



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR, SUBSIDÊNCIA DO SOLO, URBANIZAÇÃO, CHUVAS TORRENCIAIS:

DESAFIOS PARA A SUSTENTABILIDADE DE RECIFE

**Jaime J S P CABRAL
Gastão C FONSECA NETO
Marcos A B SILVA JUNIOR
Arivânia B RODRIGUES
Wendson O SOUZA**



UNIVERSIDADE
DE PERNAMBUCO



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO



Área Central
de
Recife

INTRODUÇÃO

Como a combinação entre elevação do nível do mar, subsidência do solo, impermeabilização urbana e intensificação das chuvas extremas aumenta o risco de inundações compostas em Recife?



Bairros do Pina e de Boa Viagem



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

Planície formada por sedimentos
fluvio-marinhos

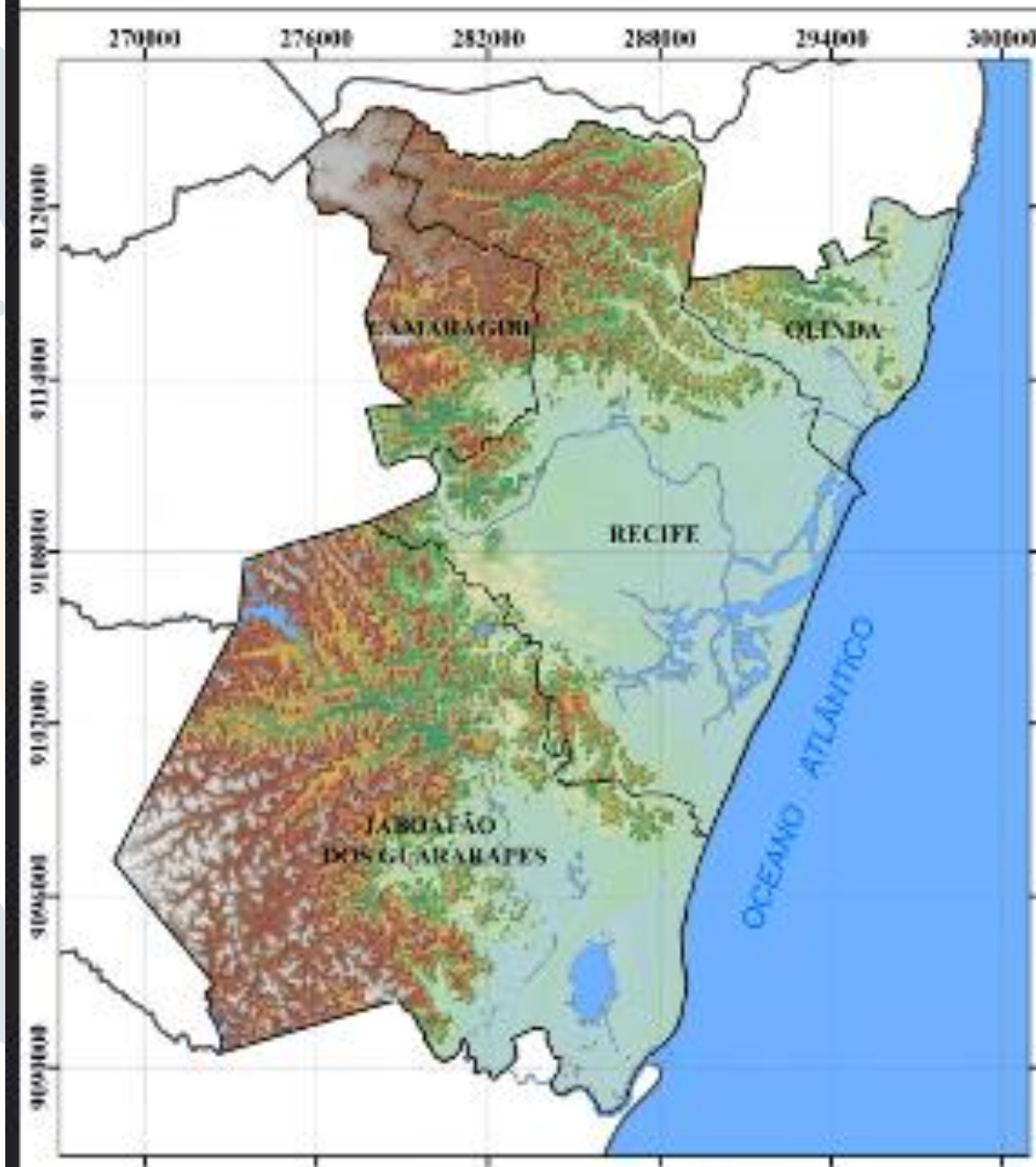
Cotas de 1m até 8 m,

Anfiteatro (semicírculo de raio de
~10km)

Cercada de morros ~ 80m de altura
Século XVII início da construção de
aterros

A prática de aterros continuou

Na cultura da população aterrar um
mangue é sinal de progresso.





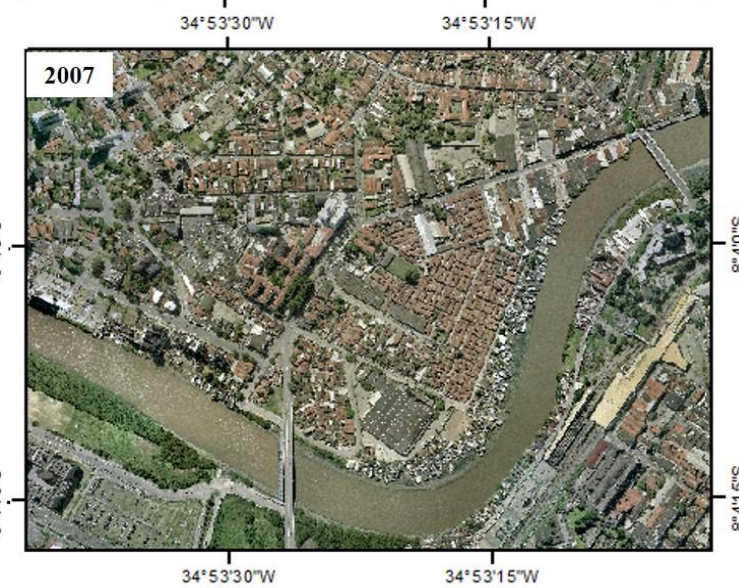
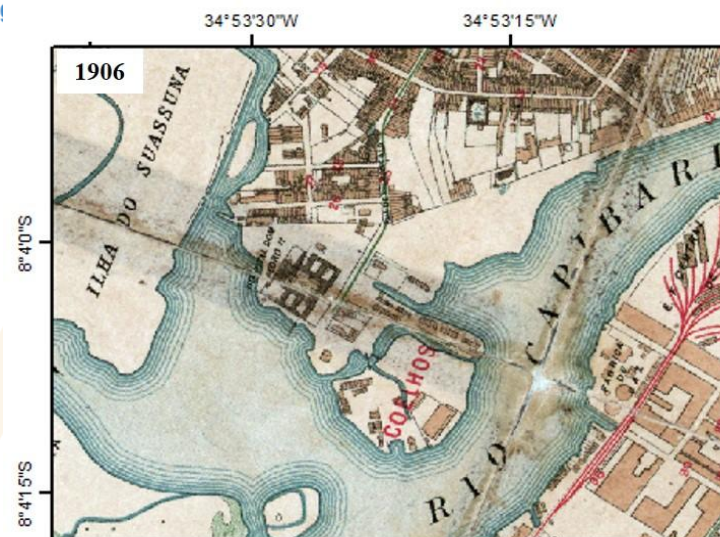
XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DO BAIRRO DOS COELHOS

1906
a
2007





XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

Gonçalves et al. 2013	1974	2005
Área edificada	36%	58%
Cobertura vegetal	21%	6%



Primeiros prédios em Boa Viagem

(Anos 50)

PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DO RECIFE

Bairro Boa Viagem



Bairro de Boa Viagem bem urbanizado

(Anos 70)



Urbanização Vertical em Boa Viagem

(Anos 2000)

ANÁLISE DA SUBSIDÊNCIA INSAR

■ Método de Processamento InSAR

Processamento multitemporal (MT-PSInSAR), alvo PS, com modelo de deformação linear no tempo.

$$\varphi_{Int} = \varphi_{Des} + \varphi_{Top} + \varphi_{Atm} + \varphi_{Orb} + \varphi_{Rui} + 2k\pi$$

Componentes de fase: deslocamento (φ_{Des}), topográfica (φ_{Top}), atmosférica (φ_{Atm}), orbitais da posição (φ_{Orb}), ruído da descorrelação (φ_{Rui}). Ambiguidade de fase (k).

$$\begin{bmatrix} d_H \\ d_V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \theta_{asc} \cos \phi_{asc} & \cos \theta_{asc} \\ \sin \theta_{desc} \cos \phi_{desc} & \cos \theta_{desc} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} d_{asc} \\ d_{desc} \end{bmatrix}$$

A vantagem em usar imagens asc-desc é a obtenção do vetor deslocamento real da superfície (d_V).

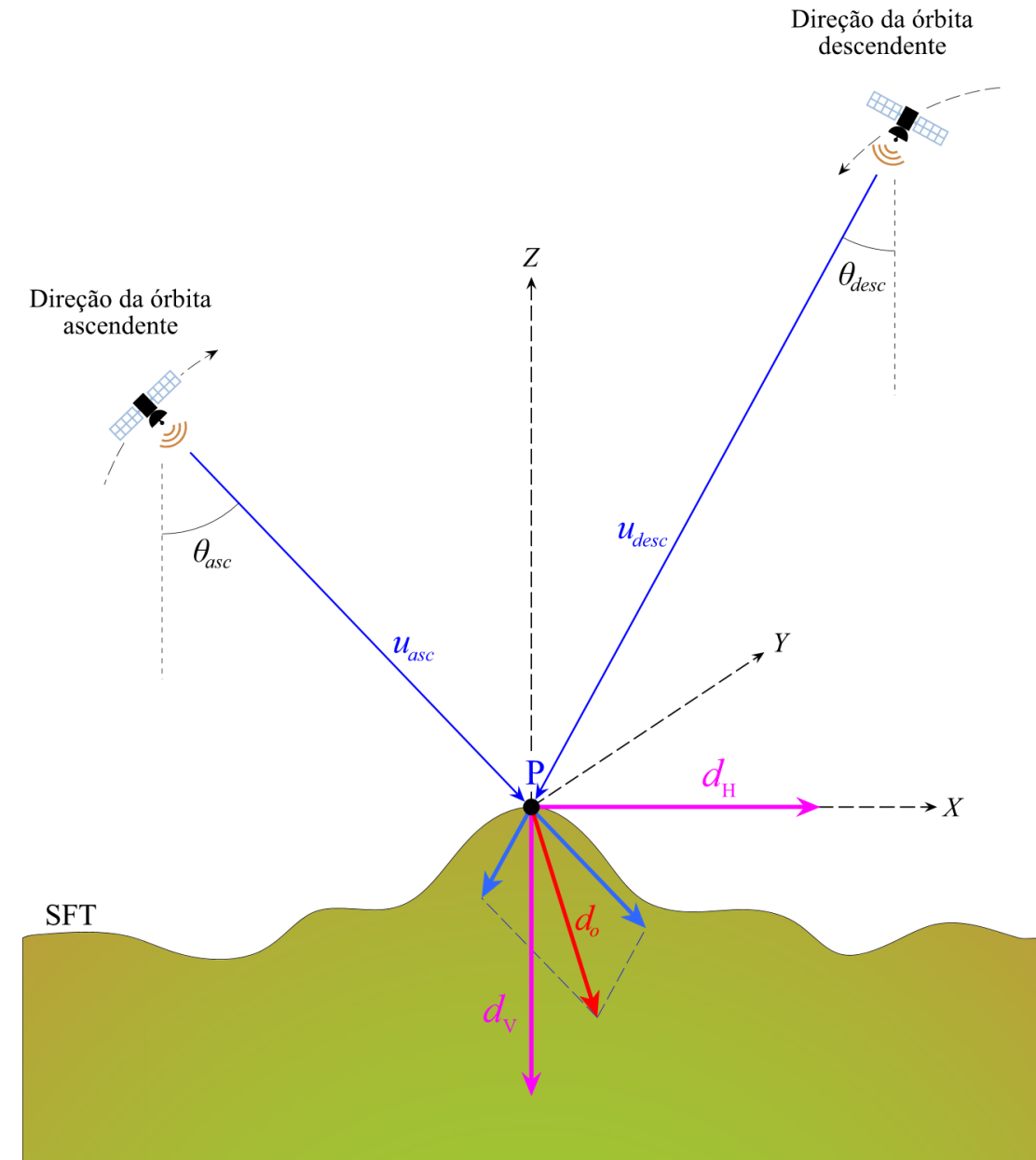
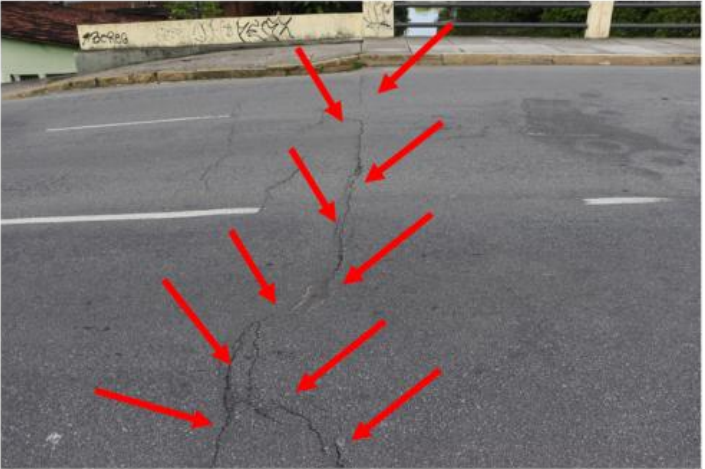
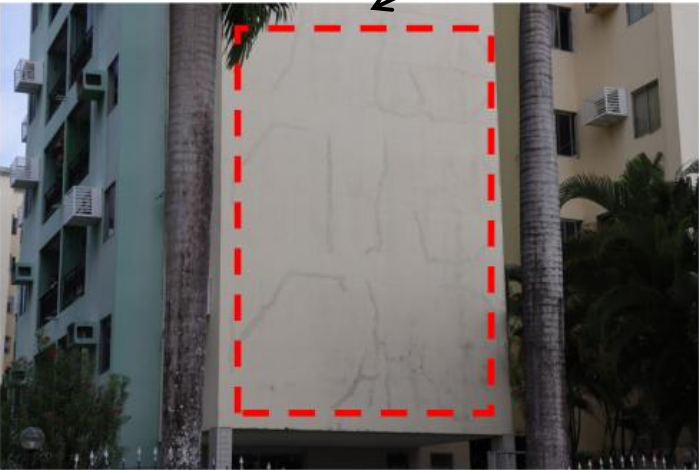
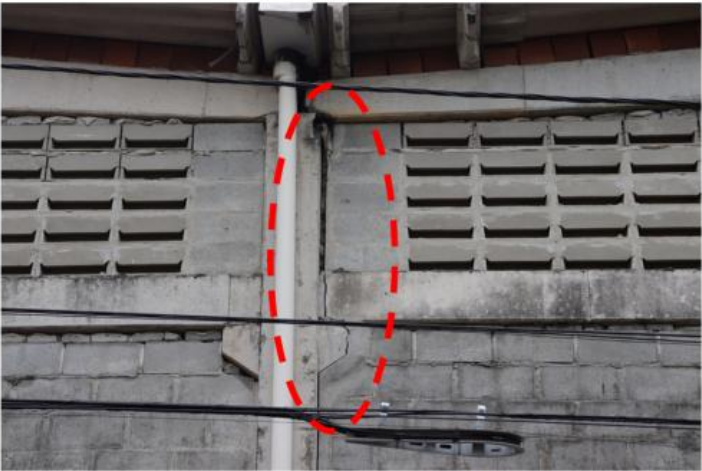
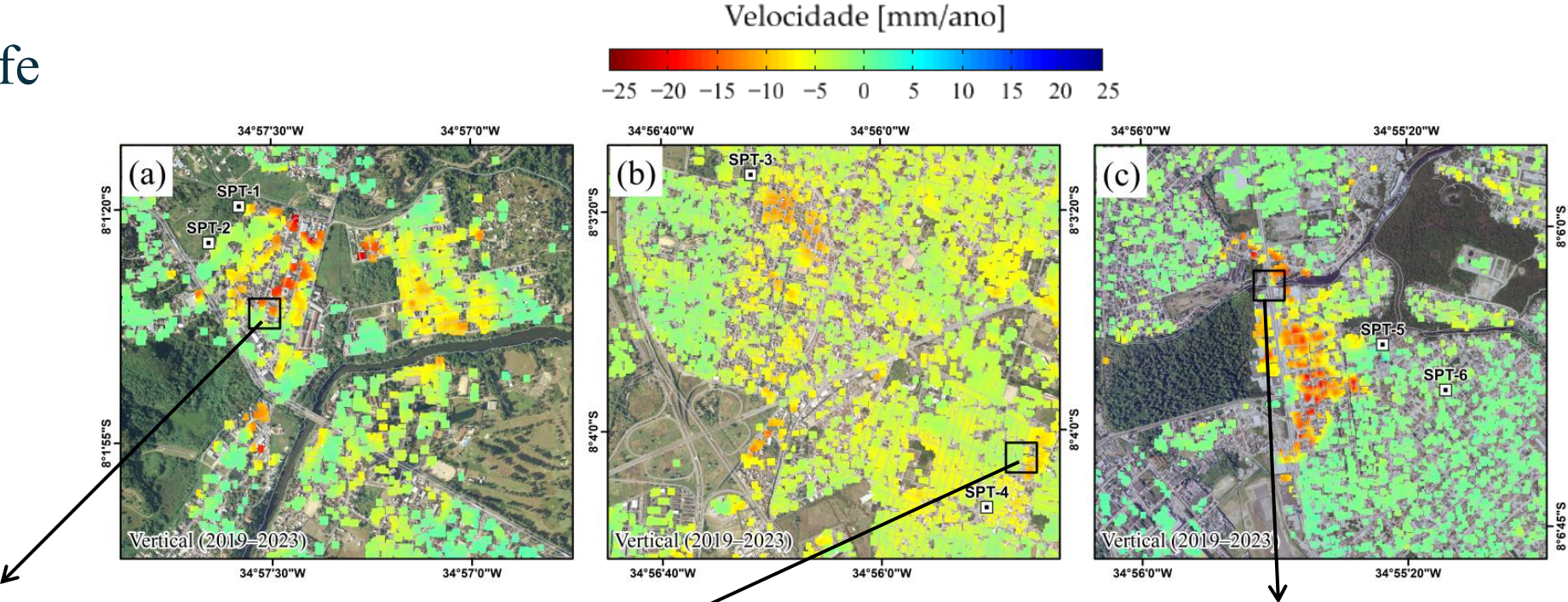


Figura – Combinação de dados orbitais (ascendente e descendente) na determinação das componentes horizontal e vertical.

SUBSIDÊNCIA DO SOLO

- Planície do Recife

Efeitos do rebaixamento





XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

Dez maiores chuvas em 24 horas em Recife

Precipitação (mm)	data
335,8	11/08/1970
235,0	24/05/1986
234,4	28/05/2022 incluindo início da chuva em 27/05/2022
185,9	01/08/2000
176,4	12/06/1965
176,4	29/07/1990
165,3	22/04/1973
162,8	29/06/1990
162,0	21/07/1973
159,7	10/06/1966

AUMENTO DA INTENSIDADE E FREQUÊNCIA DAS CHUVAS TORRENCIAIS

■ Série Histórica

A Figura revela que apenas poucos anos apresentaram chuva máxima diária inferior a 100 mm.

Muitos anos apresentaram eventos acima de 150 mm em 24 horas.

As séries históricas de temperatura indicam aumento de 1 °C,

com valores acima da média histórica desde os anos 2000. Esse aquecimento, associado à formação de ilhas de calor decorrentes da urbanização e verticalização, pode intensificar a ocorrência de chuvas mais intensas e concentradas.

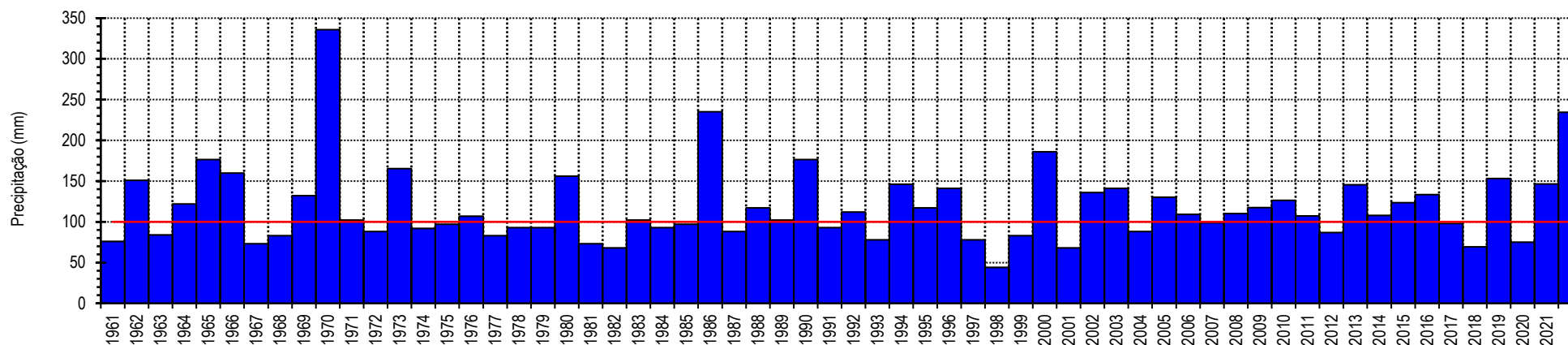


Figura – Maiores chuvas diárias registradas na estação do Curado, em Recife, a partir de 1961.

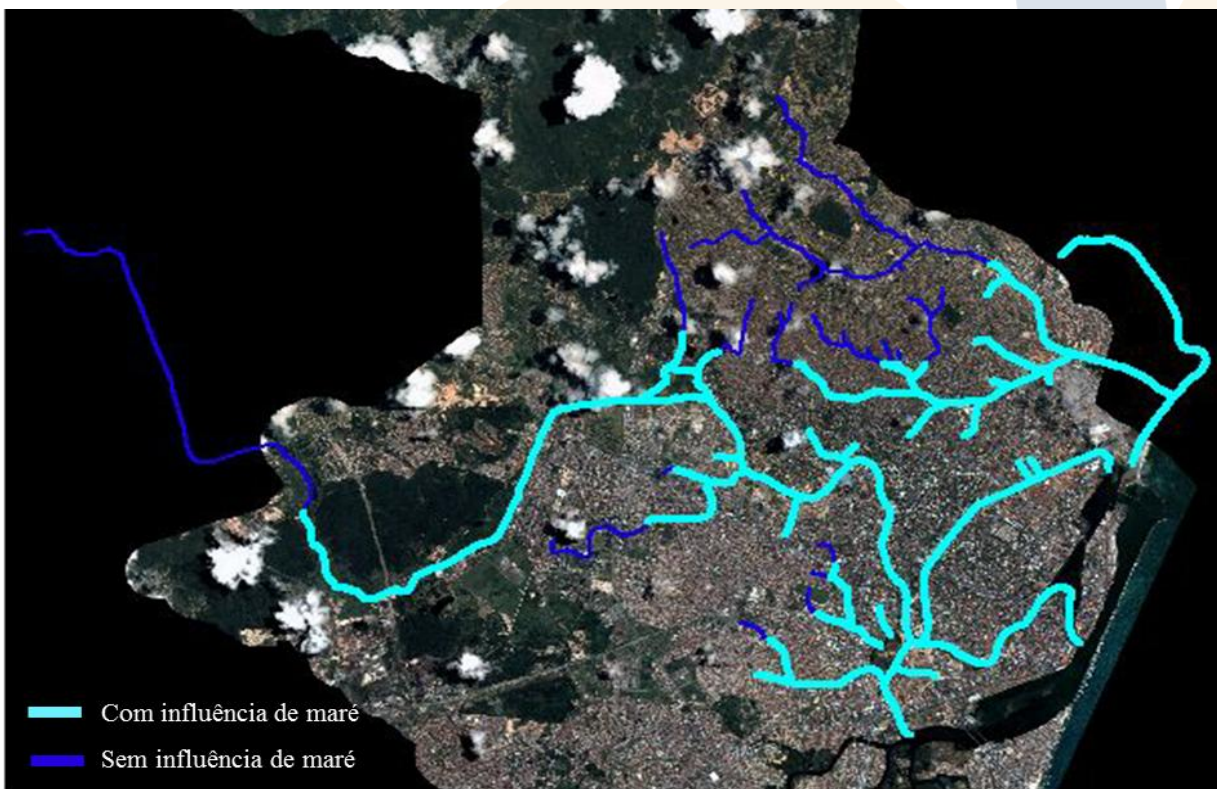


XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

INFLUÊNCIA DAS MARÉS



Efeito da Maré de 2,50 m na malha hidrográfica



Rua da Aurora

Maré: 2,70 m
Dia: 10/03/16
Hora: 17:06 h



Rua Capitão Lima

Maré: 2,70 m
Dia: 07/04/16
Hora: 16:02 h



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes



Orla de Boa Viagem, Recife-PE.

ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR EM RECIFE

Em amarelo, a média das marés há cinquenta anos (ano base 2000) e, em vermelho, a previsão até onde a maré pode chegar em 100 anos (ALCOFORADO, 2006).

- De acordo com Harari et al. (2008 apud PBMC, 2016), o nível do mar, na costa pernambucana, aumentou 5,6 mm ano⁻¹ no período de 1946 a 1988, uma elevação de 24 cm em 42 anos

Até 2050 - probabilidade de aumento de 20 a 30 cm
Até 2100, a elevação do nível médio do mar (NMM) de 0,26 a 0,77 m para um aumento da temperatura média global de 1,5 °C. (IPCC, 2021).



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

Efeito do aumento do nível do mar (sem chuva)



Atual



Atual +70 cm (IPCC)



Atual



Atual +70 cm (IPCC)



: GESTÃO DAS ZONAS
PORTUGUESA

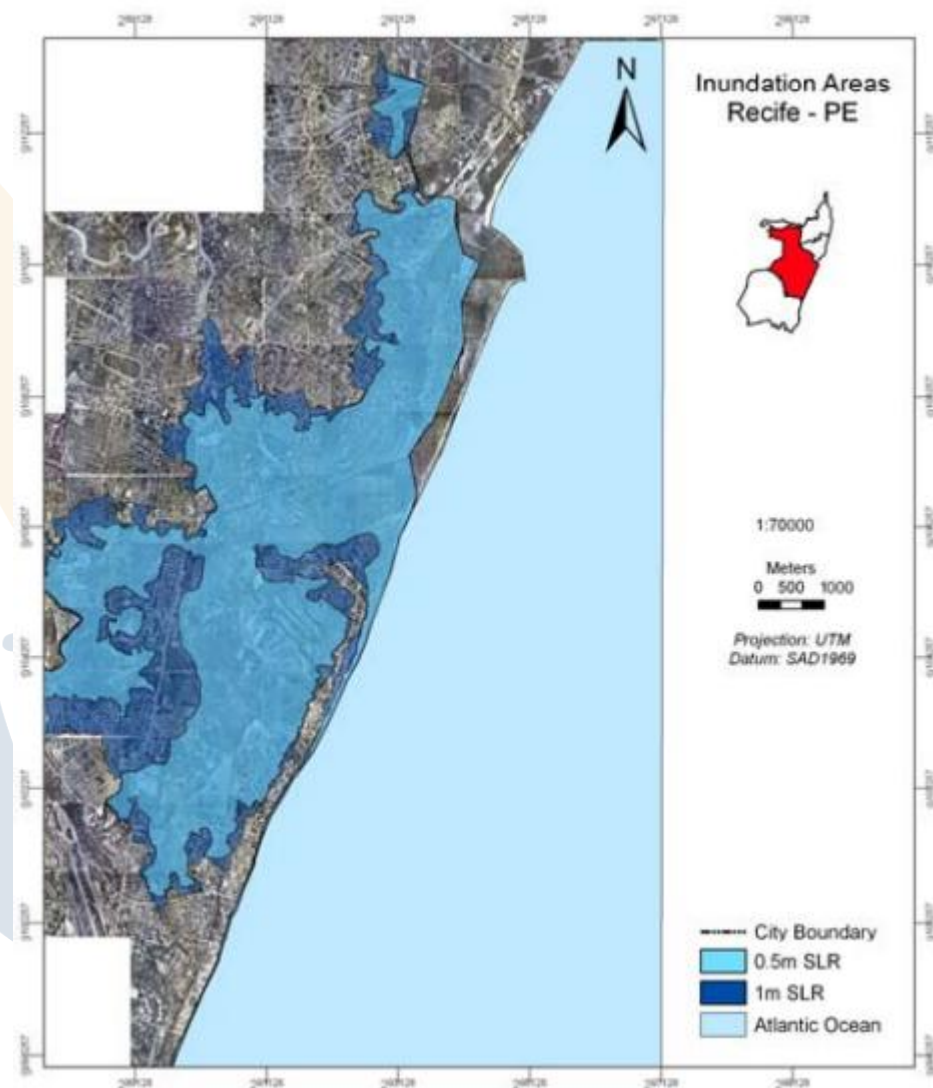
VULNERABILIDADES CLIMÁTICAS

ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR EM RECIFE

Cenários	2081-2100	
	Média (m)	Variação (m)
RCP 2,6	0,40	0,26 a 0,55
RCP 4,0	0,47	0,32 a 0,63
RCP 6,0	0,48	0,33 a 0,63
RCP 8,5	0,63	0,45 a 0,82

- Cenário otimista: 0,5 m – 25,38 km²
- Cenário Pessimista: 1,0 m – 33,71 km²

15% do território do Recife (Cenário Pessimista)



Fonte: ALCOFORADO (2006); COSTA et al. (2010).



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

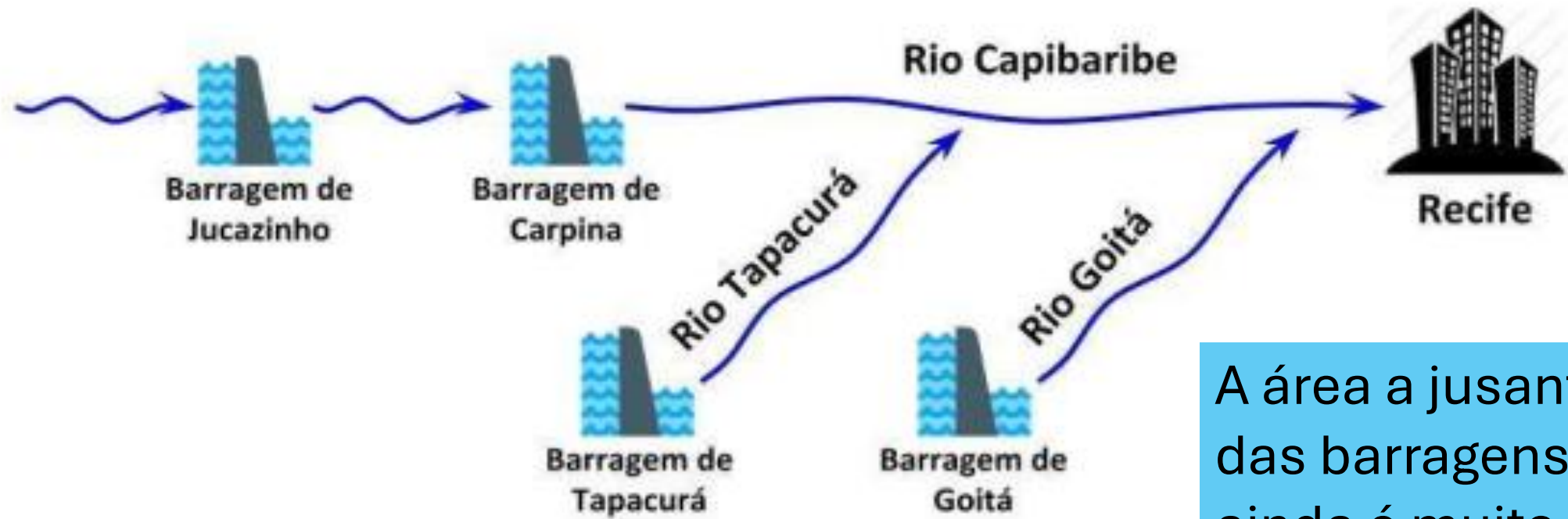
Zonas Costeiras Inteligentes

O que já foi feito para melhorar
a resiliência da cidade?

Riscos vindos
de oeste

FEUP E GESTÃO DAS ZONAS
DE RISCO PORTUGUESA

Barragens de controle de
cheias no rio Capibaribe



A área a jusante
das barragens
ainda é muito
grande



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

Parque alagável Rio Tejipió

Figura 5 - Parque alagável entre os bairros de Areias e do Ipsep (Recife/PE)

- Inaugurado em 2024
- Localizado entre bairro de Areias e do Ipsep.
- Área de lazer durante períodos secos
- Bacia de retenção em chuvas intensas.
- Área 3,9 mil m²





XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

Bacias de Retenção

Cruzamento da
BR232 com BR101

Volume total
 117.000 m^3





XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

Parque Capibaribe

- Resgatar o espaço das águas
- Preparar-se para mudanças climáticas
- Articular sistemas ambientais (Mata Atlântica, manguezais, parques, águas fluviais, águas marinhas)
- Mata ciliar e equilíbrio biótico
- Recuperar dinâmicas hidrológicas naturais (controle de alagamentos, infiltração, recarga de aquíferos)





XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

Recife Cidade Parque

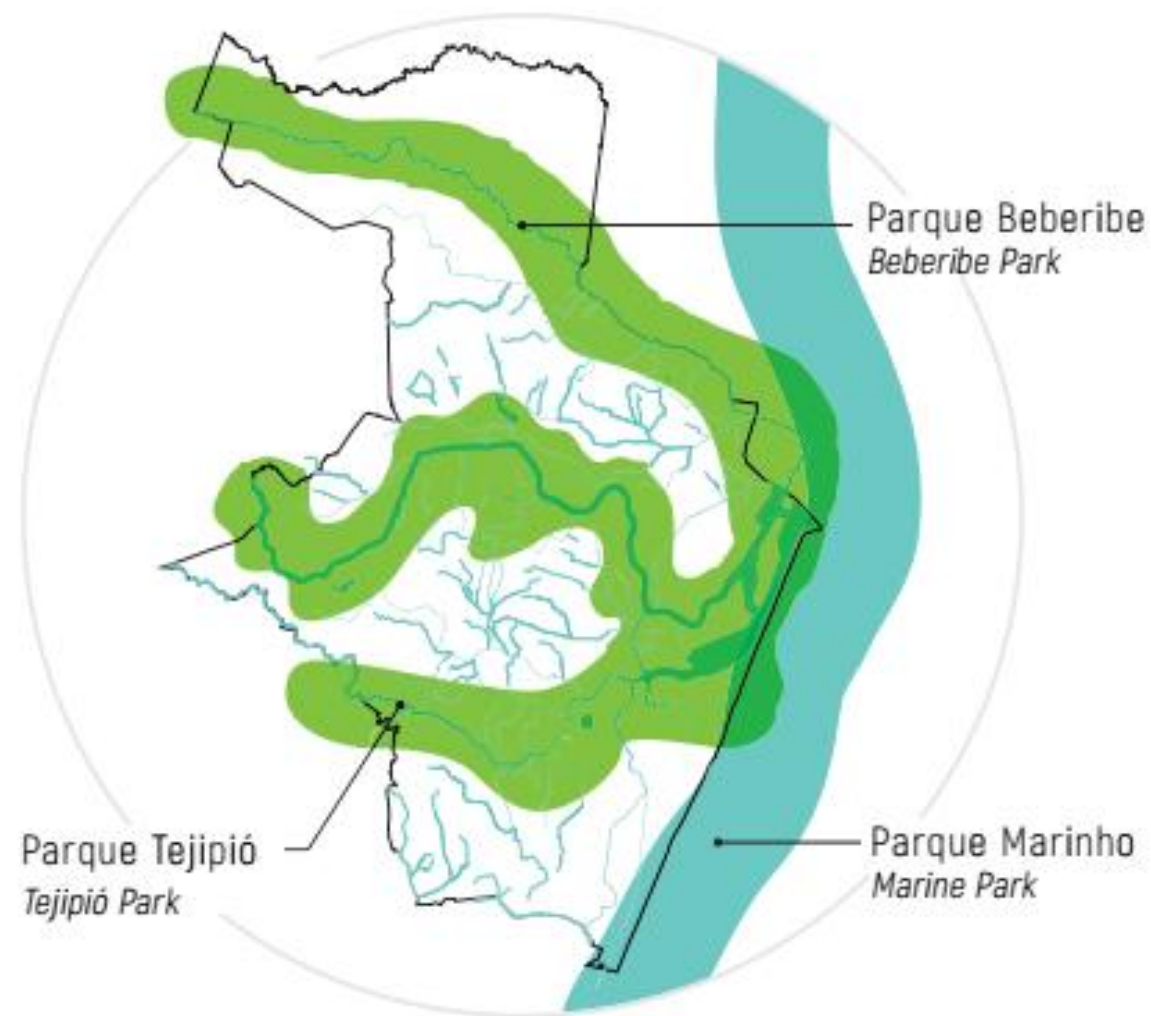
Amplia o conceito do
Parque Capibaribe

Inclui mais:

Rio Beberibe

Rio Tejió

Frente marinha



COMENTÁRIOS FINAIS

A vulnerabilidade de Recife resulta da interação entre fatores climáticos, hidrológicos, oceanográficos, geotécnicos e antrópicos, configurando um cenário de risco multiameaça.

A cidade começou a revisar os critérios de projeto da drenagem urbana, incorporando cenários combinados de maré, precipitação extrema e subsidência aos estudos hidrológicos.

Começou também a implantar soluções baseadas na natureza e fortalecer o planejamento territorial, com prioridade para áreas mais vulneráveis.

No ano de 2037, o Recife será a primeira capital do Brasil a completar cinco séculos, e o Plano Recife 500 anos, busca estratégias de adaptação e resiliência, que visam preparar Recife para reduzir a vulnerabilidade a eventos extremos.