

# 10º Encontro Técnico-Científico dos Laboratórios de Engenharia Civil da CPLP

Construir infraestruturas resilientes e reduzir a vulnerabilidade face às alterações climáticas



LABORATÓRIO  
DE ENGENHARIA  
DE MOÇAMBIQUE

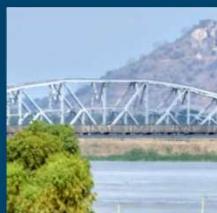


LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

## MINIMIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE DE ESTRUTURAS E EDIFÍCIOS FACE A EVENTOS EXTREMOS

Maria de Lurdes Antunes, Fernando Marques da Silva e João Pedro Santos

LNEC



17 e 18 de Junho de 2019  
MOÇAMBIQUE • MAPUTO

Apoio



CPLP  
Comunidade dos Países  
de Língua Portuguesa

# CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

CONTEXTO



ADAPTAÇÃO DE EDIFÍCIOS E ESTRUTURAS

CONSIDERAÇÃO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA  
FASE DE PROJETO E CONSTRUÇÃO



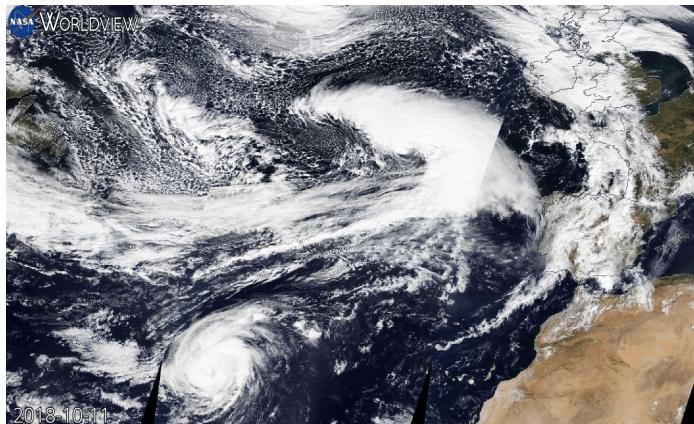
MONITORIZAÇÃO DE ESTRUTURAS

ABORDAGENS PARA A MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS  
DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

## ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

MAIOR FREQUÊNCIA DE EVENTOS EXTREMOS  
(VENTO, PRECIPITAÇÃO)



AUMENTO DA TEMPERATURA

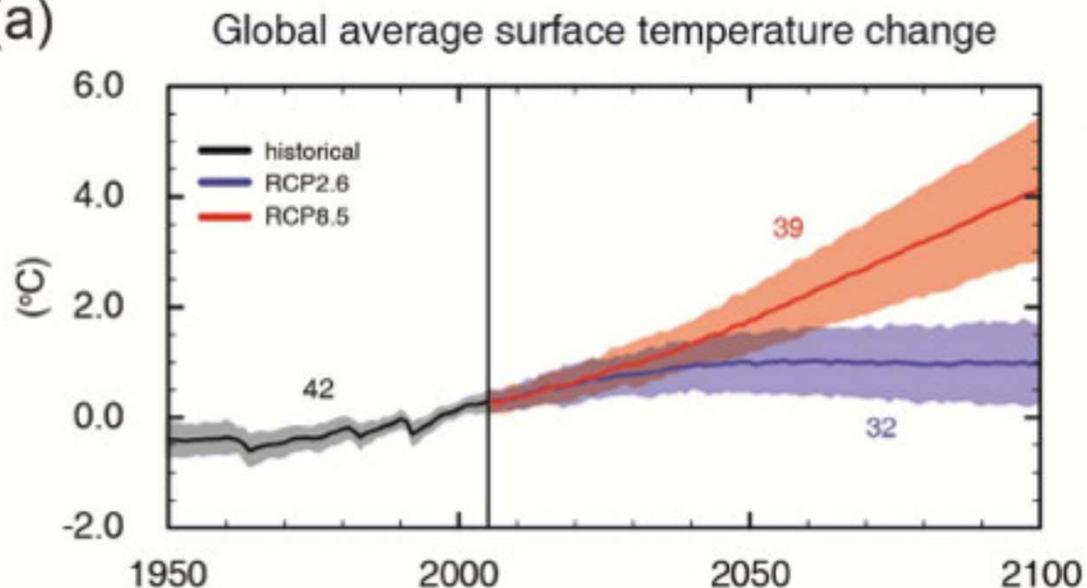


O NÍVEL MÉDIO DO MAR

# Incerteza sobre futuras alterações climáticas

## Temperatura

(a)



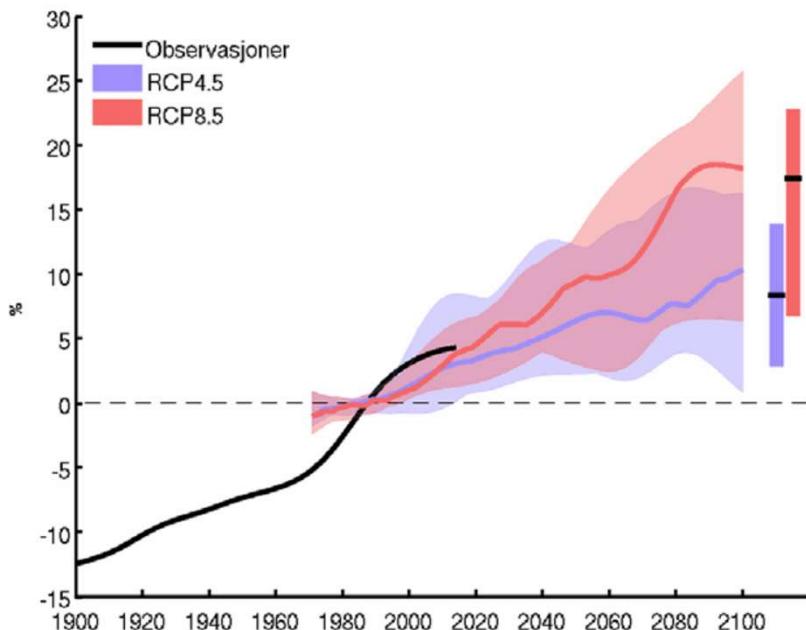
Fonte:

IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Working Group I contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

Não deve ser barreira  
para a adoção de  
medidas de  
adaptação e aumento  
da robustez

# Incerteza sobre futuras alterações climáticas

## Vento

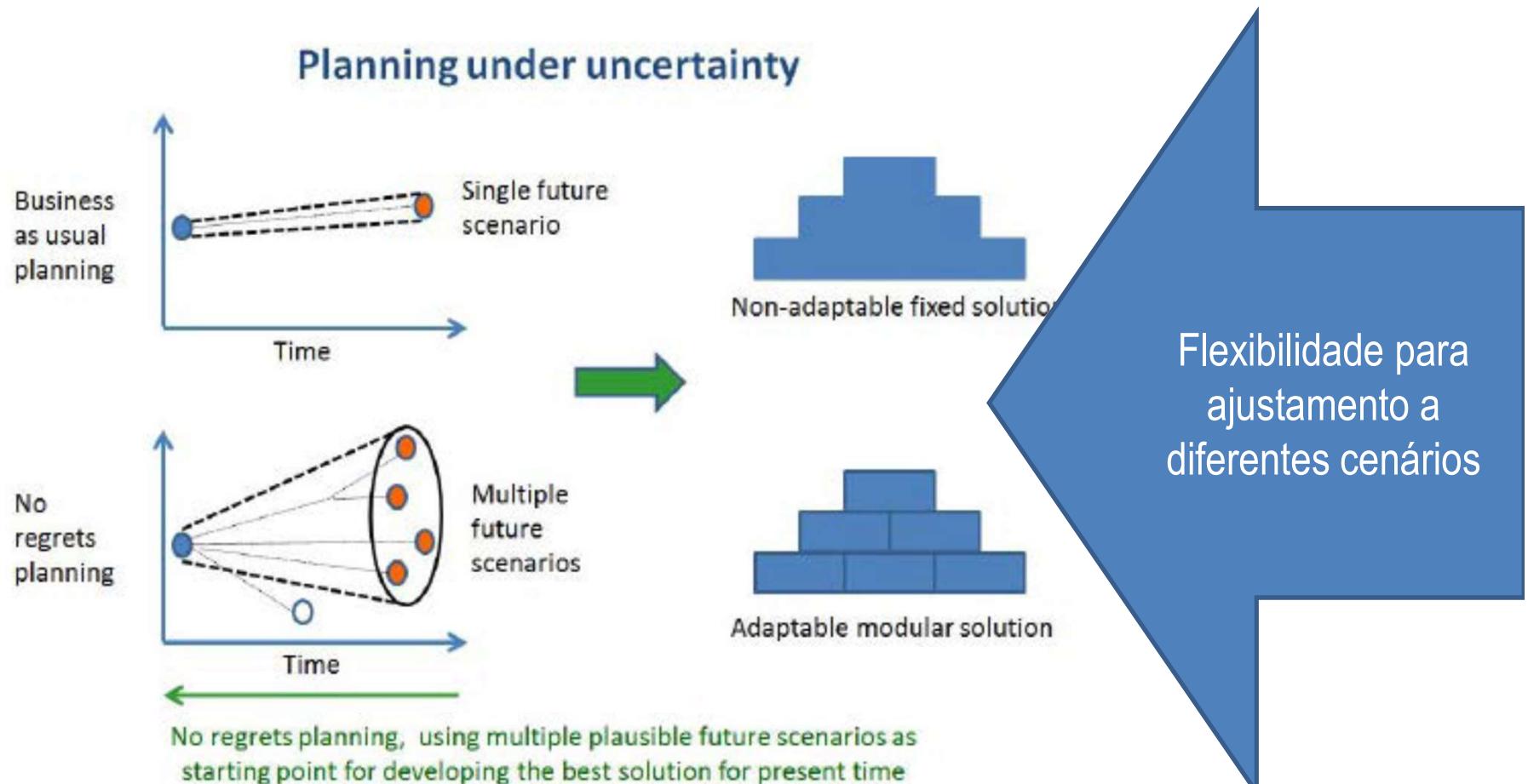


Não deve ser barreira  
para a adoção de  
medidas de  
adaptação e aumento  
da robustez

## Fonte:

IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Working Group I contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

# Planeamento, projeto e construção de infraestruturas em contexto de incerteza



Fonte: *Climate Change Challenges and Solutions in Infrastructure Planning and Adaptation White Paper. ILF Consulting Engineers*

## CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

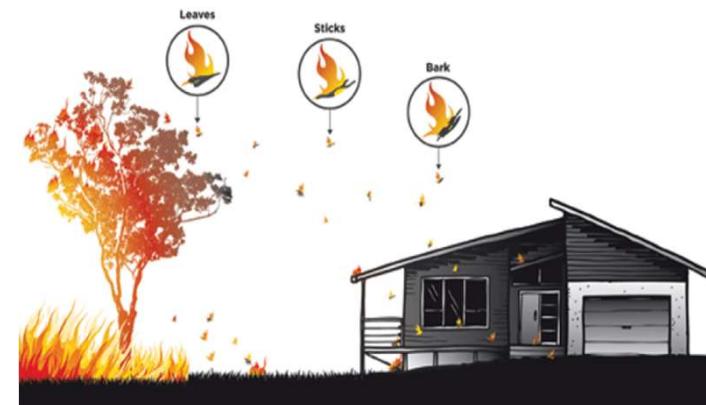
### AUMENTO DA TEMPERATURA

Aumento do risco de incêndio

#### Interface Urbana Florestal

##### Fatores de risco

- Propagação do fogo casa a casa (menos de 10m entre si)
- Telhas em falta ou partidas
- Acumulação de vegetação
- Forros e outras camadas subjacentes combustíveis
- Fachadas, varandas, etc. em material combustível



#### Pavimentos sobrelevados



Aberturas ou pontos críticos no edifício (janelas, portas exteriores, respiradouros, chaminés e coberturas) permitem penetração do fogo no edifício e... ignição dos materiais no interior.

Vulneráveis à penetração de partículas incandescentes e sua acumulação

# CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

## AUMENTO DA TEMPERATURA

Aumento do risco de incêndio

**Interface Urbana Florestal**

## MITIGAÇÃO

### Materiais utilizados nas partes externas do edifício

Não combustível ou resistentes ao fogo

### Aberturas ou pontos críticos na envolvente do edifício

Portadas ou estores e caixilharias resistentes

Redes mosquiteiras metálicas em janelas

Redes metálicas em chaminés

Telhas côncavas preenchidas com cimento nas aberturas dos beirais

### Envolvente imediata do edifício

Área com 50m limpa de vegetação

Adequada manutenção da vegetação viva e morta

Vedações não combustíveis

Vedações de madeira regularmente molhadas

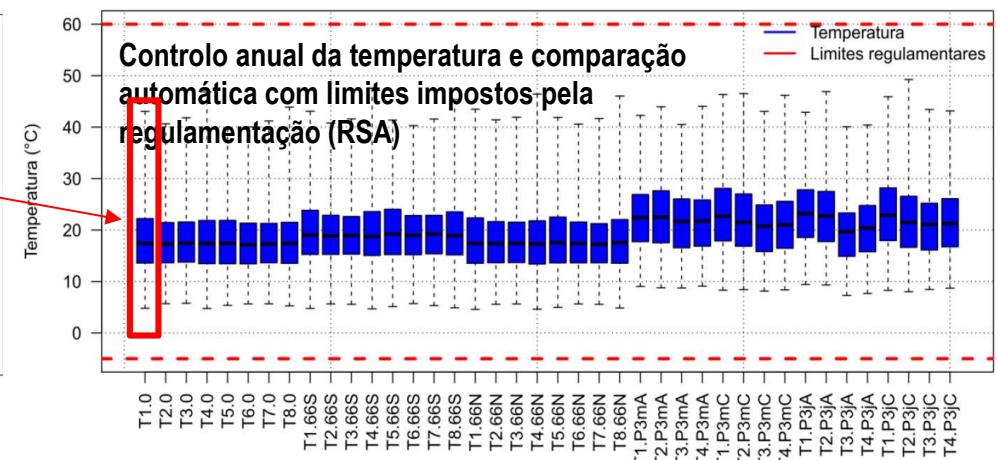
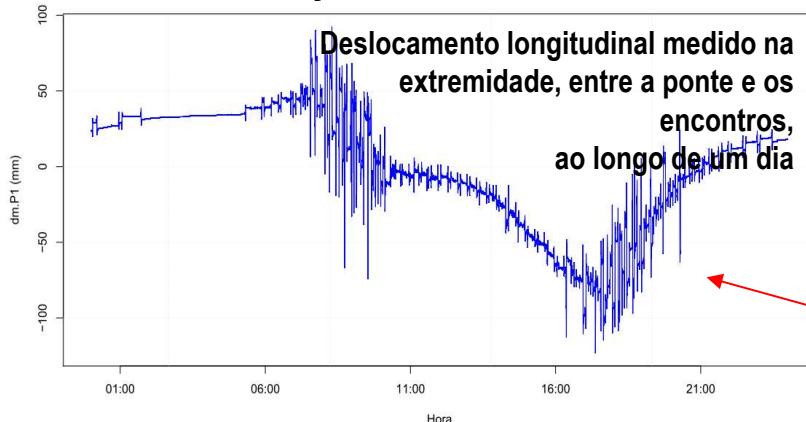
Paredes de contenção, caminhos e contornos do edifício em materiais não

combustíveis

# CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

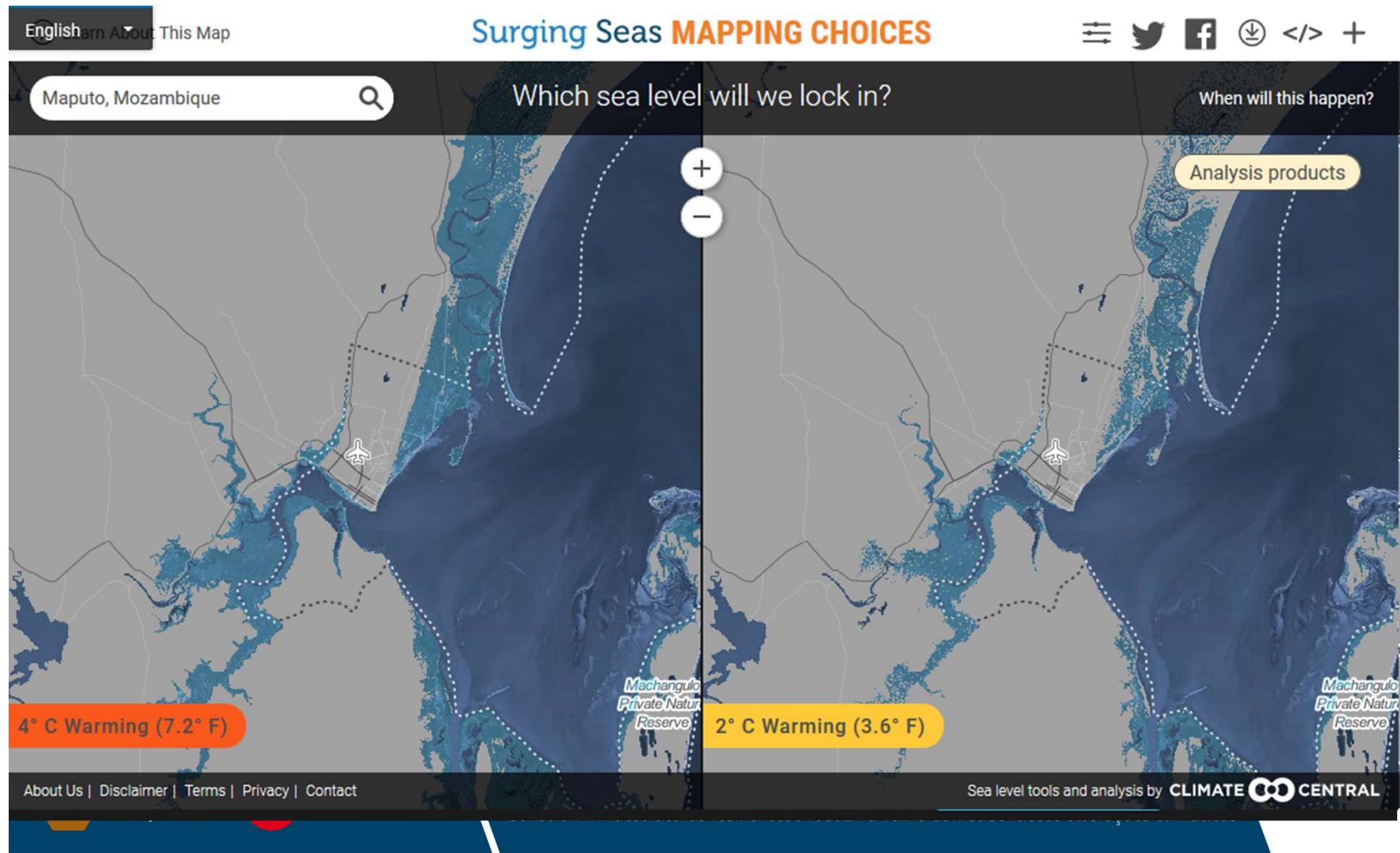
## AUMENTO DA TEMPERATURA

### Monitorização de estruturas metálicas



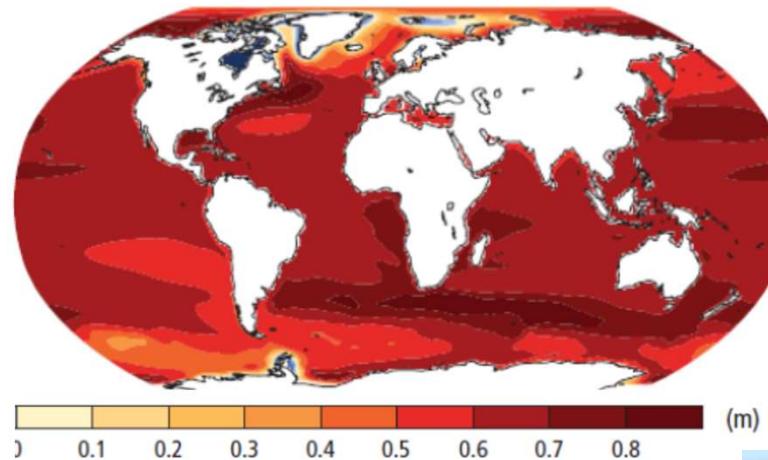
CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

## SUBIDA DO NÍVEL MÉDIO DO MAR



## CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

### SUBIDA DO NÍVEL MÉDIO DO MAR



Tempestades  
mais severas,  
Mais Erosão,  
Mais Inundações



### MITIGAÇÃO

- Construção de diques e aterros
- Evitar a construção em áreas inundáveis
- Construção sobrelevada



## CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

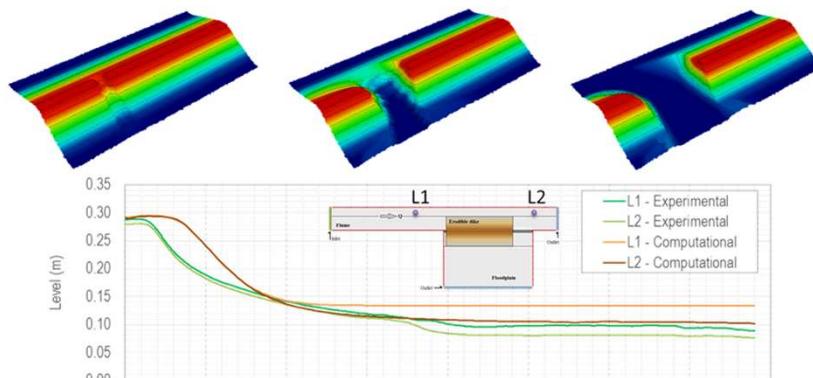
### EVENTOS EXTREMOS (VENTO, PRECIPITAÇÃO)

#### CHEIAS

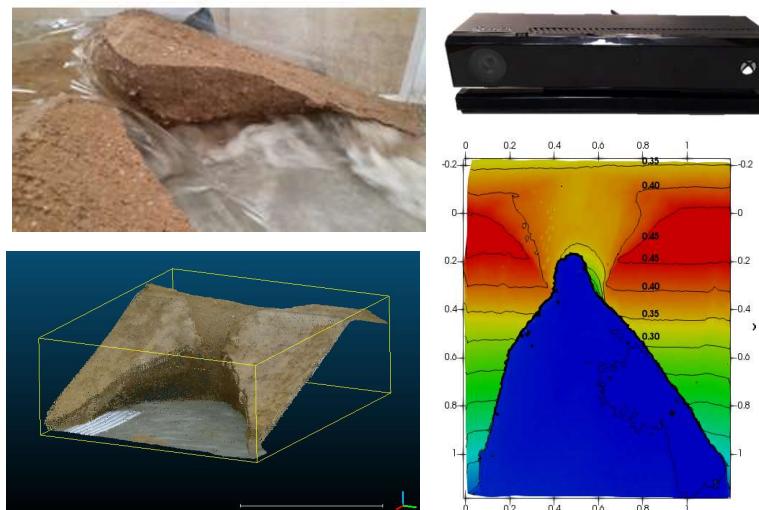
##### Modelação física e matemática

##### Rotura de diques e barragens de aterro

Reconstrução 3D de barragem em rotura



Simulação de rotura de dique em STAV-2D

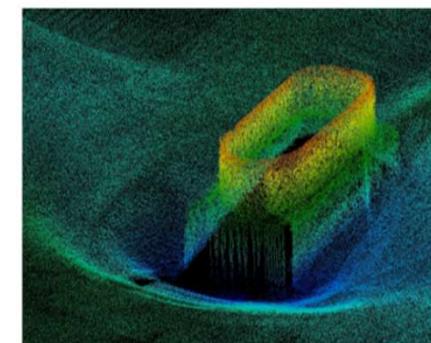
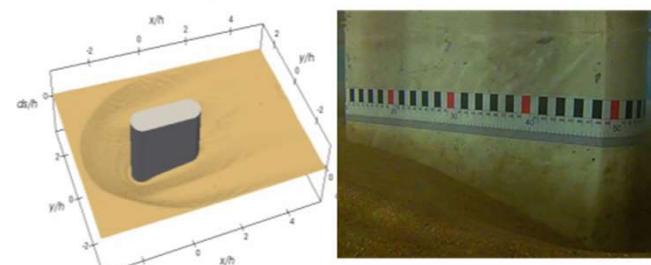


CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

## EVENTOS EXTREMOS (VENTO, PRECIPITAÇÃO) CHEIAS

Modelação física e matemática

Erosão na base de pilares de pontes



CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS  
EVENTOS EXTREMOS (VENTO, PRECIPITAÇÃO)  
CHEIAS



Radar com capacidade para medir nível da água

## Monitorização

(Ponte 17 de Setembro, em Cabala, Angola)



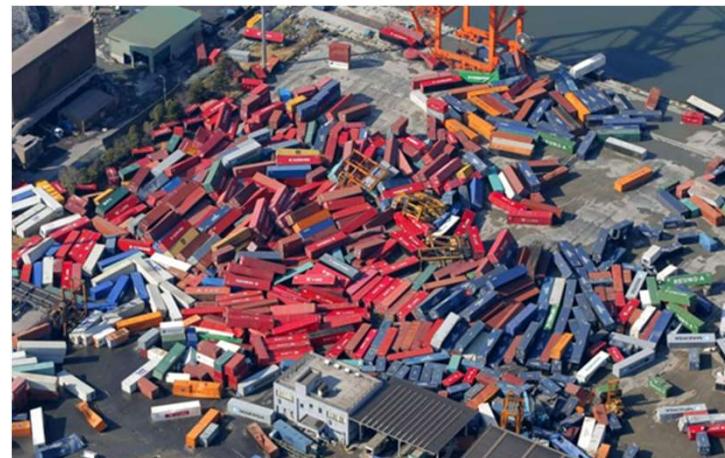
Estação meteorológica

Sonar para  
medir erosão  
interna  
provocada pela  
corrente

## CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

### EVENTOS EXTREMOS (VENTO, PRECIPITAÇÃO)

#### VENTO



## CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

### EVENTOS EXTREMOS (VENTO, PRECIPITAÇÃO)

#### VENTO MITIGAÇÃO

- Rever códigos e regulamentos
- Reforçar zonas sensíveis em edifícios prioritários
- Implementar barreiras vegetais de proteção (quando possível)
- Sistemas de alerta (comunicações operacionais)

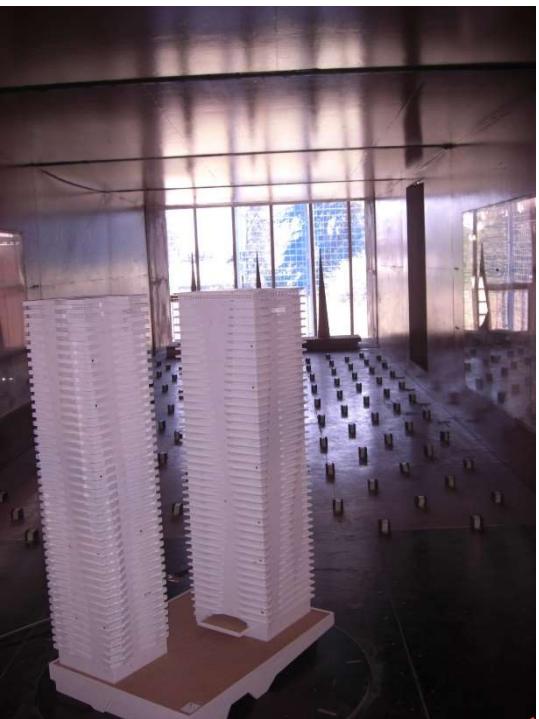


## CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

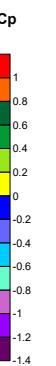
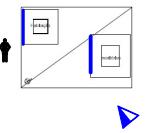
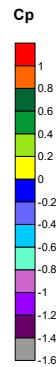
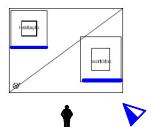
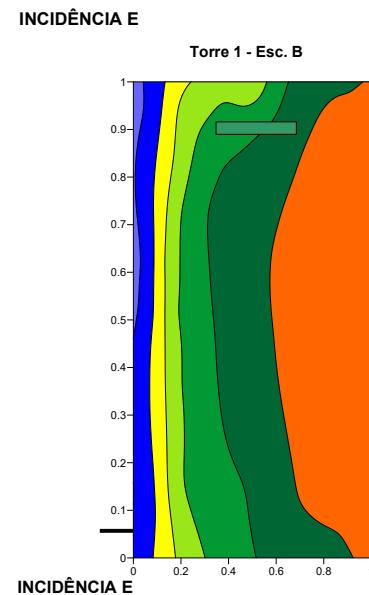
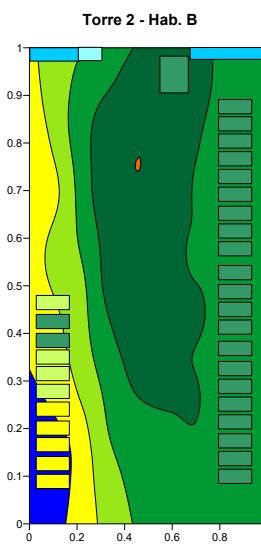
### EVENTOS EXTREMOS (VENTO, PRECIPITAÇÃO)

#### VENTO

Ensaios em modelo físico  
Caracterização de ações em edifícios



$9.0 \times 3.1 \times 2.0 \text{ m}^3$       18 m/s



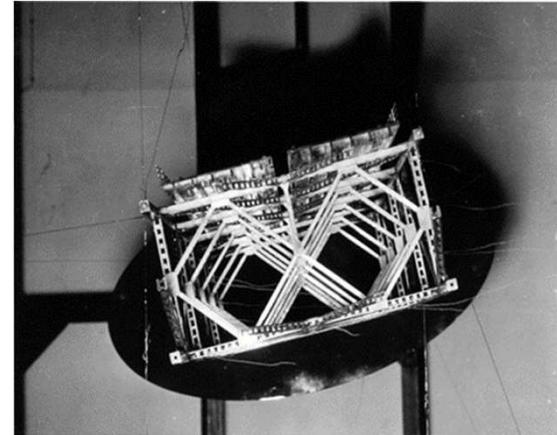
## CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

### EVENTOS EXTREMOS (VENTO, PRECIPITAÇÃO)

### VENTO

Ensaios em modelo físico

Avaliação da estabilidade aerodinâmica de pontes



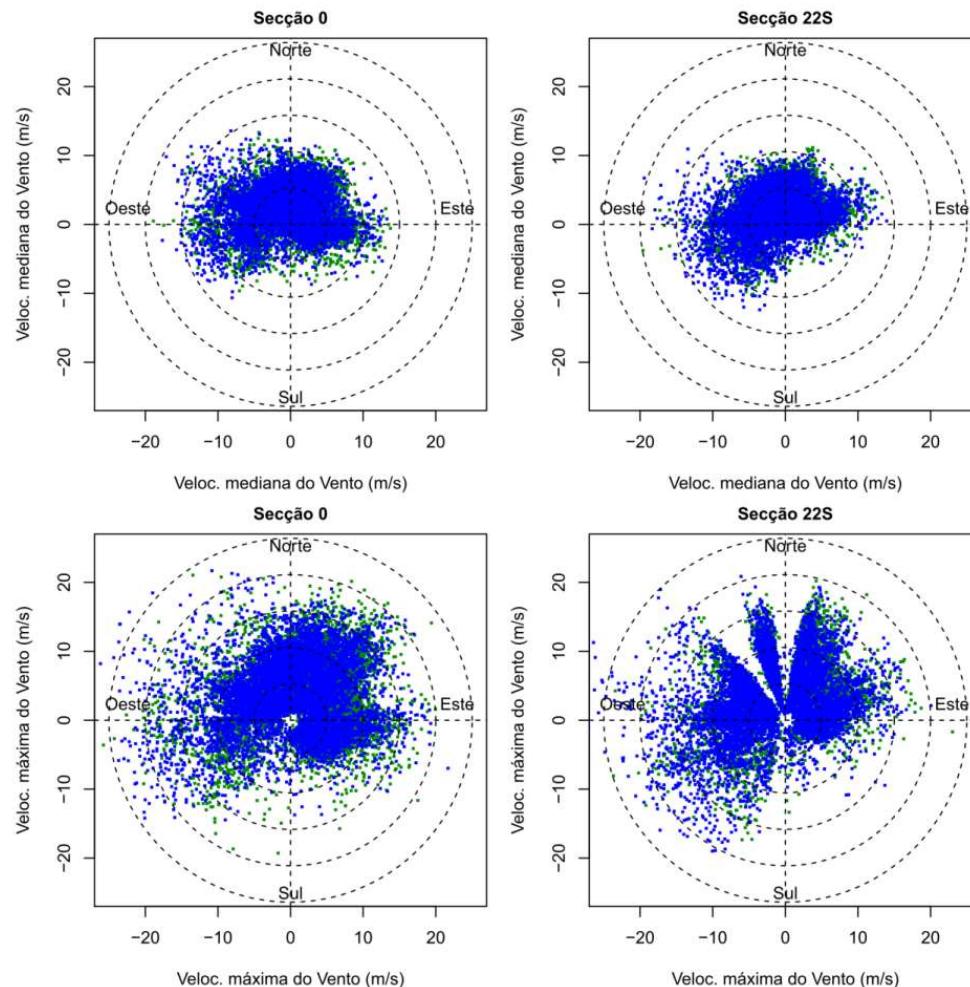
$3.0 \times 1.2 \times 1.0 \text{ m}^3$       45 m/s



## CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

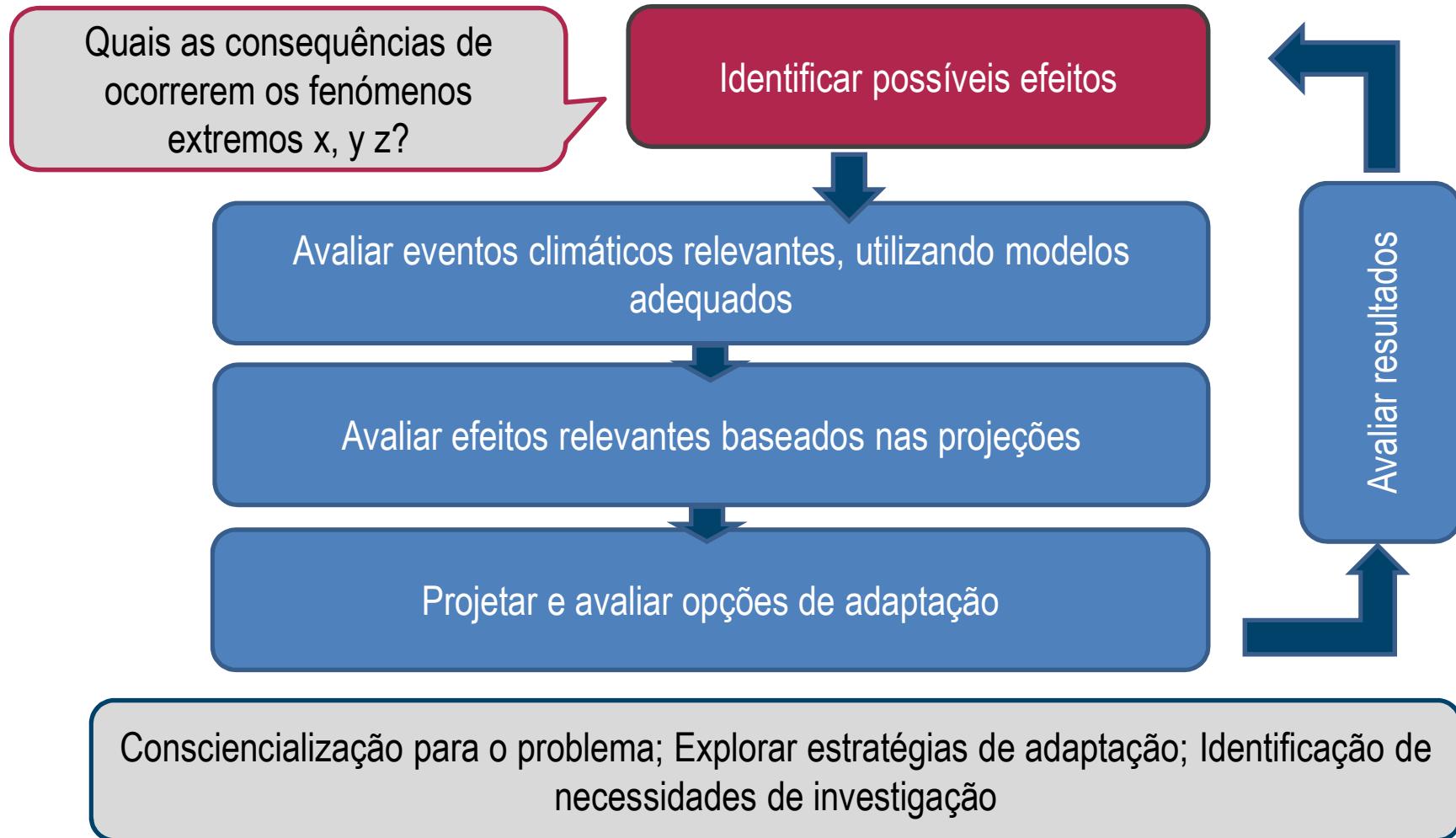
### EVENTOS EXTREMOS (VENTO, PRECIPITAÇÃO)

#### VENTO



Monitorização do vento em tempo real para segurança da operação

# Abordagens para a identificação e avaliação de opções para adaptação – Efeitos



# Abordagens para a identificação e avaliação de opções para adaptação – Vulnerabilidade



CONSTRUIR INFRAESTRUTURAS RESILIENTES E REDUZIR A VULNERABILIDADE FACE ÁS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

PLANEAR, PROJETAR, CONSTRUIR E OPERAR  
INFRAESTRUTURAS RESILIENTES



MONITORIZAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS CRÍTICAS E  
GESTÃO DO RISCO



ANTECIPAR, PREPARAR E ADAPTAR-SE ÀS  
ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Obrigada pela Atenção!