

*Mesa de Debate sobre o processo
de gerenciamento de recursos
hídricos e a consideração do tema
Mudanças Climáticas no âmbito do
PNRH 2022-2040*

Eduardo Sávio Martins
FUNCEME



Diálogos sobre Segurança Hídrica

Cenários para o Brasil em Mudanças Climáticas

Painelista: Prof. Dr. [Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins](#)

O palestrante discutirá a variabilidade climática com foco no passado recente, abordará, os cenários para mudanças de clima e seus impactos para o setor de recursos hídricos. As possíveis estratégias de adaptação para o setor e as implicações para programas de infraestrutura serão explicadas a partir de um apanhado dos principais resultados de estudos.



Sexta-feira, dia 21/08/2020
das 14h às 15h

SECRETARIA NACIONAL DE
SEGURANÇA HÍDRICA

MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL



SUMÁRIO

O CLIMA PRESENTE

AVALIAÇÕES DE IMPACTOS

DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS

CENÁRIOS DE ÁGUA NO FUTURO

RESULTADOS DE ALGUNS ESTUDOS

ADAPTAÇÃO

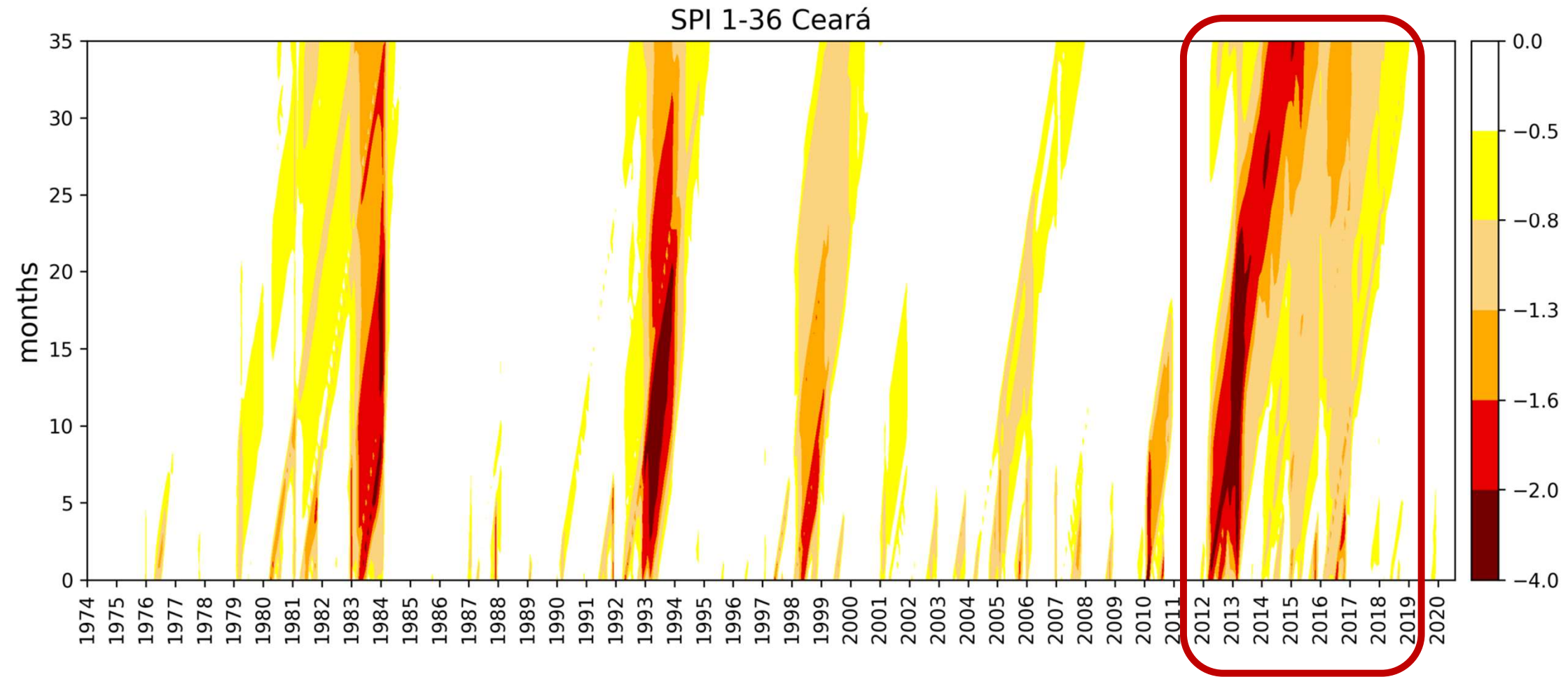
**DIFICULDADES EM LIDAR COM CRISES
HÍDRICAS NO BRASIL**

**RESPOSTAS GOVERNAMENTAIS À
VARIABILIDADE CLIMÁTICA**

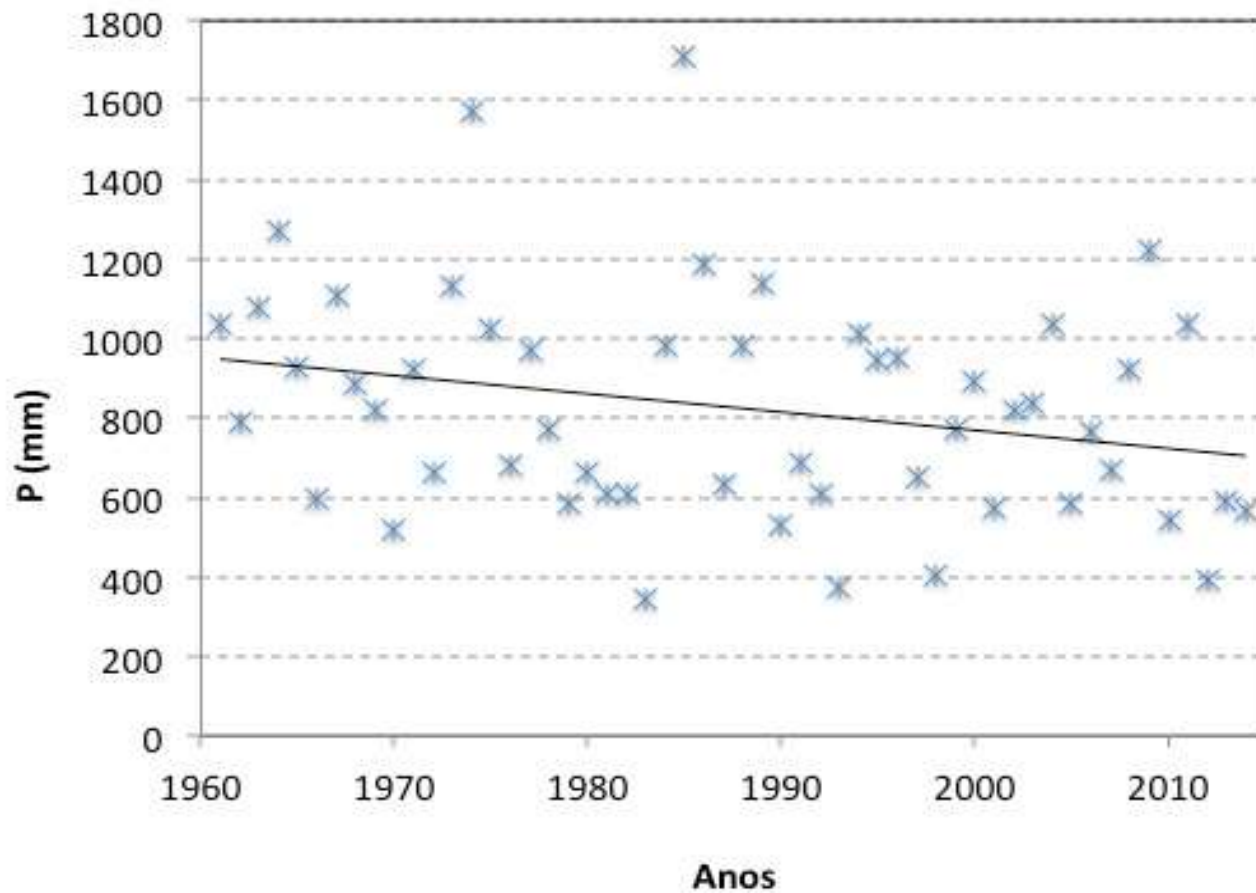
**O TERRITÓRIO RESPONDENDO AO
CLIMA**

**IMPLICAÇÕES PARA PROGRAMAS DE
INFRAESTRUTURA**

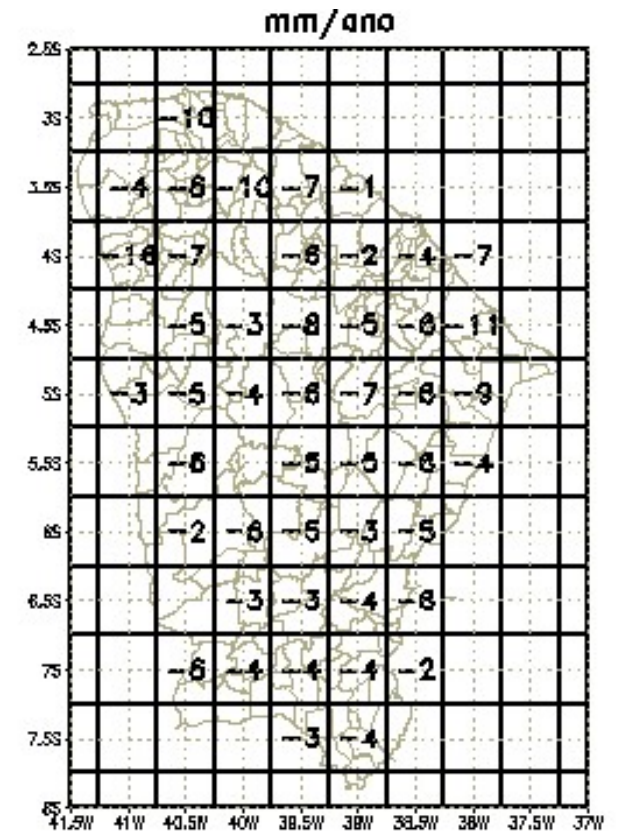
Contexto



Contexto



1961 – 2014: Redução ~ 250,0 mm



Contexto



1963 – 2014: Aumento ~ 1,3 °C

Tempo de Recorrência – Duração & Severidade

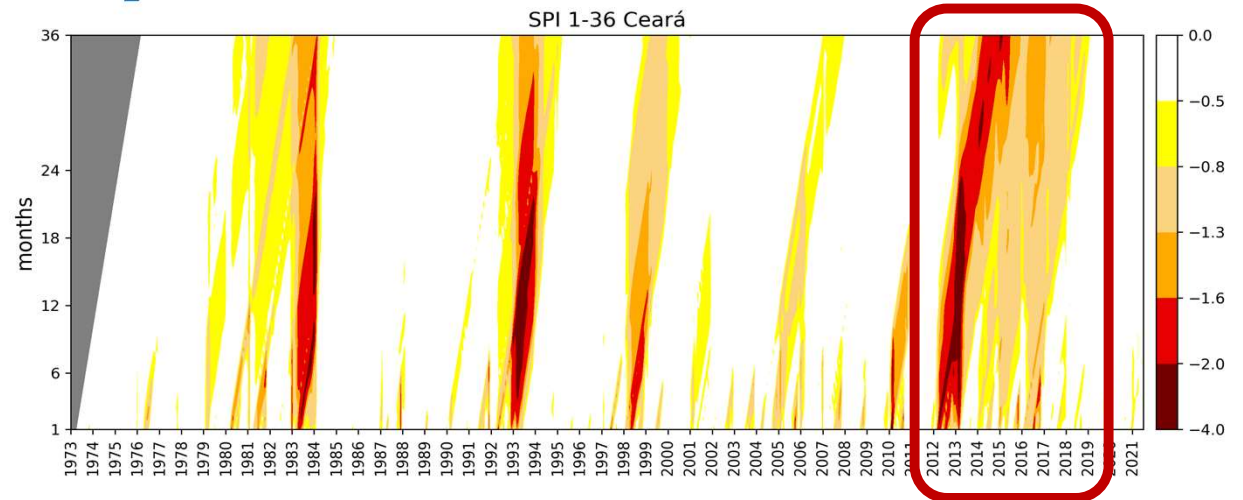
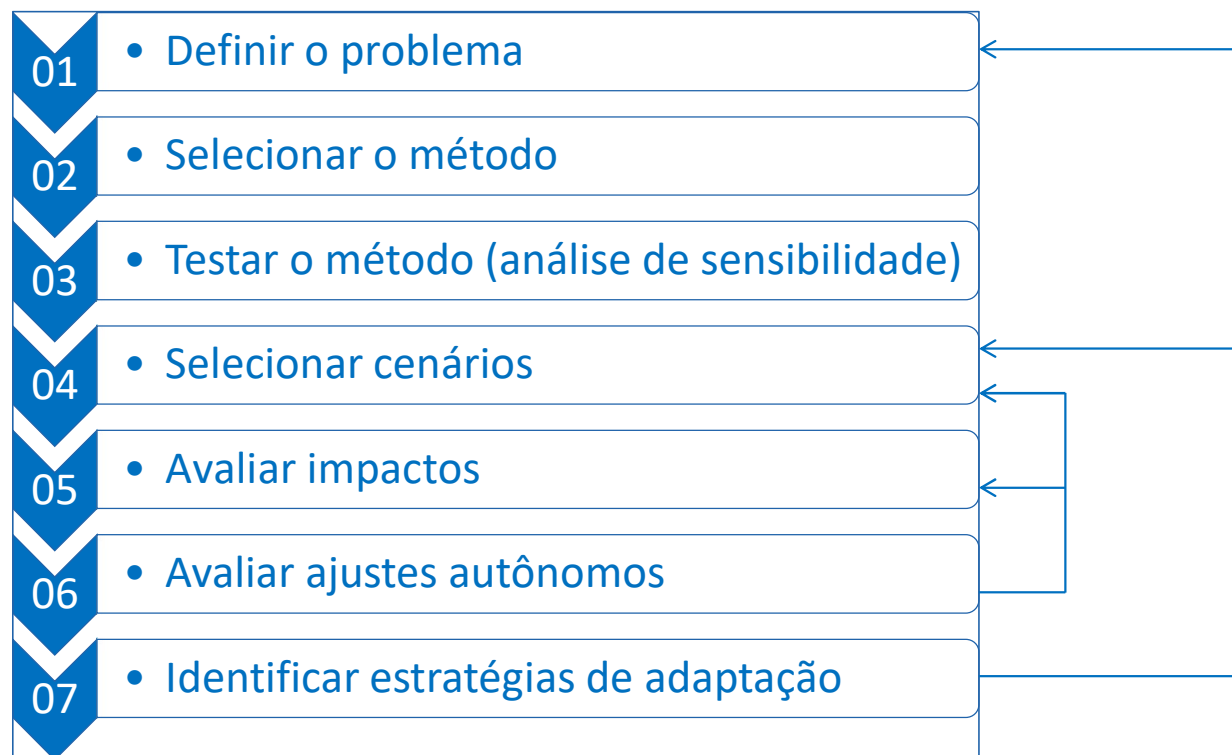


Table 3. Description of the 2012 onset drought event for each hydrographic region. The univariate return period (years) of drought duration (T_D) and severity (T_S), and the bivariate T_{DorS} and $T_{D\&S}$ return periods (years).

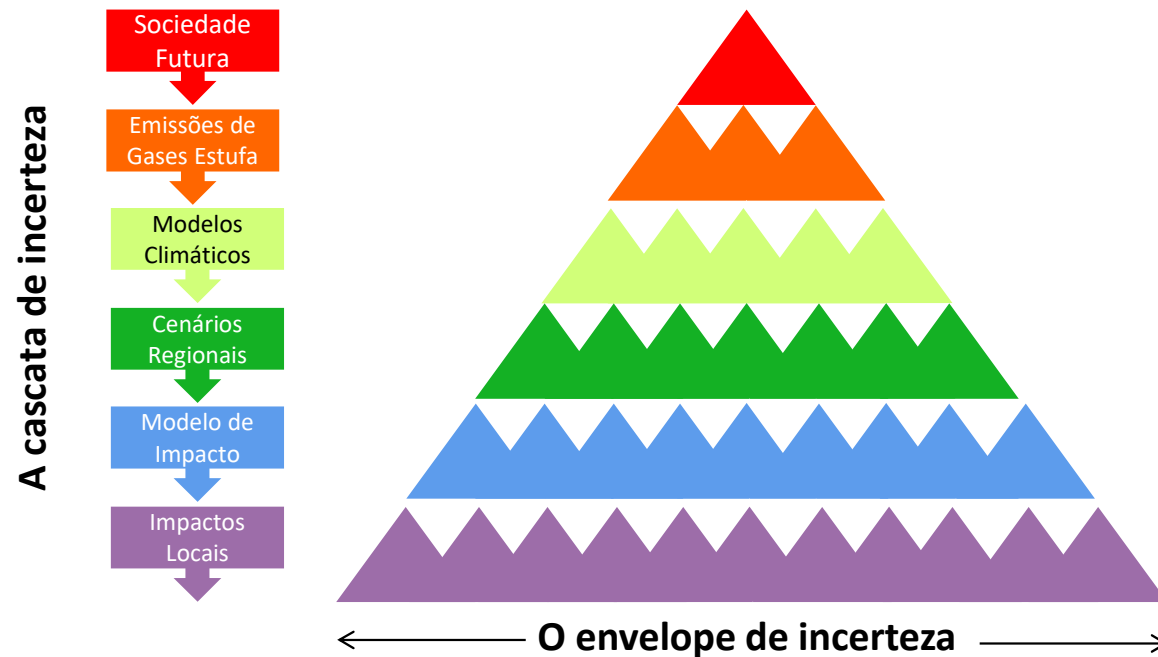
Hydrographic Region	Drought Period	T_D	T_S	T_{DorS}	$T_{D\&S}$	Rank in the Set of Events		
						Duration	Severity	Joint
HR01	2012–2016	113	88	72	155	2	1	2
HR02	2012–2016	106	56	52	124	3	3	3
HR03	2012–2016	115	94	77	157	3	1	3
HR04	2012–2017	206	141	131	234	1	1	1
HR05	2012–2017	223	254	191	313	1	1	1
HR06	2012–2016	106	73	63	136	3	1	3
HR07	2012–2018	465	117	115	499	1	1	1
HR08	2012–2018	106	165	98	188	2	1	2
HR09	2012–2017	111	168	102	193	1	1	1
HR10	2012–2018	161	136	112	215	1	1	1
HR11	2012–2018	160	275	150	309	1	1	1
HR12	2012–2018	152	119	110	171	1	1	1

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS



(Carter *et al.*, 1994; IPCC, 2001; Parry & Carter, 1998).

A CASCATA DE INCERTEZA



Uma cascata de incerteza provém de diferentes percursos sócio-econômicos e demográficos, a sua tradução em concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera (GEE), expressa resultados climáticos em modelos globais e regionais, a tradução para os impactos locais sobre os sistemas naturais e humanos, e as respostas de adaptação implícitas (Wilby & Dessai, 2010).

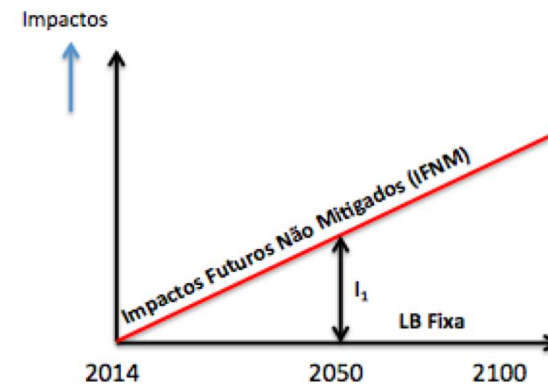
DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS

- ❖ O processo de desenvolvimento de cenários em três etapas (Ver Figura 2.8 a seguir, adaptada de Parry & Carter, 1998):
- ❖ Desenvolver linhas de base que descrevam as condições climatológicas, sócioeconômicas e ambientais atuais;
- ❖ Projetar as mudanças futuras nos sistemas sócioeconômicos e ambientais para a região de estudo na ausência de mudanças climáticas;
- ❖ Construir cenários futuros para os sistemas sócioeconômicos e ambientais que sejam consistentes com os cenários de clima futuro.
 - ❖ Esta etapa é um desafio, principalmente quando os horizontes são muito distantes do presente. Neste caso, é quase certo que as incertezas nos cenários futuros destes dois sistemas, sócioeconômicos e ambientais, dominem aquelas associadas aos cenários futuros de clima.

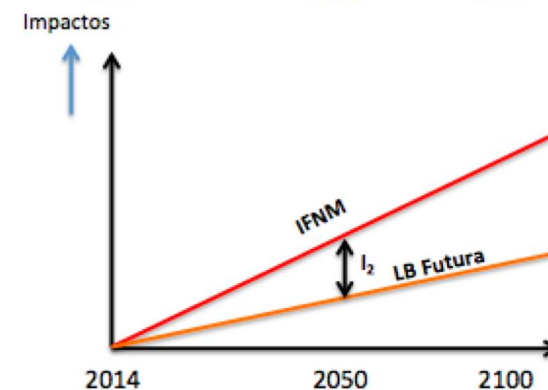
DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS

Linhas de Base para Avaliação de Impactos às Mudanças de Clima (Adaptado de Parry & Carter, 1998).

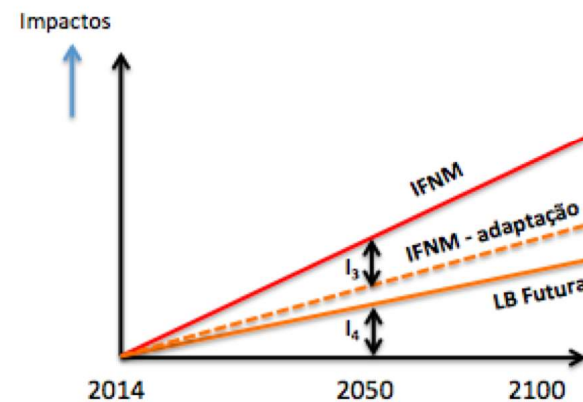
(a) Impactos das mudanças climáticas relativas à Linha de Base Fixa (LB Fixa): I_1 .



(b) Impactos das mudanças climáticas relativas à Linha de Base Futura (LB Futura): I_2 .



(c) Impactos das mudanças climáticas relativos à Linha de Base Futura com Adaptação (IFNM - Adaptação): I_3 .



DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS

Uma alternativa de cenarização neste contexto seria a combinação dos cenários de clima e demanda conforme a Tabela a seguir. Nesta tabela, o clima presente é representado pelo símbolo ☉, o futuro por ☼, enquanto que a demanda presente pelo símbolo ❖ e a futura por ◆. Usando esta simbologia tem-se para cada cenário de clima futuro: Linha de Base Presente ou Fixa (☉❖), Linha de Base Futura (☉◆), Linha de Impactos Futuros Não Mitigados (IFNM) (☼◆).

Exemplo de Cenarização de Clima e Demanda (ou sócio-econômica) em Estudos de Impactos das Mudanças de Clima sobre o Setor de Recursos Hídricos.

Demanda	CLIMA				
	Presente (☉)	Futuro (☼)			
	(1971-2000) C ₀	RCP 3,0 C ₁	RCP 4,5 C ₂	RCP 6,0 C ₃	RCP 8,5 C ₄
D ₀ (❖)	☉❖	☼❖	☼❖	☼❖	☼❖
D ₁ (◆)	☉◆	☼◆	☼◆	☼◆	☼◆
D ₂ (◆)	☉◆	☼◆	☼◆	☼◆	☼◆

DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS

A LINHA DE BASE ATUAL - O PRESENTE (1981-2010)

- ❖ Climatológica (1961-1990; SMN 1979-2008; CRU TS v. 3.22: 1901-2013; 0,5°)
- ❖ Ambiental
- ❖ Sócio-econômica

HORIZONTE DAS PROJEÇÕES/RECORTE ESPACIAL

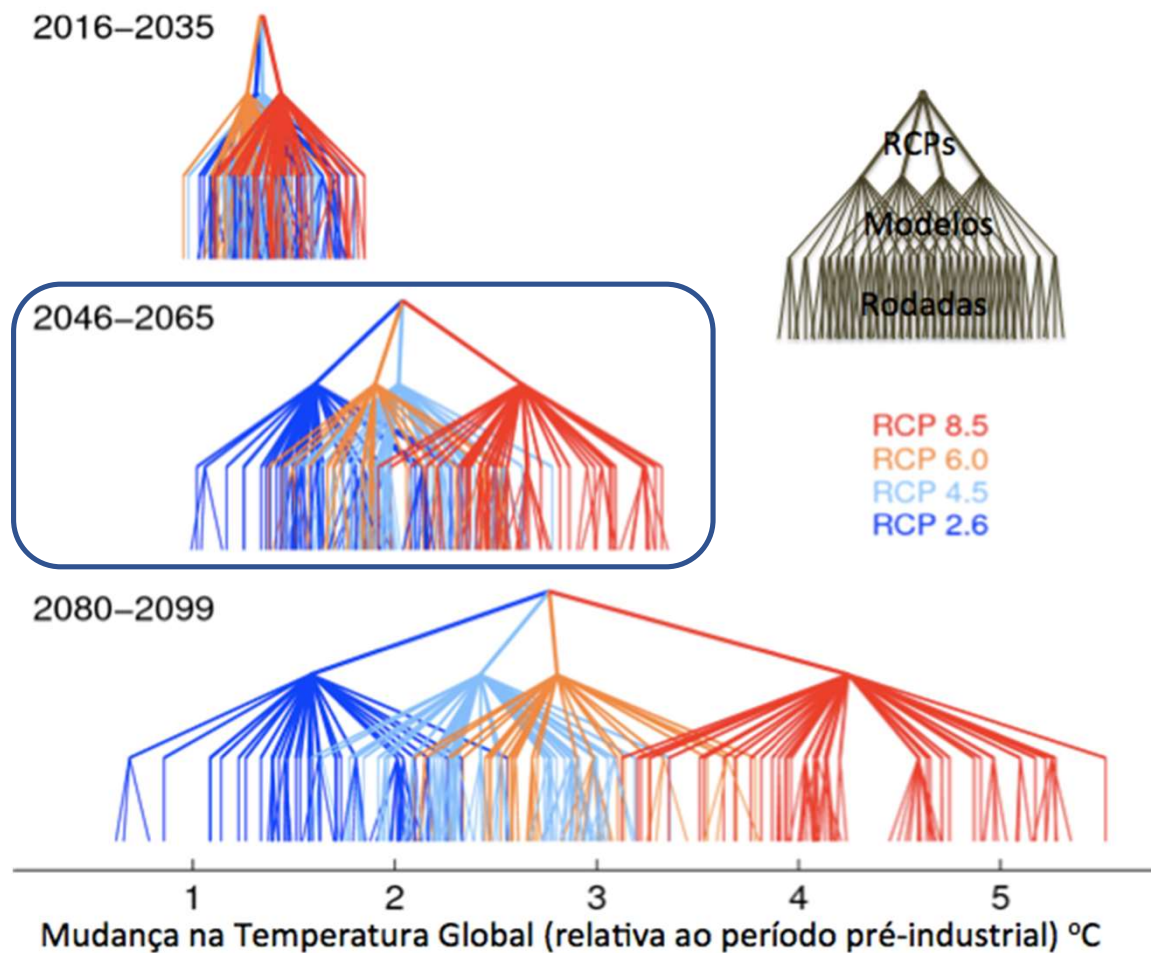
- ❖ Horizonte: 2041-2070
- ❖ Estudos Regionais/Locais

PROJETANDO AS TENDÊNCIAS AMBIENTAIS E SÓCIO-ECONÔMICAS NA AUSÊNCIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - A LINHA DE BASE FUTURA

DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS

'CASCATA' DE INCERTEZA NO CMIP5

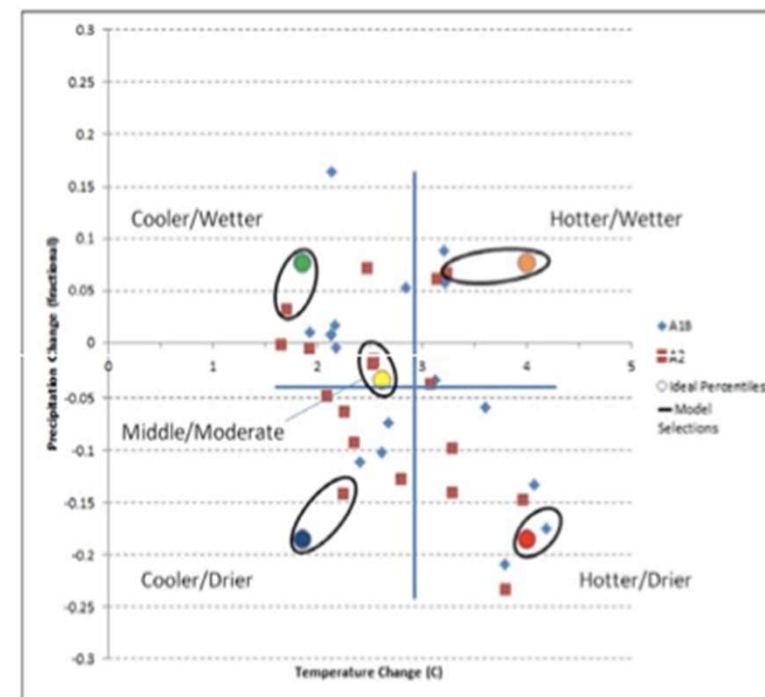
CENÁRIOS CLIMÁTICOS E SUA SELEÇÃO - CLIMA FUTURO



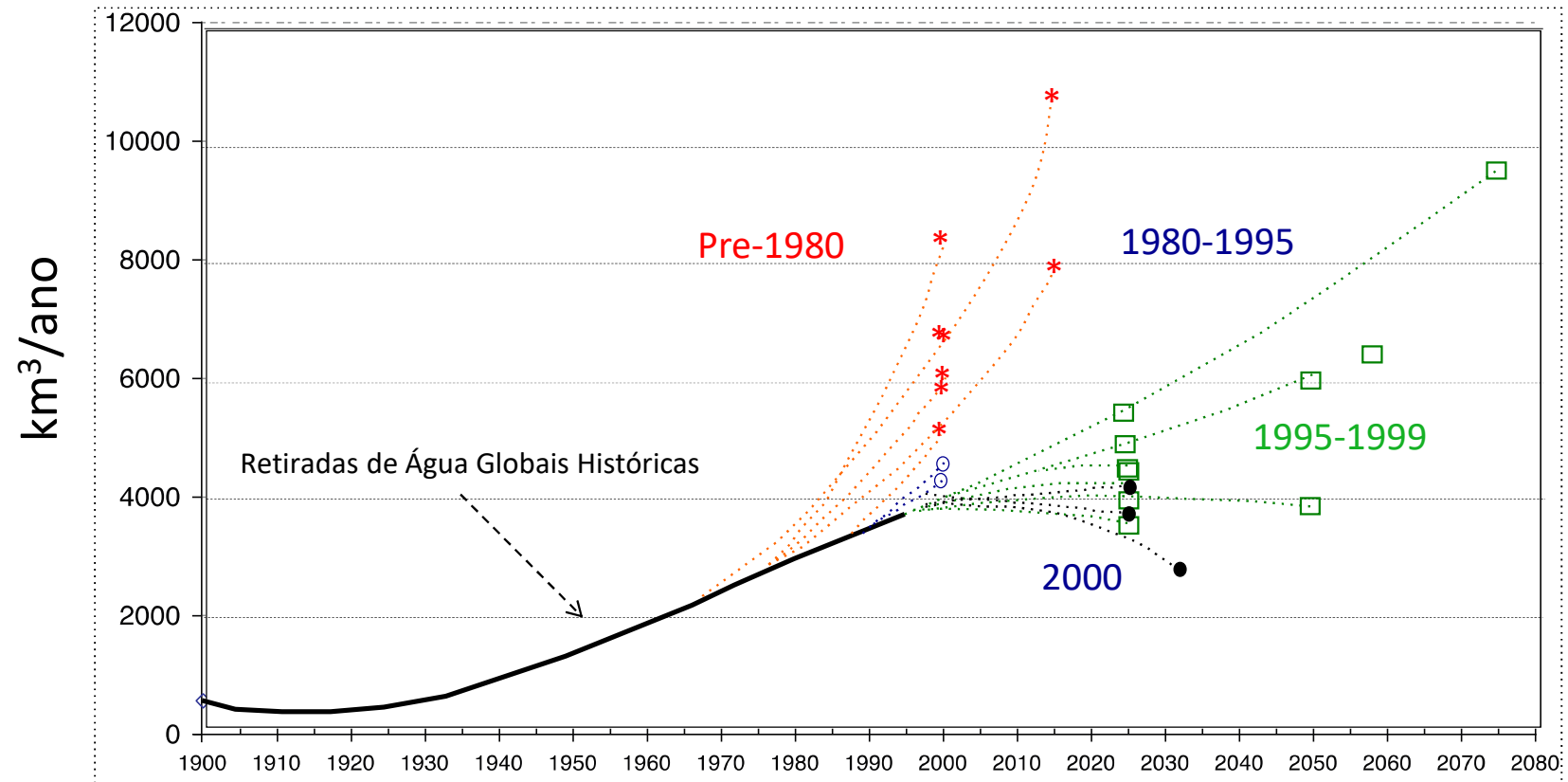
DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS

CENÁRIOS CLIMÁTICOS E SUA SELEÇÃO - O CLIMA FUTURO

- ❖ A Escolha dos Modelos Climáticos Globais para a Cenarização (Métricas RSME, Correlação avaliado no experimento histórico do CMIP5)
- ❖ Cenários Climáticos baseados em Modelos de Circulação Global
 - ❖ *Fator de Mudança ou Abordagem Delta de Variação*
- ❖ *Normalização de Padrões (Pattern-Scaling)*
- ❖ *Regionalização Climática (Estatística ou Dinâmica)*



CENÁRIOS DE ÁGUA NO FUTURO



CENÁRIOS DE ÁGUA NO FUTURO

Cenários de Água Positivos. Para gerar este tipo de cenarização pode-se modificar:

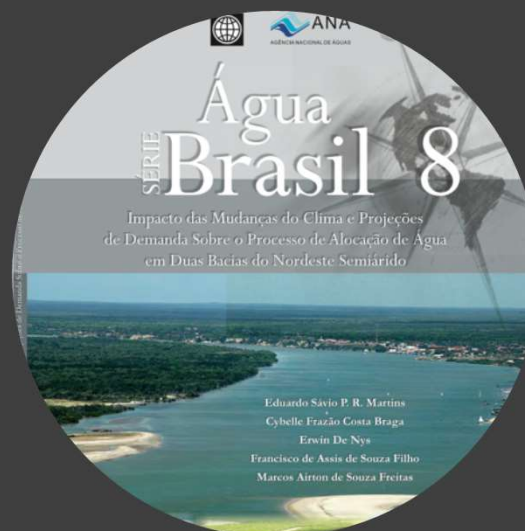
- ❖ As suposições das principais forçantes; ou
- ❖ Os coeficientes de uso da água referentes à produção de bens e serviços, especialmente na indústria e agricultura, por unidade de água.

Backcasting: Futuros desejados são descritos e os caminhos de volta do futuro ao presente são explorados (Phdungsilp, 2011).

Fonte: Gulbekian Think Tank, 2014

Plano de Adaptação Climática do Estado do Rio de Janeiro

Relatório Final



ALGUNS ESTUDOS



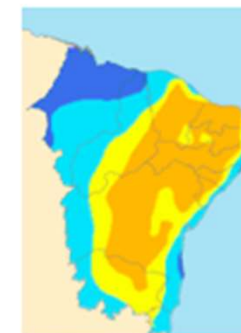
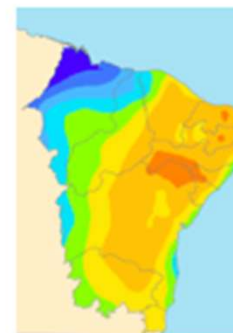
RESULTADOS DE ALGUNS ESTUDOS

A2: 2041-2070

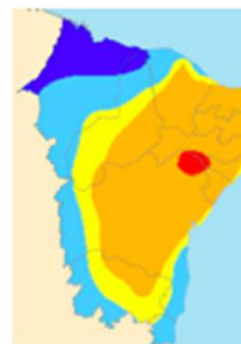
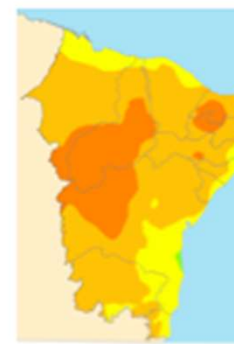
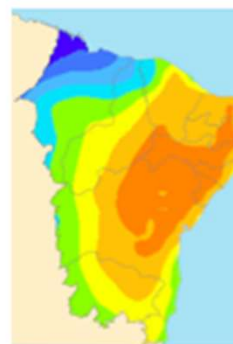


Precipitação: 0 - 300 mm; 300 - 600 mm; 600 - 900 mm; 900 - 1200 mm; 1200 - 1500 mm; 1500 - 1800 mm; 1800 - 2100 mm; 2100 - 2400 mm; > 2400 mm.
Evapotranspiração Potencial: 1300 - 1500 mm; 1500 - 1700 mm; 1700 - 1900 mm; 1900 - 2100 mm; > 2100 mm.
Índice de Aridez: Árido 0,05 - 0,20; Semi-árido 0,20 - 0,50; Sub-úmido Seco 0,50 - 0,65; Sub-úmido Úmido 0,65 - 1,00 e Úmido > 1,00.

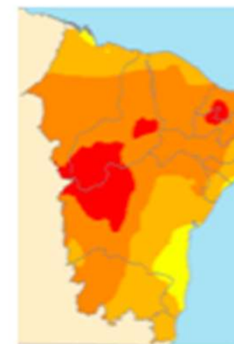
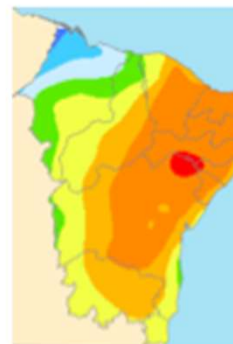
B C M 2



I N C M 3



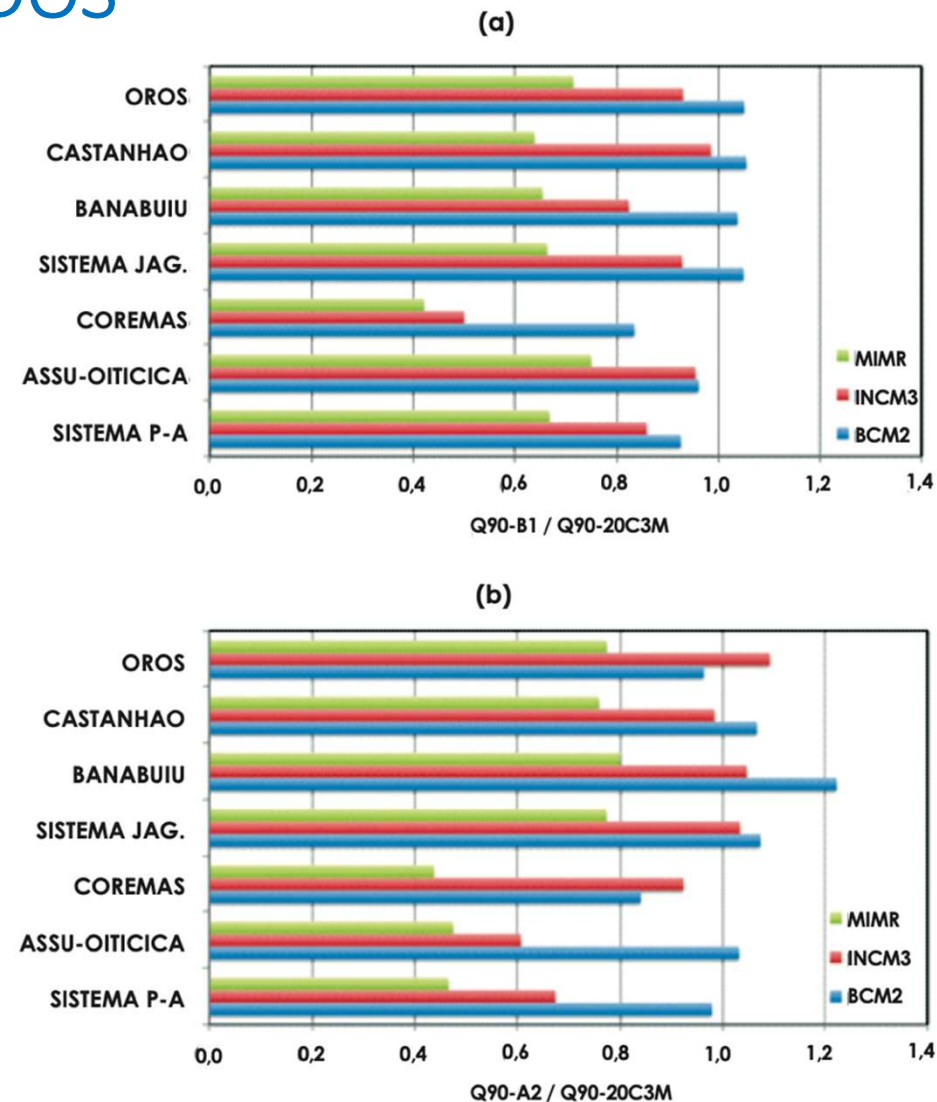
M I M R



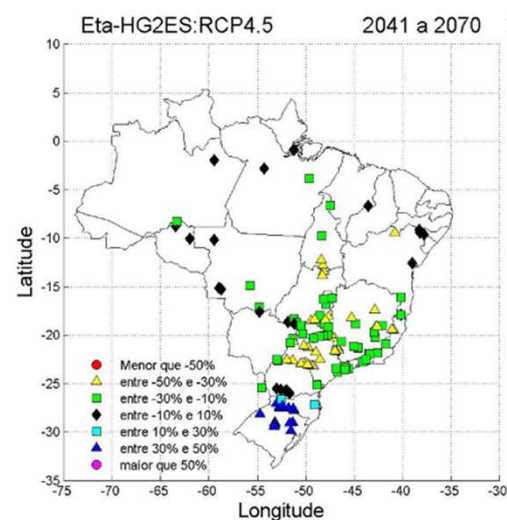
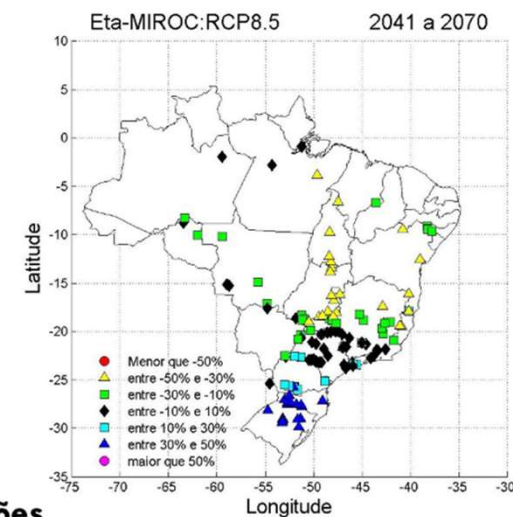
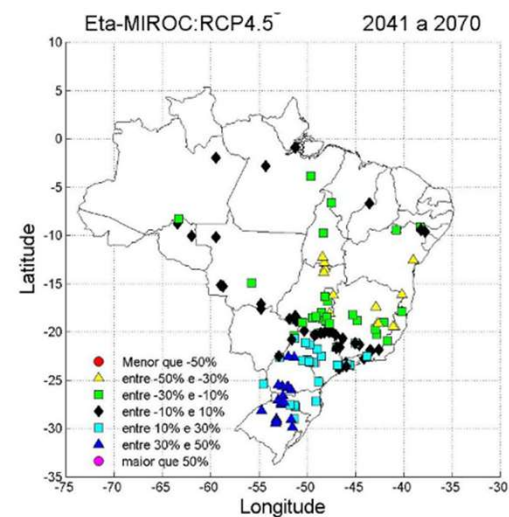
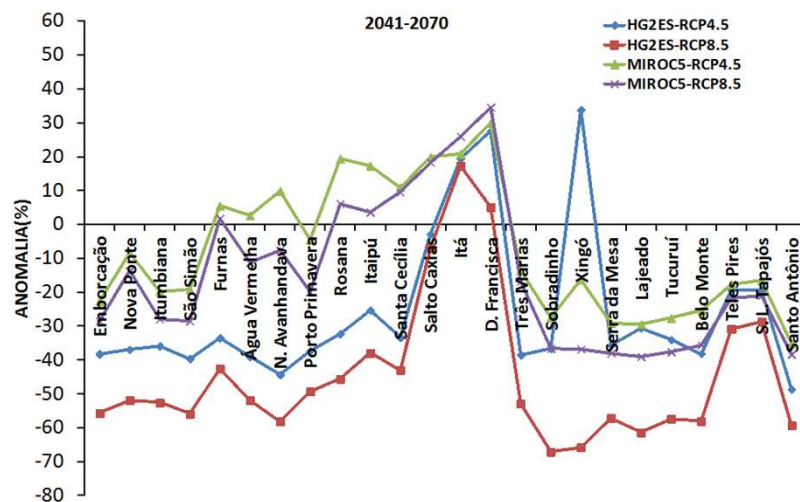
RESULTADOS DE ALGUNS ESTUDOS



Razão entre a vazão com 90% de garantia dos cenários futuros (a) B1 (Q90-B1) e (b) A2 (Q90-A2) e a vazão com 90% de garantia dos período de referência de cada modelo (Q90-20C3M).

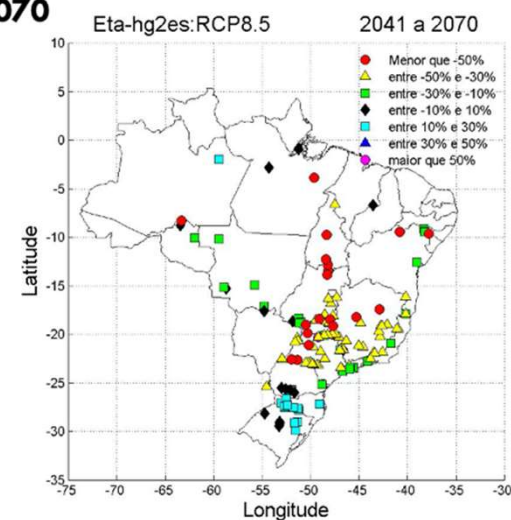


RESULTADOS DE ALGUNS ESTUDOS

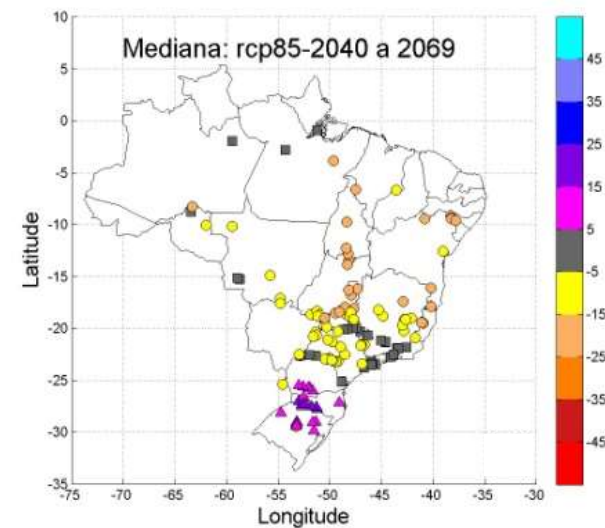
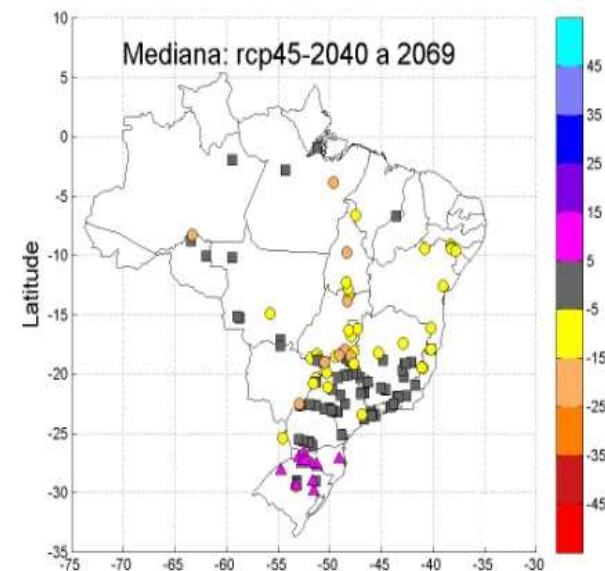
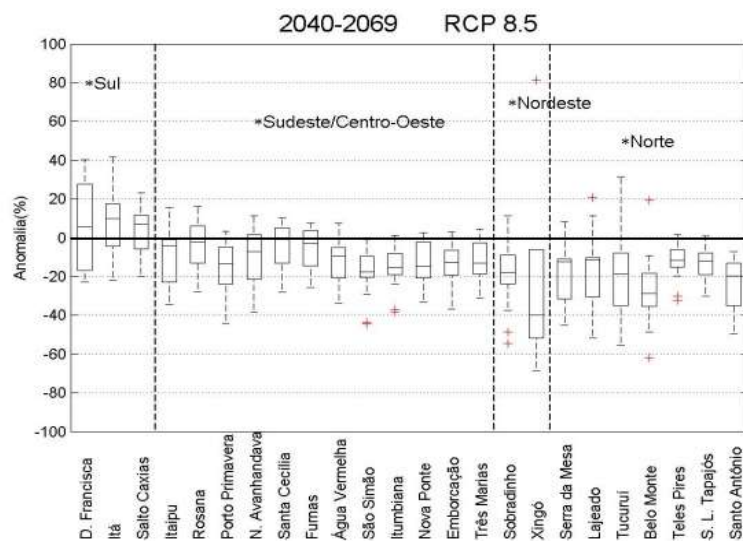
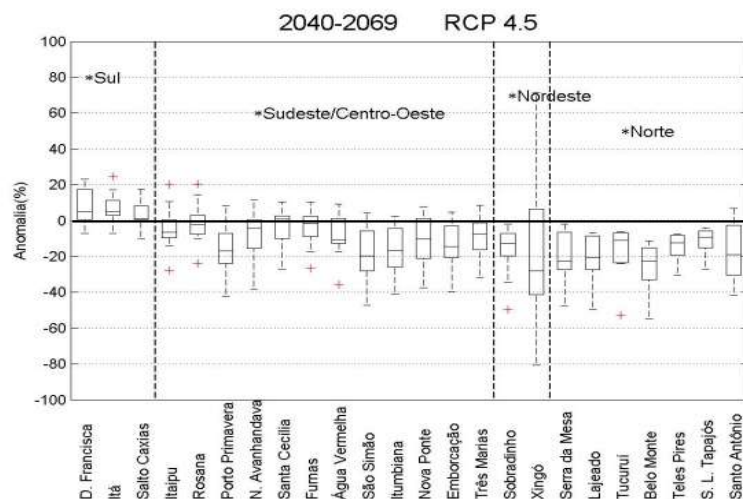


Vazões

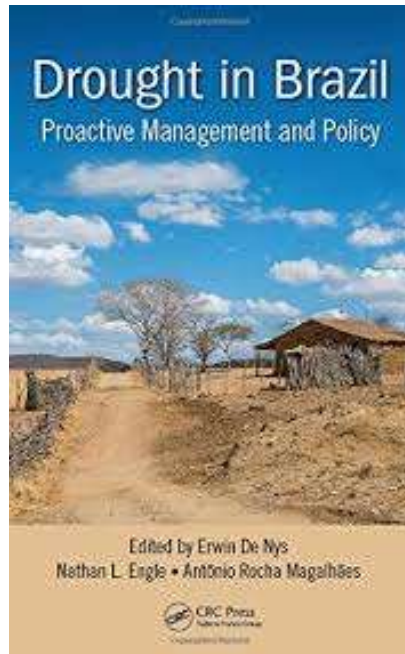
2041 a 2070



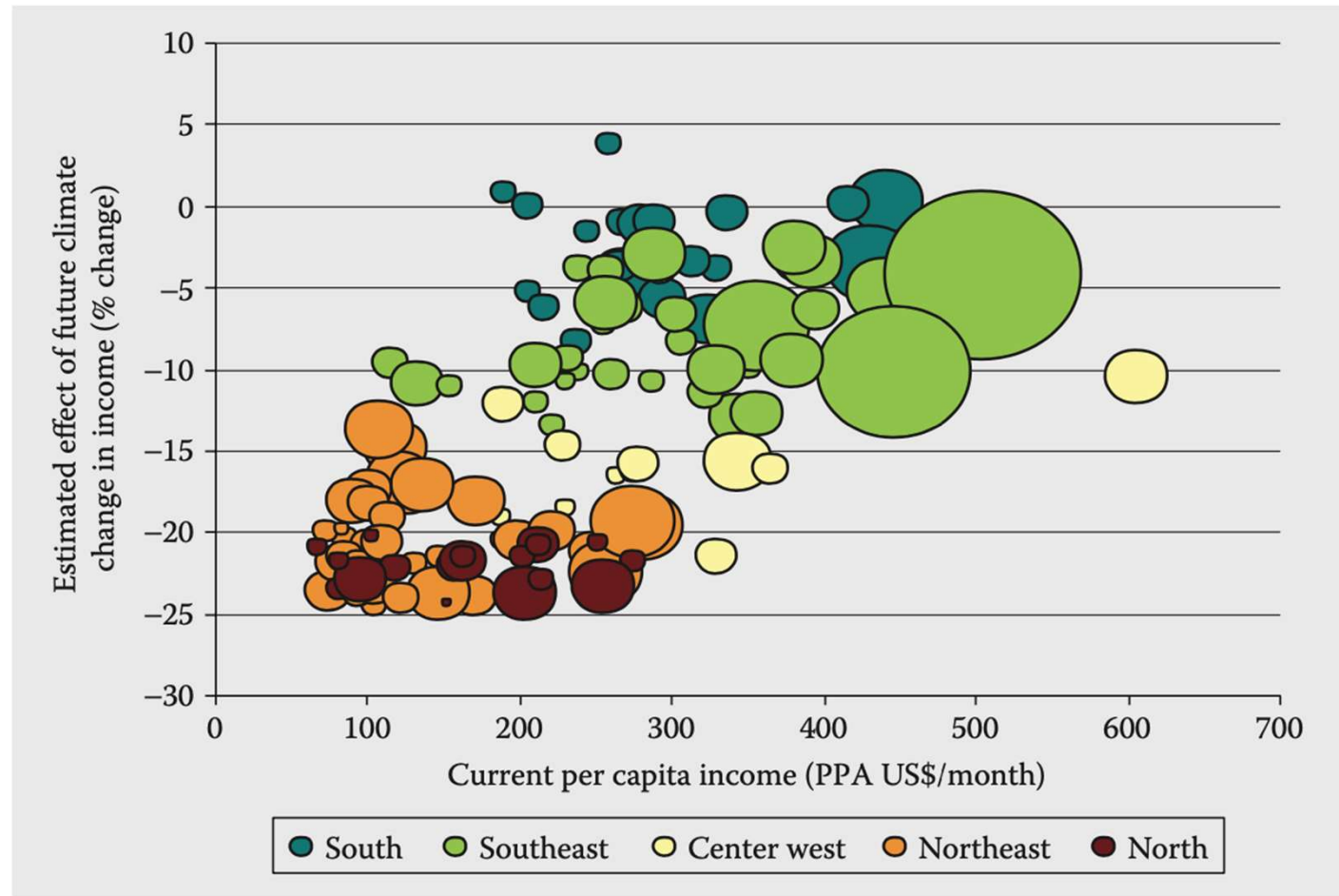
RESULTADOS DE ALGUNS ESTUDOS



RESULTADOS DE ALGUNS ESTUDOS



Os impactos das mudanças climáticas serão mais intensos em municípios do Nordeste que do Sul ou Sudeste do Brasil





ADAPTAÇÃO NÃO
ESPERA

DIFICULDADES EM LIDAR COM CRISES HÍDRICAS NO BRASIL

MUITA ÊNFASE NA SOLUÇÃO DE INFRAESTRUTURA

A ênfase na infra-estrutura **ofusca a importância da preparação** (por exemplo, planos de contingência para setores específicos).

O foco está no aumento da oferta, mas e quanto a ...
... **gestão da demanda?**

Setor hídrico: levar água para onde, para quê e para quem?
O modelo de desenvolvimento deve estar no centro das atenções.

GERENCIAMENTO DE R.H. NA ESCALA LOCAL

Nesta escala, agricultores utilizam a **água enquanto esta estiver disponível**. Quando seca a fonte, eles procuram por novas fontes hídricas ...

Necessidade de repensar a governança de água nesse nível local: maior envolvimento da municipalidade/comunidades faz-se necessário!

DESAFIO INSTITUCIONAL

Necessidade de **maior coordenação entre as instituições**, em particular, quando pertencem a níveis diferentes de administração.

A maioria das instituições **opera da mesma maneira** quando foram criadas e têm que enfrentar **novos desafios** (meio ambiente, sociedade, ...).

DIFICULDADES EM LIDAR COM CRISES HÍDRICAS NO BRASIL

TRANSPARÊNCIA QUANTO AOS PROBLEMAS E DECISÕES

A **negativa da crise!** (BRA: Sudeste & Nordeste)

A **resistência em usar termos certos** para descrever a situação:

Racionamento de água	→	Uso consciente da água
Volume morto	→	Reserva estratégica (ou melhor, 3 r.e.)
Rodízios no fornecimento de água	→	Manutenção programada do sistema

USO DA INFORMAÇÃO CLIMÁTICA

A **informação climática não é, em geral, incorporada no processo decisório**. Existe um longo caminho a percorrer para fazer isso acontecer!

Fácil verificar: **ANÁLISE DE COMO OS RESERVATÓRIOS FORAM OPERADOS NA ÚLTIMA SECA MULTIANUAL!**

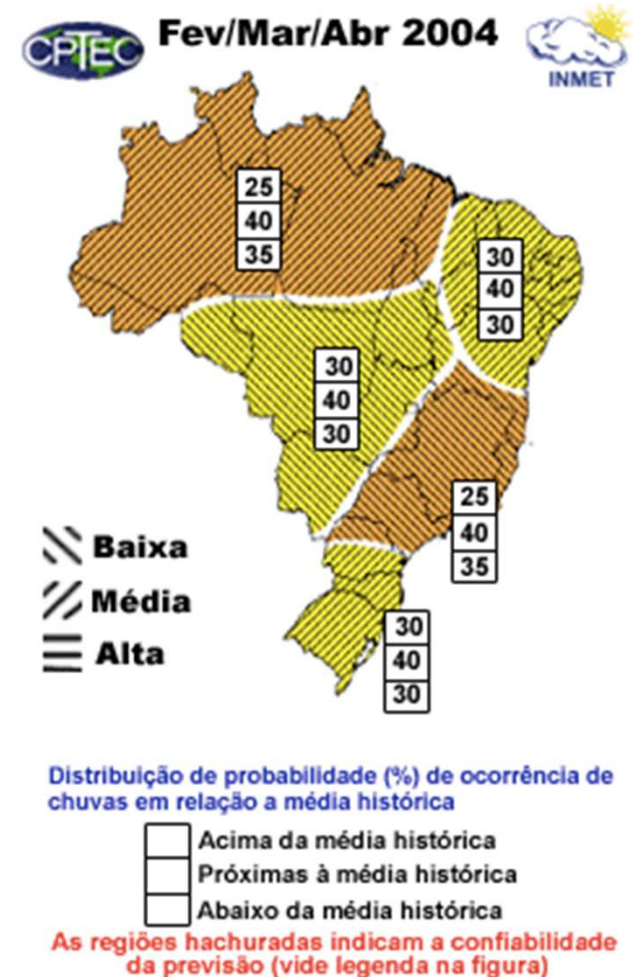
A causa principal disto são as fragilidades institucionais ao nível estadual e contar com o menos provável, quando este lhe é favorável (**a esperança**).

DIFICULDADES EM LIDAR COM CRISES HÍDRICAS NO BRASIL

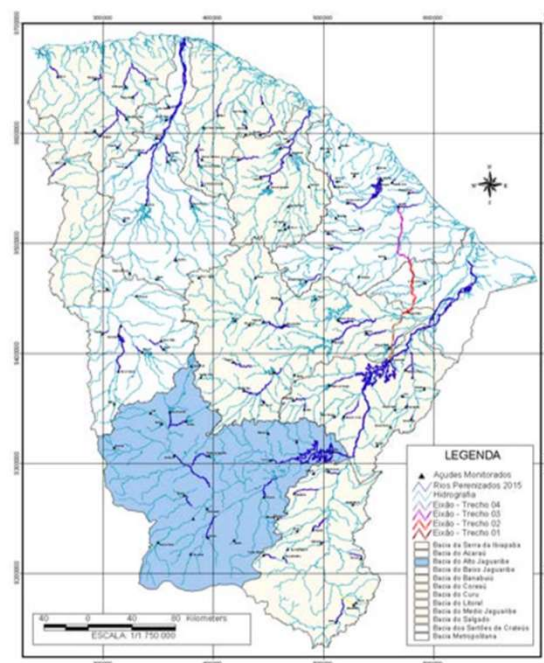
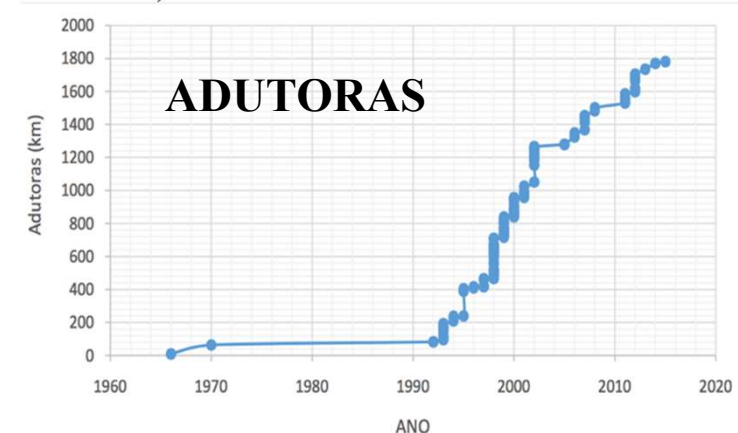
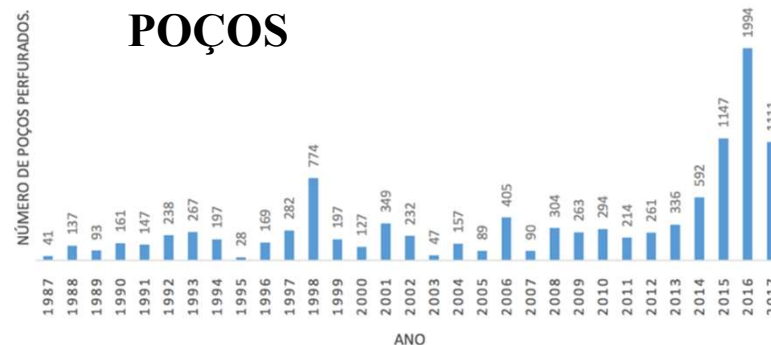
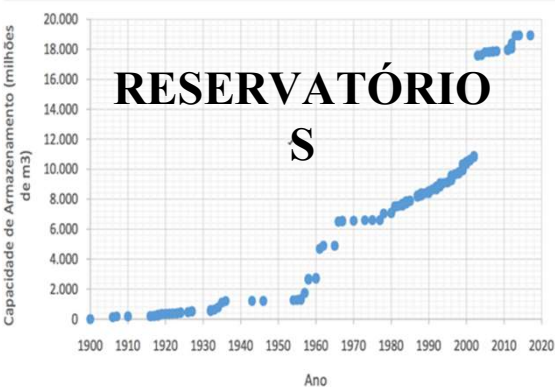
USO DA INFORMAÇÃO CLIMÁTICA

Busca de identificar as razões...

- **SISTEMA DE PREVISÃO SEM FOCO NOS IMPACTOS**
 - ✧ FORMATO EM TERCIS DE PROBABILIDADE E A ÁREA DA PREVISÃO NÃO ADEQUADOS PARA O SETOR
 - ✧ **SUBJETIVIDADE NA PREVISÃO** (70% DAS PREVISÕES TÊM A CATEGORIA NORMAL COMO A MAIS PROVÁVEL – O QUE ESTÁ MUITO DISTANTE DA FREQUÊNCIA OBSERVADA!)
- **EXISTEM ALTERNATIVAS, MAS NÃO MUITO EXPLORADAS EM CARÁTER OPERACIONAL** – AINDA PERCEBIDA COMO ÁREA DE PESQUISA.

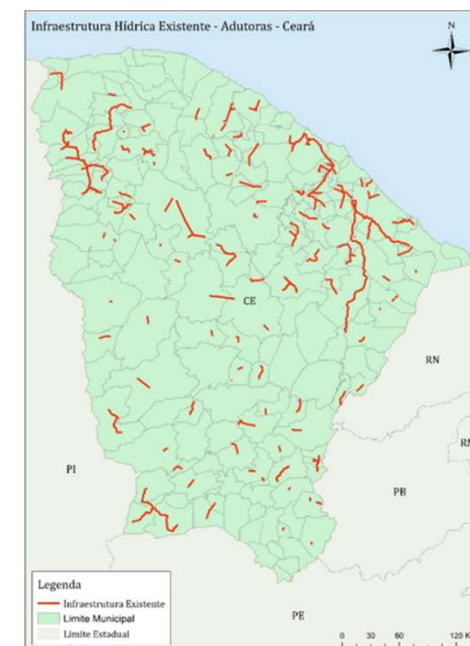


RESPOSTAS GOVERNAMENTAIS À VARIABILIDADE CLIMÁTICA

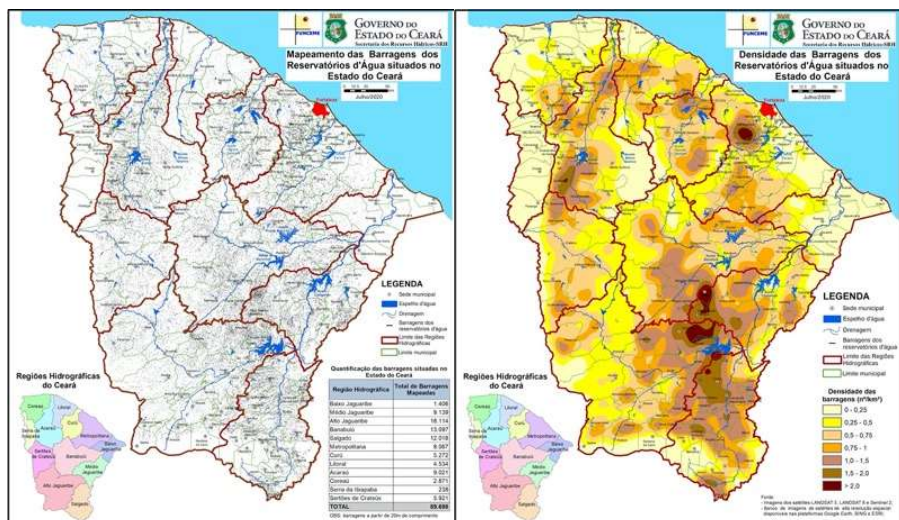


Mais de 6000 poços foram perfurados entre 2015 e 2017, o que corresponde a 40% do total de poços perfurados pelo estado em toda história da SOHIDRA.

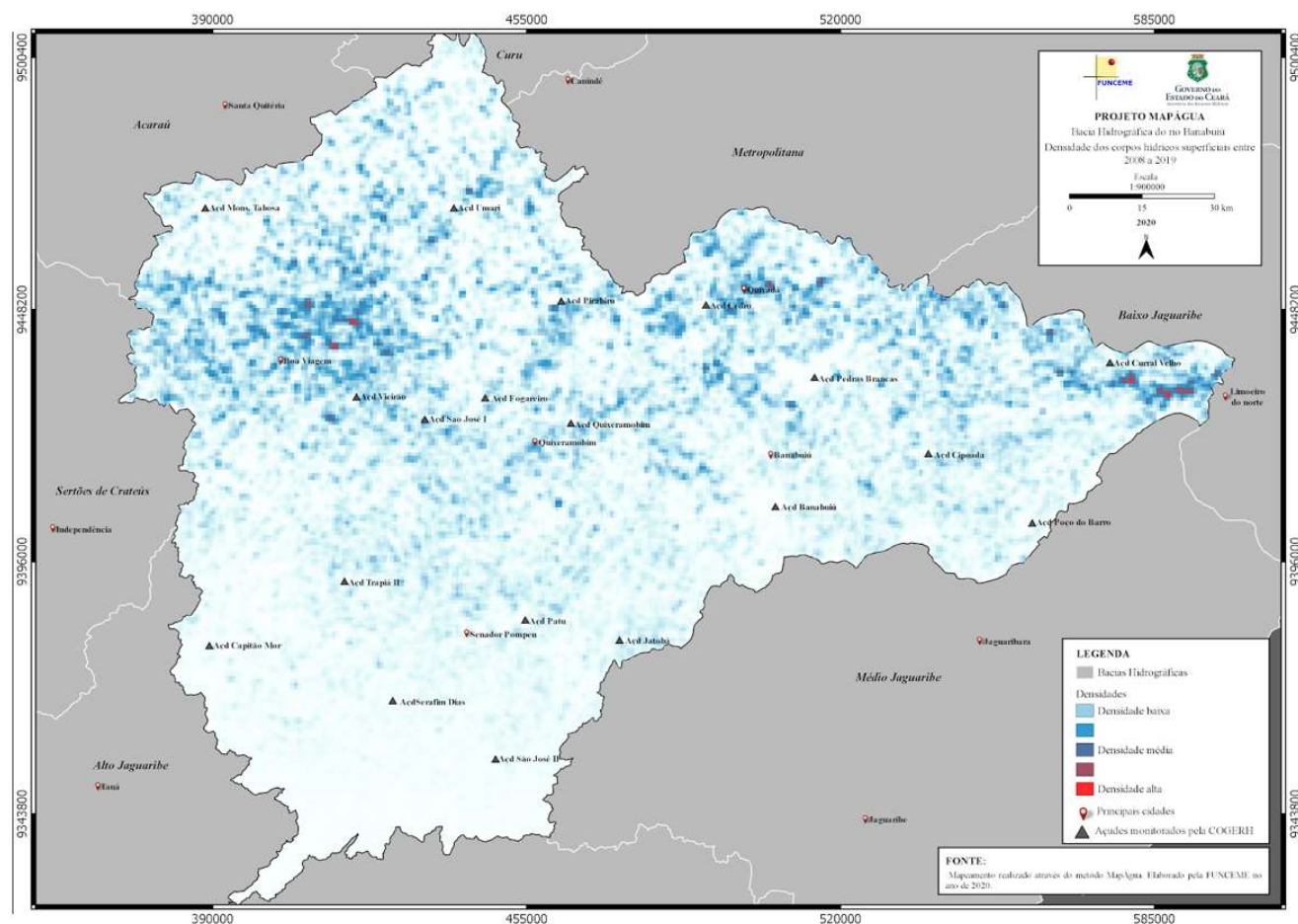
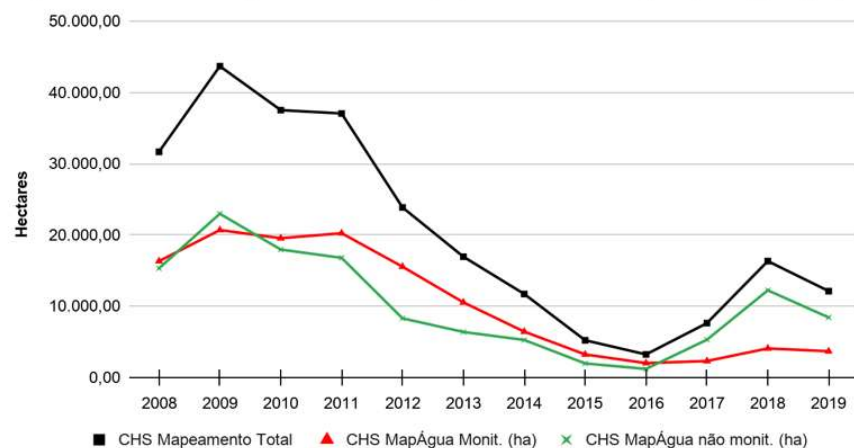
Souza Fo. [2019]



O TERRITÓRIO RESPONDENDO AO CLIMA

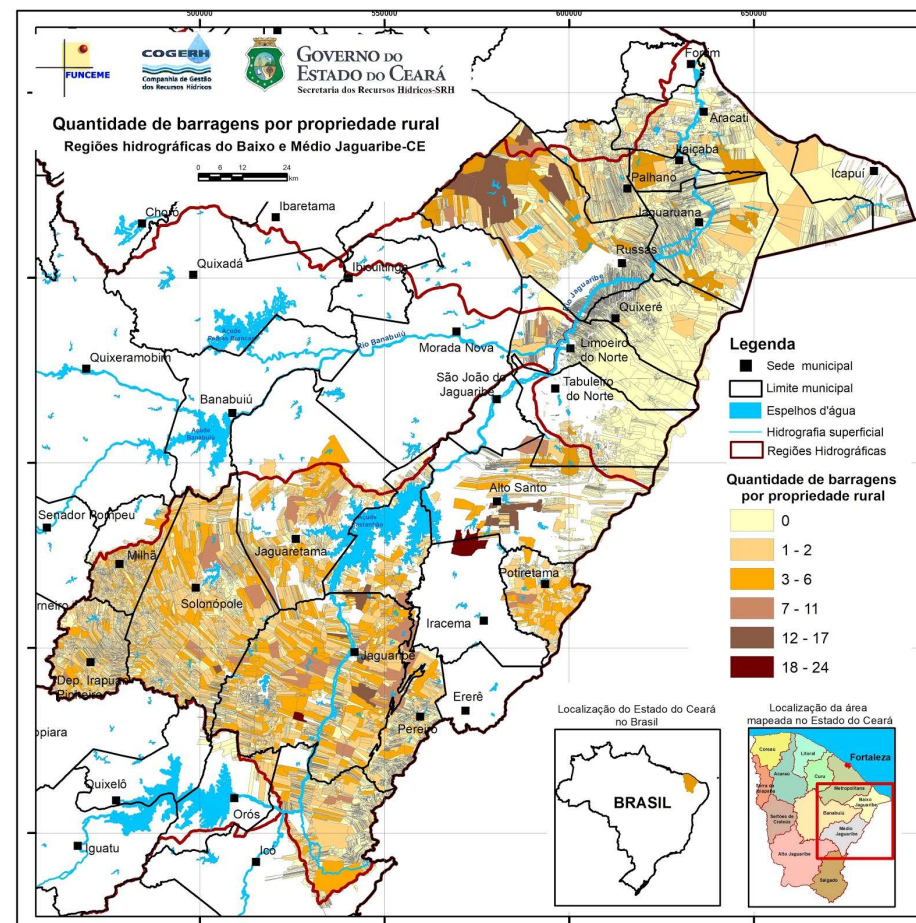


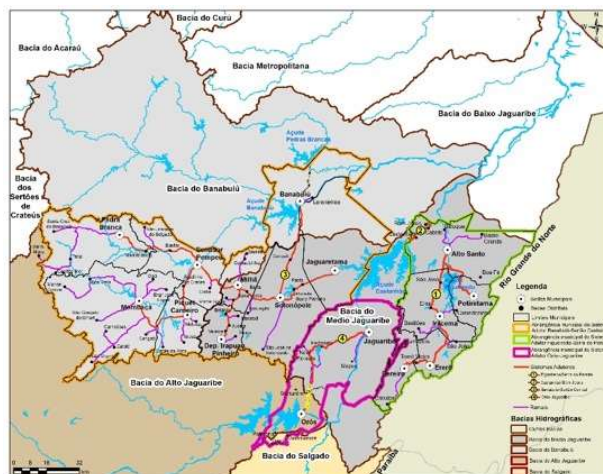
($r = 0,8383$; $p < 0,01$)



O TERRITÓRIO RESPONDENDO AO CLIMA

DESIGUALDADES NA RESPOSTA
SURGEM NATURALMENTE.

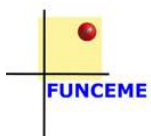
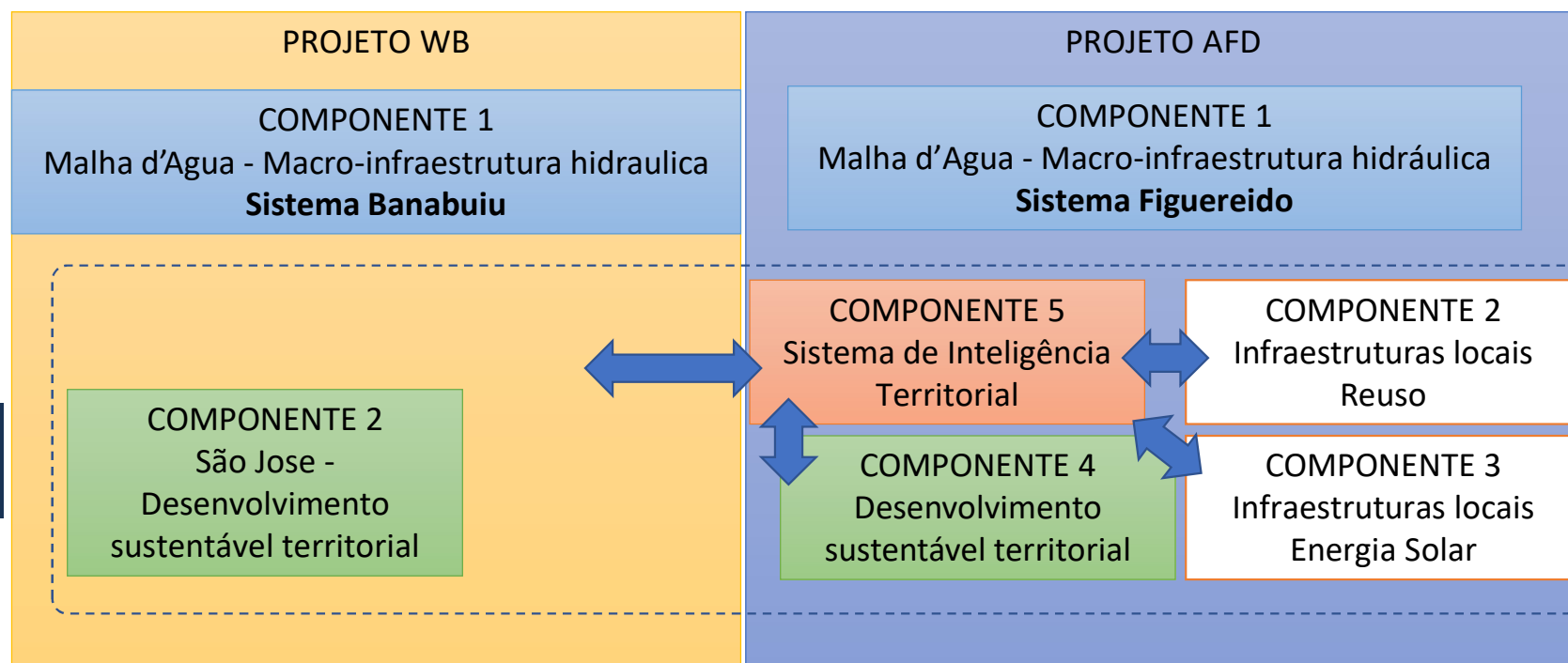




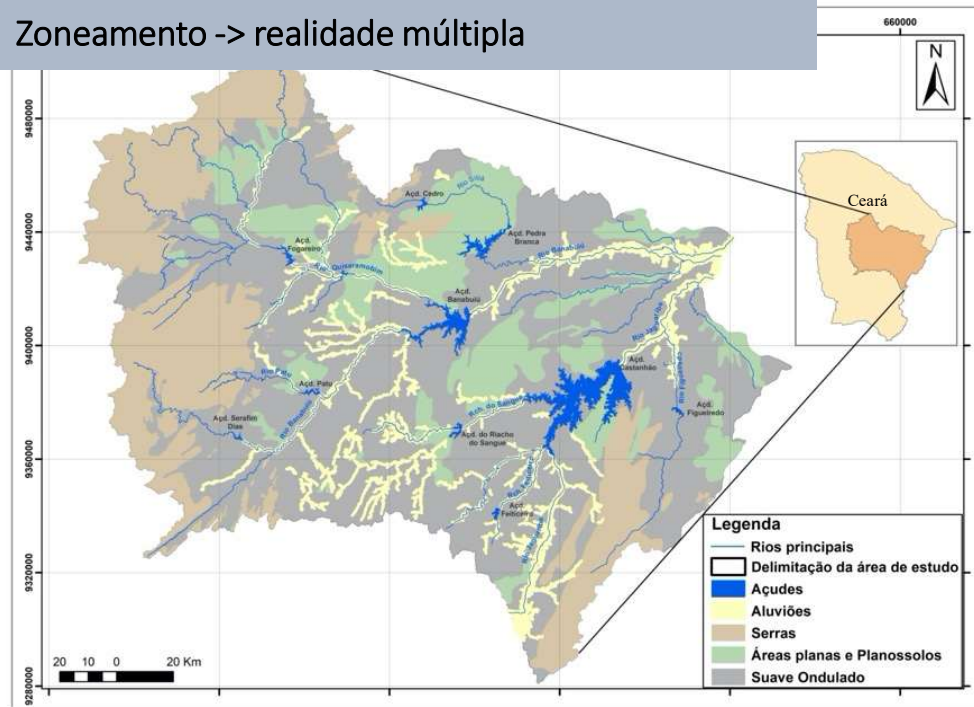
INTEGRANDO AÇÕES DO TERRITÓRIO COM MACRO-INFRAESTRUTURAS ESTRATÉGICAS

~ 16 Municípios 350 000 famílias

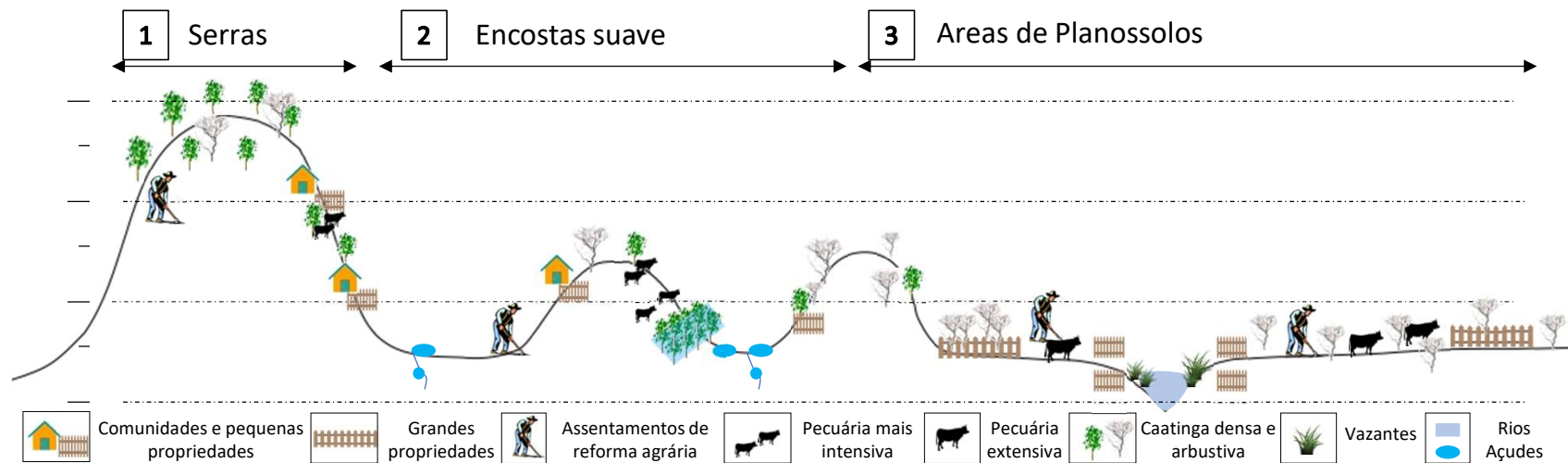
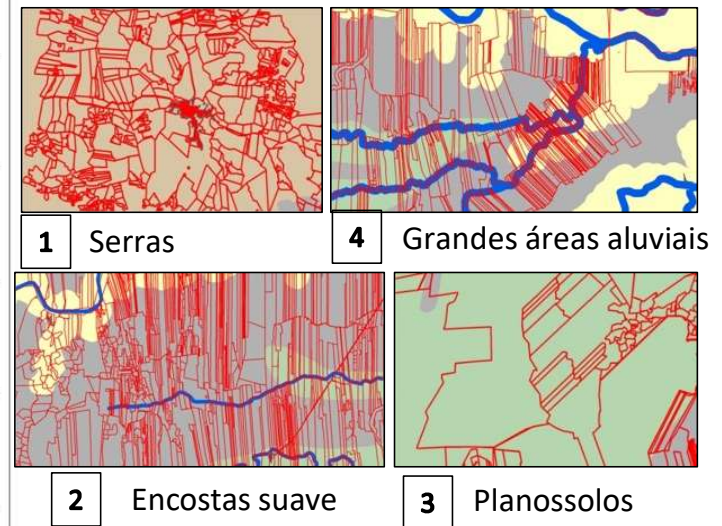
Meio rural vulnerável
Agricultura familiar
Pequenos sistemas hídricos
Usos múltiplos



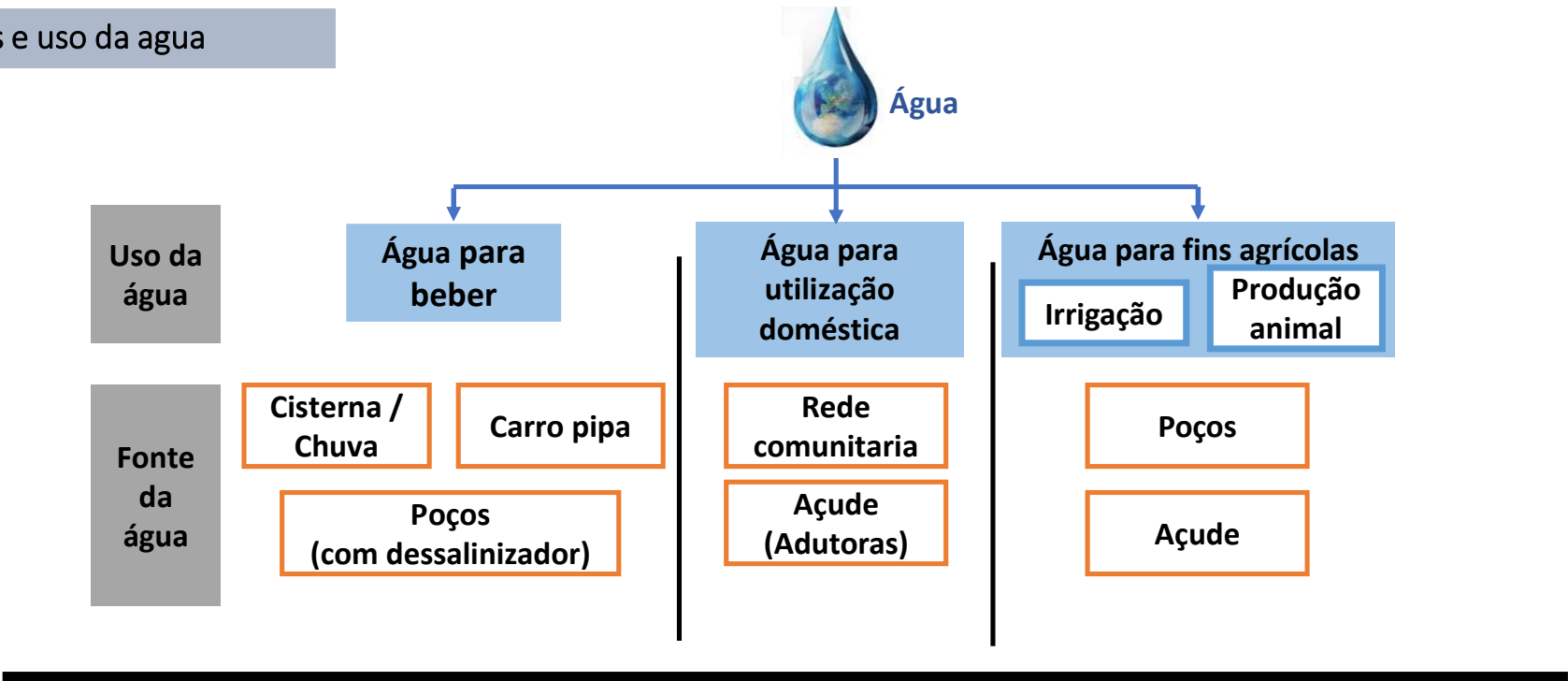
Zoneamento -> realidade múltipla



Malha Fundiária

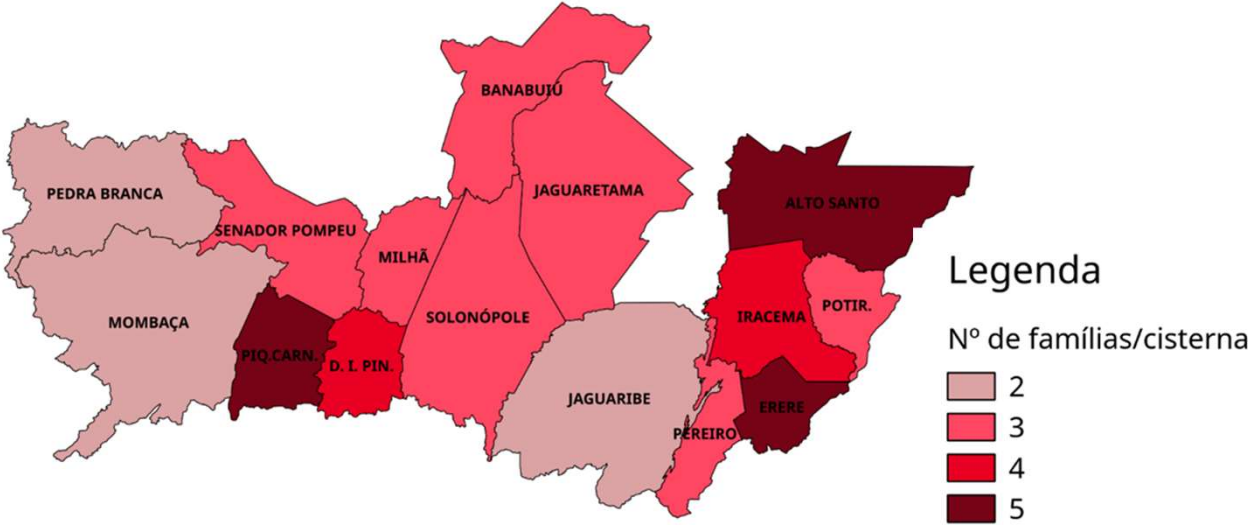


Recursos Hídricos e uso da água

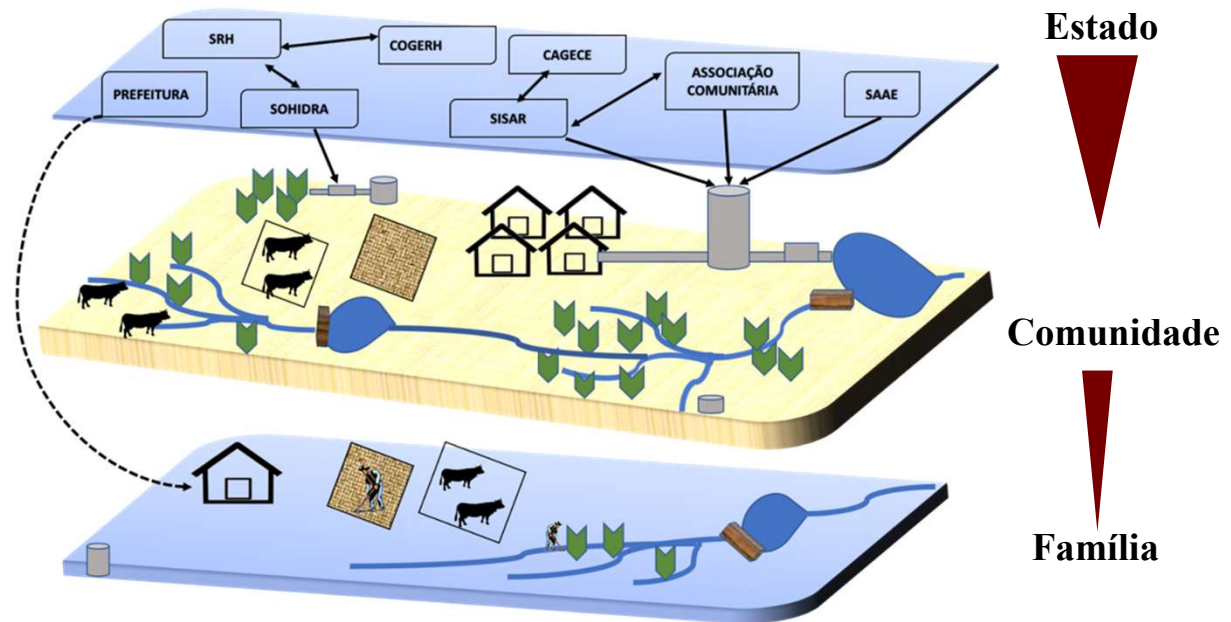


Diversidade de situações entre Municípios e entre localidades

Ex: Cisternas



Sistema de abastecimento de água envolve instituições em diferentes escalas



O sistema de gestão dos recursos hídricos do Estado de fato gerencia as maiores infraestruturas hídricas (Conselho, COGERH- Comitês de Bacia, Comissões Gestoras de Reservatórios).

Não alcança o nível local

-> **não há uma gestão ao nível dos Municípios, das microbacias, das comunidades**

-> **há uma desarticulação entre as escalas regionais/estaduais e local** (milhares de pequenos açudes e pequenos mananciais subterrâneos)

-> Consequências locais e até para as macro-infraestruturas hídricas

Mudança de paradigma e de visão

- agricultores : « seca está para ficar »

Seguro safra -> globalmente funcionou mas ainda com problemas (validação da « situação de Seca »)
-> « **validação/informação local** » ?

Mudanças profundas e estruturais

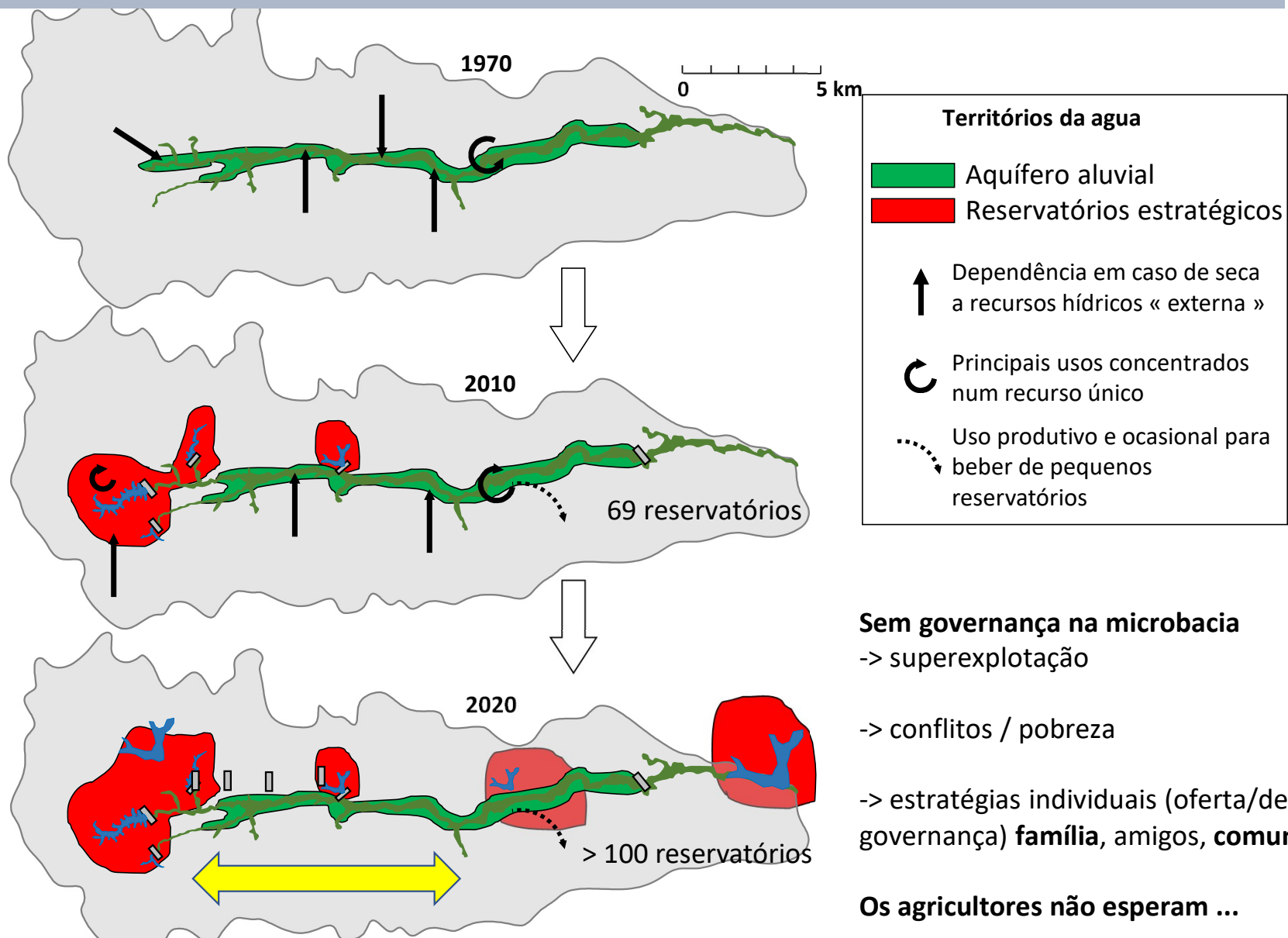
SEQUEIRO : Evolução do sistemas de produção agrícola
(Milho/Feijão -) -> (Pecuária de leite +)
encostas -> vales e as vazantes

IRRIGADO: Forte diminuição das áreas plantadas nos
perímetros irrigados

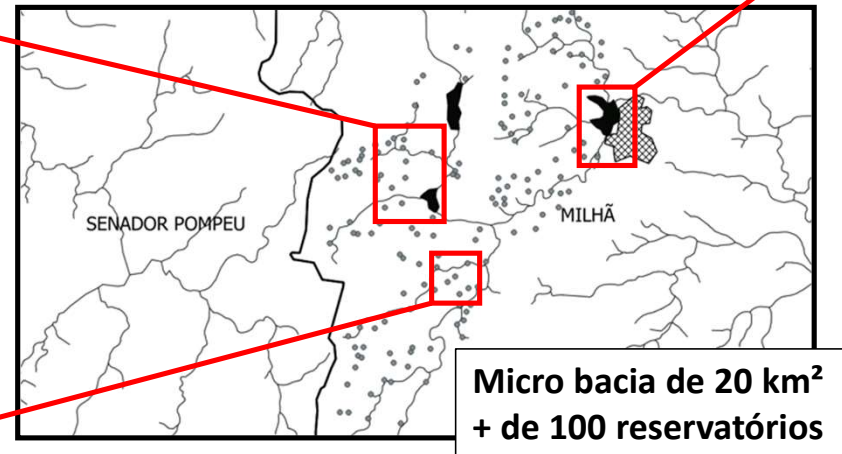
CARCINICULTURA

IBGE: milho Jaguaribe:
20000T -> 500T
2006->2017

Impactos da seca – Falta de governança da água ao nível local -> individualização das estratégias



Impactos da seca – estratégias locais -> impactos multi-escalas



**Aumento do número de
pequenos reservatórios
multiusos**



Crescimento forte da pecuária de Leite

-> manutenção da atividade produtiva, “homem no campo”

Açude de Milhã seca enquanto os açudes a montante tem agua

-> impactos ate para os grandes reservatórios estratégicos

Cisternas / carro-pipa : abastecimento emergencial foi garantido apesar do custo elevadíssimo.

Mudanças profundas e estruturais com a mudança climática

Mudança de paradigma e de visão

- agricultores : « seca está para ficar »
- Estado/SRH:
 - Problema de abastecimento dos núcleos urbanos
 - Problema do enchimento dos reservatórios estratégicos
- COGERH: “o modelo de perenização dos rios mostrou os seus limites”

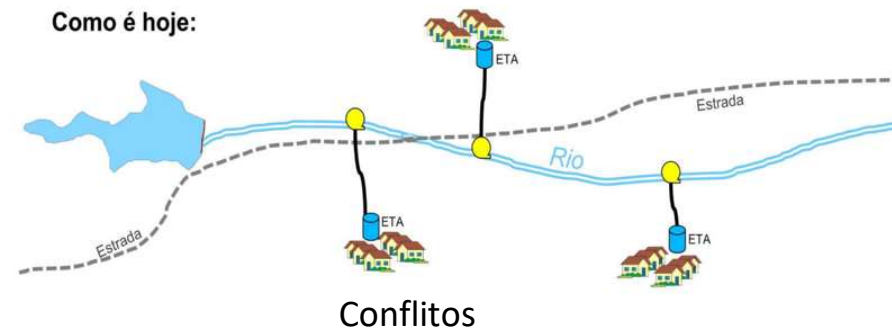
« tem que mudar a forma de liberar água » -> **mudança do modelo de gestão dos açudes?**

-> fim da perenização

-> **difficuldade para os produtores ao longo dos vales e nos perímetros irrigados** -> e no futuro?

Necessidade de pensar numa Governança articulando o local (Municípios, Micro-bacias, Comunidades) e o nível regional (Comité de bacia, COGERH)

-> quadro legal, instrumentos, entidades envolvidas



PENSAR E GERENCIAR O TERRITÓRIO DE FORMA INTEGRADA

Concentração das atividades produtivas nas áreas úmidas, vales, açudes, vazantes

Produção de forragem.

Paradoxo hidro-agro-ambiental :

Recuperação florestal (oportunidade para mudança de manejo)

X

Degradação das áreas úmidas (uniformização forrageira)

Barrar os escoamentos a montante -> atividades produtivas « manutenção homem no campo »

X

Deflúvios limitados a jusante -> restrição ao aporte dos reservatórios estratégicos (em particular em anos secos)

Pensar o manejo do território integrando melhor produzindo informação

Agricultura / Rec. Hídricos / Meio Ambiente

Integrar as políticas -> projeto AFD

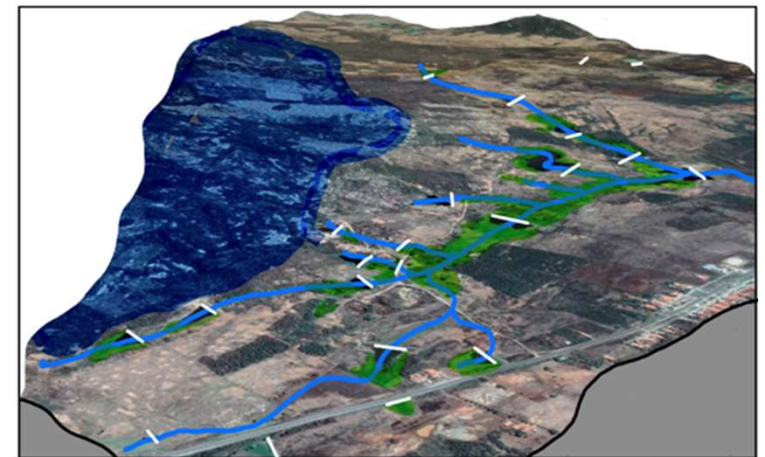
Local / Territorial / Regional

Pensar na evolução dos modelos SRH/SDA/SEMACE

Empoderamento/Responsabilização das instituições locais

Montante / Jusante

Equilíbrio

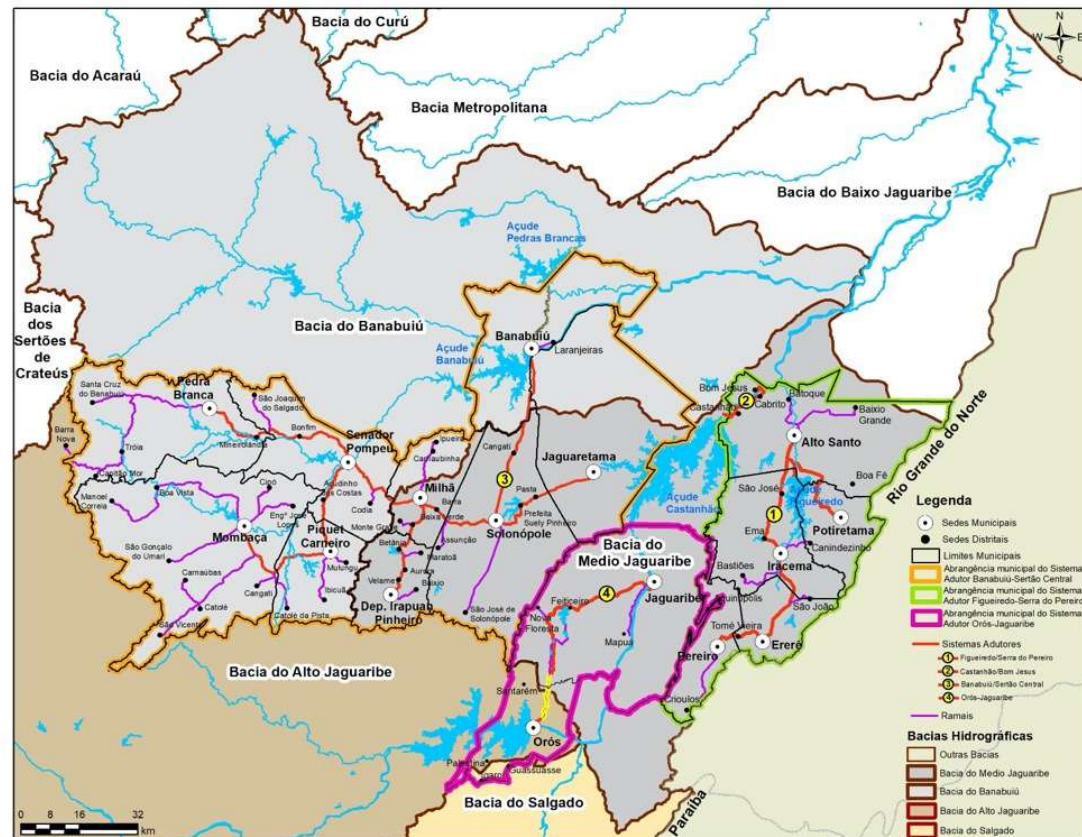


A escolha das áreas: Uma justificativa “técnico-econômica” com base em critérios técnicos múltiplos (IMA) -> objetividade, legitimidade

Uma vulnerabilidade: Qual « **governança** ? »

- Gestão quantitativa
- Gestão qualitativa

- ❖ Justiça na repartição das águas
- ❖ Meio Ambiente e qualidade da água
- ❖ Integração Sistemas Produtivos / Água
- ❖ Informação territorial
- ❖ Futuro atrativo -> Jovens



**UMA LIÇÃO-CHAVE FRENTE A UM FUTURO INCERTO
QUANTO AO CLIMA E À ÁGUA:
mantenha seu “Sistema de Alerta Precoce”**

(A) PERSPECTIVA
TRADICIONAL DO
PAPEL DE UM SAP NA
SOCIEDADE.

SAP

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

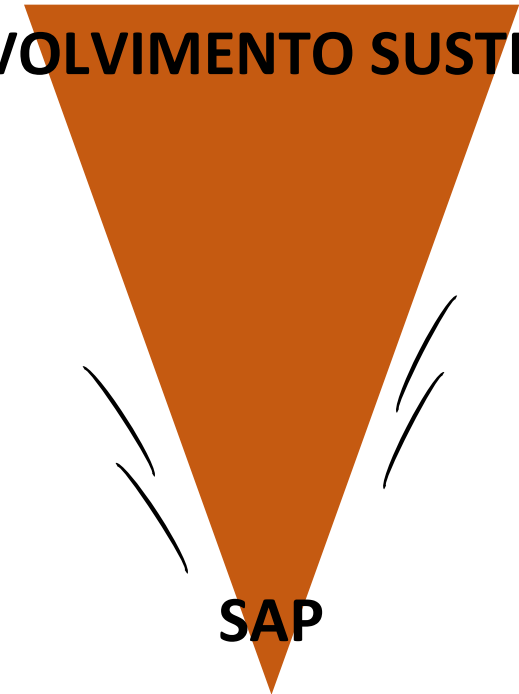
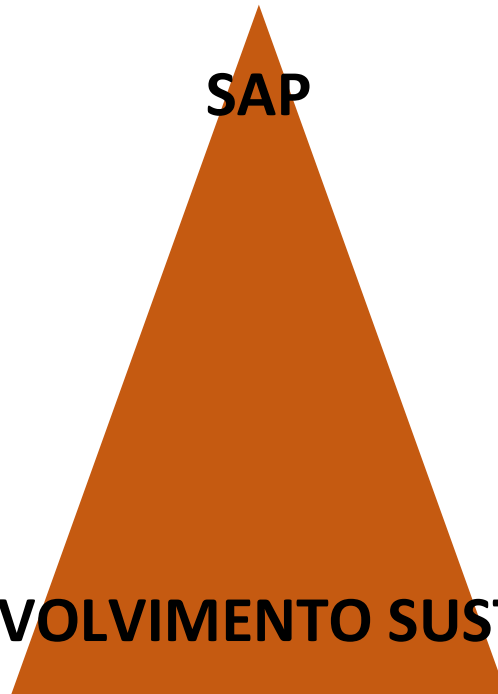
(B) IMPORTÂNCIA REAL
DE UM SAP NA
SOCIEDADE.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

SAP

(A)

(B)

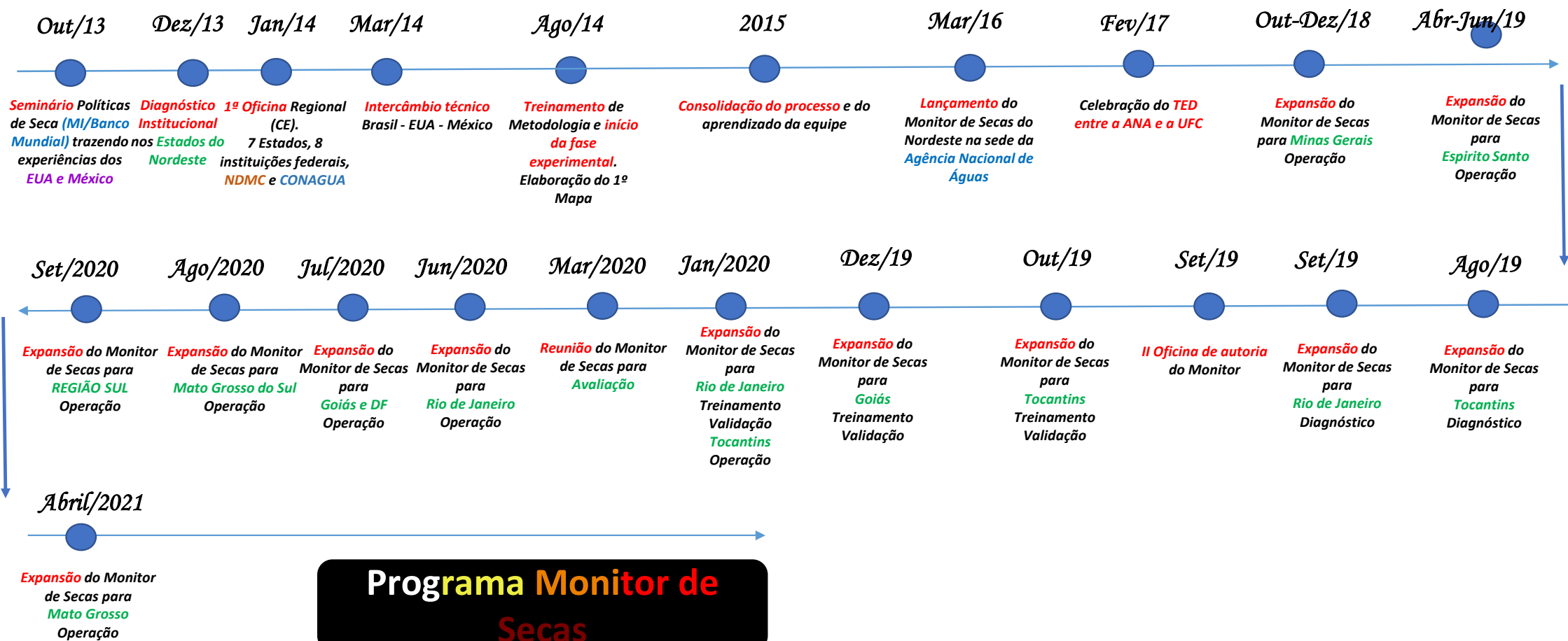




Monitor de Secas

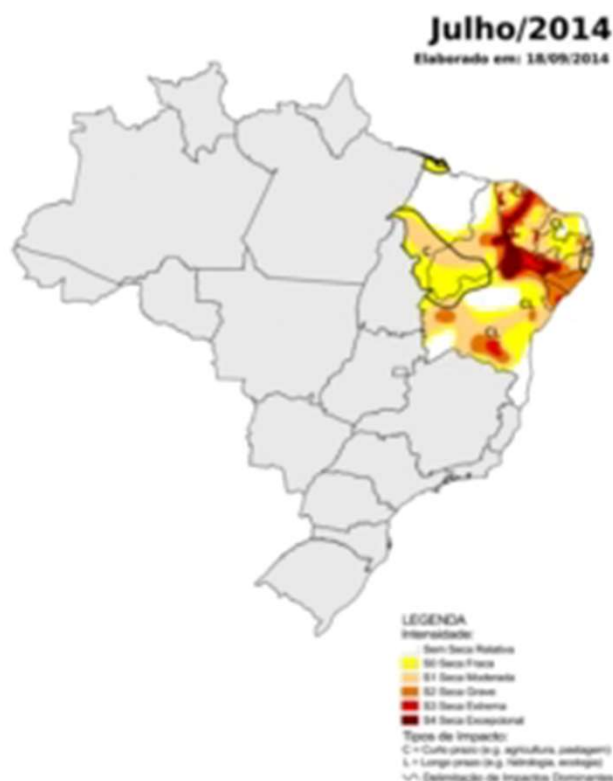
**MONITOR DE SECAS: A
IMPORTÂNCIA DA
ARTICULAÇÃO
INSTITUCIONAL**





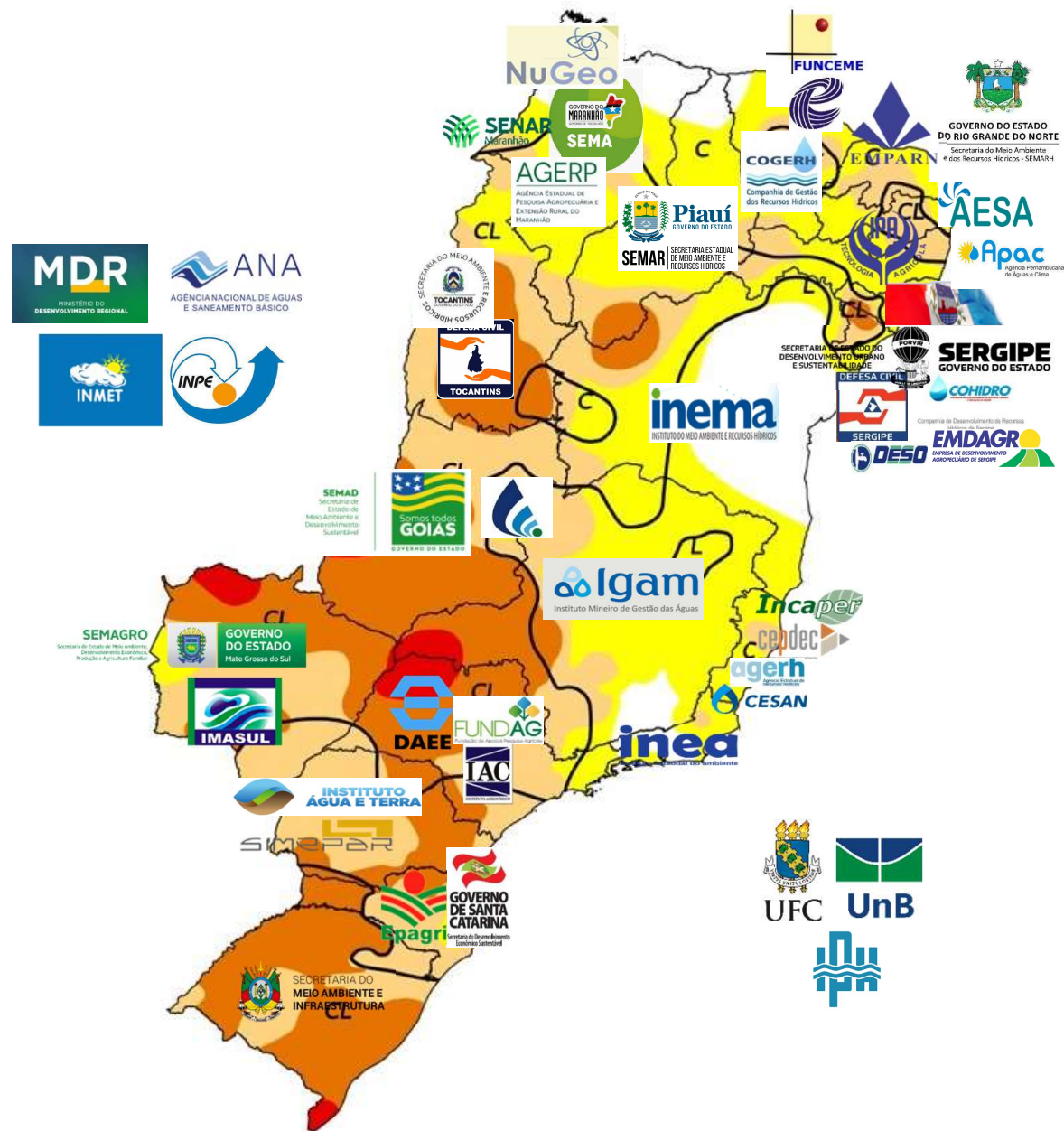


 Monitor de Secas



- ☐ Monitoramento
- ☐ Mapa mensal
- ☐ Baseado no *US Drought Monitor*
 - ☐ Autoria
 - ☐ Processo de validação
- ☐ De 9 estados (NE Brasil) em 2014 a 20 estados em 2021
 - ☐ Área dos 9 estados do NEB: 1.6 m Km²
 - ☐ Área SE, SUL, CO + Tocantins: 3.4 m Km²

<http://monitordesecas.ana.gov.br/>

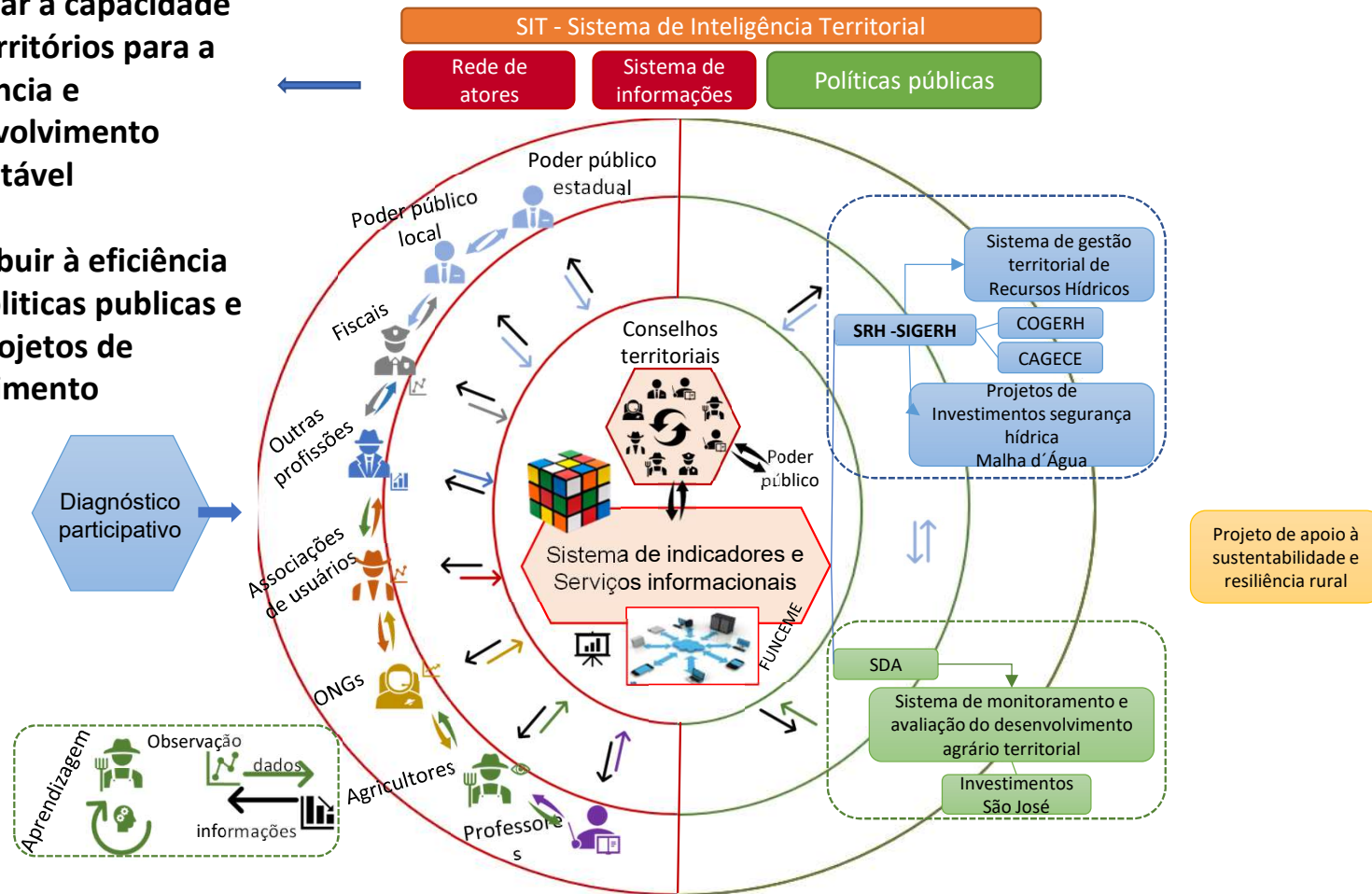




QUE SISTEMA É ESTE?

1. Reforçar a capacidade dos territórios para a resiliência e desenvolvimento sustentável

2. Contribuir à eficiência das políticas públicas e dos projetos de investimento





MUITO
OBRIGADO

Bacia Hidráulica do Castanhão [2015]