# SOSeas: An assesSment tOol for predicting the dynamic riSk of drowning on bEAcheS


CMEMS DEMONSTRATION
COASTAL – GLOBAL OCEAN
COPERNICUS · MARINE ENVIRONMENT MONITORING SERVICE
SOSeas
Contract 110-DEM5-L10
Until 31 March 2021

Javier F. Bárcena,
**Javier García-Alba***,
Felipe Fernández,
Javier Costas-Veiga,
Marcos Mecías,
María Luisa Sámano,
David Szpilman and
Andrés García

EGU2020-18033

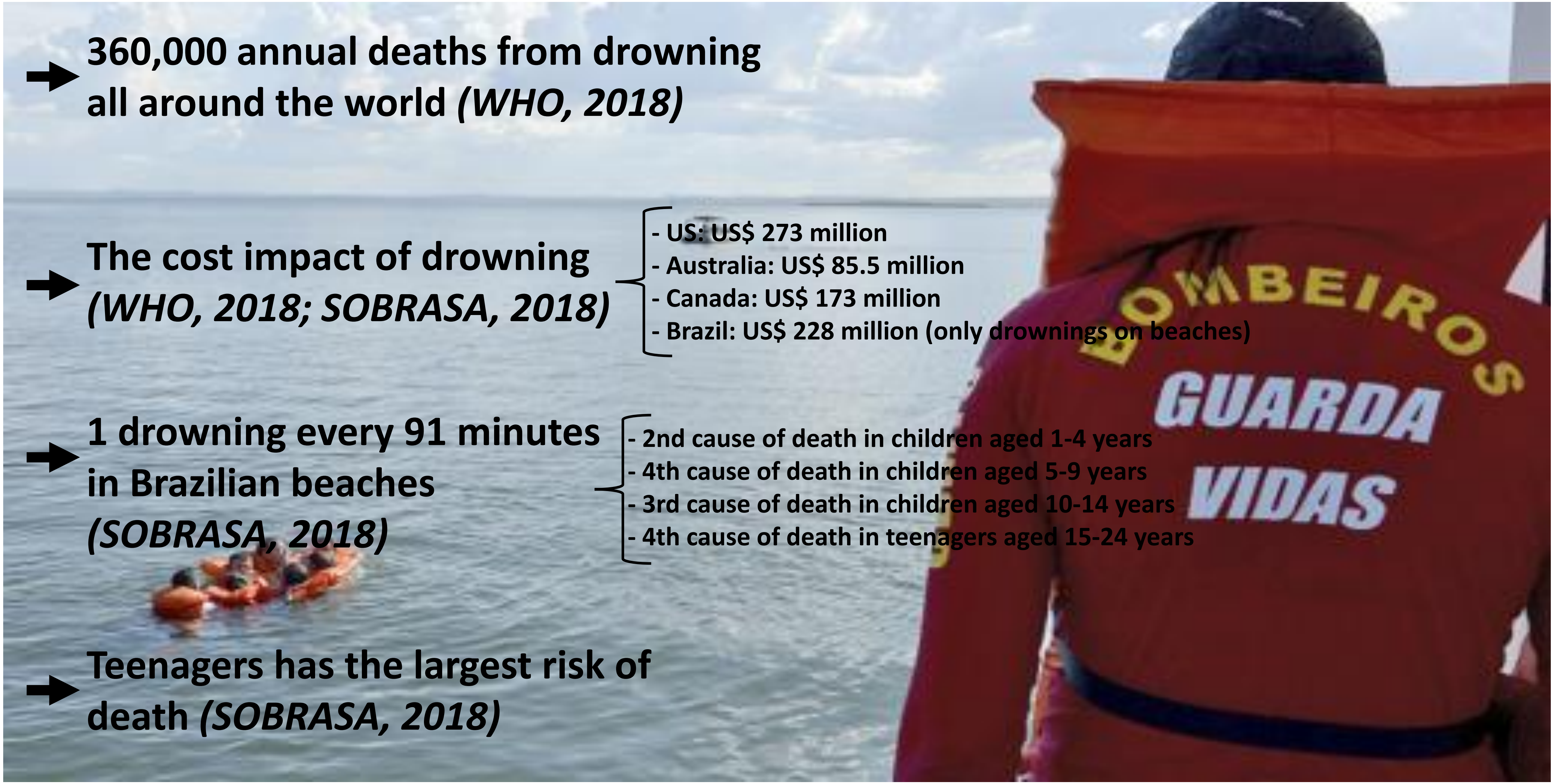
EGU General Assembly 2020

OS4.7 – The Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)

08 May 2020

# The problem in numbers

COHESION 30




- **360,000 annual deaths from drowning all around the world *(WHO, 2018)***
- **The cost impact of drowning *(WHO, 2018; SOBRASA, 2018)***
  - US: US$ 273 million
  - Australia: US$ 85.5 million
  - Canada: US$ 173 million
  - Brazil: US$ 228 million (only drownings on beaches)
- **1 drowning every 91 minutes in Brazilian beaches *(SOBRASA, 2018)***
  - 2nd cause of death in children aged 1-4 years
  - 4th cause of death in children aged 5-9 years
  - 3rd cause of death in children aged 10-14 years
  - 4th cause of death in teenagers aged 15-24 years
- **Teenagers has the largest risk of death *(SOBRASA, 2018)***

# Numerical forecasting background

Classical projects to obtain electronic flag → **Process based models:**

- *High computational resources*
- *Not easy scalable to cover new areas*
- *Not valid to give a quick response*

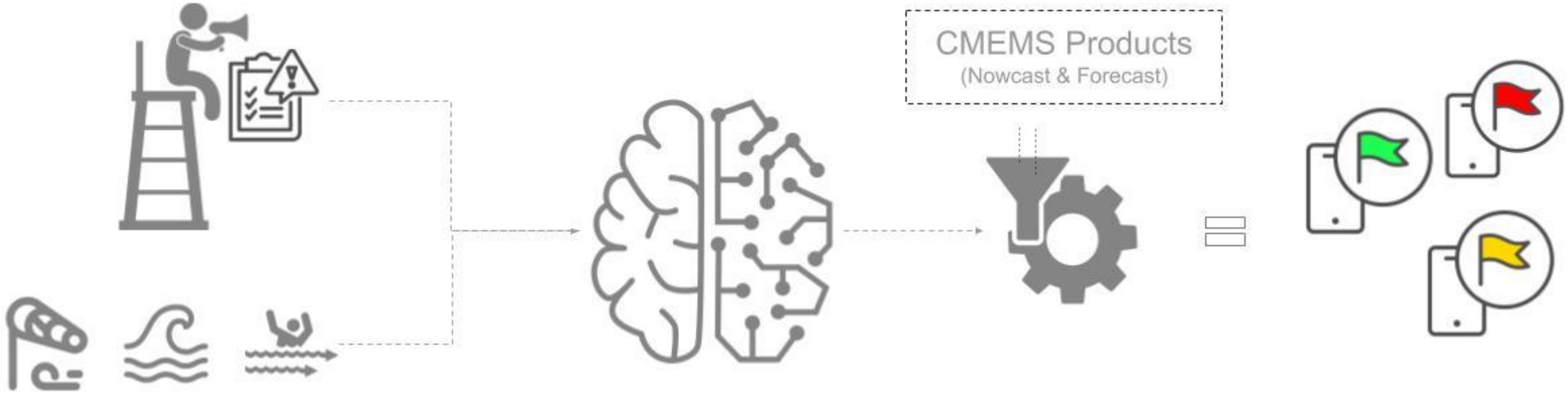
*"ensuring healthy lives and promoting the well-being at all ages"*

**SOSeas? → Dynamic risk on beaches using CMEMS data and Artificial Neural Networks (ANN)**

# General overview

## The problem...

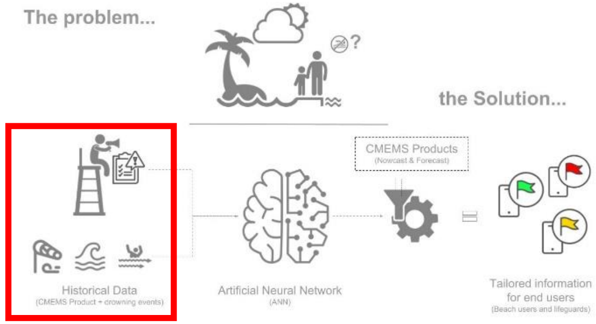
## the Solution...


COPERNICUS · MARINE ENVIRONMENT MONITORING SERVICE ·
CMEMS DEMONSTRATION
COASTAL – GLOBAL OCEAN
SOSeas
Contract 110-DEM5-L10
Until 31 March 2021

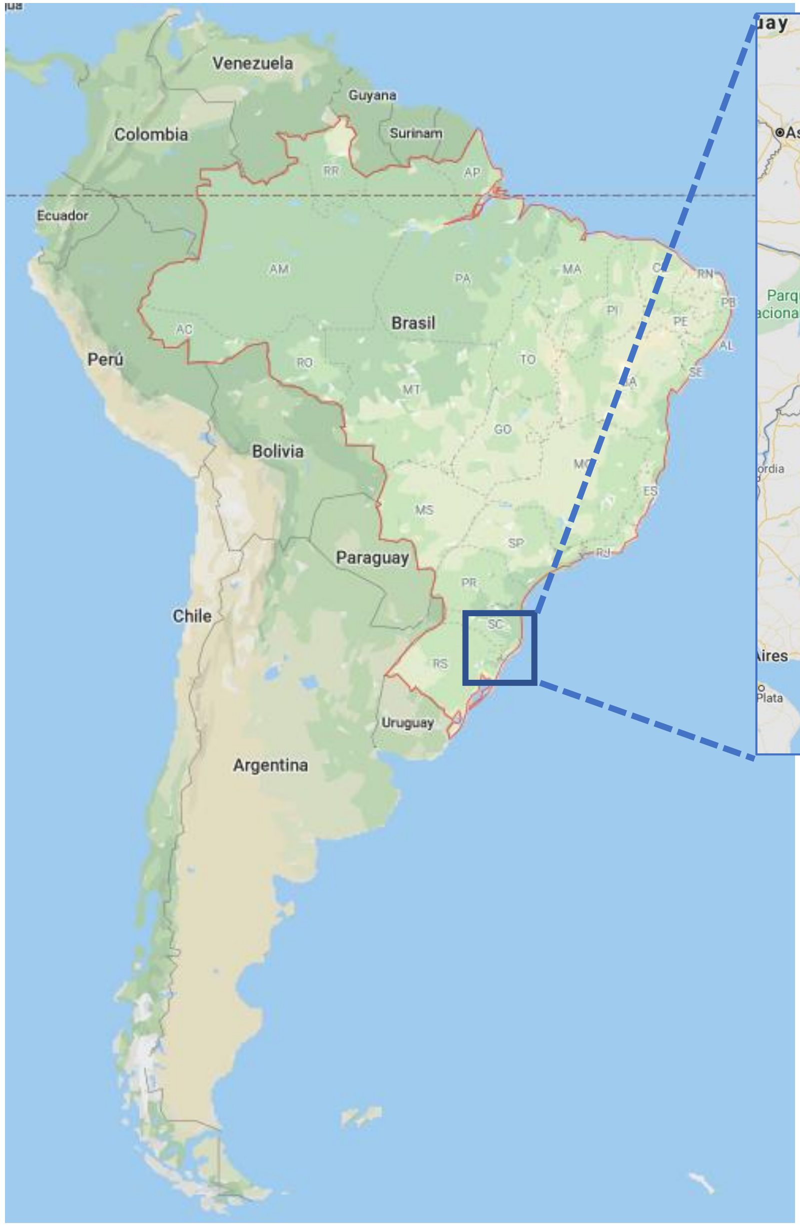
10 años de **I+D+i** para un desarrollo sostenible

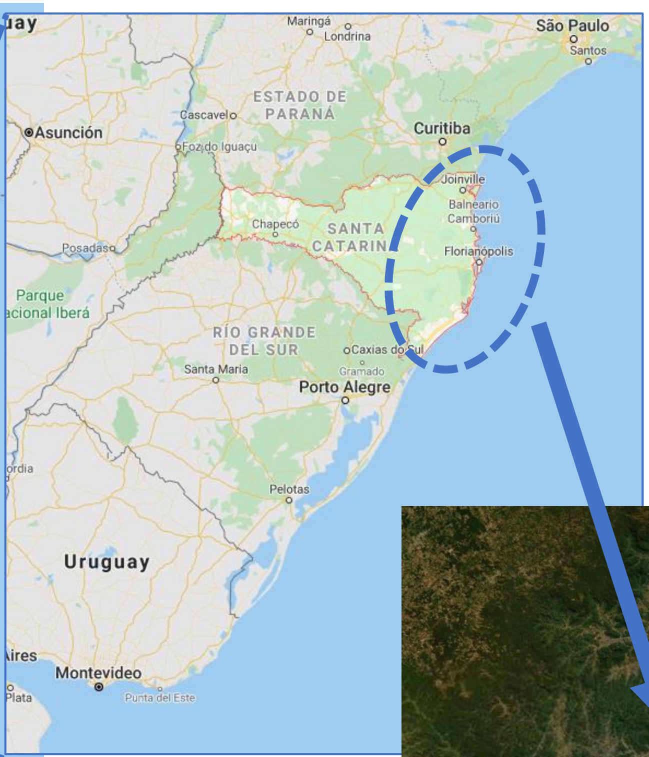
# Study site



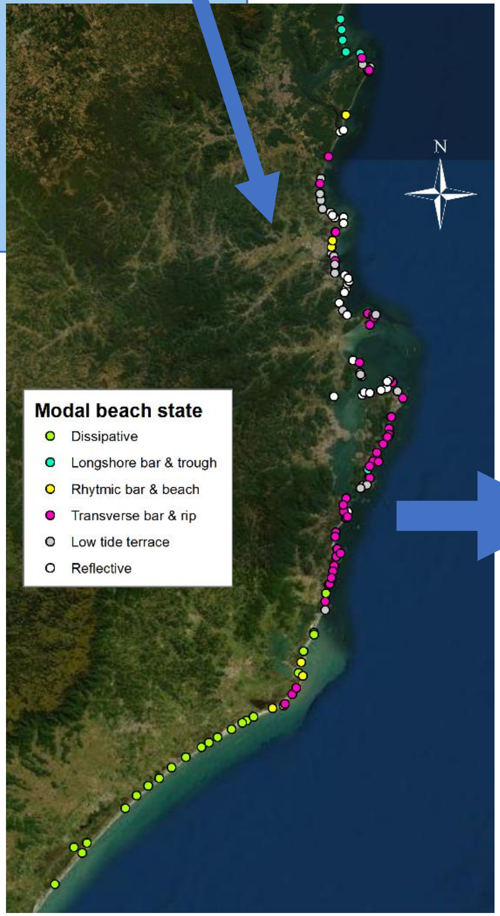

## Santa Catarina:

## *139 coastal beaches*




Source: Google maps




Source: Nomadsurfers.com

10 años de **I+D+i** para un desarrollo sostenible

# Drowning and Flags events

# Historical data

**Brazilian Life Saving Society (SOBRASA)**

**http://sobrasa.org**

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA
REGISTRO DE OCORRÊNCIAS

1. DADOS GERAIS

Data: Hora: : Município: Praia/Posto:

2. TIPO DE OCORRÊNCIA

Arrastamento | Afogamento ( ) Grau 1 ( ) Grau 2 ( ) Grau 3 ( ) Grau 4 ( ) Grau 5 ( ) Grau 6

2.1 DADOS COMPLEMENTARES DE OCORRÊNCIA (*Exclusivo para afogamento*)

| | |
|---|---|
| Afogamento com recuperação em água salgada | Afogamento seguido de morte em água salgada |
| Afogamento com recuperação em água doce | Afogamento seguido de morte em água doce |

3. DADOS DOS GUARDA-VIDAS QUE ATENDERAM A OCORRÊNCIA

| | Mtcl/CPF | Nome | | Mtcl/CPF | Nome |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | 3 | | |
| 2 | | | 4 | | |

4. DADOS DA VÍTIMA

Nome: Idade: Sexo:
Endereço:
Município: Estado: País:

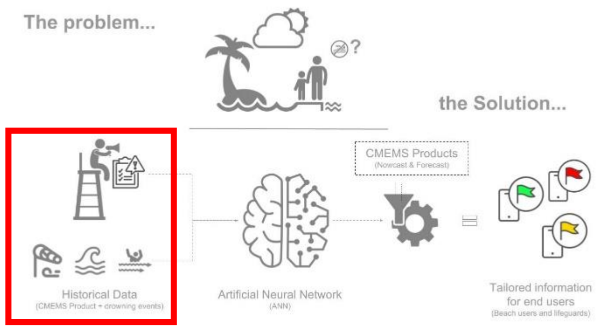
| | |
|---|---|
| **4.1** | **Familiaridade com a Praia** |
| a | Visitante Ocasional |
| b | Veranista |
| c | Morador |
| **4.2** | **Tipo de Usuário** |
| a | Banhista |
| b | Surfista |
| c | Outro |
| **4.3** | **Habilidade de Natação** |
| a | Não foi possível determinar |
| b | Não sabe nadar |
| c | Sabe nadar pouco |
| d | Sabe nadar bem |
| **4.5** | **A vítima estava sob influência de:** |
| a | Álcool |
| b | Outras drogas |
| c | Não estava sob influência de drogas |
| d | Não foi possível determinar |
| **4.4** | **Comportamento da vítima** |
| a | Manteve-se calma |
| b | Descontrolou-se |
| c | Inconsciente ou desmaiada |
| **4.6** | **Lesões associadas ao acidente** |
| a | Sem lesões |
| b | Choque Térmico |
| c | Cortes |
| d | Parada Respiratória |
| e | Câimbras |
| f | Outras |
| **4.7** | **Abordagem** |
| a | Vítima atendeu a orientação do GV |
| b | Vítima tentou agarrar o GV |
| **5** | **Dados do Resgate** |
| **5.1** | **O atendimento foi realizado** |
| a | Dentro da área patrulhada |
| b | Fora da área patrulhada |
| **5.2** | **Equipamento empregado no Resgate** |
| a | Nadadeiras / e Lancha |
| b | Life-Belt / f Boia |
| c | Prancha / g Helicóptero |
| d | Jet-ski / h Outros |
| **5.3** | **Local de ocorrência do acidente** |
| a | Antes da zona de arrebentação |
| b | Na zona de arrebentação |
| c | Depois da zona de arrebentação |
| d | No Costão |
| e | Não havia zona de arrebentação |

| | |
|---|---|
| **5.4** | **Distância do seu Posto** |
| a | ______ metros (À esquerda do Posto) |
| b | ______ metros (À direita do posto) |
| **5.5** | **Bandeira de sinalização no Posto** |
| a | Verde |
| b | Amarela |
| c | Vermelha |
| d | Não Havia |
| **5.6** | **Sinalização no local do acidente** |
| a | Bandeira vermelha de local perigoso |
| b | Bandeira vermelha e fita zebrada |
| c | Placa |
| d | Outra sinalização |
| e | Sem sinalização |
| **5.7** | **Perigos Associados ao acidente** |
| a | Corrente de retorno (boca de mar) |
| b | Correntes longitudinais (rio de praia) |
| c | Desembocadura de rios ou riacho |
| d | Próximo a estruturas rígidas |
| e | Proximidade de costões rochosos |
| f | Outros |
| g | Não Havia |
| **5.8** | **Vítima conduzida por** |
| a | Helicóptero |
| b | Veículo do CBMSC |
| c | Ambulância de outros órgãos |
| d | Outros veículos |
| e | Não conduzida |
| **6** | **Dados da Praia** |
| **6.1** | **Céu** |
| a | Limpo |
| b | Com nuvens |
| c | Nublado |
| d | Chuvoso |
| **6.2** | **Intensidade do Vento** |
| a | Ausente |
| b | Fraco |
| c | Moderado |
| d | Forte |
| e | Muito Forte |
| **6.3** | **Direção do Vento** |
| a | Leste / e Oeste |
| b | Nordeste / f Sudeste |
| c | Noroeste / g Sudoeste |
| d | Norte / h Sul |

| | |
|---|---|
| **6.4** | **Altura da onda** |
| a | 0 a 0,5 metros |
| b | 0,51 a 1,00 metros |
| c | 1,01 a 1,50 metros |
| d | 1,51 a 2,00 metros |
| e | Acima de 2,00 metros |
| **6.5** | **Tipo de Arrebentação** |
| a | Caixote |
| b | Deslizante |
| c | Sem arrebentação |
| **6.6** | **Tipo de Corrente Presente** |
| a | Sem corrente |
| b | De retorno (rip) |
| c | Longitudinal para a direita |
| d | Longitudinal para a esquerda |
| **6.7** | **Intensidade da Corrente** |
| a | Fraca |
| b | Moderada |
| c | Forte |
| d | Não havia |
| **6.8** | **Forma da Praia** |
| a | Praia rasa (sem Banco) |
| b | Praia Intermediária (Fundo irregular) |
| c | Praia de tombo |
| **6.9** | **Temperatura da água (°C) (temperatura real verificada no momento da ocorrência)** |
| a | ______ °C |
| b | Não verificado |
| **6.10** | **Quantidade de pessoas por Km/linear** |
| a | Até 500 pessoas |
| b | 501 a 1000 pessoas |
| c | 1001 a 1500 pessoas |
| d | 1501 a 2000 pessoas |
| e | 2001 a 2500 pessoas |
| f | 2501 a 3000 pessoas |
| g | 3001 a 3500 pessoas |
| H | Acima de 3500 pessoas |

**Guarda-vidas que Preencheu a ficha**

**Possui histórico da ocorrência**
Sim (no verso) | Não




Drowning database contains 52.712 records from January 2001 to May 2019

Flags database contains 79.487 records from November 2016 to July 2019

## Metocean conditions

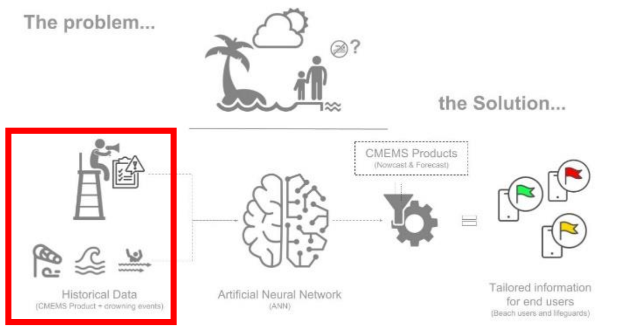
- **ERA 5 – C3S** ➔ *Wind*
- **GLOBAL_REANALYSIS_PHY_001_030 (CMEMS)** ➔ *Currents*
- **TPXO** ➔ *Water Level*
- **GLOBAL_REANALYSIS_WAV_001_032** ➔ *Waves*

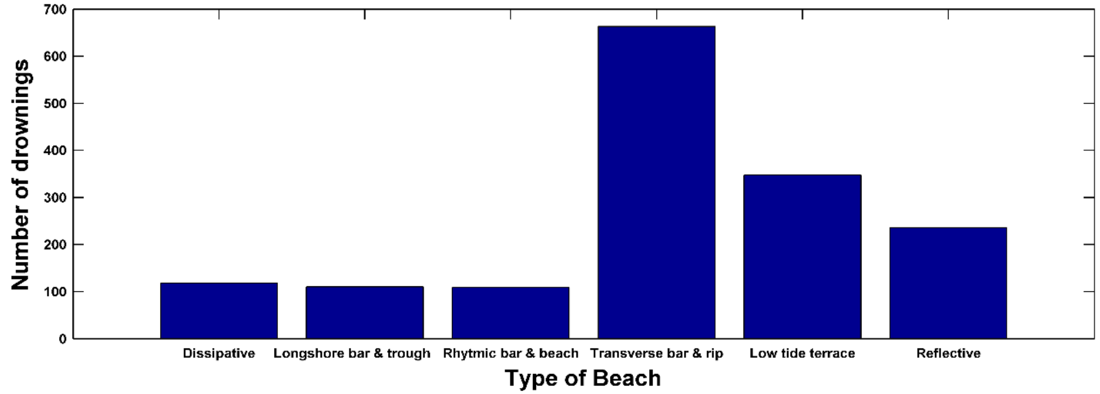
# Cross-cutting analysis

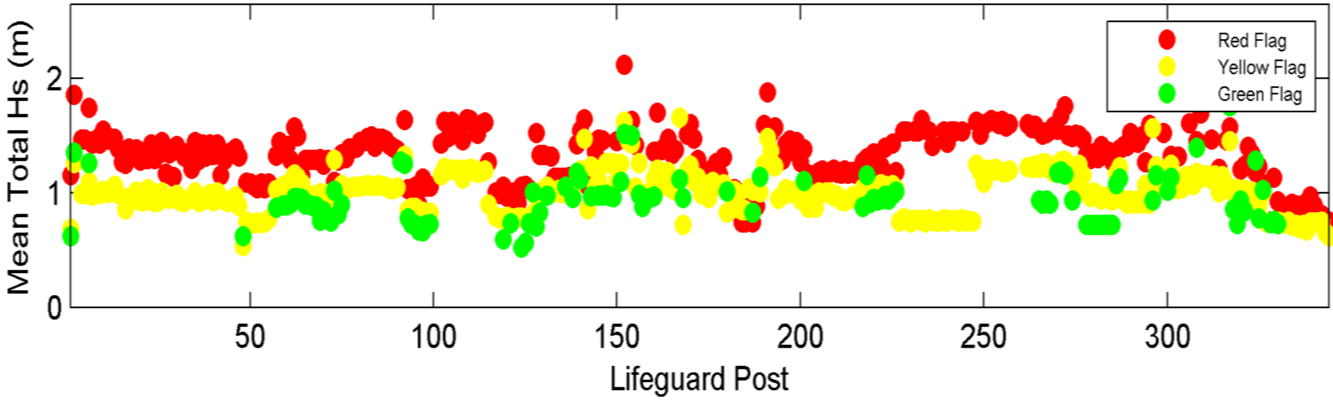
## Beach characterization

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s \cdot T} \qquad RTR = \frac{M}{H_b}$$

| Modal state | Percentage of Santa Catarina's beaches |
|---|---|
| Dissipative | 17.05 % |
| Longshore bar & trough | 4.66 % |
| Rhytmic bar & beach | 5.43 % |
| Transverse bar & rip | 34.1 % |
| Low tide terrace | 18.6 % |
| Reflective | 20.16 % |




## Cross analysis: Beach type-Forcings-Flags

→ **Non-linear correlation higher than linear correlation between variables** → **ANN**

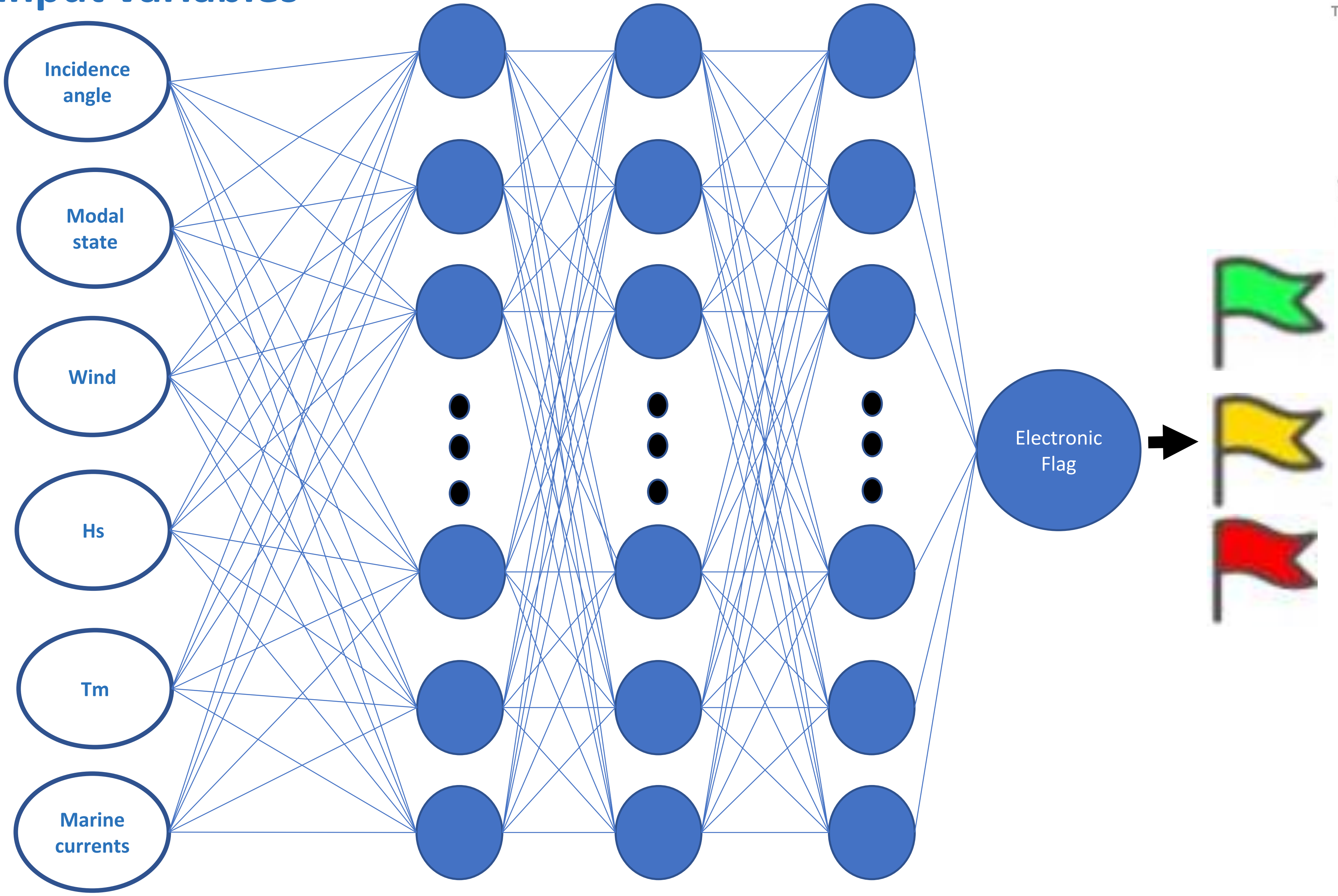
- **Hs**
- **Tm**
- **Incidence wave angle**
- **Wind**
- **Marine Current**
- **Beach modal state**

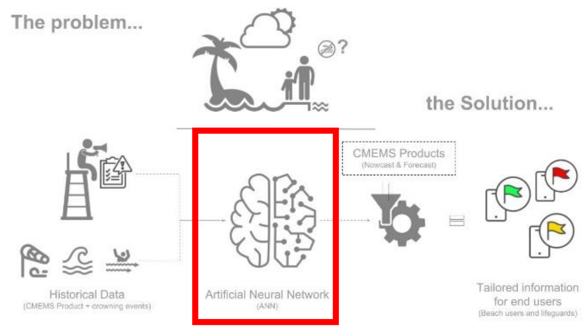
# ANN development

10 años de **I+D+i** para un desarrollo sostenible

## Categorical input variables

**3 Hidden layers (48,24,24)**



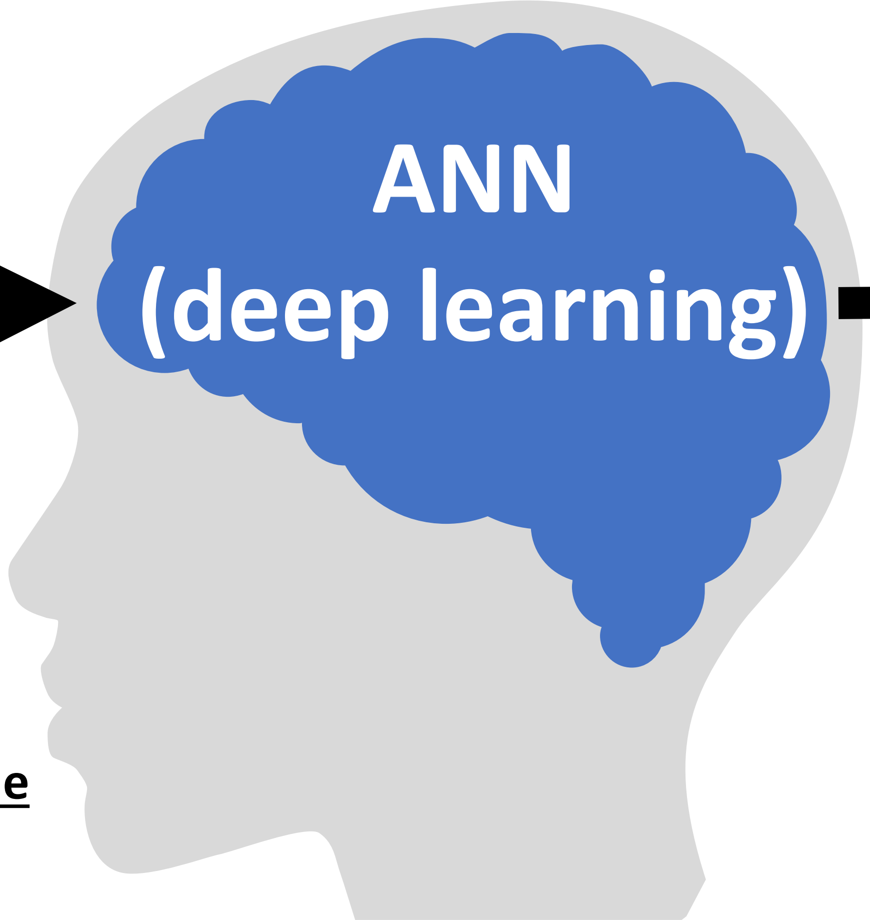



10 años de **I+D+i** para un desarrollo sostenible

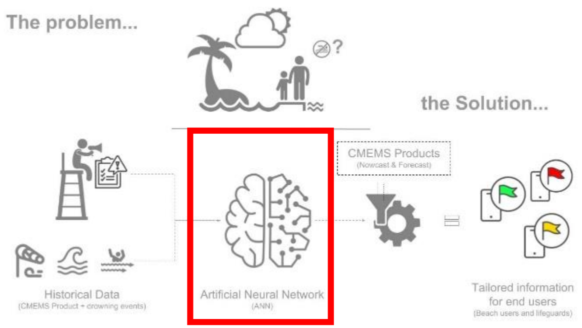
# ANN results

**Input training data**

**Hs**
**Tm**
**Incidence angle**
**Beach modal state**
**Wind**
**Marine currents**




**Results**
**(Electronic Flag)**




**BIAS score: 1.03**

**Hit rate: 0.87**

**Success index: 0.81**

## Contigency table

| | | Observed Exceedances | | |
|---|---|---|---|---|
| | | yes | no | |
| Predicted Exceedances | yes | Hits | False alarms | Predicted yes |
| | no | Misses | Correct negatives | Predicted no |
| | | Observed yes | Observed no | Total |

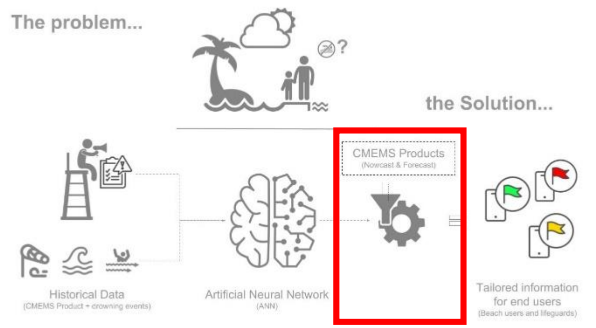
## Error metrics

| Metric | Formula | Range of values | Ideal value | Notes |
|---|---|---|---|---|
| Bias score (frequency bias) | $\frac{Hits + False\ alarms}{Hits + Misses}$ | 0-∞ | 1 | Indicates if the model tends to under- (<1) or over- (>1) estimate. |
| Hit rate (Probability of detection) | $\frac{Hits}{Hits + Misses}$ | 0-1 | 1 | Sensitive to hits but ignores false alarms. Good for rare events. |
| Success index | $\frac{1}{2} \cdot \left[\frac{Hits}{Hits + Misses} + \frac{Correct\ negatives}{Total}\right]$ | 0-1 | 1 | Weights equally the ability of the model to correctly detect occurrences and non-occurrences of events. |

# CMEMS products

## Nowcast and forecast

| Forecast metocean variables | | |
|---|---|---|
| Type | Variables | Product – Provider |
| Waves | Significant total weight Hs | GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_WAV_001_027 – CMEMS |
| | Mean wave period Tm | |
| | Direction of waves | |
| Water level | Water level variation | GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 – CMEMS |
| Currents | Magnitude of marine currents | |

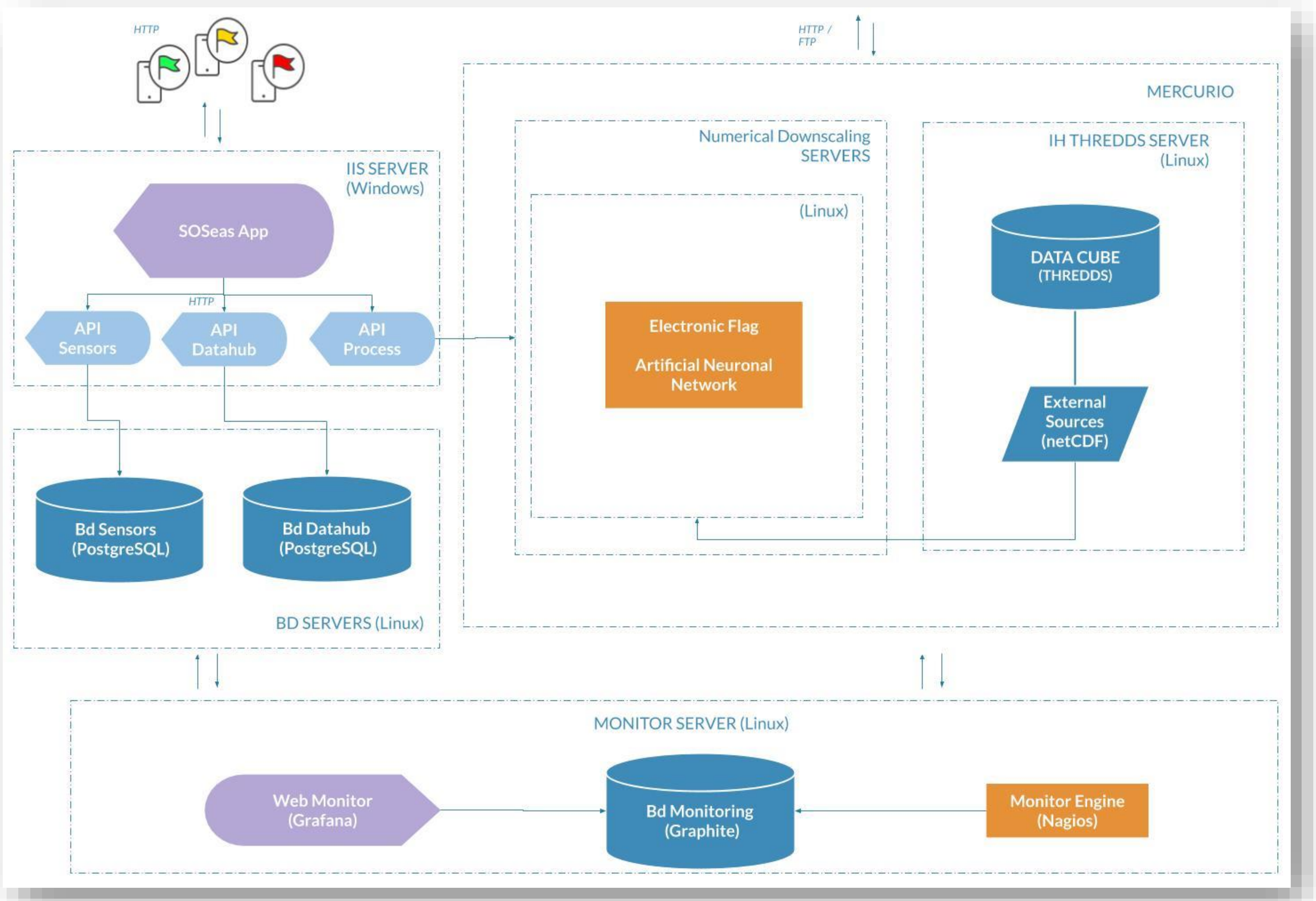




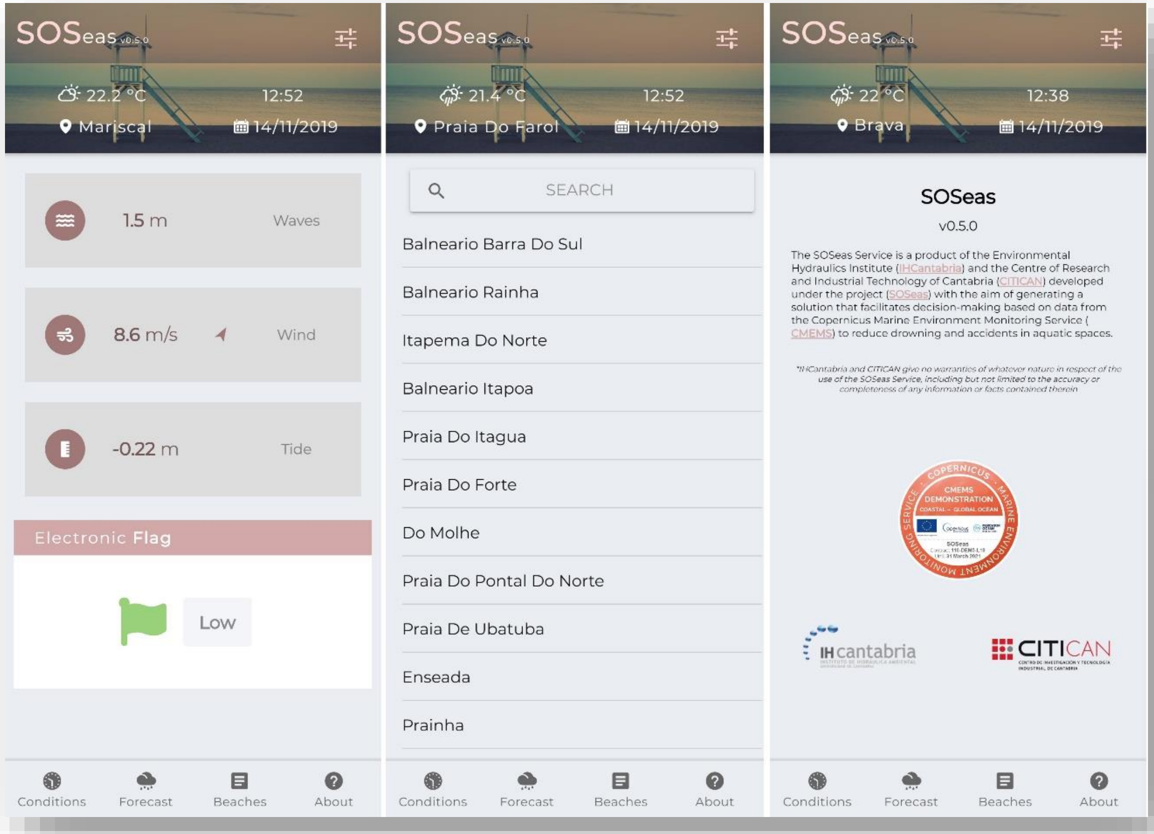
## And also...

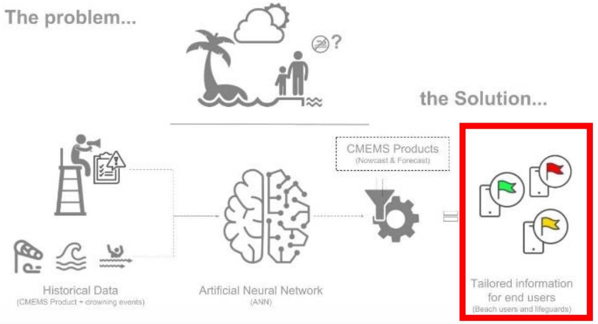
| Forecast metocean variables | | |
|---|---|---|
| Type | Variables | Product – Provider |
| Wind | Magnitude of wind velocity | Global Forecast System (GFS) – NOAA |
| | Direction of winds | |

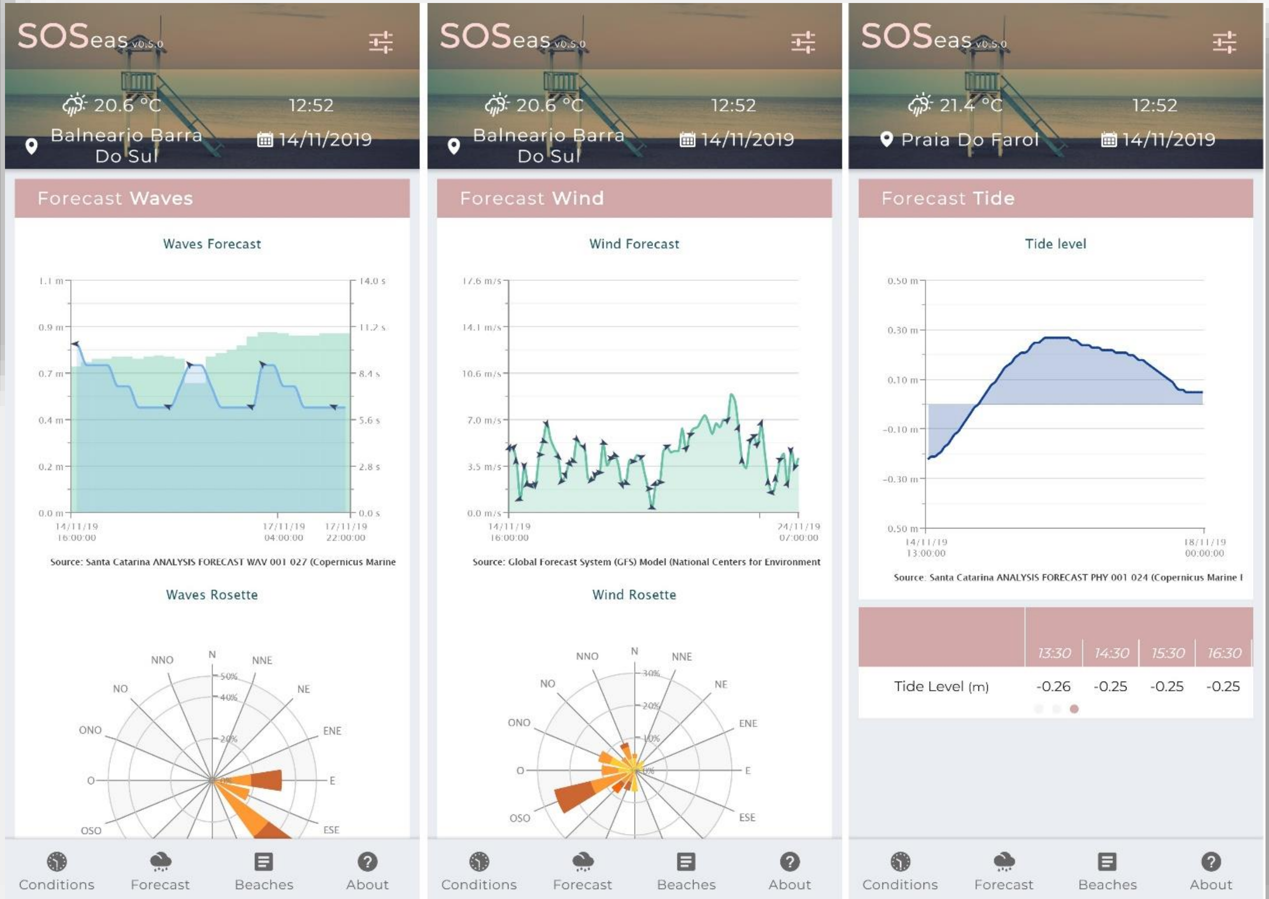
# SOSeas Architecture



# SOSeas App


SOSeas v0.5.0
22.2 °C
12:52
Mariscal
14/11/2019
1.5 m
Waves
8.6 m/s
Wind
-0.22 m
Tide
Electronic Flag
Low
Conditions
Forecast
Beaches
About
SOSeas v0.5.0
21.4 °C
12:52
Praia Do Farol
14/11/2019
SEARCH
Balneario Barra Do Sul
Balneario Rainha
Itapema Do Norte
Balneario Itapoa
Praia Do Itagua
Praia Do Forte
Do Molhe
Praia Do Pontal Do Norte
Praia De Ubatuba
Enseada
Prainha
SOSeas v0.5.0
22 °C
12:38
Brava
14/11/2019
SOSeas
v0.5.0
The SOSeas Service is a product of the Environmental Hydraulics Institute (IHCantabria) and the Centre of Research and Industrial Technology of Cantabria (CITICAN) developed under the project (SOSeas) with the aim of generating a solution that facilitates decision-making based on data from the Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) to reduce drowning and accidents in aquatic spaces.
IHcantabria
CITICAN


The problem...
the Solution...
CMEMS Products
Historical Data
Artificial Neural Network
Tailored information for end users


SOSeas v0.5.0
20.6 °C
12:52
Balneario Barra Do Sul
14/11/2019
Forecast Waves
Waves Forecast
Waves Rosette
Forecast Wind
Wind Forecast
Wind Rosette
21.4 °C
Praia Do Farol
Forecast Tide
Tide level
13:30
14:30
15:30
16:30
Tide Level (m)
-0.26
-0.25
-0.25
-0.25
Conditions
Forecast
Beaches
About

# Conclusions

- A cross-reference analysis between historical flag events and metocean conditions (CMES Products) finding a non-linear relationship → Starting point of ANN application

- An ANN has been developed based on deep learning to predict electronic flag using CMES products.

- Operational system SOSeas has been released integrating the developed ANN and the metocean conditions (real time and forecasting CMEMS products) to provided tailored information about the dynamic risk on beaches based on electronic flag criteria

- SOSeas tool is available at Santa Catarina beaches (Brazil) and fully scalable to any worldwide beach

# SOSeas: An assesSment tOol for predicting the dynamic riSk of drowning on bEAcheS

COPERNICUS MARINE ENVIRONMENT MONITORING SERVICE
CMEMS DEMONSTRATION
COASTAL – GLOBAL OCEAN
SOSeas
Contract 110-DEM5-L10
Until 31 March 2021

## Thank you for your attention


http://www.ihcantabria.com

@ihcantabria

garciajav@unican.es