

Sistemas integrados de gestão de túneis

Jorge da Silva Cunha, Managing Director, Yunex Traffic Portugal.

Jorge.cunha@yunextraffic.com

Palavras Chave: Sistemas Integrados de Túneis, Building Information Model (BIM), eficiência operacional e segurança rodoviária.

Resumo:

Os túneis rodoviários são fundamentais para a infraestrutura viária, permitindo a conexão entre regiões e otimizando o fluxo de veículos. No entanto, a sua operação envolve desafios complexos relacionados com a segurança, ventilação, iluminação e monitorização do tráfego. A implementação de tecnologias como inteligência artificial, sensores conectados e Building Information Modeling (BIM) tem revolucionado a gestão destes espaços, permitindo uma operação mais eficiente e sustentável. Em Portugal, a adoção do BIM tem evoluído, mas ainda se encontra atrás de países como os nórdicos e o Reino Unido, onde sua aplicação é obrigatória. Além disso, sistemas inteligentes de monitorização de tráfego e qualidade do ar garantem maior segurança e conforto aos condutores, enquanto soluções adaptativas de iluminação e gestão dinâmica do tráfego de veículos contribuem para reduzir congestionamentos e impactos ambientais. Exemplos práticos dessa inovação podem ser constatados em projetos de túneis na Bélgica, Singapura e Portugal, onde tecnologias avançadas melhoram a segurança e eficiência operacional. O futuro da mobilidade rodoviária depende da expansão dessas soluções tecnológicas, tornando os túneis ainda mais inteligentes e seguros.

1. Introdução

Os túneis rodoviários são essenciais para a mobilidade e infraestrutura viária, conectando regiões e otimizando o fluxo de veículos em situações com restrições de relevo. No entanto, sua operação apresenta desafios complexos relacionados à segurança, ventilação, iluminação e monitoramento do tráfego. Com o avanço da tecnologia, soluções inteligentes têm sido implementadas para tornar esses espaços mais seguros e eficientes.

Entre as principais inovações tecnológicas aplicadas à gestão de túneis estão sistemas de monitorização automatizado, gestão de tráfego em tempo real e a integração de modelos digitais através do Building Information Modeling (BIM). Essas ferramentas possibilitam um desenho, concepção e controlo preciso das operações e contribuem para a sustentabilidade e eficiência energética.

Portugal tem avançado na utilização do Building Information Modeling (BIM), mas ainda se encontra atrás de alguns países europeus, onde a adoção é obrigatória. Aqui estão alguns pontos de comparação:

- Portugal: A partir de 2030, o BIM será obrigatório para projetos de arquitetura, conforme estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 10/2024. Atualmente, o país está em fase de transição, com projetos-piloto para validar a metodologia;
- Países Nórdicos (Finlândia, Noruega, Dinamarca): Foram pioneiros na adoção do BIM, tornando-o obrigatório para projetos públicos desde 2007. A maturidade do BIM nesses países é elevada, com integração total em processos de construção e manutenção.
- Reino Unido: Desde 2016, todos os projetos públicos devem utilizar BIM nível 2, garantindo maior eficiência e transparência na construção;
- França e Alemanha: Implementaram diretrizes para adoção do BIM em projetos públicos, mas ainda enfrentam desafios na padronização e formação de profissionais;
- Espanha e Itália: Estão em processo de regulamentação, com exigências progressivas para a adoção do BIM em obras públicas.

Portugal segue uma tendência europeia de digitalização da construção, mas ainda precisa expandir a capacitação de profissionais e a padronização dos processos para alcançar o nível de maturidade de países como os nórdicos e o Reino Unido.

2. Soluções Tecnológicas Aplicadas a Túneis Rodoviários

O desenvolvimento de sistemas inteligentes para túneis rodoviários tem sido impulsionado por avanços em inteligência artificial, sensores conectados e modelagem digital. Algumas das principais tecnologias implementadas incluem:

- **Monitorização inteligente e Gestão de incidentes**

A monitoração contínua dentro dos túneis é essencial para garantir a segurança dos utilizadores. Equipamentos como câmaras térmicas, sensores de movimento, radares de controlo de velocidade e softwares de análise preditiva permitem a deteção rápida de, entre outros:

- Veículos parados ou acidentes;
- Presença de fumos ou gases tóxicos;
- Congestionamentos de tráfego;
- Passagem de veículos de materiais perigosos.

Com a análise automatizada desses dados, os operadores podem tomar decisões rápidas para aumentar a segurança, minimizar riscos, otimizar a resposta a incidentes e a melhorar a fluidez no trânsito.

- **Controlo de ventilação e medição da qualidade do ar**

A circulação do ar dentro dos túneis pode ser comprometida pela acumulação de gases poluentes provenientes dos veículos a combustão. Sensores inteligentes monitorizam a qualidade do ar e ajustam automaticamente os sistemas de ventilação para manter níveis seguros. Além disso, a ventilação pode ser controlada de forma estratégica em emergências, como incêndios, evitando a propagação de fumos.

- **Iluminação adaptativa**

A iluminação dentro dos túneis impacta diretamente a segurança e o conforto dos condutores. Sistemas tecnologicamente avançados ajustam automaticamente a intensidade com base em fatores como:

- Nível de luz natural na entrada e saída do túnel;
- Condições climáticas externas;
- Volume de tráfego.

O uso de iluminação inteligente reduz o consumo energético e melhora a visibilidade, evitando acidentes causados por mudanças abruptas na iluminação.

- **Gestão Inteligente do Fluxo de Tráfego**

Os túneis frequentemente tornam-se pontos críticos de congestionamento. Para mitigar este tema, sistemas de gestão de tráfego incluem:

- Sinalização variável, ajustando limites de velocidade de acordo com a intensidade;
- Controle de vias dinâmico, direcionando veículos para vias com menos tráfego;
- Integração com plataformas digitais de navegação para fornecer informações em tempo real aos condutores.



Modelação 3D: do desenho à operação

3. A Inclusão do BIM na Gestão de Túneis

O Building Information Modeling (BIM) tem revolucionado o planejamento e a operação de infraestruturas rodoviárias, incluindo túneis. A tecnologia BIM permite criar modelos digitais detalhados que integram dados estruturais, operacionais e ambientais do túnel em um único ambiente virtual.

- **Planeamento e Simulação**

O BIM possibilita a simulação de diferentes cenários antes da construção, analisando aspectos como:

- Distribuição dos sistemas de ventilação e iluminação;
- Impacto ambiental e consumo energético;
- Estratégias de evacuação em situações de emergência.

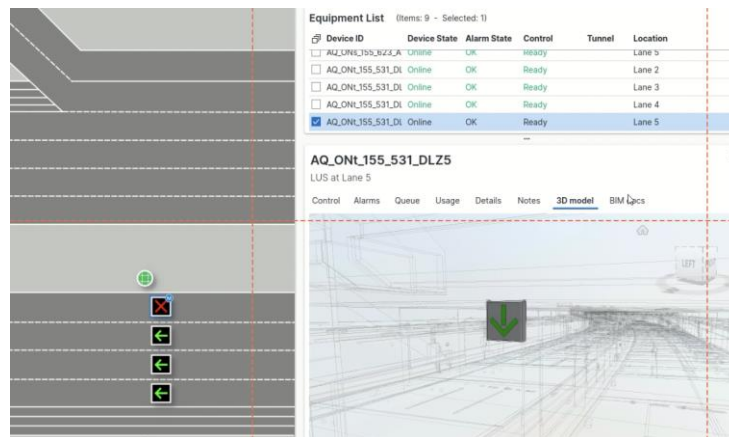
Essas simulações permitem a tomada de decisões de desenho e concepção, simulando o contexto real, e conseqüentemente reduzindo custos e riscos na execução do projeto.

- **Monitorização e Manutenção Inteligente**

Após a construção, o BIM continua a ser uma ferramenta crucial para a operação dos túneis. Os modelos digitais atualizados em tempo real permitem:

- Gestão preventiva de manutenção, identificando áreas que requerem reparação anterior a existência de falhas;
- Integração com sensores IoT para analisar o desempenho dos sistemas de iluminação e ventilação;
- Otimização do fluxo de tráfego com base em padrões históricos.

Com o uso do BIM, os túneis tornam-se mais sustentáveis, eficientes e seguros, proporcionando uma infraestrutura rodoviária inteligente.



4. Benefícios da utilização de sistemas integrados de gestão de túneis

A aplicação dessas inovações oferece vantagens significativas para a operação de túneis, onde se podem destacar:

- **Maior Segurança**

A monitorização automática e a resposta rápida a incidentes reduzem o risco de acidentes e melhoram a gestão de emergências.

- **Eficiência Operacional**

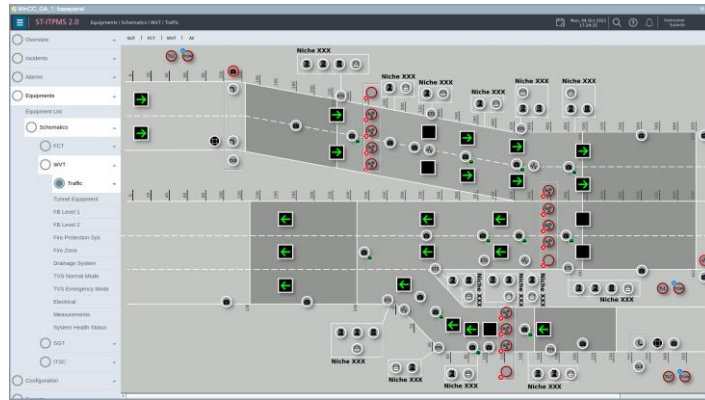
Com sistemas inteligentes de tráfego e iluminação, a manutenção e operação dos túneis se tornam mais eficientes e menos custosas.

- **Sustentabilidade**

A redução do consumo de energia e a gestão da qualidade do ar contribuem para diminuir o impacto ambiental dos túneis rodoviários.

- **Melhor Experiência para condutores**

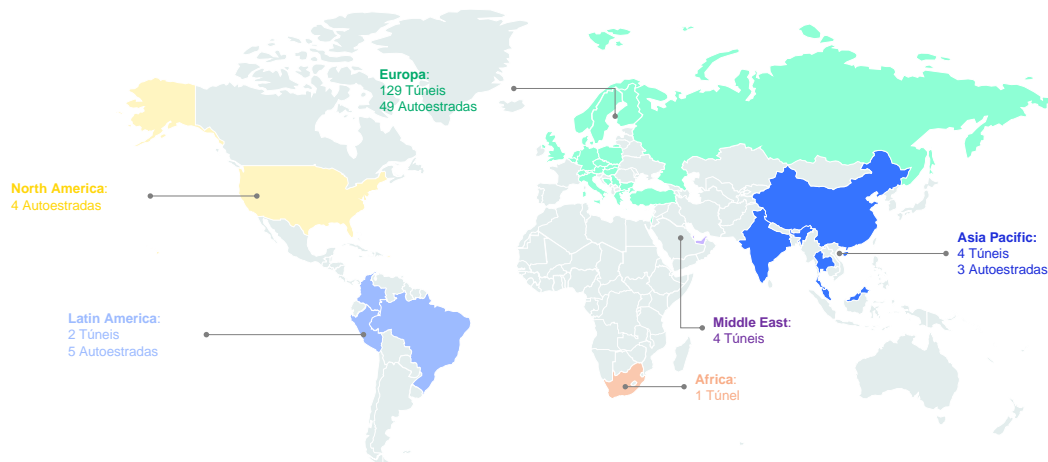
Menos congestionamento, maior conforto visual e informações precisas aumentam a satisfação dos motoristas que utilizam esses túneis diariamente.



Yutrafic Varia: sistema integrado de gestão de túneis.

5. Casos de Uso e Exemplos Práticos

A Yunex Traffic, contribuiu para a o desenho e concepção, instalação e manutenção de diversos túneis no mundo, que integram tecnologias de monitorização, automação e BIM na sua operação.



Alguns exemplos incluem:

- Sistema SCADA para 54 túneis na região da **Wallonia na Bélgica**



Solução centralizada para monitorizar e gerir remotamente 54 túneis, ajudando a melhorar a segurança e fluidez do tráfego:

- Alta disponibilidade com servidores principais e hot standby instalados em dois locais diferentes e estações principais com operadores de backup;
- BIM integrado para os 9 túneis mais longos, permitindo a identificação visual eficiente de túneis, dispositivos defeituosos e subsistemas de acordo com alarmes SCADA;
- Sistema Integrado de Gestão da Manutenção, gerando tickets interativos de acordo com o nível de serviço contratado;
- Substituir PLCs antigos que gerem localmente todos os subsistemas em cada túnel por novos, conectados ao SCADA
- Sistema de gestão local instalado em túneis em HMI fornecendo monitorização e gestão local.

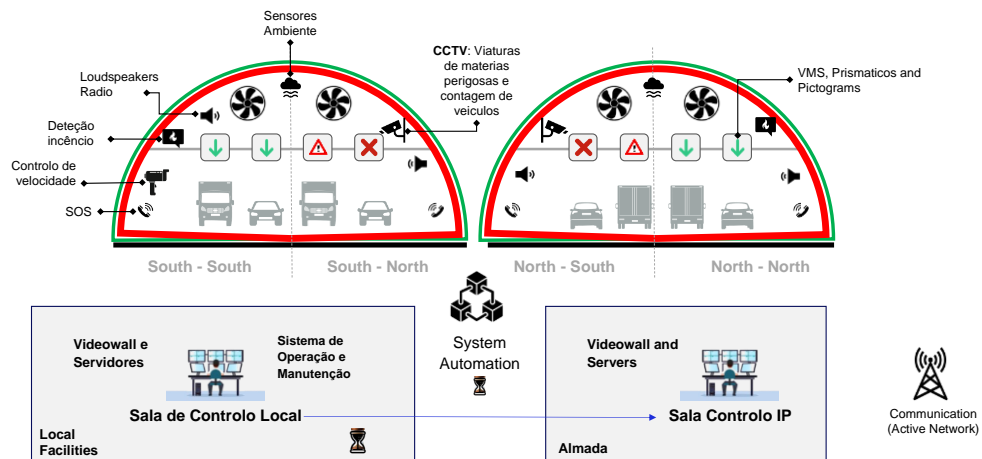
- **Singapura: Corredor Norte Sul**



O Corredor Norte-Sul (NSC) será a autoestrada mais longa em Singapura, com 12,5 km de túnel e 9 km de viaduto:

- A nova versão expressa oferece conectividade e fácil deslocamento dentro da cidade e distritos comerciais com 33 entradas e saídas;
- Sistema Integrado de Gestão de Tráfego e Instalações será implementado com os mais elevados padrões de segurança;
- A construção virtual será aplicada de todo o projeto através de Building-Information-Modelling.

- Em Portugal: Tunnel do Grilo



6. Conclusão

A tecnologia tem transformado a gestão de túneis rodoviários, proporcionando maior eficiência e segurança para utilizadores e operadores. Sistemas

inteligentes de monitorização, ventilação, iluminação e controle de tráfego, combinados com o uso do BIM, garantem uma abordagem integrada para otimizar a operação dessas infraestruturas.

À medida que novas inovações surgem, espera-se que a integração de inteligência artificial e tecnologias preditivas tornem os túneis ainda mais inteligentes e sustentáveis. O futuro da mobilidade rodoviária depende da adoção dessas soluções, garantindo uma infraestrutura mais segura e eficiente para todos.