

O PROJETO INFRALERT: APRESENTAÇÃO E PRIMEIROS DESENVOLVIMENTOS

João Morgado¹ e Emanuel Duarte²

¹ Infraestruturas de Portugal, SA, Direção de *Asset Management*, Estação de Santa Apolónia, 1100-105 Lisboa, Portugal

email: joao.gmorgado@infraestruturasdeportugal.pt <http://www.infraestruturasdeportugal.pt>

² Infraestruturas de Portugal, SA, Direção de *Asset Management*, Estrada da Chapeleira, 3040-583 Coimbra, Portugal

Sumário

A Infraestruturas de Portugal (IP) participou na preparação de uma candidatura no âmbito Horizonte 2020 promovido pela Comissão Europeia, com o projeto INFRALERT, o qual mereceu a aprovação do financiamento no âmbito do tópico MOBILITY FOR GROWTH: Smarter design, construction and maintenance. O INFRALERT visa desenvolver um sistema de informação expert-based, para apoiar e automatizar a gestão dos ativos das infraestruturas lineares (rodovia e ferrovia), desde o processo de inspeção à manutenção. Envolve a recolha, armazenamento e análise de dados de inspeção, inferência de intervenções para manter o desempenho da rede em condições ideais, e no planeamento otimizado das intervenções de manutenção. Serão utilizados dois projetos-piloto reais para validar e demonstrar os resultados das atividades de investigação. Na rodovia o projeto-piloto é composto por parte da Rede Rodoviária Nacional e coordenado pela IP, e na ferrovia é coordenado pela Universidade de Luleå e aplicado a uma linha no norte da Suécia e Noruega. O projeto teve início em maio de 2015 e terá uma duração de 36 meses, com um orçamento global de 3 M€. O presente artigo apresenta detalhadamente os objetivos do projeto, plano de trabalhos, assim como os desenvolvimentos já ocorridos desde o seu arranque.

Palavras-chave: gestão de ativos; infraestruturas lineares; inspeção; manutenção; H2020.

1 INTRODUÇÃO

A Infraestruturas de Portugal (IP) participou na preparação de uma candidatura no âmbito Horizonte 2020 promovido pela Comissão Europeia, com o projeto INFRALERT [1], o qual mereceu a aprovação do financiamento no âmbito do tópico *MOBILITY FOR GROWTH: Smarter design, construction and maintenance*. O projeto teve início em maio de 2015 e terá uma duração de 36 meses, com um orçamento global de 3 M€, apresentando-se no presente artigo os objetivos do projeto e plano de trabalhos, assim como os desenvolvimentos já ocorridos desde o seu arranque.

1.1 Motivação

Os maiores sistemas de infraestruturas são aqueles relacionados com o transporte terrestre, e em especial os sistemas de ativos das infraestruturas lineares de transporte rodoviário e ferroviário. A rede de autoestradas europeias por si só totaliza cerca de 69.500 km de estrada, enquanto a rede ferroviária europeia compreende 213.600 km. A condição destas infraestruturas, quer rodoviárias, quer ferroviárias, tem uma enorme relevância social e económica, uma vez que os constrangimentos na infraestrutura resultam em constrangimentos no transporte de pessoas e bens. Espera-se que em 2020 o tráfego de longo curso ferroviário vá aumentar em 21% até 1359 milhões de passageiros na Europa (34% em comboios de alta velocidade) [2]. Simultaneamente, não é expectável que a procura na rodovia diminua face à dependência do transporte rodoviário nas ligações entre as redes estruturantes e a matriz urbana, assim como da utilização do automóvel privado [3].

Dadas as restrições orçamentais, um alargamento substancial das redes rodoviárias e ferroviárias nas próximas décadas é incerto. Como consequência, a única forma de aumentar a capacidade da infraestrutura para corresponder ao aumento da procura de transporte é através da otimização do desempenho da infraestrutura existente. É neste contexto que surge o interesse no desenvolvimento do projeto INFRAALERT.

1.2 Objetivos

O projeto tem o acrónimo INFRAALERT (*Linear Infrastructure Efficiency Improvement by Automated Learning and Optimised Predictive Maintenance Techniques*). O INFRAALERT visa desenvolver um sistema de informação *expert-based*, para apoiar e automatizar a gestão dos ativos das infraestruturas lineares (rodovia e ferrovia), desde o processo de inspeção à manutenção. Envolve a recolha, armazenamento e análise de dados de inspeção, inferência de intervenções para manter o desempenho da rede em condições ideais, e no planeamento otimizado das intervenções de manutenção. Deseja-se assim que o INFRAALERT seja diretamente aplicado por gestores de infraestruturas rodoviárias e ferroviárias no campo de manutenção inteligente e planeamento estratégico a longo prazo.

Os objetivos do INFRAALERT passam pelo desenvolvimento e implementação de soluções que melhorem o desempenho da infraestrutura e que possam adaptar a sua capacidade às exigências de crescimento, passando por:

- (i) Garantir a operacionalidade da infraestrutura nas situações de interrupções de tráfego;
- (ii) Manter e aumentar a disponibilidade da infraestrutura, através da otimização das intervenções de manutenção e avaliar as decisões estratégicas de longo prazo sobre novas construções;
- (iii) Garantir a segurança e a confiabilidade do serviço, minimizando a incidentes e falhas.

No que se refere à vertente tecnológica, a prossecução dos objetivos do projeto passa por:

- Desenvolver soluções tecnológicas e modelos aplicáveis a infraestruturas lineares no âmbito do sistema de transportes;
- Desenvolver ferramentas baseadas em inteligência artificial e técnicas de otimização para apoio à decisão na manutenção, renovação ou construção de novas infraestruturas;
- Integrar todos os modelos e ferramentas numa arquitetura *cloud-based* compatível com os sistemas de gestão de ativos já existentes.

Serão utilizados dois projetos-piloto reais para validar e demonstrar os resultados das atividades de investigação. Na rodovia o projeto-piloto é composto por parte da Rede Rodoviária Nacional e coordenado pela IP, e na ferrovia é coordenado pela Universidade de Luleå e aplicado a uma linha no norte da Suécia e Noruega, sendo os casos de estudo descritos no decorrer do presente artigo.

1.3 Descrição do consórcio

A participação da IP no projeto está enquadrada num consórcio que integra ainda as seguintes entidades: Instituto Fraunhofer IVI (Alemanha); CEMOSA (Espanha); DMA (Itália); Régens (Hungria); Universidade de Sevilha (Espanha) e Universidade de Luleå (Suécia). A Figura 1 ilustra a distribuição geográfica do consórcio no espaço europeu. Em termo de áreas de atuação e tipo de entidade, a CEMOSA, a DMA e a Régens são PME's do sector tecnológico com *know-how* na área das infraestruturas de transportes e das tecnologias de informação, o Instituto Fraunhofer IVI, a Universidade de Sevilha e a Universidade de Luleå são entidades de investigação e desenvolvimento, sendo a IP o gestor público de infraestruturas rodoviárias e ferroviárias. A coordenação do consórcio é assegurada pelo Instituto Fraunhofer IVI.

Foi ainda constituído um *External Advisory Board* (EAB), composto por *stakeholders* de relevo no contexto europeu, com experiência na utilização de sistemas de gestão de ativos, quer na área rodoviária, quer na área ferroviária.



Fig.1. Consórcio do projeto INFRAALERT

2 PLANO DE TRABALHOS

O projeto está estruturado e dividido em 10 *Work Packages (WP)* tal como esquematizado na Figura 2. O principal trabalho técnico e científico é desenvolvido nos WP 2 a 7. Os requisitos foram identificados no WP1 e todo o sistema INFRAALERT será demonstrado no âmbito do WP8. Por último, existem ainda dois WP transversais, o WP9 (*Dissemination & Exploitation*) e o WP10 (*Project Management*).

No WP1 (*Requirements*) são elaboradas as bases para o desenvolvimento do sistema de gestão de infraestruturas, o *expert-based Infrastructure Management System (eIMS)*. Os pontos fracos das ferramentas atuais para a gestão e manutenção de infraestrutura são identificados, enquanto um quadro de avaliação com base em indicadores de desempenho (KPIs) é estabelecido para garantir que estas desvantagens são superadas e os impactos esperados são devidamente alcançados.

No WP2 (*Data Management*) as atuais bases de dados para as medições de campo são adaptadas e alargadas para gestão de ativos de diferentes tipos. Será construído um repositório de dados (*Data Farm*), integrador de forma a incluir todos os tipos de dados numa arquitetura consistente. O trabalho a realizar partirá de bases de dados abertas e computação em nuvem (*cloud computing*), tecnologias estas já existentes, sobre as quais se irá construir a solução. Os dados de campo são mantidos da forma mais eficiente, com a preservação do conceito de “campanha de medição”. Isto irá evitar a perda de informações úteis e permitirá o processamento de dados brutos se ocorrer algum erro. A preservação da estrutura de dados originais como entregue pelos sensores de medição permite extrair mais significado a partir dos dados, no caso de haver o desenvolvimento de novos métodos de análise.

No WP3 (*Asset Condition*) é feita a avaliação da condição atual dos ativos e a previsão do seu desempenho futuro, tendo por base a estrutura de dados criada no WP2. A informação gerada tem um duplo objetivo:

- A condição atual do ativo será útil para a operação e gestão do tráfego;
- A previsão da condição futura dos ativos será relevante para as ferramentas de apoio à decisão, as quais seguem uma abordagem baseada na análise de condição e risco.

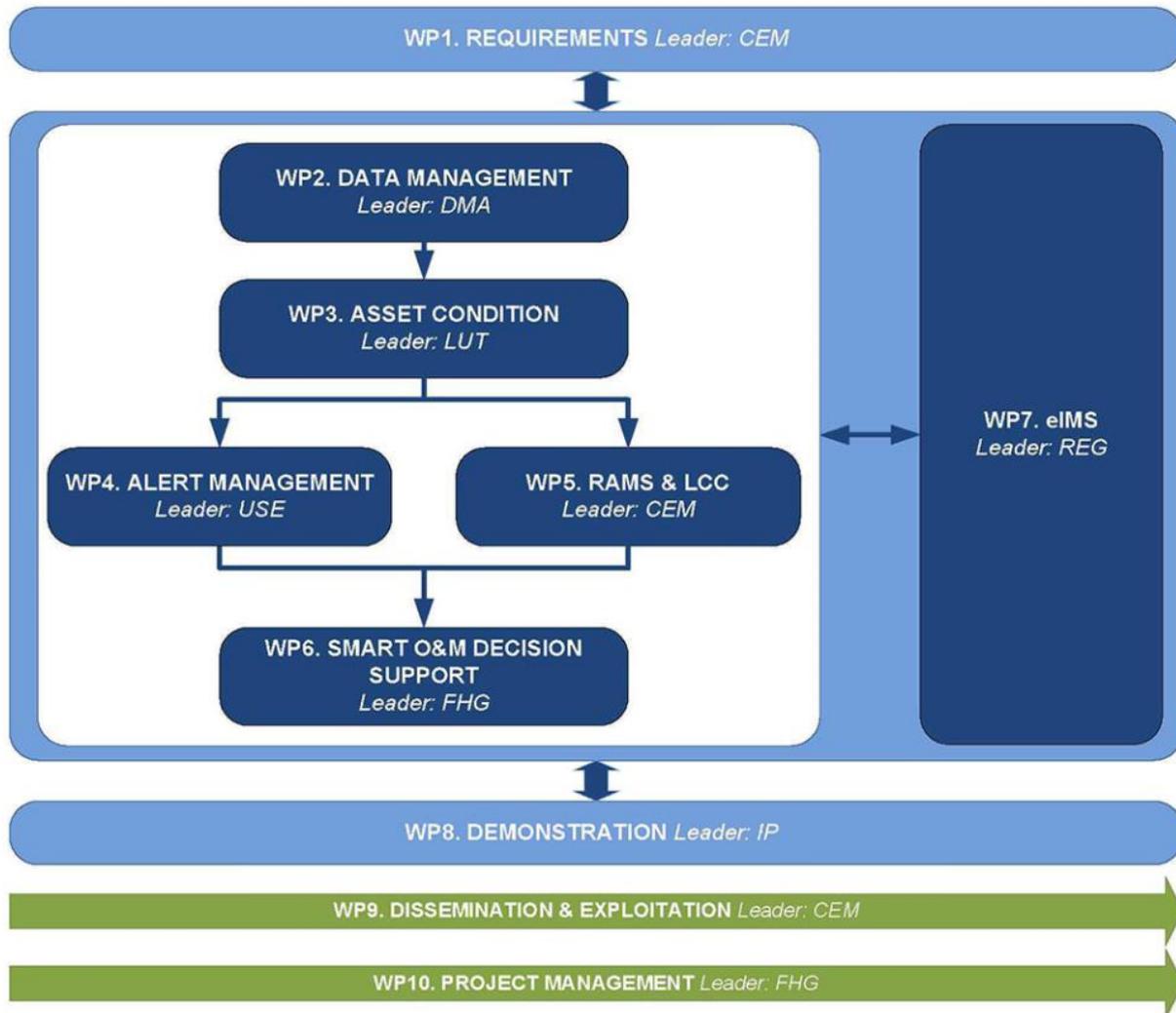


Fig.2. Work Packages contemplados no projeto INFRAALERT

No WP4 (*Alert Management*) será desenvolvido uma metodologia para a geração de alertas para a manutenção dos ativos da rede de infraestrutura com base na avaliação e previsão das condições dos ativos (WP3) e no prévio conhecimento de especialistas na área das intervenções de manutenção. A inovação da pesquisa baseia-se em técnicas de aprendizagem automática (*machine learning*) para caracterizar verdadeiros alertas positivos utilizando abordagens probabilísticas. O desenvolvimento prático do ponto de vista tecnológico baseia-se na criação de padrões espaciais: alerta-gravidade-intervenção e alerta-tempo-probabilidade de forma a priorizar alertas de manutenção. Estes resultados servirão de entrada para sistema de apoio ao planeamento de intervenções (WP6).

No WP5 novos modelos RAMS e LCC serão desenvolvidas (*Reliability, Availability, Maintainability and Safety e Life Cycle Costs*). Estas metodologias usarão a informação probabilística para realizar análises mais realistas. Uma vez programado, este conjunto de ferramentas irá fornecer ao sistema de apoio à decisão as entradas e objetivos necessários para a otimização (WP6), levando a uma infraestrutura mais fiável, disponível, sustentável do ponto de vista da manutenção, segura, e eficiente em termos de custo.

No WP6 (*Smart O&M Decision Support*) serão desenvolvidos as ferramentas de apoio à decisão no planeamento de intervenções. O trabalho tem o seu foco na modelação matemática dos planos de manutenção ao nível tático e operacional, e em particular na modelação de incertezas a serem tratadas no processo de planeamento dinâmico. A conceção de um conceito de plano de intervenções baseado na condição e risco do ativo é outro objetivo

fundamental deste WP, uma vez que constitui os fundamentos do quadro de apoio à decisão inteligente para ser aplicado dentro do *eIMS*. Será estabelecida uma ligação com os modelos RAMS & LCC do WP5.

No WP7 será construído em termos tecnológicos o *eIMS*, que explora a gestão de dados desenvolvido no WP2 e integra o conhecimento e as ferramentas de inteligência artificial a serem desenvolvidas nos WP3, WP4, WP5 e WP6. Métodos e algoritmos inovadores fornecidos pelos WP3 a WP6 serão implementados dentro deste WP e integrado na plataforma *eIMS*. Para proporcionar interoperabilidade entre o *eIMS* e outros sistemas de gestão de infraestruturas existentes, a plataforma também irá conter uma *gateway* de integração que servirá como interface para fontes de dados externas. Para os *stakeholders* interessados na gestão de infraestrutura, a plataforma irá fornecer um *layer* de apresentação baseado na web para aceder aos serviços INFRAALERT.

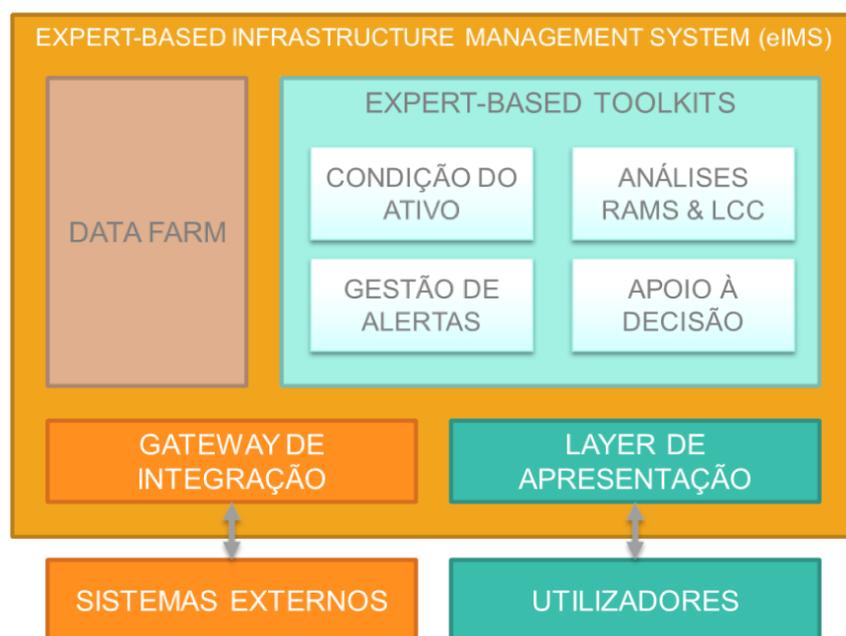


Fig.3. Arquitetura do expert-based Infrastructure Management System (*eIMS*)

No WP8 (*Demonstration*) o protótipo do *eIMS* resultante dos WPs anteriores será demonstrado em dois projetos-piloto reais, um na rodovia e outro na ferrovia. Estes projetos-pilotos foram identificados no WP1 e servirão para apoiar o desenvolvimento empírico do projeto, bem como a sua validação num contexto real. Além de recolha de dados para os cenários selecionados em termos de condição de ativos, serão identificados dados de operação, orçamento e outras restrições relacionadas com os recursos. A avaliação dos resultados e a análise do impacto global será baseado em KPIs (definido no WP1), permitindo uma quantificação clara dos benefícios INFRAALERT.

O WP9 é dedicado à preparação de planos abrangentes para a assimilação dos resultados obtidos pelos parceiros e preparar o terreno para a exploração. O consórcio fará o possível para divulgar amplamente informações relativas ao projeto, a fim de aumentar a competitividade dos parceiros. Nesse sentido, o consórcio irá utilizar diferentes meios de comunicação para transmitir os resultados deste projeto, incluindo mas não limitado a, boletins eletrónicos, *newsletters*, revistas científicas, conferências e uma página web dedicada.

As atividades de gestão no WP10 incluem a otimização da alocação de recursos entre os participantes e garantir o cumprimento de todos os requisitos do Acordo de Consórcio em termos de comunicação e informação. Estas também incluem a gestão do conhecimento, a coordenação das atividades técnicas no consórcio, a coordenação dos aspetos legais, contratuais, financeiros e administrativos gerais, bem como o estabelecimento e coordenação do *External Advisory Board*.

3 ETAPAS JÁ CONCLUÍDAS

Neste capítulo descrevem-se de forma sucinta os principais desenvolvimentos resultantes das etapas já concluídas. Estas resumem-se essencialmente à conclusão do WP1, tendo como resultados a definição da estrutura funcional da ferramenta a ser desenvolvida e requisitos a garantir, assim como a definição dos casos de estudo que numa fase posterior permitirão a validação da ferramenta em projetos-piloto reais.

3.1 Definição da estrutura e dos requisitos referentes ao projeto

Como suporte à definição da estrutura da ferramenta e respetivos requisitos, foram desempenhadas diversas tarefas. Em primeiro lugar, foi feita uma revisão do estado da arte em termos de ferramentas ou sistemas de gestão de ativos aplicáveis a infraestruturas lineares de transporte, no sentido de serem avaliados os principais obstáculos a superar no desenvolvimento do INFRAALERT, conhecendo as limitações das opções atualmente existentes. Esta revisão foi igualmente partilhada com os membros do *External Advisory Board*.

Posteriormente, os requisitos técnicos e funcionais das diversas componentes do INFRAALERT (desenvolvidas no âmbito dos WP de carácter técnico) foram assim definidos, na perspectiva de ser possível superar as limitações encontradas nas ferramentas ou sistemas já existentes. Estas limitações bem como as necessidades de desenvolvimento foram analisadas numa perspectiva interna e externa, considerando aspetos positivos e negativos. Foi feita assim uma análise SWOT, identificando o conjunto das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, tal como descrito na Figura 4.

	Positivo	Negativo
Interno	<p>Forças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestão eficaz da informação • Capacidade de adaptação a diferentes <i>inputs</i> e requisitos que poder variar • Utilização de técnicas de Inteligência Artificial • Integração de RAMS & LCC • Planeamento da manutenção com base em análises de risco • Fácil implementação por via da <i>cloud</i> • Compatível com sistemas de gestão de ativos já existentes 	<p>Fraquezas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de um conjunto de dados muito alargado para a utilização de análises probabilísticas • Os resultados obtidos nem sempre podem ser obtidos por via manual • Questões de segurança associadas à lógica <i>cloud-based</i> • Necessidade de SIG externo e/ou <i>software</i> de gestão de ativos para reporte
Externo	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integração da gestão de infraestruturas rodoviárias e ferroviárias em alguns países • Contínuo desenvolvimento das tecnologias de sensores, resultando cada vez mais em mais informação • Formatos de dados bastante díspares, requerendo normalização antes da introdução nos sistemas de gestão de ativos • Sistemas de <i>big data</i> e <i>cloud computing</i> com bom desempenho e a baixo custo • Existência de diversos contratos de PPP para os quais se tornam relevantes análises baseadas no risco 	<p>Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poder tornar-se apenas mais um <i>software</i> para planeamento da manutenção • Dificuldade de implementação em empresas de grande dimensão • Falta de confiança em processos automáticos de apoio à decisão • Sem interesse para corretores simples (por exemplo, concessões rodoviárias)

Fig.4. Análise SWOT

Por último, no sentido de se identificar um quadro comum para a avaliação da condição da infraestrutura, foram analisadas as regulamentações internacionais aplicáveis aos ativos rodoviários e ferroviários. O sistema a desenvolver terá necessariamente como objetivo a manutenção da infraestrutura numa condição que cumpra os limites regulamentados mas, contudo, deverá ser suficientemente flexível para que estes possam a vir a ser alterados com base em argumentos válidos.

3.2 Definição dos casos de estudo

Os desenvolvimentos do projeto INFRAALERT serão demonstrados num sistema ferroviário e rodoviário, com o objetivo de comprovar a abordagem transversal do sistema à gestão dos ativos das infraestruturas lineares em geral.

A demonstração rodoviária será realizada numa rede de estradas em Portugal sob a gestão de IP. A sub-rede rodoviária selecionada compreende várias estradas na região de Coimbra, no centro de Portugal, incluindo estradas dos distritos de Aveiro, Coimbra, Guarda, Leiria e Viseu, num total de 539 km (ver Figura 5). Esta rede inclui Itinerários Principais (IP), Itinerários Complementares (IC), Estradas Nacionais (EN), Estradas Regionais (ER) e Estradas desclassificadas (EM), que estão sob a jurisdição da IP, não incluindo qualquer troço de autoestrada. A rede selecionada é heterogénea em termos de níveis tráfego. Para além do transporte de mercadorias, a rede selecionada liga várias áreas urbanas importantes à escala nacional e regional, como os municípios de Coimbra (143 396 habitantes), Aveiro (78 450 habitantes) e Viseu (99 274 habitantes).

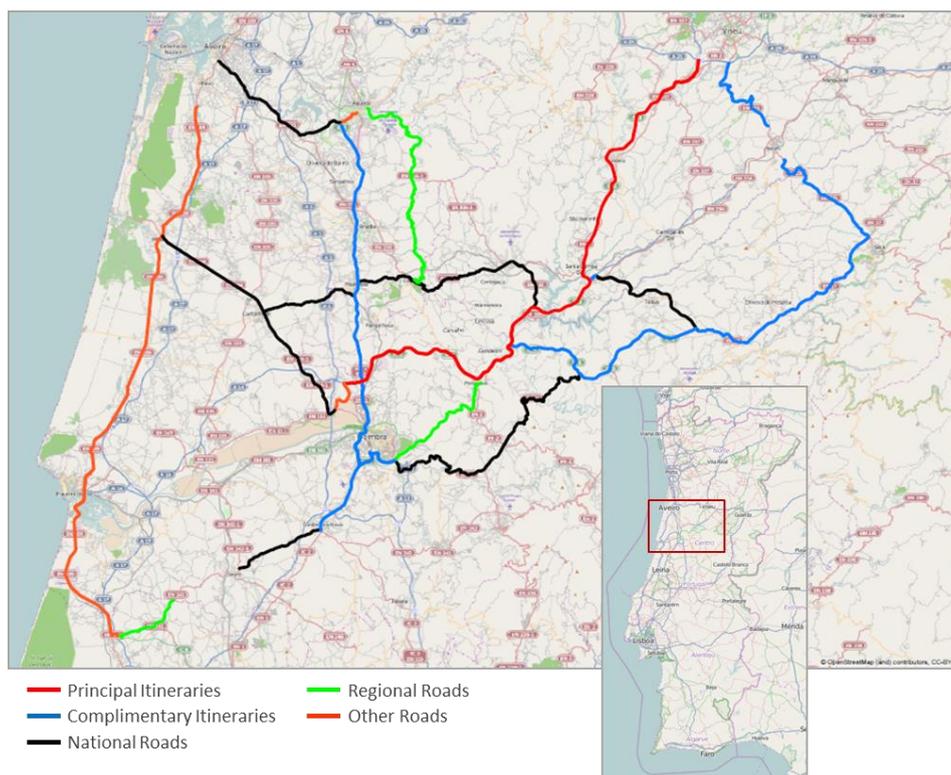


Fig.5. Localização do caso de estudo rodoviário

No caso da ferrovia a demonstração é um corredor ferroviário na Suécia sob a gestão do Trafikverket (Gestor de Infraestruturas de Transporte Sueco): a linha do Minério de Ferro (Malmbanan), no norte da Suécia. Começa em Luleå e termina em Narvik, na Noruega (ver Figura 6). O tráfego na linha é composto por passageiros e comboios de mercadorias. O tráfego de mercadorias consiste principalmente de carruagens com cargas de 22,5 toneladas por eixo ou mais. Operar comboios de transporte pesado numa zona montanhosa a norte do Círculo Polar Ártico é uma

tarefa desafiadora. Os comboios operam em condições climáticas severas, incluindo a neve no inverno e temperaturas extremas que variam de -45°C a + 25°C. Os dados relevantes para as demonstrações na rodovia e ferrovia foram selecionados e já disponibilizados aos parceiros INFRAALERT, de forma a permitir o desenvolvimento dos WP2 ao WP7.

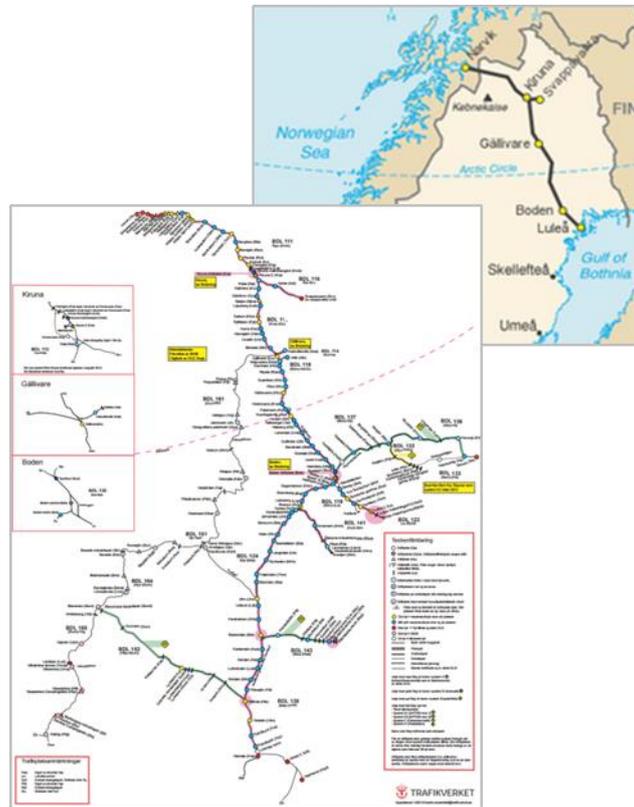


Fig.5. Localização do caso de estudo ferroviário

Além das etapas já descritas, com o objetivo de avaliar o impacto do sistema INFRAALERT em termos de capacidade, custo-benefício e desempenho, foi definido um conjunto de indicadores chave de desempenho (KPIs). Este quadro de avaliação está estruturado da seguinte forma:

- Nível externo, onde os KPIs são definidos pelo Gestor de Infraestrutura (metas gerais)
- Nível interno, onde os KPIs são pré-definidos e auto ajustados pelo sistema INFRAALERT para cumprir as metas gerais do projeto (capacidade, custo-benefício, desempenho).

Os mecanismos de avaliação previsto no projeto INFRAALERT não irão substituir os KPIs existentes nos sistemas de gestão de ativos existentes, mas serão direcionados nos parâmetros que o projeto visa melhorar (capacidade, custo-benefício, desempenho). Além disso, INFRAALERT irá concentrar-se apenas sobre os KPIs disponíveis tendo em conta os dados disponíveis nomeadamente resultantes das campanhas de auscultação e das ações de manutenção.

4 CONCLUSÕES

O presente artigo apresentou os objetivos do projeto INFRAALERT, plano de trabalhos, assim como os desenvolvimentos já ocorridos desde o seu arranque em maio de 2015. No atual contexto de limitação dos investimentos nas redes de transporte terrestre, torna-se efetivamente pertinente a otimização do seu desempenho

de forma não condicionar a mobilidade de pessoas e bens no espaço europeu. Espera-se assim que o sistema INFRALERT venha a ser diretamente aplicado por gestores de infraestruturas rodoviárias e ferroviárias no campo de manutenção inteligente e planeamento estratégico, procurando-se que funcione de forma verdadeiramente complementar a sistemas que eventualmente já existam, minimizando os seus custos de implementação.

5 AGRADECIMENTOS

Este projeto é financiado pelo Programa-Quadro Europeu de Investigação & Inovação Horizonte 2020, através do Acordo de Financiamento N° 636496.

6 REFERÊNCIAS

1. INFRALERT, *<http://infralert.eu/>*. Acedido a 8 de janeiro de 2016.
2. Amadeus, *The Railway Journey to 2020*, Amadeus IT Group SA., 2013.
3. ERTRAC, *Multi-Annual Implementation Plan for Horizon 2020*, 2013.