



ORDEM  
DOS  
ENGENHEIROS

SÉRGIO LOPES

# XXI CONGRESSO

DA ORDEM DOS ENGENHEIROS

COIMBRA

23 e 24 de novembro de 2017

ENGENHARIA  
E TRANSFORMAÇÃO  
DIGITAL





ORDEM  
DOS  
ENGENHEIROS

XXI CONGRESSO NACIONAL  
DA ORDEM DOS ENGENHEIROS  
24 DE NOVEMBRO DE 2017 | SÉRGIO LOPES

# SESSÕES TÉCNICAS PARALELAS

## EDIFÍCIOS E CIDADES

### MONITAR SENSE

### UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES





## INDÚSTRIA 4.0 E A ENGENHARIA DO AMBIENTE



### *Smart City*

A cidade inteligente em termos de pessoas, economia, ambiente, governação, vivência, energia, mobilidade,...

### *Machine to Machine (M2M)*

Interoperabilidade entre máquinas

### *Internet of Things (IoT)*

As “coisas” coexistem simultaneamente no mundo real e no mundo digital

### *Big Data*

Repositórios com massivas quantidades de dados

### *Data mining*

A análise de dados e a tomada de decisões em tempo-real no mundo digital com atrasos de frações de segundo relativamente aos eventos no mundo físico



**ENGENHARIA  
DO AMBIENTE**  
OBJETIVO PLANETA SUSTENTÁVEL





## O PROBLEMA



“Imagine que, depois de um dia intenso de trabalho, vai praticar exercício físico. Vai querer respirar ar limpo e não estar exposto a poluição enquanto se exercita. Vai querer ficar mais forte e não ficar mais fraco. Como sabe a qualidade do ar ou o ruído no parque da sua cidade ou na ecopista mais próxima de si ou até mesmo a qualidade do ar no interior do seu ginásio preferido?

Seria bom ter esses dados atuais, fiáveis, fáceis de compreender e de simples acesso.”

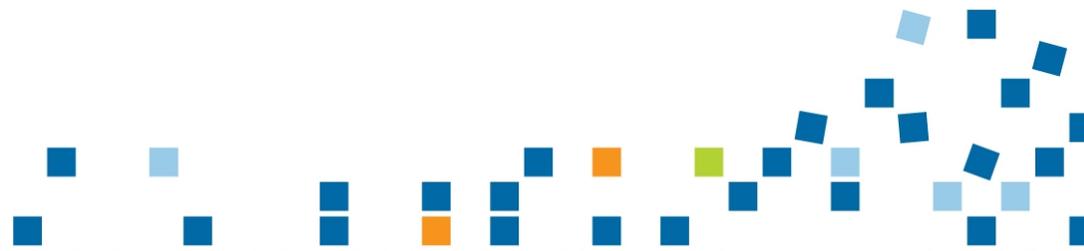




## O PROBLEMA



“Imagine que é um professor numa sala de aula e tem que tomar uma atitude pois o ar da sua sala está a ficar irrespirável à medida que as horas passam. Será que abrir a janela é uma solução? Mas será que o ar no exterior não terá outras substâncias ainda mais perigosas? Ou será que o ruído exterior irá afetar a sua aula quando abrir a janela? Será que a temperatura e humidade relativa do ar exterior é a adequada? Será necessário ventilação natural ou forçada? E será necessário consumir energia”

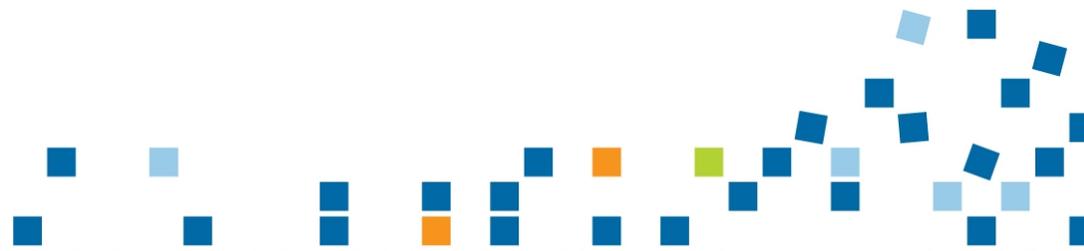




## O PROBLEMA



“Nos dias de sol e de calor, as crianças e os idosos são levados para o exterior para poderem disfrutar dessas condições, mas será que os níveis de radiação ultravioleta são os adequados para essas atividades? E os níveis de poluição?”





## O PROBLEMA



“Imagine que é o Comandante da Proteção Civil de uma determinada região e que através de uma plataforma online monitoriza em vários locais as condições meteorológicas, o risco de incêndio, a evolução de uma situação de seca ou mesmo a probabilidade de ocorrência de uma tempestade.”

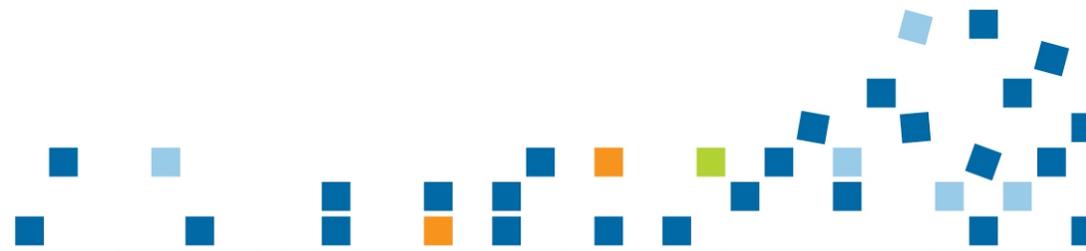




## O PROBLEMA



“Imagine que através de uma plataforma online ou aplicação móvel, possui um espaço pessoal onde visualiza a qualidade do ambiente do seu quarto, da sala de aula dos seus filhos, do seu gabinete de trabalho e do espaço onde pratica desporto, ou a qualidade da água do poço que rega o seu jardim. Imagine que é avisado através de uma mensagem que o nível de uma determinada substância num desses espaços foi atingida.”

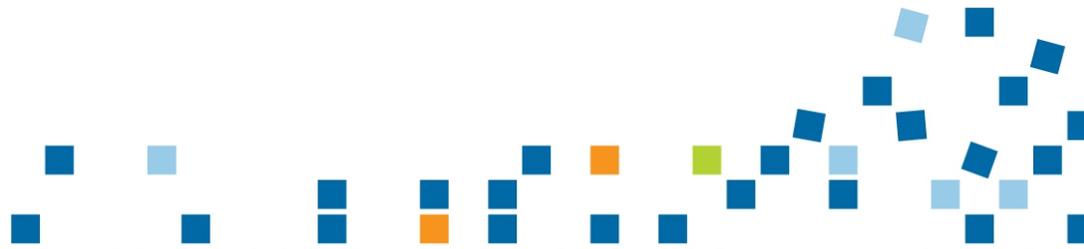




## O PROBLEMA

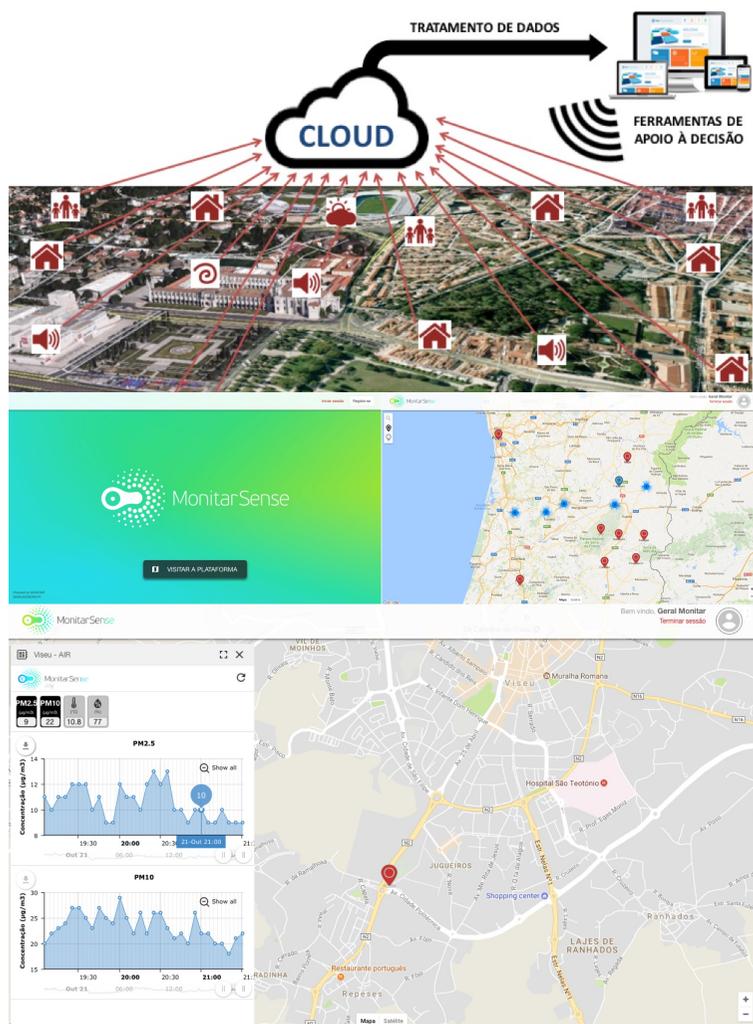


Atualmente, a maioria dos equipamentos de monitorização ambiental funcionam numa lógica “*Off-Grid*” ou “*Stand-Alone*”, isto é, recolhem dados durante um longo período de tempo, que depois são analisados em *backoffice*, daí resultando relatórios que exaustivamente analisam a situação ocorrida num passado, por vezes muito afastado. Este desfasamento entre a ocorrência do evento monitorizado e a comunicação dos resultados, resulta na ineficácia das medidas tomadas ou até mesmo na sua ausência.



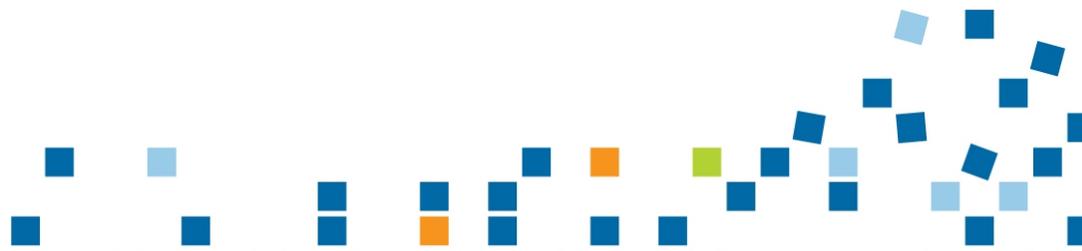


## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES



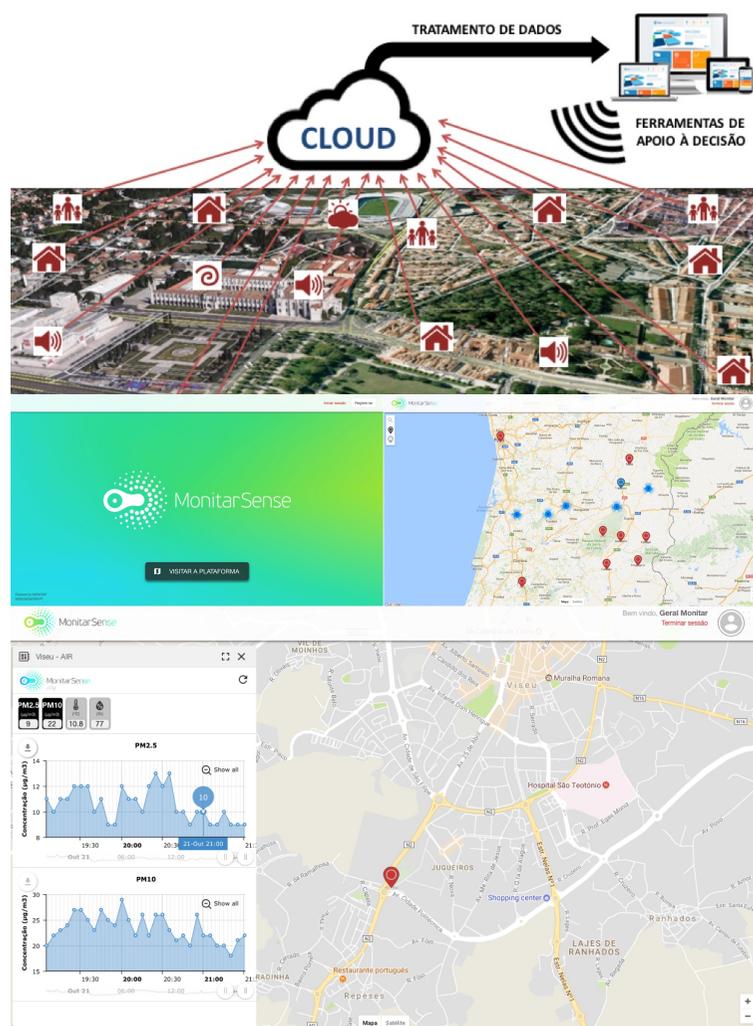
Em termos conceptuais, a rede Monitar Sense é composta por equipamentos de monitorização que medem vários parâmetros ambientais.

Os dados recolhidos são transmitidos para *backoffice* para serem analisados e disponibilizados num *frontend* (plataforma MONITAR SENSE em [www.sense.monitar.pt](http://www.sense.monitar.pt) e aplicação móvel em desenvolvimento) que possuem informação útil na tomada de decisão.



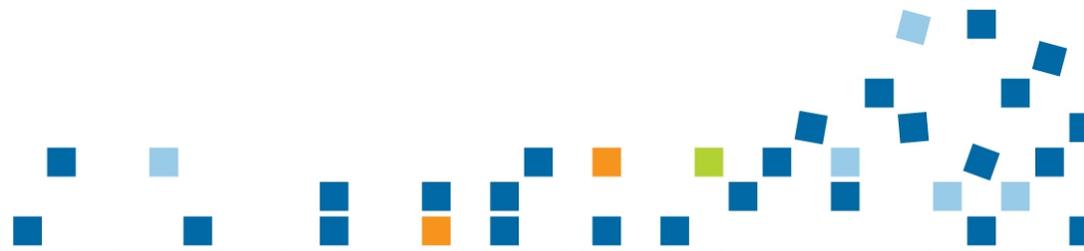


## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES



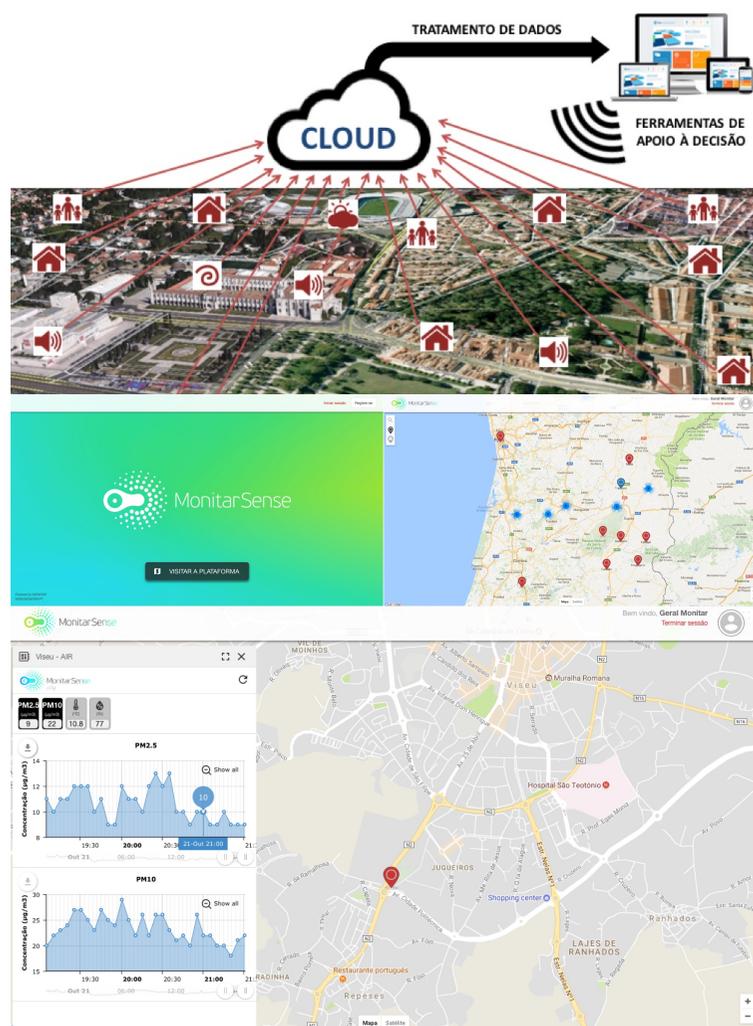
### Tarefas:

- 1) Desenvolvimento dos equipamentos
- 2) Desenvolvimento de protocolos de validação e procedimentos de calibração dos equipamentos em ambiente laboratorial e real
- 3) Desenvolvimento de algoritmos de cálculo dos índices de apoio à decisão
- 4) Desenvolvimento da plataforma web e aplicação móvel



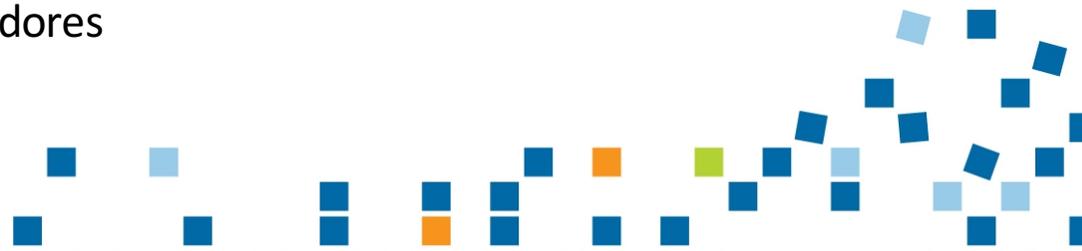


## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES



### Incertezas:

- 1) Obtenção de sensores de baixo custo com resposta estável nas condições ambientais de operação previstas para cada equipamento (interferências)
- 2) Obtenção de curvas de calibração dos sensores
- 3) Obtenção de sensores de baixo custo na gama de medições que se pretende operar (todos querem pequeno e sem consumo)
- 4) Integração dos componentes de cada equipamento
- 5) Desenvolvimento de equipamentos com a autonomia energética e usabilidade
- 6) Desenvolvimento de índices de qualidade ambiental (Ex. Índice 30/30/30.... Índice QAI)
- 7) Eficácia das ferramentas de comunicação com os utilizadores





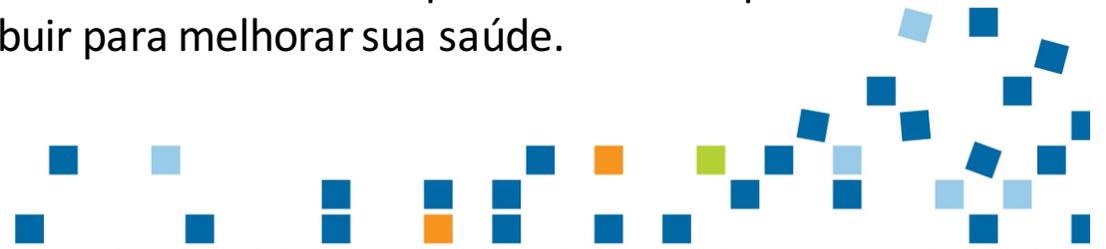
## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES



A *Smart Governance* é alcançada através do cálculo de índices baseados em dados medidos em tempo real pelos sistemas de monitorização e que irão apoiar os decisores nas suas ações.

O *Smart Environment* é alcançado pelo aumento da representatividade temporal e espacial dos dados ambientais através do uso de equipamentos e componentes de comunicação com menores custos, menor ocupação de espaço e menores requisitos de energia que os equipamentos tradicionais.

O *Smart Living* e *Smart People* são alcançados através da disseminação de dados em tempo real induzindo as pessoas a alterar o seu comportamento no quotidiano e a contribuir para melhorar sua saúde.





## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

Os equipamentos que estão a ser desenvolvidos são:

- **SmartAIRSense** para monitorização da qualidade do ar exterior ( $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $CO$ , ...);
- **SmartNOISESense** para monitorização de níveis de ruído (usando um sonómetro do tipo 2);
- **SmartMETEOSense** para monitorização de parâmetros meteorológicos ( $T_{AR}$ ,  $H_{AR}$ ,  $RAD_{UV}$ ,  $V_{vento}$ ,  $D_{vento}$ ,  $P_{atm}$ ,  $Prec$ );
- **SmartSCHOOLSense** para monitorização de parâmetros interiores ( $CO_2$ ,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $CO$ , ...).



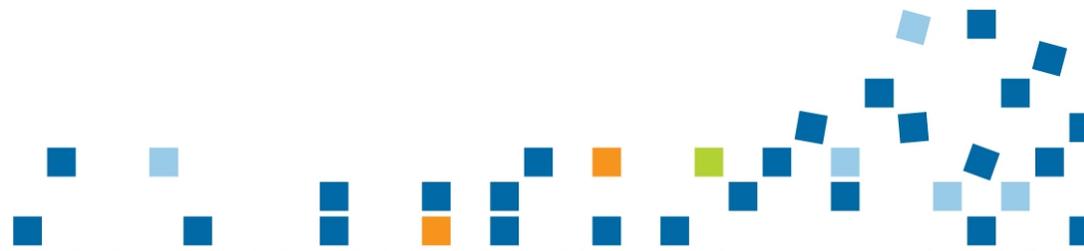


## VALIDAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MONITAR SENSE



Um dos aspetos fundamentais para possuir uma ferramenta de apoio à decisão, é ter garantia da qualidade dos resultados.

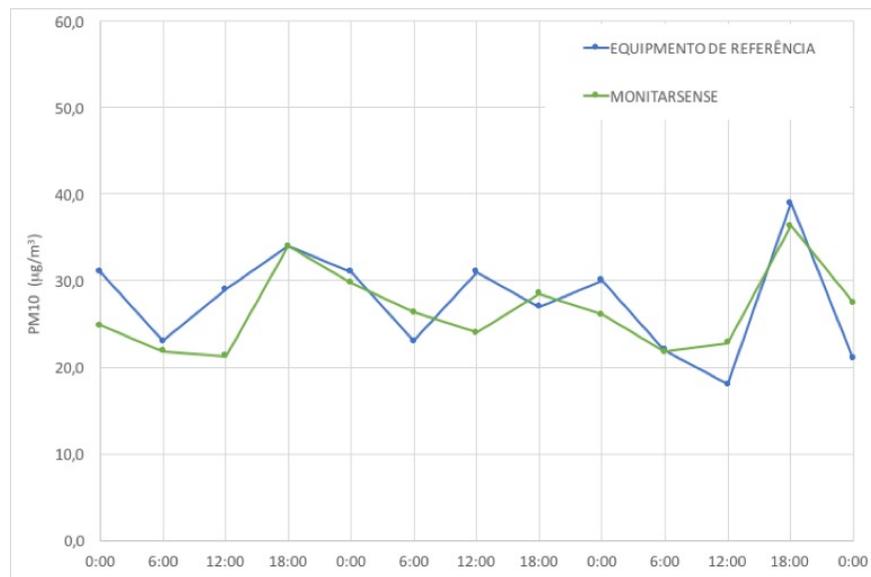
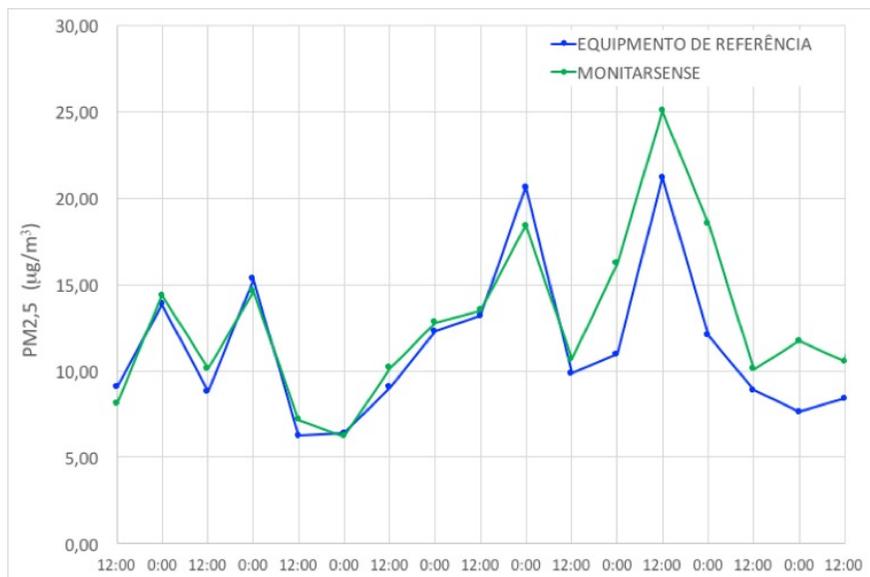
Assim sendo um dos principais objetivos do projeto é desenvolver e aplicar protocolos de validação e calibração que garantam a qualidade dos resultados obtidos pelos equipamentos Monitar Sense.





## VALIDAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MONITAR SENSE

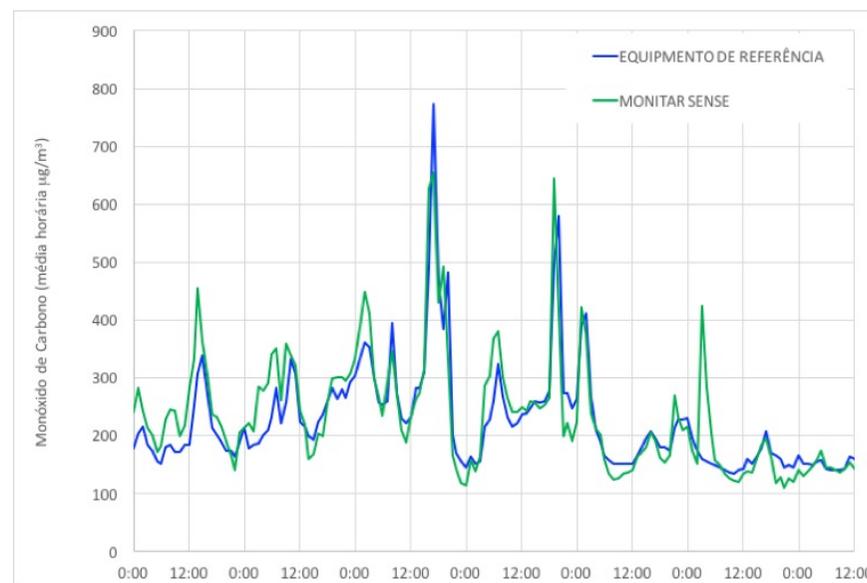
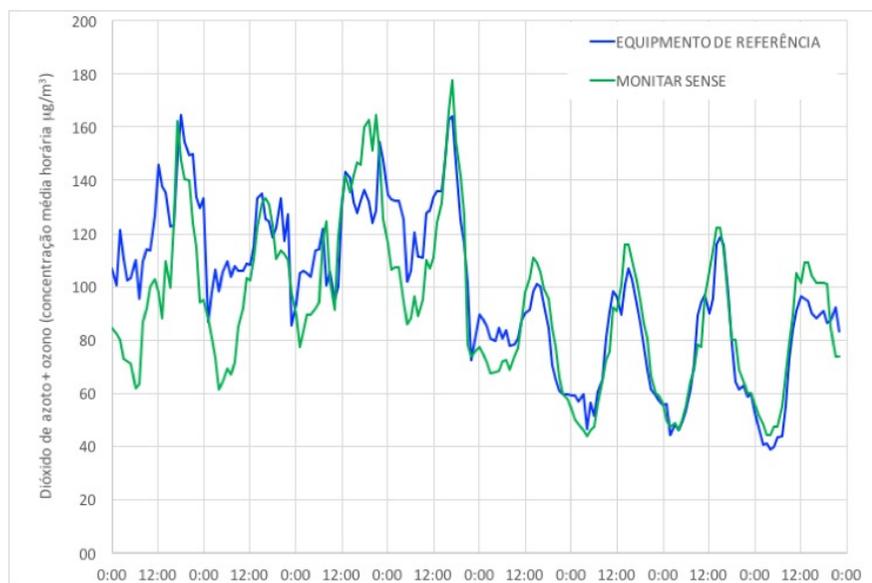
Resultados de um ensaio comparativo entre o equipamento de referência VEREWA F701 e o módulo Monitar Sense de monitorização de PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>. O equipamento de referência VEREWA F701 fornece médias de 6h.





## VALIDAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MONITAR SENSE

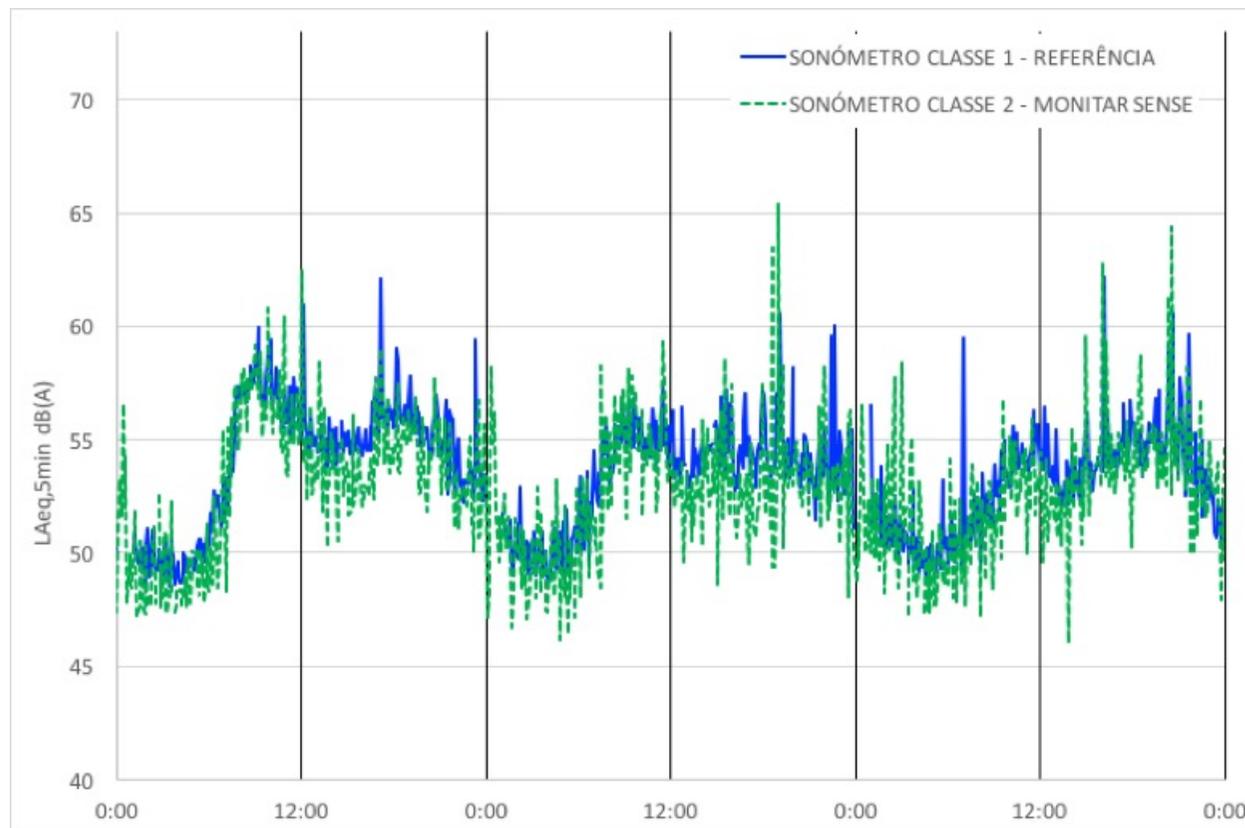
Resultados de um ensaio comparativo entre os equipamentos de referência HORIBA ANPA 370 e HORIBA APOA 370 de monitorização de  $\text{NO}_2$  e  $\text{O}_3$  e HORIBA AMPA 370 de monitorização de CO e os módulos Monitar Sense de monitorização de  $\text{O}_x$  ( $\text{NO}_2 + \text{O}_3$ ) e CO.





## VALIDAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MONITAR SENSE

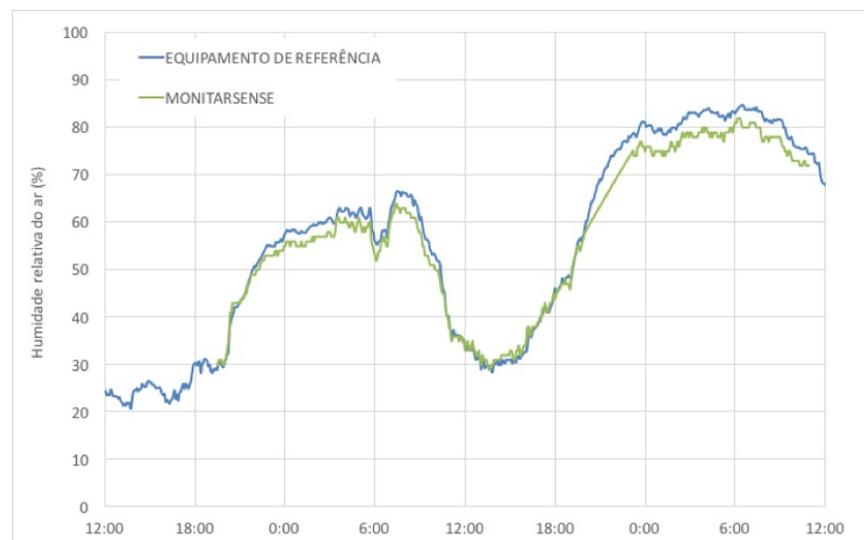
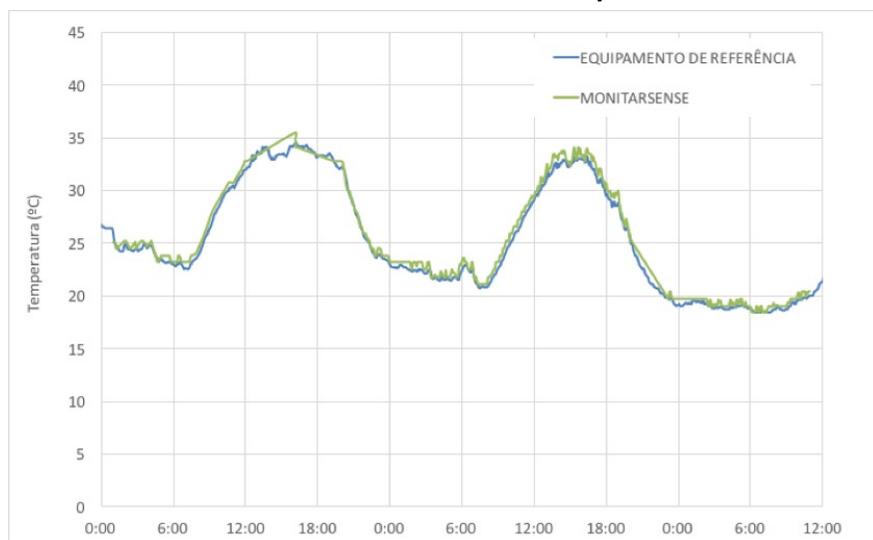
Resultados de um ensaio comparativo entre o equipamento de referência Sonómetro Classe 1, Brüel & Kjær 2260 e o módulo Monitar Sense de monitorização de ruído de Classe 2





## VALIDAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS MONITAR SENSE

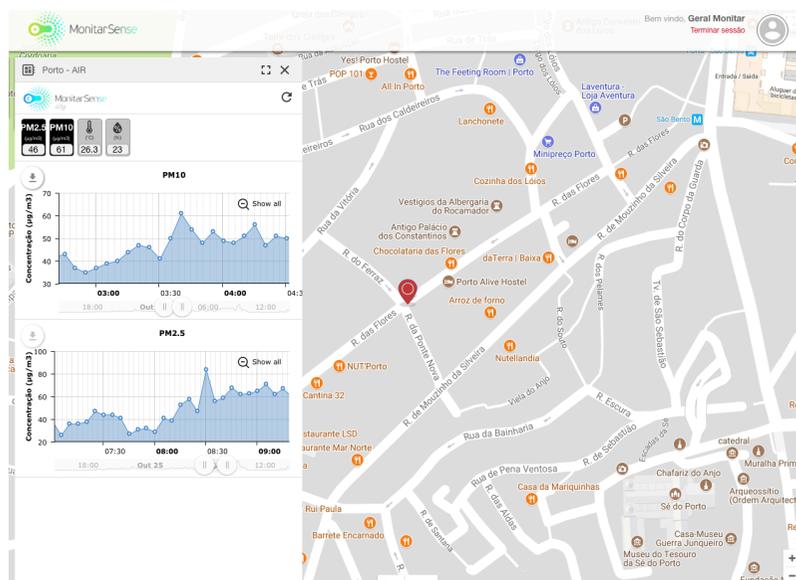
Resultados de um ensaio comparativo entre o equipamento de referência, estação meteorológica VAISALA WXT520 e o módulo Monitar Sense de monitorização de temperatura e humidade relativa do ar



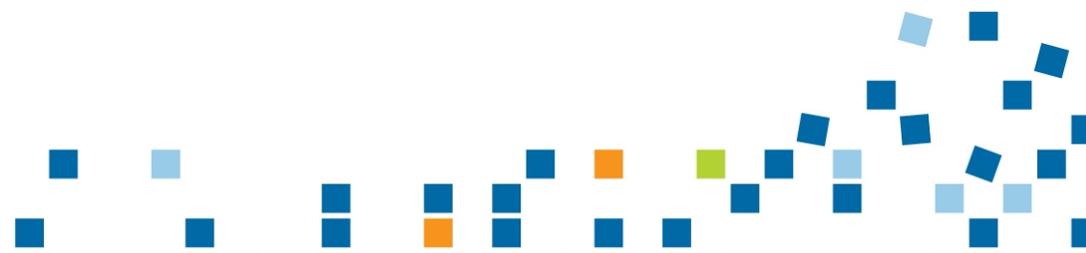


## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

### CASO PRÁTICO 1 – QUALIDADE DO AR



Foram medidos parâmetros de qualidade do ar entre 19/07/2017 e 29/08/2017 com uma estação de monitorização SmartAIRSense localizada na cidade do Porto, na Rua das Flores. Esta estação recolheu dados de 5 em 5 minutos, entre outros, de ozono ( $\text{O}_3$ ), dióxido de azoto ( $\text{NO}_2$ ), monóxido de carbono (CO) e partículas ( $\text{PM}_{10}$ ).

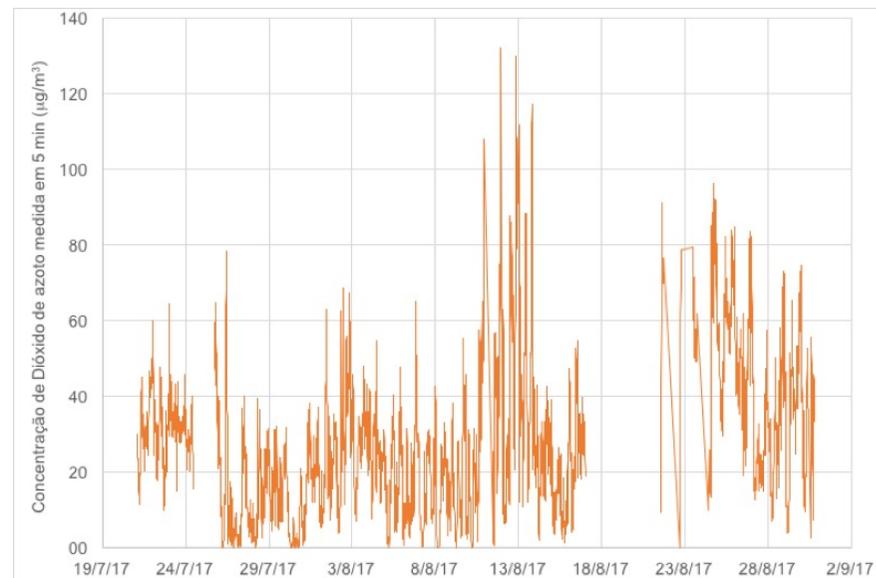
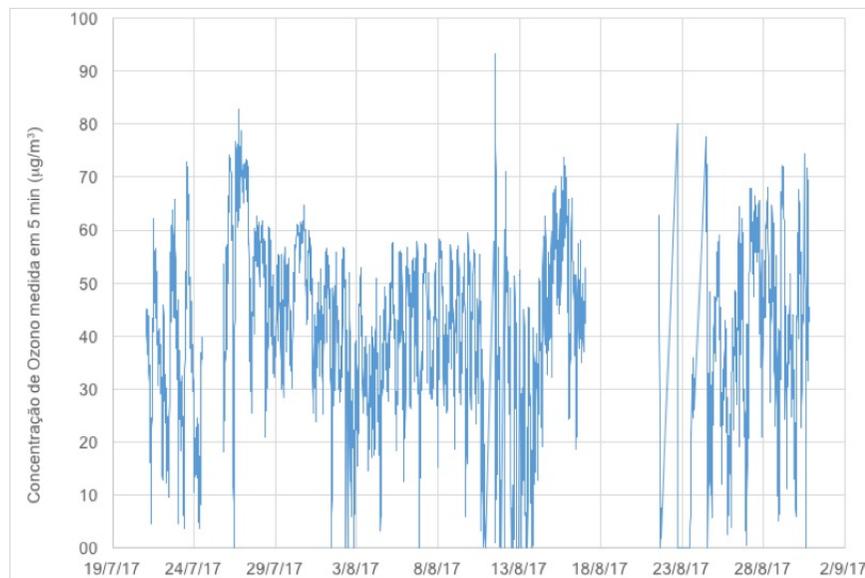




## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

### CASO PRÁTICO 1 – QUALIDADE DO AR

Concentração de  $O_3$  e  $NO_2$  medidos entre 21/07/2017 e 29/08/2017 com uma estação de monitorização SmartAIRSense localizada na cidade do Porto, Rua das Flores.

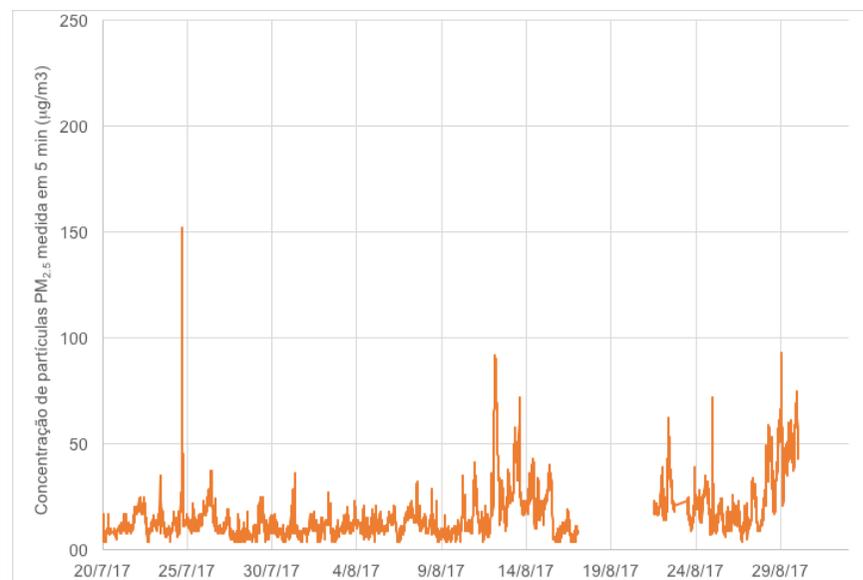
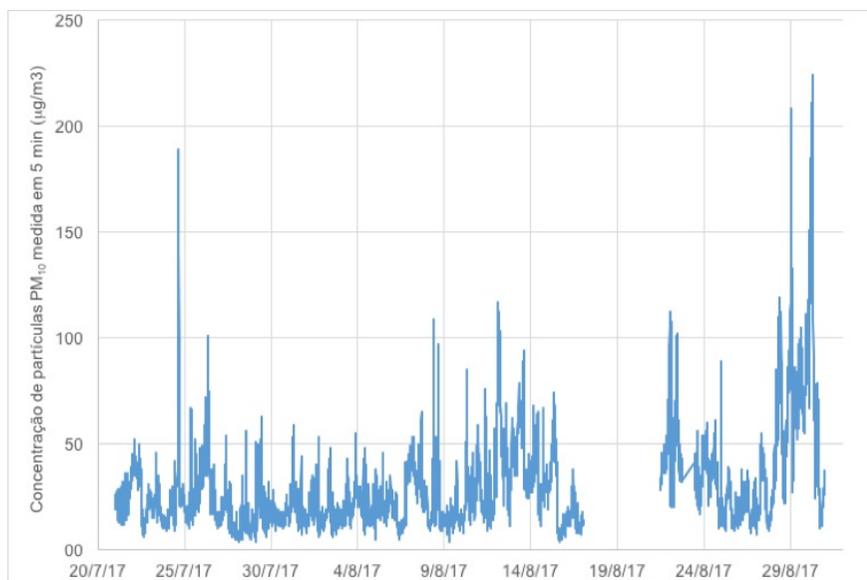




## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

### CASO PRÁTICO 1 – QUALIDADE DO AR

Concentração de  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$  medida entre 21/07/2017 e 29/08/2017 com uma estação de monitorização SmartAIRSense localizada na cidade do Porto, Rua das Flores.





### MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

#### CASO PRÁTICO 1 – QUALIDADE DO AR

**QualAr**  
Base de Dados Online sobre a Qualidade de Ar

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE

Índices • Medições • Previsões • Zonamento • Estatísticas • Download • Informações

Dados • Informações

Dados validados em definitivo disponíveis a partir:

Índice diário (dados não validados) Ver Medições  
Escolha o dia que pretende consulta e pressione "Ok":  
<< 16 Outubro 2017 >> OK

Voltar aos dados de hoje.

Histórico diário, mensal e anual por zona.  
(dados validados)  
Escolha a zona que pretende consultar e pressione "Ok":  
Escolha uma zona OK

Legenda:  
(a) a zona é uma aglomeração

O índice de qualidade do ar de uma determinada área resulta da média aritmética calculada para cada um dos poluentes medidos em todas as estações da rede dessa área. Os valores assim determinados são comparados com as gamas de concentrações associadas a uma escala de cores sendo os piores poluentes responsáveis pelo índice. As zonas não abrangidas pelo método de cálculo do índice são assinaladas a cinzento.  
(+ info)

Este índice é disponibilizado pela Agência Portuguesa do Ambiente, com base em informação recolhida pelas Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR).

Mapa Satélite

Segunda, 16 de Outubro de 2017

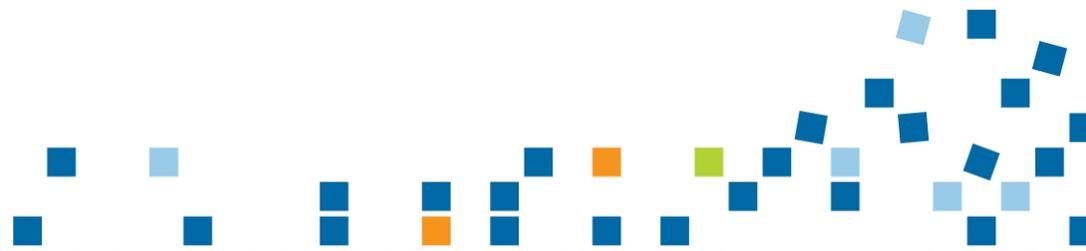
Mapa

Portugal

Continente Lisboa Porto Madeira Açores

sem dados	sem índice
multo bom	
bom	
médio	
fraco	
mau	

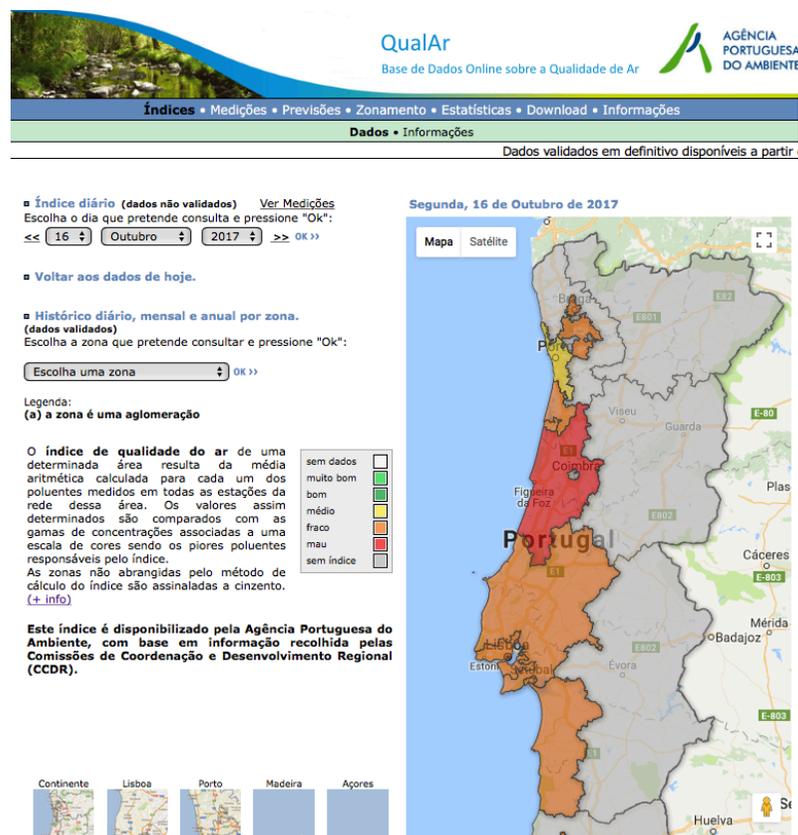
Um índice de qualidade do ar é uma ferramenta que permite uma classificação simples e compreensível do estado da qualidade do ar numa determinada área.





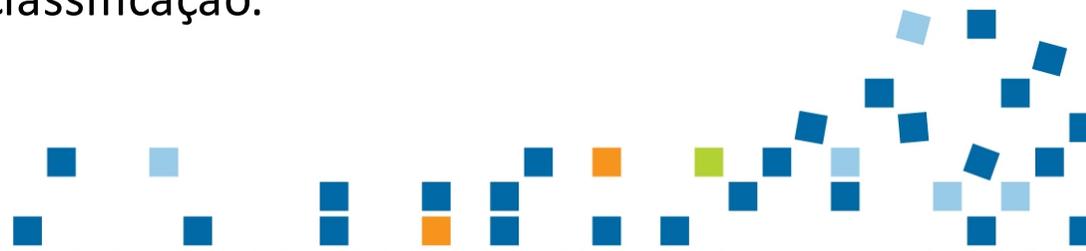
## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

### CASO PRÁTICO 1 – QUALIDADE DO AR



Diariamente, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) disponibiliza o Índice Diário de Qualidade do Ar com base em informação recolhida pelas estações da rede nacional de monitorização da qualidade do ar, a partir de valores médios da concentração dos poluentes  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}$  e  $\text{PM}_{10}$  medidos numa determinada região.

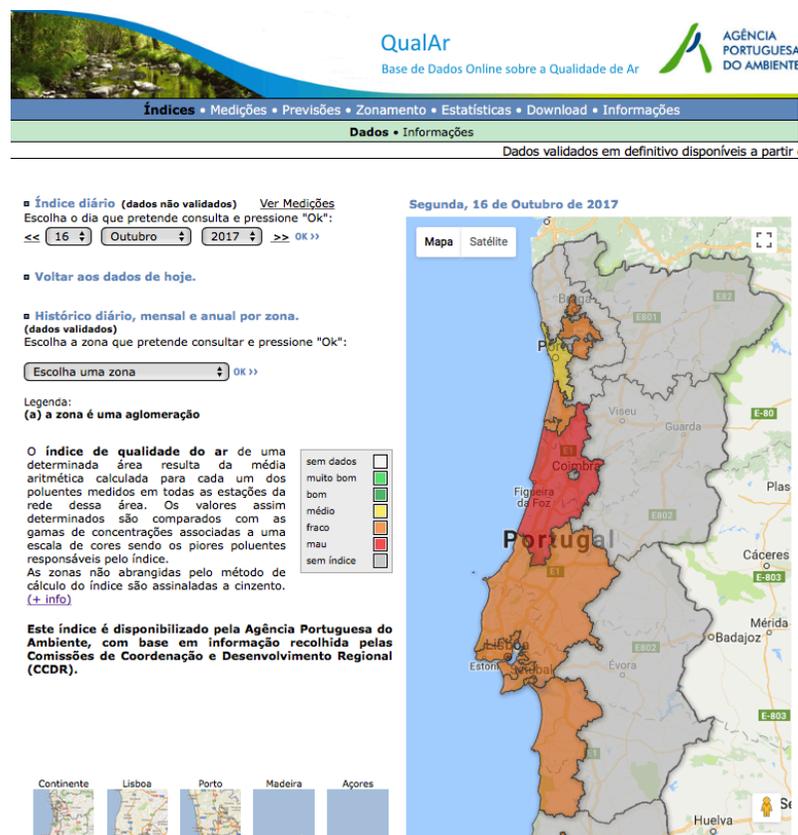
O Índice de Qualidade do Ar varia de Muito Bom, Bom, Médio, Fraco e Mau para cada poluente de acordo com uma matriz de classificação definida e este é definido a partir do poluente que apresentar pior classificação.





## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

### CASO PRÁTICO 1 – QUALIDADE DO AR



### Lacunas do Índice da APA

- Número excessivo de dias sem índice
- Reduzida representatividade espacial
- Inexistência de índice calculado em tempo real
- Inexistência de um sistema eficaz de divulgação (ex. Inc Viseu)
- Rede pouco flexível

### Ferramenta Monitar Sense pretende:

- Monitorização contínua em malha espacial fina
- Índice de qualidade do ar em tempo real
- Plataforma e aplicação móvel “*user friendly*”
- Facilidade de reestruturação da rede

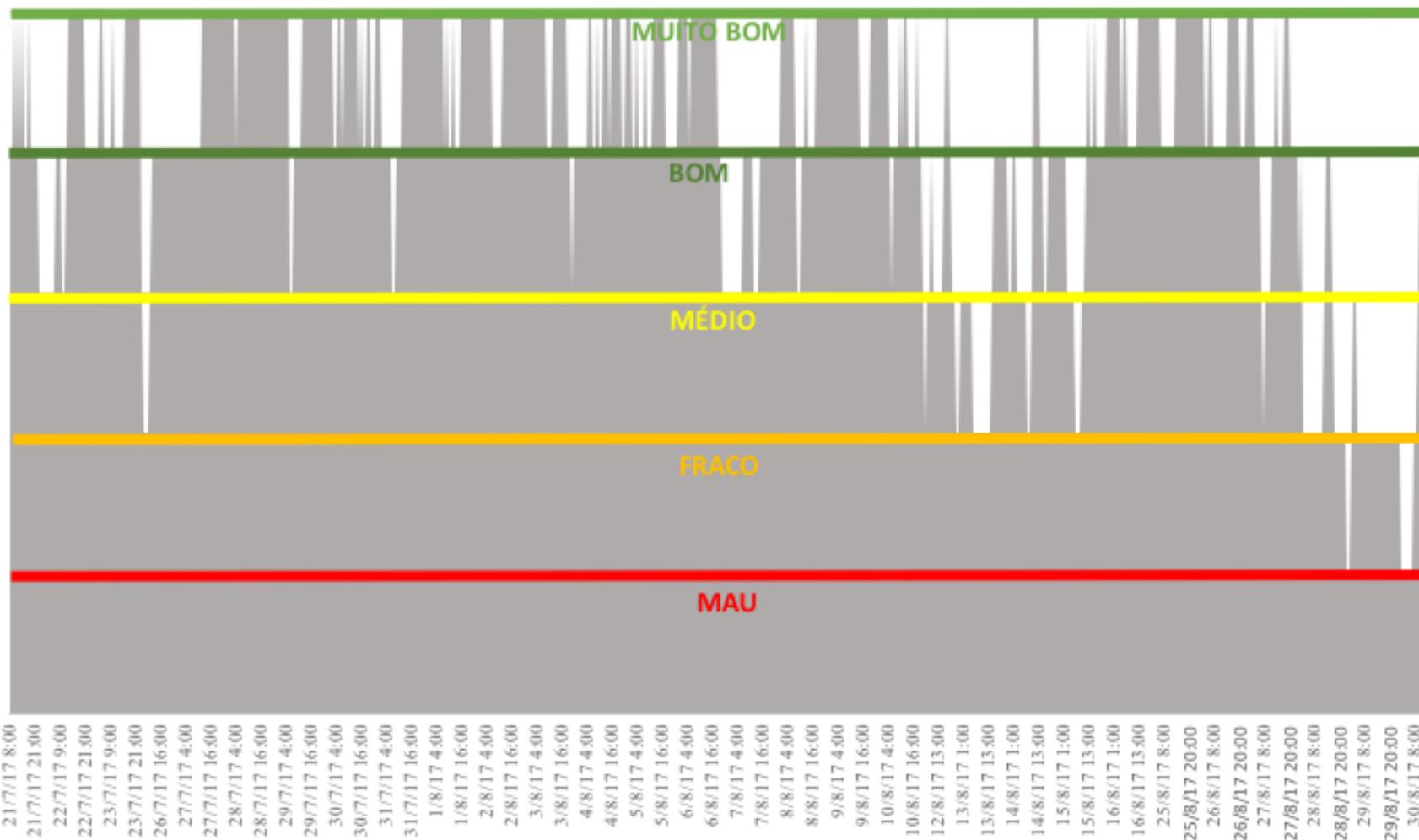




MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À  
DECISÃO EM SMART CITIES

CASO PRÁTICO 1 – QUALIDADE DO AR

Índice Horário de Qualidade do Ar entre 19/07/2017 e 29/08/2017 na Rua das Flores, Porto

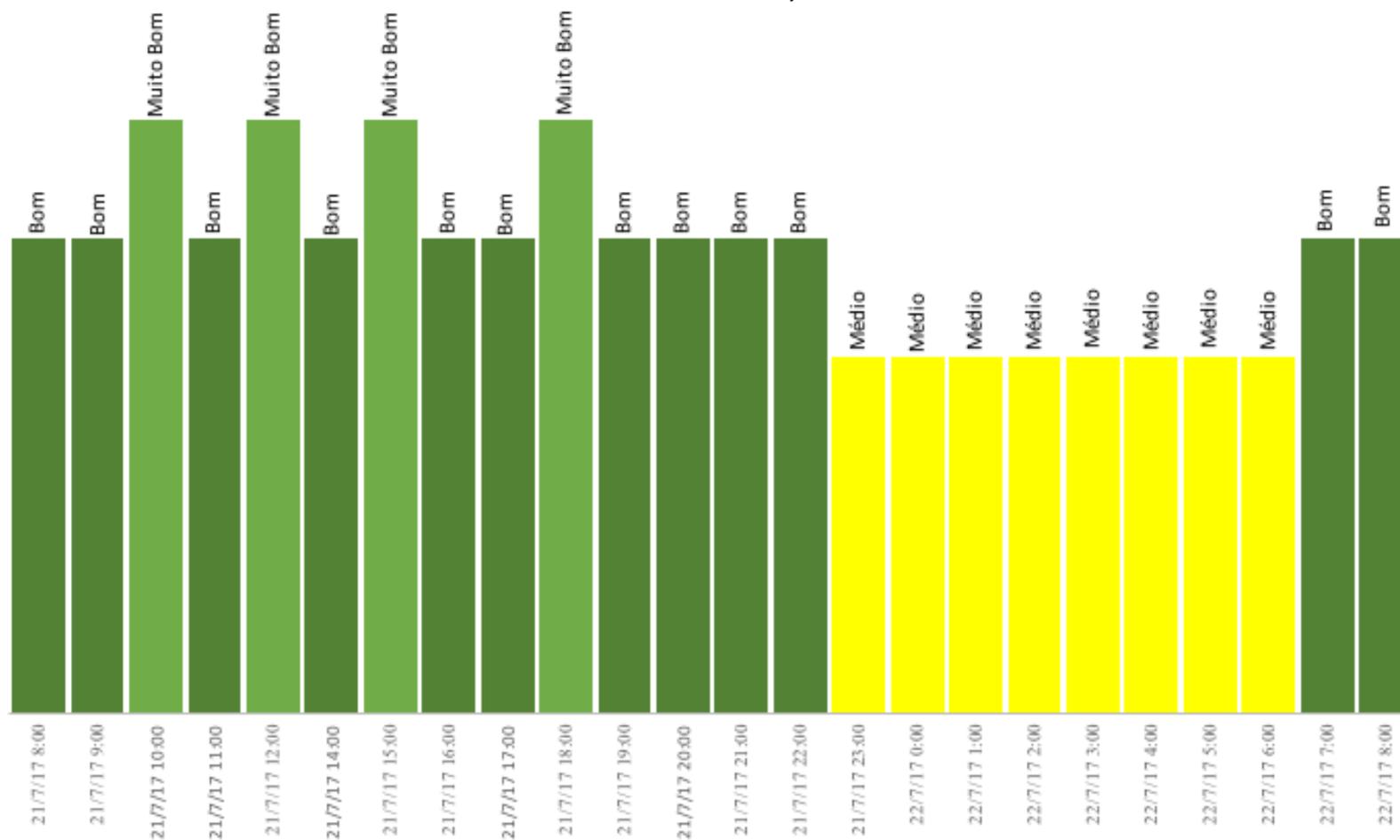




## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

### CASO PRÁTICO 1 – QUALIDADE DO AR

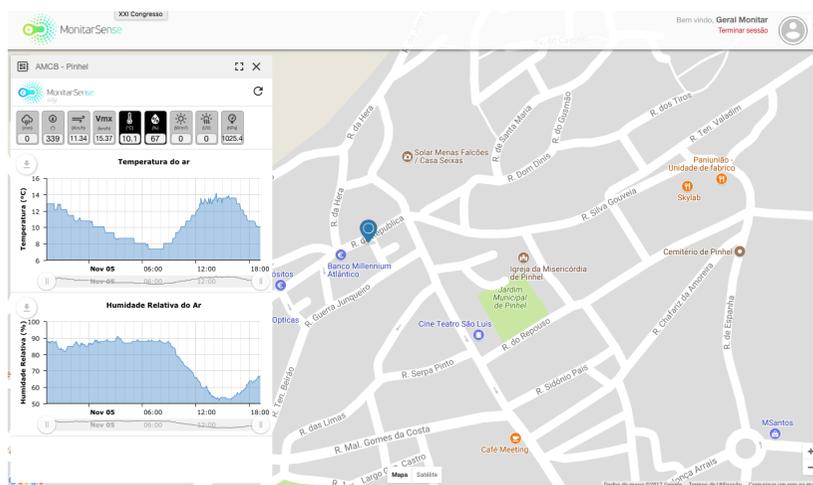
Índice Horário de Qualidade do Ar entre as 8:00h do dia 21/07/2017 e as 8:00h do dia 22/07/2017 na Rua das Flores, Porto



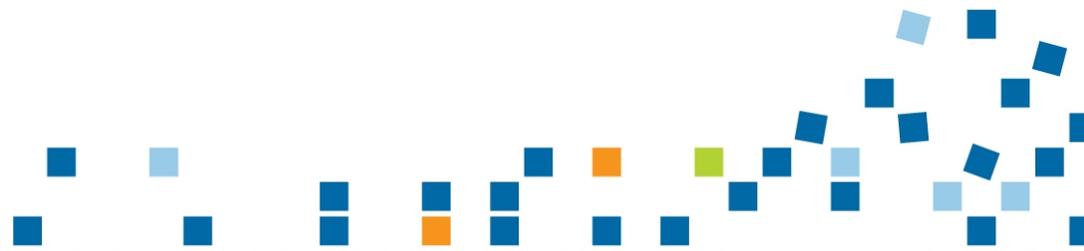


## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

### CASO PRÁTICO 2 – RISCO DE INCÊNDIO



Foram medidos parâmetros meteorológicos entre 01/07/2017 e 31/07/2017 numa estação de monitorização SmartMETEOSense localizada na cidade de Pinhel, distrito da Guarda. Esta estação recolheu dados de 5 em 5 minutos de vários parâmetros ambientais, entre eles, temperatura do ar, humidade relativa, velocidade do vento e precipitação.

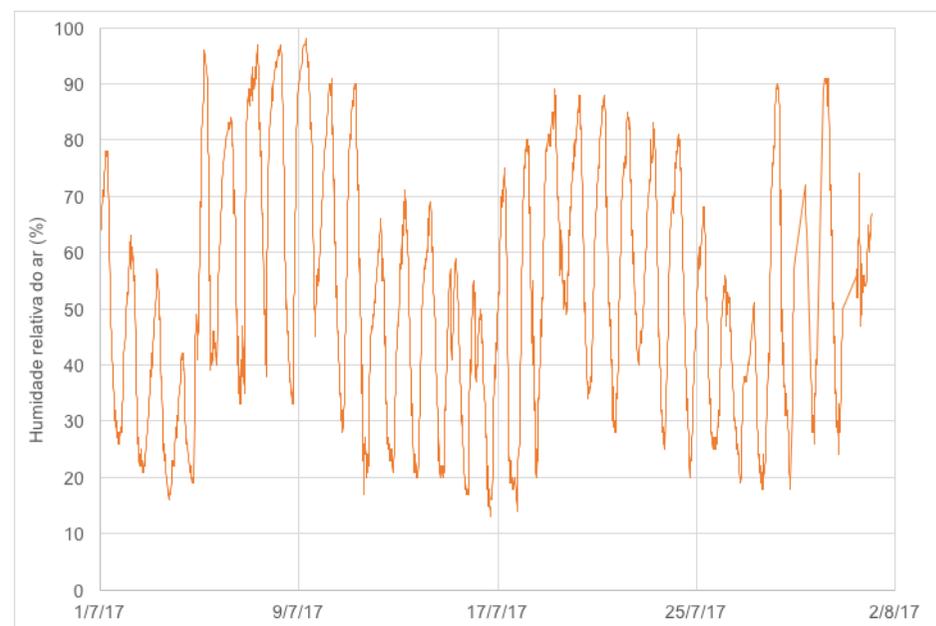
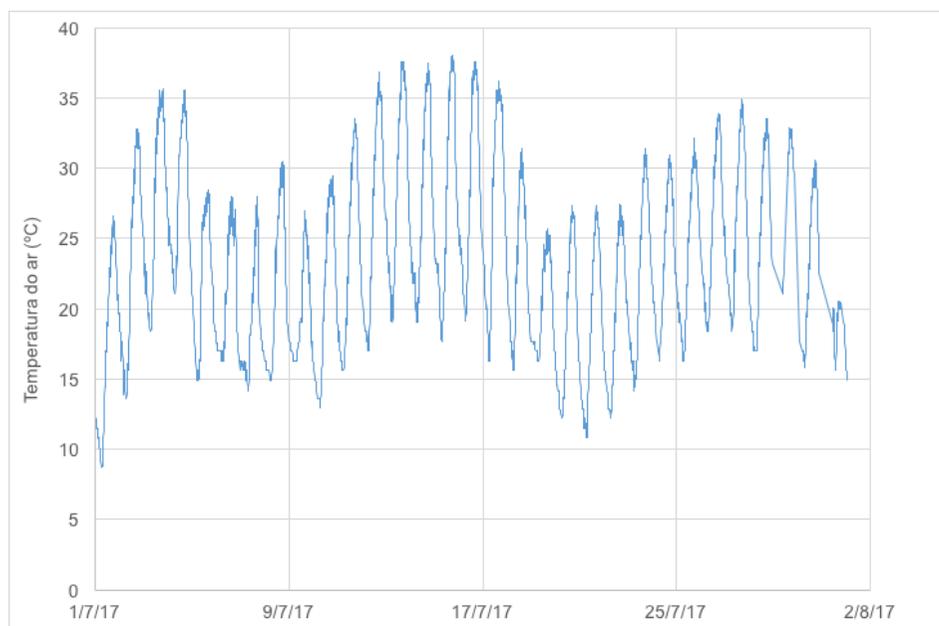




## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

### CASO PRÁTICO 2 – RISCO DE INCÊNDIO

Temperatura do ar e humidade relativa medidos entre 01/07/2017 e 31/07/2017 com uma estação de monitorização SmartMETEOSense localizada na cidade de Pinhel (Guarda)

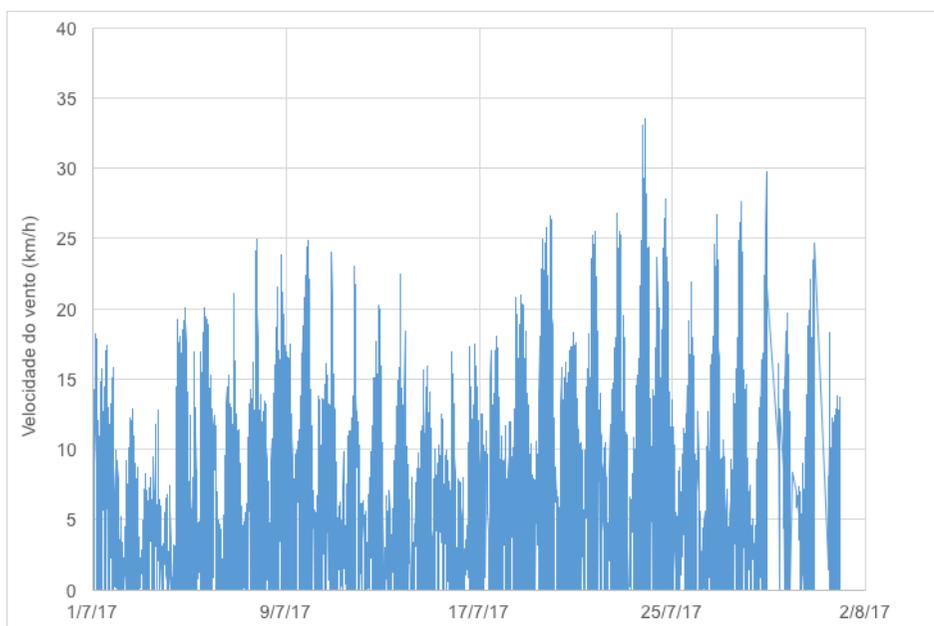




## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

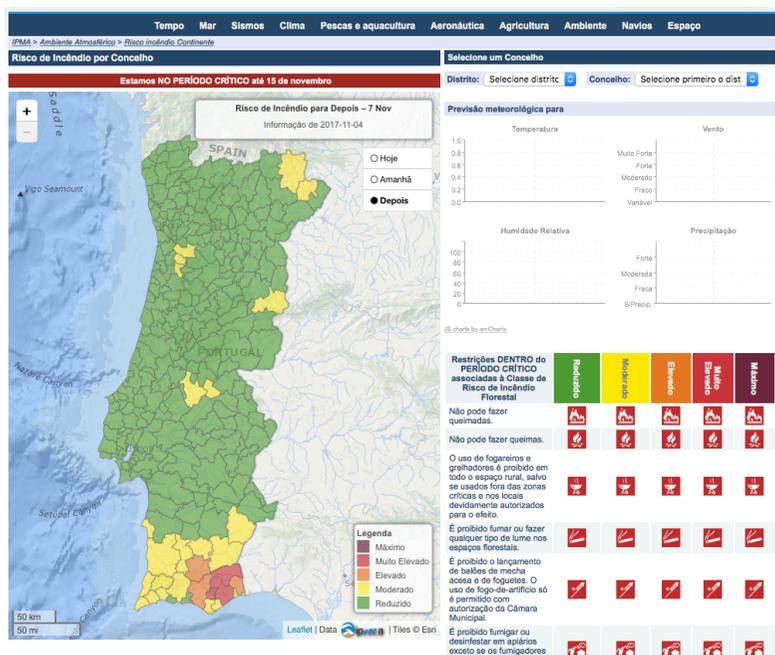
### CASO PRÁTICO 2 – RISCO DE INCÊNDIO

Velocidade do vento e precipitação medidos entre 01/07/2017 e 31/07/2017 com uma estação de monitorização SmartMETEOSense localizada na cidade de Pinhel (Guarda)



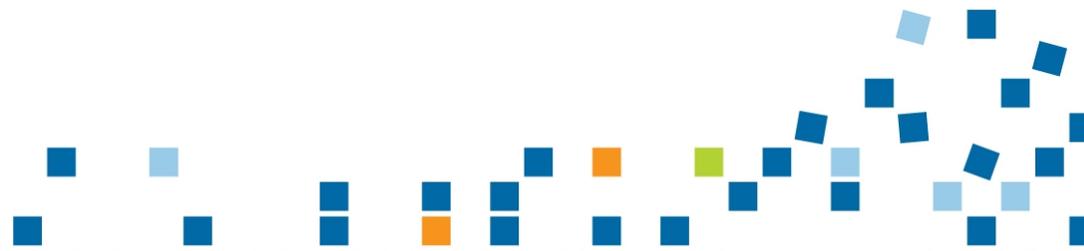


## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES CASO PRÁTICO 2 – RISCO DE INCÊNDIO



O FWI (Fire Weather Index) ou Índice meteorológico de risco de incêndio foi desenvolvido pelo Serviço Canadano de Florestas e é utilizado por vários países do mundo, em particular na Europa e em Portugal.

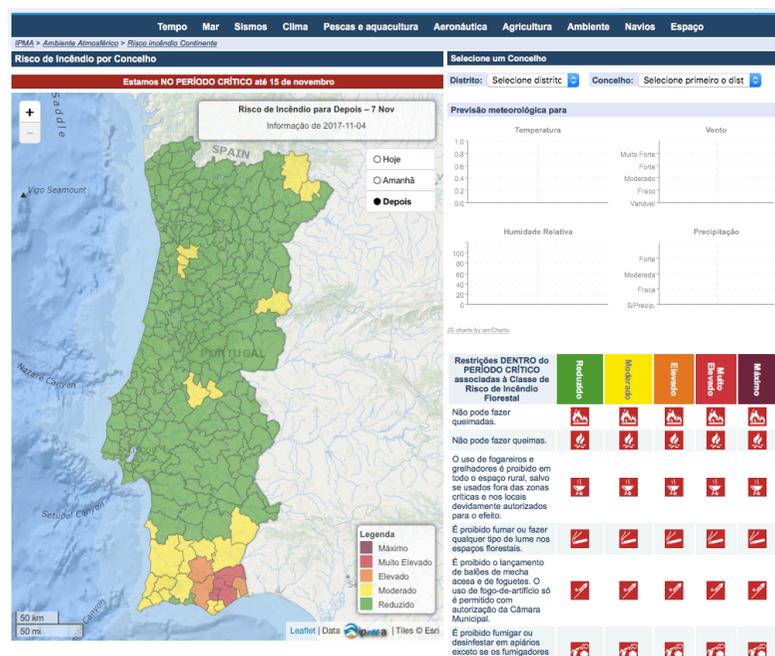
Desde 2002 que o índice FWI é calculado e publicado diariamente pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA).





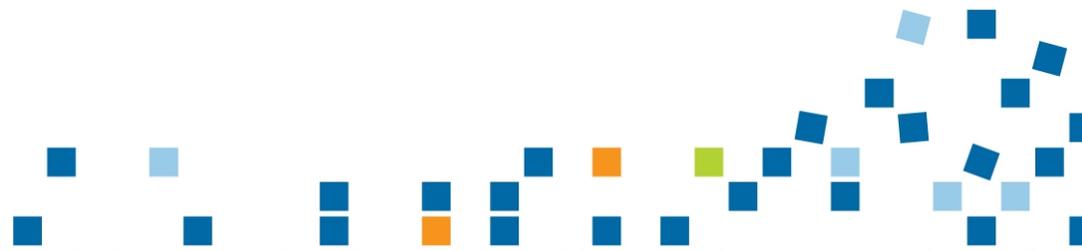
## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

### CASO PRÁTICO 2 – RISCO DE INCÊNDIO



Através da utilização deste índice é possível estimar um risco de incêndio a partir da secura dos diversos combustíveis presentes no solo florestal, sendo esta determinada indiretamente através das observações meteorológicas de temperatura e humidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação.

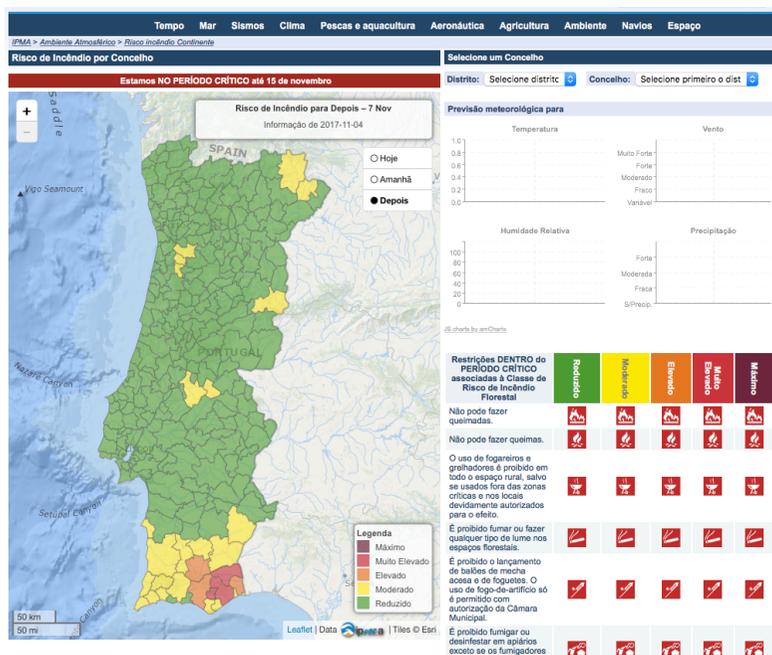
O índice final FWI é depois distribuído segundo uma escala distrital de risco de incêndio por um conjunto de cinco classes de risco: Reduzido, Moderado, Elevado, Muito Elevado e Máximo.





## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

### CASO PRÁTICO 2 – RISCO DE INCÊNDIO

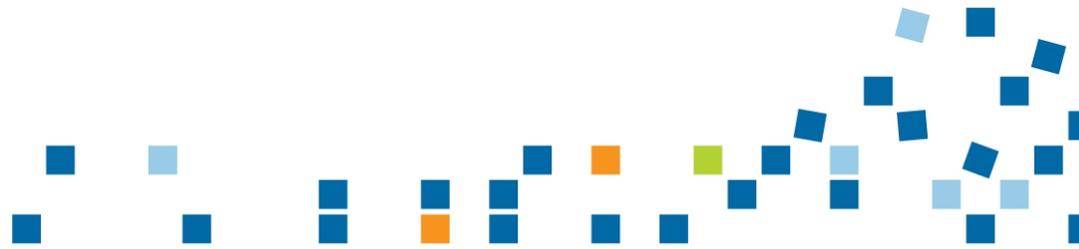


### Lacunas do Índice do IPMA

- Reduzida representatividade espacial (ex. Inc PG)
- Inexistência de índice calculado em tempo real
- Inexistência de um sistema eficaz de divulgação

### Ferramenta Monitar Sense pretende:

- Monitorização contínua em malha espacial fina
- Índice de risco de incêndio em tempo real
- Plataforma e aplicação móvel “user friendly”

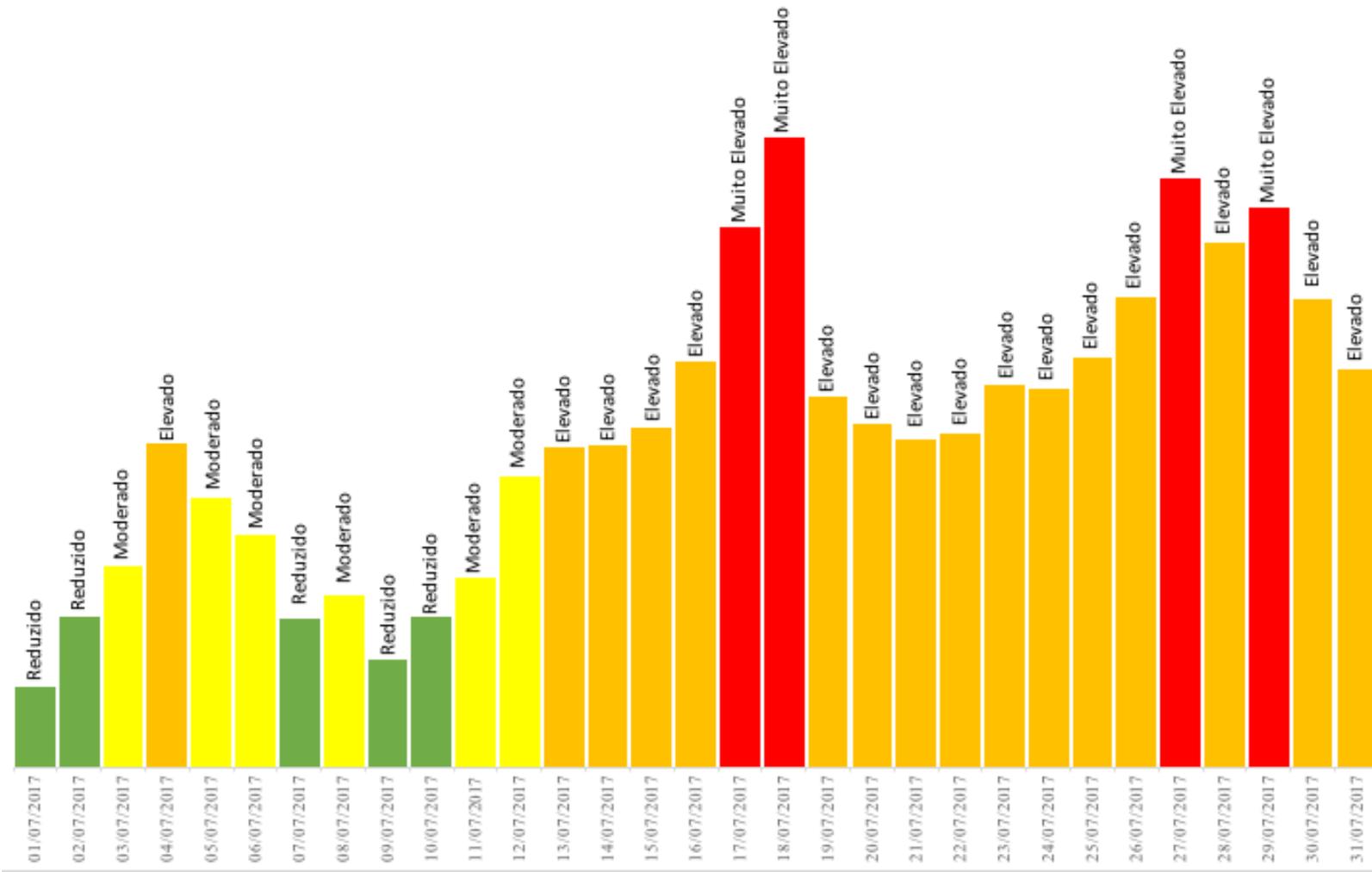




MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À  
DECISÃO EM SMART CITIES

CASO PRÁTICO 2 – RISCO DE INCÊNDIO

Índice Diário de Risco de Incêndio entre 01/07/2017 e 31/07/2017 na cidade de Pinhel, Guarda

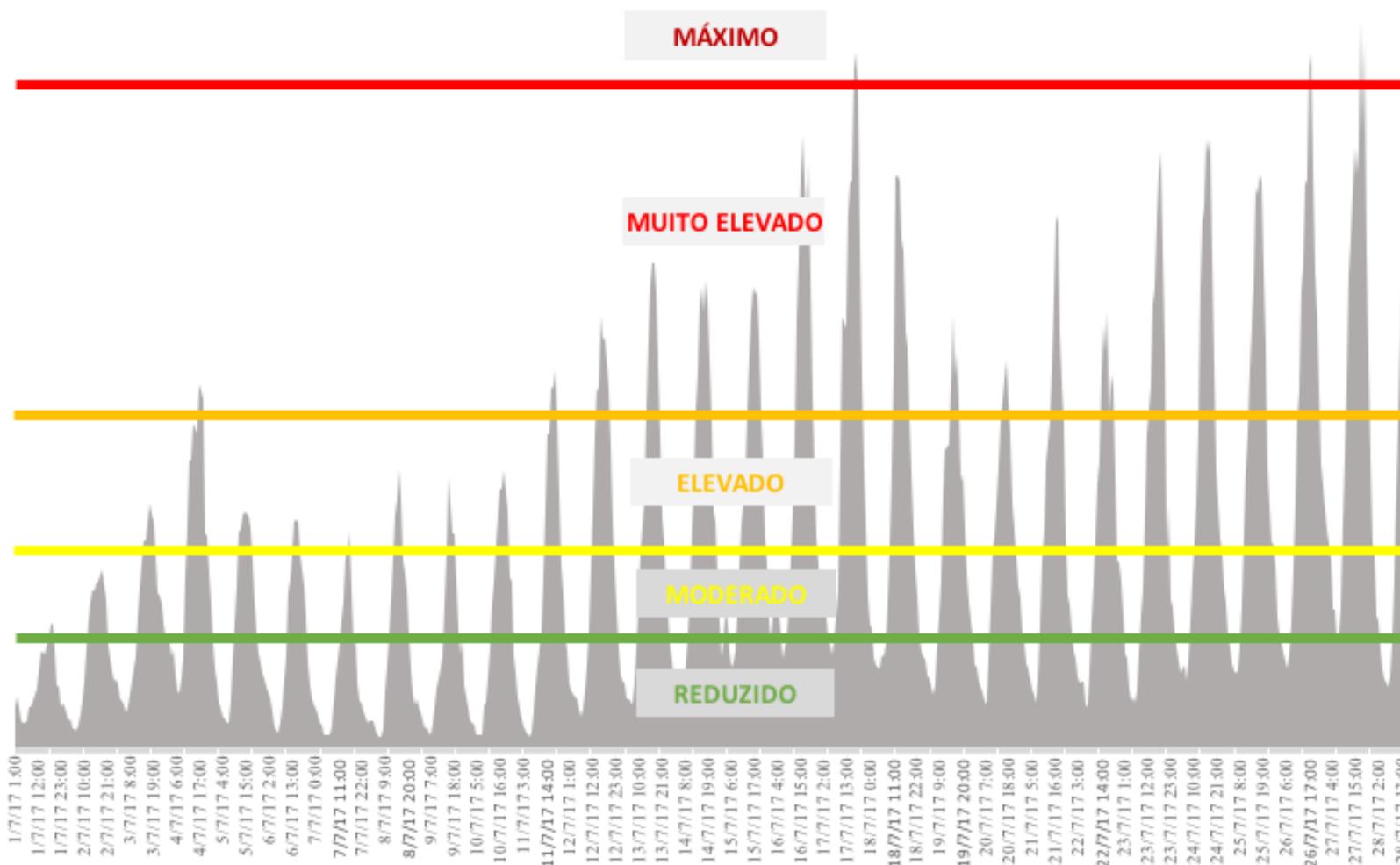




MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À  
DECISÃO EM SMART CITIES

CASO PRÁTICO 2 – RISCO DE INCÊNDIO

Índice Horário de Risco de Incêndio entre 01/07/2017 e 31/07/2017 na cidade de Pinhel, Guarda

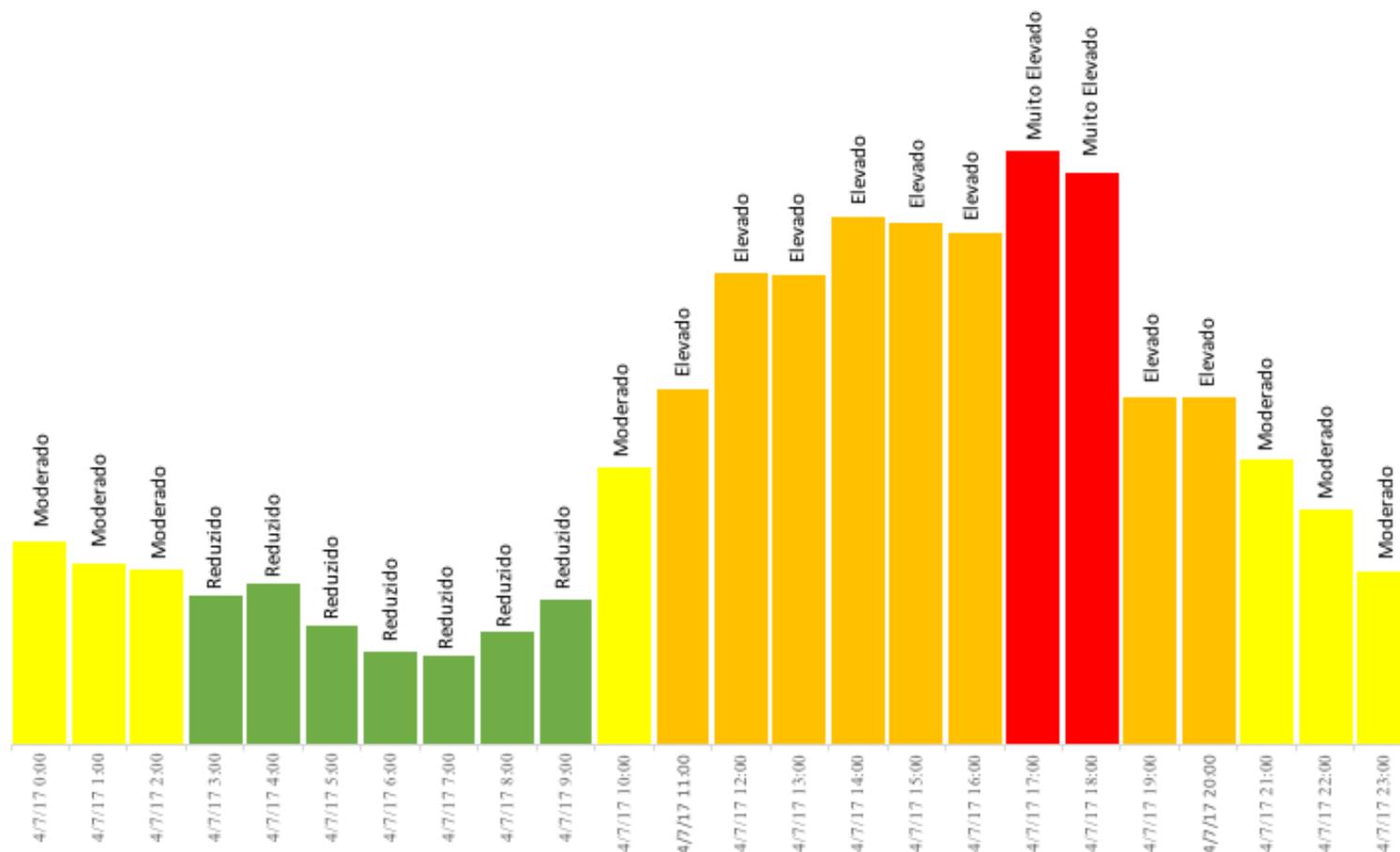




## MONITAR SENSE – UMA FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO EM SMART CITIES

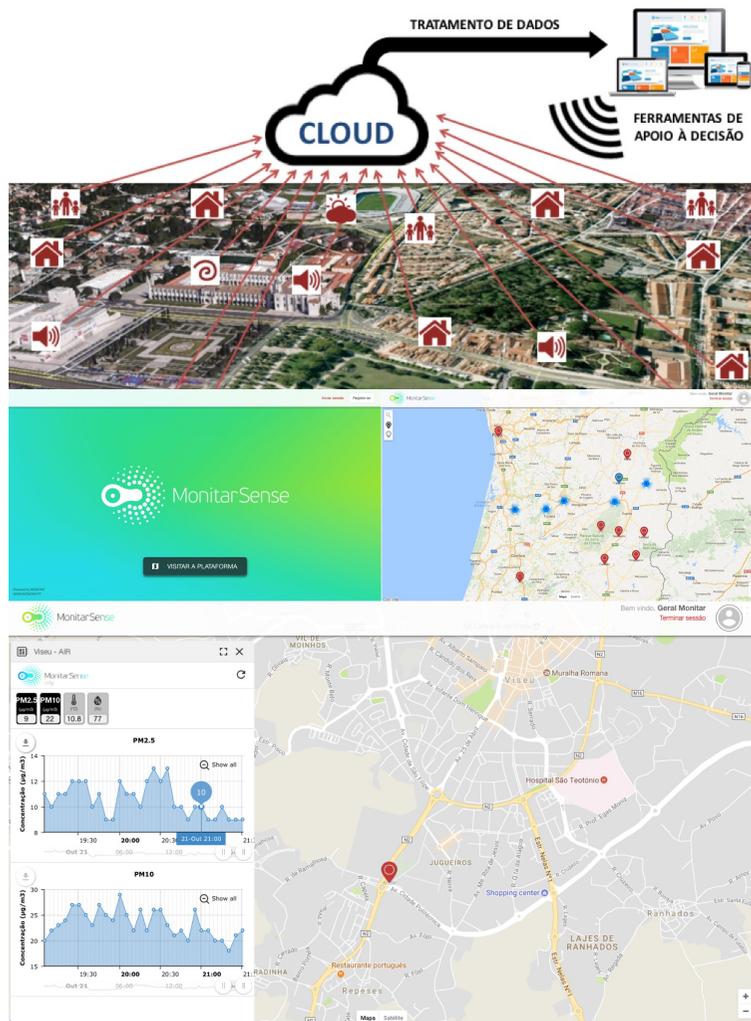
### CASO PRÁTICO 2 – RISCO DE INCÊNDIO

Índice Horário de Risco de Incêndio entre as 0:00h e as 24:00h do dia 4/07/2017 na cidade de Pinhel, Guarda

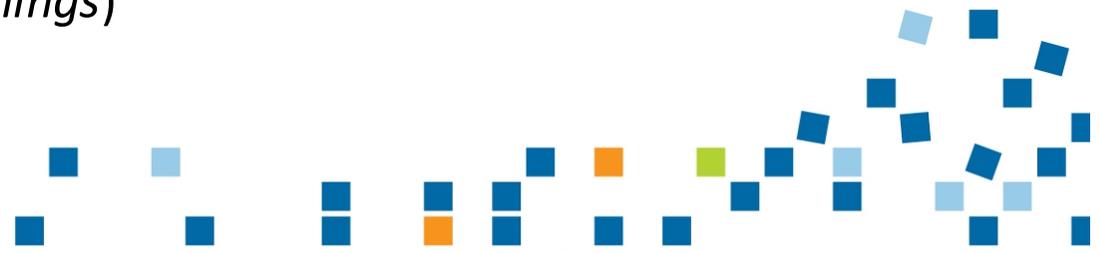




## CONCLUSÃO

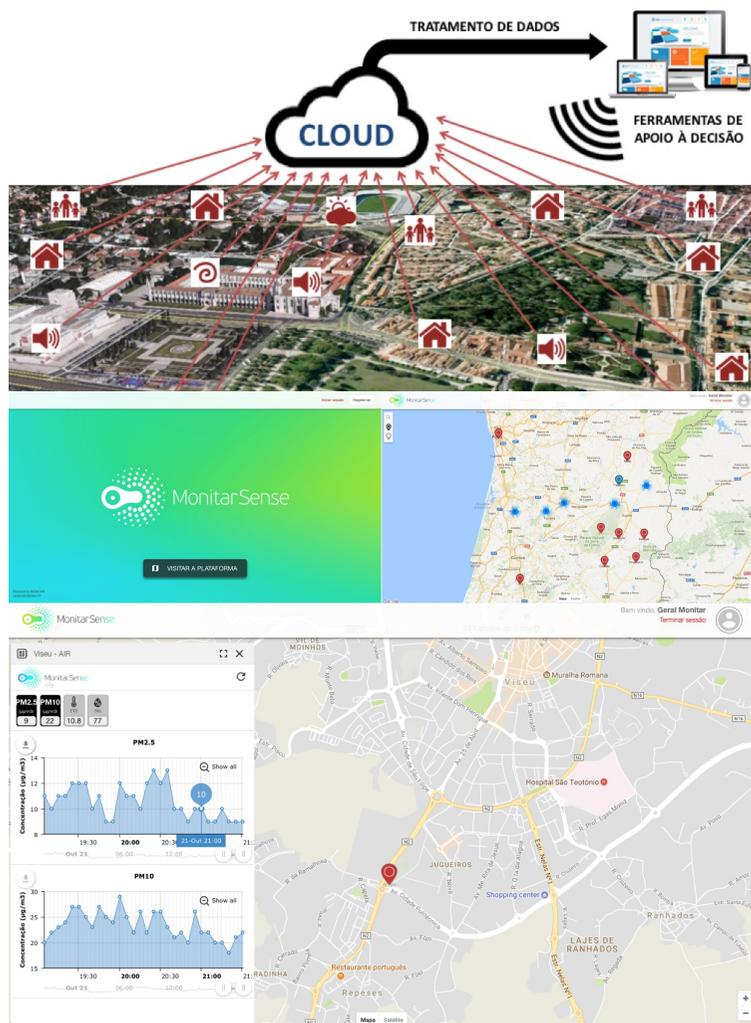


- É essencial a transformação digital da monitorização ambiental e da Engenharia do Ambiente;
- É fundamental uma monitorização em tempo real e com elevada representatividade espacial para uma correta tomada de decisão;
- Para que uma ferramenta seja um apoio à decisão é necessário que seja “*user friendly*” e que esteja permanentemente atualizada;
- Pequeno tamanho, custo reduzido, baixo consumo energético e valores fiáveis são características imprescindíveis dos equipamentos (*things*)

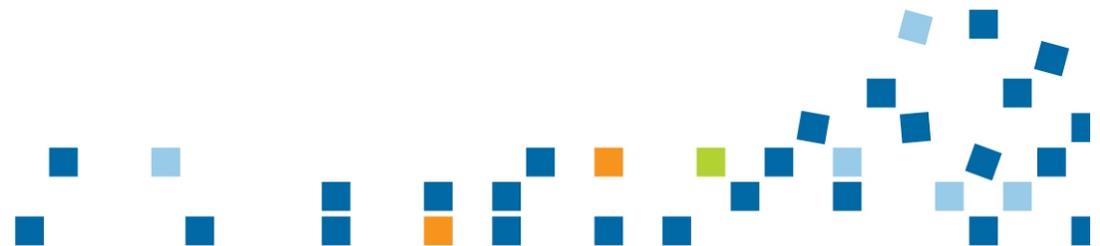




## CONCLUSÃO



- A sistematização de uma elevada quantidade de dados medidos (cerca de 8000 dados medidos para cada parâmetro) é possível e necessária para que este tipo de ferramenta seja um apoio à tomada de decisão;
- Os equipamentos utilizados possuem um bom desempenho quando comparados com equipamentos de referência.
- A qualidade ambiental e a proteção civil foram exemplos de aplicação. Os recursos hídricos, os solos, os cuidados de saúde, a proteção dos grupos sensíveis são outras aplicações possíveis.





ORDEM  
DOS  
ENGENHEIROS

XXI CONGRESSO NACIONAL  
DA ORDEM DOS ENGENHEIROS  
24 DE NOVEMBRO DE 2017 | SÉRGIO LOPES

## AGRADECIMENTOS

CENTRO 20  
20

PORTUGAL  
2020



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu  
de Desenvolvimento Regional



CENTRO DE ESTUDOS EM EDUCAÇÃO, TECNOLOGIAS E SAÚDE  
Unidade de I&D do Instituto Politécnico de Viseu



Laeta  
laboratório associado

- O presente estudo está integrado no Projeto CENTRO-01-0247-FEDER-024137, cofinanciado pelo Centro 2020, Portugal 2020 e União Europeia à Monitar Lda.
- CI&DETS – Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde, Instituto Politécnico de Viseu
- ADAI/LAETA – Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica, Universidade de Coimbra,

