportados em *IP*, sendo as comunicações com os veículos

Sistema de Informação ao Público para Ambientes Metro-Ferroviários

Paula Oliveira (Eng.ª)
Resp. Projecto de Desenvolvimento Aplicacional

A utilização dos sistemas de transporte metro-ferroviários tem aumentado devido à crise energética que vivemos e à melhoria das condições de conforto e de segurança oferecidas aos passageiros. Acresce que as pessoas estão cada vez mais habituadas a ter acesso à informação que pretendem, em qualquer local e a qualquer momento. Em resposta a estes desafios, a EFACEC possui uma solução de informação ao público para ambientes metro-ferroviários fiável e bastante flexível.

Em estudos realizados a nível Europeu (projecto *Infopolis 2*, financiado pela comissão europeia para o sector dos transportes) e em Portugal, os utentes dos transportes metro-ferroviários referem como "muito importante" a disponibilização de informação fiável e actualizada sobre a circulação e sobre situações não previstas e que a qualidade dessa informação tem evoluído de forma bastante positiva. Um artigo publicado no *site* do Metro do Porto, em Março de 2006, sobre a satisfação dos utilizadores do Metro do Porto, comprova estes dados ao concluir que o sistema de informação ao público detém 79,3% de grau de satisfação. Perante novos desafios para a disponibilização da informação útil de forma quase universal e porque, paralelamente, a permanência dos utentes nas estações é inevitável, surge o interesse bilateral em tornar esses desafios em conquistas (informações no interior dos veículos, na *Internet*, por intermédio de tecnologias móveis como o *SMS*; entre outros) e a espera o mais agradável possível (música, filmes ou mesmo publicidade).

A informação ao público é uma das aplicações da plataforma da EFACEC para operação e gestão centralizada de redes e serviços de telecomunicações. A sua arquitectura modular permite que lhe sejam adicionados módulos de vários sistemas, nomeadamente gestão de redes e equipamentos, informação ao público, videovigilância e comunicações de exploração, de acordo com as necessidades de cada cliente.

A SOLUÇÃO

Os sistemas de informação ao público, desenvolvidos pela EFACEC, são constituídos por uma aplicação de operação central e por um conjunto alargado de equipamentos periféricos nas estações. A arquitectura global da solução baseia-se num centro de controlo que concentra a

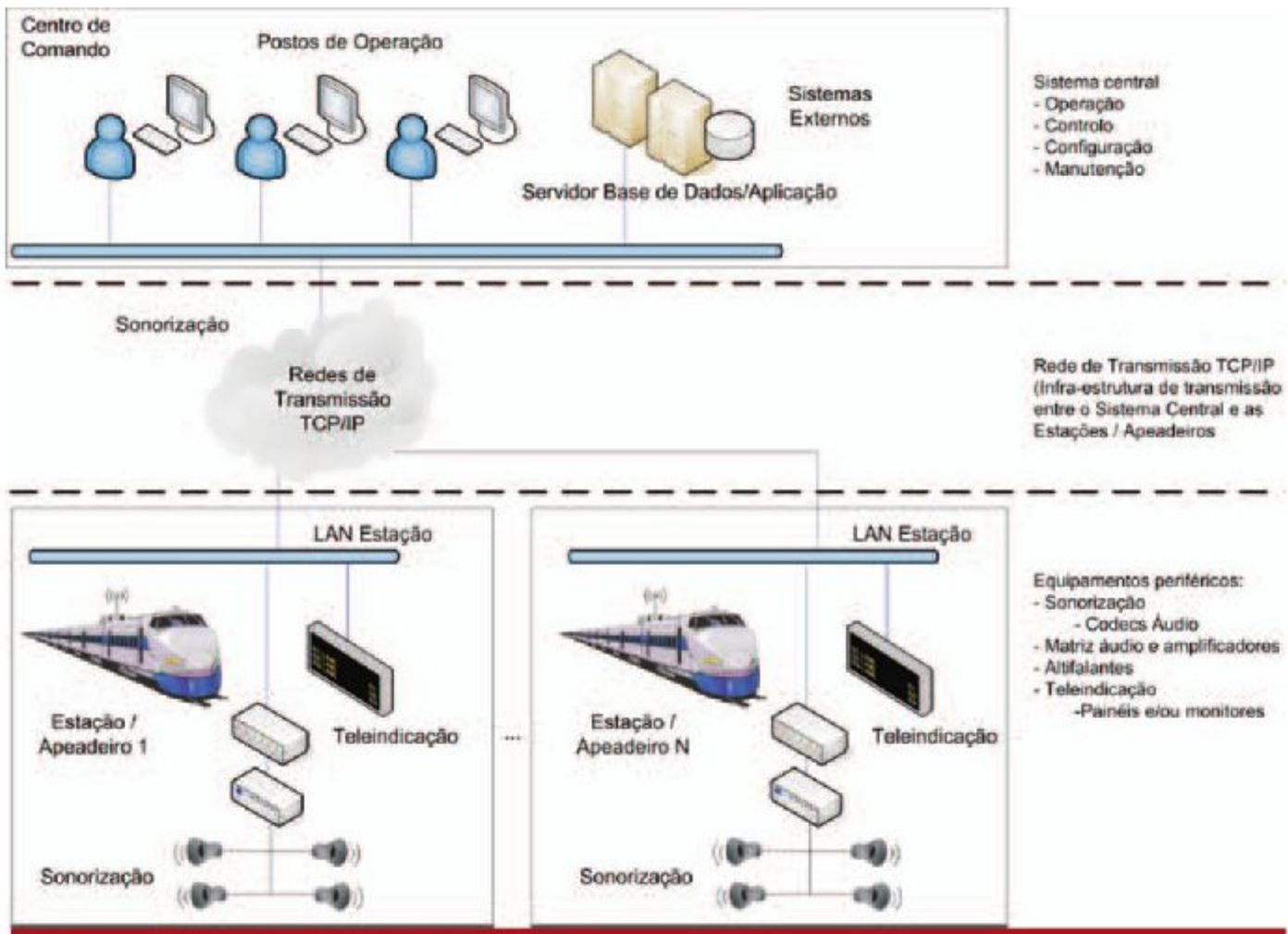


Figura 1: Arquitectura global da solução

operação e gestão do sistema e interage com os equipamentos periféricos, geograficamente dispersos pelas estações. Esta solução permite disponibilizar aos utentes informação nos formatos visual e sonoro.

Aos operadores é disponibilizada uma interface gráfica unificada, de uso fácil e intuitivo, no qual a interacção com os diferentes periféricos é efectuada por módulos independentes e dedicados a cada tipo de equipamento. Esta interface fornece, também, uma imagem do sistema em cada instante, sinalizando o estado de funcionamento dos diversos equipamentos de cada estação. A interface com os operadores é costumizada de acordo com as necessidades e sugestões do cliente.

Constituída por uma base de dados, de elevada disponibilidade, e pela aplicação de gestão central, que processa toda a informação que circula no sistema e implementa a interface com o sistema de base de dados; a aplicação de gestão e controlo segue uma filosofia modular que garante elevada fiabilidade e flexibilidade.

As aplicações estão preparadas para *Linux* e utilizam linguagens de programação de alto nível, orientadas ao objecto. A base de dados é normalmente suportada por um sistema *ORACLE*, amplamente reconhecido pela sua fiabilidade e integridade. A aplicação central é executada em servidores redundantes e de elevada fiabilidade. Para sistemas de dimensão considerável, o processamento pode ser distribuído por vários locais ou nós, sendo que cada nó pode ser constituído por um computador ou por *clusters* de computadores redundantes, aumentando a fiabilidade e disponibilidade global do sistema.

O sistema permite disponibilizar aos utentes informação sobre a circulação das composições e informações complementares, introduzidas pelos operadores. A informação de circulação é normalmente obtida de um sistema de seguimento dos veículos, por intermédio de um módulo dedicado. Em cada novo projecto, a especificação deste módulo é revista de forma a garantir a coerência e a fiabilidade da informação recebida e disponibilizada aos utentes. A informação de circulação é depois processada automaticamente e distribuída pelos periféricos existentes nas estações.

A modularidade da solução facilita a integração de periféricos visuais de diferentes tipos, desde os clássicos painéis alfanuméricos aos painéis gráficos ou monitores (*LED, LCD, CRT*, plasma ou *TFT*). Uma vez que os painéis usados são, na maioria das vezes, de concepção e fabrico EFACEC, a integração de painéis de outros fabricantes torna-se fácil. Esta capacidade interna possibilita o fornecimento ao cliente uma solução global, inteiramente EFACEC.

Figura 2: Sistema de informação ao público do Metro do Porto.

O operador dispõe de uma interface gráfica de fácil utilização que lhe permite efectuar as acções que se seguem.

- Enviar mensagens escritas para um painel ou grupo de painéis seleccionados
- Seleccionar os painéis que afixam informação de circulação
- Configurar grupos de painéis usados frequentemente
- Seleccionar diferentes *templates* para o mesmo painel, de acordo com a quantidade ou tipo de informação a mostrar (uma linha de texto, uma linha de texto e uma figura, várias linhas de texto, etc.)
- Alinhar e formatar o texto em cada linha
- Importar *templates*, figuras ou tipos de letra a utilizar nas mensagens a criar
- Transferir configurações para os painéis, sem interrupção do serviço

O processamento associado à preparação das mensagens a disponibilizar aos utentes é efectuado nos painéis, que armazenam as configurações dos *templates*. Quer isto dizer que

os painéis ficam disponíveis para preparar as informações a disponibilizar em cada momento, em resposta a mensagens simples que identificam os *templates*.

Figura 3: Painel, na fase de testes, que a EFACEC está a desenvolver para o Metro de Tenerife, em Espanha

O elevado grau de costumização, comum a cada solução de informação ao público para clientes metro-ferroviários, é o responsável pela inexistência de normalização ao nível desses sistemas. Além disso, cada sistema utiliza uma grande diversidade de equipamentos, com diferentes interfaces. Neste sentido, a progressiva utilização das redes *IP* tem contribuído fortemente para a uniformização das interfaces disponibilizadas pelos periféricos. No entanto, se ao nível dos periféricos visuais, as interfaces se tornaram, generalizadamente do tipo *IP*, o mesmo não aconteceu com os equipamentos sonoros, mercado tradicionalmente analógico.

A última versão da solução de informação ao público da EFACEC, extremamente fiável, flexível e que se adequa aos diferentes projectos de sonorização de redes ferroviária e metropolitana, baseia-se exclusivamente em redes *IP*.

A interface de operação de sonorização permite:

- Estabelecer chamadas de voz, em tempo real, entre o posto de operação e uma ou mais estações
- Difundir, por comando dos operadores, mensagens previamente gravadas
- Seleccionar as zonas que difundem mensagens automáticas, a partir da informação obtida pela interface de seguimento de composições
- Gravar mensagens por intermédio do microfone do posto de operação
- Adicionar mensagens previamente gravadas (formatos *standard*, *wav* e *mp3*)
- Transferir mensagens novas para as estações e armazená-las localmente
- Adicionar músicas ao sistema e transferi-las para as estações
- Difundir música ambiente nas estações seleccionadas
- Criar *playlists* com as músicas existentes e agendar a sua difusão (baixa prioridade)

Um sistema de sonorização pode ter, em cada estação, um ou vários *codecs*, uma matriz de som, sensores de ruído (com compensação automática do volume com o ruído ambiente), amplificadores e altifalantes. O projecto do sistema requer um estudo detalhado de cada estação no que diz respeito às necessidades e condições de sonorização. Embora possamos integrar equipamentos de diferentes fabricantes e com interfaces diferenciadas, apostamos em criar soluções baseadas totalmente em equipamentos com tecnologia digital *IP* (actualmente, a transmissão áudio analógica é utilizada apenas nas ligações entre os equipamentos de cada estação).

A disponibilização de informação para o exterior é efectuada a nível central por um módulo dedicado que interage com sistemas que publicam, na *Internet*, a informação considerada relevante. Nas páginas construídas por este módulo, o utente pode, através de ferramentas de informação geográfica (*SIG*), consultar o estado de circulação de um veículo pretendido mediante a visualização de um mapa da rede do projecto. A informação, apresentada de forma intuitiva, indica a localização de cada veículo e se o mesmo cumpre o horário ou se encontra com atraso.
O mesmo módulo fornece uma interface para a *intranet*, disponibilizando informação localmente (nas estações). O estado actualizado da circulação auxilia os funcionários de atendimento e possibilita uma melhor informação ao público. Essa informação pode, ainda, ser integrada em quiosques locais de modo a facilitar a consulta autónoma por parte do utente. A existência de uma outra interface, neste caso para ligação a uma *gateway* de um operador móvel, o utente pode questionar o estado de circulação dos veículos e receber, por intermédio de mensagens *SMS*, a informação do tempo de chegada do veículo pretendido a uma determinada estação.

A evolução tecnológica ao nível das redes de transmissão e dos periféricos tem estado patente nos sistemas de informação ao público implementados pela EFACEC.

- REFER, estações de Campanhã e S. Bento (1999)
  O sistema possui painéis com interfaces de controlo RS485 e rede de distribuição de áudio analógico

- Metro ligeiro de Bursa, Turquia (2001)
  O sistema é totalmente digital: utiliza *codecs* com interfaces V.36 e permite a difusão de mensagens áudio de um centro de controlo para todas as estações

- Metro do Porto (2002)
  O sistema fornece informação visual e sonora e baseia-se num centro de controlo com quatro postos de operação e cerca de 70 estações. A solução de sonorização é suportada por *codecs IP*

- Metro de Tenerife, Espanha (em instalação)
  Solução completa de informação ao público. Todos os periféricos de teleindicação e de sonorização possuem interfaces *IP*, e as comunicações são suportadas por uma rede *Gigabit-Ethernet*

- REFER, CCO do Porto (em instalação)
  A solução baseia-se num conjunto alargado de periféricos de sonorização com interfaces *IP* e disponibiliza informação actualizada sobre a circulação na *intranet*, na *Internet* e por *SMS*

NOVAS FUNCIONALIDADES E TECNOLOGIAS

A existência de estações partilhadas por mais do que um meio de transporte e a criação de títulos de transporte comuns abrem caminho para uma nova mobilidade dos passageiros. Desta mobilidade derivam novas necessidades de acesso à informação relativa aos diferentes meios de transporte. Surgem, assim os painéis com informação multimodal.

O facto dos painéis multimodais possuírem capacidades gráficas para apresentarem os logótipos de cada meio de transporte garante a identificação inequívoca da informação pretendida (próximos veículos dos vários transportes ou próximos veículos por destino) é identificada de forma inequívoca.

Figura 4: Painel multimodal

Alguns dos equipamentos periféricos dos sistemas de informação ao público podem, em momentos inactivos da circulação, ser utilizados para fins publicitários ou de entretenimento. Neste sentido, os monitores e os painéis podem, respectivamente, apresentar pequenos filmes publicitários e imagens publicitárias.

Tradicionalmente, os sistemas de sonorização com difusão de mensagens gravadas baseiam-se em trechos gravados em estúdio. Esta solução, apesar de apresentar óptimos resultados finais, implica a identificação pormenorizada do léxico e a gravação de todos os trechos pela mesma pessoa. A EFACEC aposta na integração de ferramentas de sintetização de voz para ultrapassar esta limitação. Outro obstáculo à utilização destes sistemas é a língua portuguesa. Por um lado, pouco trabalhada e com algumas falhas de ditongos (mesmo nas bibliotecas mais completas) e, por outro a utilização de auxiliares de entoação para melhoria da inteligibilidade que obriga ao estudo e identificação do léxico que se pretende utilizar.

No sentido de atender às expectativas dos clientes metro-ferroviários, a integração destas funcionalidades permitirá, à solução de informação ao público da EFACEC, aliar à robustez e flexibilidades actuais a intemporal inovação.

Solução de Videovigilância
- Apoio à Exploração e Segurança -

Joaquim Nunes (Eng.º)
Resp. Projecto de Desenvolvimento Aplicacional

Nos últimos anos, a qualidade de serviço esperada pelos passageiros dos sistemas de transporte metro-ferroviários tem vindo a aumentar de forma considerável. Este facto reflecte-se na necessidade de se melhorar a gestão e exploração dos mesmos, minimizando os custos que lhes estão associados. Paralelamente, a questão da segurança, associada a toda a operação e aos passageiros, tem sido decisiva para a escolha deste tipo de transportes como forma de deslocação. A EFACEC propõe uma ferramenta crítica para o sucesso de tais demandas: os sistemas de videovigilância.

1 - INTRODUÇÃO

A EFACEC disponibiliza uma solução completa de videovigilância, de elevado desempenho e flexibilidade, que responde às necessidades concretas dos sistemas de transporte metro-ferroviários, em termos do apoio à exploração e da segurança de pessoas e bens. Para oferecer uma elevada qualidade de serviço aos utentes, o sistema considera todos os aspectos associados à captura, codificação, transmissão, gravação e visualização, em tempo real ou em diferido, de imagens de vídeo dos diferentes locais considerados relevantes. Mais recentemente, a EFACEC dotou o sistema de um elevado nível de "inteligência" em processamento de vídeo para detectar situações anómalas e ocorrências específicas, relevantes para o bom funcionamento de todo o sistema de transporte. Esta nova e avançada tecnologia de processamento de vídeo visa tratar, de forma sistematizada, os aspectos da segurança e tornar mais eficiente e eficaz a operação dos sistemas de videovigilância nos transportes públicos.

2 - EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS SISTEMAS DE VIDEOVIGILÂNCIA

As soluções tradicionais de videovigilância recorriam a investimentos elevados em infra-estruturas e equipamentos (câmaras, *codecs*, matrizes, gravadores, monitores) e na visualização e gravação de imagens. Estas soluções têm vindo a ser substituídas por outras de maior modularidade e flexibilidade e que têm por base os aspectos que se seguem.

- Utilização de redes de transmissão baseadas em *IP*, flexíveis e que funcionam como matriz virtual de comutação das *streams* de vídeo
- Algoritmos avançados de codificação e compressão de vídeo que permitem a transmissão em redes digitais de menor largura de banda
- Integração de equipamentos que disponibilizam, de base, as funções necessárias (codificação, compressão, transmissão, disco interno para gravação, entre outras)
- Processamento de vídeo, em tempo real, que resolve as questões repetitivas de detecção de ocorrências e liberta o operador para tomar decisões em caso de alerta

A Figura 1 esquematiza a arquitectura de referência da solução de videovigilância da EFACEC. O sistema faz uso de equipamentos avançados de codificação e gravação de vídeo, com base em *IP* (*Wavelets* ou *MPEG-2* e *MPEG-4*), que têm um funcionamento *triplex*, ou seja, permitem, em simultâneo, visualizar as imagens que estão a ser captadas, gravar essas imagens numa unidade de armazenamento local ou central e consultar as

gravações armazenadas localmente. A escolha de uma ou outra tecnologia depende do cenário de aplicação. O resultado final é sempre a disponibilização de vídeo profissional (nos *standards PAL* ou *NTSC*) para videovigilância. Existe também um módulo de processamento inteligente de vídeo para detectar ocorrências concretas nas imagens em análise, processamento que se baseia em algoritmos que possibilitam, v. g., o reconhecimento da fisionomia humana, a distinção relativamente a vegetação, veículos ou animais e a delimitação de áreas (consideradas zonas de intrusão) na imagem. É ainda possível garantir a autenticidade das imagens armazenadas, legitimando-as como elementos de prova.

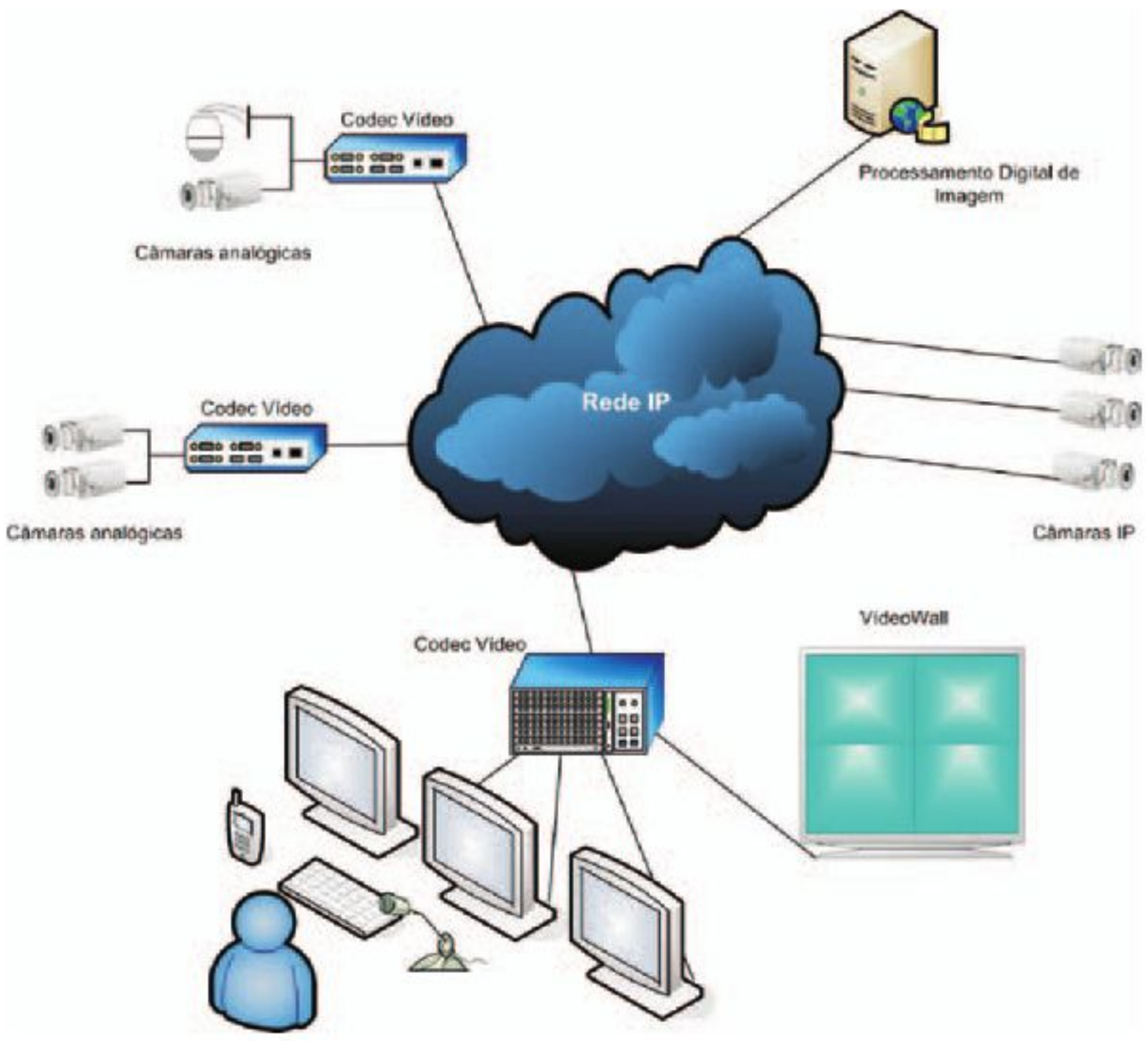


Figura 1: Rede *IP*

2.1 - Codificação e Compressão de Vídeo

Tem-se verificado, na última década, uma importante evolução na codificação e compressão de vídeo. Embora se continuem a usar *codecs* de vídeo baseados em *M-JPEG*, *H.263* e *MPEG-1*, a EFACEC opta por soluções baseadas em *H.320/H.261*, *MPEG-2/4* e *Wavelets*. Segue-se uma caracterização resumida dos primeiros.

- *M-JPEG*: solução que se baseia em *hardware* de baixo custo e não é normalizado internacionalmente (sucessão de *JPEG*'s, fácil acesso a imagens individuais, mais indicado para arquivar sequências de vídeo)

- *H.263*: optimizado para taxas de transmissão até 64 kbps (telefonia analógica e GSM)

- *MPEG-1*: sistema de qualidade comparável a *VHS*, com resolução de 352x288, débito típico de 1.5 Mbps, latência elevada e adequado para armazenagem de ficheiros

Os *codecs* utilizados pela EFACEC definem-se, no geral, pelos aspectos que a seguir enunciamos.

- *H.320/H.261*. Embora seja uma norma do ITU-T, inicialmente concebida para sistemas de videoconferência, as suas características adequam-se, em grande medida, à videovigilância (baixa latência, boa qualidade e refrescamento de imagem, largo espectro de débitos de codificação - 64 a 1920 kbps) por possibilitarem o uso de diferentes canais de transmissão. A EFACEC utilizou estes *codecs* apenas nos seus primeiros sistemas de videovigilância

- *MPEG-2*. Tecnologia normalizada por ISO/IEC, desenvolvida para televisão digital e dotada de diferentes opções e níveis de qualidade; que permite a transmissão de vídeo com qualidade profissional (o débito de codificação com qualidade elevada pode chegar aos 15 Mbps). Utiliza compressão inter e intra-*frame*, baseia-se em *DCT* (*Discret Cosine Transform*) e, para elevadas taxas de compressão e uma vez que a imagem é codificada em blocos; produz surge o efeito de "pixelização"

- *MPEG-4/H.264*. Tecnologia normalizada internacionalmente (ISO/IEC e ITU-T), concebida de modo a disponibilizar boa qualidade de imagem, mesmo para débitos até 64 kbps. À semelhança do *MPEG-2*, baseia-se em *DCT* e possibilita a observação do efeito de "pixelização" para elevadas taxas de compressão

- *Wavelet*. Tecnologia que reproduz, através de um conjunto de derivadas matemáticas, imagens com bastante qualidade. Enquanto tecnologia de compressão intra-*frame* produz débitos relativamente elevados. O formato 2/3-D' Wavelet' (compressão intra e inter-*frame*)

reduz, em grande escala, a largura de banda necessária. Não normalizada, esta tecnologia caracteriza-se por:

- Baixa latência
- Boa relação taxa de compressão/qualidade
- Compressão baseada na *frame* completa e não em blocos
- Evitar o efeito de "pixelização" e conservar as cores (mesmo para taxas elevadas de compressão)
- Algoritmos baseados em *Wavelets* que mostram artifícios de "esborratamento" (o sistema de visão humano está melhor adaptado a este efeito, uma vez que ocorre na natureza)
- Acesso rápido a qualquer *frame* individual, sem ter de descodificar outras *frames*

2.2 - Processamento Digital de Imagem

A solução de videovigilância possui um módulo inteligente de processamento de sinal que detecta ocorrências específicas pré-definidas sobre imagens, em tempo real ou previamente gravadas; sejam provenientes de câmaras analógicas ou *streams* de vídeo digital (câmaras ou *codecs IP*). Em comparação com os sistemas de detecção de movimento tradicionais, este avançado módulo de processamento possui diversas vantagens.

- Parametrização morfológica dos objectos visualizados (pessoa, veículos, objectos)
- Parametrização e detecção dos sentidos de movimentação e de aspectos "comporta-mentais"
- Detecção de "falta" (roubo) de objectos ou abandonados
- Detecção mesmo com más condições de visibilidade/atmosféricas
- Detecção com movimentação simultânea de objectos (chuva, vento, etc.)

O número de alarmes falsos que ocorrem nos sistemas tradicionais sofre, neste caso, uma diminuição que se traduz no aumento da fiabilidade e da eficácia do sistema. Este sistema é totalmente modular, funciona em plataformas *standard* tipo PC ou em *hardware* dedicado e é com *codecs* de vídeo de vários fabricantes. Os alertas gerados por este módulo podem ser disponibilizados numa interface gráfica aos operadores do sistema ou integrados em outras aplicações de Apoio à Exploração ou de Supervisão Técnica.

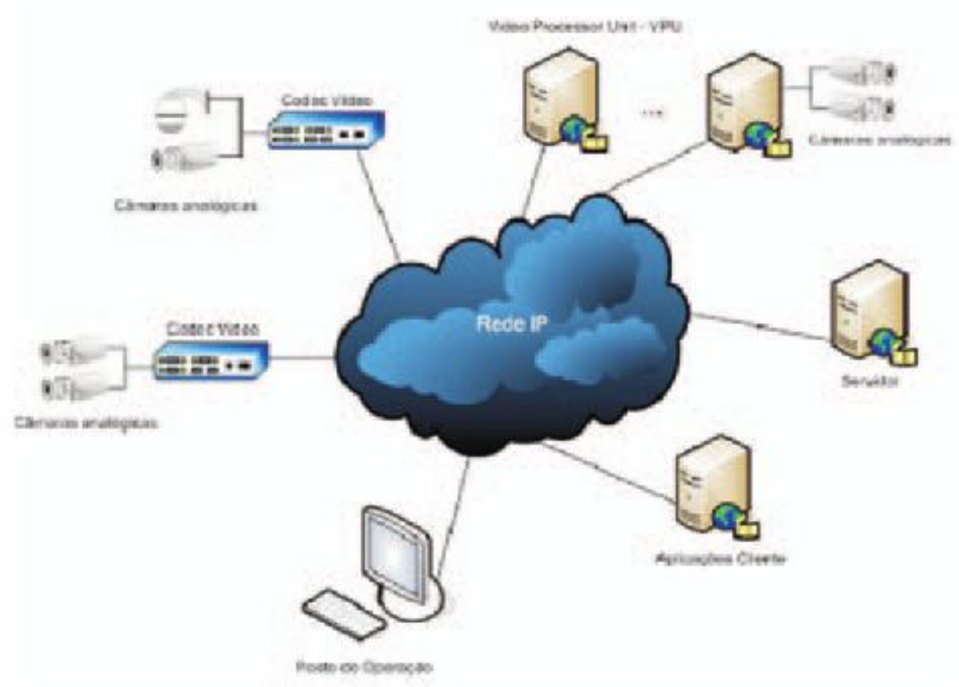


Figura 2: Nuvem rede IP (com mais CPU's)

A Figura 2 mostra a arquitectura genérica de um sistema de videovigilância, com processa-mento de imagem, constituído por quatro elementos principais:

- Fontes de sinal de vídeo (câmaras analógicas, *streams* de vídeo *IP* ou imagens previamente gravadas)
- Unidade de processamento de vídeo (UPV): cada UPV analisa o conteúdo das imagens provenientes das fontes de vídeo (pode ser executado num PC ou *hardware* dedicado)
- Servidor: tem como função gerir a plataforma de comunicações do sistema (estabelece as rotas de comunicação entre os diversos componentes, nomeadamente o envio de alarmes das UPV para as aplicações do cliente)
- Aplicações - cliente: instaladas num posto de operação, permitem a configuração do sistema, a recepção dos alarmes, em tempo real, e a respectiva análise

As imagens seguintes ilustram duas situações concretas para detectar e gerar alarmes relativos à violação de perímetro (na direcção indicada na imagem) e à permanência, em demasia, de um veículo dentro de uma área restrita.

Figura 3: Captação de situações concretas

2.3 - Segurança e Autenticidade

As imagens de vídeo são cada vez mais usadas como meio de prova, em particular as que resultam de gravações em cassetes tipo *VHS* (é fácil provar que se tratam de originais e o seu conteúdo é difícil de falsificar). Em contrapartida, são vários os entraves ao uso de imagens digitais como meio de prova (os programas de edição de vídeo digital são cada vez mais comuns e não existem procedimentos normalizados que provem a autenticidade das imagens). Para ultrapassar a limitação de distinguir uma cópia de um original, a EFACEC disponibiliza um método de autenticação das imagens por certificados de autenticidade *MD5* (*Message Digest #5*, *MAC* 128 *bits*, do IETF RFC 1321), protegidos por codificação assimétrica do tipo *EC-DSA* (*Elliptic Curve - Digital Signature Algorithm*). No momento em que são comprimidas no equipamento de captura, as imagens são autenticadas digitalmente mediante a criação de certificados de autenticidade que lhes são anexados e que seguem conjuntamente pela rede (daí poderem ser usados como prova).

A verificação da autenticidade de imagens gravadas consiste na verificação automática da palavra de controlo e na disponibilização dos seus dados identificativos para visualização. Para facilitar a gestão das chaves públicas e evitar que o utilizador tenha de manter uma listagem actualizada das mesmas, os ficheiros extraídos contêm uma cópia da chave utilizada na segurança do certificado.

3 - A SOLUÇÃO DE VIDEOVIGILÂNCIA EFACEC

A solução de videovigilância é totalmente modular e baseia-se numa arquitectura constituída por um Posto Central de Comando (PCC) e várias Estações (conjunto de equipamentos geograficamente próximos). Uma Estação pode ser local ou remota, dependendo dos equipamentos pertencerem, respectivamente, ao PCC ou a um local sob vigilância. A interligar o PCC e as Estações existe a habitual infra-estrutura de transmissão que transporta os sinais de vídeo e de operação do sistema. O PCC é constituído por Postos de Operação (PO), pela Estação Local e pela Aplicação que permite operar o sistema.

- A Estação Local engloba os equipamentos necessários, do ponto de vista do PCC, à operação do sistema de videovigilância, nomeadamente monitores PAL, video-gravadores (analógicos ou digitais), matrizes, *codecs* de vídeo e sensores/actuadores para a recolha/entrega de eventos a sistemas externos

- O PO é suportado por uma plataforma tipo PC que fornece, graficamente, ao operador todas as ferramentas necessárias à operação e gestão do sistema

- A Aplicação agrega o *software* de gestão e a base de dados com a configuração do sistema

Uma Estação Remota inclui os equipamentos necessários à recolha e transmissão dos sinais de vídeo para o PCC, como sejam câmaras de vídeo, *codecs*, gravadores de vídeo e sensores para detecção de eventos.

O sistema de videovigilância tem acompanhado as mais recentes evoluções tecnológicas e é suportado por uma aplicação, bastante modular, de *software* integrada numa poderosa plataforma de apoio à exploração, o INOSSV2, com capacidade de:

- Monitorização visual remota de espaços públicos e/ou privados

- Controlo e supervisão do fluxo de veículos e pessoas em locais público

- Operação e gestão de equipamentos de vídeo

- Selecção, transmissão e visualização das imagens (em monitores/*videowall* externos ou na consola de operação)

- Controlo da orientação, *zoom* e *focus* de câmaras móveis

- Definição e activação de pré-posições para as câmaras móveis

- Gestão de gravações de vídeo

- Gravação e catalogação de imagens para futura visualização
- Definição de sequências de vídeo automáticas
- Criação de macros para operação em modo automático
- Detecção de ocorrências pré-definidas e geração de alertas
- Recolha, notificação, registo e processamento automático de eventos e alarmes
- Interacção com sistemas e equipamentos externos
- Configuração de perfis de utilizador e permissões associadas
- Controlo e registo de acessos ao sistema
- Utilização de ferramentas gráficas para configuração e manutenção do sistema

3.1 - Arquitectura da Aplicação

A solução de videovigilância foi desenvolvida para corresponder aos requisitos globais de elevada modularidade e escalabilidade. A sua arquitectura foi pensada segundo um modelo *multi-tier* constituído pelos módulos que se seguem:

- Agente: entidade que actua sobre os equipamentos
- Servidor: unidade central do sistema, que implementa as suas funcionalidades, interage com a base de dados, recebe e processa pedidos da interface gráfica e interage com o Agente
- Interface Gráfica: executada no posto de operação, disponibiliza ao operador as ferramentas de operação e configuração do sistema

Com vista à interacção com os equipamentos classificam-se todos os tipos "atómicos" possíveis de existir num sistema de videovigilância: câmaras, monitores, videogravadores, *multiplexers*, matrizes, *codecs*, sensores, actuadores e *watchdogs*. A aplicação de videovigilância configura a rede nestes tipos atómicos que oferecem um conjunto de funções genéricas capaz de abstrair as camadas superiores da aplicação dos pormenores de implementação do respectivo *driver* do equipamento. Com esta implementação, o sistema, bastante modular e escalável, efectua a transição dos sistemas convencionais para os mais avançados sistemas digitais. Neste caso, a matriz de vídeo torna-se virtual e é totalmente suportada por uma rede *IP*, na qual os *codecs* funcionam com entradas e saídas dessa matriz.

3.1.1. Interface Gráfica de Operação

A Figura 4 exemplifica a interface gráfica de operação oferecida ao utilizador do sistema. Na própria consola são visíveis as ferramentas de navegação na rede (mapas e árvore), os equipamentos de visualização (monitores) e

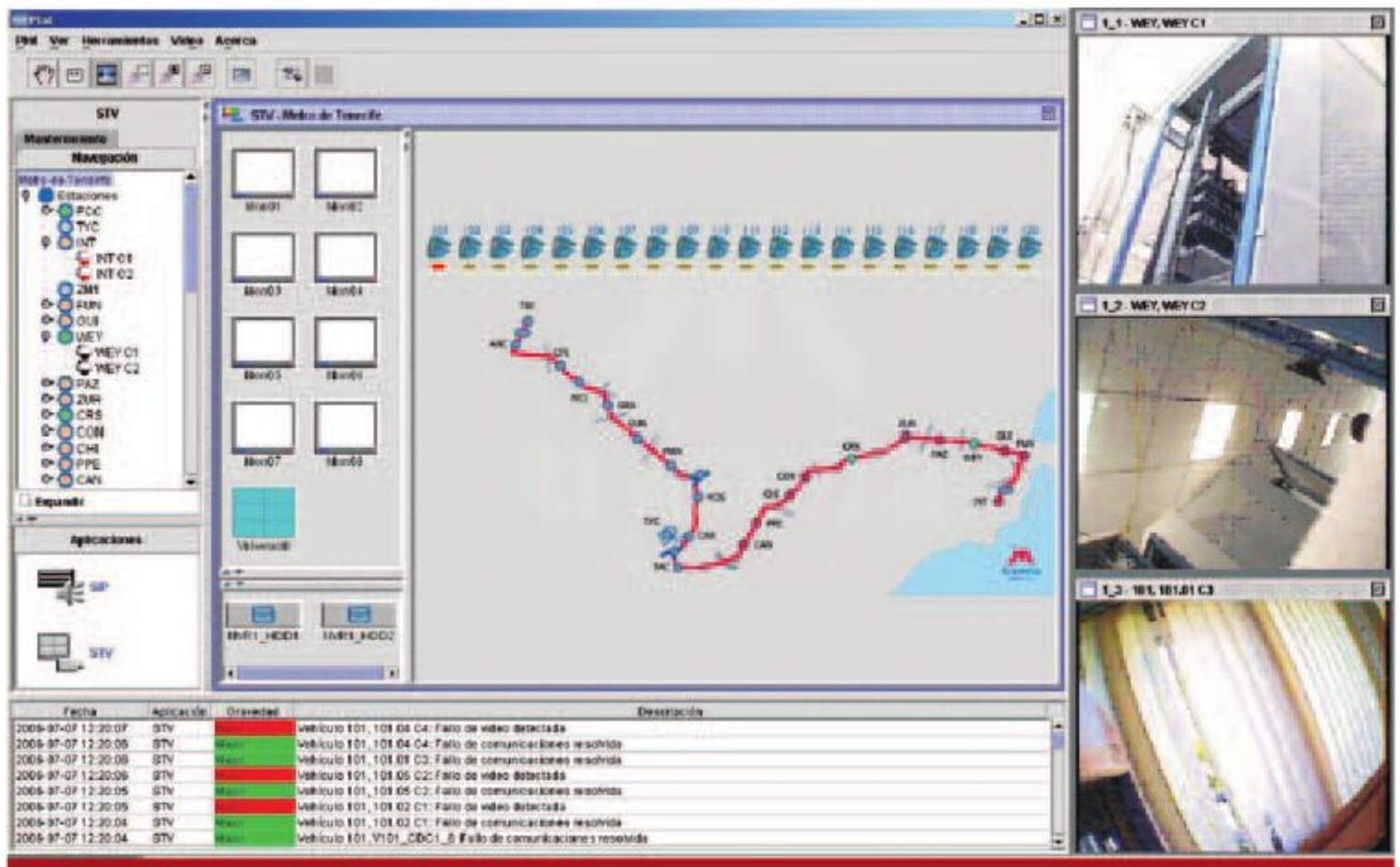


Figura 4: Interface Gráfica de Operação

gravação/reprodução (gravadores) e a janela de visualização de vídeo. Os eventos que ocorrem no sistema são apresentados no canto inferior da interface.

3.1.2. Plataforma INOSSv2

O INOSSV2 é uma plataforma de operação e gestão centralizada de redes e serviços de telecomunicações. A referida arquitectura modular faculta a adição de módulos de operação de Transmissão, Videovigilância, Informação ao Público, Comunicações de Exploração, entre outros; de acordo com as necessidades específicas do cliente. Através de uma interface gráfica de fácil utilização (tecnologia *Java*), os operadores têm acesso a todas as funcionalidades necessárias à operação do sistema global. As suas principais funcionalidades são:

- A plataforma de gestão de redes e serviços de telecomunicações
- A integração de módulos independentes de transmissão, videovigilância, etc.
- A possibilidade de redundância geográfica
- O processamento automático de alarmes em tempo real
- A integração com sistemas *SCADA* (*Supervisory Control and Data Acquisition*)
- A edição independente das topologias de rede dos diferentes módulos
- A definição de níveis de acesso ao sistema e sua atribuição por operador e por aplicação
- O registo automático de acessos, operações e alarmes, por aplicação
- A personalização da interface gráfica por aplicação

4 - REFERÊNCIAS E CRONOLOGIA DA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

REFER (1998). Sistema de videovigilância da Linha TelSul, um dos primeiros fornecidos pela EFACEC para o segmento metro-ferroviário. O sistema incluía um CCO em Santa Apolónia e a videovigilância das subestações de tracção da TelSul. Foram utilizados *codecs H.320/H.261* e a transmissão era suportada por uma rede *PDH*.

Metro ligeiro de Bursa, Turquia (2001). Sistema que compreende um CCO e a videovigilância de cinco estações. Solução baseada em equipamentos de CCTV convencionais e em conversores de vídeo para fibra óptica e sustentado por uma rede *PDH*.

Metro do Porto (2002). Solução de dimensão considerável com um CCO de quatro postos de operação e videovigilância de cerca de 70 estações. Utiliza equipamentos CCTV convencionais, baseia-se em *codecs H.261* e é suportado por uma rede SDH. A solução inclui um elevado nível de interacção com outros sistemas de apoio à operação e exploração, nomeadamente com o sistema *SCADA*.

Metro de Lisboa (2004). Solução composta por um CCO e a videovigilância de 34 estações. A solução é globalmente baseada em tecnologia *IP* e em *codecs MPEG-4* que armazenam o vídeo em disco interno, nas estações e no servidor central do CCO (transmissão suportada numa rede *Gigabit Ethernet*).

Metro de Tenerife, Espanha (em implementação). Solução que compreende um CCO e a videovigilância de 21 estações e 20 veículos. Utiliza *codecs IP* de tecnologia *Wavelets*, grava centralmente as imagens de todas as câmaras e com transmissão suportada em rede *Gigabit Ethernet*. A solução videovigilância está integrada numa plataforma de Gestão Técnica Centralizada e apresenta grande interacção com o sistema *SCADA*.

Sistemas de Energia de Tracção Eléctrica

Francisco Salvador (Eng.º)
Director

INTRODUÇÃO

Condição essencial no sector dos transportes ferroviários, a energia é fornecida, no ponto de ligação às subestações receptoras, em alta ou média tensão. A alimentação das linhas de contacto é feita através das subestações de tracção, motivo pelo qual o transporte ferroviário, em comparação com outros meios de transporte, se torna mais ecológico em termos de emissão de gases, sonoridade e até de ocupação de espaço; contributo importante para a sustentabilidade ambiental.

No seu percurso de desenvolvimento tecnológico continuado, a EFACEC tem experimentado diversos sistemas de alimentação de energia de tracção eléctrica, incrementando uma série de produtos no domínio dos sistemas de energia de transportes. Por conseguinte, numa dinâmica sinergética, a EFACEC incorpora produtos como transformadores de alta e média tensão, rectificadores, UPS's, carregadores de baterias, centros de comando, protecções electrónicas, ventilação, telecomunicações, painéis de mensagens variáveis; e, enquanto sistemista, integra produtos externos à sua área de fabrico, nomeadamente CCTV, sistemas de intrusão, sistemas de segurança, extinção de incêndios, entre outros.

Na componente de projecto destacamos o uso cada vez mais frequente de ferramentas informáticas especificamente concebidas para o cálculo da simulação eléctrica, que nos permitem, com facilidade e rapidez, simular as diferentes condições de funcionamento e exploração e optimizar o dimensionamento eléctrico. No desenvolvimento dos projectos, o estudo da *RAMS* (*Reliability, Availability, Maintainability and Security*) é, entre outros pontos, um factor indispensável no cálculo da garantia e segurança de pessoas e bens.

A concepção e a filosofia de cada sistema de alimentação têm que ser encaradas nas especificidades técnicas e de exploração de cada um. Em Portugal, os transportes em ferrovia são alimentados a 25 kV (catenária), excepto na Linha de Cascais que funciona a 1.500 V cc (catenária); e os metropolitanos pesados (3º carril) e ligeiros a 750 V cc (linha aérea de contacto).

SUBESTAÇÕES 25 KV

Com uma experiência abrangente na concepção, fornecimento e instalação dos mais diversificados tipos de subestações, a EFACEC está habilitada para fornecer e instalar sistemas de alimentação de 1x25 kV e de 2x25 kV, ambos válidos para a inter-operabilidade internacionalmente definida para a Alta Velocidade. As tensões primárias em alta tensão podem ser 60, 130, 150, 220 e 400 kV. No secundário são de 25 kV. Dentro da tensão de 25 kV, entre a catenária e o carril, podemos eleger, por razões económicas e tendo em conta a proximidade da linha primária do fornecedor de energia, os sistemas de 1x25 kV ou de 2x25 kV.

SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO A CORRENTE ALTERNA 1X25 KV

Este sistema consiste na ligação do primário do transformador a duas fases da linha de alta tensão e do secundário à catenária e ao carril. Para se diminuir do desequilíbrio de fases na rede de alta tensão, as subestações colaterais são alimentadas por fases diferentes. Como as fases não podem estar ligadas em paralelo existe uma zona neutra nos extremos dos dois troços de catenária.

A mais recente experiência da EFACEC nesta área foi a remodelação da subestação da Travagem, na Linha do Minho. A particularidade dos trabalhos desta instalação se terem realizado sem interrupção da alimentação da catenária implicou um planeamento de execução e segurança, cuja especificidade e exigência nos colocou ao mais alto nível, intervenção só possível devido ao profissionalismo e à colaboração dos funcionários da REFER.

Figura 1a: Subestação da Travagem

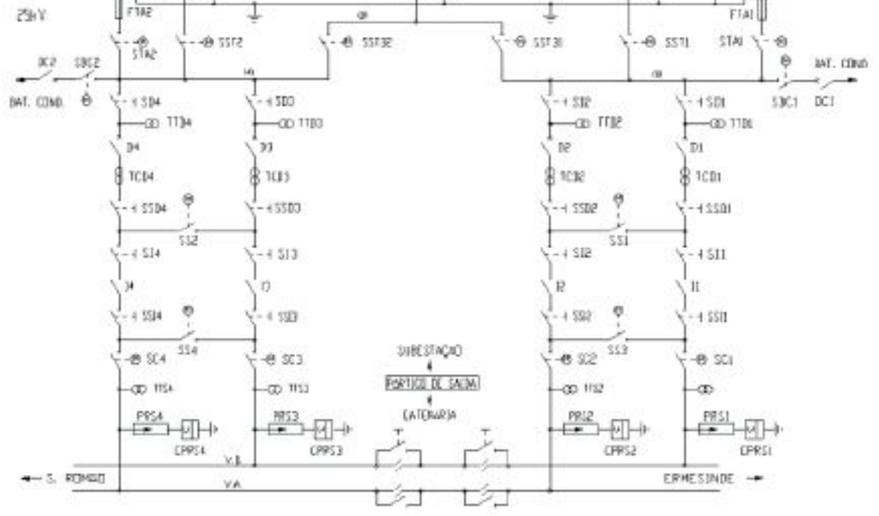


Figura 1b: Esquema unifilar da subestação da Travagem

SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO A CORRENTE ALTERNA 2X25 KV

Este sistema aplica-se quando as fontes de fornecimento de energia da rede primária se encontram a distâncias consideráveis e que, portanto, necessitam de um menor número de subestações. O primário é alimentado tal como no sistema do 25 kV e o secundário possui uma tomada intermédia que é ligada ao carril de retorno e à terra. Um dos extremos (25 kV) serve a ligação à catenária e o outro (-25 kV) ao *feeder*. Nesta solução são necessários autotransformadores instalados entre 10 a 15 km. A finalidade do autotransformador é fazer com que a corrente de retorno circule pelo *feeder* (-25 kV) e não pelo carris.

Exemplo de um sistema de 2x25 kV, com as seguintes características:

Transformador 150/25/-25 kV
- Distância média = 50 km
- Potência instalada = 2x60 MVA

Autotransformadores 25/0/-25 kV
- Potência instalada = 2x15 MVA

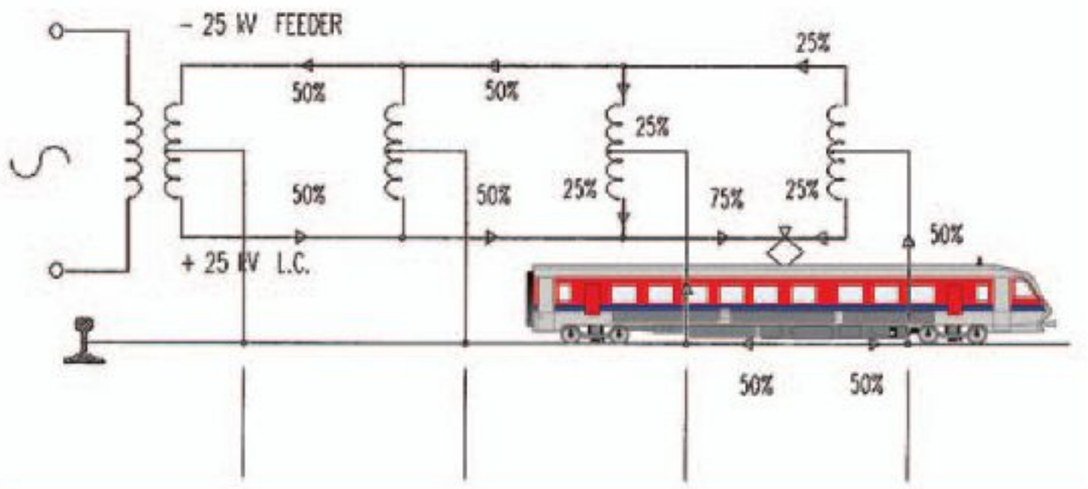


Figura 2: Esquema teórico da circulação de correntes

CATENÁRIA

O sistema de catenária a 25 kV, 50 Hz monofásico é o mais usual, em diversos países da Europa, nas linhas ferroviárias e de alta velocidade. Para prevenir o risco de mistura de fases são implementadas secções estritamente isoladas dos diferentes pontos de alimentação, constituindo-se a chamada "zona neutra". Normalmente esta zona consiste numa secção separada por isoladores de secção que permitem a deslocação suave do pantógrafo de uma secção para outras.

SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO A CORRENTE CONTÍNUA

A opção de preferência dos metropolitanos foram, desde sempre, os sistemas de electrificação em corrente contínua. As tensões mais usadas são 600 e 750 V, respectivamente nos metropolitanos e nos metros ligeiros; e 1.500 e 3.000 V, na ferrovia. O ponto de partida das subestações de corrente contínua é a chegada de energia em média tensão, tanto da rede do distribuidor como da rede dos próprios metros.

As subestações são compostas essencialmente por um quadro de média tensão, um transformador auxiliar, um grupo transformador-rectificador, um quadro de distribuição de corrente contínua, um quadro de baixa tensão, UPS's, carregadores de baterias e telecontrolo.

Na transformação da corrente alterna em contínua, a segurança e a fiabilidade são de tal forma críticas que se utilizam disjuntores ultra rápidos na manobra e protecção.

A alimentação das linhas aéreas de contacto ou 3º carril é efectuada a partir das saídas do quadro de corrente contínua. Consoante a configuração dessa alimentação, a energia passa através de quadros de seccionamento, aplicados segundo as definições do regime de exploração.

Os factores de fiabilidade, disponibilidade, manutibilidade e segurança são ponderados de forma a permitir que a rede de distribuição de energia de tracção seja concebida sem a interferência de qualquer perturbação na exploração. Neste sentido, a EFACEC tem vindo a desenvolver, nos últimos anos, grupos de rectificação já aplicados, em vários países, em relevantes instalações de metropolitanos pesados e ligeiros.

LINHA AÉREA DE CONTACTO

Nos últimos anos, a EFACEC tem vindo a projectar e a instalar linhas aéreas de contacto nas redes de metros ligeiros, área com exigentes requisitos técnicos e elevada preocupação estética. Assumindo-se, cada vez mais, como a resposta ao problema dos transportes urbanos, os metros ligeiros, além de já muito populares, são, aos olhos das autoridades públicas, dos residentes e utilizadores, transportes eficientes, seguros e estéticos.

A EFACEC, ciente desta preocupação estética e a par da evolução tecnológica, procura desenvolver os seus projectos com base na aplicação de materiais elegantes e versáteis. Constitui-se assim um sistema com poucos elementos, com economia nos custos e com materiais que, inteligentemente integrados no ambiente, passam totalmente despercebidos. Como parte das instalações fixas, as consolas de resina, os materiais sintéticos para amarração, os postes nas cores que a arquitectura definir e a linha de contacto são inseridos no ambiente de forma a passarem despercebidos ou a contrastarem deliberadamente (consoante a opção).

A escolha do material é, no entanto, resultado das cargas em jogo, do trajecto, das curvas e inclinações, da velocidade máxima admissível, da frequência e potência do material circulante e da definição das distâncias entre os pontos de apoio transversais e consolas. Uma compacta associação de materiais permite, de forma discreta, integrar suportes, consolas, postes e conjunto de compensação.

Destacamos, como recentes referências da experiência da EFACEC nesta área, o Metro de Messina (Itália) e o Metro do Porto. Em curso encontra-se o Metro de Tenerife (Espanha) e, em execução, o anteprojecto para o concurso de expansão do Metro de Dublin (Irlanda).

Figura 3: Metro de Tenerife - Catenária

Figura 4: Sistema de Energia - Metro de Tenerife

3º CARRIL

Alternativa às linhas aéreas de contacto, o 3º carril transmite a energia através dos patins (pantógrafo) de contacto do material circulante e é utilizado para tensões até 1.200 V, usualmente em corrente contínua.

As vantagens do 3º carril prendem-se com os valores pecuniários aplicados, com a manutenção, que é menor do que a das linhas aéreas de contacto, e com o impacto visual que é insignificante. Além disso, dado o menor diâmetro de túnel, é mais compacto do que os sistemas de catenária, factor importante quando se trata de metropolitanos.

Uma vez que utiliza tensões relativamente baixas, logo correntes elevadas, o 3º carril fixa a velocidade máxima nos 160 km/h. Por questões de segurança é usado em metros subterrâneos, onde não há acesso de pessoas.

CATENÁRIA RÍGIDA

A catenária rígida é um sistema de captação de corrente eléctrica do tipo aéreo que, em muitos casos, substitui a linha aérea de contacto suspenso ou o 3º carril.

Evolução do 3º carril, este tipo de catenária permite tensões que vão dos 750 aos 1.500 V cc. Com secções que podem ir até 150 mm2, cinco vezes superiores à secção típica nas linhas de fio de contacto, a catenária rígida dispensa *feeders* para distâncias significativas.

Este tipo de catenária, com melhorias evidentes ao nível da segurança, utiliza-se em túneis, onde o espaço é crítico devido às limitações impostas pelo *gabarit* (a distância possível entre o ponto de contacto do pantógrafo e o tecto é entre 300 e 400 mm); em estações e em parques de oficinas.

A catenária rígida não implica riscos de ruptura e o seu custo de manutenção é reduzido.

Em suma, podemos constatar que a EFACEC está atenta e preocupa-se com a aplicação de novas tecnologias e novos produtos e que projecta as suas competências além fronteiras, incorporando material nacional nos seus produtos e proporcionando soluções de grande valor acrescentado.

A inovação e a qualidade estão na primeira linha da nossa preocupação, certificadas pela ISO 9001-2000; procuramos ser um parceiro de referência e esforçamo-nos por desenvolver e garantir a satisfação dos nossos clientes.

Consulte o site da ADFER,
onde terá acesso a todas
as edições da FERXXI,
informações sobre sessões
e outros eventos da ADFER,
fichas de inscrição para novos sócios
efectivos ou beneméritos
e muito mais...

www.adfer.pt

MOVIMENTO EM SEGURANÇA

EMEF

EMPRESA DE MANUTENÇÃO DE
EQUIPAMENTO FERROVIÁRIO, SA

S4/M4
9 0 94 0 765608-3

Sistemas de Alimentação para Aplicações Metro-Ferroviárias

Pedro Domingues (Eng.º)
Responsável pela Unidade de Sistemas de Alimentação

De alguns anos a esta parte, a EFACEC tem vindo a desempenhar um papel activo na área dos sistemas de alimentação para aplicações ferroviárias. A sua capacidade de transformar corrente alterna em corrente contínua e vice-versa ou corrente química em eléctrica (combustíveis fósseis e acumuladores de placas, vulgarmente conhecidos como "baterias") torna-a especialista em sistemas de conversão de energia (também renovável), área na qual assenta o seu potencial tecnológico.

Em resposta às exigências do importante sector metro-ferroviário e com o objectivo de satisfazer as suas necessidades de sistemas de conversão de energia, também para fontes de energia renovável, desenvolvemos e comercializamos um conjunto de sistemas e produtos já com realizações e/ou protótipos de campo que atestam a competência da EFACEC nesta actividade. Estes sistemas/produtos são agrupados por famílias como a seguir se descreve.

SISTEMAS CONVERSÃO DE ENERGIA PARA ALIMENTAÇÃO DE CIRCUITOS AUXILIARES DE CARRUAGEM

Foi na década de 80 que a EFACEC produziu os primeiros sistemas de alimentação de auxiliares (equipamento das carruagens de passageiros dos primeiros Alfa´s de ligação rápida Porto-Lisboa), um caso de sucesso que resultou na transferência de tecnologia que permitiu à EFACEC manter-se neste ramo de actividade por mais duas décadas. O Grupo EFACEC é hoje uma das poucas entidades do mundo que fabrica este tipo de equipamentos.

Estes equipamentos destinam-se a converter a energia primária da composição ferroviária, proveniente da catenária e/ou do gerador principal (no caso de locomotivas diesel) e desta forma providenciar energia às cargas auxiliares das carruagens dos comboios. Estas cargas são, na sua essência, os sistemas de informação aos utentes, o ar condicionado, a iluminação, as tomadas de cortesia e as baterias de suporte de circuitos vitais. Do ponto de vista eléctrico, são sistemas que se caracterizam por terem uma potência nominal de algumas dezenas ou até poucas centenas de kW e por possuírem saídas múltiplas: corrente contínua para carga de baterias e corrente alternada para alimentação de circuitos de conforto (ar condicionado, tomadas de cortesia, iluminação, entre outros).

SISTEMAS DE CONVERSÃO DE ENERGIA PARA ALIMENTAÇÃO DE EIXOS MOTRIZES

A fabricação destes sistemas surgiu das relações que se estabeleceram com os intervenientes nos projectos em que a EFACEC forneceu conversores auxiliares, fabrico que potenciou o seu *know-how*, a sua capacidade de produzir com o nível de qualidade exigido pelos ferroviários. Dos vários projectos em que a EFACEC participou a este nível resultaram várias transferências de tecnologias, ou seja, efectuámos diversos sistemas para locomotivas diesel e eléctricas e para automotoras.

Estes sistemas são de conversão de energia de fase intermédia que, no caso das locomotivas eléctricas, convertem a energia da catenária em energia "tratada", para abastecimento dos motores dos eixos motrizes. No caso das locomotivas diesel, estes sistemas convertem a energia de saída do grupo motor gerador em energia para abastecimento dos motores dos eixos motrizes; daí que, nesta aplicação, a sua principal

característica seja fazer funcionar o grupo motor gerador a uma rotação quase constante (optimização do funcionamento em termos de consumo de combustível e redução dos custos de manutenção). São também tarefas destes sistemas o controlo do rolamento do comboio e a implementação de funcionalidades de antipatinagem, regulação da aceleração, recuperação de energia em frenagem, correcção do factor de potência, entre outras.

Esta é mais uma das áreas na qual a EFACEC mais se destacou com o seu "saber-fazer" e competência, patentes na qualidade dos fornecimentos que se estenderam da Austrália até ao Norte de África. Muitos destes equipamentos encontram-se, ainda hoje, em operação e sem falhas de maior.

SISTEMAS DE *BACKUP* PARA EQUIPAMENTOS CRÍTICOS, CC E CA

Na área dos sistemas socorridos para alimentação de cargas críticas, a EFACEC tem vindo a impor-se como líder de mercado, pela qualidade dos seus produtos, sistemas e soluções.

Estes equipamentos destinam-se a providenciar energia, sem falhas, a cargas críticas e, podem ser, segundo o tipo de alimentação requerida pelas cargas que alimentam, de corrente contínua vulgarmente designados de CIB (carregadores industriais de baterias) ou de corrente alternada designados de *UPS* (*Uninterruptible Power Supply*). Em qualquer um dos casos, o sistema de armazenamento de energia é o acumulador químico de placas - bateria.

Neste domínio, a EFACEC tem soluções inovadoras e de elevado valor acrescentado para os seus clientes, afirmação válida para ambas as correntes (corrente contínua e corrente alternada). De facto, a EFACEC possui produtos próprios e de reconhecida valia técnica e económica que ombreiam, de igual para igual, com os melhores do sector a nível mundial.

A gama completa de controladores da EFACEC, capaz de monitorar todas as variáveis dos sistemas e actuar, em tempo real, em conformidade, permite que os seus sistemas estejam na vanguarda do que de melhor se faz hoje ao nível técnico mundial. Os nossos controladores optimizam a exploração do sistema, registam alarmes e, se requerido, enviam o *status* do sistema e alarmes para os respectivos centros de controlo e monitorização. Estes centros de comando podem ser produtos provenientes do *portfolio* da EFACEC ou não, ou seja, se o cliente assim entender, os equipamentos fabricados por esta unidade podem ser interligados em centros de comando e supervisão de terceiros, possibilidade que deriva, como se depreende, do domínio do *know-how* associado a estes equipamentos.

Uma outra demonstração da nossa capacidade técnica reside no recente desenvolvimento de sistemas baseados em pilha de combustível alimentada a hidrogénio. O que pretendemos é substituir o velho acumulador electroquímico por um sistema tecnologicamente mais evoluído, fiável, de impacto ambiental e, no nosso entender a curto prazo (com a massificação da tecnologia) mais económico.

SISTEMAS DE RECTIFICAÇÃO PARA CATENÁRIA

A histórica utilização de corrente contínua para alimentação de veículos ferroviários remonta à utilização do motor de corrente contínua como principal forma de accionar as grandes potências que existiam na altura, motivo pelo qual este tipo de sistemas ainda hoje perdura, não obstante a tecnologia disponível potenciar outras possibilidades com maior nível de desempenho e mais eficientes. Neste sentido, atendendo à sua competência técnica em sistemas de conversão e ao seu envolvimento no sector ferroviário, o mercado impeliu a EFACEC a desenvolver uma gama completa de rectificadores de tracção (equipamentos que convertem a corrente alternada das subestações de tracção em corrente contínua para fornecimento dos veículos, via catenária). Entre os meios de transporte, que ainda hoje usam esta tecnologia, contam-se os metros, metros ligeiros, comboios suburbanos e os troleicarros.

Definidos os utilizadores desta tecnologia e uma vez que a tensão de funcionamento dos mesmos é distinta, fez com que a EFACEC desenvolve-se um vasto conjunto de conversores. Assim, neste momento, temos uma gama de equipamentos que vai dos 750 V cc (utilização maioritária em metros, troleicarros e metros ligeiros) e outra de 3.000 V cc

(aplicação para comboios). As diferentes formas de exploração dos vários operadores implicaram, por sua vez, o desenvolvimento de um conjunto de potências (das centenas de kW até alguns MW) para cada uma destas tensões de funcionamento.

Um pouco por todo o mundo, estes sistemas, fabricados e desenvolvidos pela EFACEC, assumem-se como importantes referências, nacionais (v. g. Metro do Porto e Metro de Lisboa) e internacionais (v. g. Metro de Messina, Metro de Bursa e Metro de Tenerife), não só técnicas, mas também de qualidade (robustas e fiáveis).

O nosso objectivo é aliar a vontade que sentimos e a capacidade que temos de servir os clientes no sentido de os satisfazer com a solução que melhor serve as suas necessidades de conversão de energia.

SISTEMAS BASEADOS EM ENERGIAS ALTERNATIVAS

É mais ou menos consensual que a sustentabilidade do planeta está em causa devido ao excesso de emissões de carbono para o meio ambiente e que os transportes são dos que mais contribuem para tais emissões. Dotar os operadores de sistemas de transporte de tecnologias de produção de energia é, de algum modo, mitigar esse efeito e simultaneamente promover o reconhecimento público de alguém que se preocupa com o equilíbrio e com o desenvolvimento sustentado do planeta e das sociedades que nele habitam.

Desta feita, a EFACEC deu início à actividade de projecto, instalação e comercialização de sistemas de produção de energia limpa que se baseiam em tecnologias solar fotovoltaico e hidrogénio. Infelizmente, apesar de poderem, se utilizados correctamente, aliviar significativamente a factura de emissões e de reconhecerem publicamente uma empresa ecologicamente consciente, o estado actual da tecnologia não permite que estes sistemas possam satisfazer na totalidade as necessidades de energia destes operadores.

Estes sistemas podem ser utilizados isoladamente ou ligados à rede.

- Isolados
  Quando, por razões de infra-estrutura da rede eléctrica, a energia não chega ao local onde é necessária, estes sistemas podem ser a única forma de alimentar as cargas existentes no local ou a que economicamente mais se adequa. Nestas situações as soluções podem ser do tipo fotovoltaico ou pilha de combustível, escolha que depende das características do local e tipo da carga a alimentar.

- Ligados à rede
  Sistemas centrais de energia eléctrica que se baseiam em painéis fotovoltaicos para aproveitar as áreas "mortas" das infra-estruturas destes operadores. Estas áreas, na maioria dos casos, de grande porte/dimensão, potenciam a instalação de centrais de elevada potência (algumas centenas de kW). Nesta aplicação, a solução fotovoltaica pretende ser um complemento à rede eléctrica que pode, em alguns casos, providenciar a potência necessária para alimentação dos sistemas de suporte, ou seja, torná-los autónomos do ponto de vista energético. Ao contrário do que se poderia pensar, estas centrais, quando devidamente enquadradas com a arquitectura dos edifícios e/ou paisagem, podem mesmo conferir-lhes um benefício estético (ar de vanguarda e de modernidade).

Também a este nível, acreditamos estar em condições de disponibilizar aos nossos clientes uma solução eficiente e eficaz no sentido de minimizar os problemas ambientais que a todos afectam e preocupam não descurando o factor "investimento versos retorno".

A EFACEC responde activamente aos desafios das situações de sistemas de alimentação com uma vasta gama de produtos que adapta, de diversas formas, aos diferentes clientes.
É de referir que, ao longo da sua existência, a Unidade Sistemas de Alimentação tem demonstrado uma dinâmica ímpar que lhe permite encarar o futuro sem receios, futuro que, a avaliar pelas recentes notícias e apostas do poder político actual, se encontra intimamente ligado ao desenvolvimento do sector dos transportes de alta velocidade.

A capacidade técnica, a inovação, o serviço ao cliente e a criação de produto, bem como a endogeneização das tecnologias transferidas, são factores decisivos que fazem a EFACEC encarar o futuro com optimismo e assumir-se como um importante *player* no contexto da alta velocidade.

"Fruto da experiência adquirida nos últimos 20 anos com o fornecimento de mais de 400 PN's Automáticas, a EFACEC aceitou e superou o desafio lançado pela REFER para a concepção de uma PN Simplificada adaptada a Linhas de Baixo Tráfego."

Contributo do Grupo EFACEC na modernização dos Transportes públicos de passageiros: Caminhos de Ferro, Metropolitanos, Metros Ligeiros e Autocarros

Campos Morais (Eng.º)
Chefe de Grupo /
Engenharia de Projecto e Coordenação

A EFACEC é uma empresa que se dedica predominantemente aos novos desafios que surgem na área ambiental. O seu dia-a-dia é marcado pela determinação de fazer cada vez melhor. A sua ambição de sempre: dominar as novas tecnologias. Mais de uma década de "experiência adquirida" nos Sistemas de Desenfumagem e Ventilação em Túneis e Estações Subterrâneas, uma certeza de eficiência e aplicação da mais avançada tecnologia.

Dotada de um quadro técnico de colaboradores, especialistas no Projecto e Desenvolvimento de Sistemas de Desenfumagem e Ventilação, em túneis e estações, quer da ferrovia quer da rodovia e também de Redes de Combate a Incêndios, a EFACEC assume-se como um dos principais fornecedores deste tipo de sistemas.

O seu desempenho, ferroviário e rodoviário, é testado todos os dias, respectivamente no Metropolitano de Lisboa e no Metro do Porto, nos túneis das Antas (cidade do Porto) e nos túneis gémeos de Casto Daire (IP3).

Apresentamos resumidamente as realizações mais recentes na área da ferrovia:

METROPOLITANO DE LISBOA

- Estação do Marquês: Ar condicionado, Ventilação e Desenfumagem
- Meios troços entre o Marquês e o términos do Rato: Ventilação e Desenfumagem
- Estação de Entrecampos: Ar Condicionado.
- Linha Azul (troços Carnide - Pontinha): Ventilação Principal/Bombagem/AVAC
- Linha Vermelha (Olaias e Chelas): Ventilação Principal/Bombagem/AVAC
- Estação do Oriente: Ventilação Principal
- Linha Amarela (Campo Grande - Telheiras): Ventilação Principal/Bombagem
- Estações(Quinta das Conchas e Lumiar): Ventilação Principal/Bombagem/AVAC
- Túneis dos Troços 50, 51, 52 e 53, inclusive. Ventilação Principal
- Linha Azul (estações de Alfornelos e Falagueira): Ventilação principal/AVAC nas Estações
- Linha Azul (túneis e troços 72, 74 e 75): Ventilação Principal
- Remodelação das Estações de Roma e Alvalade (em execução): Ventilação Principal/ Bombagem/AVAC
- Instalações de ventilação, aquecimento, desenfumagem e ar condicionado nas zonas técnicas de PMO's
  - → PMO 2
  - → Edifício DMC
  - → PMO 3
- Sistemas de combate a Incêndio em estações e túneis
- Sistemas de Gestão de Energia (instalações de Ar Condicionado e Ventilação)
- Sistema de Bombagens, em estações e túneis, de águas de infiltrações e residuais
- Manutenção de Sistemas de Ventilação e Desenfumagem, dos Parques de Oficinas, "PMO´s" e Edifício Administrativo do PMO III entre outros

METRO DO PORTO

Considerada uma obra emblemática pelo seu traçado e pelas inóspitas condições geológicas e urbanísticas da área metropolitana do Porto, o Metro do Porto é a maior rede de metro jamais construída de uma só vez, com uma extensão de aproximadamente 70 km, constituída por 70

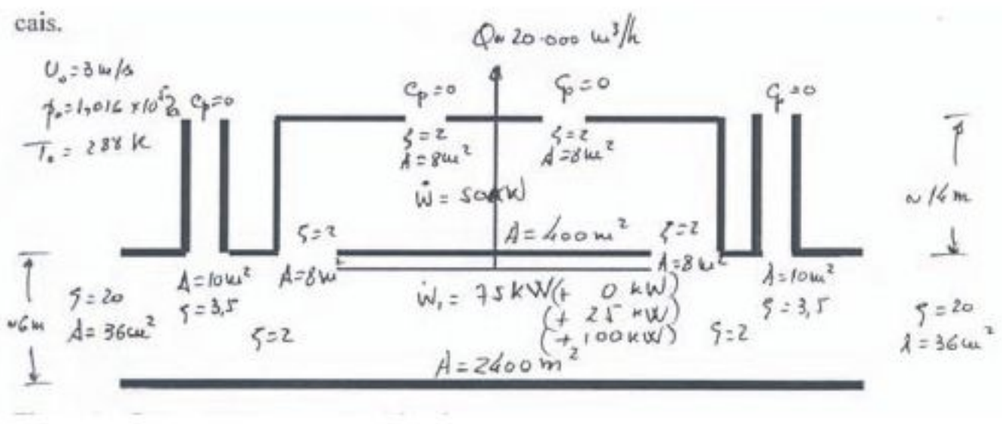
estações (13 das quais subterrâneas). Salienta-se que deste traçado fazem parte vários túneis dos quais se destacam:

- Trincheira de S. Bento até à trincheira do Pólo Universitário: com oito Estações subterrâneas, corta praticamente toda a cidade do Porto no sentido Norte-Sul (aproximadamente 4,4 km)
- Trincheira de Campanhã/Trincheira da Trindade: com três estações subterrâneas (aproximadamente 2,4 km)

Projecto de Ventilação e de Desenfumagem do Metro do Porto

Iniciada a construção da rede do Metro do Porto, no segundo semestre de 1999, e tendo presente o acordo de parceria estabelecido com consórcio ganhador, a EFACEC fez arrancar a fase de projectos das instalações electromecânicas, nomeadamente dos Sistemas de Ventilação e de Desenfumagem. Entrávamos assim no século XXI.

Uma equipa de engenharia da EFACEC, com experiência comprovada, nomeadamente no "Projecto de Detalhe" na área da Ventilação e de Desenfumagem para o Metropolitano de Lisboa, assumiu como missão a elaboração de um projecto inovador para a construção de raiz de um sistema para o Metro do Porto.



A constante preocupação com os problemas ambientais, levou-nos a impor ao nosso Projecto de Ventilação uma componente muito forte da chamada "ventilação natural", sem prejudicar a Ventilação de Desenfumagem, nomeadamente quanto à sua eficiência, "velocidades críticas" e controlo de fumos, incluindo caminhos de evacuação em caso de sinistro.

Estavam muito presentes os acidentes de 24 de Março de 1999, no Túnel Rodoviário de Monte Branco (do qual resultou a morte de 39 pessoas); e o de 29 de Maio, também de 1999, no *TAUERN TUNNEL*, na Áustria. A funcionalidade dos Sistemas de Ventilação e Desenfumagem tornava-se, em termos de segurança, uma preocupação acrescida. Daí a elaboração de um projecto dedicado à "ventilação normal", para remoção das cargas térmicas geradas nos interiores das estações e túneis e melhoramento das condições de qualidade do ar no seu interior; e um outro destinado apenas à Desenfumagem em caso de sinistro grave. Contribuímos, desta forma, com o nosso *know-how* para uma melhoria do Projecto/Instalação e do seu desempenho, com uma maior fiabilidade. O Metro do Porto ganhava assim um bem acrescido. Refira-se que tudo isto se trata de um "Desenvolvimento" em relação à fase do concurso da empreitada. Nessa altura, a EFACEC concebeu um Ante-Projecto no qual os dois sistemas, ainda que aparentemente diferenciados, poderiam ao nível da remoção da carga térmica dos túneis, não o serem.

A parametrização dos Sistemas, especialmente para o de Desenfumagem, seria o segundo passo na elaboração destes projectos. Na ausência de qualquer norma europeia ou directiva comunitária para túneis ferroviários, adoptámos como *safety guidelines*, as normas americanas NFPA 130 (*Standard for fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems*) e NFPA 90 A, e os ensinamentos assimilados, por esta equipa de projecto, na participação em fóruns internacionais, nomeadamente no *"Fourth International Conference of Safety in Road and Rail Tunnels"*.

Sistema de Ventilação

As dificuldades associadas à Arquitectura e o desenvolvimento de soluções no projecto de Construção Civil, enquadrados nos custos de execução, e o projecto de canais de ar no interior das estações (de dimensões apreciáveis), não foram descurados.

O Projecto de Ventilação das estações foi executado introduzindo, desde logo, uma inovação: uma componente muito forte de "convecção natural".
Para esse efeito aproveitámos:

- Os poços criados para a Desenfumagem
- Um desenvolvimento de linha a uma cota negativa, em relação à superfície de cerca de 23 m
- A inserção de *dampers SFD* motorizados de grandes dimensões (aproximadamente 14 m2 de área em cada poço), em *By pass*, destinados à ventilação natural

A conjugação destes factores resultou em pleno e traduziu-se numa significativa economia de custos de exploração. Sem consumo de energia, conseguimos disponibilizar, durante longos períodos de tempo, ar limpo, uma temperatura agradável e ausência de ruído na ventilação.

No entanto, o nosso objectivo era atingir estas condições em permanência, razão pela qual equipamos todas as estações com ventiladores axiais (capazes de extrair até 40 m3/s por estação) munidos de atenuadores de som a jusante e a montante dos mesmos. Estes ventiladores são comandados por sensores de temperatura ou via SCADA (por *Override*) e a exaustão de ar faz-se no cais, ao nível intermédio, por uma ranhura (devidamente integrada pelo Projecto de Arquitectura) a todo o comprimento do mesmo.

O sucesso de inovação reside também no sentido do deslocamento (de fora para dentro) do Ar que acompanha o passageiro e evita, ao contrário da solução convencional, os maus odores e "baforadas" típicos deste tipo de meio de transporte. A originalidade desta solução resulta ainda do efeito da deslocação das composições no túnel, num ou noutro sentido, que movimentam grandes massas de ar gerando o chamado "Efeito de Pistão", ser praticamente absorvido nos poços, situados à entrada e à saída das Estações onde houve um cuidado acrescido no que respeita à conciliação da arquitectura com os aspectos técnicos de engenharia.

Sistema de desenfumagem

A primeira fase deste projecto consistiu no cálculo e concepção de cada estação e túneis associados. A aplicação das recomendações do *ASHRAE* (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*) e do descrito no "*Subway Environmental Handbook*" possibilitaram a criação de um modelo para efeitos de cálculo e a determinação das características e quantidades de equipamentos. Houve ainda o cuidado de construir sistemas múltiplos de forma a diminuir, o mais possível, o número de diferentes componentes, o que se traduziu numa economia de peças de reserva e consequente aumento nos ganhos ao nível da exploração.

A construção do "Modelo de Cálculo" de integração de todas as estações e túneis da mesma linha, o seu estudo nos diferentes cenários de ocorrência de sinistro e o seu comportamento com várias "Potências de Fogo" caracterizaram a segunda fase deste projecto. Assim sendo, foi-nos possível confirmar o correcto dimensionamento dos equipamentos ligados ao Sistema de Desenfumagem e ainda disponibilizar dados para o Projecto de Evacuação e Salvamento, da responsabilidade do Sistema de Segurança.

A parte da rede do Metro do Porto, com projecto de Desenfumagem associado, compreende:

- O Túnel da Linha Amarela. Numa extensão de aproximadamente 4,4km (atravessa, quase na totalidade, a cidade de norte a sul), tem 7+1 estações subterrâneas e respectivos troços de túnel de interligação, com inclinações variáveis (positivas e negativas) e "pontos baixos"
- O Túnel da Linha Azul. Com cerca de 2,4 km, tem três estações inteiramente subterrâneas e duas de superfície nas extremidades e "pontos baixos" no interior

Do ponto de vista da engenharia trata-se de um desafio bastante interessante, dado que o tratamento matemático não é linear e daí não podemos obter uma resposta única. A colaboração da Dinâmica Aplicada nesta fase do Projecto foi inestimável. Neste sentido, foi criado um "Modelo de Cálculo" automático, com cerca de uma centena de equações envolvidas, e verificada a sua "convergência" com a simulação de múltiplos cenários de incêndio no interior dos troços de

túneis e nas Estações e com várias potências de fogo, até se chegar a resultados teóricos convincentes. Mais tarde, em condições de "Teste efectivo não destrutivo", verificamos que os valores previstos para o tipo de situação isotérmica, se concretizaram com enorme rigor.

A utilização de ventiladores de desenfumagem reversíveis alargou os possíveis cenários de funcionamento aos quais correspondem estudos ainda mais desenvolvidos.

De forma a permitir que a "Metro do Porto" (consultores) obtivesse a confirmação dos valores apresentados pela EFACEC, uma entidade do consórcio construtor efectuou vários cálculos de CFD em Estações.
Todos os resultados obtidos foram convergentes (quer pelos estudos teóricos, quer por determinação de valores medidos em "campo") o que tornou gratificante todo o trabalho de engenharia desenvolvido e ofereceu também uma garantia a todos os utentes.

Os Sistemas de Desenfumagem do Metro do Porto, pela complexidade da sua natureza, pela "filosofia" de funcionamento e pela originalidade na sua abordagem, representam um *case study* a ser seguido, mormente pela possibilidade de verificação, no local, das diversas grandezas envolvidas (das quais existem diversos registos escritos) e pela aferição da complexidade do seu exame e do modelo matemático que suporta a sua verificação.
Os testes de desempenho foram acompanhados pelos consultores do Metro do Porto, nomeadamente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e do INTF (Instituto Nacional de Transporte Ferroviário). Da mesma forma, o desempenho obtido no seguimento de dois simulacros de incêndio (na Linha Azul e na Linha Amarela), que aproximou fielmente a quantidade de fumos gerada da realidade, em caso de sinistro, embora se tratasse de um ensaio isotérmico, superou todas as expectativas, quando os grupos de Ventiladores de Desenfumagem foram accionados. Recorde-se que com o Sistema de Desenfumagem em funcionamento remove-se mais de um milhão de metros cúbicos de fumos por Estação/hora.

Apresentamos, de seguida, um extracto de um trabalho executado pela "Dinâmica Aplicada", da responsabilidade do Sr. Prof. Jorge Saraiva, sobre o "Modelo de Cálculo" que, por razões de espaço editorial disponível, apenas expõe conceitos básicos (mas que apontam o caminho de todo este trabalho complementar no Projecto de Desenfumagem).

"Modelo de Cálculo"

(Extracto do trabalho elaborado pela "Dinâmica Aplicada" da autoria do Sr. Prof. Jorge Saraiva)

1. INTRODUÇÃO

Em estrita colaboração, a EFACEC e a "Dinâmica Aplicada" (DA) analisaram as condições de ventilação das estações subterrâneas do Metro do Porto.

Deve-se ter em atenção que os dois processos (ventilação normal e desenfumagem) são completamente distintos.

- Na ventilação normal há uma "pequena" componente de ventilação mecânica, mas o movimento do metro no interior dos túneis é uma fonte muito importante dos processos de fluxo de ar gerados. Por outro lado, as aberturas para o exterior e a pressão local ao nível das mesmas são também importantes, devendo-se considerar, em acréscimo, uma componente térmica associada a fontes como a iluminação, as pessoas e o próprio metro.
- Na desenfumagem, a grande componente é a ventilação mecânica. Não existindo movimento das composições, não há lugar à contabilização desta fonte nos processos de fluxo, ainda que as aberturas para o exterior continuem, muito provavelmente, a desempenhar um papel importante. Acresce que a componente térmica é agora significativa.

Em qualquer um dos casos, o túnel funcionará como uma conduta, mas em condições diferentes já que, na ventilação normal, o movimento do metro impõe uma situação complexa dos fluxos e exige uma modelação cuidada de todos os processos, incluindo as perdas de carga. Por sua vez, do ponto de vista da desenfumagem, os fluxos são processos bem mais simples, mas, ao mesmo tempo, bem mais complexos por imporem a componente térmica.

De uma forma simples pode dizer-se que, no caso de ventilação normal, tem-se uma sobreposição de ventilação mecânica clássica (extracção nas

estações) com um processo de ventilação mecânica de impulso (comboios nos túneis). Além disso, um processo de ventilação natural com componente térmica e de diferencial de pressão (ainda que possivelmente com pesos distintos) induzem a sobreposição de escoamentos de ventilação natural e forçada.

No caso da desenfumagem há duas grandes fontes no escoamento: uma ventilação mecânica forçada de grande intensidade e uma ventilação natural importante, induzida pelos elevados diferenciais térmicos que se podem gerar.

Com este panorama por base, o estudo estrutura-se por fases: a primeira diz respeito às condições de ventilação do túnel, em condições de operação normal do sistema do metro; e a segunda ao caso de accionamento do sistema de desenfumagem.

Na primeira fase podem considerar-se dois passos distintos, cada um compreendendo várias etapas.

O primeiro passo compreende a modelação dos processos de escoamento do ar para uma estação típica e é desenvolvido em quatro etapas

- Modelação de uma estação típica, tendo em conta os sistemas de ventilação natural
- Modelação de processos de ventilação forçada, sobrepostos à ventilação natural, numa estação típica
- Modelação do efeito de uma composição de metro no túnel, em condições de entrada e de saída numa estação típica, e integração com os modelos anteriores
- Modelação do efeito de entradas e saídas simultâneas de composições de metro numa estação típica

O segundo passo tem em conta o conjunto de resultados obtidos sobre a modelação de uma estação típica e procede à extensão da modelação a duas estações interligadas por um túnel.

A segunda fase (estudo dos processos de fluxo com o sistema a funcionar em condições de desenfumagem) é desenvolvida de forma semelhante, isto é, em dois passos, compreendendo o primeiro apenas as duas primeiras fases, atrás apresentadas para a situação de operação normal (em caso de desenfumagem não se pondera o movimento das composições nos túneis).

Consideradas as fases atrás descritas e os passos que lhes estão associados, é possível efectuar uma caracterização completa e individualizada de cada uma das estações e depois de cada uma das linhas, para as condições de ventilação normal e de desenfumagem.

2. O MODELO

2.1. Considerações Gerais

A descrição do escoamento de um fluido é hoje correntemente feita a partir dos princípios básicos da Mecânica. O último desses princípios foi estabelecido com a formulação que adoptámos há mais de 100 anos. Trata-se do Princípio de Conservação de Energia. Os outros dois são o Princípio de Conservação da Massa e o Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento.

Estes princípios, usualmente utilizados na forma original da sua formulação, referem-se a sistemas materiais, isto é, a quantidades de matéria bem definidas. A descrição do movimento dos sistemas é feita a partir da descrição do que se passa com cada partícula material que os constituem.

Este tipo de descrição de volumes materiais, dita Lagrangeana, de aplicação demasiado complexa para a descrição do movimento dos fluidos, deu lugar a uma outra formulação, dita Euleriana, em que a descrição é feita sobre volumes de controlo e não sobre volumes materiais. Um volume de controlo é uma zona do espaço, fixa no tempo e limitada por fronteiras que constituem a chamada superfície de controlo, indeformáveis, mas permeáveis a todas as propriedades físicas das partículas em movimento.

Note-se a vantagem deste tipo de descrição no problema em estudo. Estamos a falar de "uma estação típica" do Metro do Porto, isto é, de um volume fixo no tempo de geometria invariável e que tem fronteiras indeformáveis, mas permeáveis para o exterior: túneis, passagens de peões e sistemas de condutas, que permitem o fluxo das massas de ar e das propriedades que estas transportam consigo.

Assim, o primeiro passo de modelação é adoptar uma descrição do tipo Euleriano. O segundo passo é estabelecer as variações das diferentes propriedades em análise, descritas pelos princípios atrás enunciados, através do chamado Método do Volume de Controlo, sustentado não apenas pela validade física experimental, mas também pela linguagem da Análise Matemática. A Análise Matemática estabelece que para qualquer propriedade, , as variações materiais (em linguagem Física; variações derivadas totais, em linguagem de Análise Matemática) podem ser expressas mediante as variações locais (em linguagem Física; variações parciais, em linguagem de Análise Matemática) mais o fluxo, , da propriedade através da superfície de controlo (em linguagem Física; expressa pelo transporte da variação espacial - gradiente, em linguagem de Análise Matemática).

E porque a expressão pormenorizada deste tipo de formulação não é aqui relevante podemos resumi-la nas seguintes equações:

$$\frac{d[\Lambda]_{Vmat}}{dt} = \frac{d[\Lambda]_{Vcont}}{dt} + \Phi[\Lambda]_{Scont}$$

$$\frac{d}{dt}\lambda = \frac{\partial}{\partial t}\lambda + u_j \frac{\partial}{\partial x_j}\lambda$$

A primeira equação representa a chamada forma integral e a segunda a chamada forma diferencial. A notação indicial foi utilizada por mera questão de simplicidade. u_j representa a velocidade, x_j o vector de posição e a intensidade da propriedade (valor por unidade de massa) de valor global . Os índices Vmat, Vcont e Scont referem-se, respectivamente, ao volume material, ao volume de controlo e à superfície de controlo.

As propriedades em análise devem ser a massa, a quantidade de movimento e a energia, sendo que os princípios determinam que a variação global da primeira deve ser nula, que a variação da segunda deve ser igual à resultante das forças aplicadas e que a variação da terceira, integrando já o trabalho das forças não conservativas, deve ser igualmente nula.

As equações gerais da Mecânica dos Fluidos podem derivar directamente desta formulação. A título meramente ilustrativo, apresenta-se, de seguida, a equação de conservação da quantidade de movimento[1], designada na bibliografia da especialidade por equações[2] de Navier-Stokes

$$\frac{\partial}{\partial t}u_i + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_i} + g_i + \frac{1}{\rho}\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j}$$

$$\tau_{ij} = \left[\mu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right) - \frac{2}{3}\mu\frac{\partial u_k}{\partial x_k}\right]$$

Considerou-se que as forças aplicadas se reduziam a uma força volúmica, concretamente a que resulta da acção da gravidade (g representa a aceleração da gravidade), e assumiram-se como forças de superfície as resultantes da acção da pressão, p, no sentido termodinâmico desta, e as forças viscosas, expressas a partir das tensões de corte pelo tensor das tensões $_{ij}$, definido, por sua vez e por recursos à chamada hipótese de Stokes, a partir da viscosidade do fluido.

A complexidade da descrição é agora óbvia e deve-se ainda ter em atenção que a resolução de um sistema de equações diferenciais impõe, em acréscimo, o conhecimento das chamadas condições de fronteira.

No entanto, alguns casos podem ser tratados introduzindo condições que simplificam as equações, isto é, estabelecendo um primeiro nível de modelação.

O ar, em condições normais de temperatura e pressão, pode ser considerado um fluido newtoniano (tensões proporcionais às taxas de deformação; por outras palavras, viscosidade constante) e o seu escoamento incompressível, se as variações de pressão e temperatura forem pequenas e as velocidades muito inferiores à velocidade do som. Nestas condições faz igualmente todo o sentido considerar o ar um gás perfeito. O resultado da introdução destas hipóteses traduz-se numa simplificação notável das equações reduzindo-se, por exemplo, as equações de conservação da massa e da quantidade de movimento a:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}u_i + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_i} + g_i + \nu\frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j}$$

= representa a viscosidade cinemática.

Uma simplificação adicional é conseguida no caso dos escoamentos serem estacionários, isto é, as propriedades não variarem localmente ao longo do tempo. Neste caso $\partial/\partial t = 0$.

2.2. O modelo de escoamento no caso de uma estação subterrânea

O caso do escoamento do ar numa estação subterrânea pode ser analisado à luz deste modelo simplificado. Assim, tal como referido, podemos admitir que, nas condições em questão, o escoamento do ar pode tratar-se de um fluxo de um fluido newtoniano, um gás perfeito e incompressível.

A questão da estacionaridade parece, à primeira vista, mais difícil de aceitar uma vez que o movimento a velocidades diferentes, imposto pela condição de tráfego das composições do metro, aponta no sentido de afastar esta hipótese. Pode, no entanto, separar-se o que é transitório das condições de escoamento imposto pelo tráfego médio e proceder à análise deste último caso, pois os tempos de paragem e arranque são, com certeza, pequenos face aos tempos de trânsito nos túneis (algumas centenas de metros) e aos tempos de paragem nas estações.

Considere-se na figura 1, o modelo da uma edificação. Trata-se de um corte simplificado de uma estação que evidencia a existência de

dois espaços: o inferior, que corresponde ao nível dos cais de embarque,; e o superior, que se pode supor ser uma espécie de átrio que, por meio de escadas, permite o acesso, a partir da rua, aos cais.

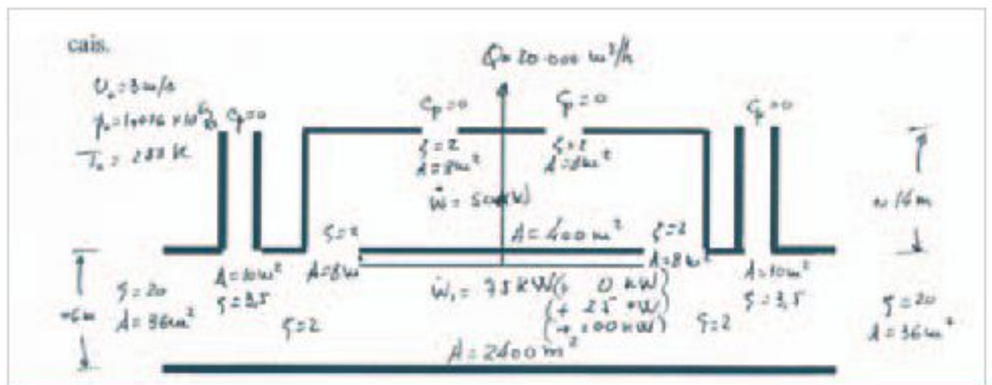


Figura 1 - Representação esquemática de uma estação

Entenda-se agora esta edificação como o Volume de Controlo. Constata-se, neste caso, que a sua Superfície de Controlo permite o fluxo de ar através das seguintes aberturas: as grandes aberturas inferiores (os túneis do metro que estabelecem a conexão com as estações vizinhas de um lado e de outro e que são, na vizinhança imediata da estação e de cada lado desta, providos de um poço de desenvolvimento sensivelmente vertical e de grandes dimensões que os coloca em contacto directo com o exterior); os acessos (ao nível da rua) e uma abertura por onde se processa um fluxo de ar forçado (sistema de ventilação mecânica) que põe em comunicação directa o nível dos cais com o exterior (rua).
Refira-se, desde já, que os poços destinam-se, por um lado, a permitir parte da ventilação natural do sistema e, por outro, a albergar o sistema de ventilação forçada que opera em caso de incêndio.

Uma primeira observação permite afirmar que os processos de fluxo através destas aberturas são particularmente simples já que a velocidade do ar através delas tem a direcção da normal à superfície. Acresce que os túneis e acessos podem assemelhar-se a condutas que recebem/debitam para grandes espaços. O resultado são perfis de velocidade praticamente uniformes através de toda a secção de passagem. A esta altura, tendo em atenção as considerações estabelecidas sobre a incompressibilidade do ar, os fluxos podem ser determinados por integração directa.

$$\Phi_{massa} = \int_S \rho.u_i n_i dS = \rho.u.S$$

Por outro lado, o facto das áreas das aberturas serem relativamente pequenas quando comparadas com as dos espaços permite afirmar que as velocidades no interior destes são pequenas quando comparadas com as velocidades através daquelas. Quer isto dizer que se verifica uma difusão rápida e que os espaços funcionam, de alguma forma, como reservatórios.

Podemos então assumir, sem grande erro, que o escoamento é irrotacional no interior destes espaços e que é possível definir linhas de corrente entre a entrada e a saída. Além disso, os efeitos de atrito/dissipação de energia verificam-se exclusivamente através das aberturas. É pois possível integrar a equação de quantidade de movimento através de quaisquer aberturas, obtendo uma equação integral, geralmente designada por equação de Bernouilli, e que se escreve:

$$\Delta_{12}(p) + \Delta_{12}\left(\frac{1}{2}\rho.u^2\right) + \Delta_{12}(\rho.g.H) - \Delta_{12}h = 0$$

$_{12}$ representa a variação entre quaisquer dois pontos de uma linha de corrente (nomeadamente o ponto 1, no exterior da abertura, pelo qual se admite ar no espaço; e um ponto 2, no exterior de outra abertura através da qual se processa o escoamento para o exterior do espaço). H representa o desnível (diferença de cotas, eventualmente existente) entre os pontos e
h, correntemente designado por perda de carga, que representa o integral das perdas associadas aos efeitos do atrito e ao trabalho das forças não conservativas.

Enquanto equação algébrica, pode ser aplicada entre quaisquer dois pontos de uma linha de corrente. É, por exemplo, possível aplicar a equação entre os dois lados de uma mesma abertura (de entrada no espaço por exemplo) e depois voltar a aplicá-la entre os dois lados de qualquer outra do mesmo espaço, quer comunique para o exterior quer para outro espaço, impondo a condição de compatibilidade de pressão através do reservatório constituído pelo espaço.
Um tratamento semelhante pode ser aplicado à equação da energia.

Em resumo, é possível, através de um conjunto de equações integrais obtidas tendo em conta as condições/simplificações do modelo atrás referido, a partir das equações diferenciais modelar o escoamento numa estação subterrânea de metro.

2.3. O algoritmo

Considere-se uma edificação constituída por i espaços internos, intercomunicantes entre si e com o exterior, por meio de k_i aberturas.

Admita-se que as variações de densidade apenas se fazem sentir em termos de impulsão (hipótese dita de Boussinesq), que a temperatura é uniforme em cada um dos espaços internos e que a variação de pressão é hidrostática, sendo a mesma em qualquer plano horizontal desses espaços.

$$\frac{\partial p}{\partial x_3} + \rho.g = 0$$

A equação de Bernouilli traduz que as variações de pressão atmosférica, em condições isotérmicas, compensam directamente as variações de cota.

Assim, as equações fundamentais adquirem as seguintes formas:

Equação de conservação da massa

1. para cada espaço interno

$$\sum_{ki} \rho_{ki} . u_{ki} A_{ki} = 0$$

2. para a edificação

$$\sum_{i} \sum_{ki} \rho_{ki} . u_{ki} A_{ki} = 0$$

A_{ki} representa a área da abertura k no espaço i e u_{ki} o valor da velocidade (média) através dessa abertura. Note-se que, na realidade, com base nas hipóteses anteriores, se se puder assumir o valor da massa volúmica como constante, as equações degeneram numa equação de conservação dos caudais volúmicos, simplificando o processo de cálculo.

- Equação de conservação da quantidade de movimento

Esta equação reduz-se, como referido, à equação de Bernouilli aplicada para cada uma das aberturas.

1. Para cada espaço interno

$$(\Delta\rho_i H_{ki} - \Delta\rho_i' H_{ki}')g + (\Delta p_i' - \Delta p_i) - \varsigma_{ki} \frac{1}{2} \rho_0 u_{ki} |u_{ki}| = 0$$

$_i$ (= $_i$ – $_0$) é a diferença entre a massa volúmica no espaço interno i, $_i$, e a massa volúmica do ar no exterior, $_0$. H_{ki} é a altura média da abertura k referida à cota da abertura mais baixa do espaço i, o que significa que o primeiro termo da equação é uma medida do efeito térmico. p_i ($=p_i-p_0$) é a diferença de pressão entre o espaço i, p_i, e a pressão no exterior p_0, e o índice superior refere-se às grandezas já definidas no espaço contíguo com o espaço i com o qual comunica pela abertura k. Significa que o segundo termo da equação representa a acção do efeito dinâmico do vento no escoamento do ar no interior pesando, desde logo, os processos nos espaços interiores. é o chamado coeficiente de perda de carga[3].

2. Para a edificação

$$(\Delta\rho_i H_{ki})g + \left(\frac{1}{2}\rho_0 U_0^2 C_{pki} - \Delta p_i\right) - \varsigma_{ki} \frac{1}{2} \rho_0 u_{ki} |u_{ki}| = 0$$

Uma vez que $\Delta\rho_i'$ é, por definição, nulo e $\Delta p_i'$ é a pressão no exterior para o local da abertura, para a incidência do vento em causa. C_{pki} é o coeficiente de pressão local da abertura devida ao escoamento promovido pelo vento no exterior, sendo $1/2\,\rho_0 U_0^2$ a pressão dinâmica do escoamento no exterior[4].

- Equação de conservação de conservação da energia

1. para cada espaço interno

$$\dot{Q}_i + \sum_{ki} \rho_0 c_{par} u_{ki} A_{ki} \Delta T_i + \sum_{li} h_{li} A_{li} \left(\Delta T_i - \Delta T_{i'}\right) = 0$$

2. para a edificação

$$\sum_{i} \dot{Q}_i + \sum_{i} \sum_{ki} \rho_0 c_{par} u_{ki} A_{ki} \Delta T_i + \sum_{i} \sum_{li} h_{li} A_{li} \left(\Delta T_i - \Delta T_{i'}\right) = 0$$

$\dot{Q}_i$ Representa a potência calorífica gerada (fonte) ou removida (poço) no espaço i, c_{par} é o calor específico do ar e T_i é a diferença de temperatura do espaço para o exterior[5], ou seja, o segundo termo da equação exprime a energia transportada pelas massas de ar de e para o interior do espaço. h_{li} é o coeficiente global de transmissão de calor através da parede de área A_{li} do espaço i para o espaco vizinho, nomeadamente para o exterior, caso em que $\Delta T_i' = 0$, ou seja, o último termo corresponde ao fluxo de calor através das paredes.

Sendo que os sentidos de velocidade são considerados positivos quando correspondem à admissão de ar no espaço i verifica-se, para todas as aberturas ki internas, a condição:

$$u_{ki} + u_{ki}' = 0$$

Finalmente, considerando que o ar se comporta como um gás perfeito e tendo em conta as hipóteses atrás consideradas, pode demonstrar-se, sem grande dificuldade, que a equação de estado, $p = \rho . RT$, se reduz, para cada um dos espaços, a:

$$\frac{\Delta\rho_i}{\rho_i} + \frac{\Delta T_i}{T_i} = 0$$

Da mesma forma, para pequenas variações de temperatura pode assumir-se, sem grande erro, que a massa volúmica e a temperatura adquirem os valores de referência exterior.

O conjunto de equações atrás descrito forma um sistema de equações fechado.

Assim, as taxas de ventilação, que resultam do balanço entre as velocidades médias e as características do escoamento do ar através das aberturas, pesado pelas áreas destas; a temperatura e a pressão em cada um dos espaços internos da edificação ficam relacionadas pelo sistema de equações algébricas não linear anterior, cuja solução depende do conhecimento:

- das condições ambientes: pressão atmosférica e temperatura ambiente, p_0 e T_0, velocidade do vento, U_0, e respectivo rumo, que é condicionante
- da distribuição de pressões: coeficientes de pressão, como mencionado, determinados experimentalmente ou estimados

a partir do conhecimento existente

- das características geométricas e térmicas da edificação: geometria propriamente dita, incluindo a localização das aberturas, respectivas áreas e cotas, as suas características de funcionamento (perda de carga), áreas das paredes e cobertura e respectivas características térmicas (transmissão de calor)

Na questão em análise, o sistema de equações é resolvido iterativamente recorrendo a um processo de triangulações ortogonais, em que uma aproximação do Jacobiano é reduzida à forma triangular através de um processo de eliminações Gaussiano com pivotagem parcial. O método é quadraticamente convergente, sendo, todavia, necessário estabelecer de início uma estimativa de solução (sem necessidade de dar derivadas).

Os critérios de convergência são o número de dígitos significativos e o valor absoluto do erro com que as funções são calculadas. É também possível limitar o número de iterações. Erros associados a um Jacobiano singular levam à suspensão do processo.

2.4. Modelo de uma estação subterrânea típica

O modelo adoptado, que passará a ser usado como referência de análise, encontra-se representado na figura 1 que, de forma resumida, apresenta os principais dados.

Recorde-se que se considerou a existência de dois grandes espaços sobrepostos, correspondendo o nível mais baixo aos cais e o nível mais elevado a um átrio e estabelecendo-se a comunicação deste átrio com o exterior (nível da rua) e para os cais (nível inferior) através de escadas. Em cada extremidade da estação, mas já fora dela, mesmo no início do túnel, existem condutas verticais (poços de ventilação) em comunicação com o exterior em condições de operação normal. Estas condutas abrigam o sistema de desenfumagem mecânico que deve operar em caso de incêndio, mas que, em condições normais, estabelecem uma comunicação franca com o exterior.

Por uma questão de simplicidade, admite-se simetria em todo o sistema. Os dados de base adoptados são resumidos seguidamente.

- A área em planta do piso do cais é de 2400 m^2 e a do átrio acima de 400 m^2 [6]
- A altura do piso do cais é da ordem dos 6 m e a do átrio de 14 m, esta última igualmente adoptada para os poços de ventilação
- O calor gerado será considerado tendo em atenção a contribuição de três parcelas: metabolismo das pessoas presentes, iluminação e presença de uma composição do metro na estação. No caso em estudo, que visa testar o modelo desenvolvido, e depois da análise conjunta sobre o primeiro modelo, adoptaram-se os seguintes valores: nos pisos simulados pelo átrio a potência de iluminação é da ordem dos 25 kW, valor também adoptado para a carga associada às pessoas presentes; no piso dos cais considerou-se 50 kW para iluminação, 25 kW para a carga das pessoas e três situações para o metro: 0 kW, no caso em que não há composições na estação, 25 kW como valor médio ao longo de uma hora; e 100 kW para o caso de uma composição parada na estação[7]
- As áreas dos túneis foram consideradas como 36 m^2 úteis[8]
- As áreas de comunicação das escadas do átrio, quer para o exterior quer para o nível dos cais, foram consideradas como 8 m^2; enquanto a área de cada poço de ventilação na extremidade das estações, como de 10 m^2
- Os coeficientes de perda de carga para os túneis foram considerados com o valor 20, os das aberturas internas de comunicação e das ligações ao exterior a partir dos átrios com o valor 2,0. À perda de carga da conduta de ventilação mecânica foi atribuído um valor de 9 e aos poços de ventilação existentes nas extremidades um valor de 3,5
- O caudal de ventilação forçada foi considerado como uma extracção contínua ao nível do cais, com um valor da ordem de 20 m^3/s[9]
- O coeficiente de pressão foi considerado "0" nas aberturas à superfície, isto é, não foi considerada a contribuição específica do termo dinâmico (vento) na ventilação
- A velocidade do vento no exterior foi assumida como 3 m/s, a temperatura considerada foi 15 ºC e a pressão atmosférica normal 1.016×10^5Pa
- Dado que a estação se encontra subterrada foi considerou-se que não havia transmissão de calor através das paredes ou cobertura[10]

2.5. Modelo de movimento das composições

Uma composição que se desloca ao longo de um túnel provoca o arrastamento de uma massa de ar com o sentido do seu movimento[11]. A conservação da quantidade de movimento exige que a força feita pelo comboio sobre o fluido (igual e de sinal contrário à que o fluido exerceria sobre o comboio se este estivesse parado e aquele em movimento[12]) seja igual à quantidade de movimento deste.

Nestas condições pode escrever-se:

$$\Delta p = -\frac{F}{A_t} = \frac{R}{A_t} = C_D \frac{1}{2} \rho . U_c^2 . A^*$$

p é o diferencial de pressão criado, F é a força exercida pelo comboio sobre o fluido, R a resistência, A_t é a área da secção recta do túnel, C_D é o coeficiente de arrastamento do comboio, U_c é a velocidade do comboio e A* a relação entre a área das secções rectas do comboio e do túnel.

A partir desta equação é possível demonstrar, quer através de nova aplicação da equação de conservação de quantidade de movimento quer através da equação de energia, que a velocidade do escoamento no túnel, U_t, é dada por:

$$U_t = \sqrt{\frac{C_D A^*}{\varsigma}} U_c$$

representa o coeficiente de perda de carga no túnel (linha e singularidades).

Em resumo, é possível introduzir a circulação das composições nos túneis e os seus efeitos sobre o escoamento a partir do modelo apresentado[13].

No caso presente (basicamente ilustrativo) os valores adoptados nas simulações foram os seguintes:

- A_t =36 m^2 (o diâmetro real do túnel é de 7,7 m, mas a secção recta de passagem tem uma área menor dada inserção da linha) e o diâmetro hidráulico[14], D_h =6,6m
- A_c =8 m^2
- C_D =1,2
- U_c = 6 m/s (~ 20 km/h)[15]

Referências

G. Donato, Contribution of mechanical ventilation to fire safety in subways, Comission de Transport de La Communauté Urbaine de Montreal, 5 th International Symposium on The Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels. Ed BHRA, Cranfield, 1985

1 A quantidade de movimento é definida por mu_i, sendo m a massa e u_i o vector velocidade, pelo que a intensidade da propriedade é u_i.

2 O uso do plural tem a ver com o facto de se tratar de uma equação vectorial e como tal traduzida por três equações, uma para cada componente.

3 É corrente exprimir as perdas de carga $_{12}h$ numa conduta em função da pressão dinâmica do escoamento médio. Assim $\Delta_{12}h = \zeta . \frac{1}{2} \rho . u . |u|$, onde é o chamado coeficiente de perda de carga e se optou por escrever o termo do quadrado de velocidade como o produto do valor pelo módulo já que, desta forma, é possível associar a perda de carga ao sentido do escoamento. No caso da aplicação presente as velocidades são consideradas positivas quando o ar entra no espaço em causa. O valor de depende da forma, da localização e do regime do escoamento através da abertura. Valores característicos encontram-se tabelados em publicações da especialidade.

4 O coeficiente de pressão é, por definição, $C_{pi} = \frac{p_i - p_0}{1/2 \rho . U_0^2}$, em que p_i é a pressão local e p_0 a pressão atmosférica de referência. O denominador representa a pressão dinâmica do escoamento atmosférico não perturbado, a um nível considerado como de referência. Os seus valores são determinados, para uma dada geometria, em regra por via experimental sobre modelos físicos em túneis aerodinâmicos. O nível de referência é definido caso a caso, adoptando-se, a maioria das vezes, a altura da edificação. No presente caso, dado o tipo de acesso (abertura no solo) e as zonas intensamente urbanizadas onde as estações se localizam, considerou-se o nível de referência 10 m acima do solo e assumiu-se que a velocidade era constante em altura. Os valores de velocidade podem ser definidos de diferentes formas e os valores dos coeficientes de pressão variarão em função da geometria do entorno e dos rumos do vento. Numa análise inicial os valores de C_{pi} podem ser tomados como muito próximos de 0 já que a condição de fronteira da interface sólido (rua)-fluido (ar) impõe uma condição de velocidade nula. Como tal, a pressão local é igual à pressão atmosférica. Refira-se que os valores reais dos coeficientes de pressão podem ser negativos ou positivos, pois dependem da forma e geometria de edifícios e ruas bem como dos rumos do vento. O modelo permite analisar as implicações que decorrerão para condições particulares de cada estação tendo em cona a sua inserção na malha urbana.

5 Deve ser tido em atenção que, representando o segundo termo da equação a energia transportada pela massa de ar, os valores das diferenças de temperaturas a considerar entre dois espaços contíguos tem de ter em conta o sentido da velocidade através das aberturas.

6 Na realidade, este átrio é, na maior parte das estações, constituído por dois a três níveis diferentes, cuja área global é desta ordem de grandeza. Uma modelação mais fina poderá ser desenvolvida numa fase posterior.

7 Os valores reais terão que ser analisados caso a caso e dependem no caso das composições do tipo desta. De referir que ao arrancar da estação uma composição liberta pouca energia para o ambiente mas que ao frenar a energia libertada depende muito do tipo de composição e das soluções adoptadas para dissipar a energia de travagem. Em termos de modelo definitivo adoptar-se-ão valores da ordem de grandeza de 100 W/pessoa, de 20 W/m^2 para iluminação nos átrios e cerca de metade deste valor (10 W/m^2) para o piso dos cais. A composição será contabilizada em função das indicações do fabricante.

8 A área real de escavação é da ordem de 45 m^2 (diâmetro escavado 7,7 m) mas os túneis devido ao pavimento têm áreas efectivas um pouco menores. Considerou-se basicamente a secção útil indicada para o túnel que corresponde pela sua geometria a uma conduta de diâmetro hidráulico, D_h= 6,6 m.

9 Considerou-se que a exaustão se processa ao longo de todo o comprimento do cais, através de uma grelha contínua com um rasgo de 20 cm e uma velocidade de 2 m/s

10 Na realidade, é óbvio que o solo e as paredes hão-de absorver uma parte da energia libertada pelo comboio e sistemas existentes, sendo possível que exista um ciclo diário de aquecimento da envolvente.

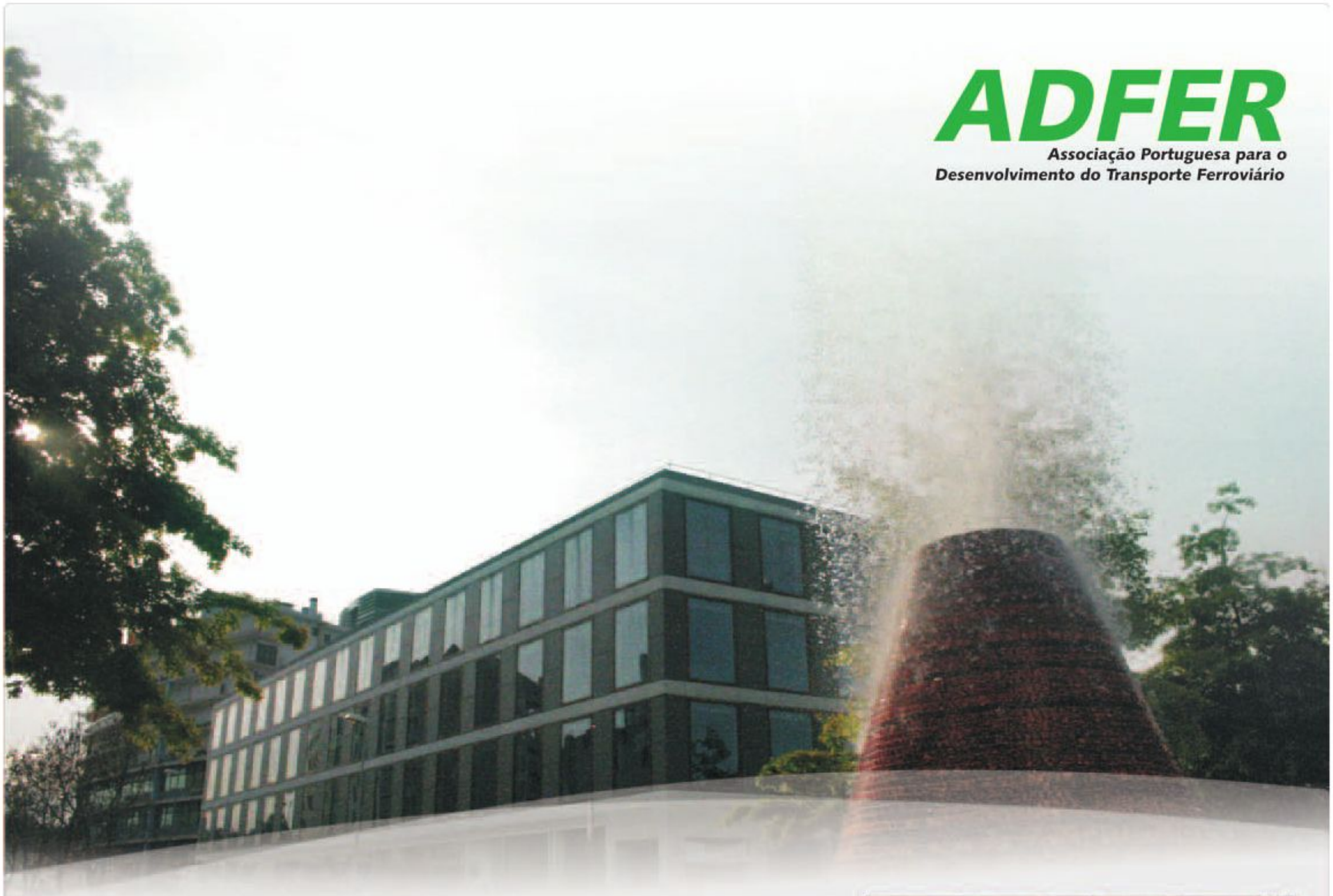
11 A equação da conservação da massa exige que as massas de ar que se movimentam ora atrás do comboio ora que seguem à frente deste sejam iguais. De certa forma, a composição funciona como um pistão que só ocupa uma parte do túnel.

12 Na realidade, esta condição de movimento relativo não é completamente respeitada devido não só à geração das camadas limites sobre o comboio e sobre a parede do túnel como também ao movimento relativo do comboio em relação à linha e às diferenças significativas na vizinhança imediata do comboio.

13 Na realidade, deve ser tido em atenção que há dissipação adicional associada a acções locais. Em termos de modelo, o valor dessa dissipação pode ser descrito com uma adaptação dos valores de ou por meio de um termo multiplicativo (inferior à unidade) integrado na equação de balanço da quantidade de movimento.

14 Define-se diâmetro hidráulico como $D_h = 4A/P_m$, em que P_m é o chamado perímetro molhado.

15 É possível descrever mais pormenorizadamente a variação da velocidade dos comboios no interior dos túneis, mas, dada finalidade do presente estudo, nesta fase (definição de modelos) adoptou-se um valor de velocidade constante.



ADFER

Associação Portuguesa para o Desenvolvimento do Transporte Ferroviário

A ADFER - Associação para o Desenvolvimento do Caminho de Ferro em Portugal, é uma associação sem fins lucrativos, constituída por pessoas ligadas ao sector dos transportes em geral e em cujos estatutos se encontra estabelecido como função fundamental a promoção, divulgação e defesa dos interesses e estratégias que conduzam a um desenvolvimento harmonioso e sustentado dos transportes públicos em geral e do transporte ferroviário em particular.

Para o efeito promove com regularidade a realização de sessões temáticas relacionadas com a divulgação de tecnologias ou de soluções técnicas aplicáveis aos transportes e de debate de projectos específicos estruturantes e/ou estratégicos para o país, quer na área dos transportes quer nas áreas da logística ou da mobilidade.

A ADFER publica também a Revista FER XXI, meio de comunicação com ampla divulgação no sector dos transportes, nomeadamente dos seus quadros técnicos, a qual é utilizada para divulgação das temáticas tratadas nas sessões públicas, para a publicação de artigos técnicos sobre matérias relevantes para os transportes e ainda como meio de divulgação das empresas que são sócias beneméritas.

Por norma promove-se ainda anualmente a realização de um Congresso cuja temática é seleccionada em sintonia com matérias estratégicas para o país ou relativas a projectos estruturantes, como é o caso do transporte ferroviário de alta velocidade, a logística ou a mobilidade urbana.

A ADFER possui também site próprio (www.adfer.pt) onde se encontram descritas as actividades da Associação, bem como as posições assumidas pela sua Direcção quanto a temas ou decisões com influência na política de transportes. Também podem ser consultadas no site as apresentações realizadas pelas personalidades convidadas nas sessões temáticas promovidas pela associação.

Desde Janeiro de 2006 que a Associação possui sede própria, situada na Alameda dos Oceanos, próxima da Gare do Oriente e do Oceanário em Lisboa.

NOVOS CONTACTOS DA ADFER:

tel: 21 014 03 12 fax: 21 014 03 06 geral@adfer.mail.pt Alameda dos Oceanos, Lote 1.02.1.1 T 31 1990-207 Lisboa

SIEMENS
KRAUSSMAFFEI
SOREFAME

EFACEC
Serviços de Manutenção e Assistência, S.A.

Foles da Costa (Eng.º)
Administrador

Mais de 20 anos de experiência, em actividades de manutenção de equipamentos e sistemas ferroviários, permitiram à EFACEC aperfeiçoar e optimizar a sua estrutura, tanto em termos de qualificação e profissionalização das suas equipas como da adequação dos meios logísticos de suporte.

1. INTRODUÇÃO

O Grupo EFACEC desenvolve várias actividades no domínio dos sistemas de transporte, nomeadamente ao nível das infra-estruturas (instalações fixas de energia eléctrica). Os fornecimentos que tem efectuado, ao longo das últimas três décadas, para operadores ferroviários e de metropolitanos, em áreas como a energia, a sinalização, as telecomunicações e supervisão e controlo, revelam a importância dessas actividades.

Desde os primeiros fornecimentos, a EFACEC preocupa-se em prestar um serviço global ao cliente, ao longo de todo o ciclo de vida dos equipamentos e sistemas. O papel de fornecedor estende-se assim ao de prestador de apoio ao cliente e de manutenção.

A actividade de manutenção abrange equipamentos e instalações, fornecidos e instalados pelas empresas do Grupo EFACEC, bem como outros equipamentos que, não tendo sido fornecidos ou instalados pela mesma, estão directamente relacionados com estes e incluídos em contratos de manutenção estabelecidos com as entidades exploradoras dessas instalações.

Este tipo de posicionamento permite, por um lado, a rentabilização da actividade de manutenção (profissionalização das equipas) e, por outro, que o cliente concentre a sua actividade comercial na operação.

Entre os equipamentos e instalações em que normalmente actuamos encontram-se as instalações fixas de tracção eléctrica (Subestações de Tracção em Corrente Alternada e em Corrente Contínua, Postos de Catenária, entre outras), Sistemas de Telecomando e Controlo de Subestações, Aparelhagem em Plena Via e Sistemas de Passagens de Nível.

2. CARACTERÍSTICAS DA MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA

As redes ferroviárias, enquanto infra-estruturas que envolvem avultados investimentos, exigem que a sua disponibilidade operacional se verifique vinte e quatro horas por dia, trezentos e sessenta e cinco dias por ano. No entanto, disponibilidades de 100% são impossíveis, pelo menos sem o recurso a sistemas redundantes que acarretam obviamente custos acrescidos, bastante onerosos quando se trata de sistemas desta envergadura. O objectivo é, por isso, optar-se por soluções que possibilitam a disponibilidade operacional das instalações o mais elevada possível.

Deste modo e para além da necessidade de se optimizarem os tempos de intervenção e de se planearem, para os períodos de menor tráfego, as actividades de manutenção que colidam com a disponibilidade operacional das vias, é importante coordenar as diversas actividades no sentido de aproveitar os tempos de indisponibilidade, induzidos por uma área de intervenção, para a realização de trabalhos de outras áreas na mesma localização. Os tempos de indisponibilidade operacional dos diversos troços são, neste caso, reduzidos ao máximo.

Uma vez que os orçamentos destinados ao funcionamento das instalações são cada vez mais reduzidos é prioritário efectuar estudos de avaliação técnico-económica que ponderem as opções de manter ou substituir equipamentos e instalações que entretanto se tornaram obsoletos ou cujos custos de exploração são superiores aos de outros disponíveis no mercado.

Conjuntamente com estes factores devem existir equipas, com conhecimentos de RCM, que procedam sistematicamente à análise de falhas (para que se possam redefinir os programas de manutenção das instalações e equipamentos) e à introdução de alterações que previnam a ocorrência de interrupções intempestivas no funcionamento dos programas de manutenção.

3. MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS DE ENERGIA DE TRACÇÃO

Na área das instalações eléctricas de energia de tracção, a EFACEC presta, desde 1998, diversos tipos de serviços de manutenção (preventiva, correctiva e curativa) para o departamento de Catenária e Energia de Tracção da Rede Ferroviária Nacional (REFER).

Seguem-se os sistemas de energia de tracção sobre os quais incidem os trabalhos de manutenção da EFACEC.

- **Subestações de tracção**
  Servem de base à transformação da tensão eléctrica recebida da empresa distribuidora (EDP ou REN, a 63, 150 e 220 kV) para posterior alimentação à catenária na devida tensão eléctrica (25KV). No caso da Linha de Cascais, a catenária é alimentada a 1500 V cc, a partir da rede da EDP-Distribuição a 10 kV.
- **Postos de Catenária, em plena via e estação**
  Conjunto de elementos que servem de base ao corte, protecção, controlo e comando eléctrico, à distância, da catenária; a partir de um edifício próprio ao longo da via ou de sala técnica em estação.
- **Postos de autotransformação**
  Semelhantes aos postos de catenária, utilizam o sistema de electrificação 2x25 kV que se destina a minimizar as quedas de tensão da catenária (de existência na linha da Beira Alta).
- **Transformadores, em plena via, de sinalização e alimentação**
  Tal como as subestações, servem de base à transformação da tensão eléctrica recebida da catenária (25 kV) para posterior alimentação das instalações de baixa tensão (231 V), tais como os postos de catenária e as salas técnicas de estação. Incluem-se ainda equipamentos de sinalização de via que funcionam no caso da EDP falhar a alimentação aos mesmos.

As acções de manutenção abrangem todo o equipamento eléctrico de alta, média e baixa tensão (AT, MT e BT) e compreendem, de uma forma geral, o controlo, medida, ajuste e limpeza dos equipamentos eléctricos e mecânicos e pequenas reparações e/ou substituições de componentes e/ou equipamentos.

A manutenção corrente consiste num conjunto de actividades requeridas para fornecer um sistema, para uso público, agradável, estético e limpo, como inspecções de rotina e ensaios concebidos para identificar qualquer anomalia no equipamento.

A manutenção preventiva, cuja detecção de anomalia origina uma acção, se possível imediata, de manutenção correctiva; engloba a Inspecção e Verificação do estado geral dos equipamentos. As actividades, especificamente desempenhas em intervalos de tempo, são requeridas para manter o sistema em funcionamento, respeitando os níveis de segurança, conforto e fiabilidade prescritos.

A manutenção correctiva engloba qualquer medida ou reparação tornada necessária devido a avaria (falha de um componente do sistema, por exemplo) e à descoberta de condições não satisfatórias durante uma inspecção ou como resultado de circunstâncias adversas que afectem a normal operação do sistema. As actividades correctivas são efectuadas de forma prioritária, tendo em vista a manutenção da disponibilidade do serviço do sistema.

O recondicionamento diz respeito a qualquer medida ou reparação correctiva que deriva do uso normal do sistema (pintura, reinstalação ou repavimentação, entre outras).

Outras manutenções são as actividades de manutenção de instrumentos, ferramentas, equipamento, mobiliário e sistemas de processamento automático de dados, em particular os sistemas de tempo real. As actividades de actualização e manutenção da documentação de suporte são desenvolvidas à medida que vão sendo necessárias.

As actividades de manutenção a desenvolver no âmbito da prestação de serviços e o seu modo de execução são submetidas à aprovação do Cliente. Todos os trabalhos são também executados em harmonia com a legislação em vigor, proveniente de instruções Técnicas e Regulamentos de Segurança internos da REFER/INTF e outros da DGGE e cumprem todas as indicações transmitidas pela sua fiscalização.

Periodicamente são efectuados relatórios que discriminam todos os trabalhos executados e respectivas datas de execução e as avarias verificadas e consequentes operações de reparação efectuadas, tempos de intervenção e análise de causas prováveis para a ocorrência das mesmas.

Ao longo de toda a execução dos trabalhos são observadas as disposições legais e regulamentares sobre gestão ambiental e sobre segurança e medicina no trabalho, doenças profissionais, acidentes de trabalho e prestação de assistência médica ao pessoal envolvido.

Com zonas de intervenção bem definidas e disponíveis todo o ano, todos os dias, nove equipas da EFACEC, espalhadas pelo país, garantem a execução deste contrato.

4. SEGURANÇA

O equipamento aéreo das instalações eléctricas da energia de tracção (catenária, *feeders*, cabos de alimentação, barramentos dos postos de catenária e afins) é alimentado por um sistema monofásico de 25.000 V/50 Hz (com excepção do da Linha de Cascais que é alimentado em 1.500Vdc) cujo emprego requer compreensivelmente cuidados especiais e rigorosos em caso de trabalhos nas instalações ou na proximidade das mesmas.

Características como as que se seguem estão na origem dos perigos.

- A utilização de elevada tensão de alimentação
- A utilização do carril como meio de retorno da corrente de tracção pode originar tensões eléctricas
- A indução electromagnética, fenómeno sobejamente conhecido que resulta da presença de correntes alternadas, produz, nas instalações vizinhas (v. g. carris, linhas aéreas e cabos de transmissão, estruturas metálicas) elevadas forças electro-motrizes que dependem de factores como a intensidade da corrente a circular nos condutores, o comprimento do paralelismo e distância entre a instalação vizinha e a instalação de tracção
- A influência electrostática, que resulta da presença de tensões eléctricas, origina, nas instalações vizinhas, elevadas diferenças de potencial de acordo com a tensão da instalação, as distâncias relativas entre a instalação de tracção, o solo e o elemento metálico que sofre influência, entre outros factores

Conhecidos os perigos afectos à execução de trabalhos na proximidade do equipamento aéreo das instalações de tracção eléctrica, os acidentes poderão resultar de contactos acidentais com as instalações em tensão que, enquanto sede de fenómenos indutivos e electrostáticos, pode projectar arcos eléctricos de entre as partes em tensão e as partes ligadas à massa (qualquer parte de corpo humano, extremidade de ferramenta ou aparelho - de qualquer material - quando não convenientemente isolados). Este acidente acontece quando, desrespeitadas as distâncias mínimas de isolamento, as partes ligadas à massa se aproximam em demasia das partes em tensão.

A magnitude dos riscos eléctricos obriga, portanto, a uma cuidada integração das medidas de prevenção no planeamento e na organização prévia do trabalho e à sua adequada implementação durante a realização dos trabalhos.

Tendo em consideração a necessidade de se articular a segurança dos trabalhos e das circulações com os constrangimentos criados à exploração ferroviária, torna-se premente dispor de referenciais para a análise de tais riscos e para o planeamento de medidas preventivas que os eliminem ou reduzam para níveis aceitáveis.

A medida primária para a execução de trabalhos de conservação e repa-ração de equipamentos de corte e seccionamento da catenária, assim como quaisquer outros trabalhos que impliquem a aproximação directa ou indirecta a uma distância inferior a dois metros das partes das instalações fixas de tracção eléctrica em tensão, é então a obrigato-riedade de realização de um corte de tensão.

Às Subestações de Tracção, Postos de Catenária e restante aparelhagem das instalações fixas de tracção, a EFACEC aplica não só as normas de segurança e os regulamentos em vigor como também a própria documentação de segurança do Cliente (Regulamentos Gerais e Instruções Técnicas diversas) para intervenção nas suas áreas.

Como resultado da sua experiência neste tipo de sistemas e interessada em alcançar o máximo de segurança em trabalhos de intervenção próximos de catenária electrificada, a EFACEC criou procedimentos de identificação de perigos e de avaliação e controlo de riscos.

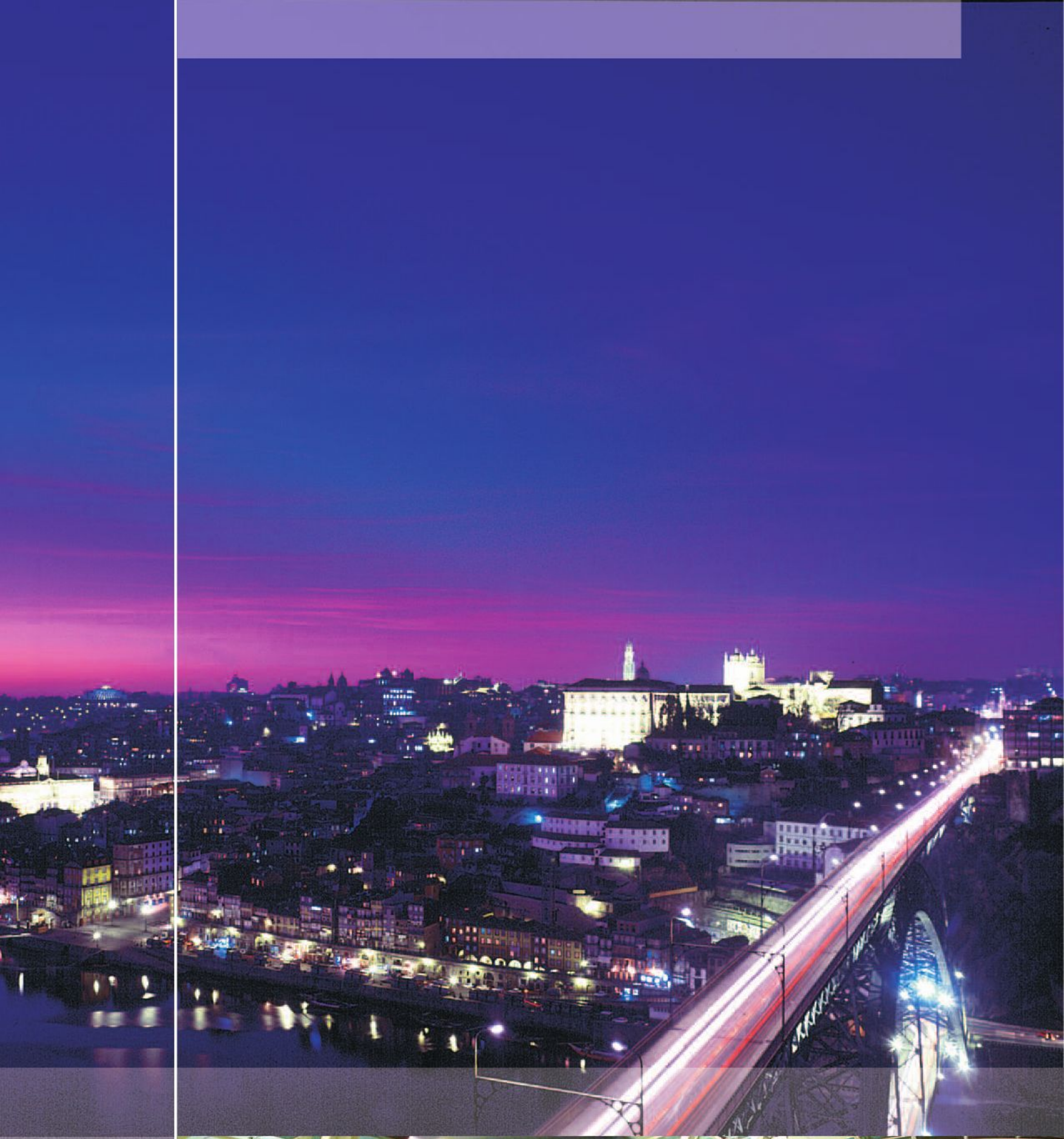
5. GESTÃO E COORDENAÇÃO

A Gestão e Coordenação das equipas compreende, para além de assegurar uma formação contínua dos seus técnicos, a elaboração de planos de manutenção, a planificação das intervenções, a execução de trabalhos técnicos, o controlo de execução, a gestão de *stocks* e as demais tarefas administrativas conexas. Efectuada a partir da EFACEC, as tarefas de gestão e coordenação contam com um suporte informático e técnicos especializados para a consecução maiores operacionalidade, funciona-lidade, eficiência e segurança. Objectivo "Assegurar que todos os equipamentos e sistemas instalados cumpram as funcionalidades e requisitos para que foram especificados" atingido.

No âmbito da manutenção integrada e com o objectivo de fornecer um serviço de qualidade que focalize o cliente na operação, nasceu a S2M. Resultado da cooperação da EFACEC com a TRANSDEV, a S2M, enquanto sociedade de manutenção, intervém em actividades de instalações fixas ferroviárias e de transportes urbanos.

6. CONCLUSÃO

A EFACEC assume o compromisso da Qualidade perante o Cliente, mediante o recurso ao trabalho em equipa, aliado a procedimentos tornados possíveis pela melhoria contínua dos processos (assente na definição de indicadores para as diversas fases da sua prestação); ao aperfeiçoamento profissional permanente e a uma avaliação crítica, efeito da sua actuação neste mercado há vários anos.



Metro do Porto: tecnologia nacional num projecto de referência mundial

Pedro Pinto (Eng.º)
Director Comercial - Metros

As zonas urbanas do Porto, Gaia, Matosinhos, Maia, Trofa, Vila do Conde e Póvoa de Varzim mudaram irreversivelmente, tal como refere o arquitecto Eduardo Souto Moura (um dos obreiros dessa mudança), "não (...) por vontade própria ou por decretos políticos, mas pela emergência de sistemas necessários à sua sobrevivência e ao seu desenvolvimento".

O PROJECTO "METRO DO PORTO"

Considerado, desde o seu início, um marco emblemático no panorama dos sistemas de transportes em Portugal, o projecto do Metro do Porto concentrou sobre si todos os mediatismos públicos (ainda não totalmente esgotados). A importância deste projecto ficou a dever-se fundamentalmente a dois factores.

- Dimensão: o concurso para a construção do Metro do Porto foi, aquando do seu lançamento, a maior obra pública licitada em todo o espaço económico europeu
- Inovação: o Metro do Porto foi o primeiro sistema de metro ligeiro a ser projectado em Portugal e o primeiro sistema de transportes integrado pensado para a região do Grande Porto (até então apenas servida por antiquados, deficitários e pouco estruturados transportes rodoviários e ferroviários)

Não obstante toda a polémica, atrasos, retrocessos e avanços, o Metro do Porto foi ganhando forma e com ele uma significativa alteração urbanística em toda a área envolvente tocada, directa ou indirectamente, pelo seu traçado. Aliás, na época da sua construção, esta intervenção no urbanismo urbano, causada pelos sistemas de metros ligeiros, não eram desconhecidos (veja-se, entre outros, o caso de Estrasburgo). No entanto, a dimensão deste projecto, a diversidade de "paisagens" servidas (de densamente urbanas até claramente rurais) e a elevada qualidade dos projectos arquitectónicos e construtivos (nos quais intervieram alguns dos mais reconhecidos arquitectos nacionais) tornaram, actualmente, o Metro do Porto uma referência e um caso de estudo mundial nos domínios do desenho e projecto de sistemas de metros ligeiros.

O Metro do Porto tem vindo, também, a alterar, de forma significativa, os conceitos de mobilidade em toda a zona urbana do Grande Porto. Esta alteração é consequência não só da existência do próprio sistema de metro, mas também, e principalmente, da introdução de um novo conceito: a intermodalidade (garantida através da utilização de um único título de transporte para as viagens realizadas em toda a área metropolitana), uma inovação marcada no panorama dos sistemas de transportes portugueses.

O Metro do Porto tornou a segunda maior cidade de Portugal na primeira cidade portuguesa, segunda ibérica (a seguir a Madrid), a poder contar com uma rede de transporte metropolitano plenamente integrada com os sistemas de transporte aéreo e ferroviário (ligação ao Aeroporto Internacional Francisco Sá Carneiro e às Estações Ferroviárias de Campanhã e S. Bento).

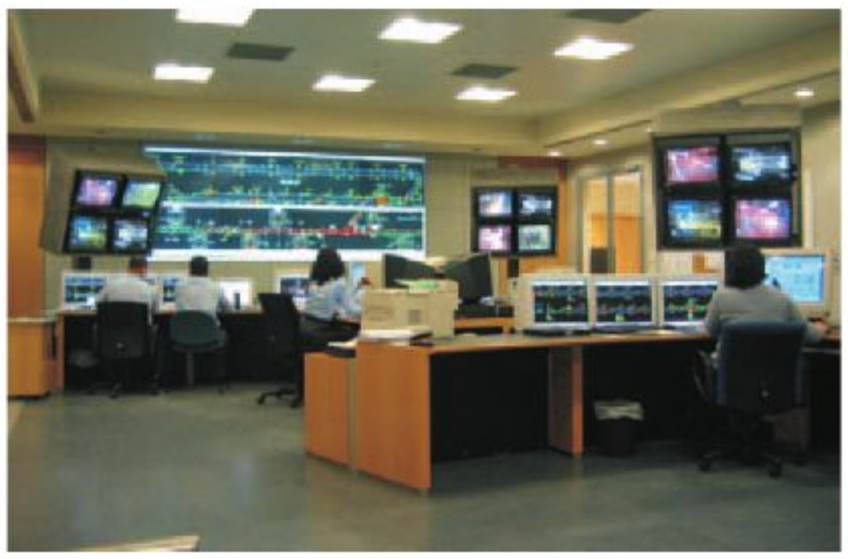
Actualmente, e após a mais recente inauguração da Linha Violeta, a rede do Metro do Porto conta com cinco linhas, ao longo de 60 km de via dupla (dos quais 6,3 em túnel), 68 estações (das quais 15 subterrâneas) e um Parque de Materiais e Oficinas. O sistema cobre uma área de mais de 300 km2 e serve uma população de mais de 1,5 milhões de pessoas.

A EFACEC NO METRO DO PORTO

A participação da EFACEC neste importante projecto começou ainda na fase de proposta e, fruto do seu alargado leque de soluções tecnológicas no domínio dos sistemas para transportes, materializou-se em diversos contratos realizados com várias empresas do Consórcio Normetro (destacamos a *Balfour Beatty*

Rail, a *Bombardier Transportation* e a *TRANSDEV*). Fruto dos seus contratos *back-to-back*, estabelecidos com os principais *main contractors*, a EFACEC assumiu assim, a responsabilidade de fornecer toda a componente electromecânica, incorporando um elevado conjunto de produtos nativos e soluções desenvolvidas "à medida" das especificidades do sistema.

Neste momento, qualquer utilizador do sistema do Metro do Porto cruza-se diariamente com diversos sistemas e produtos desenvolvidos, fabricados, instalados e testados pela EFACEC, incluindo alguns dos componentes mais críticos para a operação e segurança da rede. Destacamos a seguir alguns dos fornecimentos mais importantes:



- **Energia**
  Toda a rede de alimentação de 15 kV, as subestações de tracção, os postos de transformação, as instalações de iluminação e de força motriz das estações, os sistemas de securização de energia (*UPS*'s e rectificadores) e a montagem da catenária. São de fabrico EFACEC todos os transformadores utilizados na rede (de tracção, dos serviços auxiliares das subestações de tracção e os de potência dos postos de transformação) e o Sistema de Controlo e Telecomando de Energia das subestações e da catenária (SCADA), que controla toda a rede de energia assim como uma subestação móvel de tracção.

- **Telecomunicações**
  A EFACEC projectou, forneceu e instalou toda a infra-estrutura de comunicações por fibra óptica e o respectivo equipamento activo (sistemas de transmissão digital), as redes de dados locais, as redes telefónicas de operação e de emergência e o sistema de rádio de dados, que permite a transmissão de informações entre o Centro de Comando e cada um dos veículos. Todas estas redes oferecem uma elevada disponibilidade e redundância, garantido uma interligação fiável e segura de todos os equipamentos instalados na rede.

- **Segurança**
  Todas as passagens de nível da rede do Metro do Porto (à semelhança do que acontece na rede ferroviária da REFER - Rede Ferroviária Nacional) são de projecto e fornecimento integrais da EFACEC. O mesmo acontece com o sistema de Videovigilância digital, fornecido para assegurar uma vigilância permanente de todas as estações e outros pontos críticos da rede (cruzamentos rodoviários ou passagens de nível) e que permite a visualização e gravação de todas as imagens da rede.

- **Ambiente**
  A EFACEC forneceu, como garantia de melhores condições ambientais, os sistemas de ventilação das estações enterradas, de desenfumagem das estações e túneis e de bombagem das estações e passagens desniveladas. No que diz respeito aos sistemas de detecção e combate a incêndios, forneceu as redes de combate a incêndios dos túneis e estações, os sistemas de detecção de incêndio nos locais técnicos e estações enterradas e os sistemas de extinção de incêndio nos elevadores e escadas rolantes.

- **Sistemas de Atenção ao Cliente**
  Todos os sistemas de atenção ao cliente, desde o sistema de bilhética (totalmente baseado em tecnologia sem contacto) até aos sistemas de informação ao passageiro (visual e sonora) que permitem uma exploração comercial do sistema com base na previsibilidade e garantia de fornecimento de um serviço de transportes de qualidade, são fornecidos pela EFACEC.

- **Centro de Comando**
  Coração de toda a operação do sistema do Metro do Porto, o Centro de Comando incorpora diversas soluções de controlo e comando, integralmente desenvolvidas pela EFACEC desde o sistema de gestão técnica centralizada (responsável pela recolha de todos os alarmes provenientes de todos os equipamentos da rede), aos sistemas de controlo das redes de gestão de energia (SCADA), vídeo e informação ao público).

- **Manutenção e Assistência**
  Os serviços de manutenção e assistência de todos os sistemas fornecidos são realizados pela S2M, empresa participada pela EFACEC e *TRANSDEV*

DADOS TÉCNICOS

ENERGIA	
Subestações de tracção	33, das quais uma móvel
Rectificadores de tracção	622 Vca / 750 Vcc; 1500 kW; Redundância de semicondutores; Protecção de interligação; Tensão de isolamento para 8500 Vcc
Potência total instalada	57 MVA
Catenária	750 Vcc; 120 km
Postos de Transformação	13
Grupos Geradores	Duas (1,6 kW e 0,8 kW)
Rede MT	Anel de 15 kV; 270 km
Rede BT	Iluminação e tomadas para serviços auxiliares Securização com UPS's Rectificadores e Carregadores de Baterias
Telecomando de Energia	33 Unidades Remotas CLP500
TELECOMUNICAÇÕES	
Transmissão	Três anéis SDH @ 155 Mbps sobre fibra óptica Rede de acesso a 2 Mbps - MUX2000 Rede de rádio UHF para comunicações de dados entre Veículo e Terra
Comunicações	Telefonia de emergência, com telefones de túnel e de plataforma Telefonia operacional, com telefones nas estações e zonas técnicas
SEGURANÇA	
Passagens de nível	64; 100% automatizadas
Vídeo	450 câmaras localizadas nos locais mais importantes da rede Gravação centralizada, manual ou *event-driven*
AMBIENTE	
Incêndios	Detecção e extinção de Incêndios nos locais técnicos, estações, túneis e elevadores
Ventilação e desenfumagem	Ventilação de estações enterradas Desenfumagem de estações e túneis Bombagem de estações e passagens desniveladas
SISTEMAS DE APOIO AOS PASSAGEIROS	
Informação ao Passageiro	130 painéis de informação 1100 altifalantes; Sistema automático de mensagens sonoras e visuais, com interligação ao sistema de sinalização Música ambiente nas estações enterradas
Bilhética	100% sem contacto, integrado; 170 Máquinas de Venda; 250 Obliteradores
SISTEMAS DE APOIO AOS PASSAGEIROS	
Supervisão Técnica	132 Unidades Remotas (CLP500 e URR) para recolha de dados e alarmes de todos os subsistemas
Telecomando de Energia e Supervisão Técnica	SCATEX
Comunicações, Informação ao Público e Vídeo	INOSSv2

CONCLUSÃO

A história do Metro do Porto não terminou com a inauguração da última das linhas previstas, ainda mais porque se trata de um projecto ainda muito novo. As tão comentadas novas linhas de Gondomar, Gaia e Boavista, associadas às necessárias modernizações tecnológicas de alguns dos sistemas já instalados, são os actuais desafios deste projecto.

A EFACEC, para além da necessidade de assegurar a manutenção e expansão de todo o sistema, assume como principal desafio replicar, em outros projectos nacionais e internacionais, as experiências e o "saber-fazer" adquiridos neste grandioso projecto, que, entre outras coisas, provou cabalmente a existência, no panorama tecnológico nacional, de competência, inovação e competitividade de produtos e soluções desenvolvidos por empresas nacionais para o exigente mercado dos transportes.

"O Metro do Porto foi o primeiro sistema de metro ligeiro a ser projectado em Portugal e o primeiro sistema de transportes integrado pensado para a região do Grande Porto"

A Gestão do Contrato do Metro do Porto na Efacec

Vaz de Carvalho (Eng.º)
Coordenador / Director Geral do Consórcio EFACEC para o Metro do Porto

"O espírito humano é uma luminescência colectiva, não pode ser entendido individualmente."

Konrad Lorenz, *in* "O futuro está aberto"

A PARTICIPAÇÃO EFACEC NO PROJECTO METRO DO PORTO

No dia 27 Maio de 2006 foi oficialmente inaugurada a ligação do Metro do Porto até ao Aeroporto Sá Carneiro (Linha Violeta). Completava-se assim a primeira fase deste grande empreendimento. Para trás no tempo ficavam as entradas em serviço das restantes linhas Azul, Amarela, Verde e Rosa; um complexo criado de raiz, com inegável relevância à escala internacional, cujas dimensões podem ser avaliadas por algumas prestações da EFACEC que a seguir enunciamos.

- 66 estações de superfície com diversos tipos de construção
- 13 estações enterradas (ou equivalentes)
- 34 subestações de tracção (1 móvel)
- Montagem de 140 km de catenária
- 240 km de cabo unipolar MT de 15 kV, 1x120 mm2
- 197 km de cabo de fibra óptica
- 99 URT's (unidades remotas de telecomando)
- 109 UPS's (sistemas de alimentação socorrida)
- 144 armários de telecomunicações do tipo MUX2000
- 68 ventiladores de túneis e estações
- 20 estações de bombagem
- 127 painéis de informação ao público
- 45 centrais de detecção de incêndio.
- Outras

Todavia, não foram apenas os números que definiram a complexidade deste empreendimento. O contrato incluía não só a concepção, o projecto básico e de detalhe, fornecimentos, montagem, ensaios simples e integrados dos diversos sistemas, mas também a entrada em serviço, operação e manutenção.

A EFACEC assumiu um papel de destaque em todo este processo devido aos contratos que estabeleceu com diversas empresas do consórcio adjudicatário, a Normetro. Sublinhamos o mais relevante, com a *Balfour Beatty Rail (BBR)*, na base de *back-to-back*, isto é, assente, no âmbito dos trabalhos, nos mesmos direitos e deveres que decorriam do contrato do Metro do Porto com a Normetro. Além da *BBR*, assinámos também contratos com a *Bombardier Transportation*, executámos trabalhos para a Transmetro e participámos na manutenção e operação com a Transdev. Importa ainda referir, no caso da linha para o Aeroporto Sá Carneiro, a adjudicação directa do Metro do Porto para os sistemas de Telecomunicações, Rádio de Voz e de Dados, Média Tensão, Distribuição de Iluminação e Energia, Semaforização, Ventilação e Ar Condicionado; e a montagem da catenária, enquanto subempreiteiros do ACE - Somague e Soares da Costa.

Expomos, de seguida e de forma simplificada, a participação do Grupo EFACEC no empreendimento do Metro do Porto:

- Rede de 15 kV, subestações de tracção (SET's), postos de transformação, instalações de iluminação e força motriz das estações (incluindo os caminhos gerais de cabos nas estações enterradas) e montagem da catenária (projecto *BBR*)
- Sistema de Controlo e Aquisição de Dados (*SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition*), URT's, equipamento da sala de comando, UPS's, rectificadores de tracção, rede de fibra óptica. Passagens de nível e, na Linha do Aeroporto, também Sinalização Ferroviária
- Sistemas de transmissão, videovigilância,

sonorização e informação ao público, rede telefónica, bilhética e sistema de rádio de dados

- Sistemas de ventilação das estações subterrâneas e subestações, desenfumagem das estações subterrâneas e túneis, rede de combate a incêndios dos túneis e estações, bombagem de estações e passagens desniveladas e ar condicionado nos locais técnicos de Telecomunicações
- Sistemas de detecção de incêndio nos locais técnicos, estações subterrâneas e subestações; sistemas de extinção de incêndio nos elevadores e escadas rolantes; e fornecimento de painéis de informação ao público
- Transformadores de tracção, transformadores de serviços auxiliares das SET's e transformadores de potência dos postos de transformação
- Manutenção e assistência aos sistemas de fornecimento EFACEC, em colaboração com as demais empresas e em parceria com a Transdev na empresa S2M

Como seria de esperar, as exigências associadas a este contrato excederam aquelas que são as expectativas usuais. Referimo-nos, por exemplo, a aspectos inovadores como os cálculos de *RAMS* (*Reliability, Availability, Manutibility, Safety*) a serem considerados no projecto-base dos sistemas, e à realização dos estudos de ventilação e desenfumagem das estações subterrâneas e túneis e análise das respectivas estratégias de segurança em caso de incêndio, mediante modelos matemáticos com as equações fundamentais da mecânica de fluidos. Apesar da sua grande dimensão, o projecto Metro do Porto não se revestiu apenas de importância quantitativa. As suas elevadas exigências nos campos da qualidade, segurança e funcionalidade puseram à prova a plena capacidade de realização da EFACEC. Devemos pois orgulharmo-nos da competência técnica demonstrada e da experiência comprovada dos nossos colaboradores e da capacidade das empresas do Grupo funcionarem com base em parâmetros exigentes de uma gestão bastante complexa, dado o número de intervenientes e sistemas, quer internos quer externos. E mais, por termos sido bem sucedidos.

O CONSÓRCIO EFACEC

Como consequência das características deste complexo empreendimento, a EFACEC adoptou formas organizativas adequadas. Em primeiro lugar foi necessário incutir em todos os intervenientes a partilha de uma visão comum, tal como definida pela Administração, visão a partir da qual se estabeleceram as políticas e estratégias essenciais à prossecução dos objectivos contratuais e empresariais. Havia, portanto, que garantir o perfeito alinhamento das orientações de todas as empresas EFACEC envolvidas e a coordenação e integração de esforços com vista à optimização económica. Constituiu-se assim o Consórcio das Empresas do Grupo EFACEC para as prestações no Metro do Porto. O seu órgão máximo era a Comissão de Orientação e Fiscalização (COF) constituída por elementos da Administração e pelo Coordenador/Director Geral do Consórcio. O consórcio foi ainda dotado de um Gabinete de Coordenação com as funções de o representar, de defender os interesses do grupo, organizar, verificar e integrar o trabalho das empresas, facilitar a cooperação entre as mesmas e garantir o sucesso deste projecto. Os responsáveis pela gestão corrente dos contratos foram incumbidos das áreas de projecto, montagem, gestão das alterações, qualidade, planeamento e do apoio administrativo e financeiro.

O objectivo da coordenação foi sempre e, em primeiro lugar, procurar consensos que não colocassem em risco os objectivos do Grupo. Era preciso, por isso, que os objectivos e compromissos assumidos fossem claros e do conhecimento geral de todos. E atendendo a que "*numa empresa se todos tiverem a mesma informação decidem da mesma maneira*" (*Jack Welch*), zelou-se constantemente pela manutenção de fluxos de comunicação efectivos entre todos.

O tipo de organização instituída foi a matricial, aligeirada e flexível, mas que, desde logo, nos pareceu ser a mais adequada à situação em questão. Este modelo tira partido da sua flexibilidade, adaptando-se às diferentes velocidades imprimidas pela evolução do projecto e aproveitando as capacidades técnicas e a gestão de tempo dos diversos intervenientes; e é funcional, pois estabelece níveis de delegação de poderes e de responsabilidades que facilitam a gestão de interfaces e a coordenação de actividades.

Inevitavelmente o êxito desta forma de organização depende da existência de uma relação saudável ao nível do topo, uma vez que cada pessoa reporta, em simultâneo, ao coordenador e ao seu superior hierárquico. No entanto, podem também ocorrer dificuldades associadas a falhas de comunicação, por vezes difíceis de assegurar quando existem, por exemplo, múltiplas interligações e interfaces.

A superação destas dificuldades competiu, no essencial, ao Gabinete de Coordenação cuja actividade se pautou sempre por uma gestão rigorosa no interesse de todas as empresas, no estabelecimento da comunicação entre todos os participantes e por um sólido espírito de equipa. Apesar da complexidade e das dificuldades inerentes a projectos desta envergadura e resultado da gestão posta em prática pela EFACEC, os objectivos e desafios que nos foram propostos foram superados com sucesso.

EXECUÇÃO DO CONTRATO

Dada a interdependência entre as diferentes empresas envolvidas neste projecto e a existência de múltiplos interfaces com outras empresas, a falta de ligação, de troca de informações e de coordenação ter-se-ia evidenciado através de atrasos e perturbações de funcionamento. Tal não aconteceu porque, para além dos prazos de que dispúnhamos para o trabalho em estaleiro terem sido reduzidos, efectuámos um forte investimento

de tempo no projecto, na preparação do trabalho, na integração e revisão dos projectos e na preparação do trabalho de instalação.

Destacamos, neste contexto, as diversas fases deste processo.

Projecto

O número total de documentos de projecto realizados pela EFACEC (descrições gerais, especificações técnicas, notas de cálculo, pesos e negativos, projectos preliminares, projectos de detalhe, projectos "bom para execução", *as-built*) atingiu os 10.000. Seguem-se as várias etapas desta actividade.

Projecto base

Consistiu na concepção dos diversos sistemas (*SCADA*, MT e BT, transmissão, telefones, informação ao público, ventilação e desenfumagem, detecção de incêndio, entre outros) e na emissão dos documentos de Descrição Geral de cada sistema, após respectiva elaboração e análise com os nossos clientes directos e promoção da sua aceitação pelo cliente final (Metro do Porto), seus consultores e Fiscalização.

Acompanhamento das soluções de arquitectura.

Se no processo de consulta havia dois tipos de referência para estações enterradas, M1 e M3 - "*cut and cover*" e "mineiras", em presença das condições reais verificadas no terreno, passaram a existir 12 diferentes (além da do Estádio do Dragão), cada uma com um projecto arquitectónico e estrutural específico.

Com repercussões evidentes ao nível da concepção da arquitectura e de interfaces com os sistemas electromecânicos, esta fase revelou-se extremamente complexa. De facto, para assegurar o projecto de arquitectura e de estruturas de construção civil, tivemos de fornecer diversos elementos, tais como pesos e dimensões dos equipamentos e requisitos quanto a negativos nas paredes e lajes, para colocação dos equipamentos e passagem de cabos. Só depois recebemos elementos para projectarmos os nossos sistemas, isto é, que verificaram se, dos pontos de vista técnico-económico e regulamentar, as soluções da construção civil e arquitectura eram exequíveis e aceitáveis.

Terminado este processo, o projecto preliminar foi elaborado e sujeito à análise da Normetro e uma nova revisão do projecto de arquitectura integrando todas as especialidades emitida. Para além desta circunstância foi preciso garantir internamente a perfeita compatibilização e integração dos diversos sistemas EFACEC, nos seus múltiplos interfaces internos e externos. O projecto de detalhe da instalação em causa pode então ser preparado.

Projecto de detalhe da instalação

Correspondeu à elaboração dos elementos necessários à execução dos trabalhos de montagem, com indicação da localização dos equipamentos, traçados de cabos, esquemas de ligações, etc.

Instalação

Para o conjunto das empresas EFACEC efectuámos cerca de 1.000.000 de Horas/Homem de montagem e ensaios, realizadas com períodos de ponta muito críticos que nos colocavam graves problemas na execução da montagem e ensaios. Além disso, dado que a entrada em operação do Metro implicava vistorias prévias da DGE e do INTF, os sistemas tinham de estar operacionais e as condições de segurança garantidas. Os aspectos da montagem e ensaios comprovaram a gestão eficaz do contrato, pois se os diferentes sistemas não tivessem sido devidamente coordenados e compatibilizados não nos era sequer possível cumprir os prazos de projecto e de montagem. Os curtos prazos foram ainda cumpridos dada a boa ligação e coordenação com os nossos clientes e, de uma maneira geral, com a Normetro. A maximização do avanço global da obra e uma minuciosa gestão de interfaces e impedimentos foi conseguida mediante o acompanhamento detalhado das actividades de todos os intervenientes. Caso a caso foram definidas prioridades e sequências de trabalho mais vantajosas, tendo em vista o melhor aproveitamento quer dos tempos quer dos espaços.

Por sua vez, para garantir os prazos parciais e finais requeridos tanto pelo cliente final como por outros participantes na obra, a EFACEC colocou em prática adequados processos de planeamento e controlo do avanço dos trabalhos.

Ao nível da instalação, a EFACEC reflectiu um elevado sentido de organização e mobilização das suas equipas, em particular o profissionalismo e a motivação dos seus técnicos, encarregados e operários.

Ensaios

A fase de ensaios exigiu um planeamento muito rigoroso que, resultado das contingências e do número de entidades envolvidas, foi evoluindo progressivamente, de acordo com as necessárias adaptações.
A EFACEC realizou dois tipos de ensaios em obra: os ensaios simples e os ensaios integrados.

Ensaios Simples

Ensaios que testavam o funcionamento de cada sistema por si. O planeamento elaborado englobava, para além do PIE a aplicar, a sequência de actividades e os condicionamentos e interfaces entre os diversos ensaios, designadamente a necessidade de energia fiável para os ensaios de telecomunicações.

Ensaios Integrados

Coordenados, ao nível da Normetro, pela *BBR*, estes ensaios eram realizados com sistemas que mantinham interfaces entre si, de modo a demonstrar o correcto funcionamento da solução integrada.

Também para este tipo de ensaios, a EFACEC concebeu um planeamento, apresentado ao coordenador de ensaios da Normetro, com a indicação do PIE a aplicar, da sequência de actividades e dos condicionamentos e interfaces entre os diversos ensaios.

No sentido de resolver algumas dificuldades iniciais, a EFACEC preparou um procedimento para ensaios que definia, para cada caso, a descrição das operações e quem as conduzia, o dia, hora e local; as acções a empreender, com indicação dos responsáveis; o pessoal presente e respectivo local e o pessoal disponível, contactável por telemóvel, em caso de necessidade.

Gestão das alterações

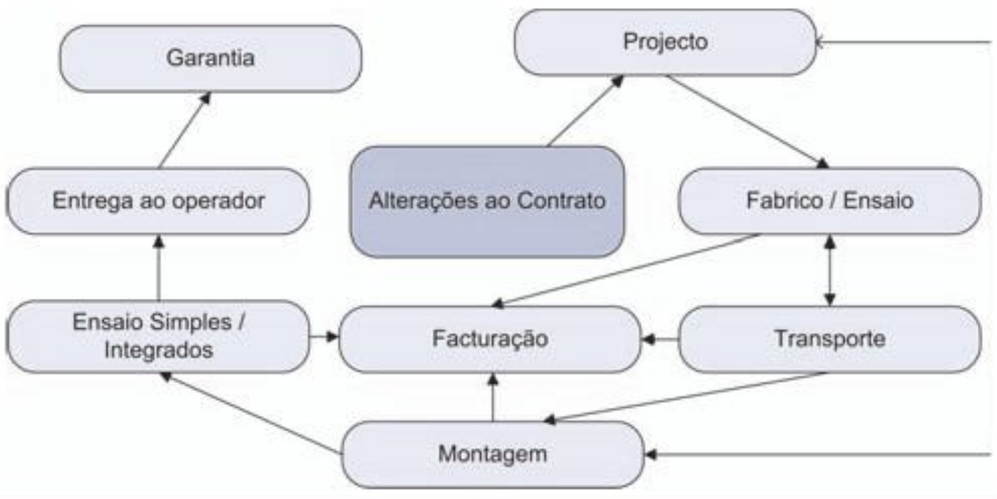
Gestão técnica, económica e de prazo dos vários desvios verificados em relação ao previsto no contrato (resultantes de pedidos do cliente ou da alteração das circunstâncias), em termos de projecto, fornecimentos e montagem.

Gestão dos Processos

A base do trabalho por processos consistiu em identificar os processos fundamentais da actividade, definir os processos e estandardizá-los (elaborar procedimentos), dispor de sistemas de avaliação quantificados, utilizar o processo P-D-C-A para redefinir os procedimentos e instruções estandardizadas e implementar sistemas de melhoria contínua.

Assim, para cada processo definiu-se o respectivo fluxograma e os documentos de referência (nomeadamente os procedimentos Normetro aplicáveis), os responsáveis por cada acção e as interfaces.

Os quadros anexos mostram como foram estabelecidos e coordenados os diversos processos.



Processos de realização

Processos de planeamento do SGQ

GESTÃO DO CONTRATO - COORDENAÇÃO

Apresentamos de seguida as tarefas fundamentais do Gestor de Contrato/Coordenador.

- Gestão da Equipa
- Definição de prioridades
  Antecipar problemas e considerar os caminhos críticos
- Desenvolvimento de relações frutíferas com os clientes
  Verificar constantemente a plena satisfação do cliente e informar os colaboradores e os níveis mais elevados de gestão da empresa das reacções do cliente e de eventuais problemas
- Redução de Custos (tarefa inerente a todas as funções)
  São fontes de aumento de custos os documentos incompletos e imprecisos e as falta de revisão de projecto na presença de todos os intervenientes, de controlo das interfaces, de estandardização e comunicação. Todo o processo de melhoria e redução de custos assenta na consideração de que a falta de Qualidade não é inevitável

O coordenador dispunha, para o desempenho das suas funções, de indicadores fiáveis e actualizados sobre:

- Qualidade, incluindo obviamente a qualidade técnica e a funcionalidade dos sistemas
- Segurança, das pessoas em obra e do nível de segurança implícito nos projectos das especialidades
- Planeamento de execução do projecto, dos fornecimentos, da montagem e dos ensaios
- Listagem de pendentes
- Custos
- Controlo financeiro

Num empreendimento desta dimensão a meta a atingir é sempre a Excelência, em detrimento daquelas que se atingem por critérios pouco rigorosos, aparentemente facilitadores, ou mais "económicos", logo desastrosos.

É certo que muitos aspectos haveria a melhorar, quer em termos de planeamento quer de documentação da qualidade, não fosse a excelência de um projecto uma tarefa continuada, de resultados sempre precários e nunca um dado adquirido à partida, mas preocupamo-nos, desde o início, com a formação. Após a assinatura do contrato procedemos a uma sessão de formação com todos os elementos na qual apresentámos o sistema de qualidade que seguiríamos internamente e

a política da empresa no contrato e analisámos as tarefas imediatas. O objectivo era que todos comungassem do mesmo conhecimento, partilhando as mesmas informações e directivas.

Outras acções de formação e seminários sobre segurança, qualidade, gestão de contratos e avaliação do desempenho foram efectuadas para todos os escalões, desde os responsáveis das empresas aos encarregados e operários.

As reuniões procuravam introduzir um cunho didáctico relativamente às questões que reuniam maiores dificuldades, ao contrário de se transformarem em centros de discussões estéreis. O objectivo era disponibilizar o máximo de informações possível sobre os objectivos e os problemas comuns, promover a formação sobre as melhores formas de desempenho organizativo e procurar constantemente soluções consensuais.

Recordemos que a única maneira de sair do círculo vicioso dos interesses antagónicos é mudar os termos do problema, fixando objectivos, escutando opiniões e obrigando os participantes ao compromisso.

Na gestão dos nossos contratos salientamos três aspectos essenciais, cujas competências estavam repartidas:

- Condução da política pelo coordenador, de acordo com as definições do COF
- Funções devidamente expressas em procedimentos e instruções operacionais
- Gestão dos processos efectuada pelos coordenadores das diversas áreas

GESTÃO DA EQUIPA

Os colaboradores são claramente a face visível da empresa e é o seu desempenho que dita a forma como o cliente avalia a qualidade da mesma. A qualidade dos elementos da equipa foi avaliada em função dos seguintes parâmetros:

- Competência técnica (condição *sine qua non*)
- Rigor de procedimentos
- Espírito de equipa (colaboração)

A EFACEC provou ter excelentes profissionais, bastava saber geri-los, eliminando os obstáculos ao bom desempenho das equipas, prevendo e solucionando problemas e conseguindo a cooperação entre todos. Proporcionar a cada pessoa a oportunidade de progredir na sua carreira e de melhorar a sua qualificação, através do convite para participar num projecto partilhado por outros é garantir a motivação da equipa, um elemento decisivo para o sucesso e coesão do grupo. A melhoria de desempenho tem tanto de formação (técnica e qualidade) como de aspectos psicológicos como a motivação, o espírito de equipa e a gestão do *stress*.

O *Stress* é originado pela incerteza e pela insegurança. Quantas vezes agimos sob a pressão de acontecimentos que não controlamos? O gestor tem de ser capaz de gerir o seu *stress* e o *stress* dos outros, criando emoções positivas que compensem as emoções negativas.

O apelo à emoção entre os membros da equipa, ao contrário da frieza dos objectivos mensuráveis, é importante, pois segundo *Einstein*, "há alegria na investigação científica, mas também no canto dos pássaros".

Na impossibilidade de se evitarem os conflitos, o Gestor de Projecto tem de os gerir; detectando-os, analisando-os e resolvendo-os. Gerir conflitos é basicamente desmontar falsos antagonismos e transformá-los em metas de colaboração para o resultado final. Conhecidas as mútuas vantagens e os potenciais prejuízos, os conflitos são evitados pela implementação de soluções de compromisso.

O Gestor de Projecto gere mais pelo exemplo (90%) do que pela autoridade (10%), sendo que o seu bom senso consiste em saber em que altura deve intervir com autoridade.

CONCLUSÃO

O sucesso do empreendimento do Metro do Porto reside, em grande escala, no bom desempenho da EFACEC, uma equipa que, fazendo valer a sua eficácia, o seu esforço e a sua competência em condições de trabalho muito complexas, soube superar todas as dificuldades e ainda promover a confiança na capacidade de se alcançarem metas muito exigentes.

Fazer bem à primeira vez mais do que um lema de qualidade foi um imperativo, dados os reduzidos prazos atribuídos ao trabalho em estaleiro.

A EFACEC não frustrou as expectativas do seu cliente final, a "Metro do Porto", nem de todos os outros intervenientes. O mérito pelo sucesso alcançado neste projecto, em muitos aspectos inovador, pertence aos nossos operários, encarregados e técnicos que nele participaram, pelo esforço, dedicação, competência e capacidade de resistência a condições por vezes muito difíceis.

Motivação e espírito de equipa, organização e competência nas medidas da excelência e da qualidade. Criadas as condições do sucesso, os objectivos foram-se concretizando ao sabor das condições externas e dos obstáculos ultrapas-sados. Hoje, garantidos os objectivos contratuais e empresariais, a EFACEC detém-se sobre aquilo que pode melhorar.

BursaRay
043
038
BursaRay

Metro Ligeiro de Tenerife: a consolidação das soluções EFACEC no Mercado Ibérico

Pedro Pinto (Eng.º)
Director Comercial - Metros

Bem sucedida a experiência da EFACEC no projecto do Metro do Porto e dada a inexistência de novos projectos nacionais na área dos Metros Ligeiros, o Grupo sentiu-se desafiado a exportar o seu *know-how* e a sua tecnologia (entretanto comprovada) para projectos internacionais que, na última década, se têm multiplicado um pouco por todo o mundo (particularmente na Europa).

OS ANTECEDENTES

Na área dos transportes (principalmente Metros Ligeiros), as referências anteriores da EFACEC em projectos internacionais (algumas delas identificadas abaixo) garantem a adequação e competitividade das suas soluções, bem como a sua capacidade de implementar projectos internacionais complexos.

- Metro Ligeiro de Messina (Itália)
  Primeiro projecto chave-na-mão da EFACEC para o fornecimento do sistema electromecânico de um metro ligeiro, incluindo as Subestações, Catenária, SCADA, Sinalização Viária e Rodoviária, Rádio, Sistema de Localização, Transmissão Digital, Vídeo, Informação ao Público e Sistemas de Alimentação.

- Metro Ligeiro de Bursa (Turquia)
  A EFACEC foi responsável pelos sistemas de Transmissão Digital, Vídeo, Informação ao Público, Cronometria e Sistemas de Alimentação.

- Metro Ligeiro de Punggol e Sengkang (Singapura)
  Instalação do Sistema de Automação e Telecomando de Subestações de Tracção (SCADA) da EFACEC.

- Metros Ligeiros de Barcelona (Espanha) e Manila (Filipinas)
  Fornecimento de diversos equipamentos de energia.

Foi então com elevada expectativa que a EFACEC participou, no início de 2004, em dois concursos públicos internacionais lançados pela Metropolitano de Tenerife, uma empresa público-privada, criada com o objectivo de implementar o projecto do sistema de Metro Ligeiro da cidade de Santa Cruz de Tenerife.

O primeiro concurso destinava-se ao fornecimento e instalação de todos os sistemas de energia do Metro, incluindo:

- Subestações (todos os equipamentos de energia, desde celas MT a transformadores de tracção)
- Catenária e redes de alimentação MT e BT
- Iluminação
- Sistema de Comando e Controlo de Energia de Subestações e Catenária (SCADA)

Por sua vez, o segundo concurso destinava-se ao fornecimento chave-na-mão de todos os sistemas de segurança e suporte à operação do Metro Ligeiro de Tenerife, incluindo:

- Sistema de Ajuda à Exploração (SAE) e Centro de Comando (CCO)
- Sistemas de sinalização viária e ferroviária
- Rede de transmissão digital, suportada em fibra óptica
- Sistemas rádio *TETRA* e *Wi-Fi* (ambos com cobertura integral de toda a rede)
- Sistemas de Videovigilância das instalações fixas e das composições, que possibilitam a transmissão, em tempo real, de imagens provenientes do interior do veículo para o Centro de Comando
- Sistemas de informação ao público (visuais e sonoros)
- Redes de comunicações de voz
- Sistema de Bilhética
- Gestão técnica centralizada para recolha de todos os alarmes da rede
- Centro de controlo integrado

A demonstrada qualidade técnica e a elevada competitividade das soluções apresentadas pela EFACEC significaram a assinatura, em Maio de 2004, de dois contratos, no primeiro dos quais (Energia) a empresa assumiu-se como main contractor. No segundo contrato (Sistemas), o projecto foi implementado em associação com empresa espanhola IKUSI.

O PROJECTO

Uma vez concluída a sua primeira fase, a rede do Metro Ligeiro de Tenerife, com uma extensão de 12,3 km (todos à superfície e em via dupla), com 21 estações e um Parque de Materiais e Oficinas, interligará as cidades de Santa Cruz e La Laguna, dois hospitais e duas universidades, servindo uma população fixa de mais de 370.000 pessoas (por considerar o aumento significativo em determinados épocas do ano).

A construção do sistema iniciou-se em Junho de 2004 e o início do serviço comercial está previsto para final de Abril de 2007.

DADOS TÉCNICOS

ENERGIA	
Subestações de tracção	Sete
Potência total instalada	15 MVA
Catenária	750 V cc
Rede MT	Rede de 20 kV
Rede BT	Iluminação e tomadas, para serviços auxiliares Securização com *UPS*'s Rectificadores e Carregadores de Baterias
Telecomando de Energia	Sete Unidades Remotas - CLP500
TELECOMUNICAÇÕES	
Transmissão	Anéis *Gigabit Ethernet*, com transmissão sobre fibra óptica e elevada redundância Rede de rádio *TETRA*, para comunicações de voz e dados Rede *Wi-Fi*, com cobertura integral de toda a linha
Comunicações	Tecnologia *VoIP* Telefonia operacional Telefonia de emergência, com telefones de túnel e de plataforma
SEGURANÇA	
Sinalização	Viária e Rodoviária, com prioritização das composições do Metro
Vídeo	Sistema totalmente *IP* 160 câmaras (de estação e embarcadas) Gravação centralizada e integral de todas as imagens da rede, realizada de forma manual ou *event-driven* Transmissão, em tempo real, das imagens embarcadas para o Centro de Comando e consequente gravação
Controlo de Acessos	Nos locais técnicos
SISTEMAS DE APOIO AOS PASSAGEIROS	
Sistema de Apoio à Exploração (SAE)	75 balizas de posicionamento 20 Computadores de Bordo Comunicação via rádio (*TETRA* e *Wi-Fi*)
Informação ao Passageiro	48 painéis de informação 170 altifalantes Sistema automático de mensagens sonoras e visuais, com ligação ao sistema SAE
Bilhética	100% sem contacto 43 Máquinas de Venda 240 Obliteradores, instalados nos veículos
SISTEMAS DE APOIO AOS PASSAGEIROS	
Supervisão Técnica	Unidades Remotas (CLP500 e URR) para recolha de dados e alarmes de todos os subsistemas
Telecomando de Energia, Supervisão Técnica, SAE, Informação ao Público e Vídeo	*EFARAIL*

CONCLUSÃO

Com o projecto do Metro Ligeiro de Tenerife, a EFACEC assumiu-se claramente como um fornecedor mundial de referência no domínio das soluções electromecânicas para metros ligeiros. O sucesso deste projecto ficou então a dever-se à presença de elementos-chave como a adequação, competitividade, extrema adaptabilidade e capacidade de costumização das soluções promovidas pela EFACEC.

Socialmente este projecto revelou-se também importante por desmistificar a ideia de que é impossível as empresas portuguesas ganharem projectos de grande dimensão em Espanha, país que lidera actualmente o *ranking* mundial de projectos (em execução e em projecto) de metros ligeiros.

A-49

Metropolitano de Lisboa

Francisco Salvador (Eng.º)
Director

Nos anos 80 e no prosseguimento da sua política continuada de desenvolvimento sustentado no âmbito das soluções técnicas para os sistemas de energia, a EFACEC contribuiu decididamente para o desenvolvimento tecnológido no domínio da energia de sistemas de potência para tracção eléctrica. A oportunidade de, no Metropolitano de Lisboa, concretizarmos a utilização dos nossos produtos nesses sistemas permite-nos afirmar que, de algum modo, também fazemos parte dos "empreendedores" desse enorme projecto que foi sendo construído ao longo de quase três décadas. Os diversos projectos que conjuntamente realizámos foram obra da aposta na modernidade, inovação e qualidade que sempre nos norteou.

Os planos estratégicos do Metropolitano de Lisboa, no que diz respeito ao desenvolvimento da exploração, configuraram o que hoje é a espinha dorsal da rede de transportes urbanos, condição determinante para o desenvolvimento da cidade. Enquanto meio de transporte seguro, cómodo e rápido, o Metropolitano de Lisboa impôs-se naturalmente como um factor preponderante na expansão urbanística que, também desta forma, lhe está associada. A sua natural evolução determinou a continuada expansão e configuração da exploração da rede, na qual a EFACEC veio a contribuir através do fornecimento e instalação dos seus produtos. Realçamos, como marco desta evolução, a instalação da primeira subestação de energia primária a 60 kV (EDP) em Sete Rios, que reforçou e reconfigurou a rede interna de energia de 30 e 10 kV e que permitiu que mais tarde se prescindisse da utilização dos 10 kV (EDP) inicialmente disponibilizados.

Em consequência dos diversos concursos definidos nos planos de desenvolvimento e expansão do Metropolitano de Lisboa, a EFACEC posicionou-se na primeira linha dos potenciais fornecedores. No início da década de 80, foi posta à prova a capacidade de inovação e desenvolvimento dos pólos tecnológicos da Arroteia e da Maia, assim como os níveis de competência nos projectos de execução e instalação de rede de energia eléctrica de tracção em corrente contínua, actividades complementares de baixa tensão, telecomando, ventilação, bombagem, AVAC, detecção e extinção de incêndios, entre outras.

Ao desafio colocado pelo Metropolitano de Lisboa, no campo da inovação no domínio da energia de tracção, a EFACEC respondeu com o desenvolvimento do projecto e estudo de novos produtos, incorporando produto nacional. Estava criada a oportunidade para, de forma sustentada, se mobilizarem as sinergias do Grupo. De facto, fomos pioneiros, em Portugal, na construção de transformadores de tracção com tensão primária de 30 kV, em resina (em substituição dos refrigerados a óleo), e de rectificadores de tracção que, em conjunto, constituem os grupos de rectificação dodecafásica actuais, os mais utilizados mundialmente pelos metropolitanos.

Se na altura a EFACEC era já o maior fabricante nacional de material eléctrico, este desafio potenciou, de forma consistente, decisiva e inovadora, a concepção de grupos de tracção.

Os transformadores secos, denominados *Resifol*, e os rectificadores dodecafásicos, equipados com diodos de sílicio, representaram, no nosso país, as novas soluções na área da tracção eléctrica em corrente contínua. Associada a esta evolução, também a diversidade de sistemas instalados, nomeadamente nos domínios da tecnologia de telecomando (*SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition*), ventilação e AVAC; teve particular impacto.

Nesta longa e entusiasmante caminhada, os técnicos do Metropolitano de Lisboa, que sempre nos motivaram na procura das melhores soluções técnicas, enriqueceram-nos com a privilegiada compartilha de conhecimentos e facilitaram-nos a aquisição de *know-how*, que, nos dias de hoje, constitui uma referência respeitada pelos nossos parceiros e potenciais clientes, particularmente nos concursos internacionais, nos quais frequentemente competimos com os maiores instaladores mundiais.

Dotada de um abrangente conjunto de especialidades, a EFACEC implementou subestações de 60 kV, subestações de tracção, postes de transformação, ventilação dos túneis e estações, redes de 10 e 30 kV, instalações de iluminação e força motriz, AVAC, bombagem, detecção e extinção de incêndios e telecomado, nos projectos em que participámos e que resumidadente passamos a referir.

- O Reforço de alimentação a 60 kV, que proporciona à rede do Metropolitano o mais elevado nível de disponibilidade e fiabilidadade de potência requerida pela exploração, teve lugar com o projecto de execução e instalação de duas subestações de Alta Tensão a 60 kV, com dois transformadores de 20 MVA, na subestação de Calvanas; e de um transformador de 20 MVA e celas do tipo *GIS* (*Gas Isolater Switchgear*), na subestação do Oriente. Numa primeira fase, tal como referido, a EFACEC forneceu e instalou a subestação de Sete Rios com dois transformadores de 20 MVA, a única subestação de 60 kV que, aquando da ampliação da rede nos anos 80, garantia a alimentação da rede de exploração existente na época

- A expansão entre a Cidade Universitária - Campo Grande e Alvalade, conjuntamente com a construção do Parque de Material e Oficinas II (PMOII). Instalação, numa primeira fase, da Linha de Ensaios destinada a receber as novas composições para os ensaios de perfomance eléctrica

- O Plano de Expanção da Rede (PER I), o maior contrato de fornecimento e instalação que a EFACEC executou no Metropolitano de Lisboa e que, com o estabelecimento de novas ligações entre as linhas novas e as existentes, veio redefir uma nova orgânica na mobilidade dos passageiros. Seguem-se as fases que o caracterizaram

Primeira fase

Prolongamento da rede até à Estação da Pontina, construção do novo Parque de Material e Oficinas III (PMOIII) e construção dos troços Baixa Chiado-Rossio-Cais do Sodré.

Alteração da rede Baixa Chiado (estação dupla a cerca de 45 m abaixo da superfície) - Rossio (Linha Verde) e Baixa Chiado - Restauradores (Linha Azul). Os fornecimentos e instalação das subestações de tracção e integração das redes de 10 e 30 kV.

Fornecimento de uma subestação de tracção móvel sobre *bogies*, no PMOIII, para alimentação das linhas de ensaios, concomitantemente com a construção do edifcio e via férrea.

Foi também instalado no PMOIII um inovador sistema de dissipação de energia que conjuga o aproveitamento de energia disponível na rede com a correspondente dissipação nos casos de excesso, resultante da regeneração de energia, no caso da travagem das composições durante os ensaios.

Segunda fase

Construção da Linha Vermelha entre as Estações da Alameda e Oriente, linha particularmente importante devido ao evento Expo 98. Na Linha Vermelha executámos, além desta fase da empreitada, o fornecimento e instalação da iluminação e força motriz nas estações de Chelas, Cabo Ruivo e Olivais. A rede de tracção, iluminação de galerias, ventilação, média tensão e subestação de 60 kV fizeram parte desta fase, executada pela EFACEC.

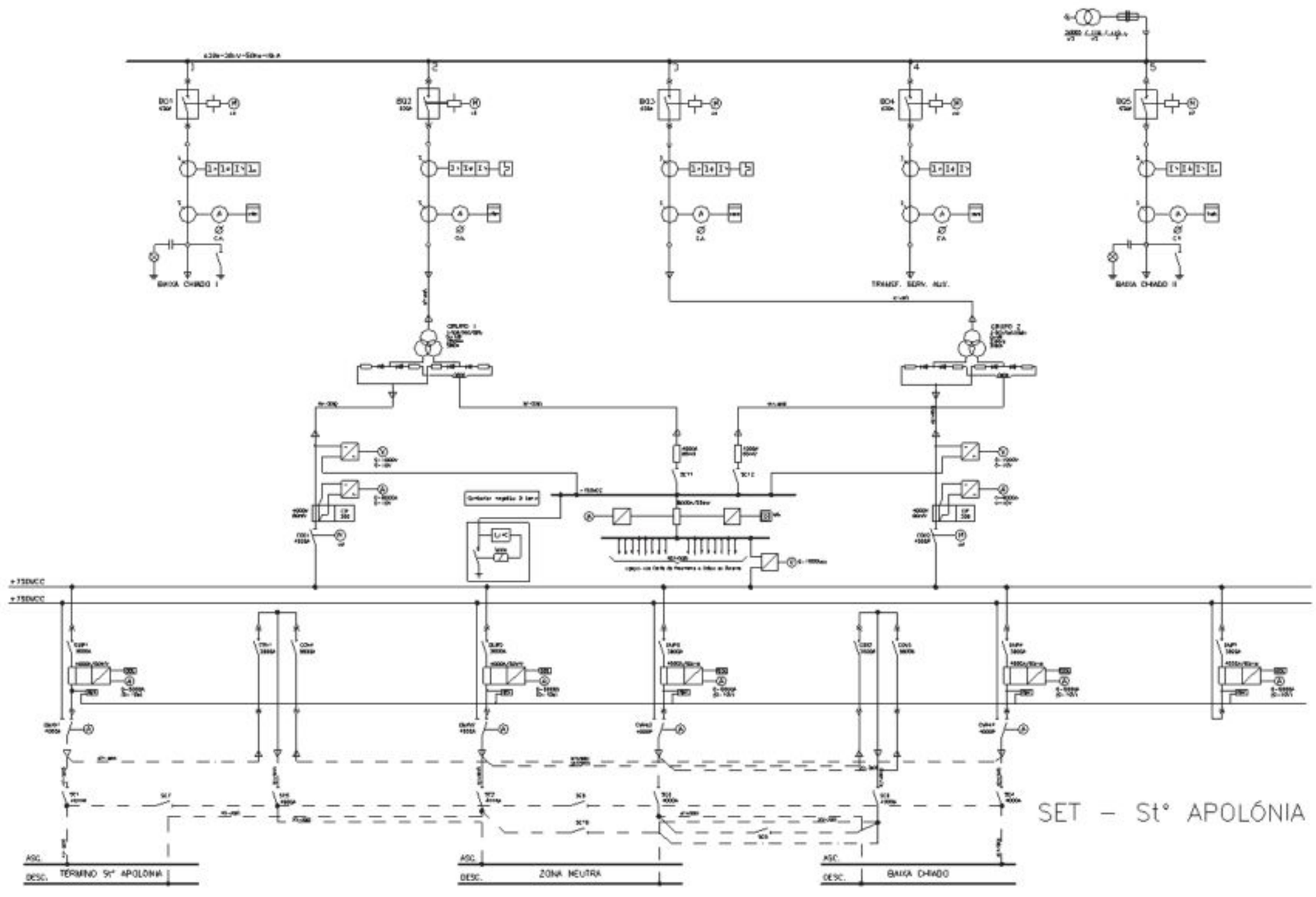
Prolongamento da Linha Amarela entre Campo Grande-Odivelas. Também nesta linha fornecemos e instalámos as subestações de tracção e executámos as empreitadas de iluminação e força motriz nas Estações de Quinta das Mouras e Ameixoeira.

Prolongamento da Linha Azul entre Pontinha-Amadora Este e entre Baixa Chiado-Santa Apolónia. Nesta expansão fornecemos e instalamos uma subestação de tracção, redes de 10 e 30 kV e executámos a empreitada de iluminação e força motriz na Estação de Amadora Este. Prevê-se a conclusão da subestação e da rede de média tensão entre Baixa Chiado-Santa Apolónia no segundo trimestre de 2007.

O percurso que a EFACEC percorreu, participando em grandes projectos, é para todos nós motivo de honra e prestígio e fez história na cidade e Lisboa. Segue-se a cronologia do mesmo.

- Outubro de 1988

  Início da exploração das extensões Sete Rios (Jardim Zoológico)-Colégio Militar e Entre Campos-Cidade Universitária.
  A subestação de 60 kVA e as redes de tracção e de distribuição de 10 e 30 kV instaladas permitem a entrada ao serviço de quatro novas estações e corresponde a um aumento do comprimento da rede na ordem dos 30%.



- Abril de 1993

  Início da exploração das extensões Cidade Universitária-Campo Grande e Alvalade-Campo Grande.
  É inaugurada a primeira fase do PMOII - Parque Material e Oficinas II, em Calvanas.

- Julho de 1995

  Desconexão do nó da Rotunda do Marquês de Pombal, fundamental para a reconfiguração da rede de circulação.

- Outubro de 1997

  Abertura da exploração ao público do troço Colégio Militar-Pontinha, da Linha Azul.

- Dezembro 1997

  Com a inauguração do troço Rotunda (Marquês de Pombal)-Rato, da Linha Amarela, passam a existir duas linhas independentes.

- Março de 1998

  Início da exploração com três linhas indepedentes: Pontinha-Restauradores (Linha Azu), Campo Grande-Rato (Linha Amarela) e Campo Grande-Martim Moniz (Linha Verde).

- Abril de 1998

  Abertura à exploração do troço Rossio-Baixa Chiado-Cais do Sodré (Linha Verde).

- Maio de 1998

  Abertura à exploração da Alameda-Oriente (Linha Vermelha), consequência da abertura das estações Alameda II, Olaias, Bela-Vista, Chelas e Oriente. Com esta linha, o Metropolitano de Lisboa passou a ter a exploração a funcionar com quatro linhas independentes interligadas.

- Julho/Novembro de 1998

  Inauguração das Estações de Cabo Ruivo e Olivais.

- Novembro de 2002

  Início da exploração do troço Campo Grande-Telheiras (Linha Verde).

- Março de 2004

  Abertura à exploração do troço Campo Grande-Odivelas (Linha Amarela).

- Maio de 2004

  Entrada em serviço a exploração do troço Pontinha-Amadora Este (Linha Azul).

  No projecto do Metropolitano de Lisboa, entre outros trabalhos, cooperámos na instalação do novo sistema de sinalização no PMO II e PMO III e renovámos a sinalização existente.

- (Segundo trimestre de 2007)

  Está ainda em curso a empreitada da subestação de tracção de Santa Apolónia e a rede de média tensão no troço Baixa Chiado-Stª Apolónia.

Como se compreende poderíamos referir outras participações, todas elas importantes independentemente da sua dimensão. Não podemos é deixar de salientar todo o apoio e cooperação prestados pela "Metropolitano de Lisboa" que acredita no desenvolvimento e nas competências tecnológicas da indústria nacional.

Sistema SCADA para a Bósnia

José Manuel Fonseca (Eng.º)
Director geral da unidade de negócios de automação de sistemas de energia

O sistema ferroviário da Bósnia-Herzegovina é gerido e explorado por duas empresas: a *Railways of Federation of Bosnia and Herzegovina* (*ZFBiH*), em Sarajevo, e a *Republika Srpska Railways* (*ZRS*), em Doboj.

Ao nível estatal, a *Bosnia and Herzegovina Railways Public Corporation* (*BHRPC*), estabelecida em 1998, é a empresa responsável pela harmonização das infra-estruturas ferroviárias, pela aplicação de directivas, bem como pela gestão do tráfego nacional e internacional.

A rede ferroviária da Bósnia-Herzegovina serve uma população de aproximadamente 4 milhões de pessoas, com uma extensão de cerca de 1.032 km (59% da *ZFBiH*), dos quais 75% são electrificados. A rede eléctrica é constituída por 6 subestações de tracção e 12 postos de seccionamento de catenária, localizados ao longo de duas linhas de Doboj (*ZRS*), e por seis subestações de tracção e 20 postos de seccionamento de catenária, localizados ao longo de duas linhas de Sarajevo (*ZFBiH*).

A *BHRPC* adjudicou à EFACEC um contrato para a realização de um projecto de fornecimento e instalação de Sistemas de Supervisão, Controlo e Aquisição de Dados (*SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition*) e de Unidades de Supervisão e Automação para a gestão e controlo da rede eléctrica de tracção do seu sistema ferroviário.

Este projecto resultou da política de reabilitação e reconstrução da Bósnia-Herzegovina e contou com um financiamento do Banco Europeu para a Reconstrução e Desenvolvimento (BERD).

O sistema contratado entrou em serviço em 2006, gerindo e controlando a infra-estrutura ferroviária de quatro linhas electrificadas a 25 kV:

- Novi Grad - Doboj (204 km)
- Samac - Doboj (84 km)
- Maglaj - Sarajevo (144 km)
- Caplina - Sarajevo (163 km)

No que diz respeito ao centro de comando, o sistema *SCADA* permite realizar, de forma integrada, a monitorização e controlo da rede eléctrica de tracção e a supervisão técnica da distribuição eléctrica nas estações.

A este nível, as funções que o *SCADA* disponibiliza são as que se seguem.

- Aquisição de Dados
- Processamento de Eventos
- Tratamento de Alarmes
- Registo Cronológico de Eventos
- Controlos Simples e em Sequência
- Arquivo Histórico de Dados
- Relatórios Periódicos
- Gráficos de Tendência
- Anotações
- Esquemáticos e Diagramas da Rede
- Configuração *On-line*
- Ajuda *On-line*
- Sincronização Horária dos Sistemas
- Privilégios de Operador

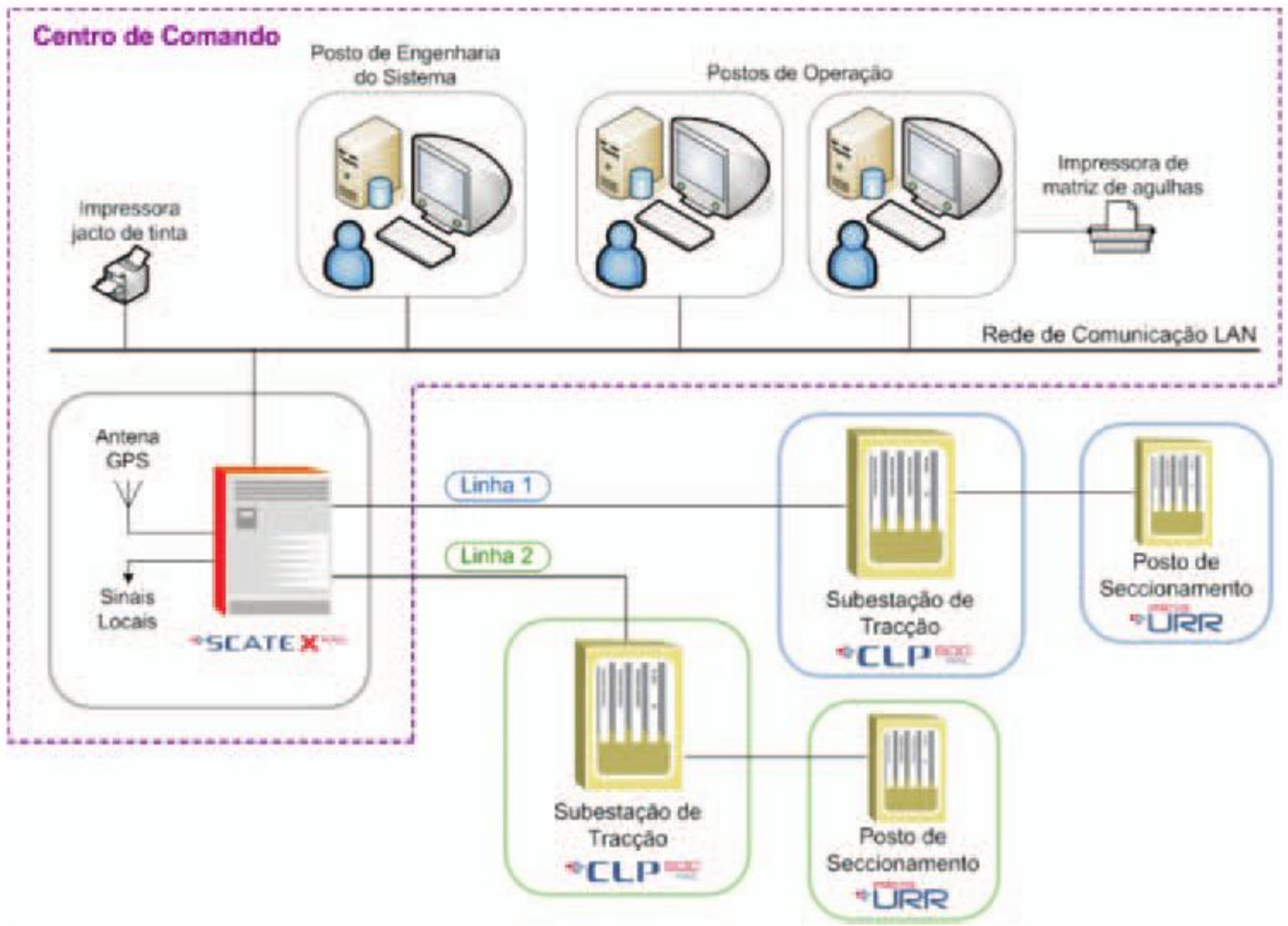
O sistema é composto por dois centros de comando, um em Sarajevo outro em Doboj, ambos baseados no sistema *SCATE X Rail*, da EFACEC. A arquitectura do sistema instalado em cada centro inclui assim um servidor *SCADA*, dois postos de operação, um posto da engenharia, impressoras e sistema de comunicações. Os sistemas comunicam entre si através de uma rede *LAN*.

Em Doboj, tal como em Sarajevo, a aquisição de dados é executada por um conjunto de seis sistemas baseados na plataforma *CLP 500Rail* e por 12 sistemas, 20 em Sarajevo, baseados na plataforma *micro URR*.

A adopção da solução EFACEC, baseada nos sistemas *SCATE X Rail*, *CLP 500Rail* e *micro URR*, assegura uma efectiva protecção do investimento inicial, justificada pelo elevado índice de modularidade e pela adopção de *standards* industriais, a par do elevado desempenho e robustez da solução implementada. Assim, a evolução da presente rede de transportes, na componente de gestão e automação da sua rede de energia e das respectivas infra-estruturas de suporte, é garantida pela arquitectura e funcionalidades oferecidas pelo sistema, nomeadamente ao nível do centro de comando.

Além do projecto da *BHRPC*, a EFACEC possui outras referências importantes na implementação de sistemas *SCADA* na área dos transportes ferroviários. Neste sentido, como referências nacionais da EFACEC contam-se, entre outras a REFER, a CP, o Metropolitano de Lisboa e o Metro do Porto. No entanto, a EFACEC marca também presença no mercado internacional, nomeadamente em Espanha (*Tranvia Metro Tenerife*), Itália (Comune di Messina), Singapura (*LTA*) e Turquia (*Bursaray*).

A EFACEC encara este importante projecto como uma forma de afirmar a sua posição no papel de um dos principais fornecedores mundiais nesta área de actividade.



Passagens de Nível Automáticas

Manuel Alvim (Eng.º)
Comissão Directiva / Operações

AS ORIGENS

Tudo começou nos anos 80, quando a CP desencadeou um intenso ciclo de reforço da segurança dos atravessamentos rodoviários com a instalação de equipamentos activos de protecção. Os atravessamentos eram aos milhares, mas apenas uma minoria estava dotada de equipamentos automáticos.

Naturalmente era impossível automatizar todos os atravessamentos. Impunha-se então identificar as passagens de nível (PN's) mais críticas, recorrendo a critérios adequados como o "momento" do atravessamento, entendido como o produto do tráfegos rodoviário e ferroviário diários, as condições de visibilidade e a velocidade do traçado.

A EFACEC teve o privilégio de ser seleccionada para o efeito e, em 1985, foi adjudicatária de uma primeira Fase com 107 PN's, em regime chave-na-mão, sendo 49 do tipo B (dotadas de meias-barreiras) e 58 do tipo C (só com sinalização luminosa).

Em 1988, na segunda Fase do plano de automatizações, à EFACEC foi adjudicado um novo lote de 107 PN's. Seguiu-se uma terceira Fase, em 1992, com mais 73 PN's, seguido ainda de um Adicional com mais 10 instalações.

Quase 300 PN's, de tipo B ou de tipo C e até de Peões, de Plena-Via ou de Gare, dotadas das mais diversas soluções de Sinalização para fazer face a todas as situações que a configuração das linhas e as regras da Exploração exigiam.

Foram tempos entusiasmantes de inovação e desenvolvimento que permitiram fixar em Portugal uma capacidade efectiva: do projecto ao fabrico de componentes vitais, passando pela instalação e ensaios e incluindo o serviço de manutenção, verdadeiramente inovador por estar dotado, desde o início, de um sistema pioneiro de supervisão remota, o Sistema Automático de Transmissão de Avarias (SATA) desenvolvido pela EFACEC.

Perseguimos assim uma posição de parceiro fiável capaz de responder, prontamente e em quaisquer circunstâncias, a todas as solicitações da REFER.

A MATURIDADE

Nos anos 90, ainda com a campanha anterior a decorrer, iniciou-se um novo ciclo: a modernização dos Sistemas de Sinalização e Telecomunicações.

A EFACEC voltava a marcar presença, ora individualmente ora integrando parcerias, em sectores que iam para além automatização de PN's. Na Sinalização, desde a detecção de comboios (circuitos de via) até ao sistema CONVEL. Nas Telecomunicações, desde a transmissão via fibra óptica até à informação ao público e à videovigilância.

Projecto, fabrico, instalação-ensaio e manutenção, toda a cadeia de valor era a meta que resultaria numa base sólida e nacional de apoio ao cliente.

Até que, no contexto das PN´s automáticas, chegou o momento de se fazerem instalações agora integradas nos sistemas de sinalização electrónicos presentes na REFER, do tipo SSI, ESTW, PIPC e, mais recentemente, EBILOCK no Metro do Porto. Ao todo foram efectuadas aproximadamente mais de 100 novas instalações.

Até aos dias de hoje, a REFER continuou a conduzir uma política sistemática de supressão e reclassificação, à qual a EFACEC corresponde regularmente na reconversão de todas as PN's tipo C em tipo B (mais de 90 instalações) e nas novas automatizações de raiz.

A INOVAÇÃO

Fruto da experiência que adquiriu ao longo dos últimos 20 anos, com o fornecimento de mais de 400 PN's Automáticas, a EFACEC superou o desafio lançado pela REFER para a concepção de uma PN Simplificada adaptada a Linhas de Baixo Tráfego. A REFER elegeu o ramal da Figueira da Foz para automatizar 31 PN's e a EFACEC contribuiu com as suas competências tecnológicas e com pronta capacidade de resposta.

Para as Linhas de Baixo Tráfego, caracterizadas por velocidades não superiores a 60 km/h e com elevada densidade de atravessamentos, a EFACEC desenvolveu um Sistema Inovador que recorre à utilização da rede de fibra óptica já existente, para transmissão dos anúncios que activam as PN's a partir de Terminais informáticos localizados em cada estação, dispensando assim os equipamentos tradicionais de anúncio pontual (pedais).

As PN's são de tipo B Controlado porque, apresentando elementos completos de protecção como Sinais Rodoviários e Meias-Barreiras, são ainda dotadas de sinais ferroviários de protecção (SPN's) colocados a uma distância que permite, se necessário, a paragem dos comboios antes de atingirem a PN. O aspecto dos SPN´s reflecte a todo o momento o estado de funcionamento da PN, assim:

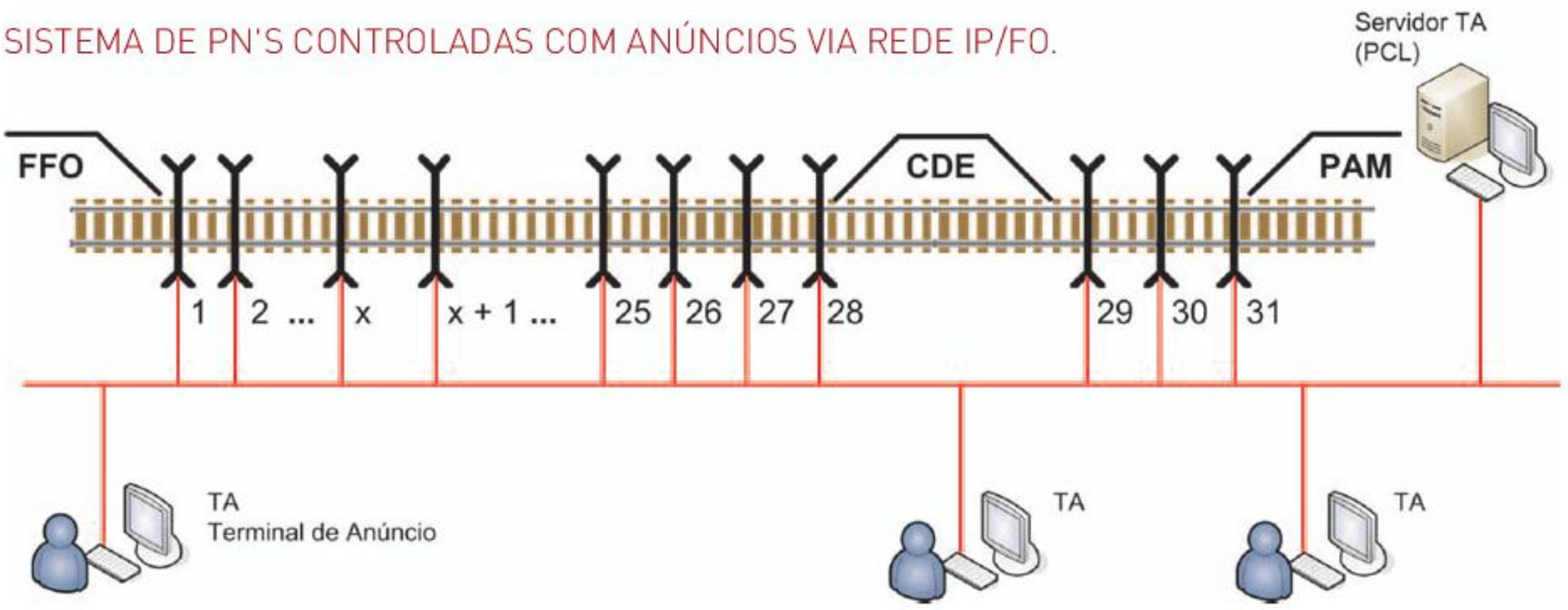
- Aspecto permissivo (branco intermitente): na condição da PN estar em anúncio com ambas as meias-barreiras comprovadamente fechadas
- Aspecto restritivo (vermelho intermitente): na ausência de anúncio, protege a PN quando está aberta ao tráfego rodoviário

Este Sistema, constituído por uma solução integrada de Sinalização e Telecomunicações, apresenta ainda outros aspectos inovadores, tais como a introdução de lanternas de tecnologia *LED* (*Light Emitting Diode*) com visibilidade acrescida para reforço da segurança.

Integralmente desenvolvido pela engenharia EFACEC, ao abrigo das competências que possui ao nível de Sinalização e Telemática, a solução obtida caracteriza-se por uma redução significativa no investimento e também pela redução dos custos de manutenção.

Este projecto, reforçando substancialmente as condições de segurança rodoferroviárias no ramal da Figueira da Foz, revela o empenho continuado da REFER na redução da sinistralidade e a competência da EFACEC em conceber soluções à medida.

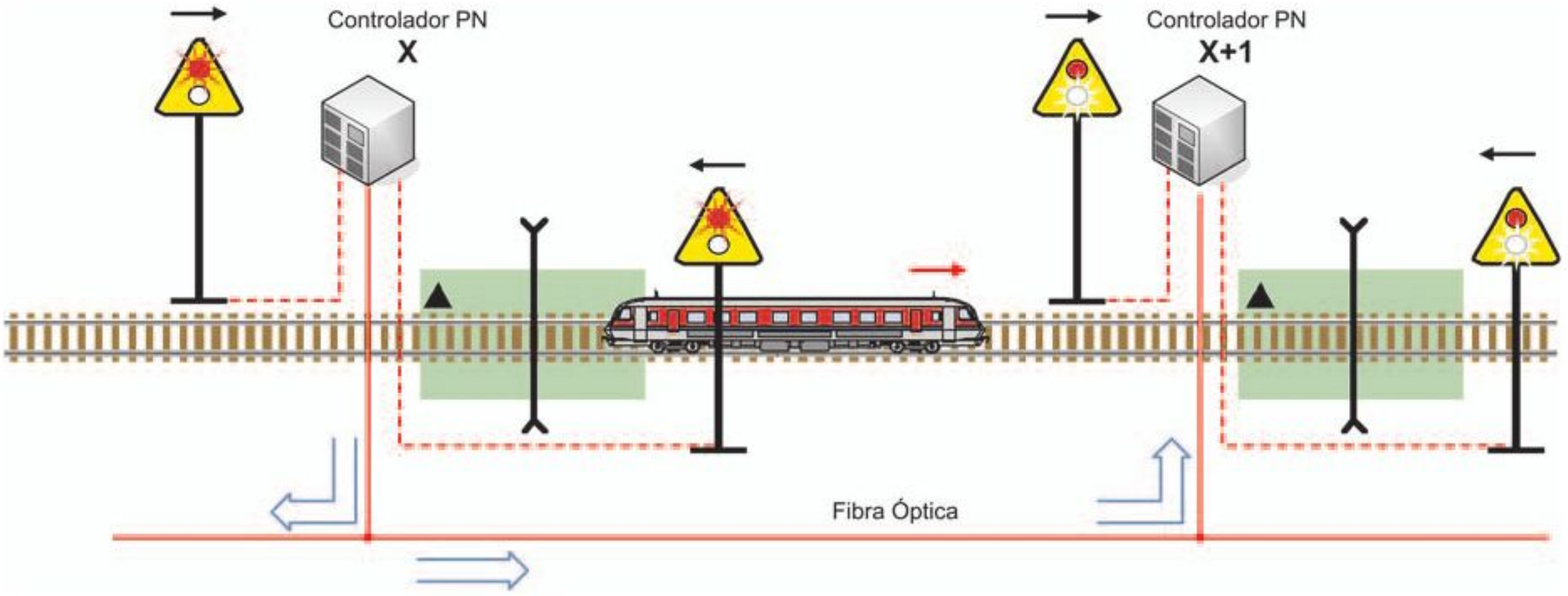
SISTEMA DE PN'S CONTROLADAS COM ANÚNCIOS VIA REDE IP/FO.



Os elementos do Sistema, Controladores de PN e Terminais, estão ligados, pela infra-estrutura de fibra óptica numa rede *IP*, a um Servidor localizado no PCL (Posto de Comando Local) da Pampilhosa.

FERROVIA

Os Terminais de Anúncio requerem ao Servidor a condução de processos exclusivos entre estações, com expedição de anúncios e recepção da informação da libertação das PN's, acompanhado de uma completa supervisão técnica de todas as PN's do sistema.



A PN **X** acaba de ser libertada e informa o Terminal de Anúncio (via FO).

Após a abertura das meias-barreiras, a PN fica protegida pelos sinais SPN restritivo vermelho intermitente.

A PN seguinte **X+1** recebe ordem de anúncio (via FO) do Terminal de Anúncio.

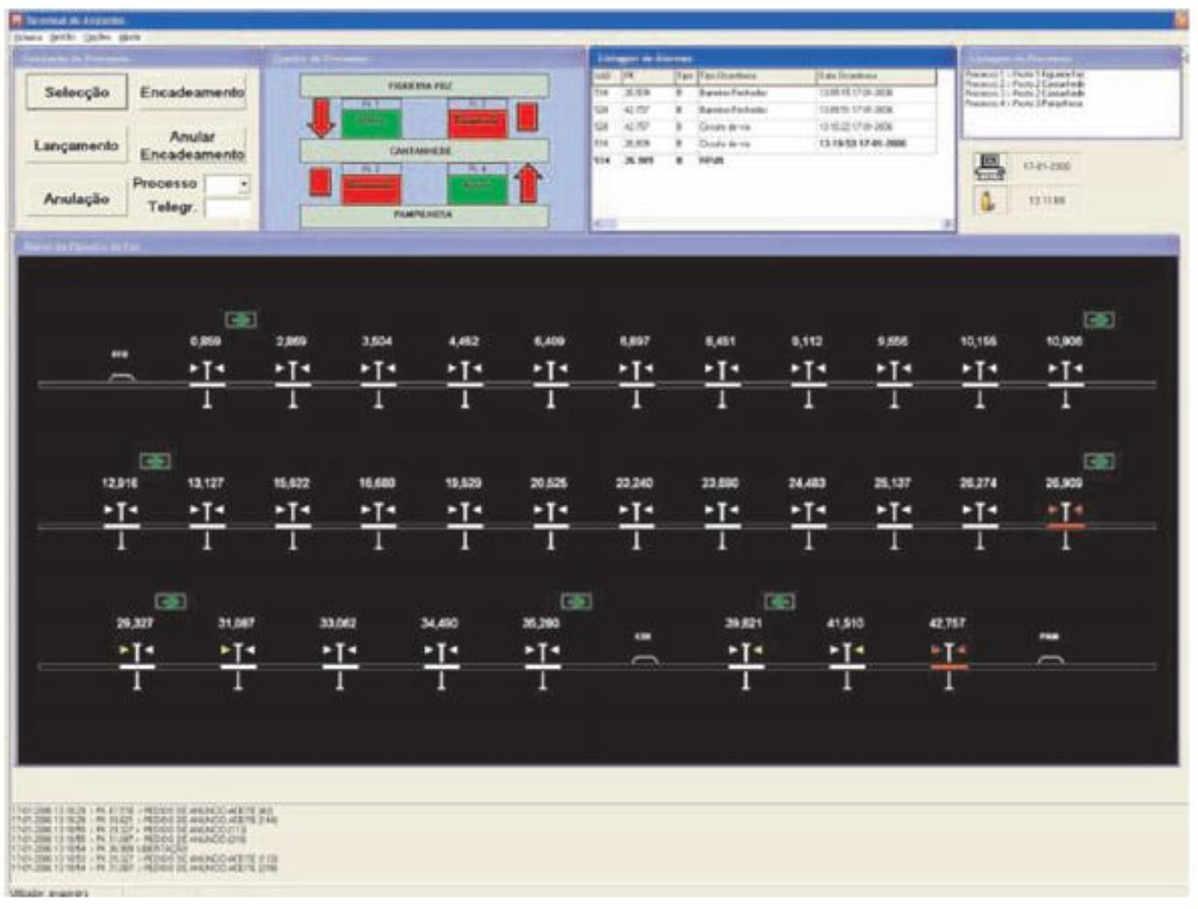
Após o fecho comprovado das meias-barreiras, os sinais SPN assumem o aspecto permissivo branco intermitente.

Interface Homem-Máquina

O interface Homem-Máquina permite a condução de processos entre estações, com seguimento, em tempo real, do estado das PN's (pré-anúncio, anúncio, ocupação e libertação) e da visualização de estados e alarmes.

Dois processos seleccionados a decorrer em simultâneo:

- Ascendente - Figueira da Foz-Cantanhede, PN 26+909 ocupada e PN's 29+327 e 31+087 em pré-anúncio
- Descendente - Pampilhosa-Cantanhede, PN 42+757 ocupada e PN's 41+510 e 39+821 em pré-anúncio



SELTRAC, O LÍDER MUNDIAL EM SISTEMAS DE CONTROLO AUTOMÁTICO DE CIRCULAÇÃO, COLOCA-O NO CAMINHO DO SUCESSO

De Vancouver, Las Vegas, Detroit e Nova Iorque a Londres, Ancara, Kuala Lumpur e Hong Kong, há mais de 20 anos que o sistema de controlo automático de circulação SelTrac® da Alcatel dá provas da sua fiabilidade. Agora optimizado com uma rede de comunicações rádio, segura, fiável e de tecnologia avançada, o SelTrac permite uma instalação ainda mais fácil, custos operacionais e de manutenção ainda mais reduzidos e a continuidade do seu sólido passado de segurança, entre muitos outros benefícios. Ao permitir uma operação extremamente flexível, mesmo em situações de pico de tráfego e de regimes de exploração pouco comuns, o sistema de controlo de circulação automático SelTrac® aumenta de forma efectiva a capacidade de transporte da rede e é aplicável a qualquer tipo de material circulante. Para optimizar o desempenho, a qualidade de serviço e o conforto da sua linha ferroviária, escolha a Alcatel, o especialista em sinalização ferroviária.
www.alcatel.com/rail

CONTROLO AUTOMÁTICO DE CIRCULAÇÃO

ALCATEL

Características importantes do Sistema

- O terminal de anúncio em comunicação permanente com as PN's, através da rede *IP* da REFER, supervisiona a marcha do comboio, enviando atempadamente anúncios às PN's e recebendo destas a informação da respectiva libertação

- A supressão ou inserção de uma PN no sistema existente é realizada mediante a simples alteração de *software*, sem qualquer custo adicional para além do levantamento ou instalação dos equipamentos locais em causa

- Cada PN é controlada por dois sinais ferroviários (SPN's), colocados à distância de frenagem, que reflectem o estado da PN e permitem, deste modo, o seu controlo por parte do maquinistas e a adequação da velocidade de acordo com o normativo REFER

- O Sistema concebido para o ramal da Figueira da Foz contempla o modo de exploração actual: cantonamento telefónico. Cada estação está assim dotada de um Terminal de Anúncio para selecção do(s) processo(s) permitidos pela configuração, previamente atribuída pelo supervisor (através do Servidor Central do PCL). A eventual mudança para o modo de exploração RES realiza-se facilmente por intermédio da permissão de condução de todos os processos a um único Terminal, sob o comando do Chefe de Linha.

- Na eventualidade da estação intermédia se encontrar em eclipse, é possível proceder ao encadeamento de dois processos consecutivos

- Para marchas parciais, de uma estação a um determinado ponto no bloco (v. g. drezines, comboios de socorro, entre outros), o sistema dispõe da opção SE (Serviço Especial) que solicita ao operador a indicação da última PN a ser atravessada pela marcha parcial

A ADFER DÁ AS BOAS VINDAS AO NOVO SÓCIO BENEMÉRITO

LUÍS CARNEIRO LCPOWER® SOLUÇÕES DE ENERGIA, S.A.

SÓCIOS BENEMÉRITOS DA **ADFER**

ASSOCIAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO

ALSTOM

ATKINS

Balfour Beatty

BOMBARDIER

BOMBARDIER

Briso Engenharia e Gestão

carris

CDM
Sistemas de Isolamento Vibrático

invensys DIMETRONIC signals

EDINFOR a LogicaCMG company

EFACEC

EMEF
EMPRESA DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTO FERROVIÁRIO, SA

ENA Portugal
Sistemas de Telecomunicações, S.A.

fase ESTUDOS E PROJECTOS S.A.

fb FERBRITAS

Fergrupo
Construções Ferroviárias

Ferrovias

fertagus

GEOFER
Produção e Comercialização de Bens e Equipamentos, S.A.
GEOFER, SA

GIBB Portugal
Strategic Alliance with Gibb Holdings

Globalvia
Consultores de Engenharia, SA

GRID
Consultas, Estudos e Projectos de Engenharia Lda.

meci
esphera engenharia

METAL SINES

SÓCIOS BENEMÉRITOS DA **ADFER**
ASSOCIAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO

Metropolitano de Lisboa

MINC BARP - HOTELARIA, CATERING E RESTAURAÇÃO, CRL

NEC

Neopul

Porsol

PROFICO
Projectos, Fiscalização e Consultadoria, Lda.

PORTO DE LEIXÕES

Administração Porto de Lisboa

PORTO DE SETÚBAL

porto de sines

rave
rede ferroviária de alta velocidade, s.a.

refertelecom
Serviços de Telecomunicações, S.A.

SEMALY PORTUGAL
ENGENHARIA DE PROJECTOS DE TRANSPORTES, Lda

SIEMENS

sma

SOMAFEL
Engenharia e Obras Ferroviárias,SA

Somague Itinere

SOPOL
GRUPO A. SILVA & SILVA

spie batignolles

STCP

THALES

TERMINAL MULTIMODAL DO VALE DO TEJO S.A.

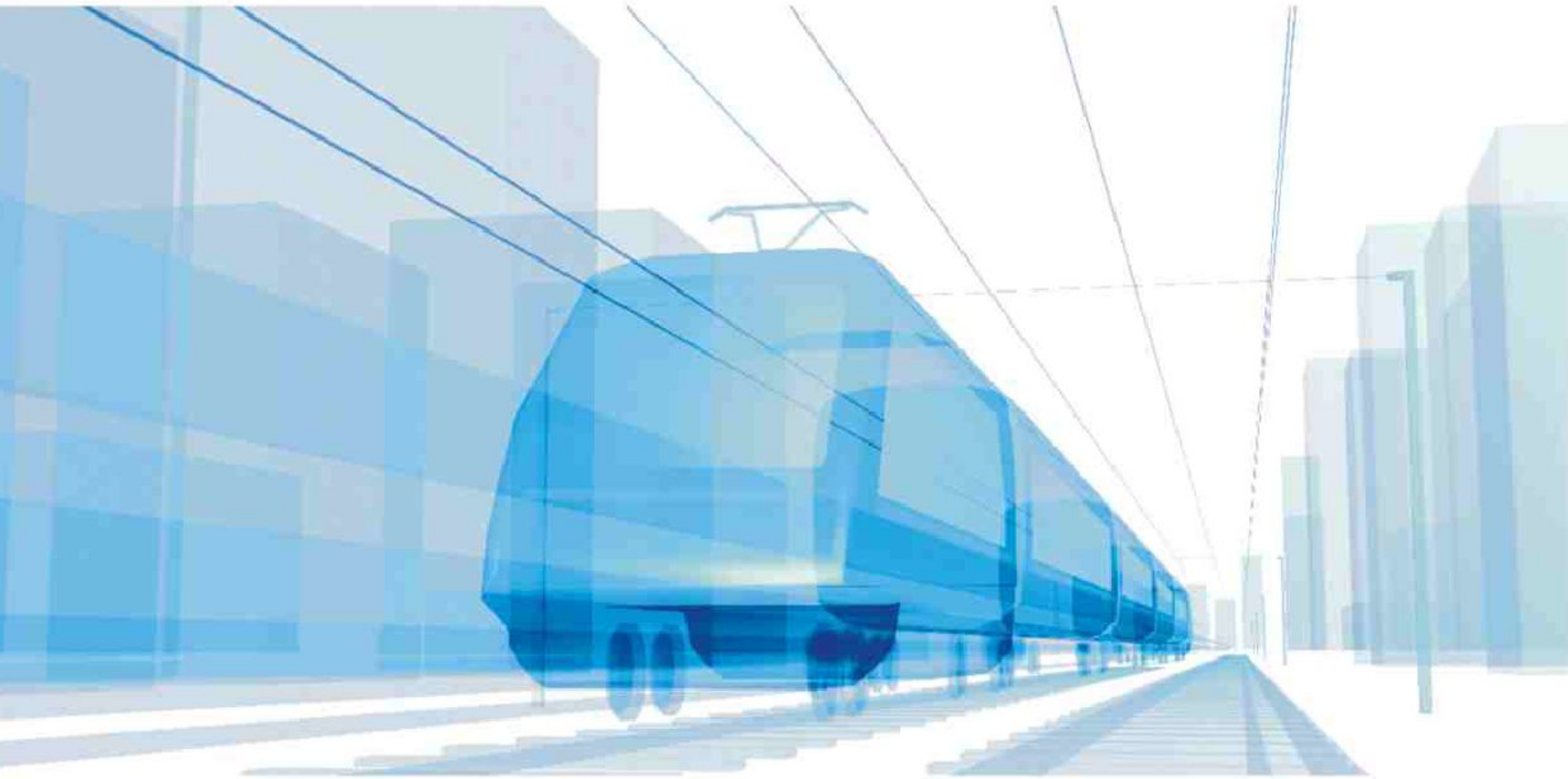
TERTIR

TEX
TRANSPORTE DE ENCOMENDAS EXPRESSO

Transtejo

nos transportes ferroviários

somos referência



soluções integradas de telecomunicações | sistemas de ajuda à exploração e informação | sistemas de alimentação de energia | sinalização ferroviária | sistemas de automação de energia | catenária | redes de tracção e de distribuição de energia | iluminação e força motriz | informação ao público | controlo de tráfego | sinalização | bilhética | videovigilância | detecção de incêndios | bobinagem, ventilação e climatização

Av. Eng. Frederico Ulrich, Ap. 3078
4471-907 Moreira da Maia
T. 229 402 000
F. 229 485 428

www.efacec.pt

CC06DV309