

Mapeamento das Áreas Inundáveis nas Margens do Rio São Francisco

*Marcos Airton de Sousa Freitas
Especialista em Recursos Hídricos
Coordenação de Acompanhamento de Reservatórios e
Sistemas Hídricos – CORSH
Superintendência de Operações e Eventos Críticos – SOE/ANA
24/10/2018*





ASPECTOS LEGAIS PARA O CONTROLE DE CHEIAS NO ÂMBITO DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS



BASE LEGAL

A Constituição Federal estabelece, no Título III, Capítulo II, Artigo 21º , Inciso XVIII, que compete à União: “Planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e inundações”.



BASE LEGAL

A Lei N° 9.433, em seu Art. 2º, inciso III, dispõe que são objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais”.



BASE LEGAL

A Lei N° 9.984, que cria a Agência Nacional de Águas – ANA, em seu Art. 4º, dispõe que cabe a ANA:

“Planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios”

“Definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas”

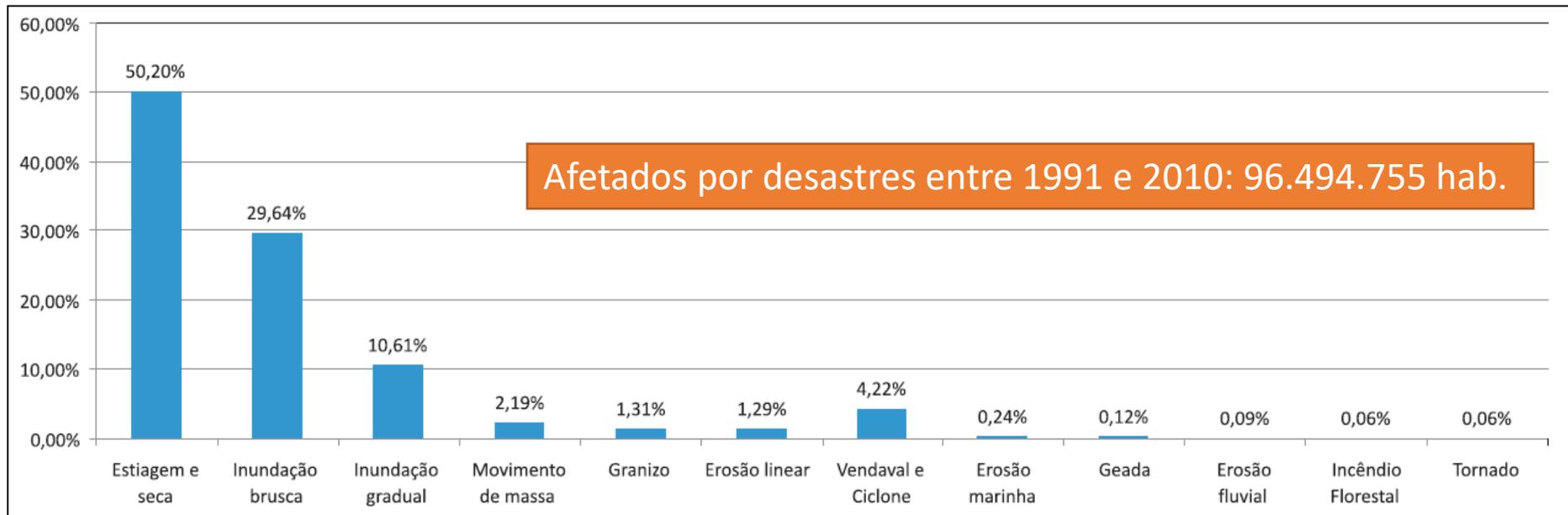


Eventos críticos no Brasil

Maior número de eventos: estiagens

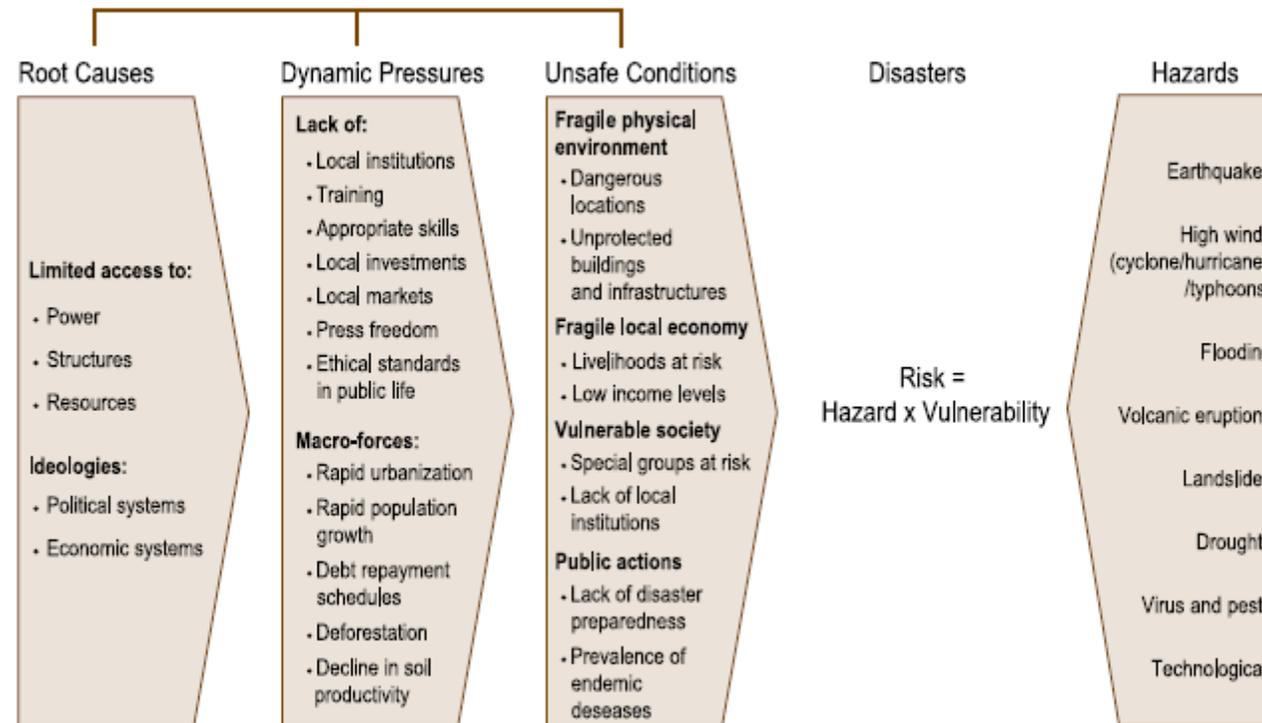
Maiores danos devido às chuvas:

- movimentos de massa
- enxurradas
- inundações





The Progression of Vulnerability



Source: Adapted from Blaikie et al., 1994

RISCO DE INUNDAÇÕES

Estruturação do Processo de Inundações

A linguagem associada ao conceito de risco está sendo incorporada progressivamente no planejamento referente à proteção contra inundações (Gouldby e Samuels, 2005 e Vrijling et al., 1995).

A definição técnica do risco pode integrar os seguintes três conceitos:

- ☒ Evento perigoso (“*hazard*”) – incerto mas susceptível de ser caracterizado probabilisticamente no que concerne a respectiva ocorrência potencial e magnitude física.
- ☒ Exposição – conjunto de bens pessoais, materiais ou ambientais susceptíveis de serem atingidos ou danificados pelo impacto resultante do evento perigoso em causa.
- ☒ Vulnerabilidade – grau expectável de dano ou de perda de resistência do exposto impacto resultante do evento perigoso. De acordo com Peeling et al., 2004, trata-se de um conceito fundamental e da responsabilidade humana sendo mesmo discutível a designação de catástrofe natural.

RISCO = (Probabilidade de inundação com magnitude M) x (Probabilidade de danos | inundação com magnitude M) x (Danos D)

$$\text{RISCO} = \int_{I_0}^{M_{\max}} \int_U^{D_{\max}} f_p(M) \cdot f_p(D|M) \cdot D dM dD \quad (1)$$

Sendo M_{\max} e D_{\max} os valores máximos prováveis ou possíveis das magnitudes e dos danos, f_p as funções de densidade de probabilidade e D os danos. Por definição D_{\max} Coincidirá com o valor inicial exposto ao impacto das inundações (valor sem danos). De um modo simplificado, a expressão anterior pode ser reduzida a um número finito N de situações potenciais de inundação:

$$\text{RISCO} = \sum_{i=1}^N P_M(M) \bar{D}_i(M) \quad (2)$$

Sendo \bar{D} o valor expectável ou provável dos danos associados a uma inundação de intensidade M na área em causa. Qualquer das definições é ainda equivalente a considerar o risco como valor expectável dos danos no período de tempo considerado (cada ano ou n anos)

Vulnerabilidade

A vulnerabilidade é um conceito associado ao do risco que pode ser introduzido do seguinte modo na expressão do risco:

$$\text{Risco} = \text{probabilidade (magnitude)} \times D_{\max} \times \frac{D}{D_{\max}}$$

sendo:

D_{\max} o valor quantitativo dos bens expostos ao impacto com uma determinada magnitude (de inundação) e,

$\frac{D}{D_{\max}}$, os danos potenciais relativos decorrentes do impacto do referido evento (vulnerabilidade específica).

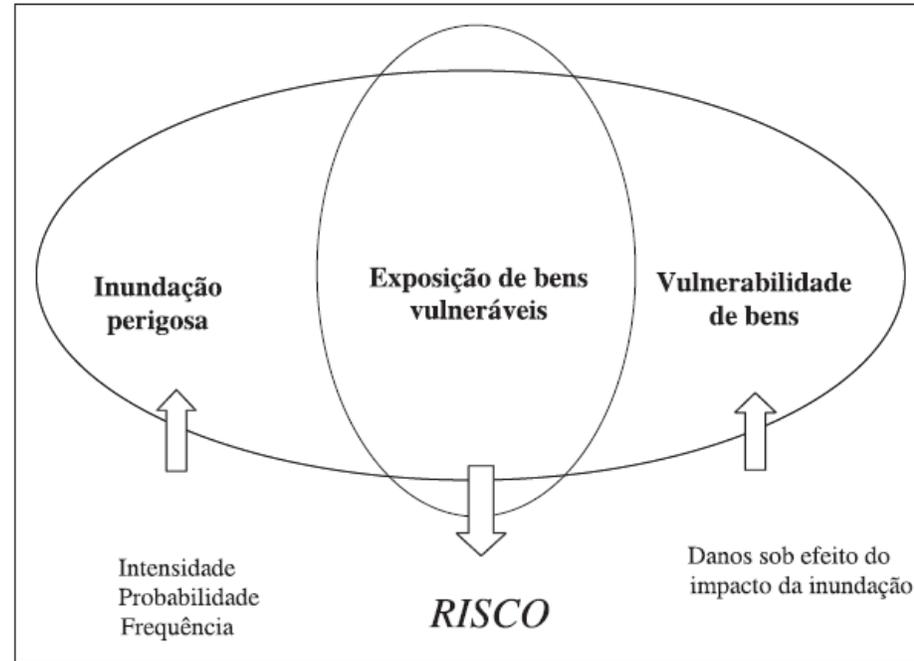
Nesta conformidade, o risco quantitativo pode ser estruturado do seguinte modo (Figura 1):

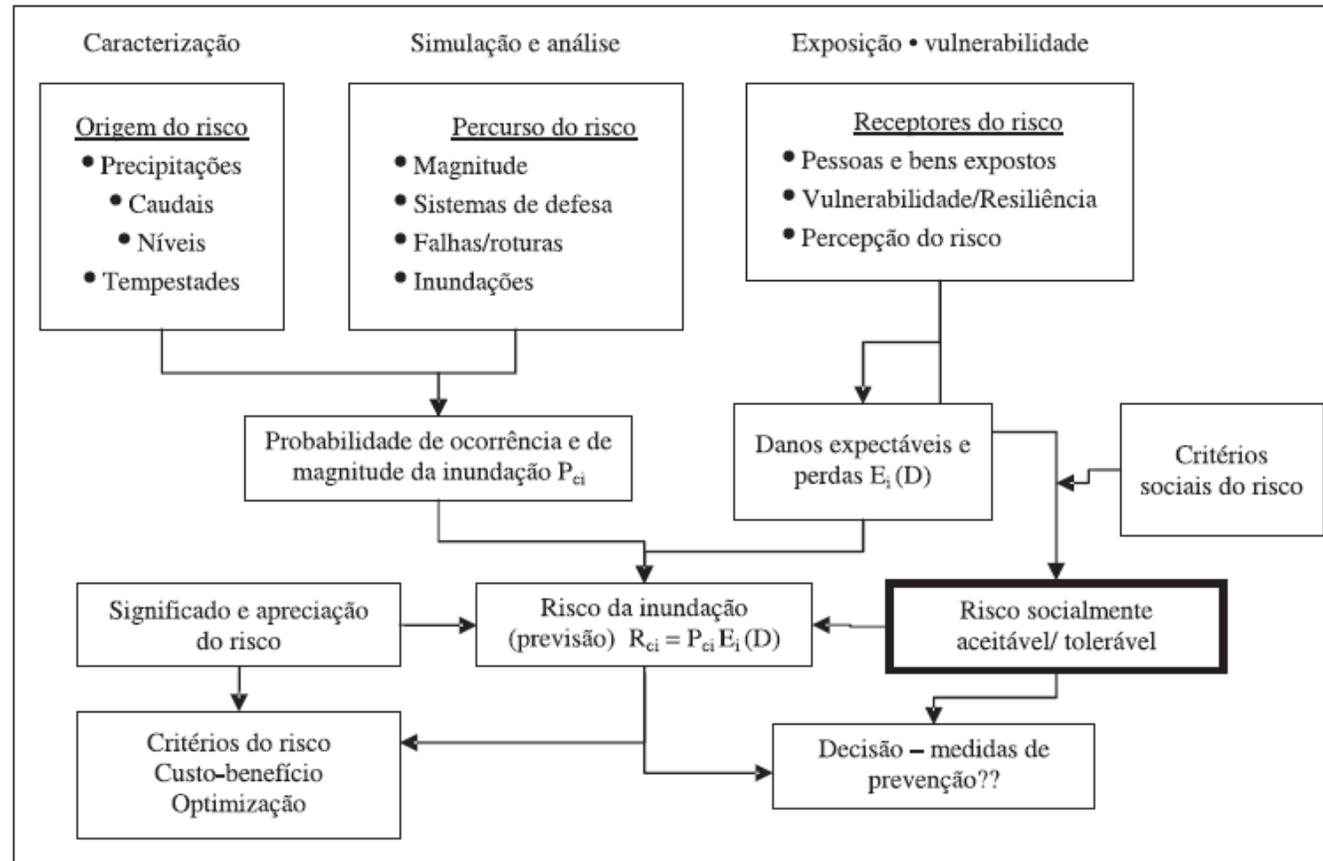
$$\text{Risco} = \text{Prob (Magnitude)} \cdot E \cdot V_e$$

Sendo

E = exposição à inundação (e.g. número de pessoas, de habitações ou valores económicos)

V_e = vulnerabilidade específica (danos potenciais resultantes) associados à inundação.





Quadro 1 – Esquema de metodologia de análise e decisão

ESTRATÉGIAS GERAIS DE MEDIDAS DE PREVENÇÃO

Na concepção e selecção de medidas de protecção para áreas do risco, a Sociedade e a Engenharia têm ao seu dispor três tipos de estratégias gerais para a prevenção contra inundações e inundações naturais, a saber (Figura 3):

- ☞ 1ª Estratégia – “*Manter as inundações afastadas das pessoas*”, adoptando medidas estruturais de controlo através da construção de barragens e diques e programas de conservação do solo e da água. Esta estratégia (milénar) não se revela suficiente para a sociedade contemporânea.
- ☞ 2ª Estratégia – reconhecendo a impossibilidade de garantir o risco nulo, incide em acções tendentes a evitar o uso ou a ocupação de áreas sujeitas a perigo de inundações ou seja, “*manter as pessoas afastadas das inundações*” através de medidas não-estruturais (zonamentos e proibições) que se tornam cada vez mais difíceis de implementar e de poder garantir o objectivo pretendido atendendo às ocupações existentes.
- ☞ 3ª Estratégia – baseia-se na aceitação, caso a caso, de condições potenciais de ocorrência de inundações ou de inundações, concentrando acções na preparação de medidas mitigadoras locais e integradas que permitam aumentar a resiliência e o regresso rápido à normalidade ou seja “*aceitar as inundações e limpar depois*”.

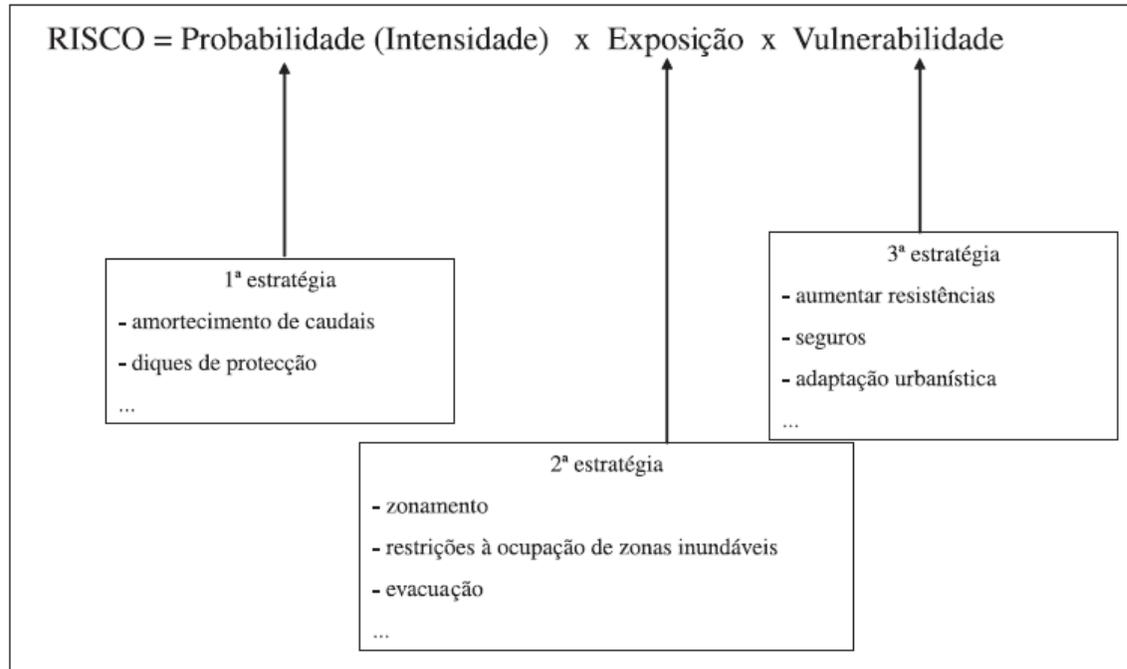


FIGURA 3. Estratégias de prevenção para mitigação do risco de inundações

Agência Nacional de Águas

Programas, ações e projetos para a prevenção de eventos críticos



MEDIDAS ESTRUTURAIS : (O HOMEM MODIFICA O RIO)

DIQUES



BARRAGENS



CANALIZAÇÕES



CONTROLE DE INUNDAÇÕES

MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS : O HOMEM CONVIVE COM O RIO

MONITORAMENTO

GESTÃO

ZONEAMENTO DE ÁREAS DE INUNDAÇÃO

SISTEMA DE ALERTA

SEGUROS

Plano de prevenção

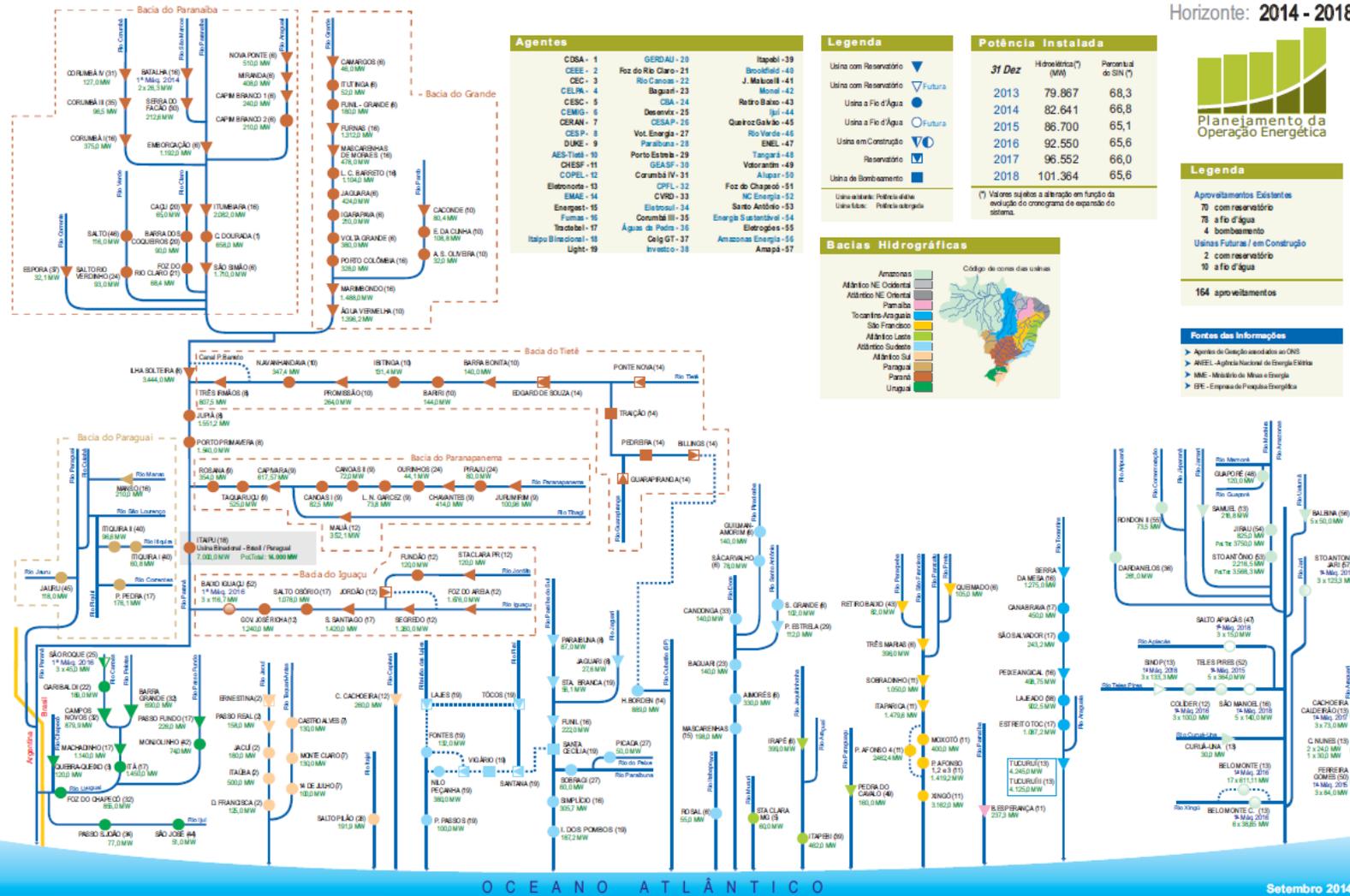


Diagrama Esquemático das Usinas Hidroelétricas do SIN

Usinas Hidroelétricas Despachadas pelo ONS na Otimização da Operação Eletroenergética do Sistema Interligado Nacional

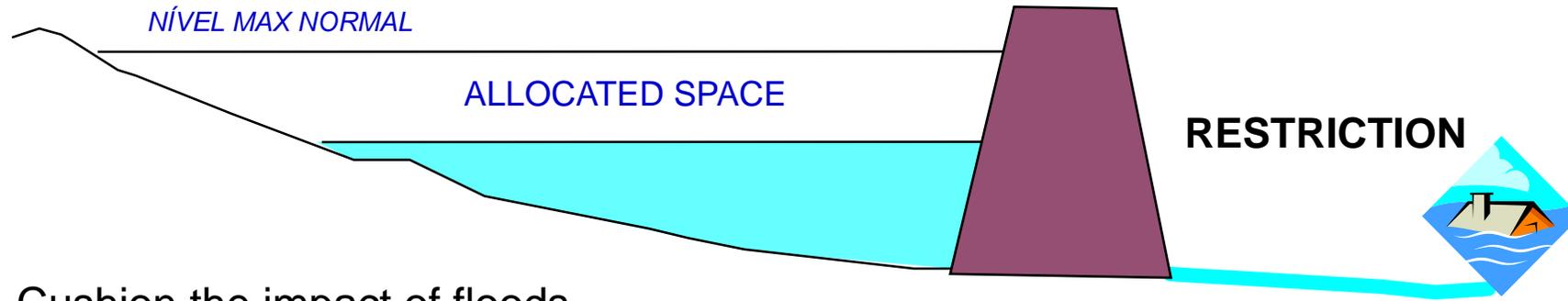


Horizonte: 2014 - 2018

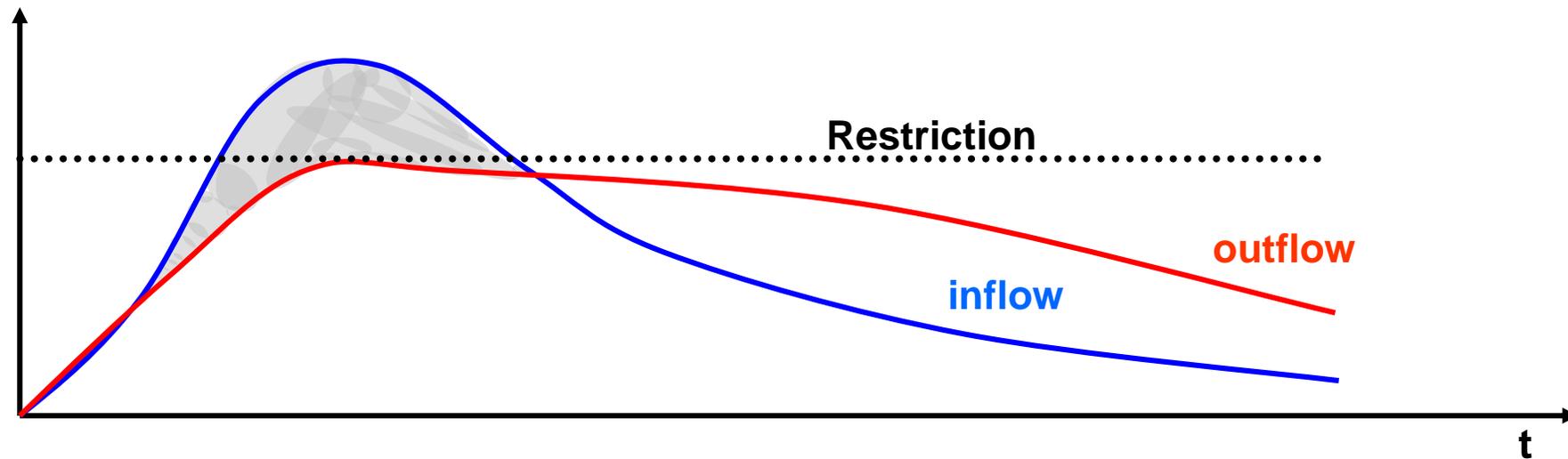


140 Hydroelectric plants
59 Hydroelectric plants with regulating reservoirs
81 Run-off river plants

Flood Control



Cushion the impact of floods to avoid and mitigate damages downstream



Atlas de Vulnerabilidade a Inundações

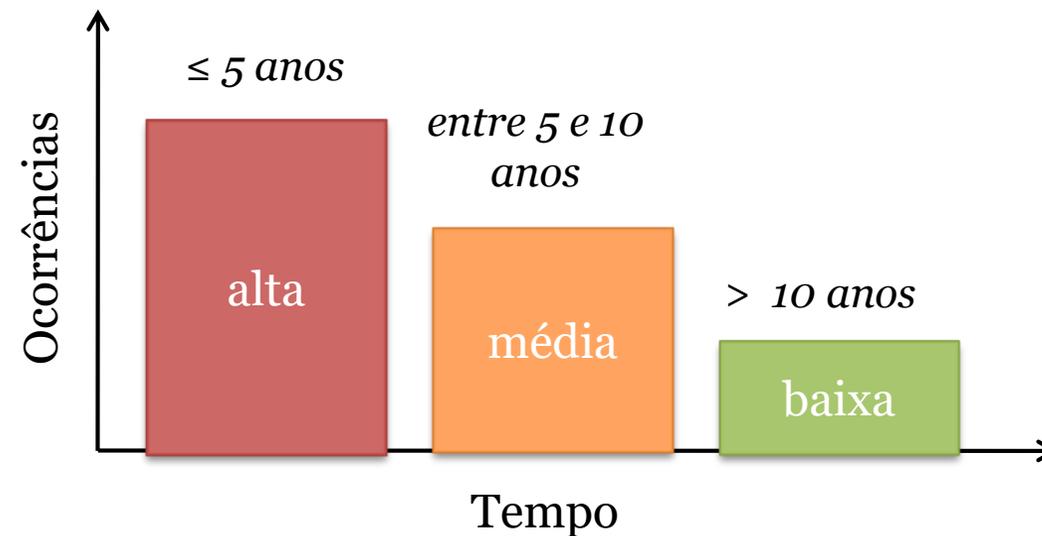
- Elaboração de mapas de vulnerabilidade à ocorrência de inundações graduais em todos os trechos de rios brasileiros, na escala ao milionésimo.



Atlas de Vulnerabilidade a Inundações

Trechos inundáveis:

- Ocorrência de inundações em n anos
 - Alta: ocorrem cheias a cada 5 anos;
 - Média: ocorrem cheias a cada 10 anos;
 - Baixa: somente ocorrem cheias em intervalos superiores a 10 anos.



Atlas de Vulnerabilidade a Inundações

Trechos inundáveis:

- Estimativa dos impactos sociais e econômicos decorrentes das inundações:
 - Danos à vida ou à propriedade e interrupção dos serviços públicos

Alto

- Alto risco de dano à vida humana e danos significativos a os essenciais, instalações e obras de infraestrutura públicas e residências

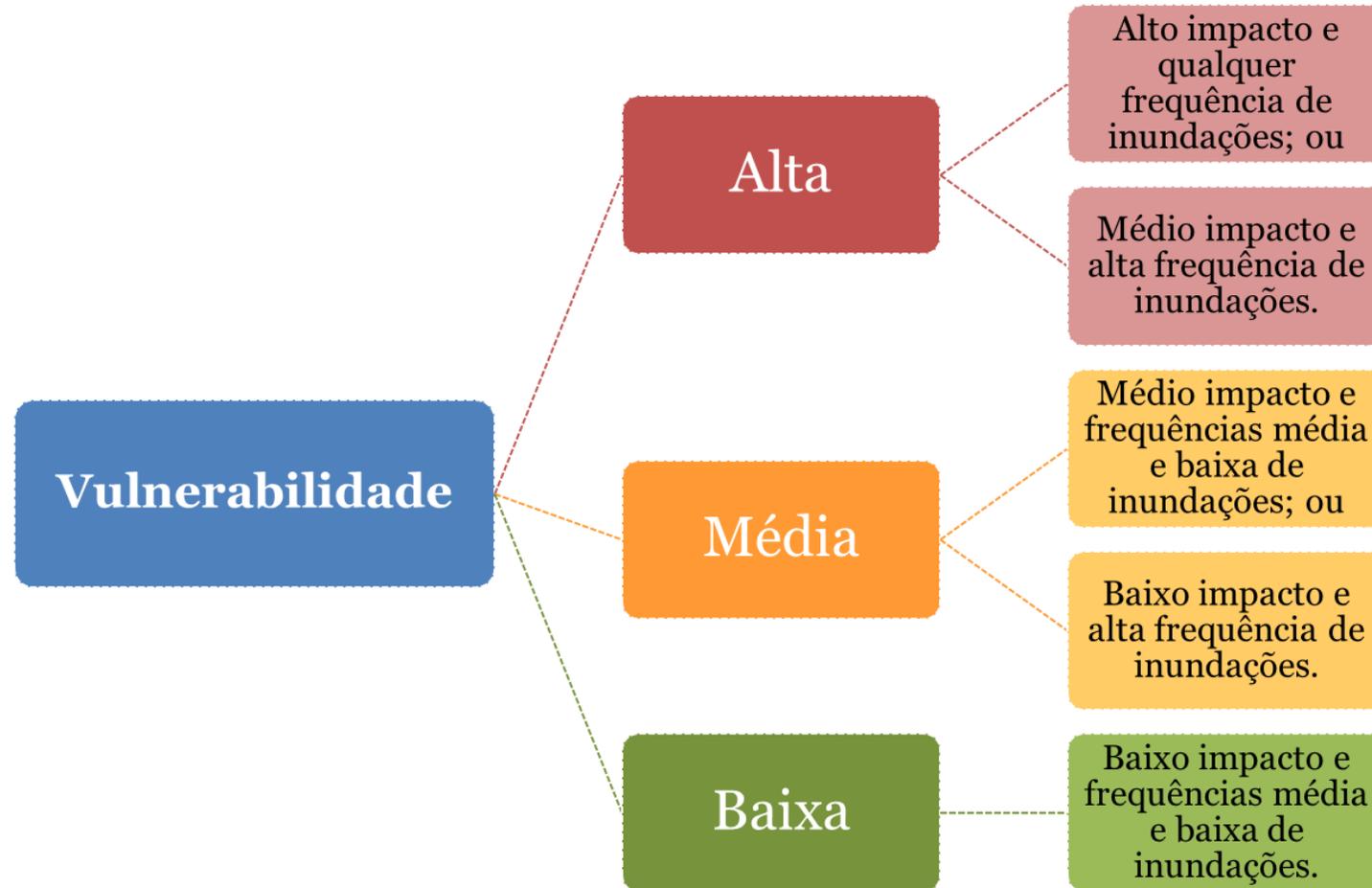
Médio

- Danos razoáveis a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura públicas e residências

Baixo

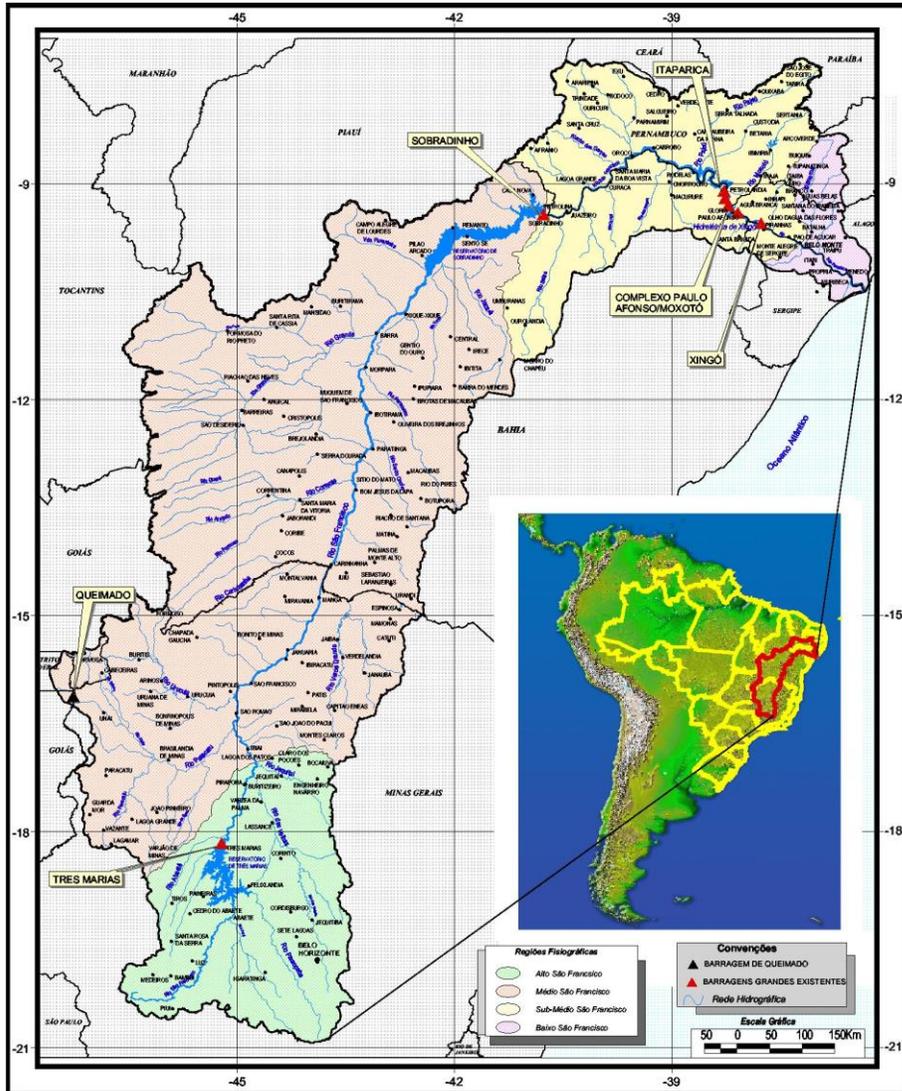
- Danos localizados

Atlas de Vulnerabilidade a Inundações



Plano de controle de cheias





Principais dados:

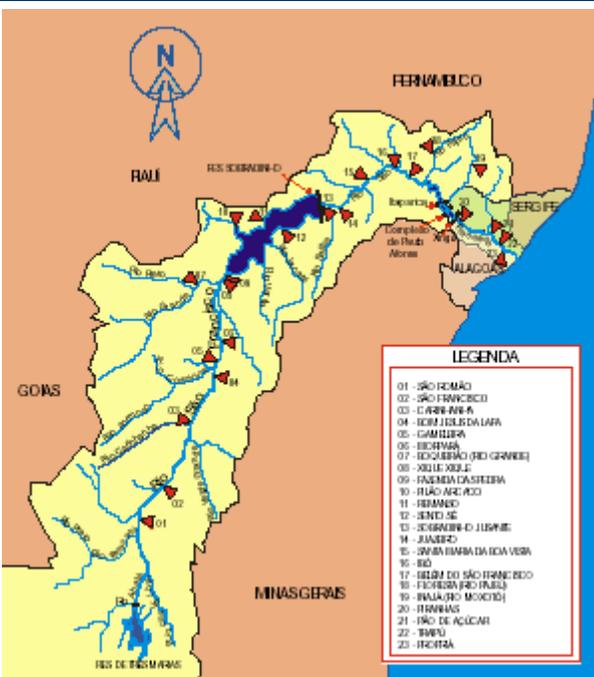
- Área – 634.781 km²
- Ext. rio principal – 2.700 km

Regiões Fisiográficas:

- **Alto** – clima úmido, alta pluviosidade anual, região formadora das principais cheias.
- **Médio** – trecho plano e de maior extensão.
- **Submédio** – caracteriza-se pela alta declividade e conseqüente cascata de usinas hidrelétricas, e também pelo clima árido e de baixa pluviosidade.
- **Baixo** – trecho encaixado de vazões regularizadas, e características de estuário.



BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO REDE HIDROMETRICA



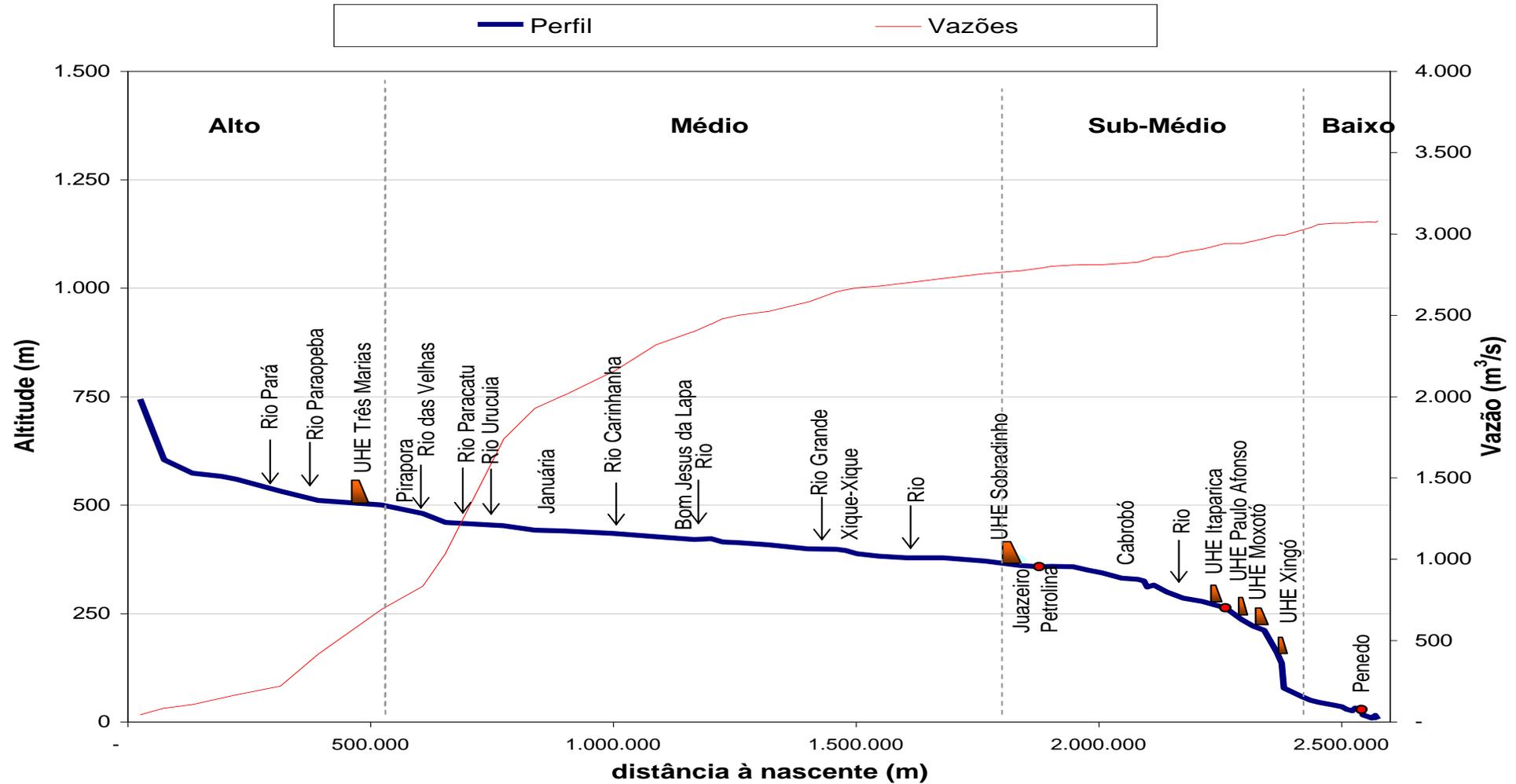
Quadro 2 Rede hidrométrica - características das estações

Estação	Tipo de dado		Lectura de dados	Transmissão	Coleta de dados	
	colocado	ôrgão operador			ôrgão	Frequência
FAZENDA LIMEIRA		ANA			CEMIG	
PORTO ANDORINHA	Fr / P	CEMIG	7H E 17H	TELEMEDIÇÃO	CEMIG	HORÁRIA
PORTO PARÁ	Fr / P	CEMIG	7H E 17H	TELEMEDIÇÃO	CEMIG	HORÁRIA
PORTO PARACPEBA	Fr / P	CEMIG	7H E 17H	TELEMEDIÇÃO	CEMIG	HORÁRIA
PORTO INDAIÁ	Fr / P	CEMIG	7H E 17H	TELEMEDIÇÃO	CEMIG	HORÁRIA
PONTE BR-040	Fr / P	CEMIG	7H E 17H	TELEMEDIÇÃO	CEMIG	HORÁRIA
PIRAPORA	Fr / P	CEMIG	7H E 17H	TELEMEDIÇÃO	CEMIG	HORÁRIA
SÃO ROMÃO	Fr / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
SÃO FRANCISCO	Fr / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
CARINHANHA	FD / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
BOM JESUS DA LAPA	FD / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
GAMELEIRA	FD / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
MORPARÁ	Fr / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
BOQUEIRÃO	FD / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
JUAZEIRO	Fr / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
STÁ. MA. B. VISTA	FD / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
IBÓ	Fr / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
BELÉM S. FCC.	FD / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
PIRANHAS	FD / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
PÃO DE AÇÚCAR	Fr / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
TRAIPI	FD / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H
PROPRIÁ	Fr / P	ANA	7H E 17H (1)	TELEFONE	CHESF	DIÁRIA- 7H E 17H

(1) em condições de cheias 7h, 12h, 17h, 23h



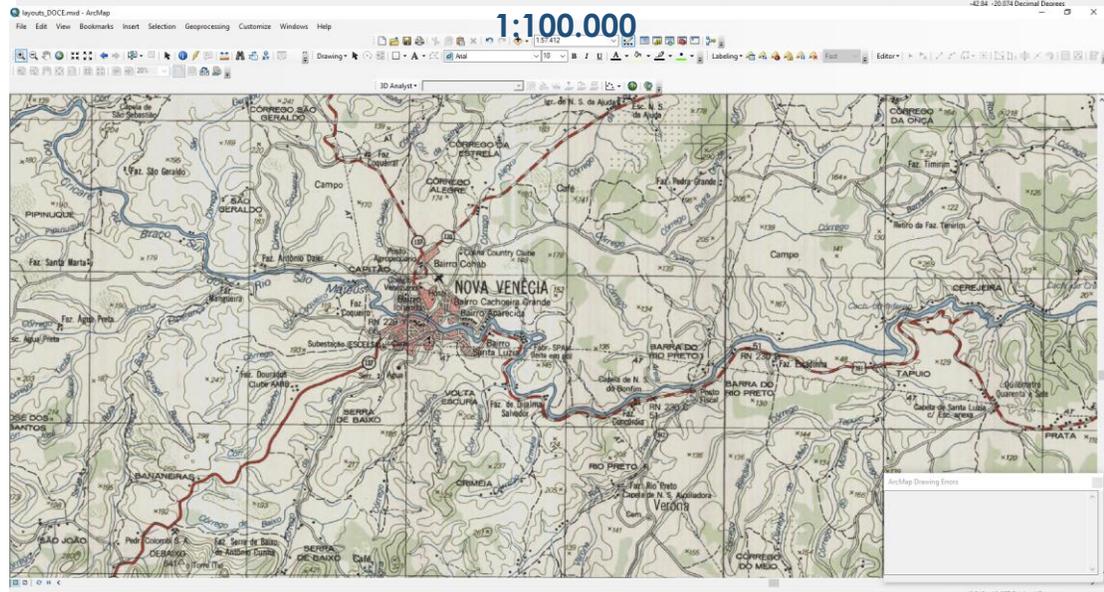
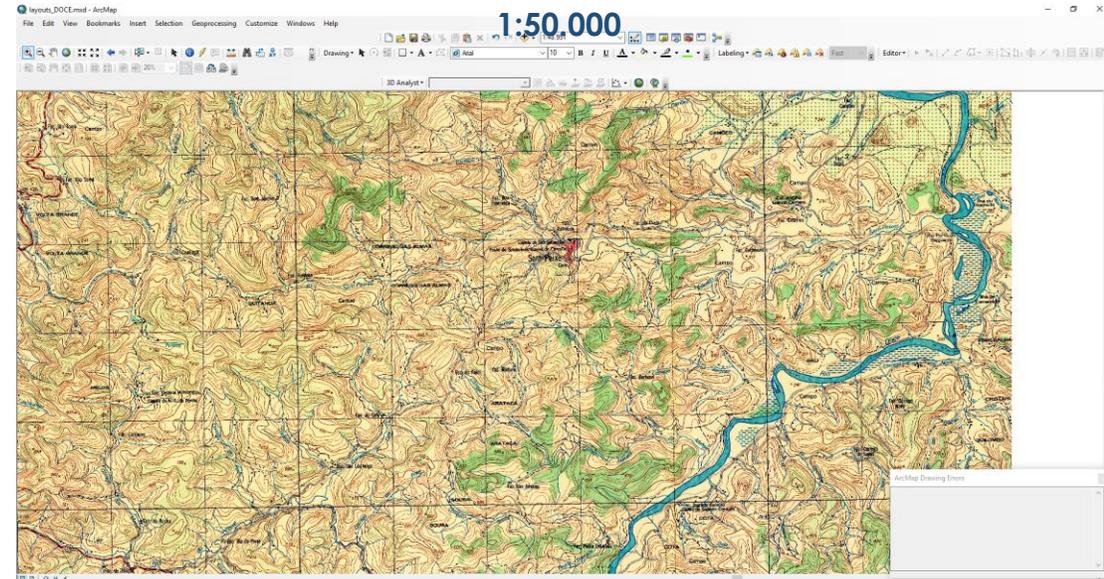
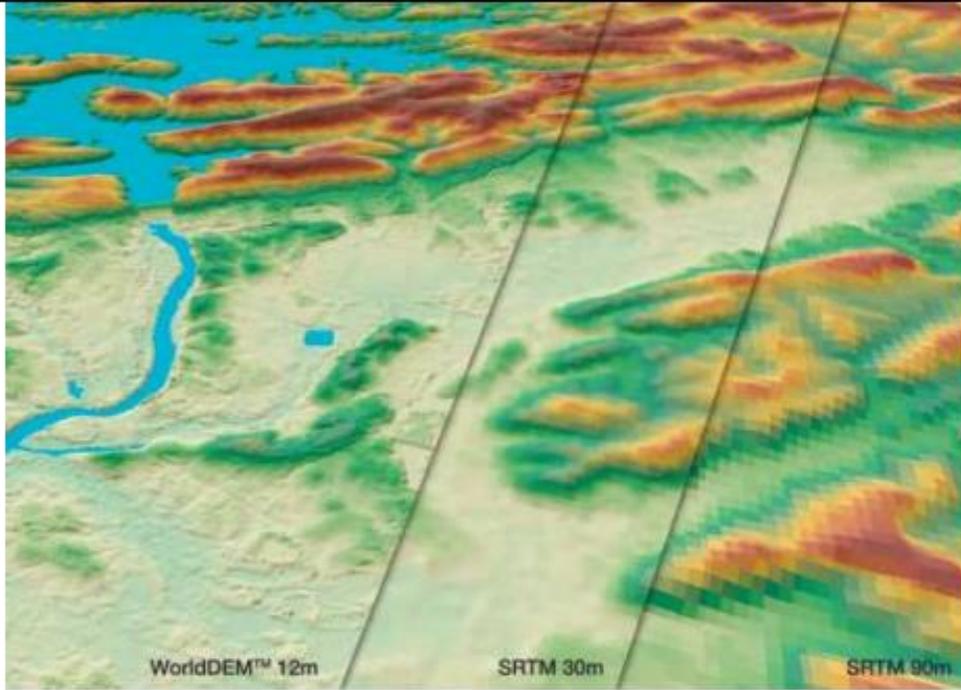
Perfil longitudinal do rio São Francisco





Resolução e Escala

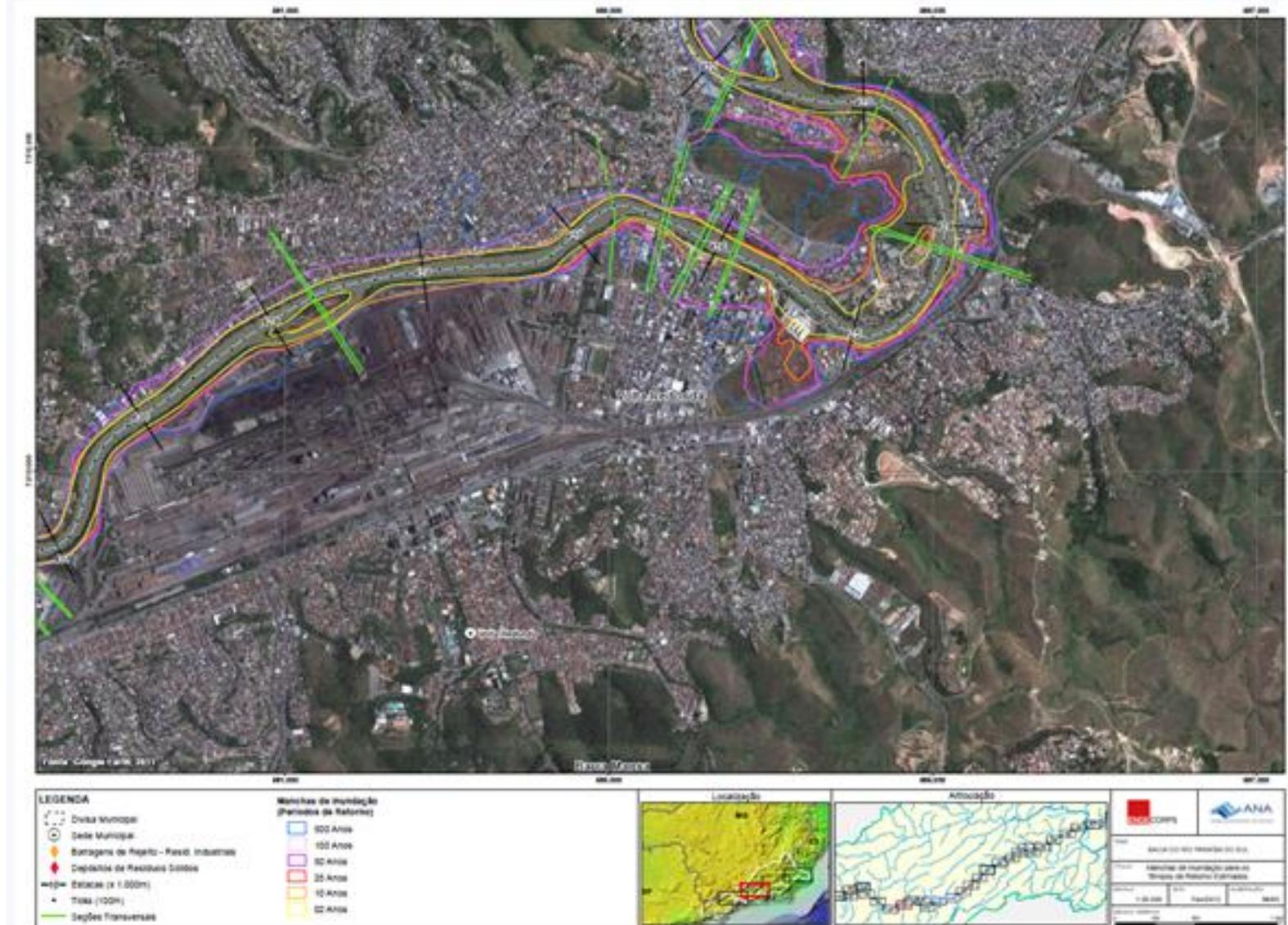
Comparação visual entre WorldDEM e SRTM 30m e SRTM 90m:





Modelagem Hidrodinâmica (Alguns resultados na Bacia do Rio Paraíba do Sul)

Mapas de inundação apresentam as marcas das inundações para cada recorrência





Agência Nacional de Águas - Microsoft Internet Explorer provided by Agência Nacional de Águas - ANA

http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Favoritos Sites Sugeridos alerta bacias BRASIL MACRO Centro Oeste energia Nordeste Norte RDH Sudeste Sul Telemétricas

Agência Nacional de Águas

Meio Ambiente
Ministério do Meio Ambiente

BRASIL
TODOS OS DIAS SÃO SEM ÁGUA

ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Institucional Serviços Biblioteca Projetos Portais Imprensa Fale Conosco

Pesquisar...

ANA prorroga prazo para inscrição no Prodes

Os interessados têm até o próximo dia 24 de junho para inscrever projetos de construção ou de ampliação de Estações de Tratamento de Esgoto no Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas da ANA, também conhecido como programa de compra de esgoto tratado.

[Leia Mais](#)

Créditos: Autor Desconhecido / Banco de Imagens ANA

Biblioteca Virtual

Catálogo de Publicações Publicações
Banco de Imagens Cartazes Mapas

Regiões Hidrográficas

Clique sobre as regiões para saber mais.

próximo 1 2 3 4 5 6

PRODES

Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas

noticias eventos artigos

ANA no YouTube Twitter

25/5/2011
Edital seleciona instituição para realização de cursos no Ceará, na Paraíba e no Rio Grande do Norte
Serão oferecidos 18 cursos aos profissionais atuantes nos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos do Ceará, da Paraíba e do Rio Grande do Norte no âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (PISF)

25/5/2011
Mito de natureza inesgotável dificulta princípio da sustentabilidade no Brasil
A história mostra que essa crença estimulou a destruição, exemplo disso é a Mata Atlântica, que hoje possui apenas 7% de seus cerca de 1,3 milhões de Km² originais. "Não podemos deixar que aconteça na Amazônia o que aconteceu em outros biomas e, para mostrar isso, a história é muito útil", disse o professor de História Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), José Augusto de Pádua.

20/5/2011 **Oficina avalia Proágua Nacional**
Representantes de Minas Gerais e de todos os estados do Nordeste, exceto a Bahia, compareceram à sede da Agência Nacional de Águas (ANA), em Brasília, para a Oficina de Avaliação do Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (Proágua Nacional). O evento visou a avaliar a execução do Programa, destacando as atividades realizadas, os resultados e as lições aprendidas por meio do Proágua Nacional.

[Leia Mais Notícias »](#)

Acesso Rápido

Pedido de Outorga CNARH Cobrança Assine o boletim da ANA

saladesituacao

Banco de Imagens

Rio Caçada (PR)
Ricardo Zig Koch Cavalcanti
[Ver foto](#) [Solicitar Foto](#)

Videos

Aberta chamada pública para seleção de projetos de conservação do solo e da água (NBR)

Portais

Audiência Pública
Portal da Audiência Pública da ANA

PNQA
Programa de Avaliação da Qualidade das Águas

Educação e Cultura
Manifestações de Água na Cultura

CBH
Comitês de Bacias

SNIRH
Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

Conjuntura
Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2010

Internet | Modo Protegido: Ativado

100%

Obrigado!

Marcos Airton de Sousa Freitas
Especialista em Recursos Hídricos
Coordenador Substituto (CORSH/SOE/ANA)

masfreitas@ana.gov.br
(+55)(61) 2109-5137

www.ana.gov.br