



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPT° DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL

SEGURANÇA HÍDRICA E GESTÃO DO RISCO CLIMÁTICO NO CONTEXTO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO - PISF

Francisco de Assis de Souza Filho



Brasília, 23 de Abril de 2015



Política Nacional de Recursos Hídricos

- Água Bem Público
- Dupla Dominialidade da Água (Estados e União)
- Lei das Águas (9433-97)
 - Desenvolvimento Sustentável e Valor Econômico da Água
 - Descentralização e Participação Pública
 - Gestão de Conflitos de forma administrativo
 - Instrumentos de Gestão



Legislação de Políticas Públicas Relacionada aos Recursos Hídricos

Política Pública	Instrumento Normativo
Meio Ambiente	Lei Nº6.938/81
Recursos Hídricos	Lei Nº 9.433/97
Saneamento	Lei Nº11.445/07
Irrigação	Lei Nº 12.787/13
Mudança do Clima	Lei Nº 12.187/09
Segurança de Barragens	Lei Nº 12.334/10
Proteção e Defesa Civil	Lei Nº 12.608/12

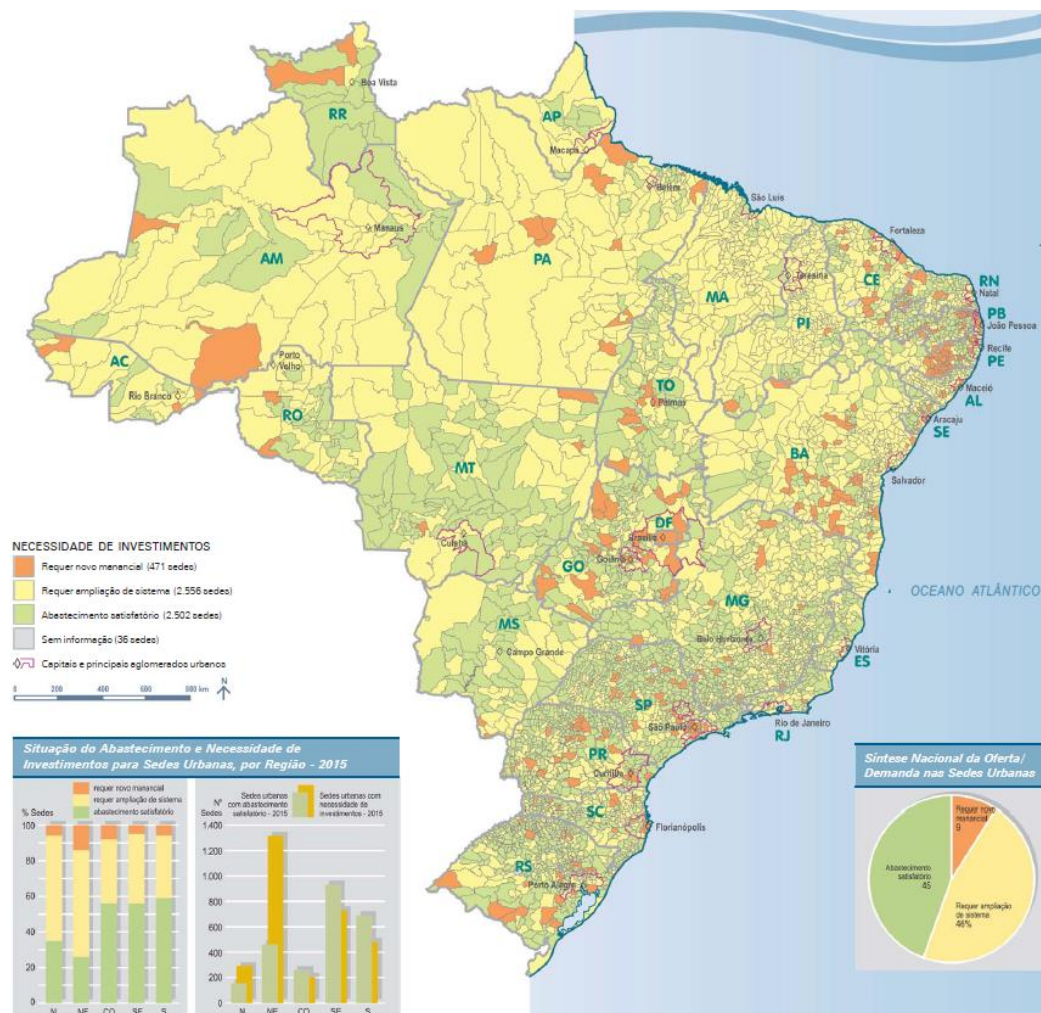
- Política de Água como espaço potencial de integração de políticas públicas
 - Nexus clima-água-agricultura-energia-cidades

Segurança Hídrica

Acesso regular e permanente a água em quantidade e qualidade adequadas para o uso das populações humanas, uso na produção e pelos ecossistemas

- *"significa garantir que **ecossistemas** de água doce, costeira e outros relacionados sejam protegidos e melhorados; que o **desenvolvimento sustentável e a estabilidade política** sejam promovidos; que cada pessoa tenha **acesso à água potável suficiente a um custo acessível** para levar uma vida saudável e produtiva, e que a **população vulnerável** seja protegida contra os riscos relacionados à água"*(DECLARAÇÃO MINISTERIAL DO 2º FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2000
- *"(...)Capacity of a population to safeguard sustainable access to adequate quantities of acceptable quality water for sustaining livelihoods, human well-being, and socio-economic development, for ensuring protection against water-borne pollution and water-related disasters, and for preserving ecosystems in a climate of peace and political stability"* ONU -INSTITUTE FOR WATER, ENVIRONMENT & HEALTH, 2013

Abastecimento de Sedes Municipais



Sedes urbanas com Abastecimento Satisfatório e com Necessidade de Investimentos, por Estado - 2015



RESULTADOS DA ETAPA DE AVALIAÇÃO OFERTA/DEMANDA - 2015

Região Geográfica	Sedes Municipais	Avaliação dos Mananciais e Sistemas Produtores					
		Satisfatórios		Requer Ampliação de Sistema ⁽¹⁾		Requer Novo Manancial ⁽²⁾	
		Número	%	Número	%	Número	%
Norte	449	156	35	266	59	27	6
Nordeste	1.794	462	26	1.068	60	248	14
Centro-Oeste	466	260	56	168	36	38	8
Sudeste	1.668	932	56	647	39	83	5
Sul	1.188	692	59	407	35	75	6
TOTAL BRASIL	5.565⁽³⁾	2.502	45	2.556	46	471	9

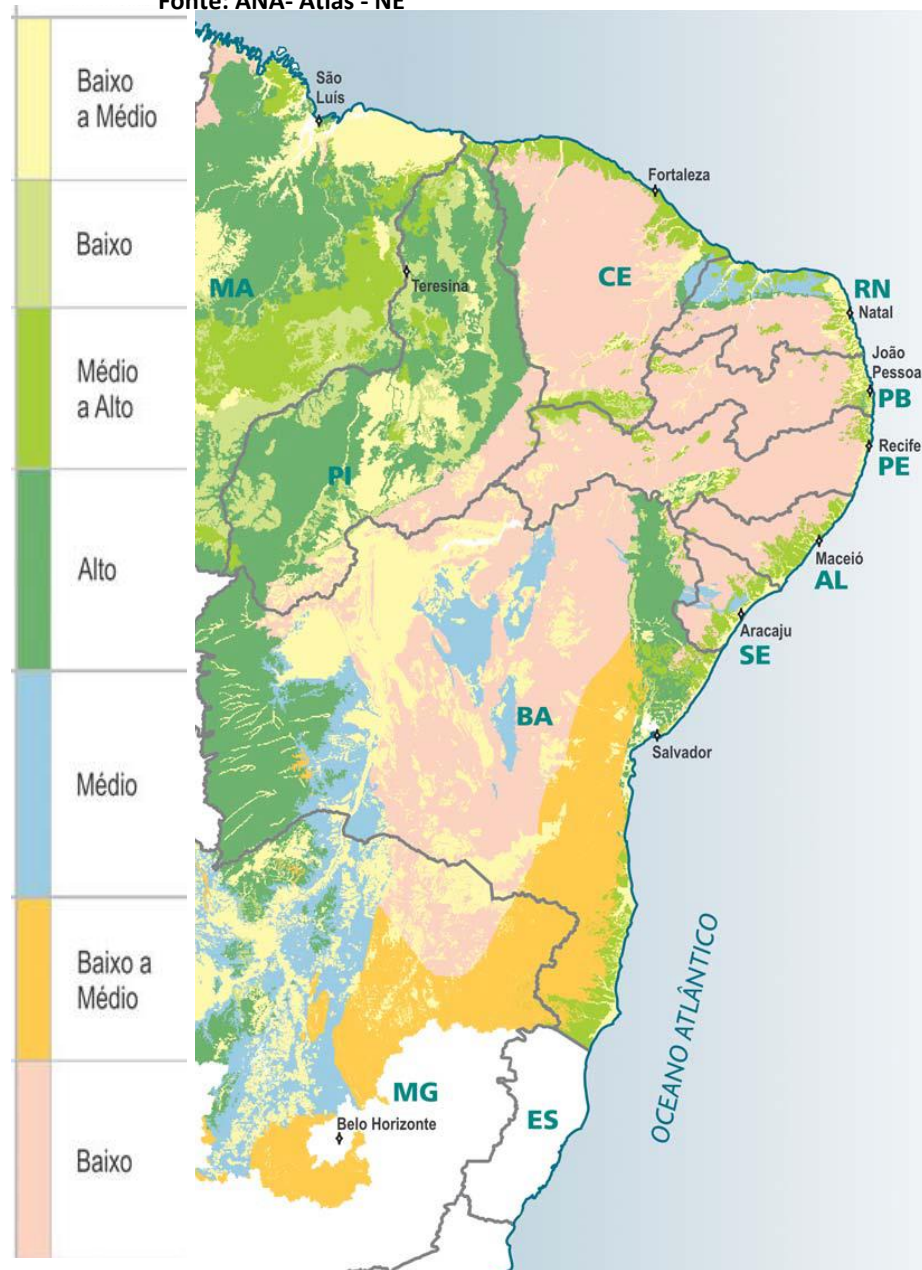
(1) A ampliação de sistemas existentes pressupõe manter os mananciais atualmente utilizados.

(2) Investimentos em novos mananciais implicam necessariamente investimentos em novos sistemas de produção.

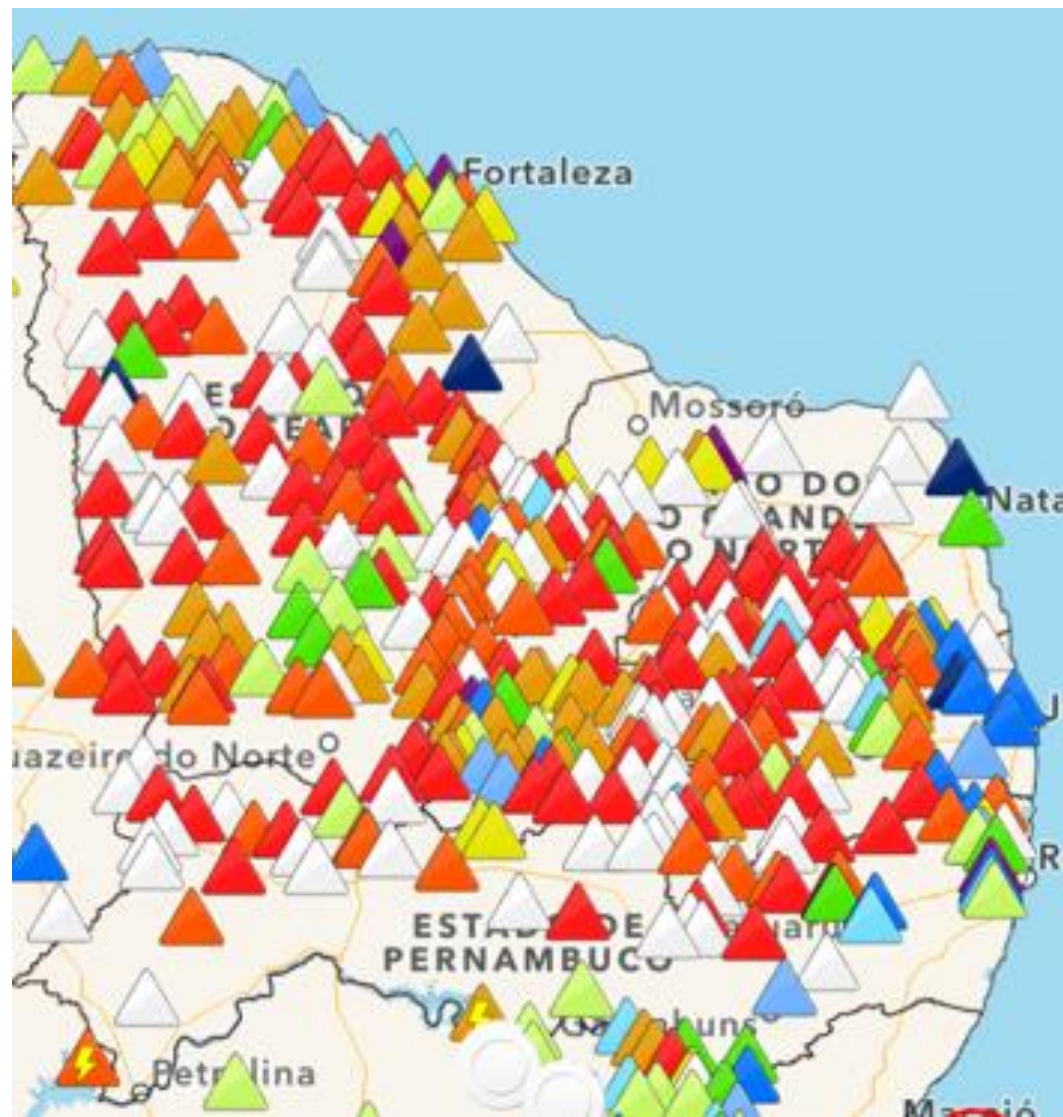
(3) Sedes municipais sem informação: 36.

POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO

Fonte: ANA- Atlas - NE



Situação Atual dos Estoques Atuais

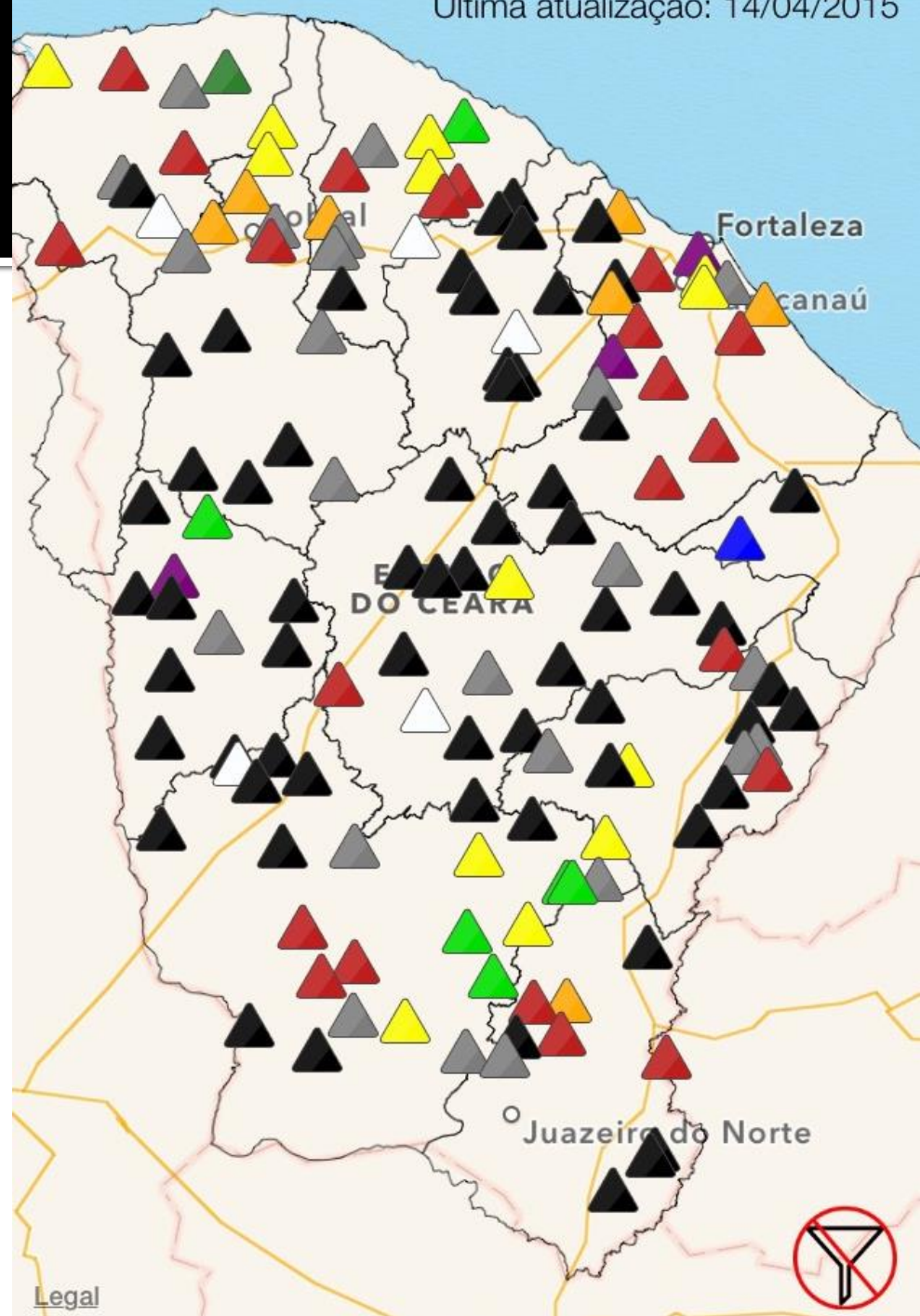


22/04/2015

Reservatórios com volume de:

<input checked="" type="checkbox"/> 0% a 10%	<input checked="" type="checkbox"/> 10% a 20%
109 reservatórios	66 reservatórios
<input checked="" type="checkbox"/> 20% a 30%	<input checked="" type="checkbox"/> 30% a 40%
57 reservatórios	25 reservatórios
<input checked="" type="checkbox"/> 40% a 50%	<input checked="" type="checkbox"/> 50% a 60%
31 reservatórios	23 reservatórios
<input checked="" type="checkbox"/> 60% a 70%	<input checked="" type="checkbox"/> 70% a 80%
13 reservatórios	16 reservatórios
<input checked="" type="checkbox"/> 80% a 90%	<input checked="" type="checkbox"/> 90% a 100%
23 reservatórios	13 reservatórios
<input checked="" type="checkbox"/> Sangrando	<input checked="" type="checkbox"/> S/ informação
9 reservatórios	117 reservatórios

Seca Atual



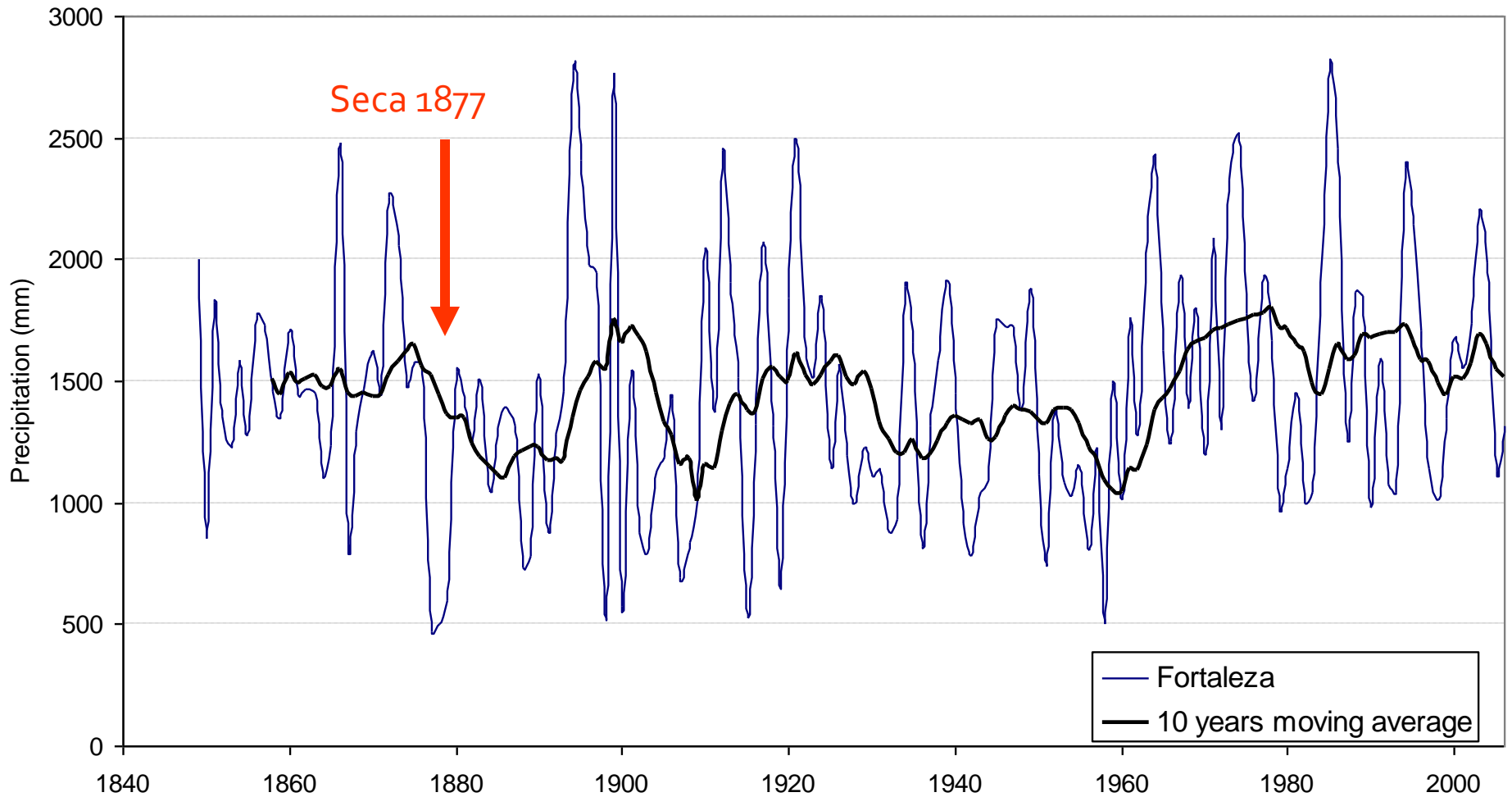
Reservatórios com volume de:

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/>  0% a 10%
63 reservatórios | <input checked="" type="checkbox"/>  10% a 20%
23 reservatórios |
| <input checked="" type="checkbox"/>  20% a 30%
22 reservatórios | <input checked="" type="checkbox"/>  30% a 40%
7 reservatórios |
| <input checked="" type="checkbox"/>  40% a 50%
13 reservatórios | <input checked="" type="checkbox"/>  50% a 60%
6 reservatórios |
| <input checked="" type="checkbox"/>  60% a 70%
1 reservatório | <input checked="" type="checkbox"/>  70% a 80%
0 reservatório |
| <input checked="" type="checkbox"/>  80% a 90%
0 reservatório | <input checked="" type="checkbox"/>  90% a 100%
1 reservatório |
| <input checked="" type="checkbox"/>  Sangrando
3 reservatórios | <input checked="" type="checkbox"/>  S/ informação
5 reservatórios |



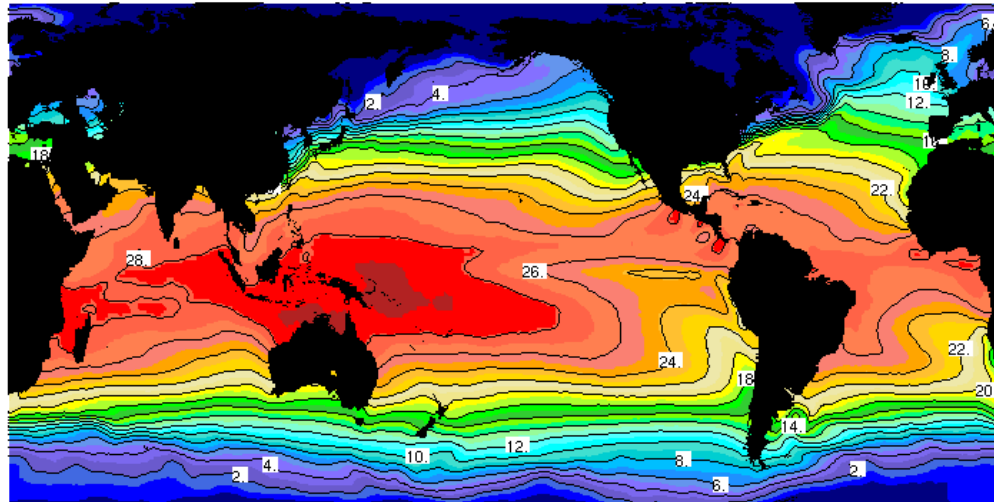
Segurança Hídrica e Risco Climático

Precipitação em Fortaleza 1849-2006

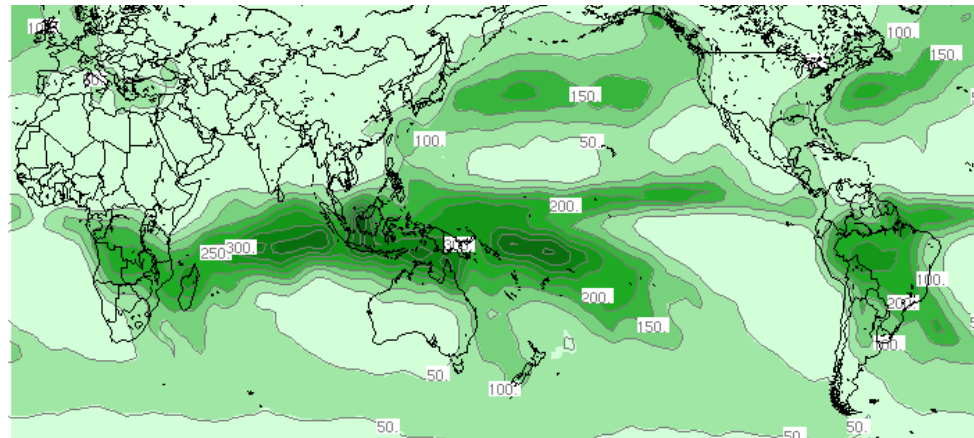


Estações do Ano

Padrões de Variação Sazonal do Clima



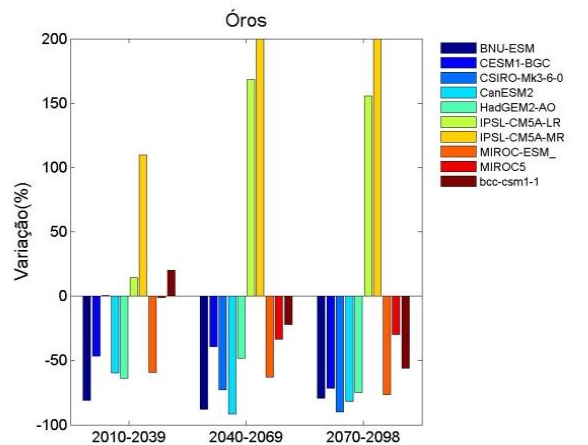
Jan



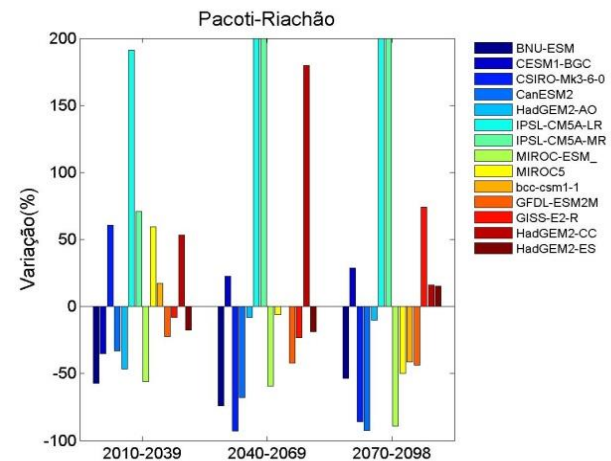
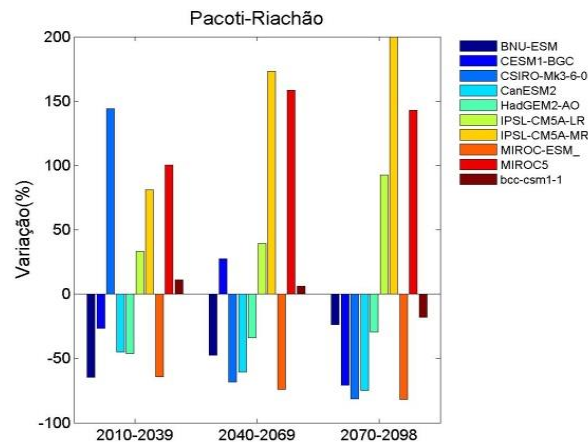
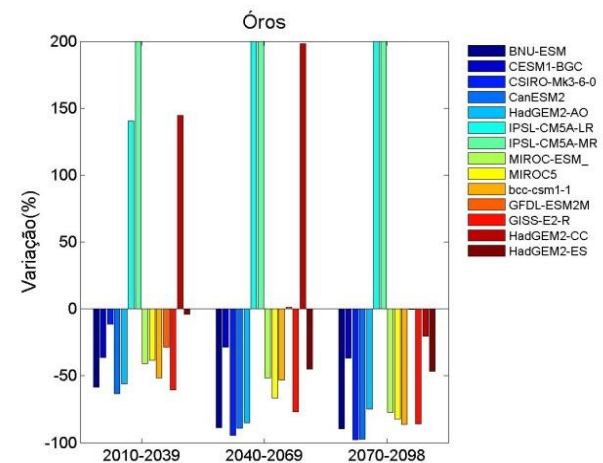
Mudança Climática – Incerteza quanto ao Cenário de Mudança

Projeções de Longo Ceará

RCP 4.5-Vazões

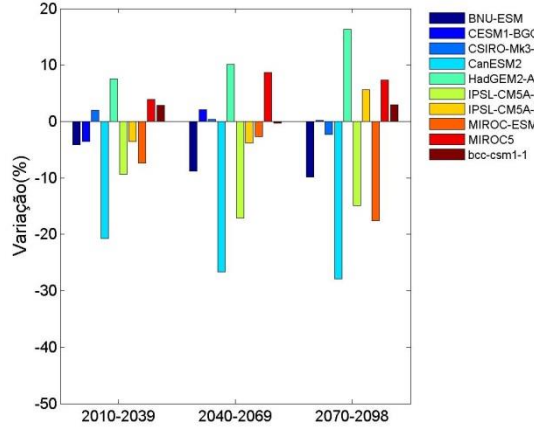


RCP8.5-Vazões

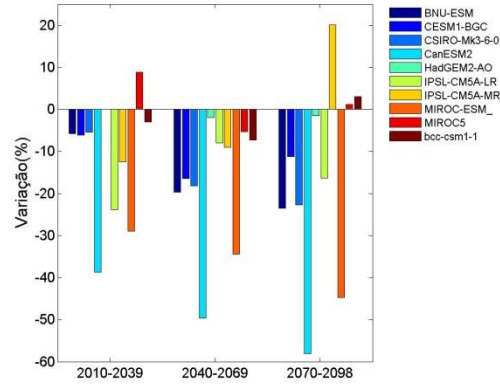


MUDANÇA CLIMÁTICO VARIAÇÃO ESPACIAL DO PADRÃO DE IMPACTOS

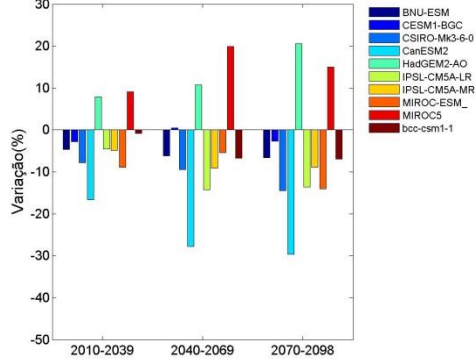
Furnas



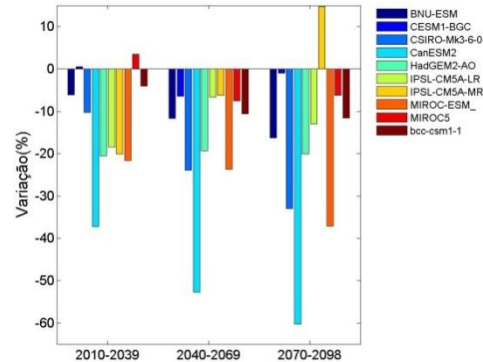
Sobradinho



Itaipu

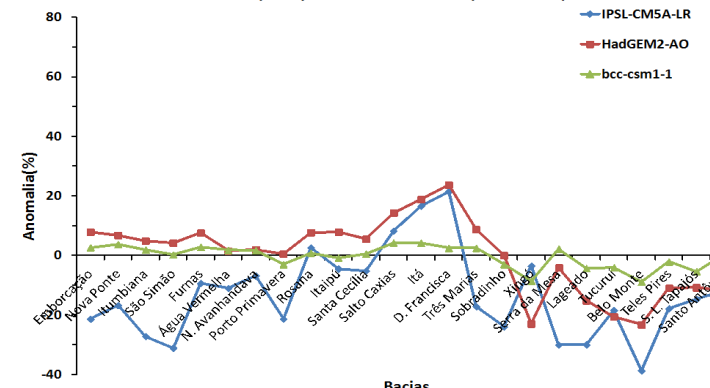


Tucuruí

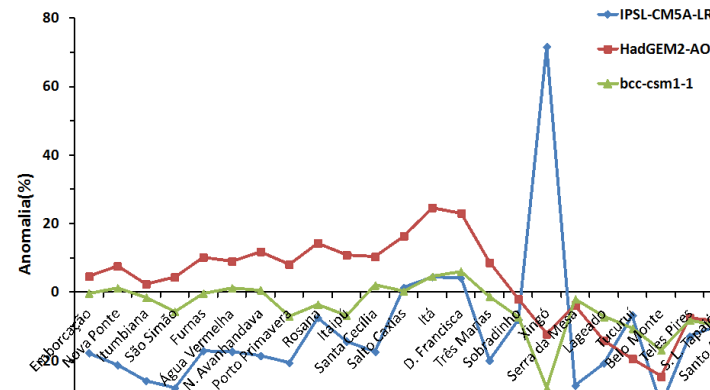


Resultados-Projeções de Longo para o setor elétrico- RCP 8.5

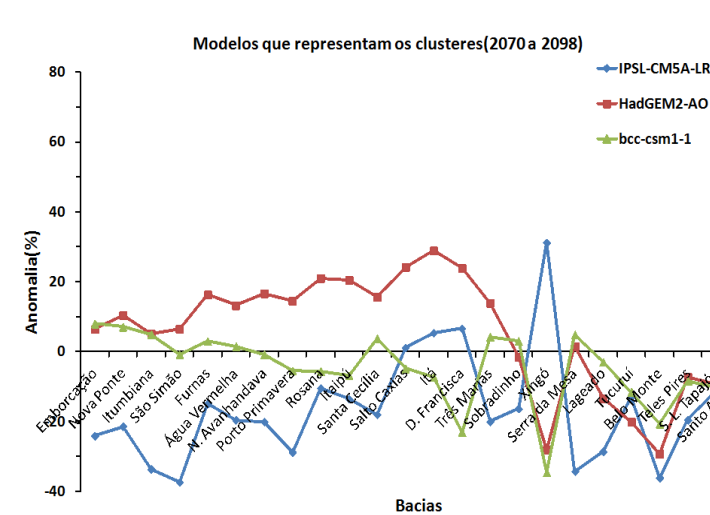
Modelos que representam os clusters(2010 a 2039)



Modelos que representam os clusters(2040 a 2069)



Modelos que representam os clusters(2070 a 2098)



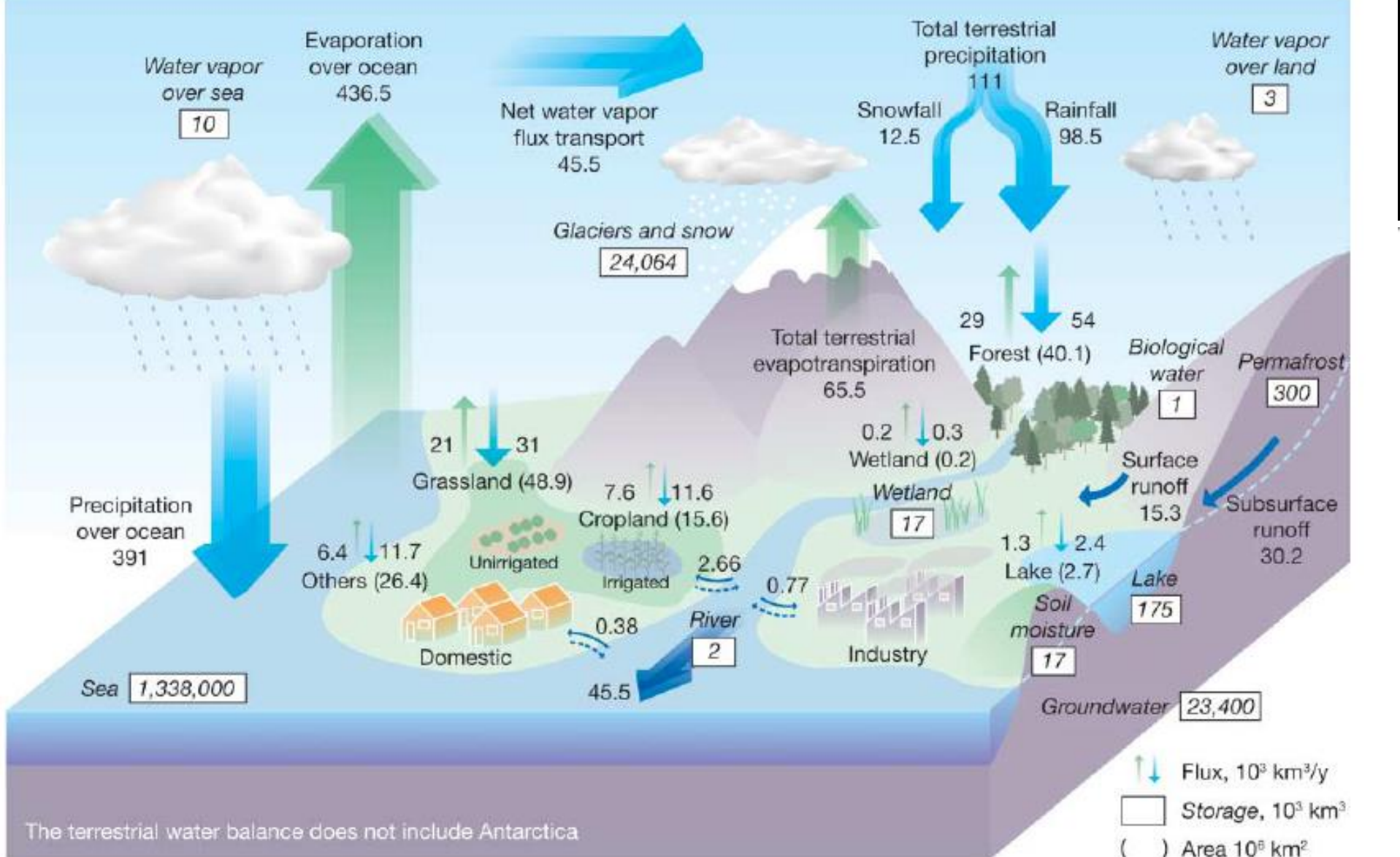


Fig. 1. Global hydrological fluxes ($1000 \text{ km}^3/\text{year}$) and storages (1000 km^3) with natural and anthropogenic cycles are synthesized from various sources (1, 3–5). Big vertical arrows show total annual precipitation and evapotranspiration over land and ocean ($1000 \text{ km}^3/\text{year}$), which include annual

precipitation and evapotranspiration in major landscapes ($1000 \text{ km}^3/\text{year}$) presented by small vertical arrows; parentheses indicate area (million km^2). The direct groundwater discharge, which is estimated to be about 10% of total river discharge globally (6), is included in river discharge.

Global Hydrological Cycles and World Water Resources

Taikan Oki^{1,2,3,4*} and Shinjiro Kanae^{1,4*}

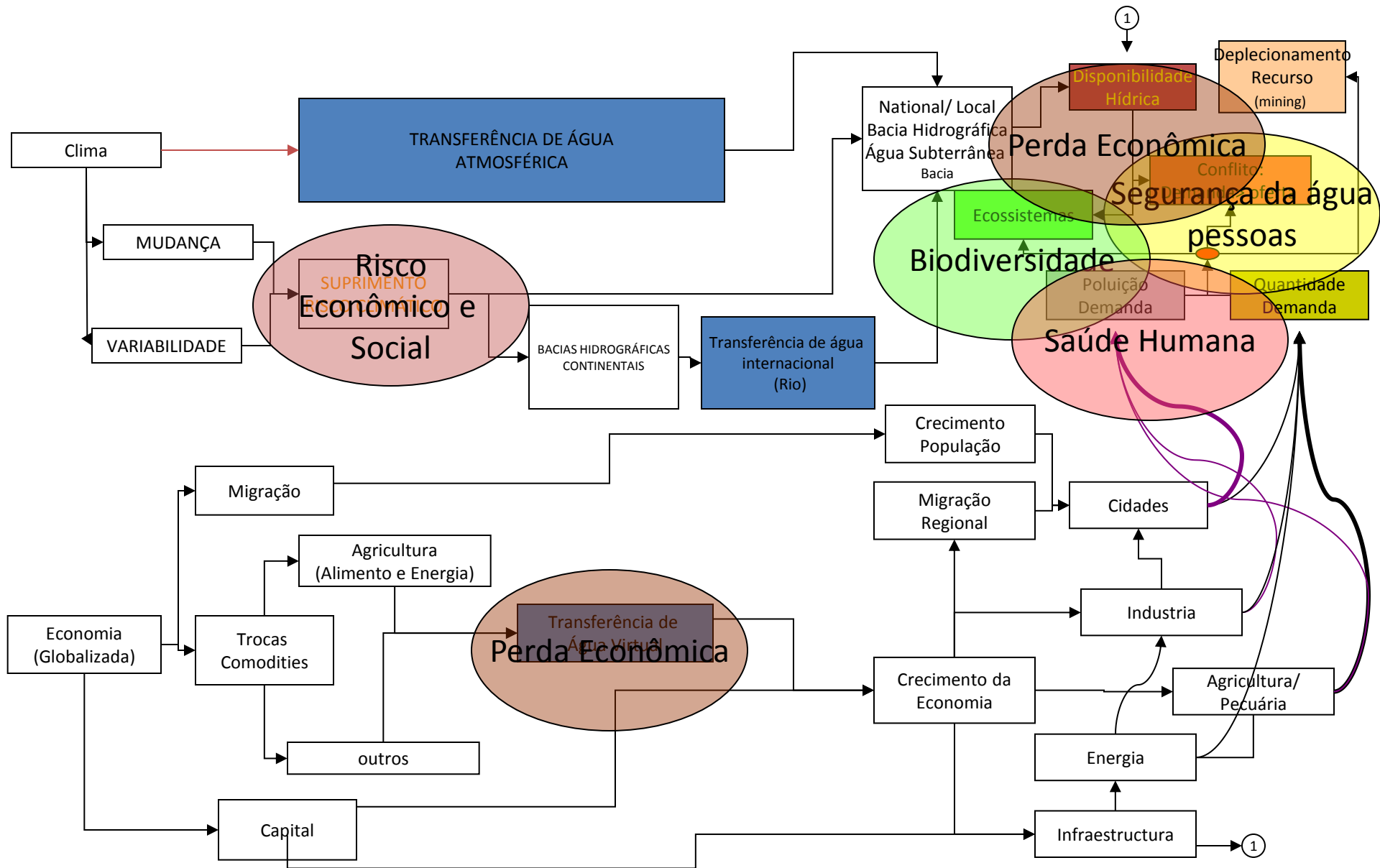
ESTRUTURA DO PROBLEMA DA ÁGUA: DIAGRAMA DE INTERINFLUÊNCIA

Global

Regional

National

Local



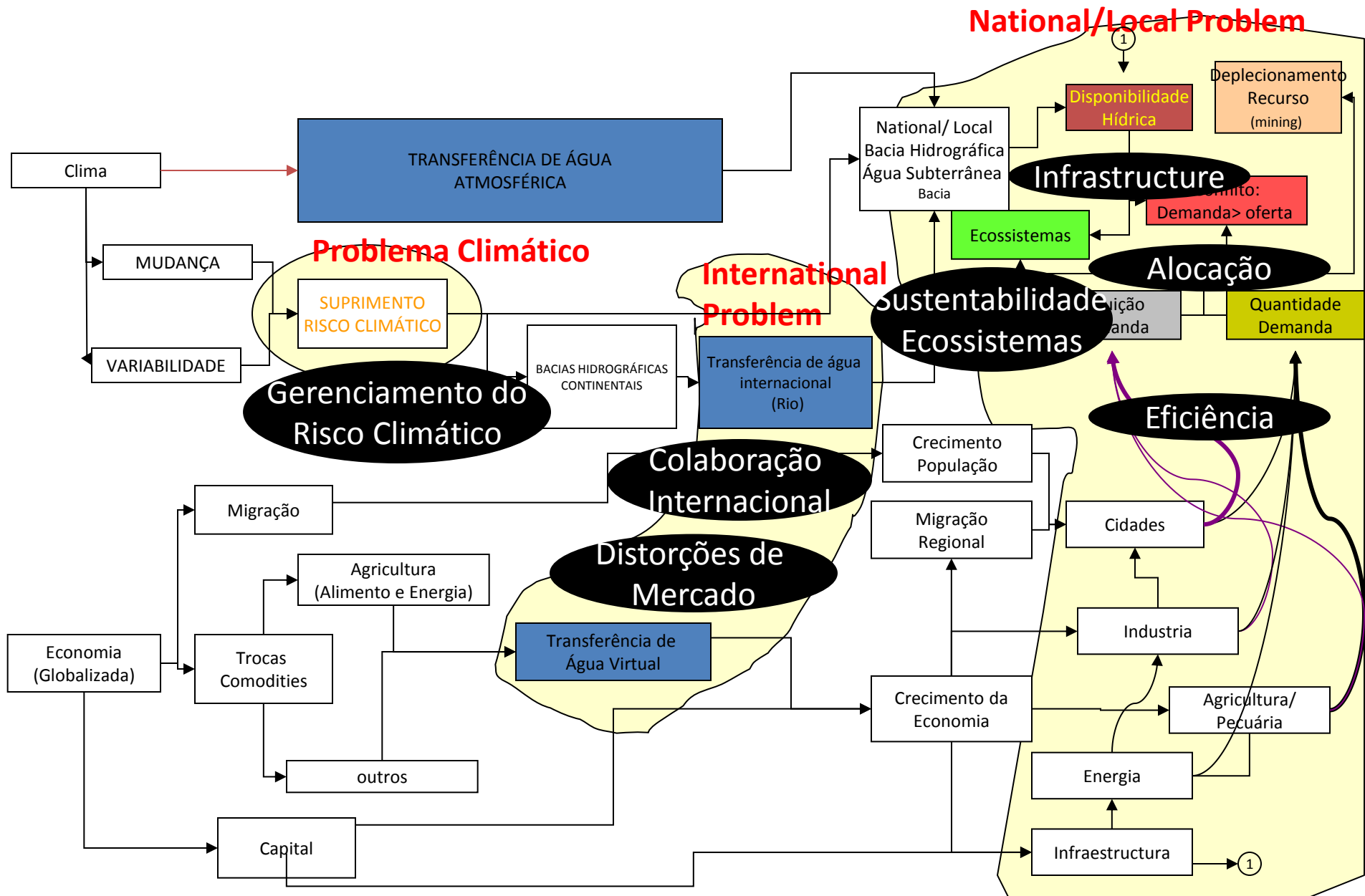
ESTRUTURA DO PROBLEMA DA ÁGUA: DIAGRAMA DE INTERINFLUÊNCIA

Global

Regional

National

Local



Mundo Incerto e Complexo

Solução = Vontade Política +
Recursos Financeiros +
Conhecimento



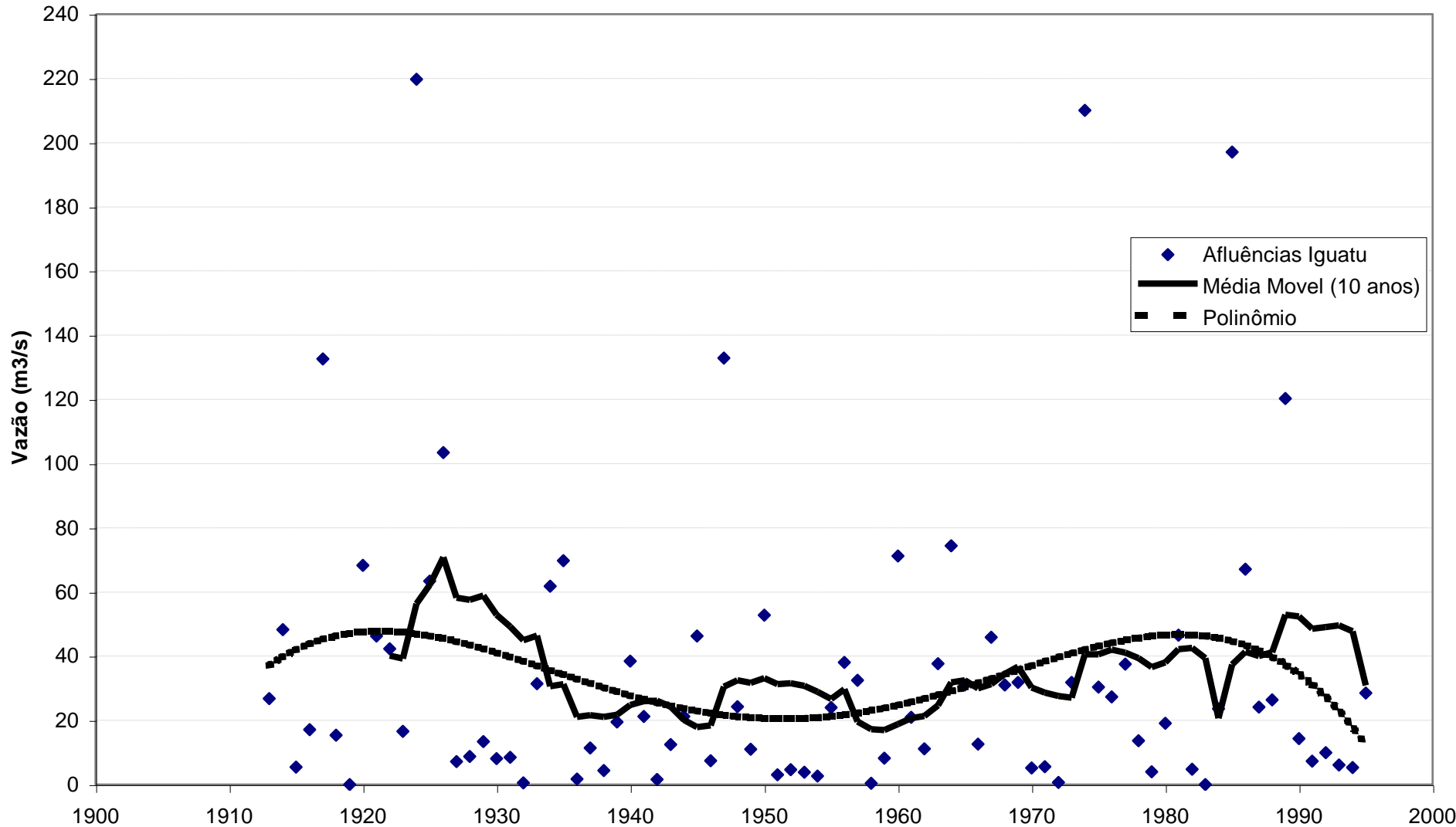
SEGURANÇA HÍDRICA EM UM MUNDO EM MUDANÇA: GESTÃO ADAPTATIVA

- Mundo em Mudança
 - Vetores : economia, clima, urbanização e cultura.
 - Característica: Incerteza e Complexidade
- Política de Recursos Hídricos como espaço potencial de integração de políticas públicas
 - Nexus clima-água-agricultura-energia-cidades
- Gestão Adaptativa
 - Resiliência
 - Robustez

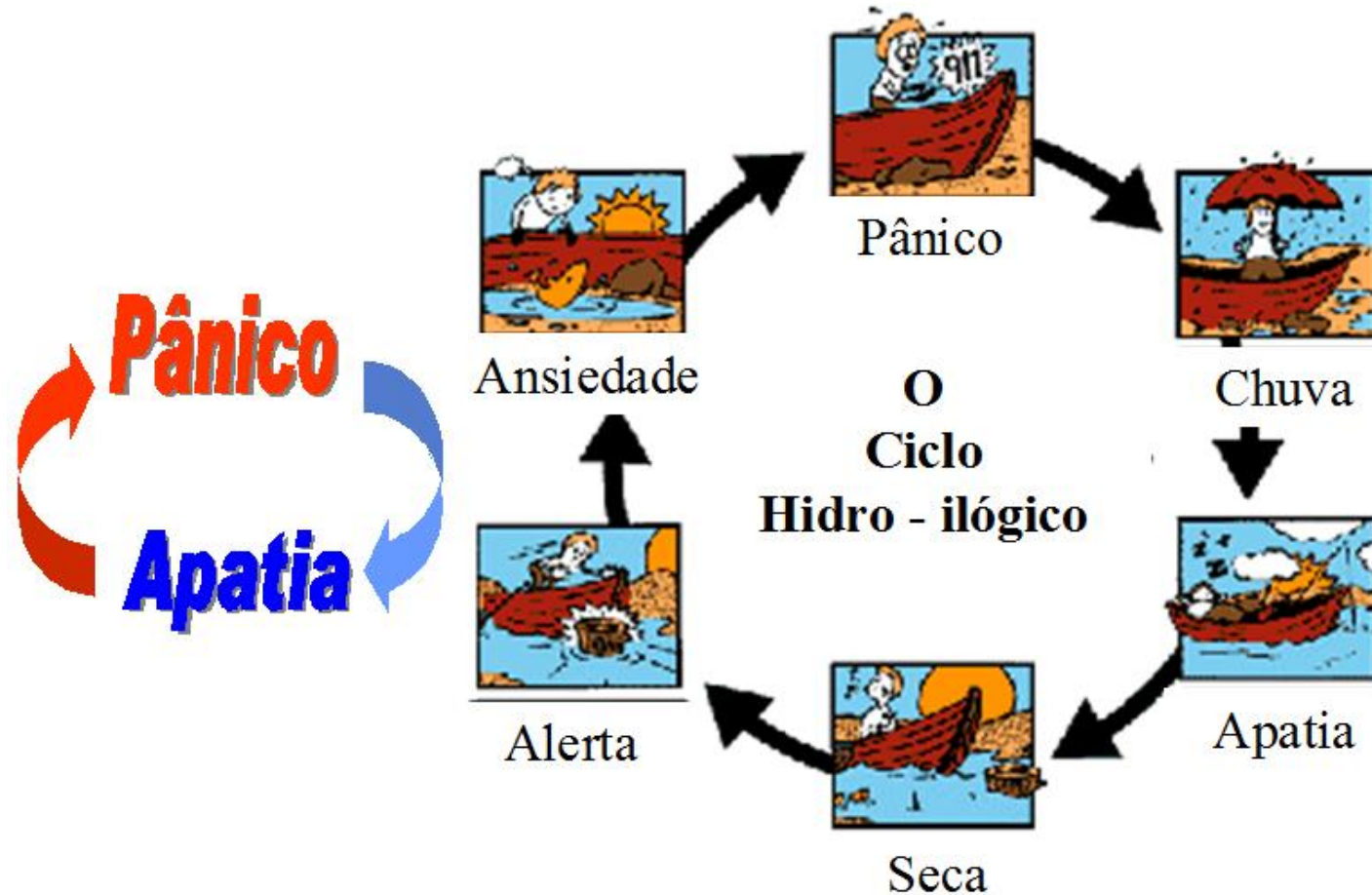


RISCO CLIMÁTICO

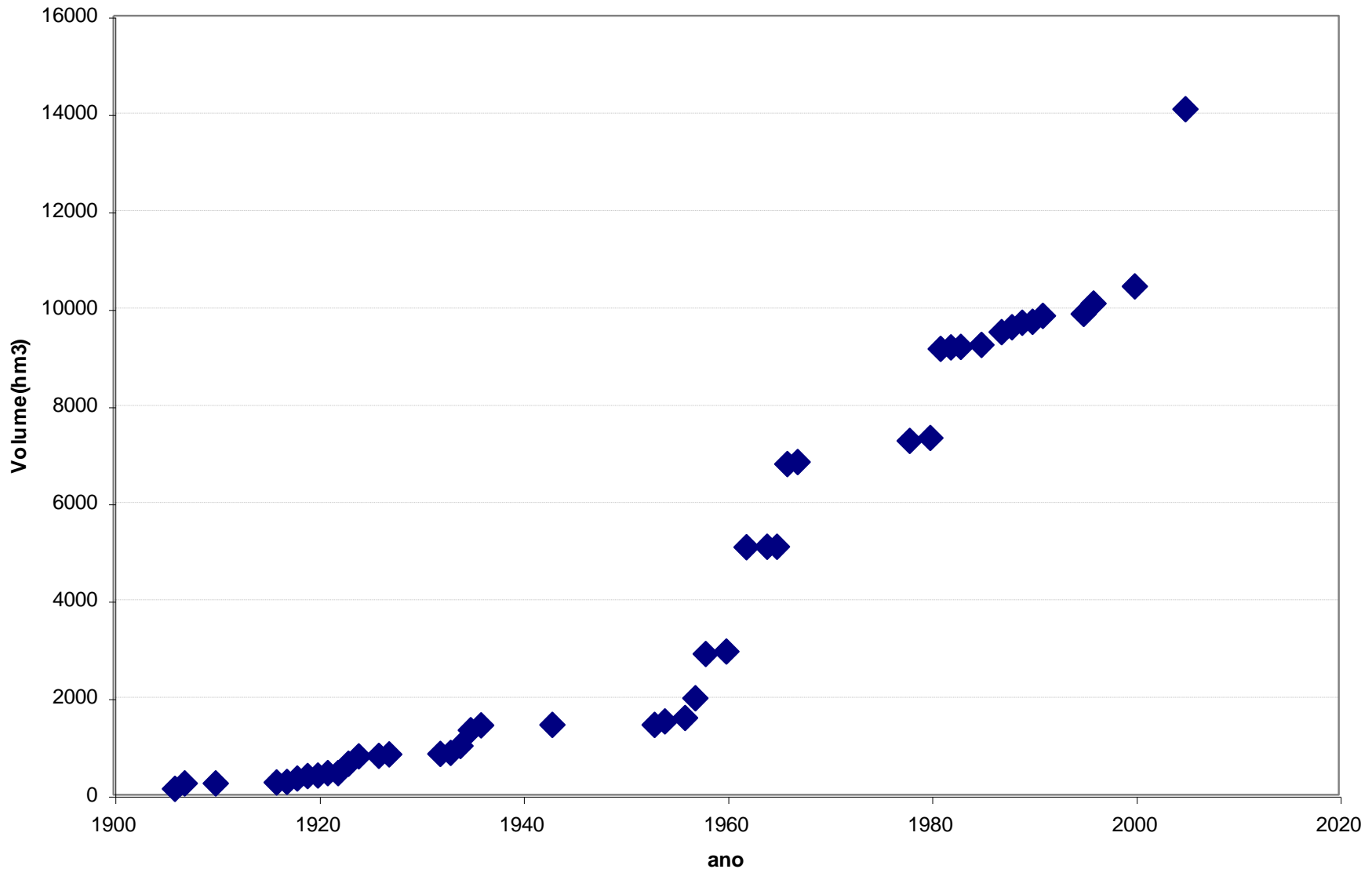
ALTA VARIABILIDADE TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES E VAZÕES



Resposta Reativa às Secas



Segurança Hídrica e Infraestrutura de Recursos Hídricos: Evolução da Capacidade de Estocagem de água no Ceará





**Infraestrutura de Estocagem e
Transferencia Hídrica é necessária
mas não é suficiente para a
Segurança Hídrica**



Dimensões da Gestão dos Recursos Hídricos

- **Gestão da Oferta**
 - Operação com excelência da infraestrutura de estocagem e transferência hídrica
 - Transposição de Bacias
 - Novos Mananciais (reuso e dessalinização)
 - Planejamento da oferta de água para populações rurais difusas

- **Gestão da Demanda**
 - Conservação de Água
 - Flexibilidade
 - Aprimoramento da outorga e cobrança para anos extremos (secos)
 - Utilização de instrumentos econômicos como seguros para mitigar/transferir risco

- **Gestão de Conflitos**
 - Arcabouço Político/Jurídico/Institucional
 - Gestão de Secas (transversal)

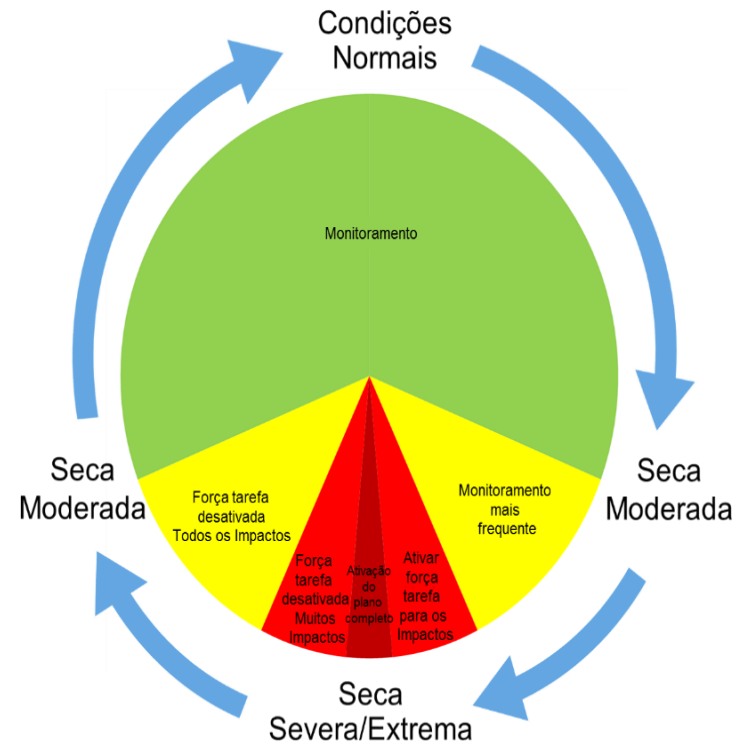


Clima e Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos

- **Planejamento**
 - Previsão – Controle – Eficiência
 - Cenários – Adaptação – Robustez
- **Outorga / Alocação**
 - Longo Prazo – Definição da Infraestrutura Instalada
 - Curto Prazo – Níveis de Racionamento e Transferência de risco entre setores
 - Alocação de Risco entre setores (transferência de risco)
- **Cobrança**
 - Seguros / Compensação Financeira / Fundos
- **Enquadramento**
 - Qualidade da água e clima
- **Sistema de Informações**

Gestão Proativa de Secas:

Política de Secas para Hidrossistemas e Centros Urbanos



Planejamento de seca na visão de gestão de risco.
Fonte: National Drought Mitigation Center (NDMC).



"Demoiselles d'Avignon" - pintura cubista de Pablo Picasso

FIM

assis@ufc.br



- 1 SIN Chaval-Barroquinha
- 2 SIN Senador Sá-Uruoca
- 3 SIN Coreaú-Moraújo
- 4 SIN Jaburu-Ibiapaba
- 5 SIN Rerutaba-Varijota
- 6 SIS São Gonçalo do Amarante
- 7 SIN Gavião Pecém
- 8 SIN Gavião
- 9 SIN Acarape do Meio
- 10 SIN Acarape-Barreira-Redenção
- 11 SIN Araçoiaba-Baturité
- 12 SIN Pacajus-Horizonte-Chorozinho
- 13 Eixo Castanhão - RM Fortaleza
- 14 Eixo Castanhão - RM Fortaleza
- 15 Canal do Trabalhador
- 16 SIN Baixo-Ipamirim-Umarí
- 17 SIN Cariús-Jucás
- 18 SIN Araripe-Campos Sales-Salitre

Avaliação Oferta/Demanda das Sedes Urbanas - 2015

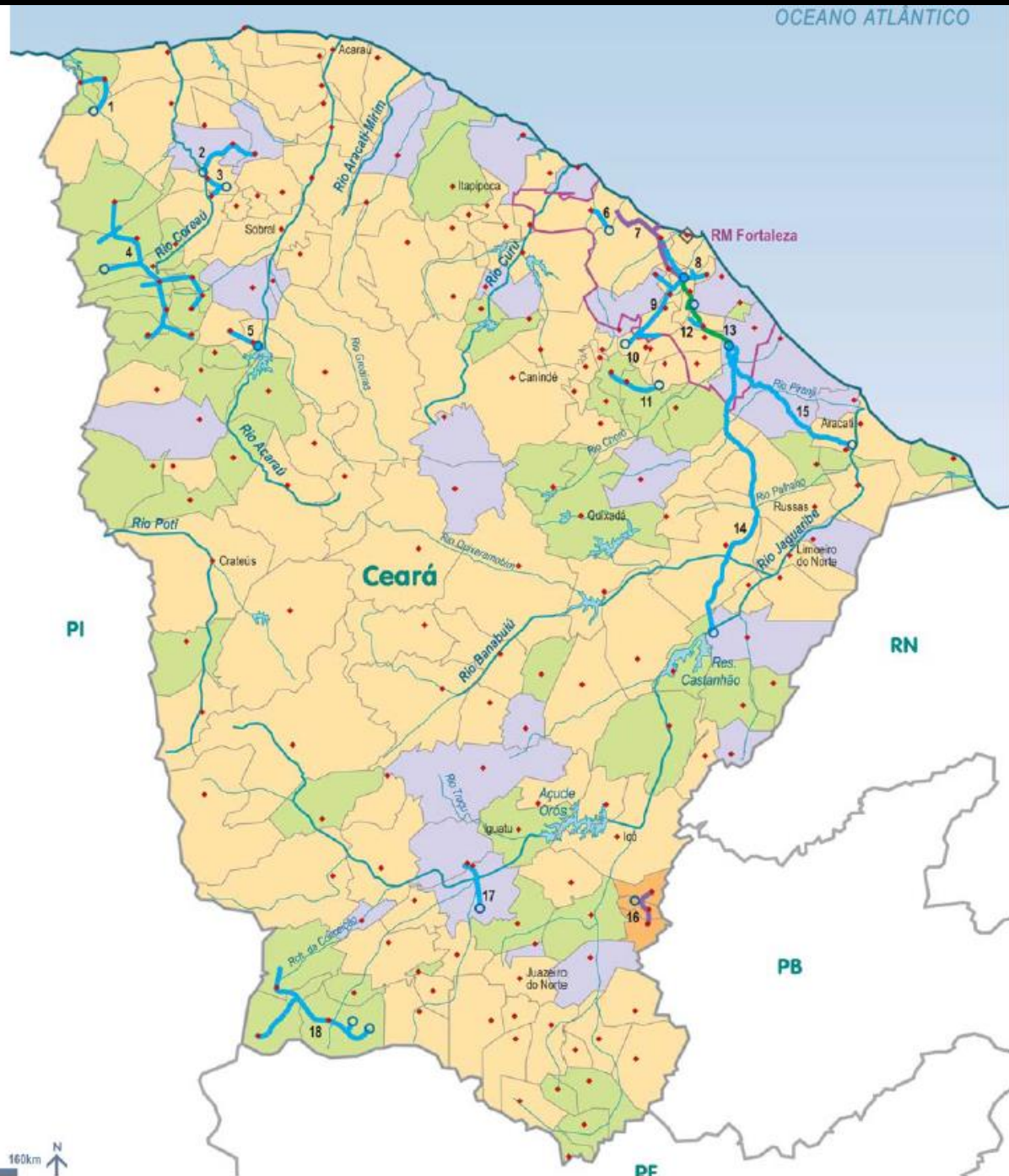


CE

Demanda total - 2025:
25,71 m³/s

OBRAS PREVISTAS - Cenário 2025

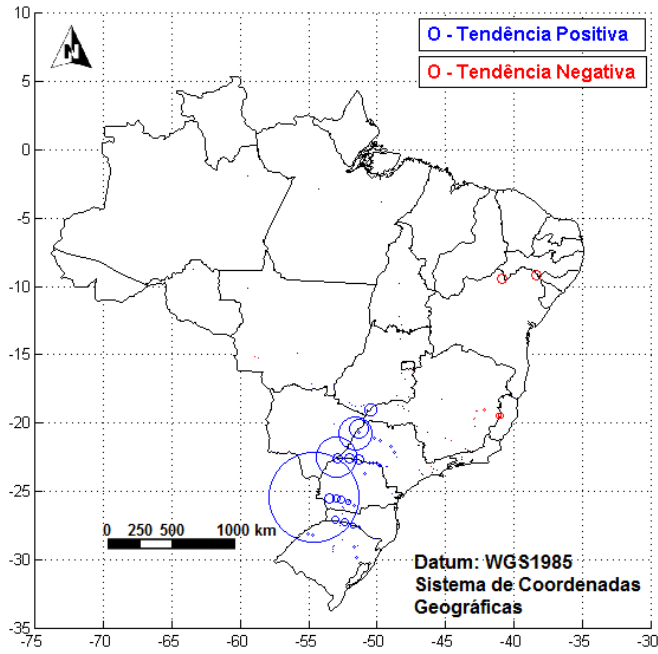
- Conexão a sistema integrado
- Adoção de novo manancial
- Adequação do sistema existente
- Abastecimento satisfatório
- Sistema existente
- Sistema em obras
- Sistema planejado
- Principais aglomerados urbanos



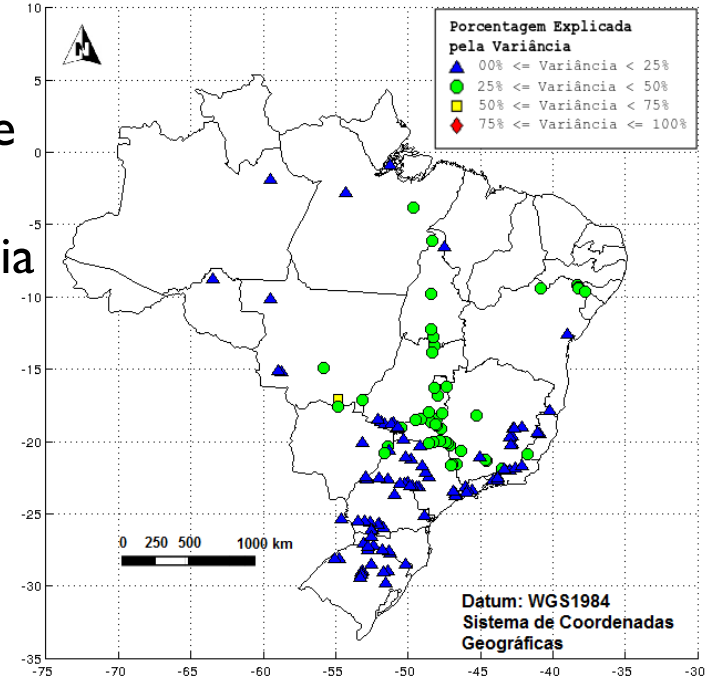
CEARÁ - ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Investimento Total no Estado: R\$ 1,03 BILHÃO

SOLUÇÃO ADOTADA	Nº DE MUNICÍPIOS	SISTEMA EXISTENTE	MANANCIAL ATUAL	MUNICÍPIOS (sedes urbanas)	INVESTIMENTOS (R\$ milhões)
Conexão a sistema integrado	3	Isolado	Superficial/misto	Baixio, Ipaumirim, Umari	12,63
Adoção de novo manancial	8	Isolado	Superficial/misto	Acopiara, Antonina do Norte, Aquiraz, Beberibe, Granjeiro, Ibaretama, Paracuru, Trairi	150,08
	15	Isolado	Subterrâneo	Alto Santo, Amontada, Apuiarés, Aurora, Cariré, Cascavel, Deputado Irapuan Pinheiro, Ererê, Fortim, Groaíras, Ipueiras, Itatira, Madalena, Palmácia, Quixerê	176,05
	1	Integrado	Superficial/misto	Maranguape	16,25
	4	Integrado	Subterrâneo	Cariús, Jucás, Senador Sá, Uruoca	5,96
Adequação de sistema existente	52	Isolado	Superficial/misto	Aiuaba, Alcântaras, Assaré, Banabuiú, Boa Viagem, Canindé, Caridade, Caririçu, Catarina, Catunda, Cedro, Crateús, Forquilha, Granja, Icó, Independência, Irauçuba, Itaitinga, Itapagé, Itapiúna, Jaguaratama, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Martinópolis, Massapê, Meruoca, Miraíma, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Morada Nova, Orós, Paraipaba, Parambu, Pedra Branca, Pentecoste, Pereiro, Piquet Carneiro, Quiterianópolis, Quixeramobim, Russas, Saboeiro, Santa Quitéria, São Gonçalo do Amarante, São Luís do Curu, Senador Pompeu, Sobral, Solonópolis, Tabuleiro do Norte, Tamboril, Tauá, Tejuçuoca, Umirim	148,29
	32	Isolado	Subterrâneo	Abaiera, Acaraú, Aracati, Ararendá, Aratuba, Barbalha, Barro, Bela Cruz, Camocim, Crato, Croatá, Cruz, Farias Brito, Guaramiranga, Ibicuitinga, Itarema, Jardim, Jijoca de Jericoacoara, Juazeiro do Norte, Marco, Mauriti, Milagres, Missão Velha, Morrinhos, Mulungu, Nova Olinda, Pacoti, Quixelô, Santana do Acaraú, Santana do Cariri, São João do Jaguaribe, Tarrafas	71,39
	18	Integrado	Superficial/misto	Acarapé, Barreira, Caucaia, Chorozinho, Coreaú, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Horizonte, Maracanaú, Moraújo, Pacajus, Pacatuba, Redenção, Reriutaba, Tururu, Uruburetama, Varjota	452,14
Satisfatórios (51)	Altaneira, Aracoiaba, Araripe, Arneiroz, Barroquinha, Baturité, Brejo Santo, Campos Sales, Capistrano, Carnaubal, Chaval, Choró, Frecheirinha, General Sampaio, Graça, Guaraciaba do Norte, Hidrolândia, Ibiapina, Icapuí, Iguatu, Ipaoranga, Ipu, Iracema, Itaiçaba, Itapipoca, Jaguaribara, Jaguaribe, Jati, Lavras da Mangabeira, Milhã, Mucambo, Nova Russas, Novo Oriente, Ocara, Pacujá, Palhano, Paramoti, Penaforte, Pindoretama, Pires Ferreira, Poranga, Porteiros, Potengi, Potiretama, Quixadá, Salitre, São Benedito, Tianguá, Ubajara, Várzea Alegre, Viçosa do Ceará				

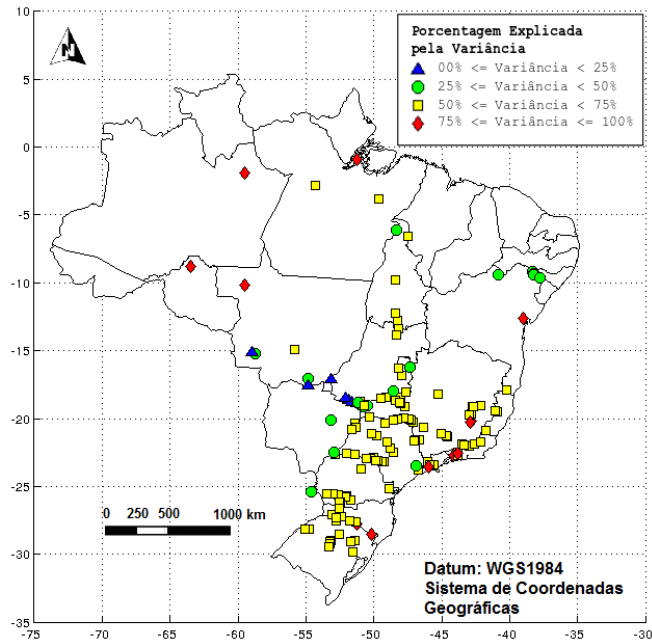
Declividade de Sen



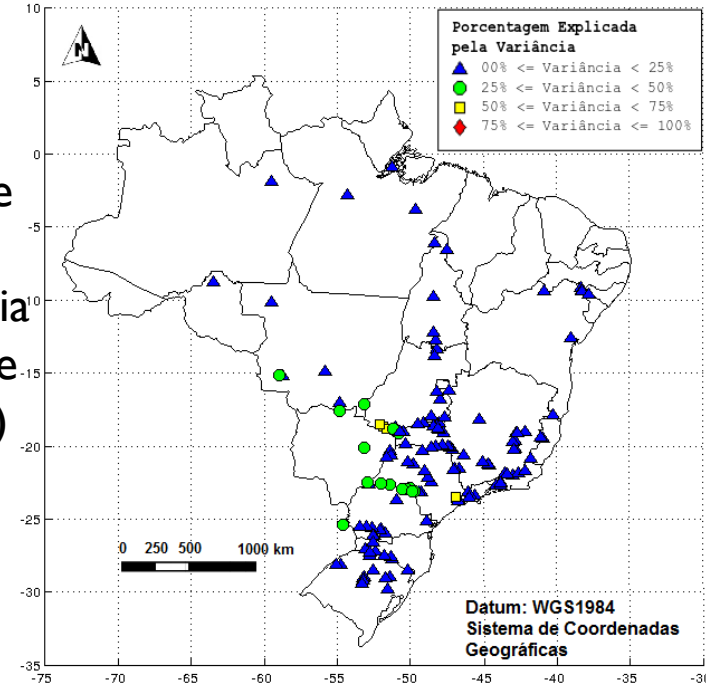
Banda de Média Frequência (9 a 39 anos)



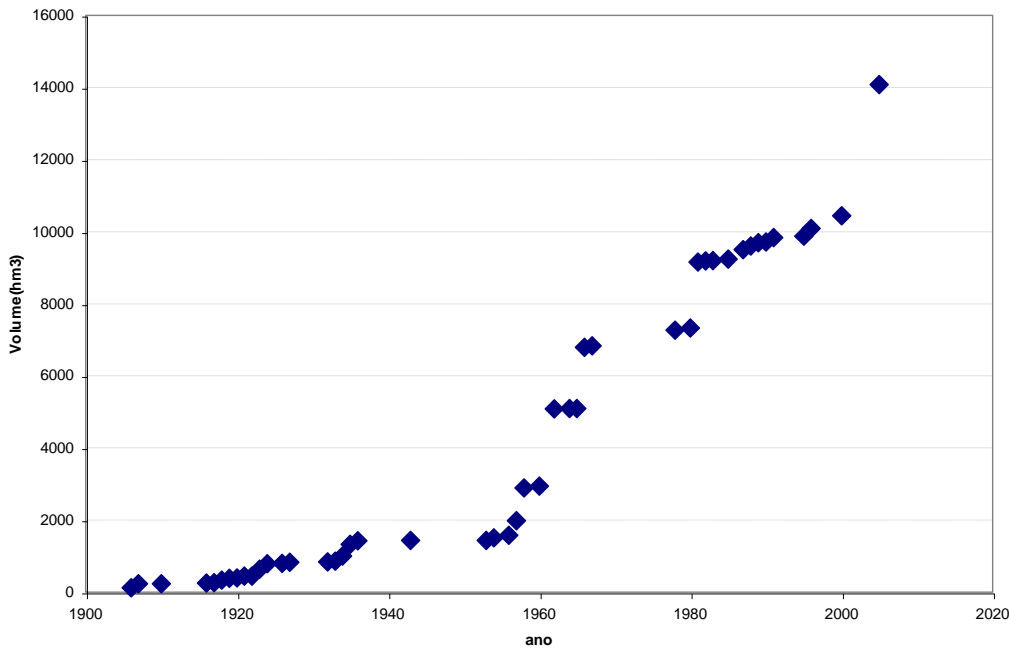
Banda de Alta Frequência (1 a 8 anos)



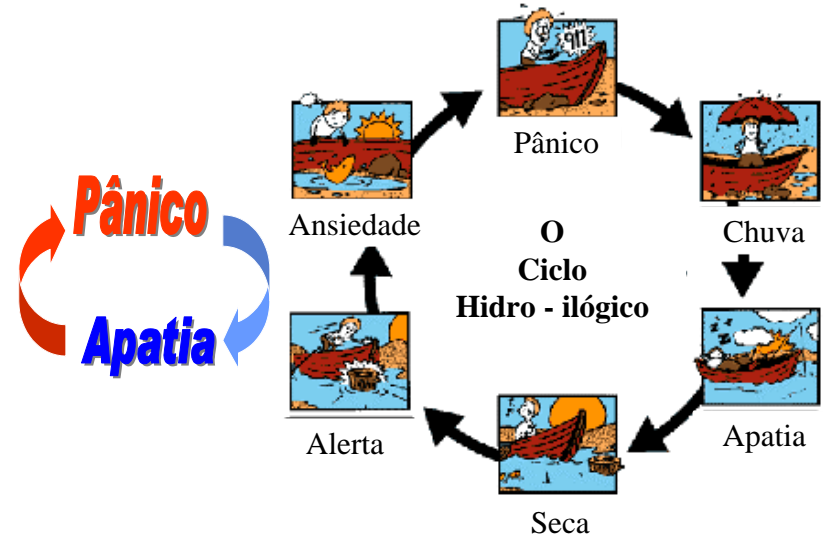
Banda de Baixa Frequência (acima de 40 anos)



Gestão Adaptativa Preativa/Proativa



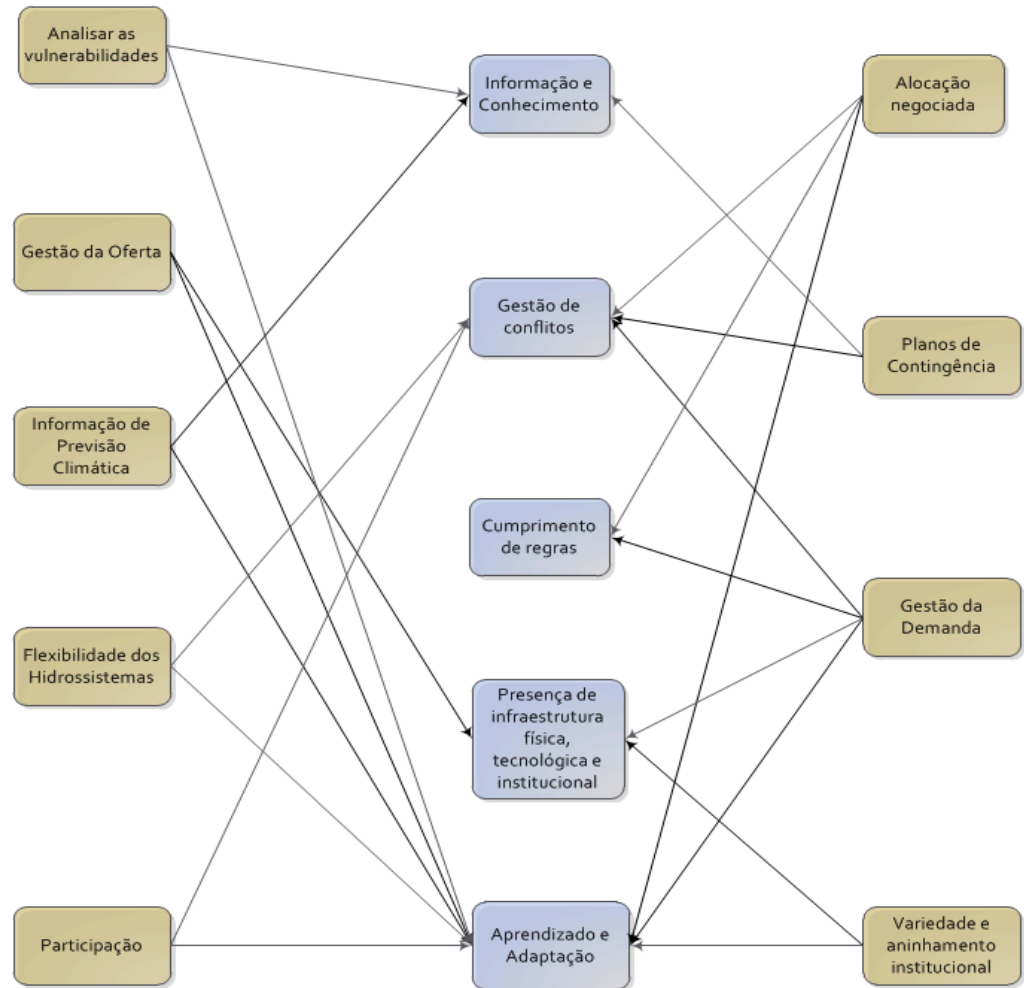
Evolução da Capacidade de Estocagem de Água no Ceará



(adaptado de National Drought Mitigation Center, USA)

Gestão Adaptativa

- Fornecimento de Informação
- Tratar com Conflitos
- Induzir o cumprimento das regras
- Prover Infra-estrutura
- Estar Preparado para Mudanças



Fundamentais para a Governança Adaptativa em Recursos Hídricos

■ **Informação e Conhecimento**

- geração e disponibilização de informações confiáveis e conhecimento sobre os sistemas naturais e humanos, incorporando as incertezas naturais e epistêmicas (existência de cadastros confiáveis e atuais de usuários, informação sobre as cultura, utilização de previsão climática, monitoramento, séries hidrológicas longas, base espacial de dados, etc);

■ **Gestão de conflitos**

- mecanismos para resolução de potenciais conflitos (existência de comitês de bacia, estímulo da participação do usuário, existência de mecanismos de alocação negociada, flexibilidade na alocação em anos secos, existência de planos de contingência, capital social, etc);

■ **Cumprimento de Regras**

- regras de utilização dos recursos bem definidas e adaptadas à realidade local, de amplo conhecimento, e com mecanismos que induzam o seu cumprimento, com sanções compatíveis às violações;

■ **Presença de infraestrutura física, tecnológica e institucional**

- a forma com que os recursos hídricos serão gerenciados depende da *infraestrutura física* existente (reservatórios, canais, adutoras, poços, etc), da *tecnologia disponível* (modelagem para previsão de Tempo e Clima, hidrológica e agrícola, modelos para simulação e operação de sistemas hídricos, sistema de monitoramento meteorológico e hidrológico, etc) e do *arcabouço institucional* (diversidade institucional, aninhamento das instituições, participação do usuário, etc);

■ **Aprendizado e Adaptação**

- as instituições devem ser concebidas para proporcionar a adaptação para lidar com novos problemas e contextos de mudança. O “aprendizado social”, baseado em participação diversa, através da qual surgem novos entendimentos compartilhados sobre as condições e problemas dos recursos, é considerado fundamental para a governança eficiente de recursos hídricos. Os instrumentos da gestão da demanda podem ser entendidos como essenciais para garantir o aumento da resiliência do sistema diante das incertezas e das mudanças.

Medidas de adaptação necessárias para operacionalizar os cinco princípios da gestão adaptativa

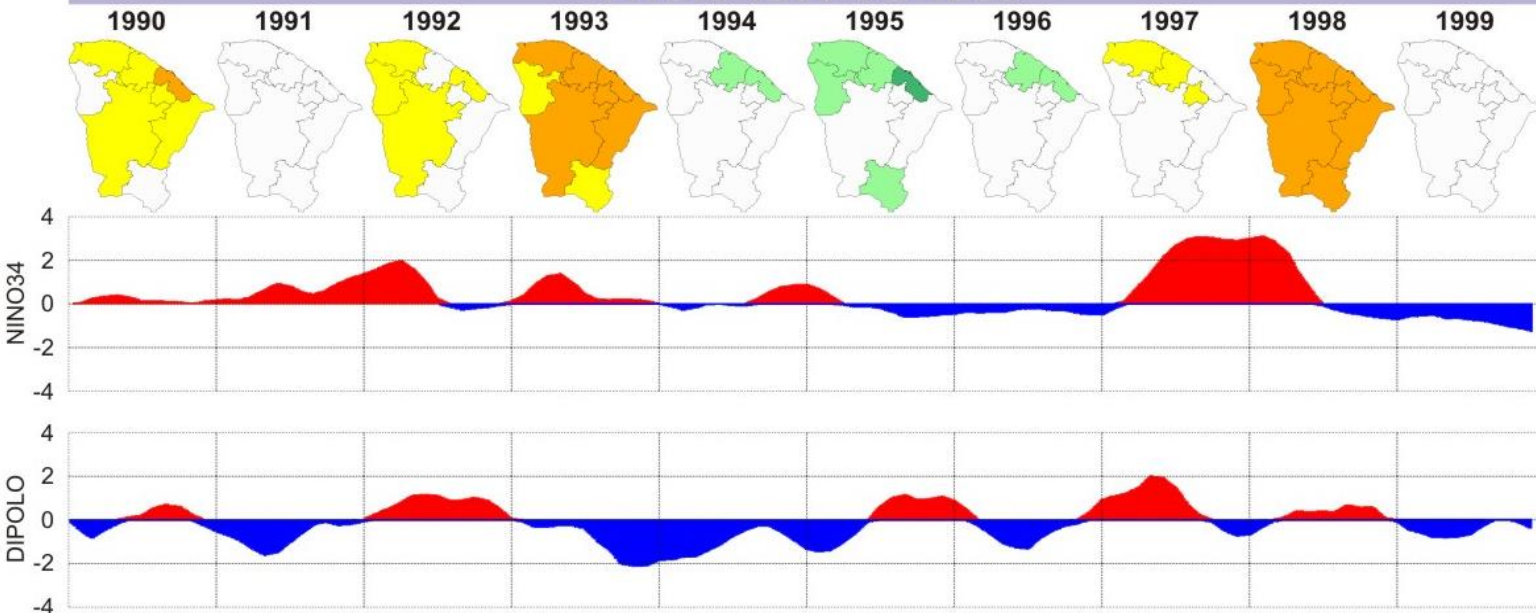
- ***Redução Vulnerabilidade do sistema analisada***
 - a partir de ações estruturais e não estruturais dos sistemas hídricos como os modelos legais, institucionais e técnicos e os procedimentos econômicos - considerando as mudanças e a variabilidade climática;
- ***Flexibilidade e capacidade de adaptação***
 - alcançada através de ações estruturais e não estruturais. Como exemplo dos processo que estão associados a esta flexibilidade cita-se: a) o sistema de alocação de água flexível deverá prevê formas ágeis de realocação de água em anos secos; b) um sistema de oferta hídrica que disponha de mananciais alternativos (tais como reuso e dessalinização) e boa capacidade de transporte espacial desta disponibilidade;
- ***Água como uma política pública fundamental para o desenvolvimento das demais políticas setoriais.***
 - Analisar os processos e condicionantes históricos que levaram a afirmar que o entendimento de que o homem é o foco da questão, e que de uma certa forma, faz-se necessário conviver e integrar diferentes formas e setores de produção (da subsistência a indústria petroquímica) são elementos indispensáveis para a construção de uma solução socialmente justa e tecnicamente sustentável para o Nordeste;
- ***Gestão da oferta (infraestrutura hidráulica e transposições de bacias)***
 - através do aumento da capacidade de armazenamento de água, transportando a água no tempo, mitigará os efeitos da variabilidade temporal, e através das transposições de bacias para mitigar os efeitos da variabilidade espacial. Indica-se ainda outras fontes de suprimento alternativo: tais como reuso da água e dessalinização; aprimorar os sistemas de operação de reservatórios de curto prazo incorporando previsão climática; e aprimorar as ferramentas de operação de reservatórios de longo prazo com vistas a incorporar as incertezas oriundas da variabilidade e mudança climáticas;
- ***Gestão da demanda e a adaptação institucional***
 - como instrumentos essenciais para garantir o aumento da resiliência do sistema diante das incertezas e da variabilidade climática. Para isso sugerem os seguintes programas: a) cadastro de usuários de água; b) programa de hidrometração; c) programa para adaptar às mudanças; e d) transposições e integração de bacias; e) fiscalização como instrumento de garantia do direito de uso da água. O cadastro de usuários de água é fundamental para a implementação dos programas de promoção do direito de uso da água (outorga), hidrometração e cobrança. A hidrometração consiste na medição do consumo de água dos maiores e mais importantes usuários da bacia hidrográfica;

Medidas de adaptação necessárias para operacionalizar os cinco princípios da gestão adaptativa

- **Planejamento e gestão de riscos**
 - na construção de cenários futuros para o planejamento de longo prazo, levando-se em conta conjuntamente as incertezas nas vazões nas demandas futuras provenientes das mudanças do clima ou da modelagem do comportamento dos diversos atores econômicos e sociais que definem esta demanda. Desse modo, deve-se realizar a melhoria nos métodos de planejamento diante das incertezas por meio de ações de desenvolvimento e aplicação;
- **Elaboração de planos de contingência (a seca e cheias)**
 - associados ao planejamento de longo prazo e continuamente atualizados, pois estes planos orientarão as ações em momentos de eventos extremos, preparando as condições que mitiguem a ocorrência dos mesmos;
- **Aprimoramento dos modelos de previsão climática**
 - para geração de informação e sua utilização acopladas a modelos hidrológicos e agrícolas, a fim de avaliar os impactos na hidrologia e agricultura, ou na economia em geral;
- **Aprimoramento do conhecimento da natureza para prever mudanças**
 - visando avaliar melhor os processos físicos nas bacias hidrográficas;
- **Produção de conhecimento e trocas de conhecimentos**
 - entre as instituições de administração da água objetivando a atualização do mesmo sobre impactos da variabilidade e mudanças de clima no setor.

Variabilidade do Regime de Chuvas e Índices Climáticos

FROM 1990 TO 1999

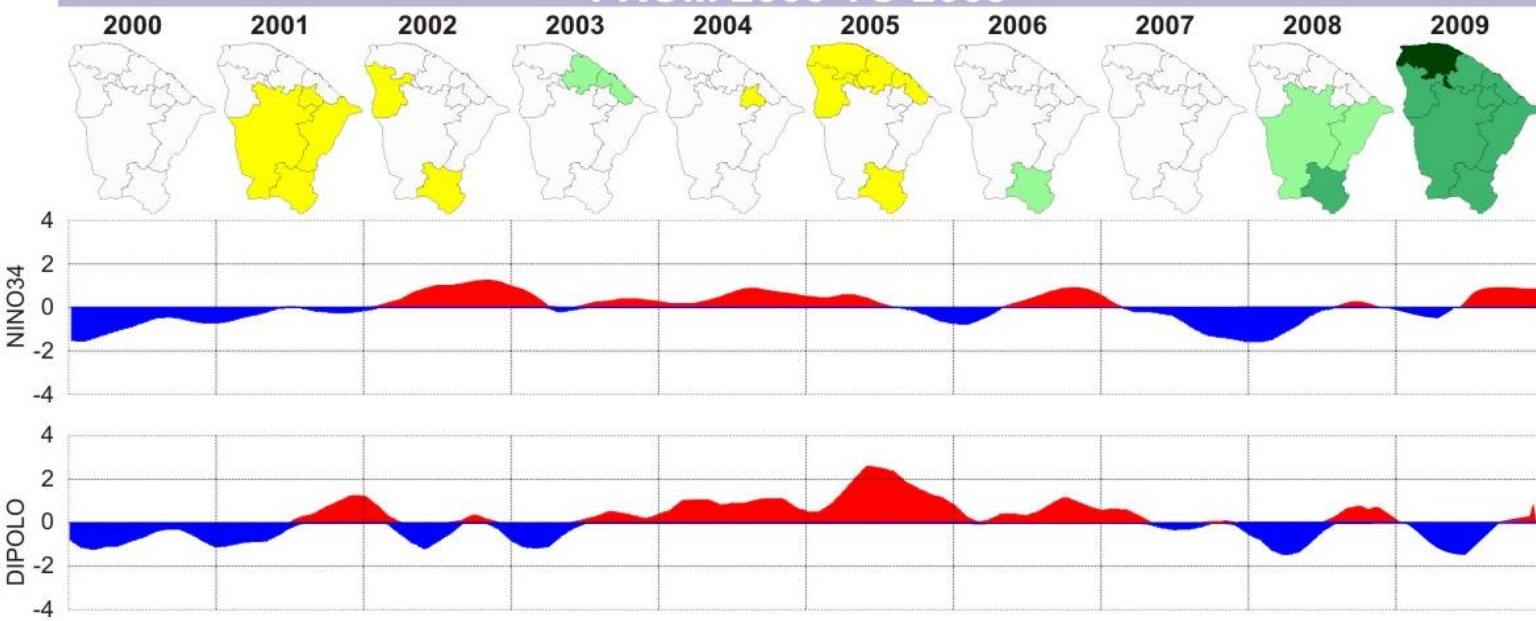


Regiões

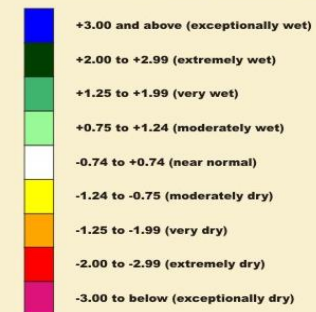
REGIONS OF THE STATE OF CEARÁ



FROM 2000 TO 2009



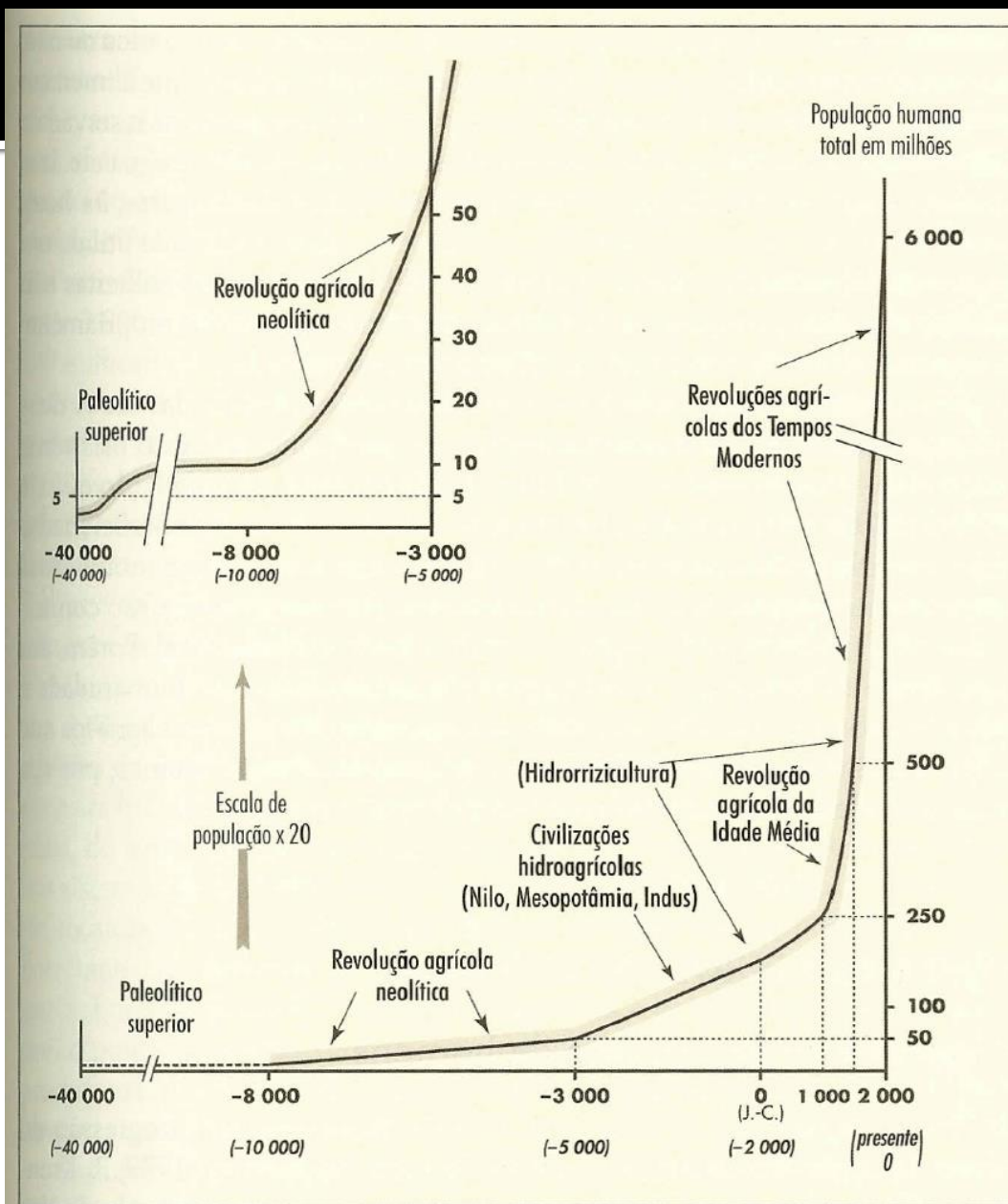
STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX







Progressão da população humana em relação ao desenvolvimento do sistema agrário no Mundo



Consumo de Energia nos Diferentes Estágios de Desenvolvimento do Homem

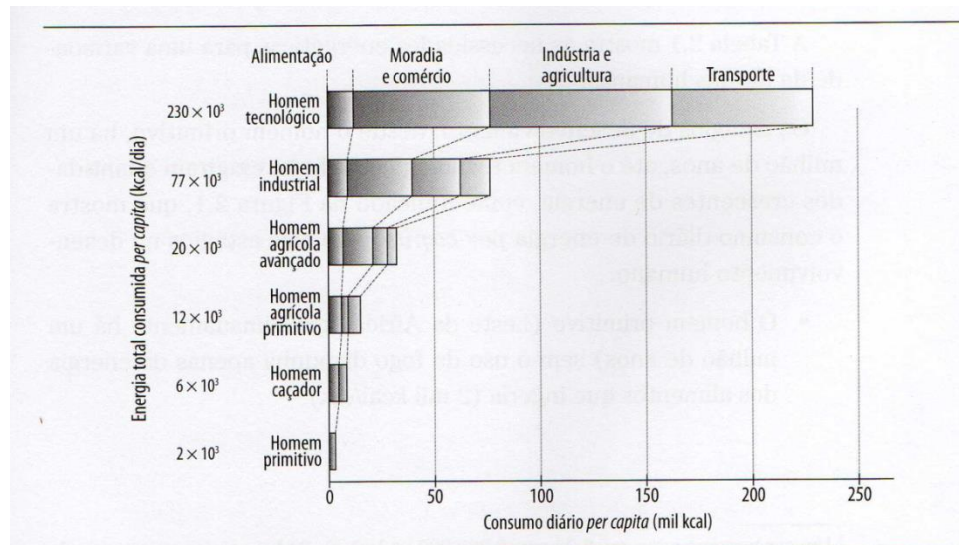


FIGURA 2.1 – Estágios de desenvolvimento e consumo de energia.
Fonte: Referências [1], [2].

TABELA 2.2 – População humana segundo estágios de desenvolvimento e consumo total de energia

Estágio de desenvolvimento	Ano	População (10^6 habitantes)	Consumo diário per capita (10^3 kcal)	Consumo (10^9 kcal)
Agrícola avançado	-4.000 a.C.	80	12	960
	0	130		
	1.500 d.C.	450	20	9.000
	1.800 c.C.	900		
Industrial	1.950 d.C.	2.600	77	200.200
Tecnológico	2.000 d.C.	6.000	230	1.380.000

Fonte: Referências [1], [2].

Demanda Mundial de Energia

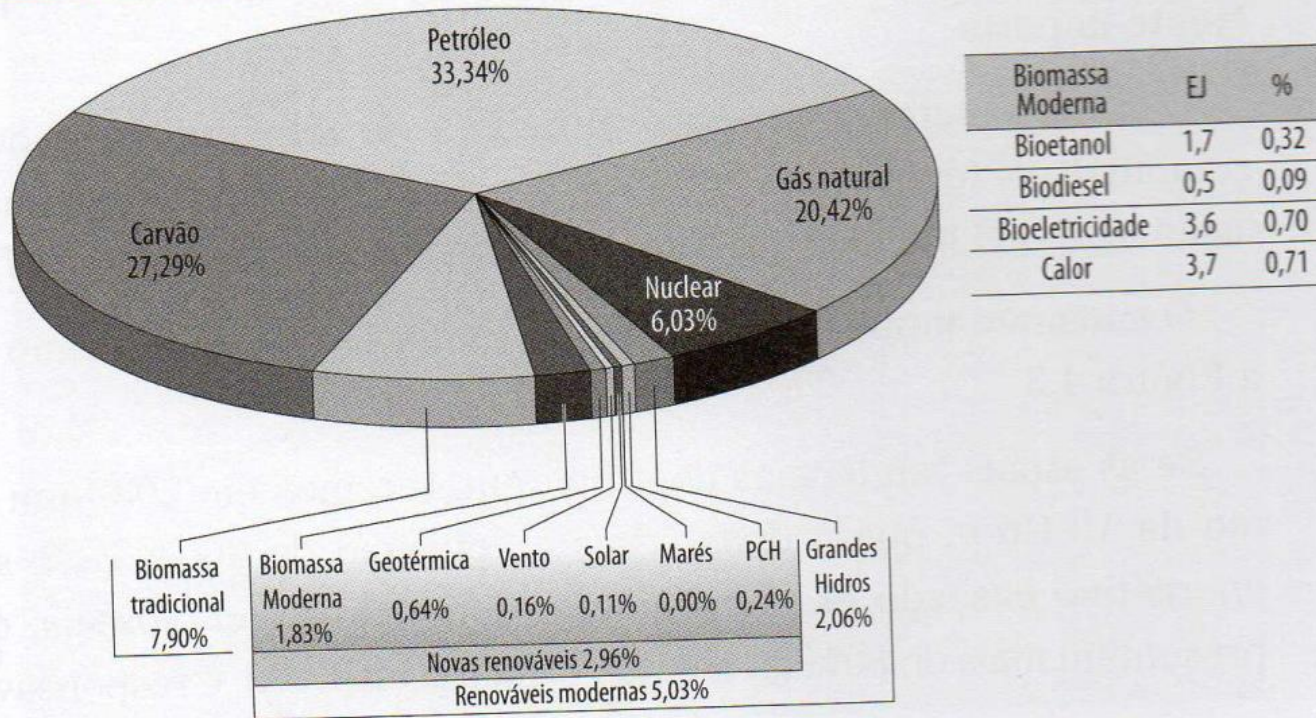


FIGURA 4.1 – Demanda mundial de energia primária (2008) Partes de 516 EJ.

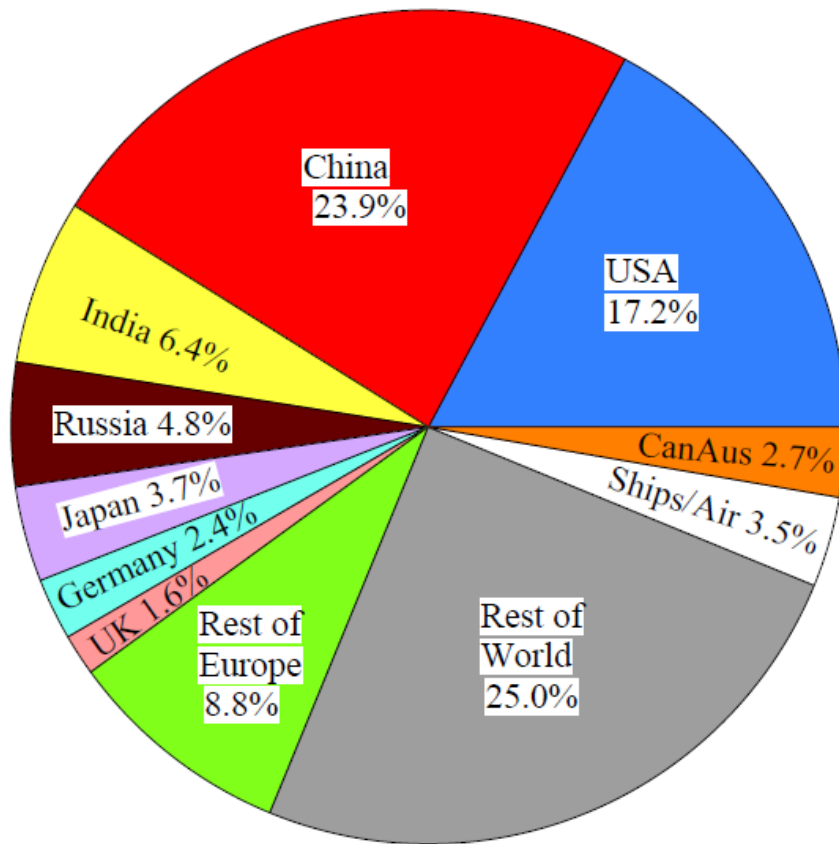
Fonte: Referência [2].

Política da Mudança Climática (Paradoxo de Giddens)

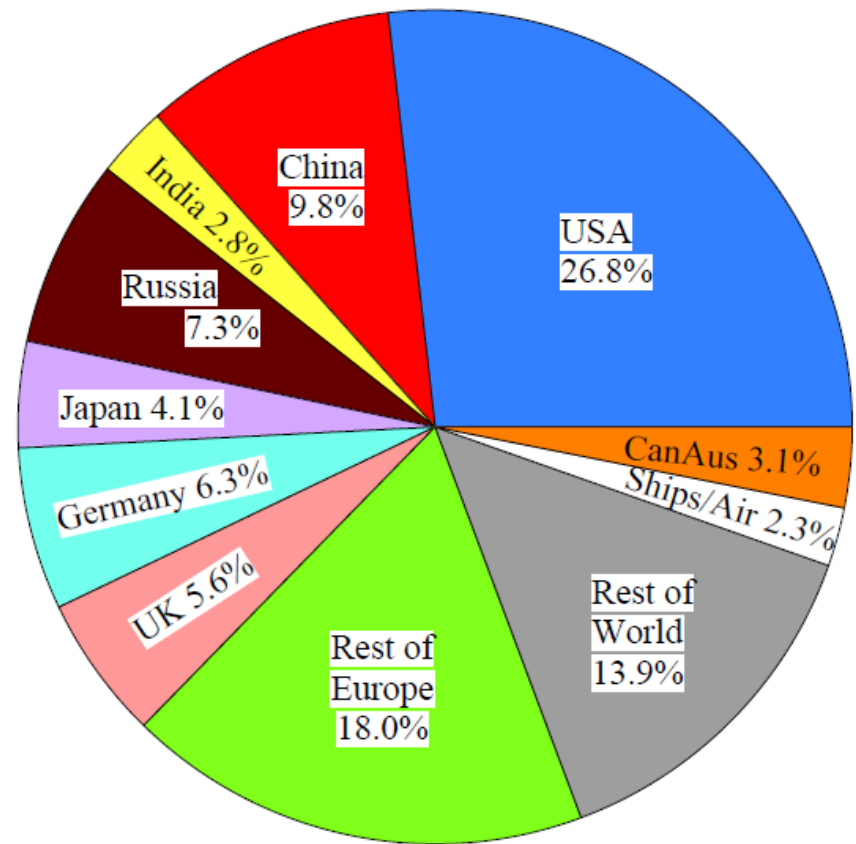


- “Os perigos do aquecimento global não são palpáveis, imediatos ou visíveis no decorrer da vida cotidiana, por mais assustador que se afigurem, muita gente continua sentada, sem fazer nada de completo ao seu respeito. No entanto, esperar que eles se tornem visíveis e agudos para só então tomarmos medidas sérias, por definição, tarde demais”

(a) 2010 Annual Emissions



(b) 1751–2010 Cumulative Emissions



• China tem as maiores emissões de combustíveis fósseis hoje. No entanto, a mudança climática é impulsionado por emissões cumulativas, nações tão desenvolvidos, especialmente os EUA, têm maior responsabilidade.