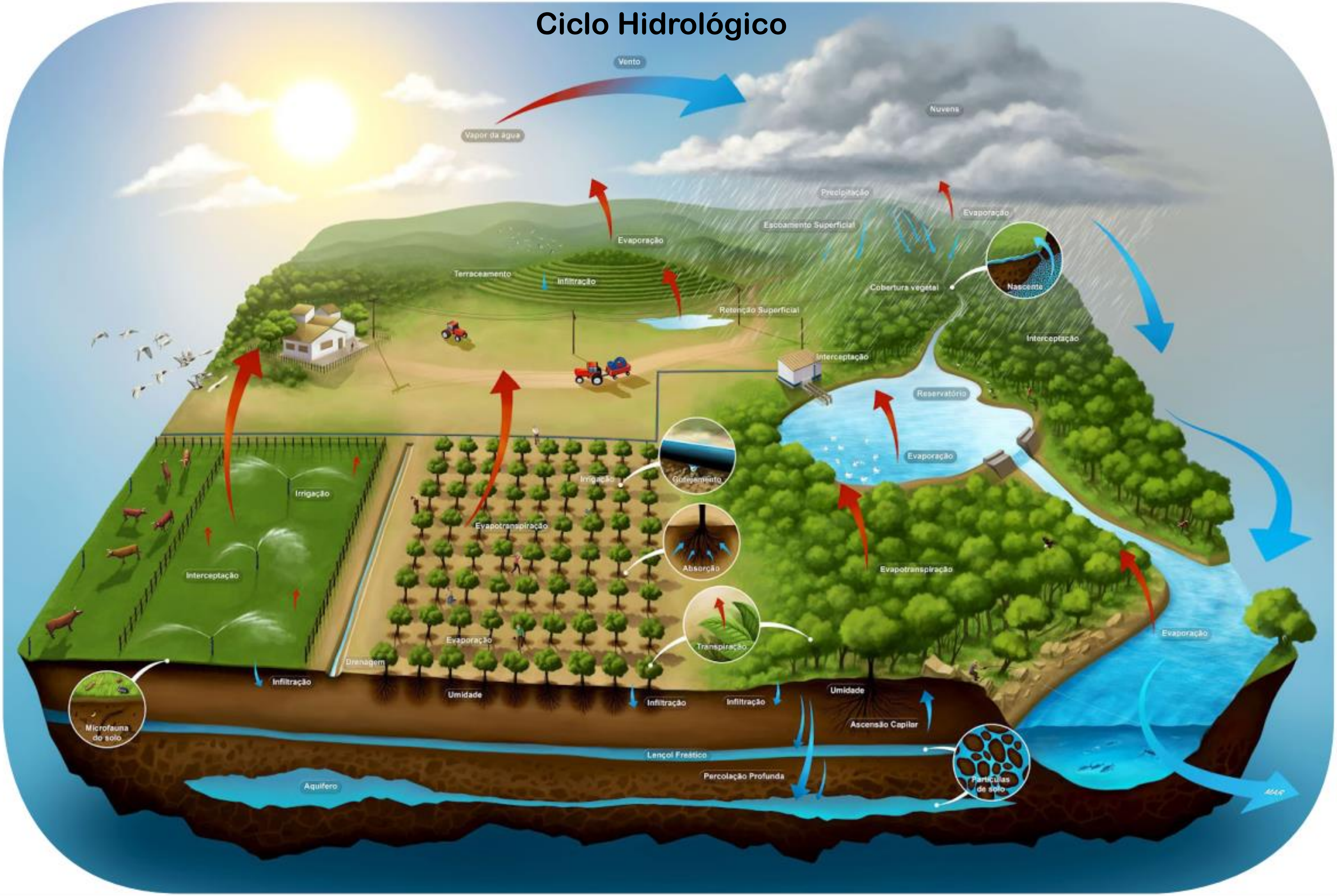
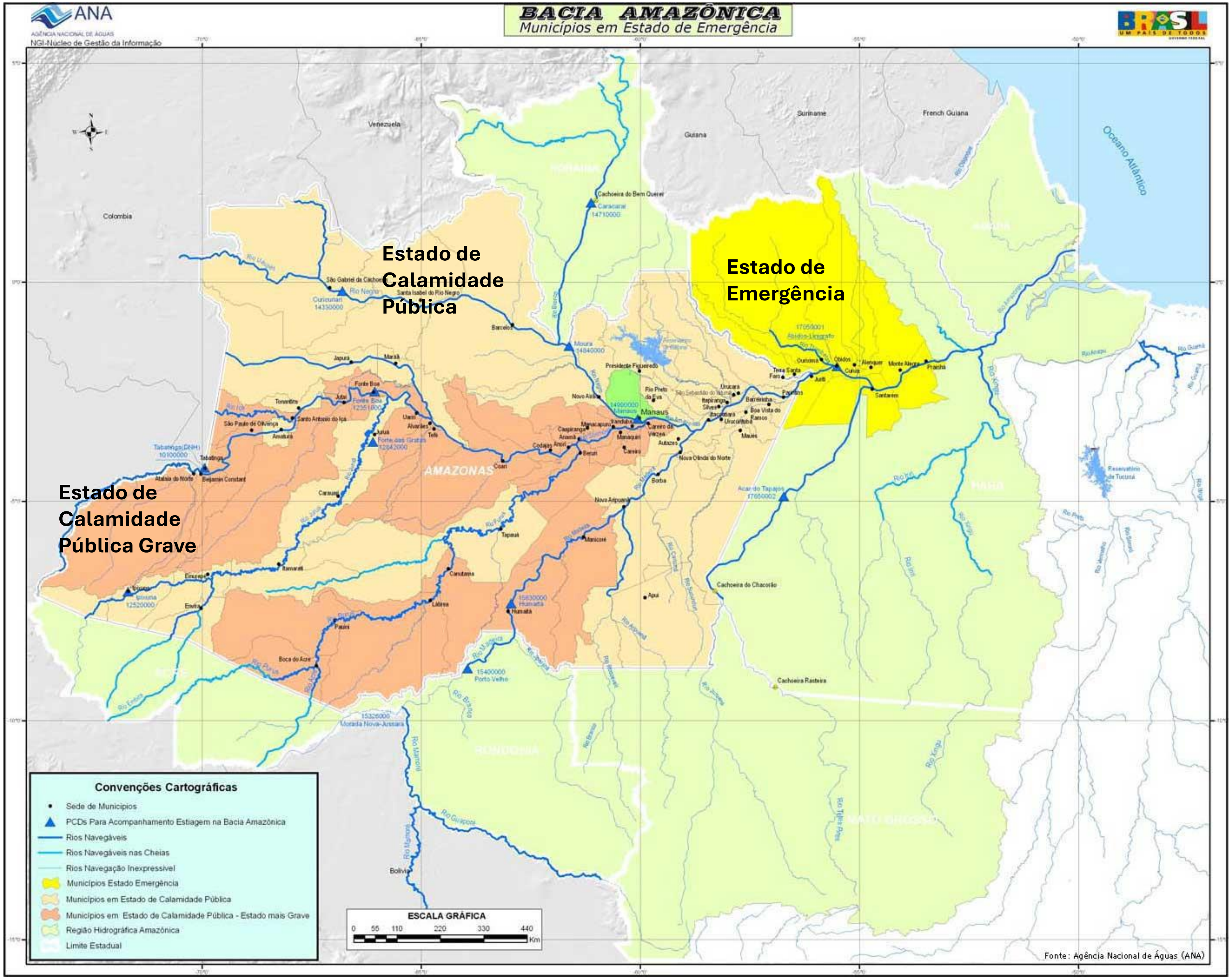
Gestão dos Recursos Hídricos Superficiais

Arisvaldo V. Méllo Júnior
Poli - USP

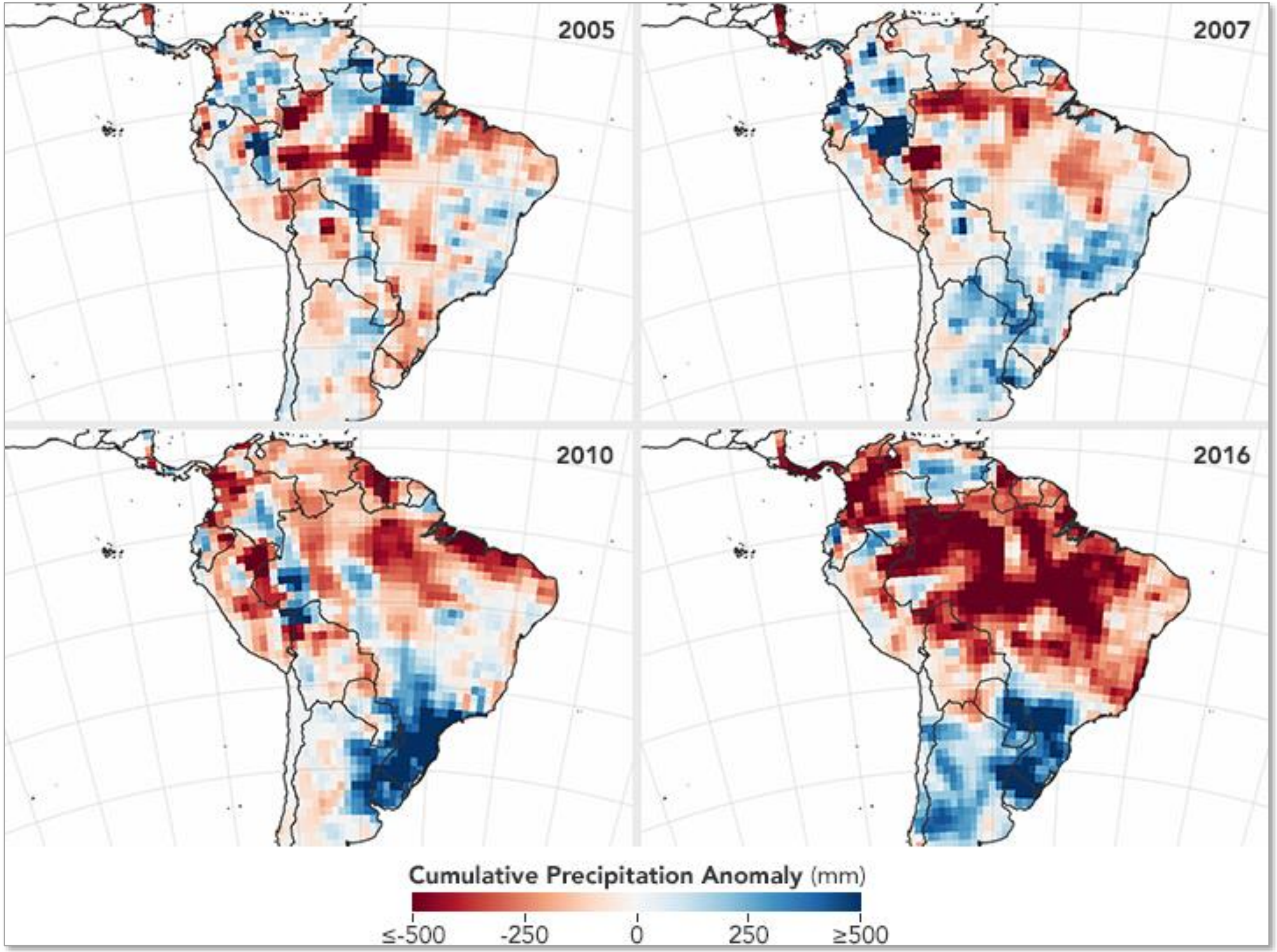
Ciclo Hidrológico


Vento
Vapor da água
Nuvens
Precipitação
Escoamento Superficial
Evaporação
Evaporação
Terraceamento
Infiltração
Retenção Superficial
Cobertura vegetal
Nascente
Interceptação
Interceptação
Reservatório
Evaporação
Irrigação
Gotejamento
Irrigação
Evapotranspiração
Absorção
Interceptação
Evapotranspiração
Transpiração
Evaporação
Evaporação
Drenagem
Infiltração
Umidade
Infiltração
Infiltração
Umidade
Ascensão Capilar
Microfauna do solo
Lençol Freático
Percolação Profunda
Aquífero
Partículas de solo
ANA

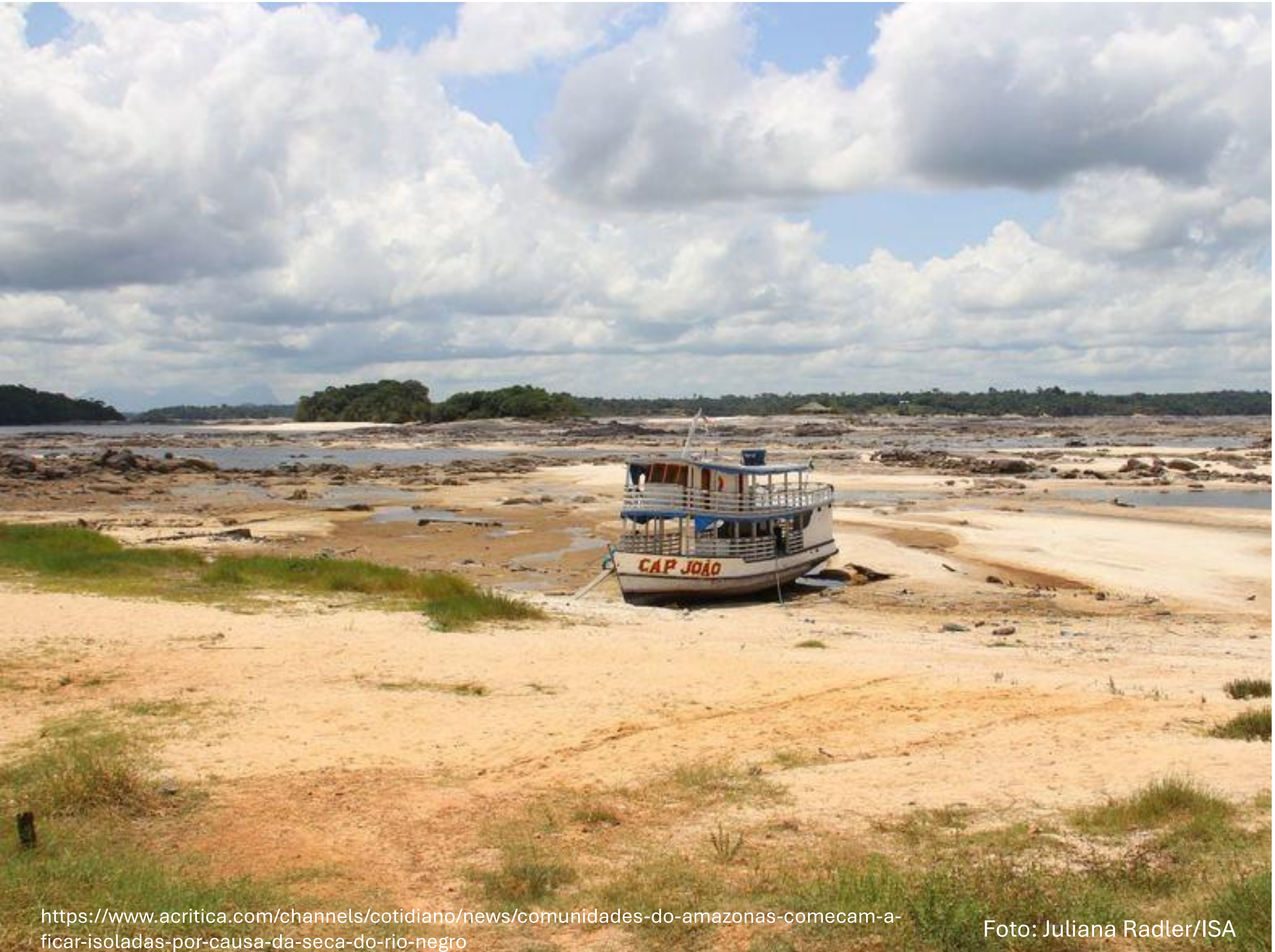
Seca na Amazônia em 2005


ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
NGI-Núcleo de Gestão da Informação
BACIA AMAZÔNICA
Municípios em Estado de Emergência
BRASIL UM PAÍS DE TODOS
Estado de Calamidade Pública
Estado de Emergência
Estado de Calamidade Pública Grave
Venezuela
Colombia
Guiana
Suriname
French Guiana
Oceano Atlântico
AMAZONAS
RORAIMA
AMAPÁ
PARÁ
ACRE
RONDÔNIA
MATO GROSSO
Bolivia
Manaus
Santarém
Óbidos
Parintins
Tabatinga
Benjamin Constant
Tefé
Coari
Humaitá
Porto Velho
Boca do Acre
Barcelos
São Gabriel da Cachoeira
Cachoeira do Bem Querer
Caracaraí 14710000
Convenções Cartográficas
● Sede de Municípios
▲ PCDs Para Acompanhamento Estiagem na Bacia Amazônica
Rios Navegáveis
Rios Navegáveis nas Cheias
Rios Navegação Inexpressível
Municípios Estado Emergência
Municípios em Estado de Calamidade Pública
Municípios em Estado de Calamidade Pública - Estado mais Grave
Região Hidrográfica Amazônica
Limite Estadual
ESCALA GRÁFICA
0 55 110 220 330 440 Km
Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA)

Seca na Amazônia entre 2005 e 2016


2005
2007
2010
2016
Cumulative Precipitation Anomaly (mm)
≤-500
-250
0
250
≥500

Fonte: Earth Observatory/NASA

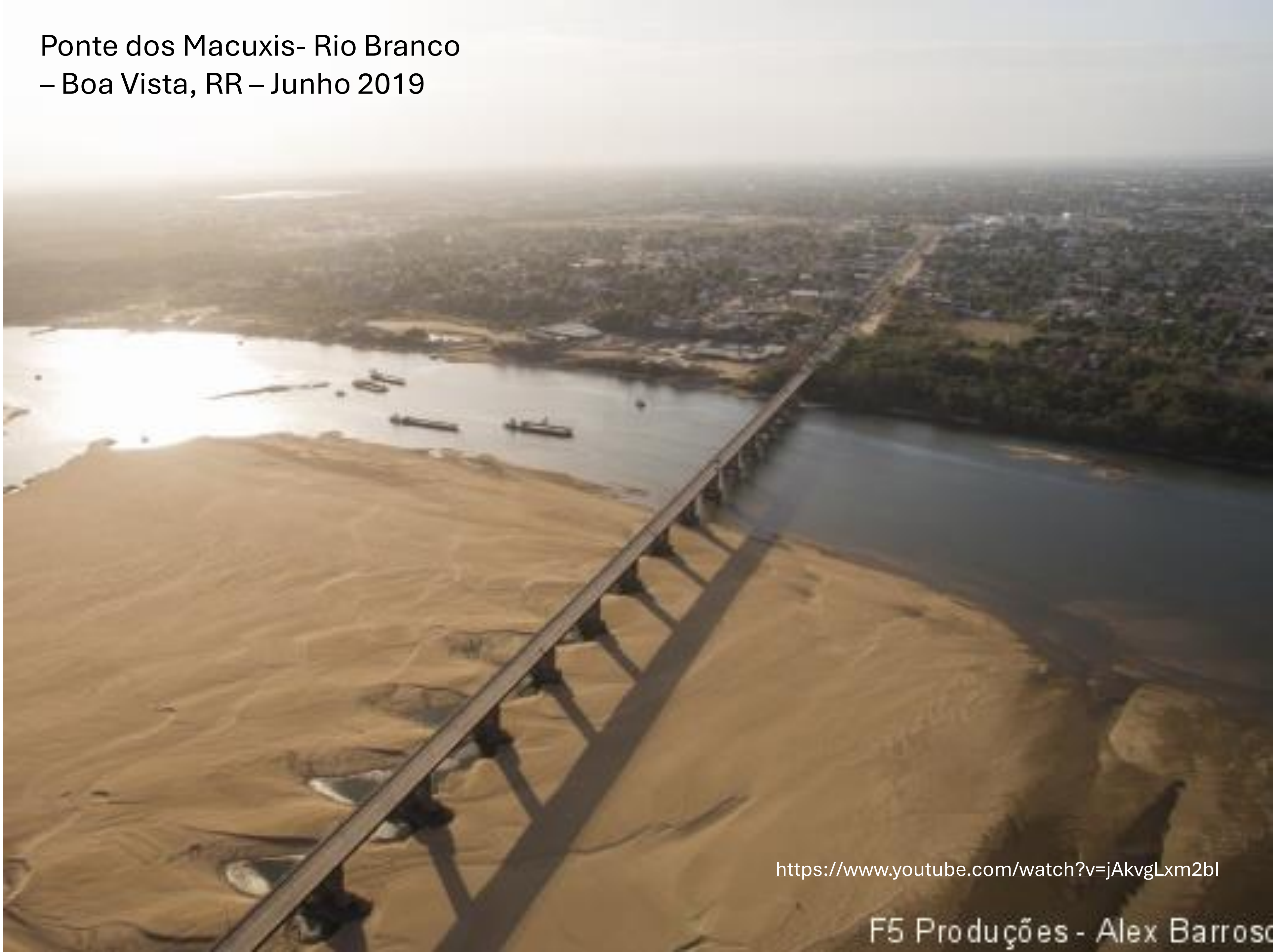


https://www.acritica.com/channels/cotidiano/news/comunidades-do-amazonas-comecam-a-ficar-isoladas-por-causa-da-seca-do-rio-negro

Foto: Juliana Radler/ISA

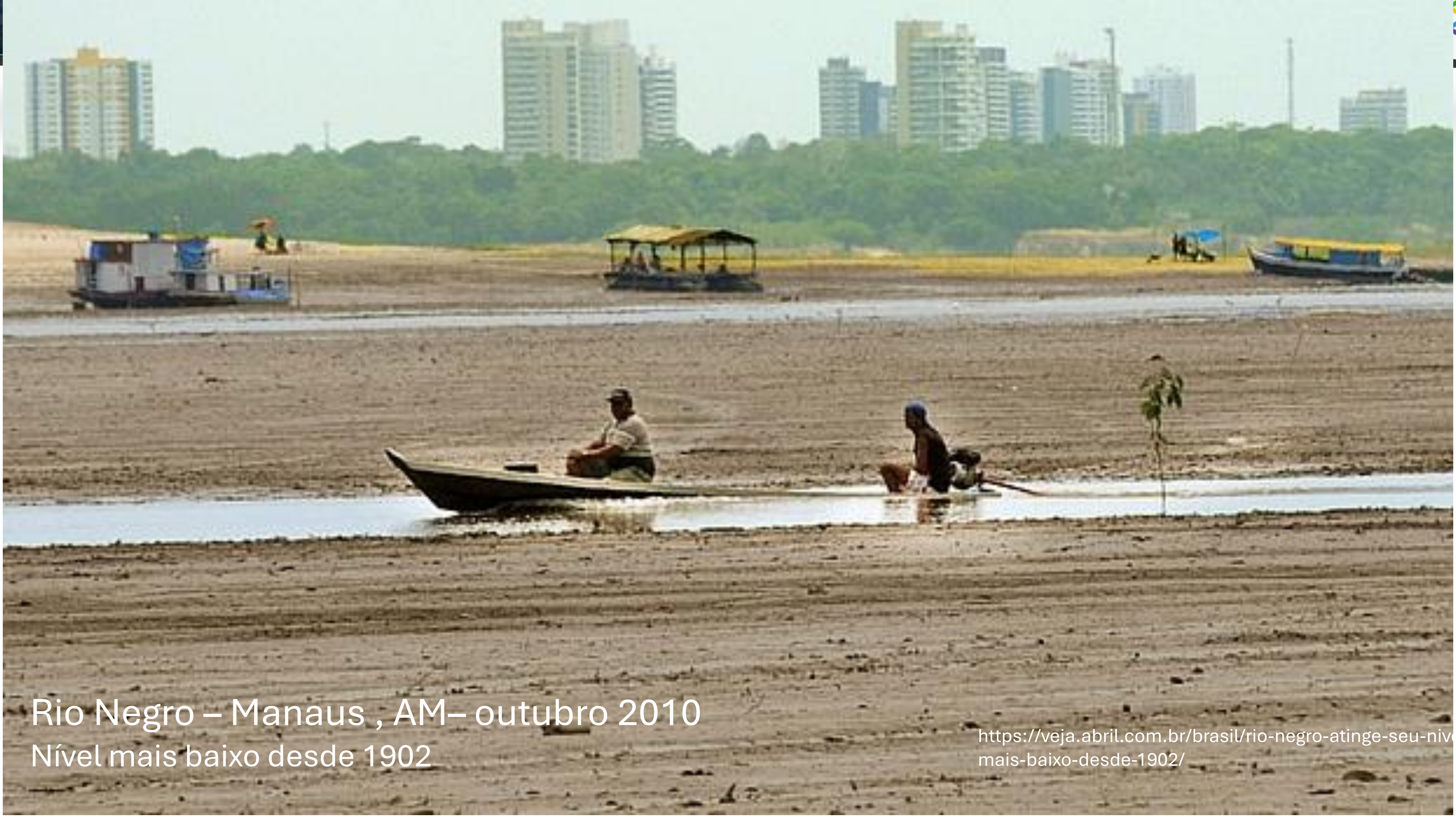
Cabeceira do Rio Negro -
São Gabriel da Cachoeira,
AM – Abril 2018

Ponte dos Macuxis- Rio Branco – Boa Vista, RR – Junho 2019



https://www.youtube.com/watch?v=jAkvgLxm2bI

F5 Produções - Alex Barros



Rio Negro – Manaus , AM– outubro 2010
Nível mais baixo desde 1902

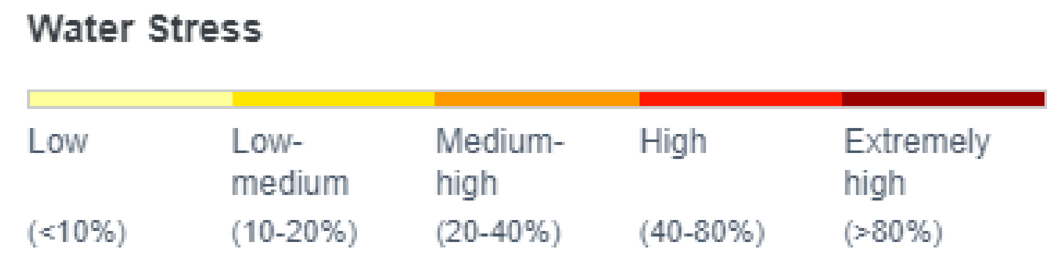
https://veja.abril.com.br/brasil/rio-negro-atinge-seu-niv
mais-baixo-desde-1902/

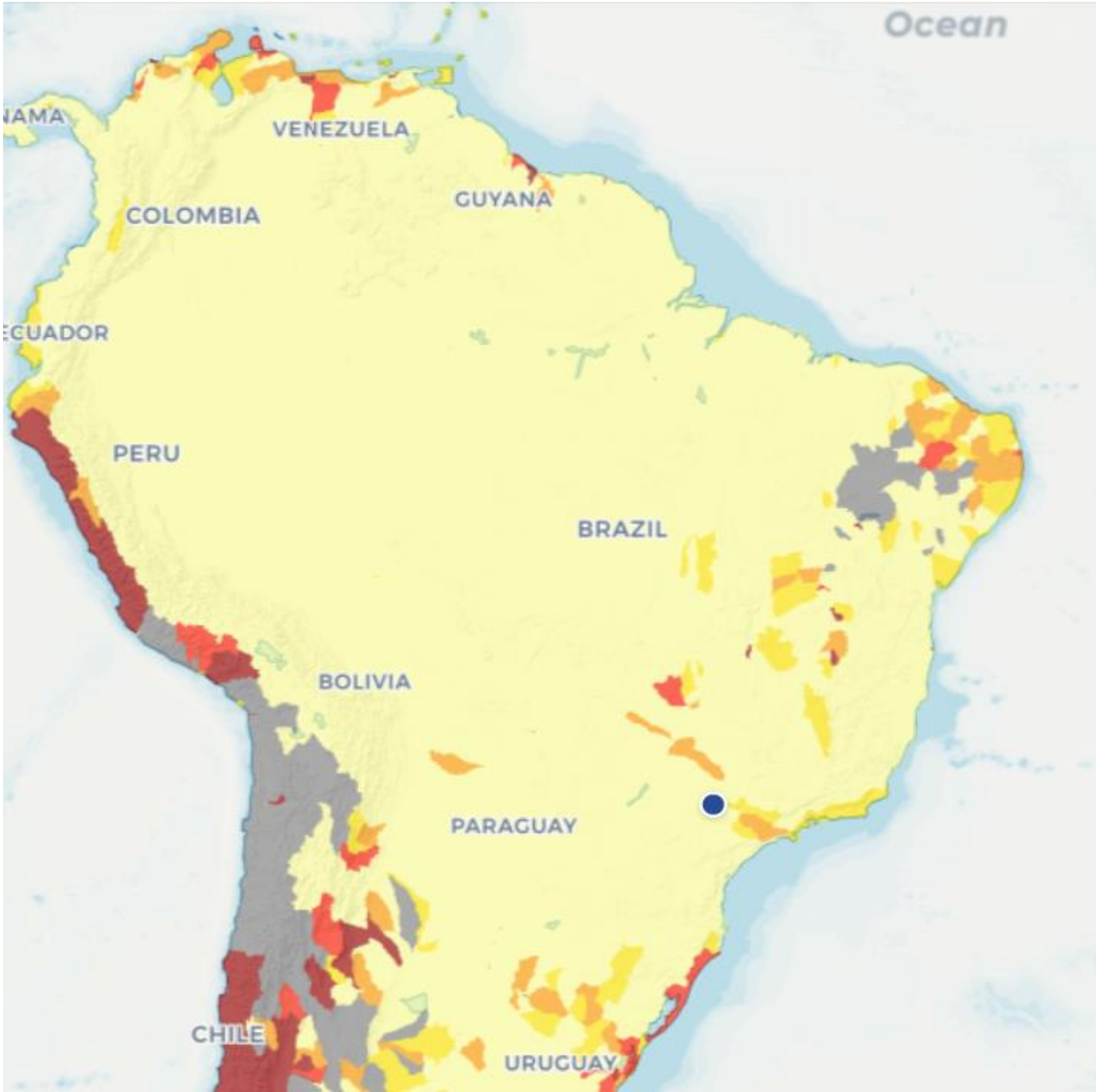
Mapa de risco hídrico

https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/

WRI AQUEDUCT 2025

Relação entre retiradas totais de água e os suprimentos renováveis de água superficial e subterrânea


Water Stress
Low
(<10%)
Low-medium
(10-20%)
Medium-high
(20-40%)
High
(40-80%)
Extremely high
(>80%)


Ocean
AMA
VENEZUELA
GUYANA
COLOMBIA
ECUADOR
PERU
BRAZIL
BOLIVIA
PARAGUAY
CHILE
URUGUAY

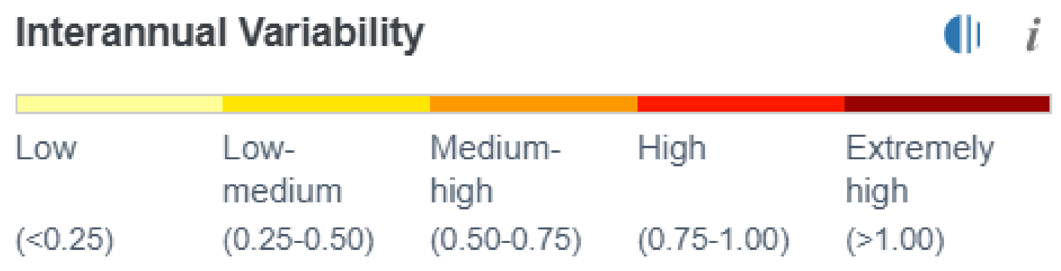
Valores maiores indicam maior competição entre usuários

Mapa de risco hídrico

https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/

WRI AQUEDUCT 2025

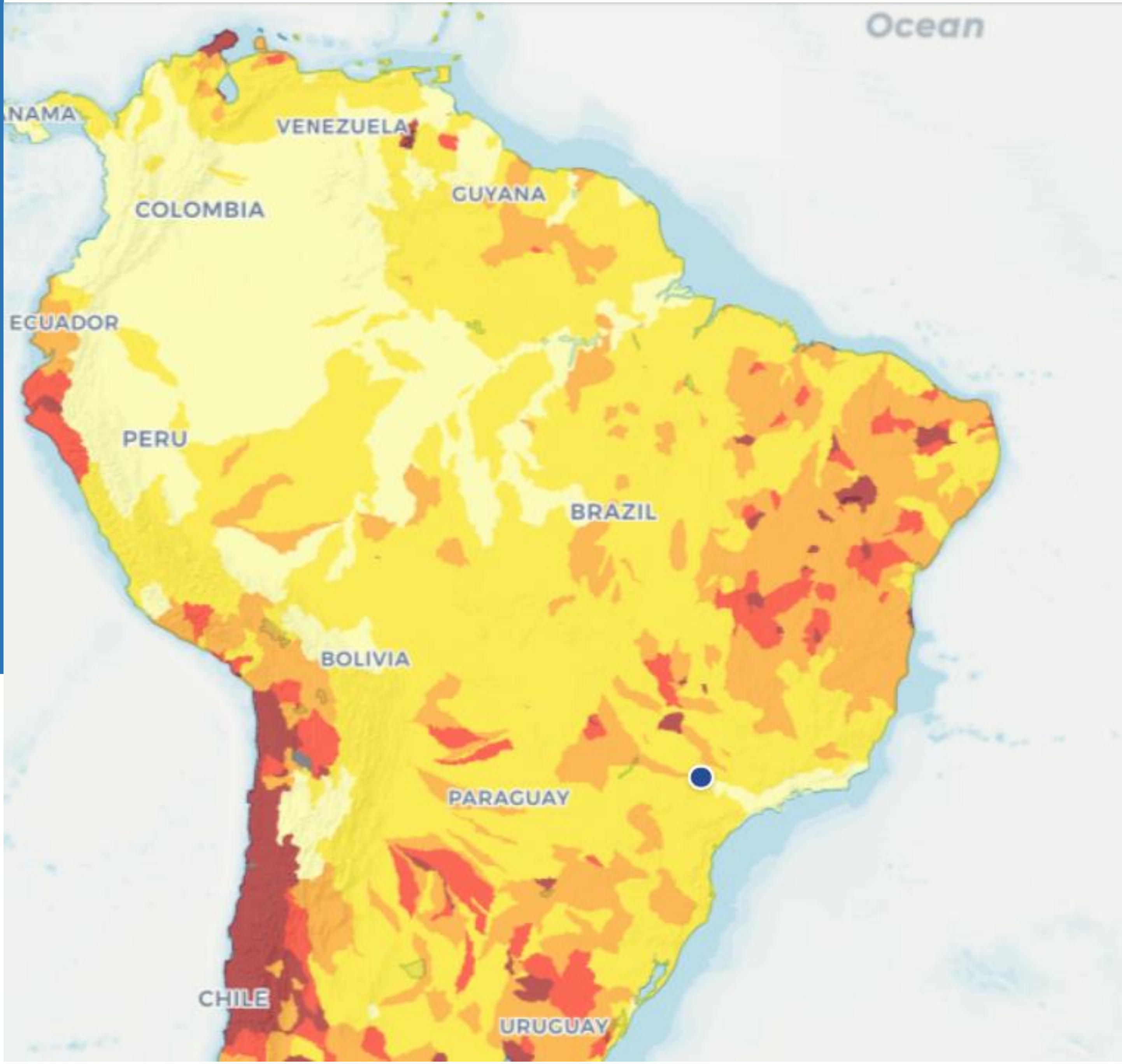
Mede a variabilidade interanual média do abastecimento de água disponível (superficial e subterrânea)



Interannual Variability

Low	Low-medium	Medium-high	High	Extremely high
(<0.25)	(0.25-0.50)	(0.50-0.75)	(0.75-1.00)	(>1.00)

Valores mais altos indicam variações maiores na oferta disponível de ano para ano.

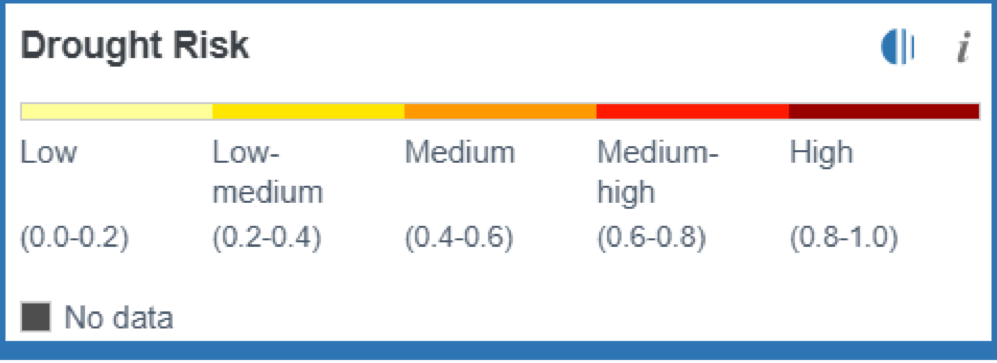

Ocean
NAMA
VENEZUELA
GUYANA
COLOMBIA
ECUADOR
PERU
BRAZIL
BOLIVIA
PARAGUAY
CHILE
URUGUAY

Mapa de risco hídrico

https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/

WRI AQUEDUCT 2025

Locais prováveis de ocorrência e vulnerabilidade da população a efeitos adversos

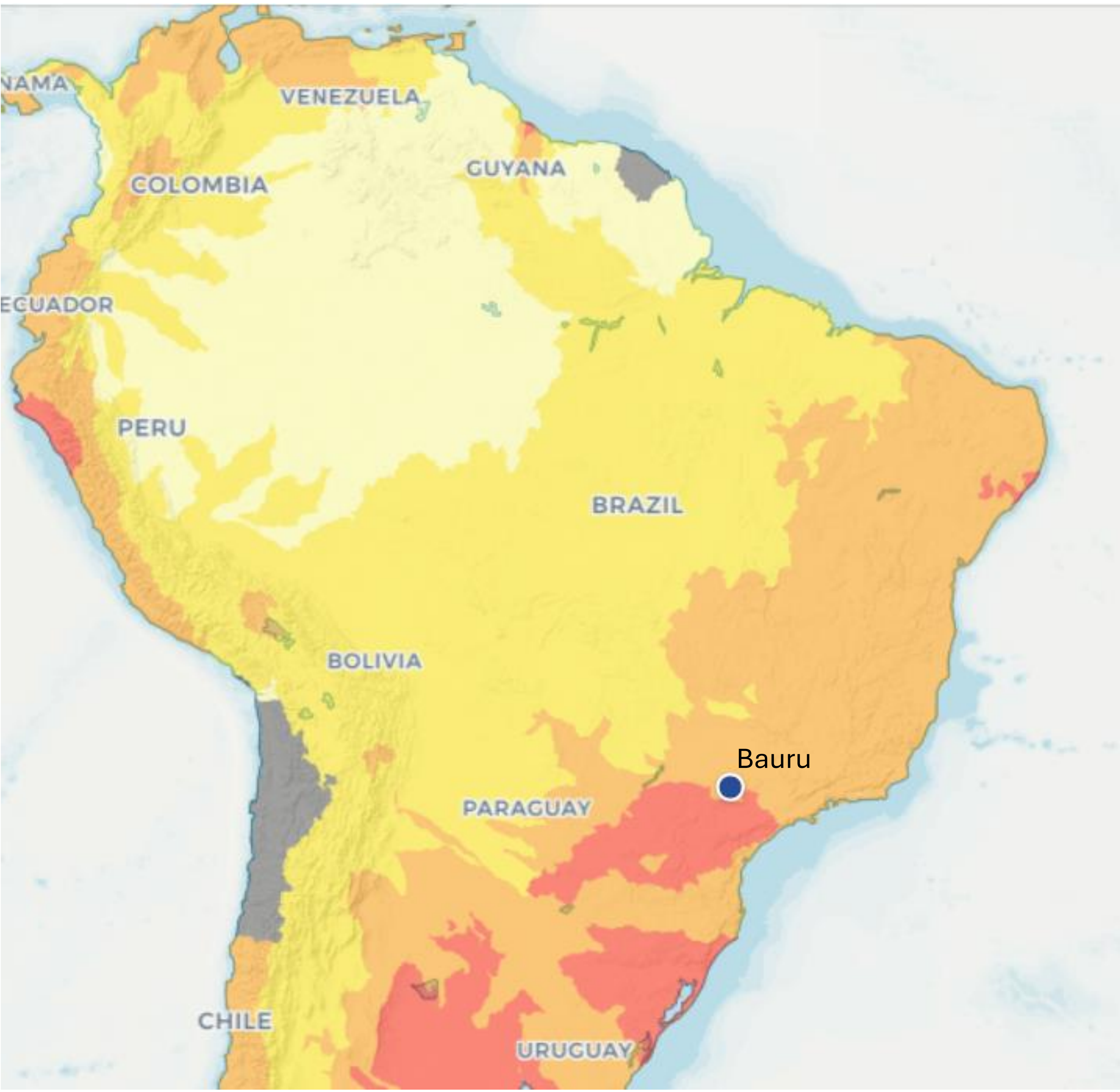


Drought Risk

Low	Low-medium	Medium	Medium-high	High
(0.0-0.2)	(0.2-0.4)	(0.4-0.6)	(0.6-0.8)	(0.8-1.0)

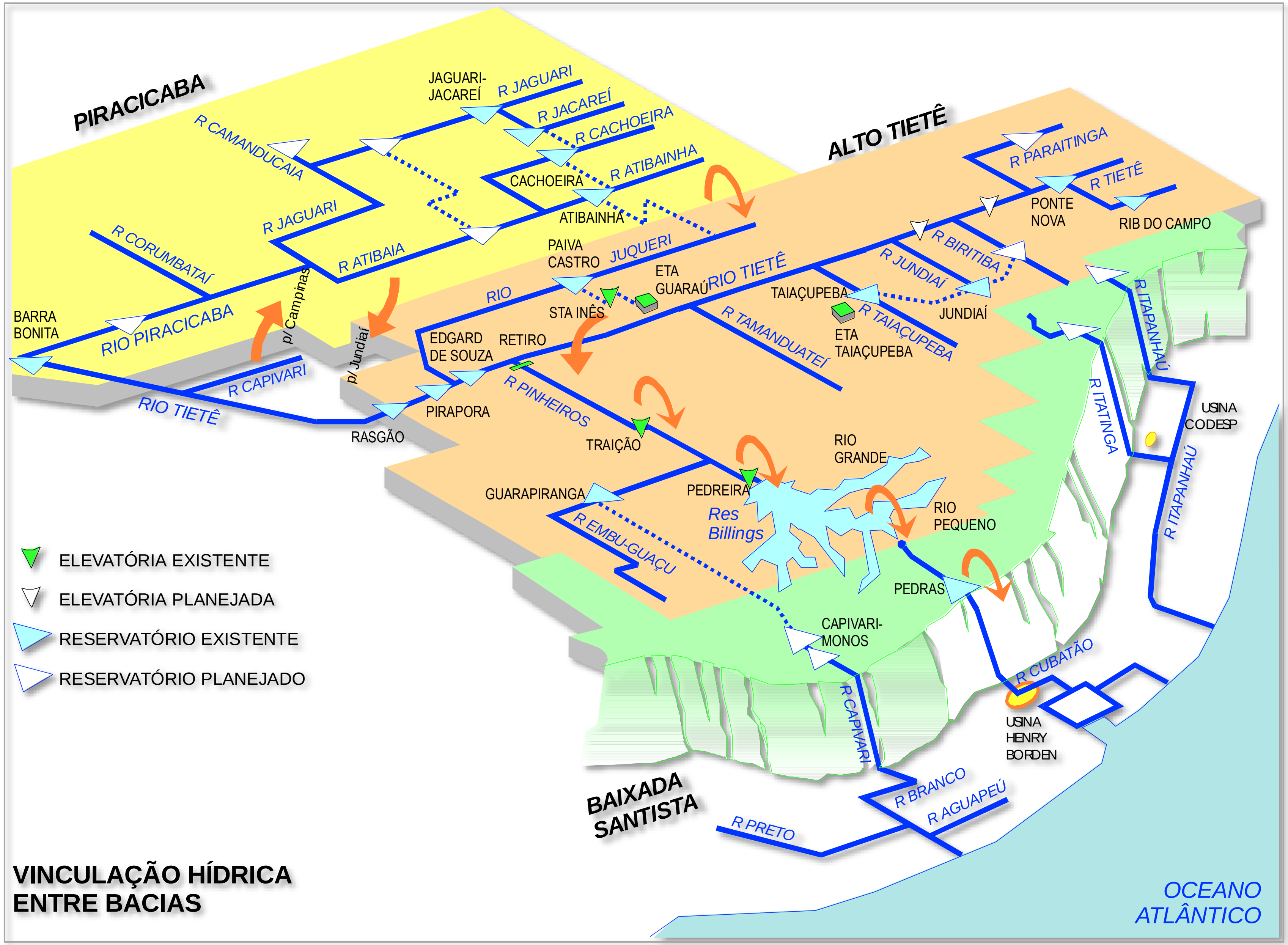
■ No data

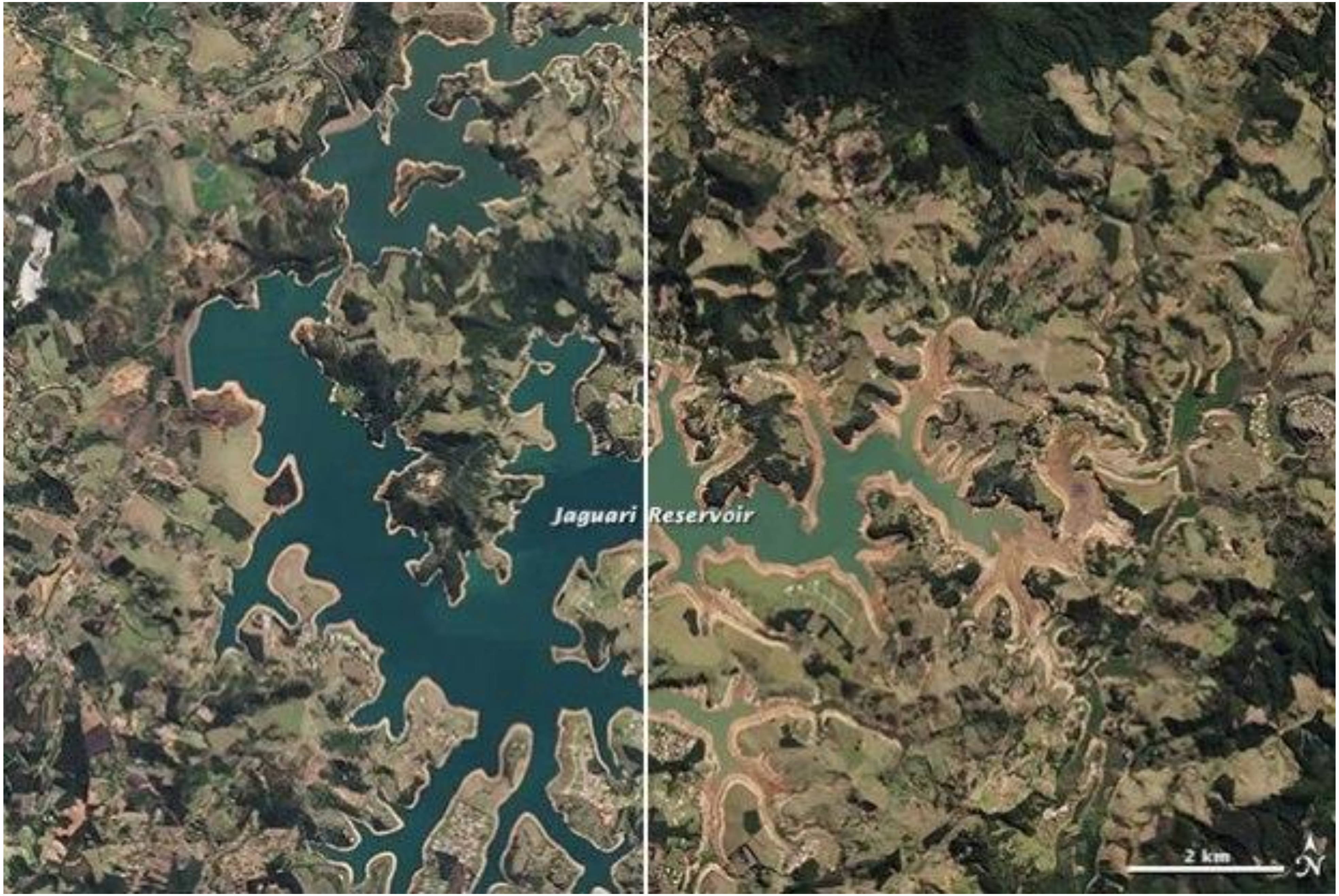
Valores mais altos indicam maior risco de seca


NAMA
VENEZUELA
GUYANA
COLOMBIA
ECUADOR
PERU
BRAZIL
BOLIVIA
Bauru
PARAGUAY
CHILE
URUGUAY

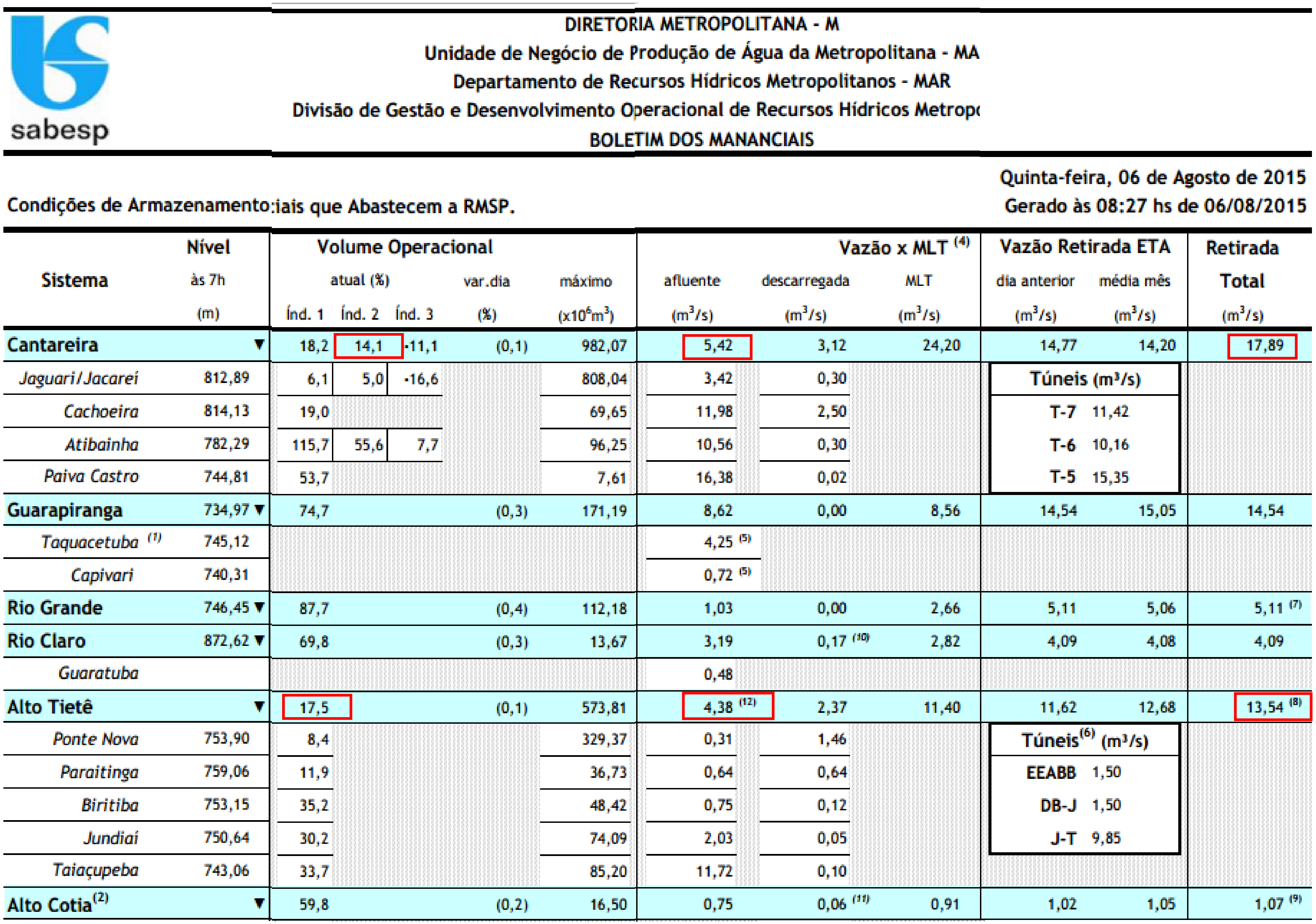
Sistemas de recursos hídricos complexos

Sistema Cantareira


PIRACICABA
ALTO TIETÊ
BAIXADA SANTISTA
JAGUARI-JACAREÍ
R JAGUARI
R JACAREÍ
R CACHOEIRA
R ATIBAINHA
CACHOEIRA
ATIBAINHA
R CAMANDUCAIA
R JAGUARI
R ATIBAIA
R CORUMBATAÍ
BARRA BONITA
RIO PIRACICABA
p/ Campinas
p/ Jundiaí
R CAPIVARI
RIO TIETÊ
RASGÃO
PIRAPORA
EDGARD DE SOUZA
RETIRO
RIO
PAIVA CASTRO
JUQUERI
STA INÊS
ETA GUARAÚ
RIO TIETÊ
TAIAÇUPEBA
ETA TAIAÇUPEBA
R TAIAÇUPEBA
R TAMANDUATEÍ
R JUNDIAÍ
JUNDIAÍ
R BIRITIBA
R PARAITINGA
R TIETÊ
PONTE NOVA
RIB DO CAMPO
R ITAPANHAÚ
R ITATINGA
R ITAPANHAÚ
USINA CODESP
R PINHEIROS
TRAIÇÃO
GUARAPIRANGA
R EMBU-GUAÇU
PEDREIRA
Res Billings
RIO GRANDE
RIO PEQUENO
PEDRAS
CAPIVARI-MONOS
R CAPIVARI
R CUBATÃO
USINA HENRY BORDEN
R BRANCO
R AGUAPEÚ
R PRETO
OCEANO ATLÂNTICO
ELEVATÓRIA EXISTENTE
ELEVATÓRIA PLANEJADA
RESERVATÓRIO EXISTENTE
RESERVATÓRIO PLANEJADO
VINCULAÇÃO HÍDRICA ENTRE BACIAS


Jaguari Reservoir
2 km
N

Fonte: NASA (2014) http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=84564



sabesp

DIRETORIA METROPOLITANA - M
Unidade de Negócio de Produção de Água da Metropolitana - MA
Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos - MAR
Divisão de Gestão e Desenvolvimento Operacional de Recursos Hídricos Metrop
BOLETIM DOS MANANCIAIS

Quinta-feira, 06 de Agosto de 2015
Gerado às 08:27 hs de 06/08/2015

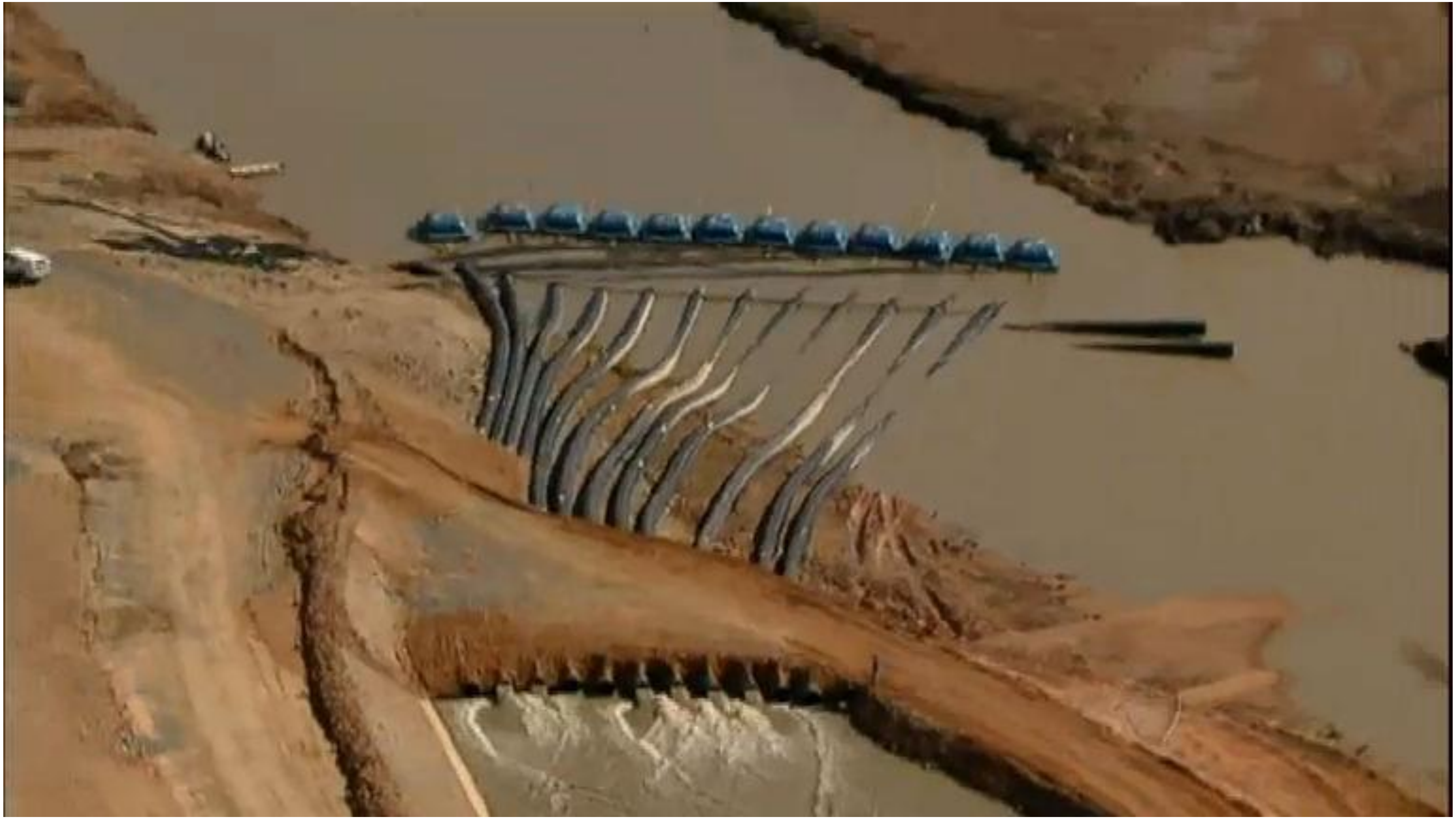
Condições de Armazenamento:iais que Abastecem a RMSP.

Sistema	Nível às 7h (m)	Volume Operacional atual (%) Índ. 1	Índ. 2	Índ. 3	var.dia (%)	máximo ($x10^6m^3$)	Vazão x MLT [(4)] afluente (m^3/s)	descarregada (m^3/s)	MLT (m^3/s)	Vazão Retirada ETA dia anterior (m^3/s)	média mês (m^3/s)	Retirada Total (m^3/s)
Cantareira	▼	18,2	14,1	-11,1	(0,1)	982,07	5,42	3,12	24,20	14,77	14,20	17,89
Jaguari/Jacareí	812,89	6,1	5,0	-16,6		808,04	3,42	0,30		**Túneis (m³/s)**		
Cachoeira	814,13	19,0				69,65	11,98	2,50		**T-7**	11,42	
Atibainha	782,29	115,7	55,6	7,7		96,25	10,56	0,30		**T-6**	10,16	
Paiva Castro	744,81	53,7				7,61	16,38	0,02		**T-5**	15,35	
Guarapiranga	734,97 ▼	74,7			(0,3)	171,19	8,62	0,00	8,56	14,54	15,05	14,54
Taquacetuba (1)	745,12						4,25 (5)					
Capivari	740,31						0,72 (5)					
Rio Grande	746,45 ▼	87,7			(0,4)	112,18	1,03	0,00	2,66	5,11	5,06	5,11 (7)
Rio Claro	872,62 ▼	69,8			(0,3)	13,67	3,19	0,17 (10)	2,82	4,09	4,08	4,09
Guaratuba							0,48					
Alto Tietê	▼	17,5			(0,1)	573,81	4,38 (12)	2,37	11,40	11,62	12,68	13,54 (8)
Ponte Nova	753,90	8,4				329,37	0,31	1,46		**Túneis(6) (m³/s)**		
Paraitinga	759,06	11,9				36,73	0,64	0,64		**EEABB**	1,50	
Biritiba	753,15	35,2				48,42	0,75	0,12		**DB-J**	1,50	
Jundiaí	750,64	30,2				74,09	2,03	0,05		**J-T**	9,85	
Taiaçupeba	743,06	33,7				85,20	11,72	0,10				
Alto Cotia(2)	▼	59,8			(0,2)	16,50	0,75	0,06 (11)	0,91	1,02	1,05	1,07 (9)

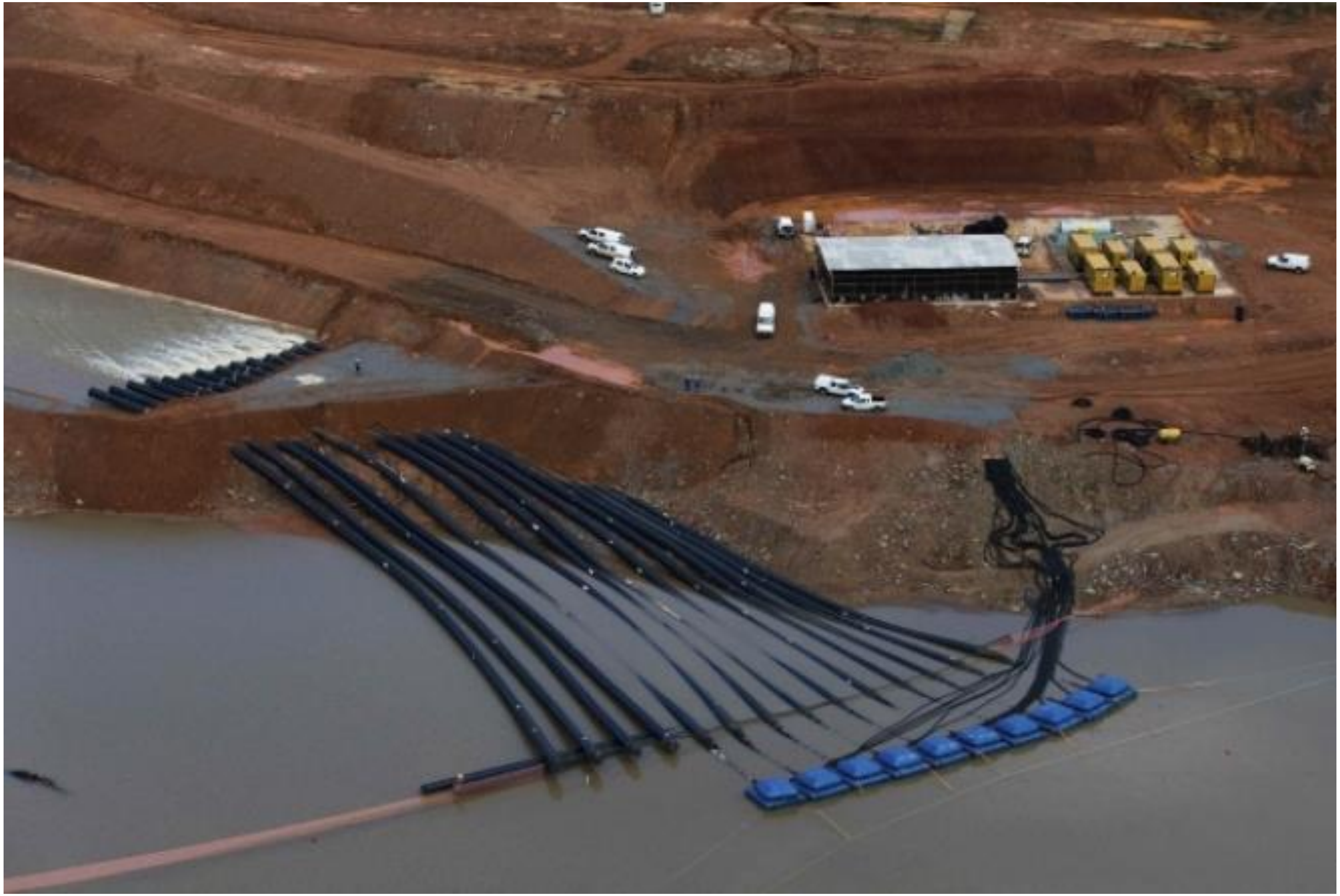
Reservatório Jaguari

Reservatório Cachoeira

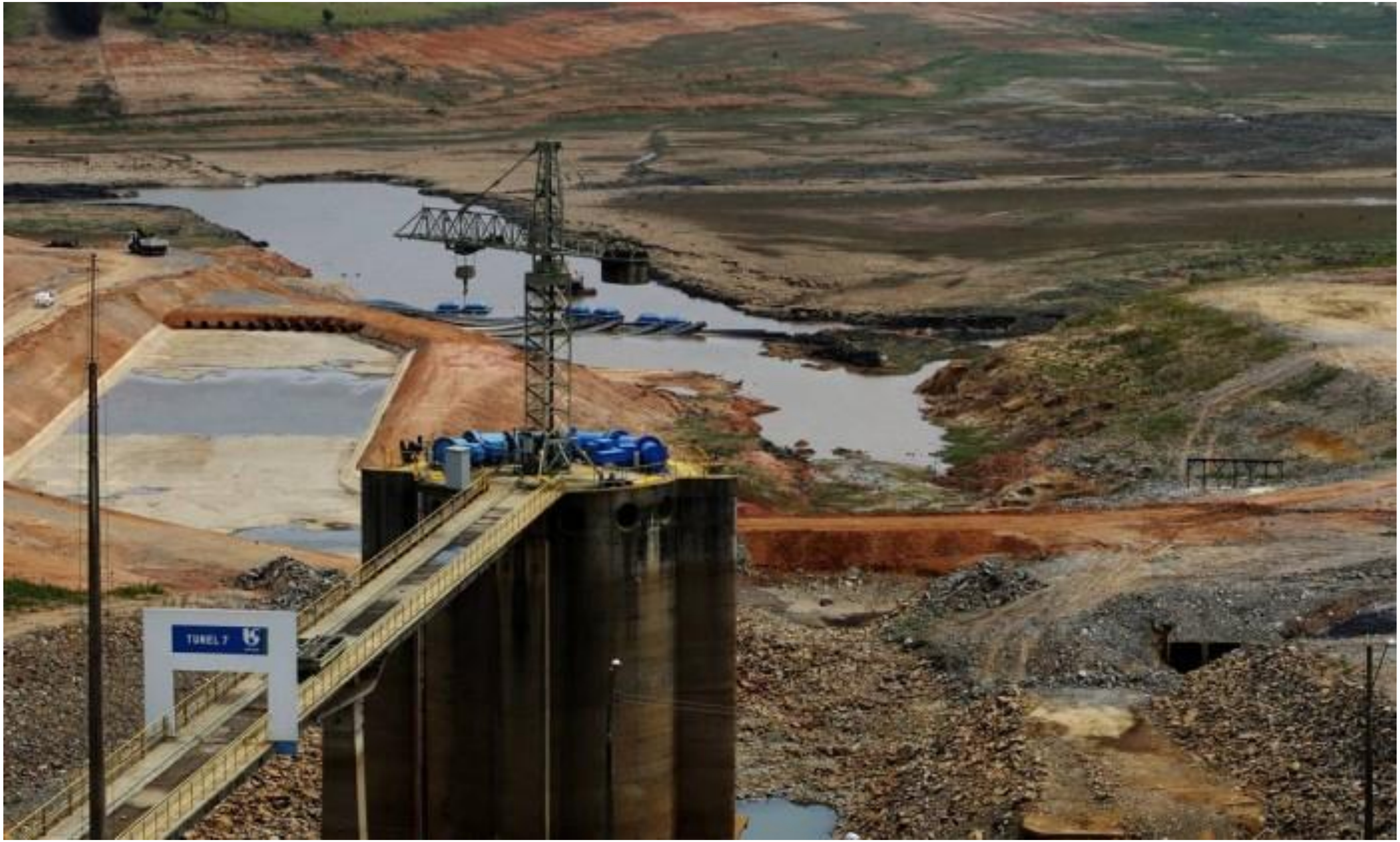
Captação do Volume Morto

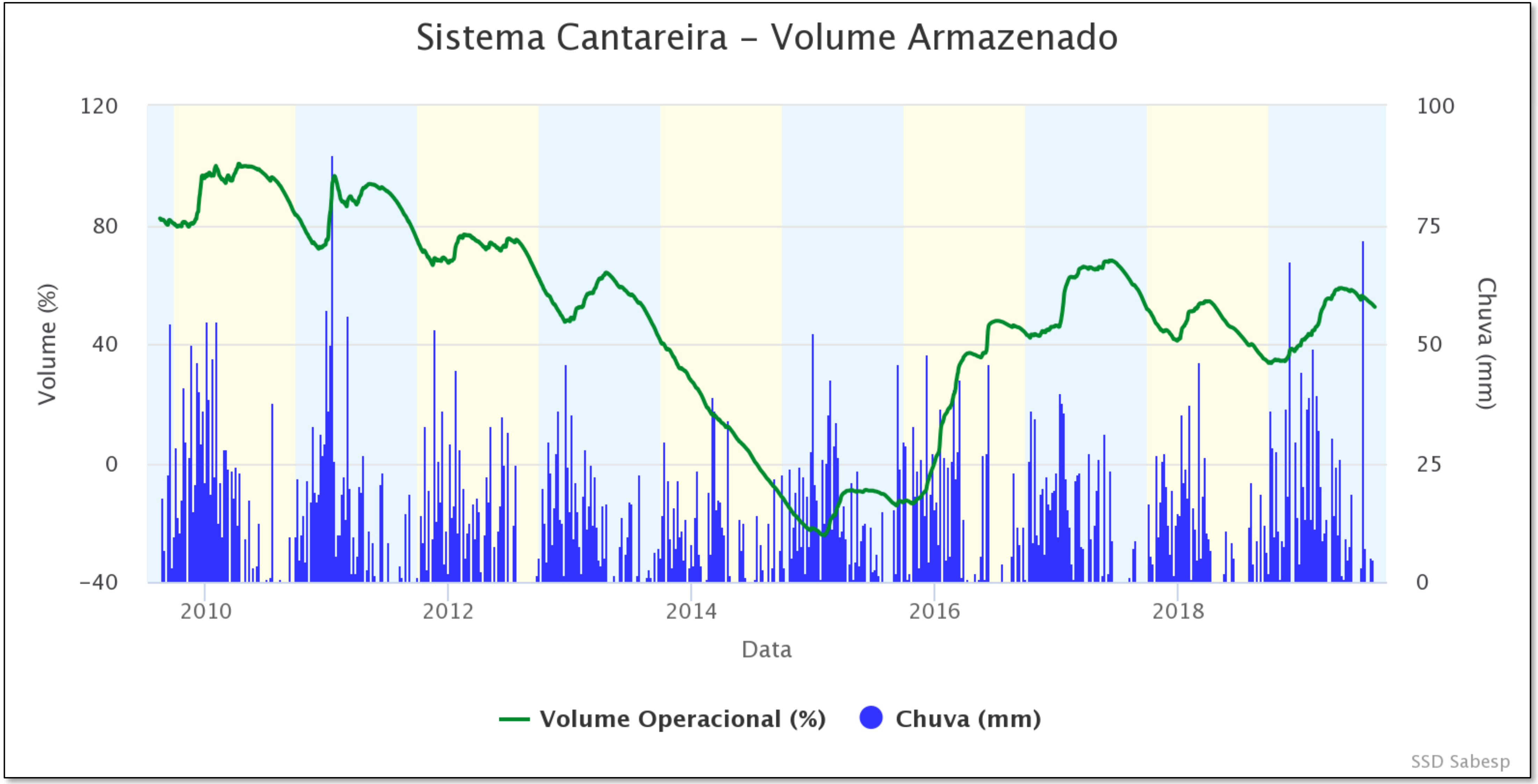


Captação do Volume Morto

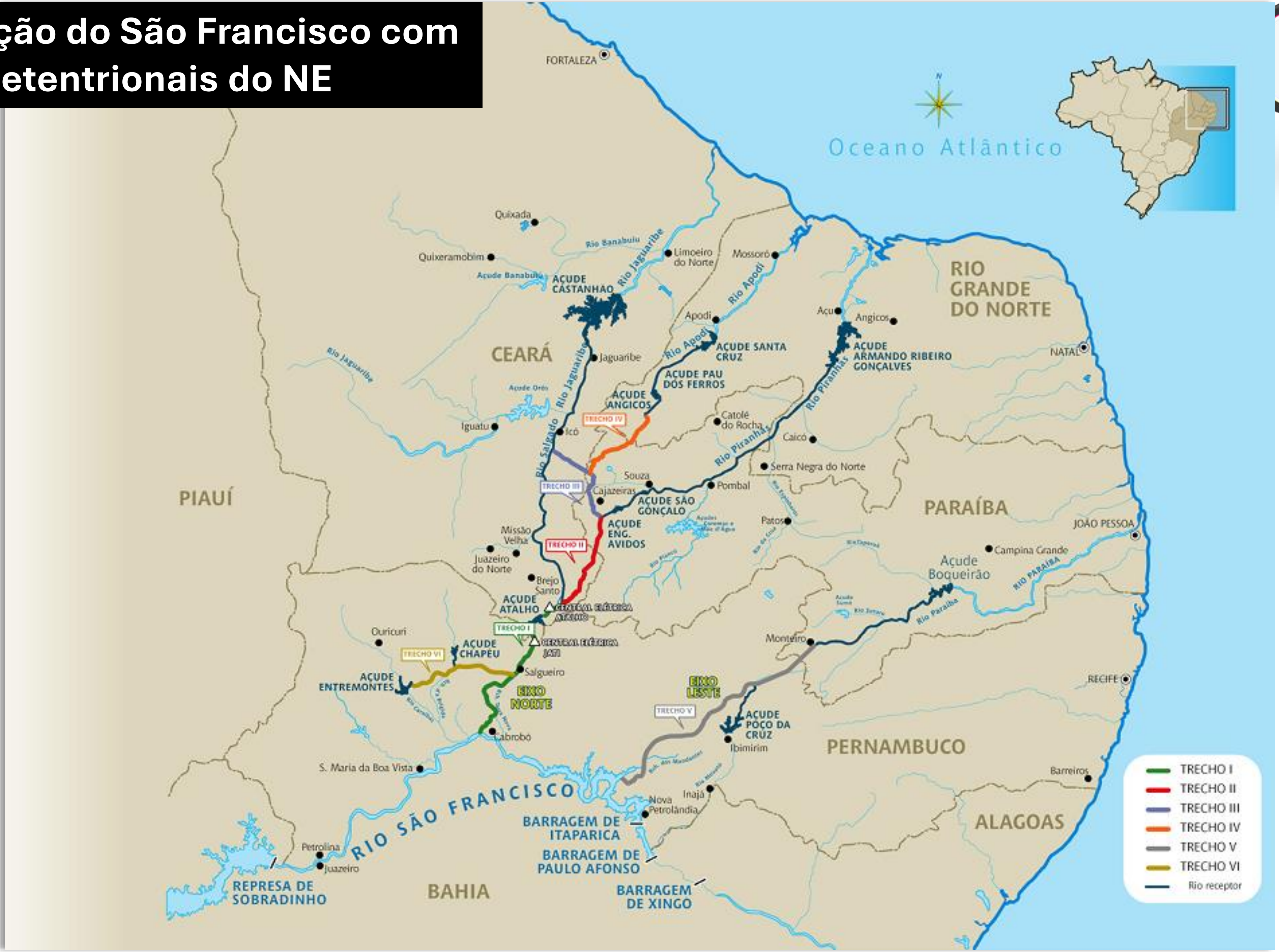


Captação do Volume Morto



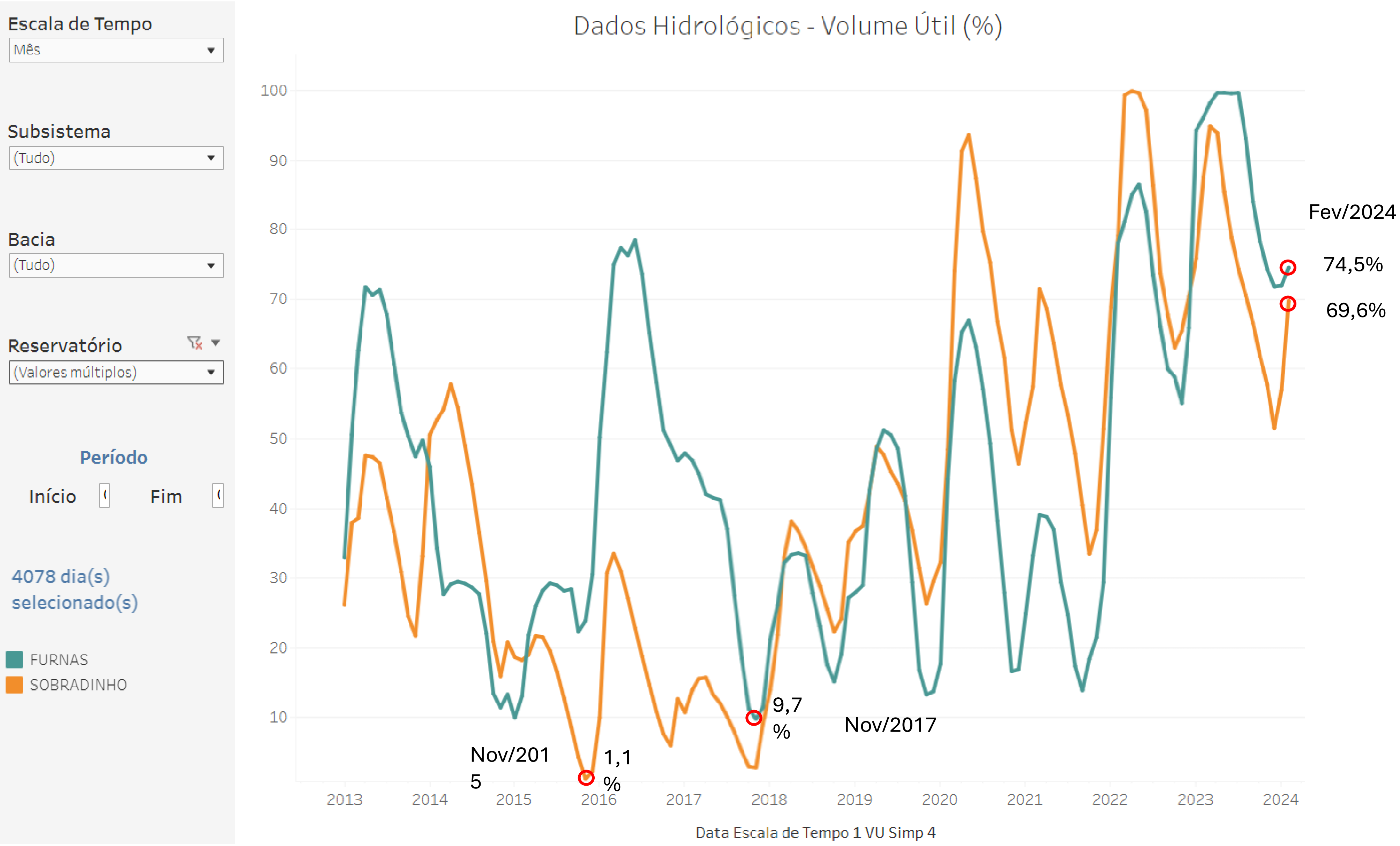

Sistema Cantareira – Volume Armazenado
120
80
40
0
-40
Volume (%)
100
75
50
25
0
Chuva (mm)
2010
2012
2014
2016
2018
Data
Volume Operacional (%)
Chuva (mm)
SSD Sabesp

Projeto de Integração do São Francisco com as Bacias setentrionais do NE



Oceano Atlântico
FORTALEZA
Quixadá
Quixeramobim
Rio Banabuiu
Açude Banabuiu
AÇUDE CASTANHÃO
Rio Jaguaribe
Limoeiro do Norte
Mossoró
Rio Apodi
Apodi
AÇUDE SANTA CRUZ
AÇUDE PAU DOS FERROS
Açu
Angicos
AÇUDE ARMANDO RIBEIRO GONÇALVES
RIO GRANDE DO NORTE
NATAL
CEARÁ
Jaguaribe
Açude Orós
Rio Jaguaribe
Iguatu
Icó
Rio Salgado
AÇUDE ANGICOS
TRECHO IV
Catolé do Rocha
Caicó
Rio Piranhas
Serra Negra do Norte
Souza
Cajazeiras
TRECHO III
Pombal
AÇUDE SÃO GONÇALO
AÇUDE ENG. AVIDOS
TRECHO II
Patos
PARAÍBA
JOÃO PESSOA
Campina Grande
Açude Boqueirão
Rio Paraíba
PIAUÍ
Missão Velha
Juazeiro do Norte
Brejo Santo
AÇUDE ATALHO
CENTRAL ELÉTRICA ATALHO
TRECHO I
CENTRAL ELÉTRICA JATI
Ouricuri
TRECHO VI
AÇUDE CHAPÉU
AÇUDE ENTREMONTES
Salgueiro
EIXO NORTE
Cabrobó
Monteiro
EIXO LESTE
TRECHO V
AÇUDE POÇO DA CRUZ
Ibimirim
PERNAMBUCO
RECIFE
Barreiros
S. Maria da Boa Vista
RIO SÃO FRANCISCO
Nova Petrolândia
Inajá
BARRAGEM DE ITAPARICA
BARRAGEM DE PAULO AFONSO
BARRAGEM DE XINGO
ALAGOAS
Petrolina
Juazeiro
REPRESA DE SOBRADINHO
BAHIA
TRECHO I
TRECHO II
TRECHO III
TRECHO IV
TRECHO V
TRECHO VI
Rio receptor

Armazenamento de água em reservatórios



Escala de Tempo
Mês

Subsistema
(Tudo)

Bacia
(Tudo)

Reservatório
(Valores múltiplos)

Período
Início Fim

4078 dia(s) selecionado(s)

🟩 FURNAS
🟧 SOBRADINHO

Dados Hidrológicos - Volume Útil (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
Data Escala de Tempo 1 VU Simp 4

Nov/2015 1,1 %

9,7 % Nov/2017

Fev/2024

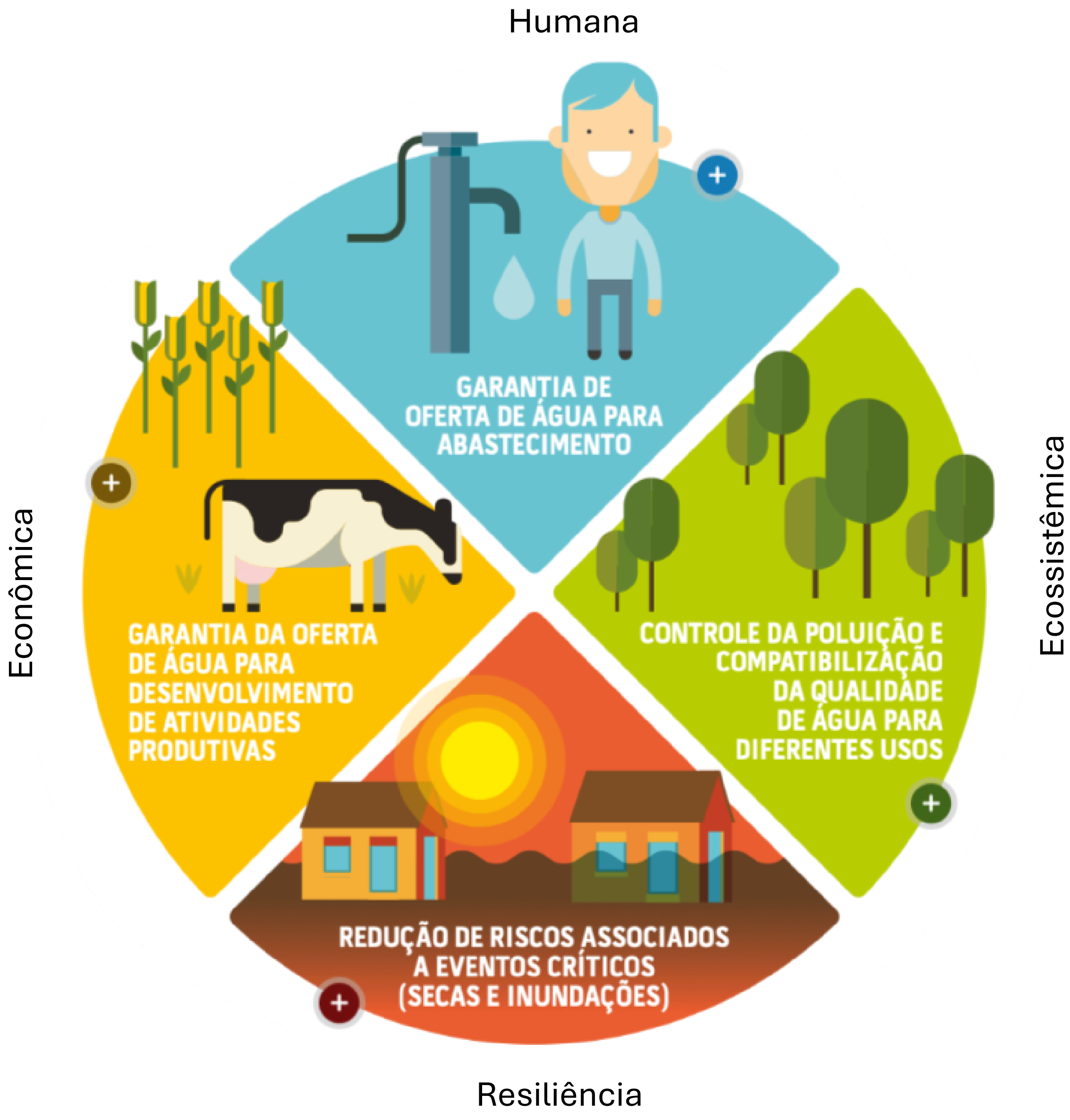
74,5%

69,6%

ONS. 2024. Dados hidrológicos – Volume (hm^3). https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/dados_hidrologicos_volumes.aspx

Segurança hídrica

- Fatores de influência
  - Aumento da demanda
  - Alteração no uso da terra
  - Ocupação desordenada do solo
  - Poluição da água
  - Mudanças climáticas
  - Insuficiência de investimento em infraestrutura hídrica

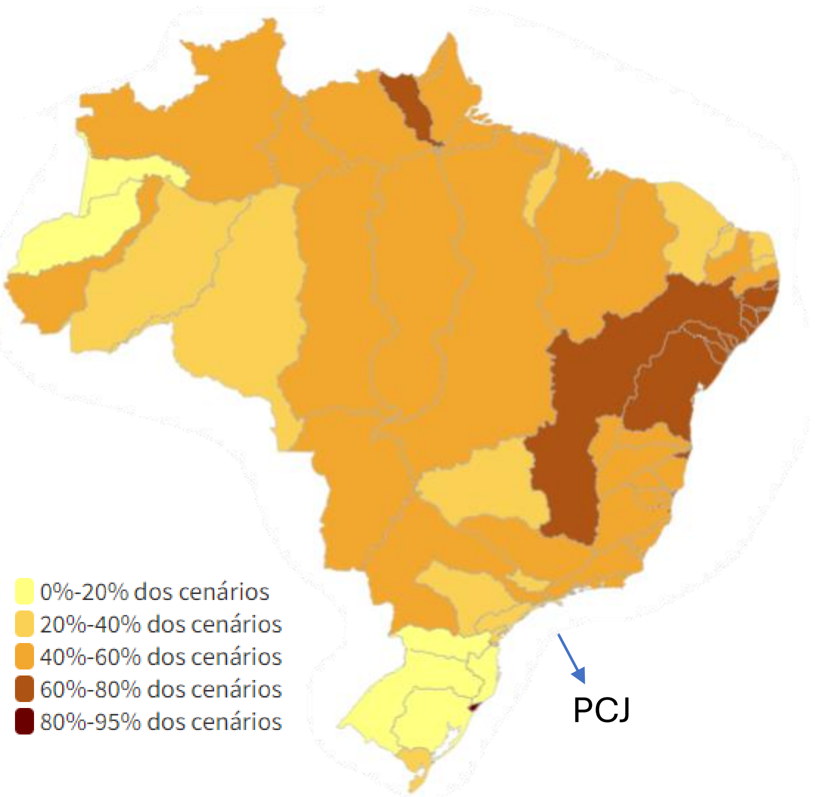

Humana
GARANTIA DE OFERTA DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO
Econômica
GARANTIA DA OFERTA DE ÁGUA PARA DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES PRODUTIVAS
Ecossistêmica
CONTROLE DA POLUIÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA PARA DIFERENTES USOS
REDUÇÃO DE RISCOS ASSOCIADOS A EVENTOS CRÍTICOS (SECAS E INUNDAÇÕES)
Resiliência

ANA. Relatório de Conjuntura (2021). https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua

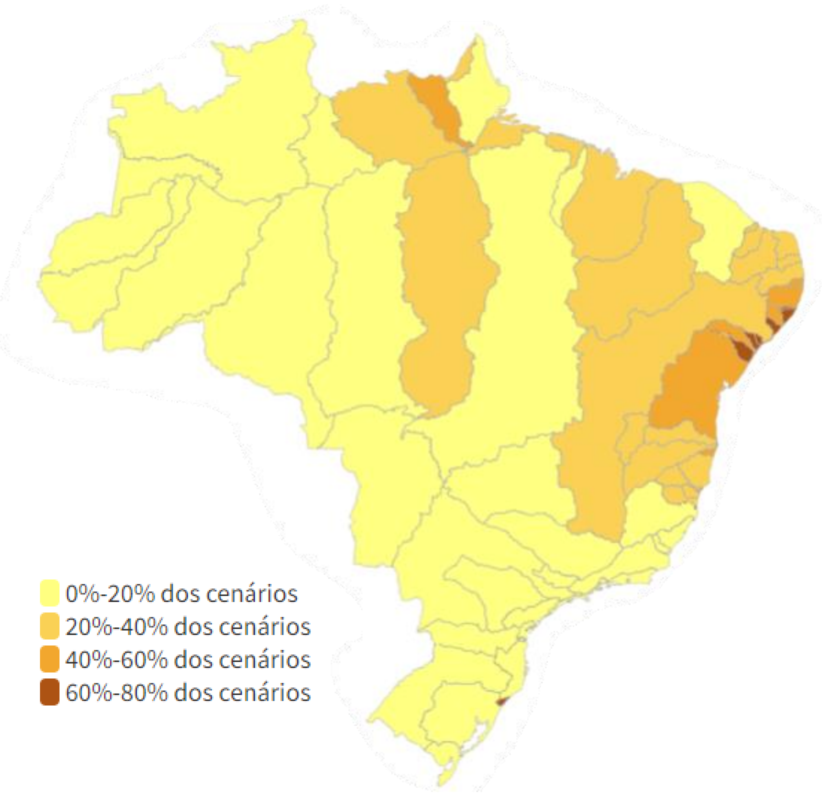
Mudança Climática

Cenários Futuros de Redução da Disponibilidade Hídrica

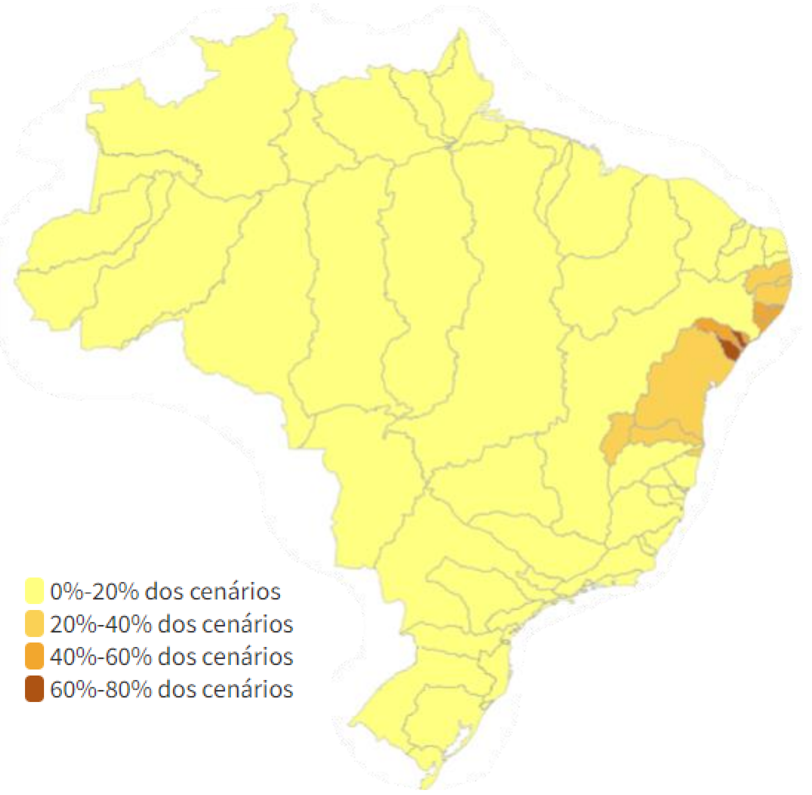
Redução superior a 5%


0%-20% dos cenários
20%-40% dos cenários
40%-60% dos cenários
60%-80% dos cenários
80%-95% dos cenários
PCJ

Redução superior a 15%


0%-20% dos cenários
20%-40% dos cenários
40%-60% dos cenários
60%-80% dos cenários

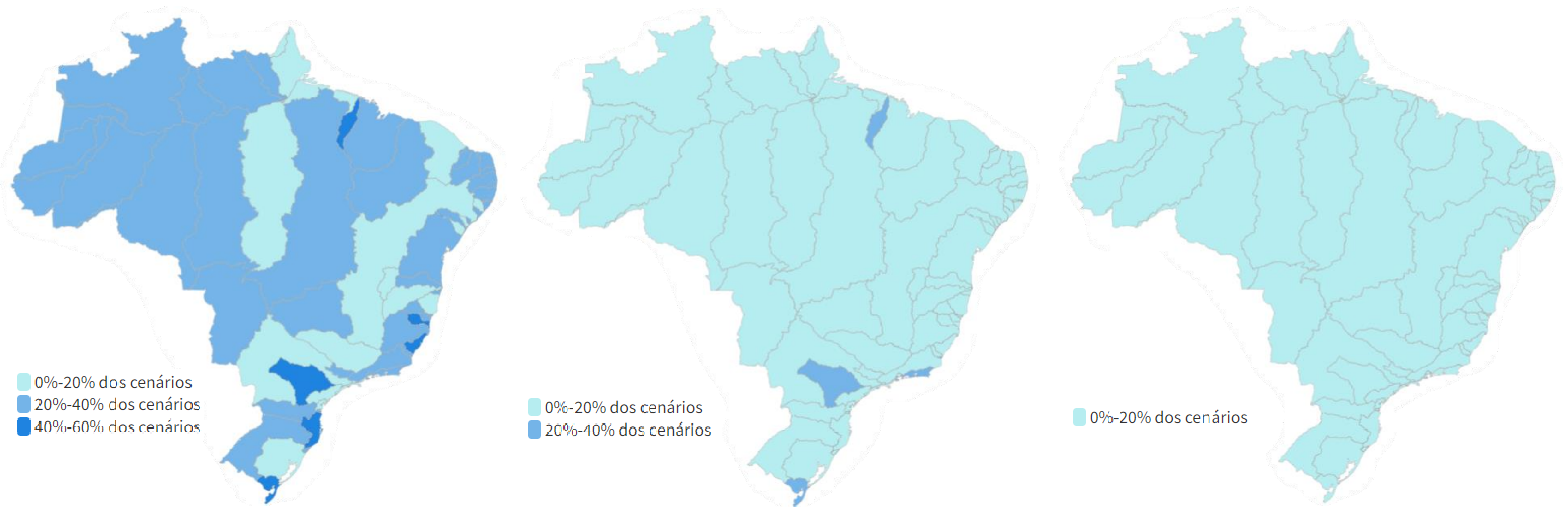
Redução superior a 25%


0%-20% dos cenários
20%-40% dos cenários
40%-60% dos cenários
60%-80% dos cenários

ANA. Relatório de Conjuntura (2021). https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua

Mudanças Climáticas

Cenários Futuros de Aumento da Disponibilidade Hídrica



Aumento superior a 5%

Aumento superior a 15%

Redução superior a 25%

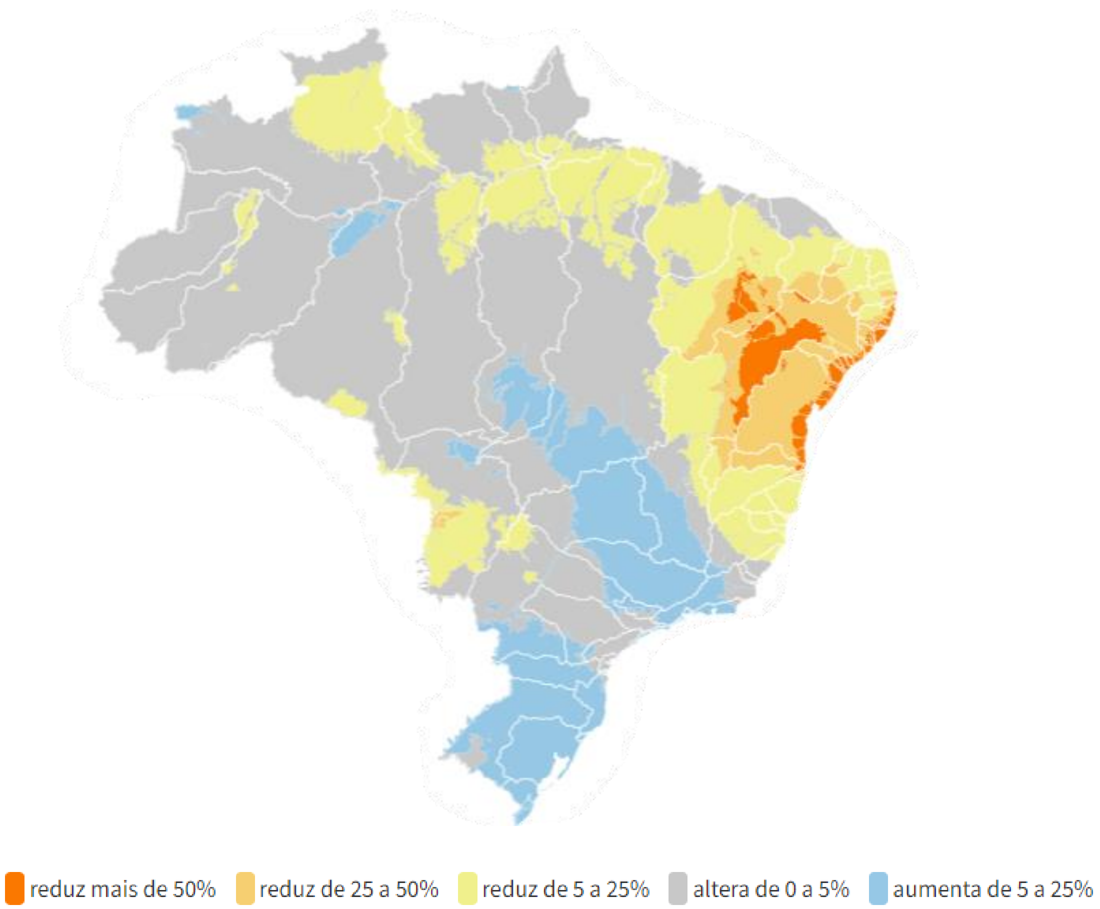
0%-20% dos cenários
20%-40% dos cenários
40%-60% dos cenários
0%-20% dos cenários
20%-40% dos cenários
0%-20% dos cenários

ANA. Relatório de Conjuntura (2021). https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua

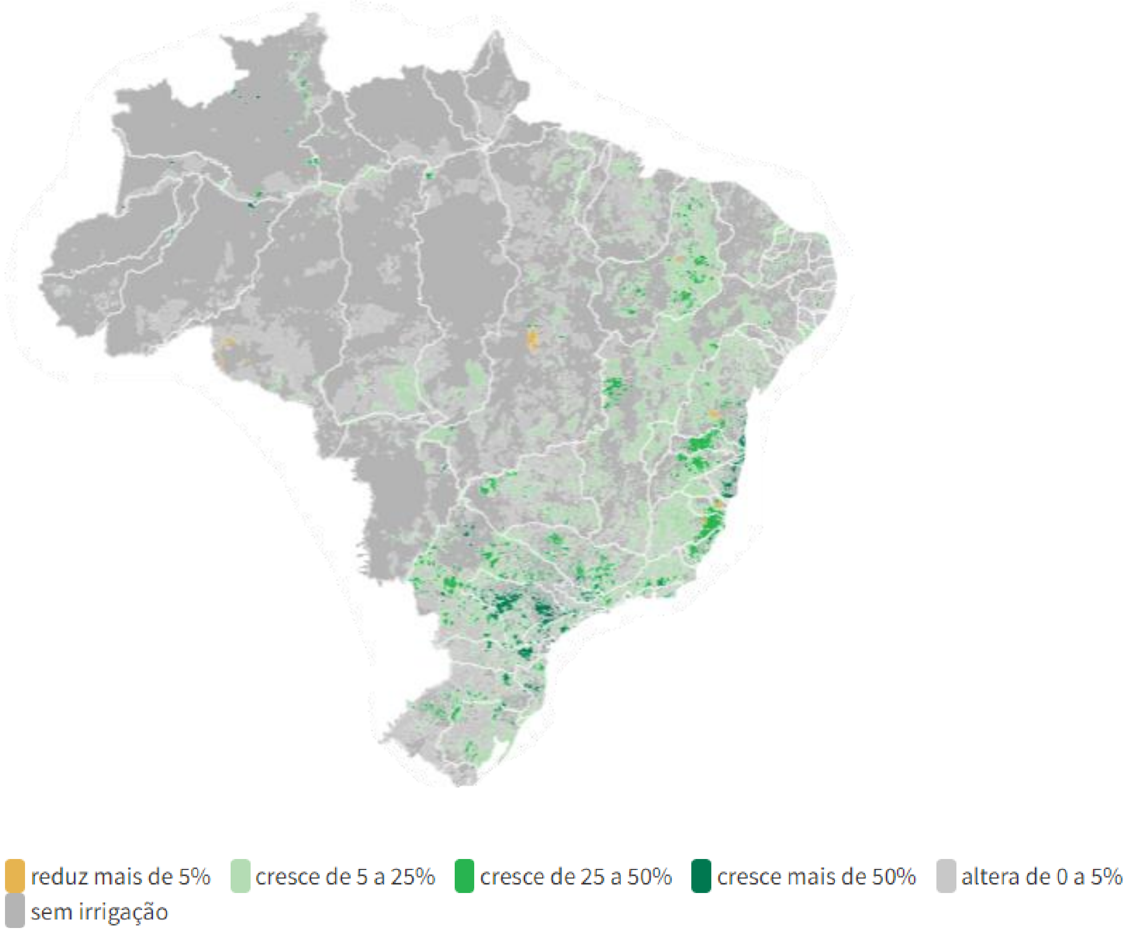
Influência das Mudanças Climáticas no Balanço Hídrico

Alterações na Oferta e na Demanda Hídrica

Oferta


reduz mais de 50%
reduz de 25 a 50%
reduz de 5 a 25%
altera de 0 a 5%
aumenta de 5 a 25%

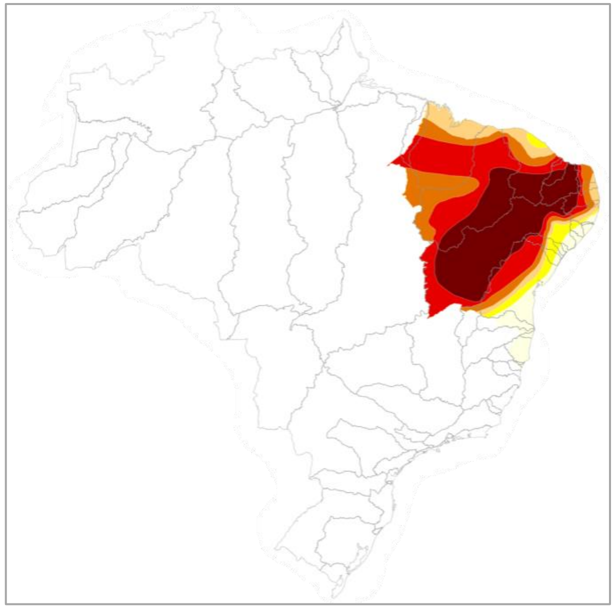
Demanda


reduz mais de 5%
cresce de 5 a 25%
cresce de 25 a 50%
cresce mais de 50%
altera de 0 a 5%
sem irrigação

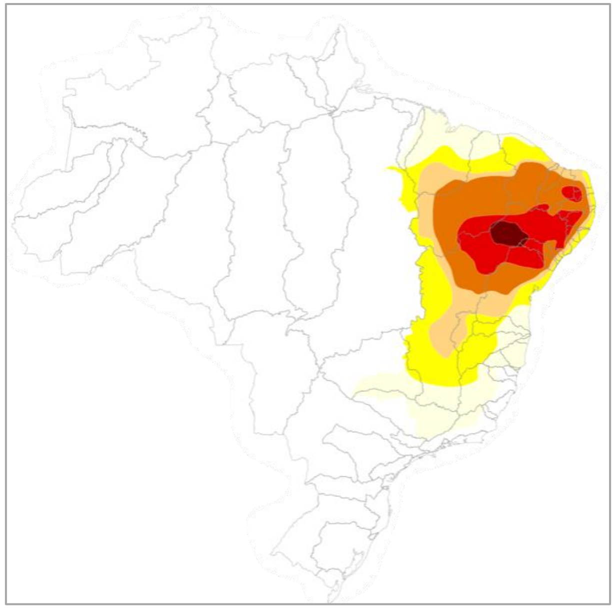
ANA. Relatório de Conjuntura (2021). https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua

Situação de seca em dezembro de cada ano

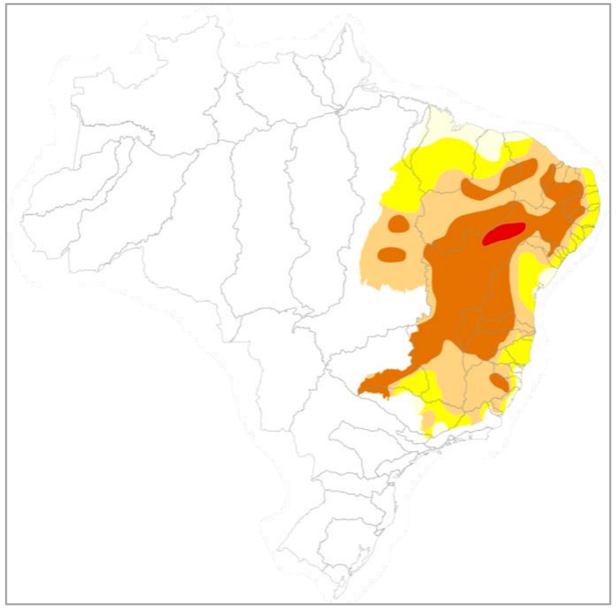
2017



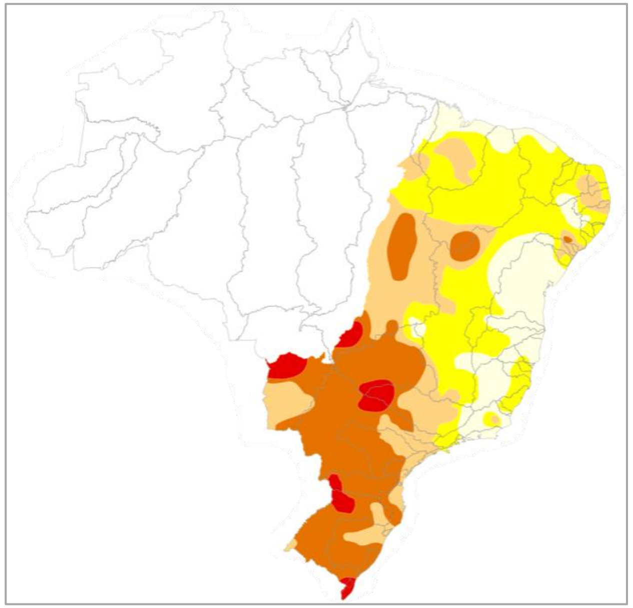
2018



2019



2020

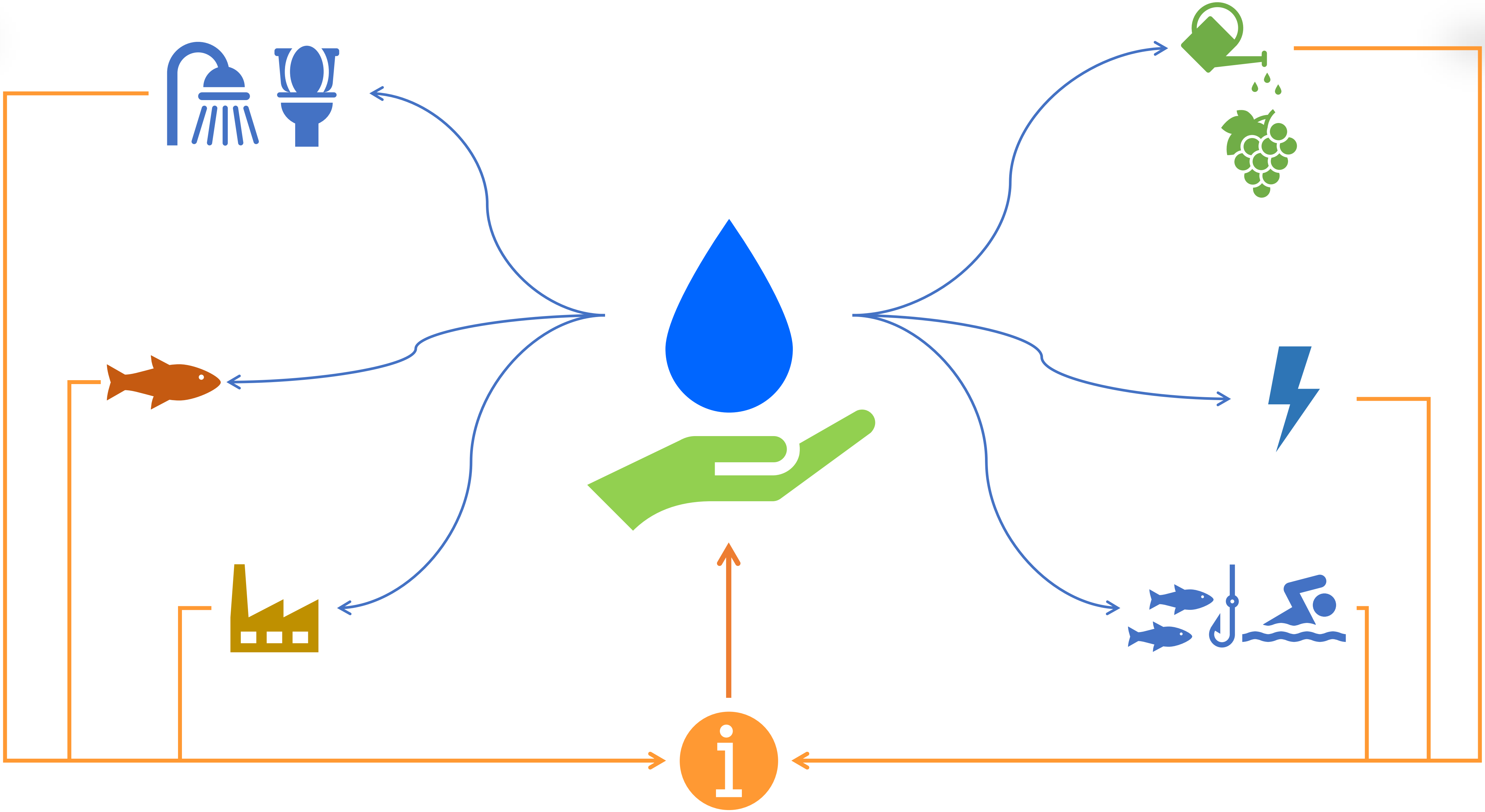


Exceto os estados do Mato Grosso e os estados da Região Norte

□ Sem Seca Relativa 🟨 Seca Fraca 🟧 Seca Moderada 🟧 Seca Grave 🟥 Seca Extrema 🟫 Seca Excepcional

ANA. Relatório de Conjuntura (2021). https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua

Gerenciamento efetivo



Essência do Problema

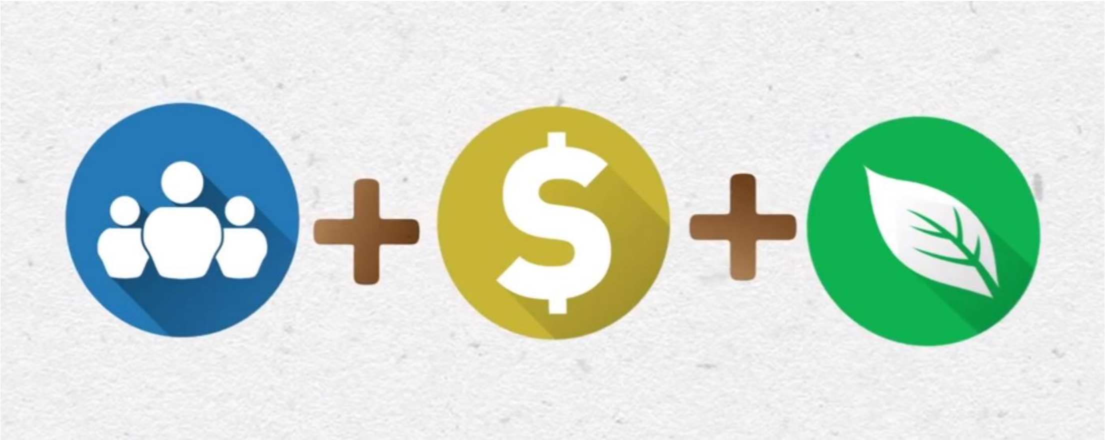
- Como tomar decisões acertadas a respeito de um campo caracterizado por:
    - Complexidade
    - Incertezas de diversas naturezas
    - Existência de conflitos
    - Investimento de porte elevado
    - Necessidade de planejamento de longo prazo
    - Dinamismo ao longa da vida útil
    - Repercussões econômicas, sociais e ambientais significativas
    - Participação de grupos heterogêneos no processo decisório

Gerenciamento

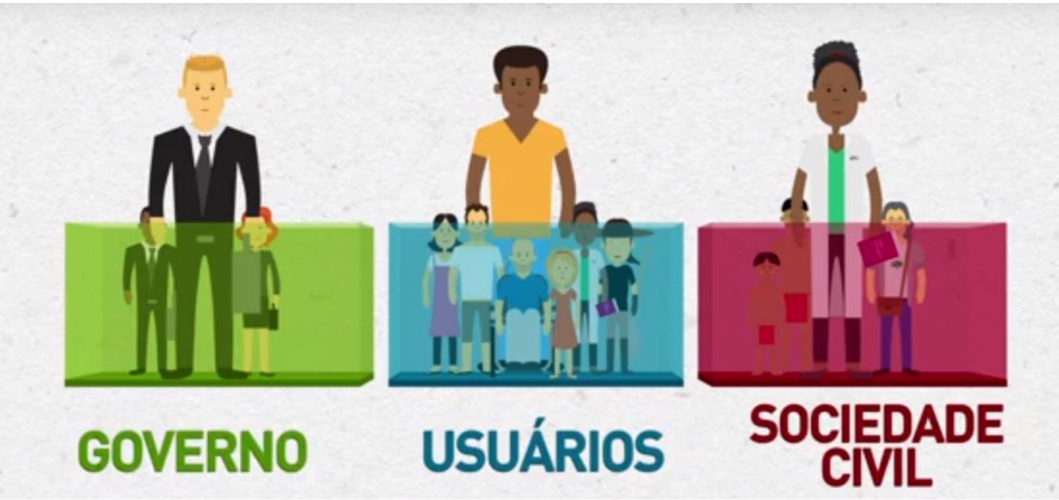
O objetivo é prover água na quantidade e na qualidade requerida, quando necessário, onde é necessário, e com o apropriado nível de confiabilidade

- Estruturais
  - Barragem
  - Canal
  - Bomba
- Não Estruturais
  - Outorga
  - Regra de operação
  - Sistema de alerta
  - SSD (Sistemas de Suporte a Decisões)
  - Etc.

Sustentabilidade



Partes envolvidas


GOVERNO
USUÁRIOS
SOCIEDADE CIVIL

PRINCÍPIOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

- Eficiência de uso da água
- Conservação da água
- Integridade ecológica e restauração
- Água limpa
- Equidade e participação na tomada de decisão
- Reforma institucional (melhor governança)

Componentes do sistema de recursos hídricos

Subsistema natural:

onde ocorrem processos físicos, químicos e biológicos

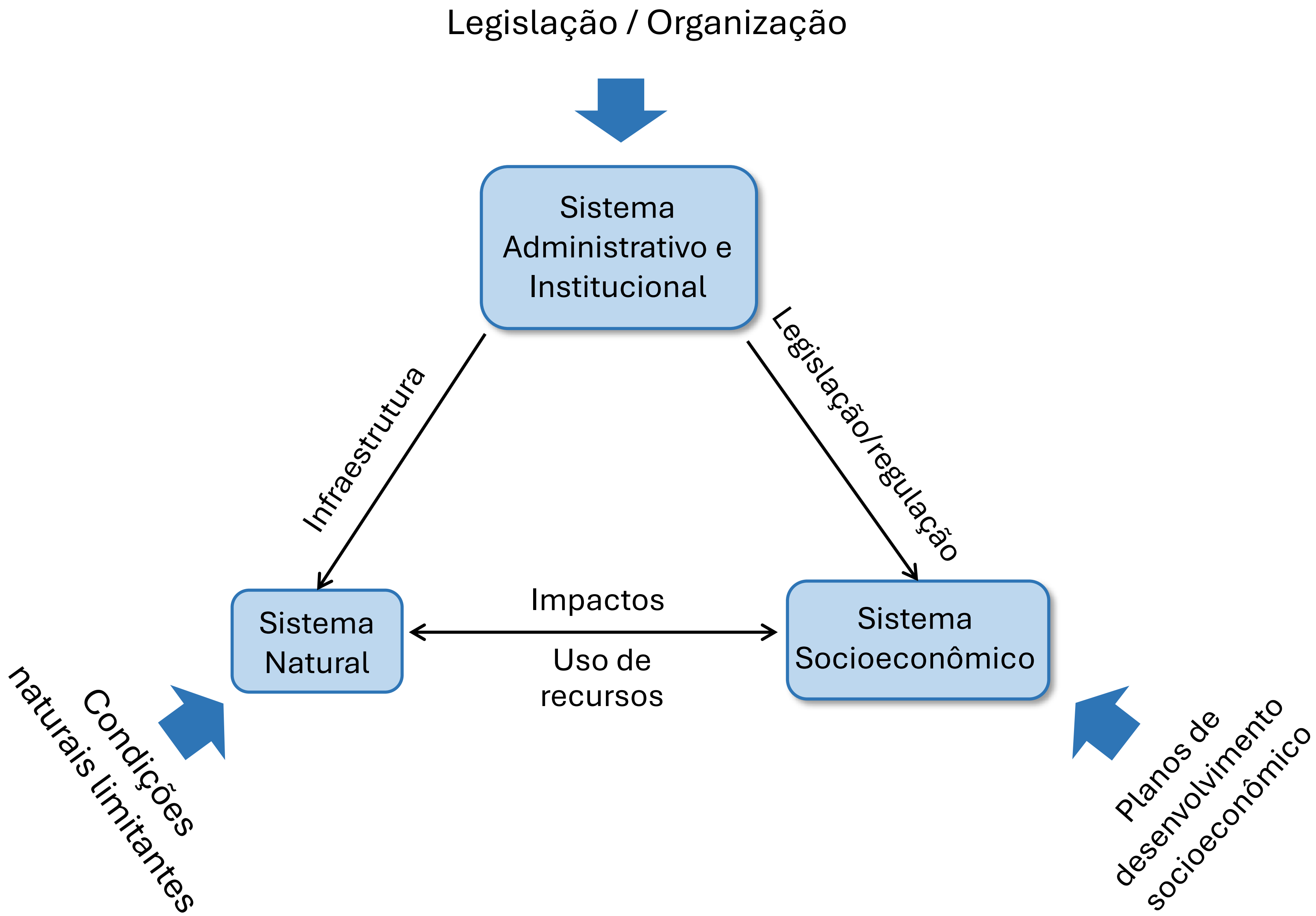
Subsistema socioeconômico:

atividades humanas relacionadas ao uso do sistema natural

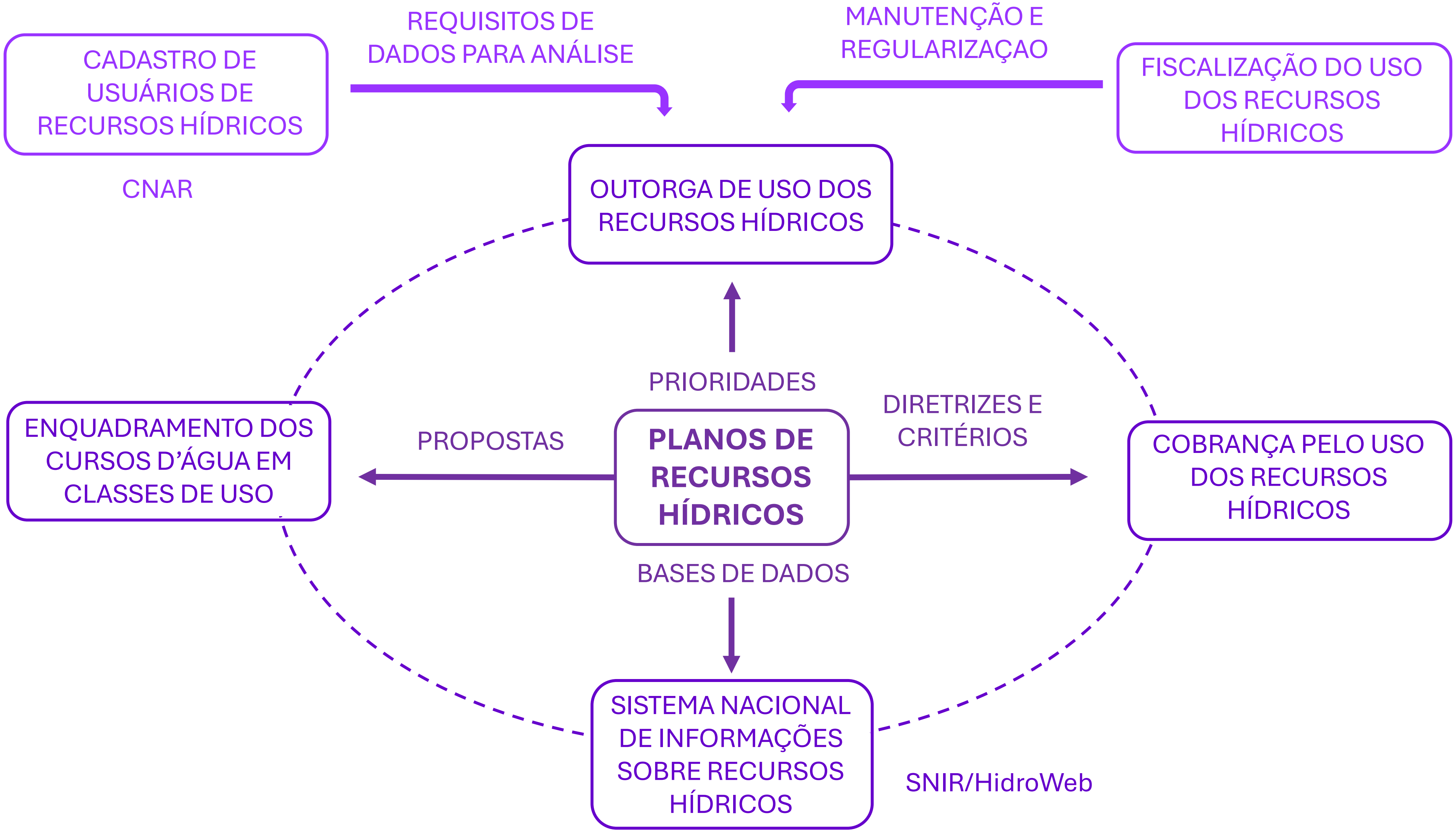
Subsistema administrativo e institucional:

legislação e regulação onde o processo de decisão, planejamento e manejo ocorrem

Interações entre subsistemas


Legislação / Organização
Sistema Administrativo e Institucional
Infraestrutura
Legislação/regulação
Sistema Natural
Impactos
Uso de recursos
Sistema Socioeconômico
Condições naturais limitantes
Planos de desenvolvimento socioeconômico

Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos



CADASTRO DE USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS

CNAR

REQUISITOS DE DADOS PARA ANÁLISE

MANUTENÇÃO E REGULARIZAÇAO

FISCALIZAÇÃO DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

OUTORGA DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

PRIORIDADES

ENQUADRAMENTO DOS CURSOS D’ÁGUA EM CLASSES DE USO

PROPOSTAS

PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS

DIRETRIZES E CRITÉRIOS

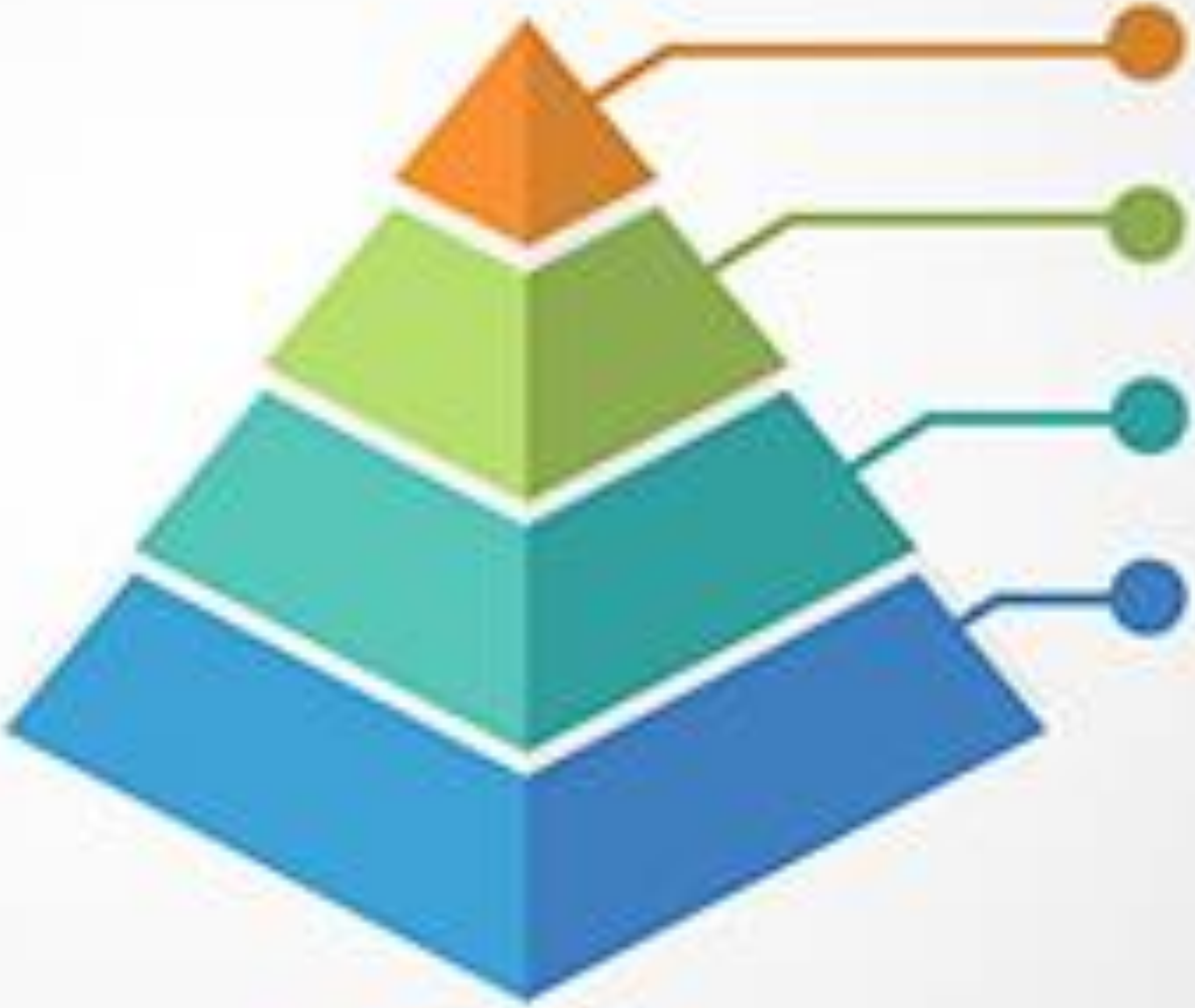
COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

BASES DE DADOS

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

SNIR/HidroWeb

Hierarquia da informação



Sabedoria Conhecimento acumulado usado para tomar decisões

Conhecimento Apropriação da informação para entendimento da realidade

Informação Organização dos dados para que uma mensagem com significado seja transmitida

Dado Conjunto de fatos ou elementos que sozinhos não comunicam mensagem inteligível

Problemas dos SI sobre RH atuais

Acesso

Credibilidade

Produtividade

Viabilidade

Acesso

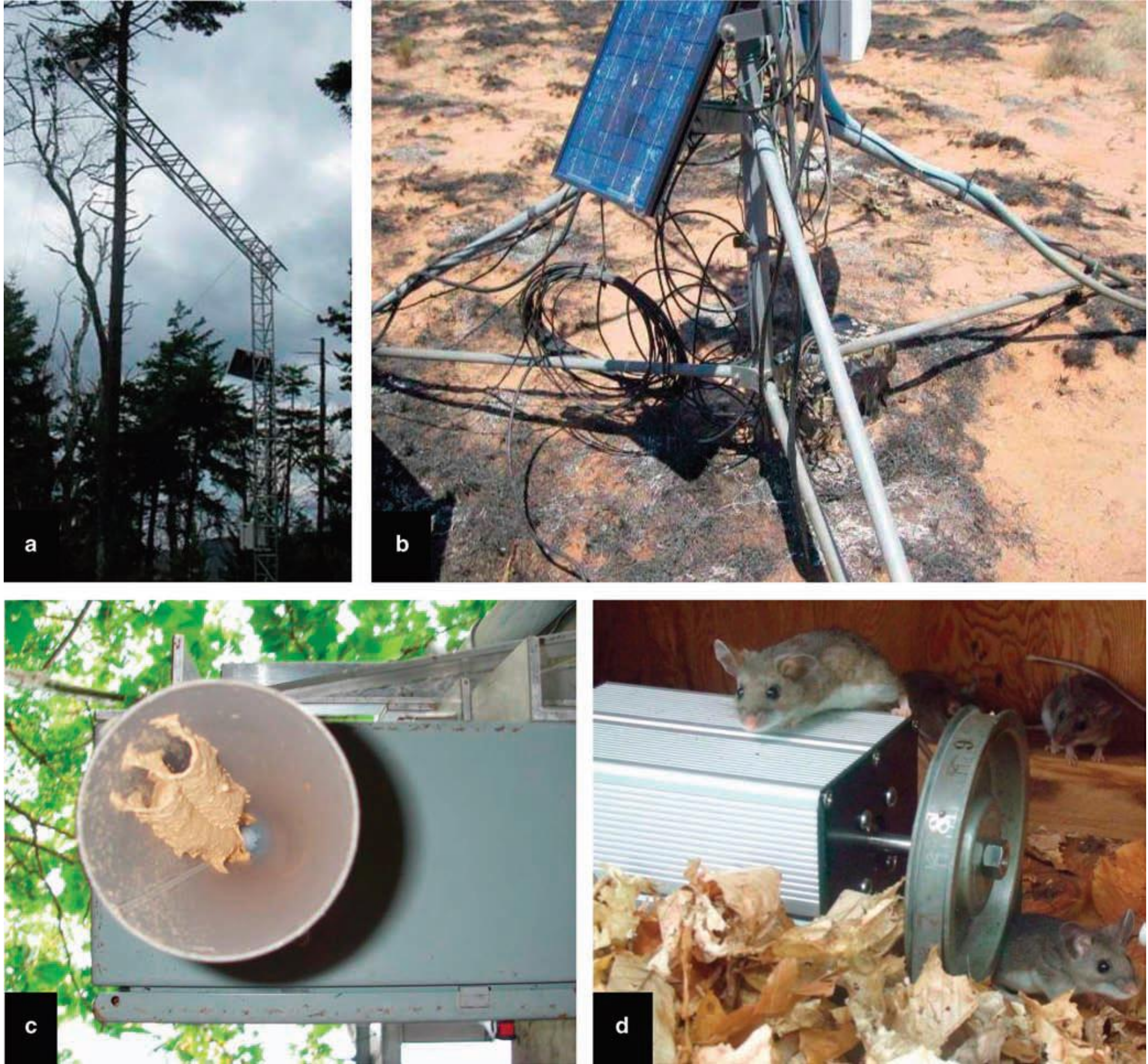
As Nações Unidas reconhece que a falta de monitoramento sistemático e o acesso a séries temporais sobre dados ambientais e socioeconômicos são uma grande barreira para a formulação de políticas.

(UN ENVIRONMENT, 2019)

GEO 6
GLOBAL ENVIRONMENT OUTLOOK
HEALTHY PLANET HEALTHY PEOPLE
UN environment
United Nations Environment Programme

Credibilidade

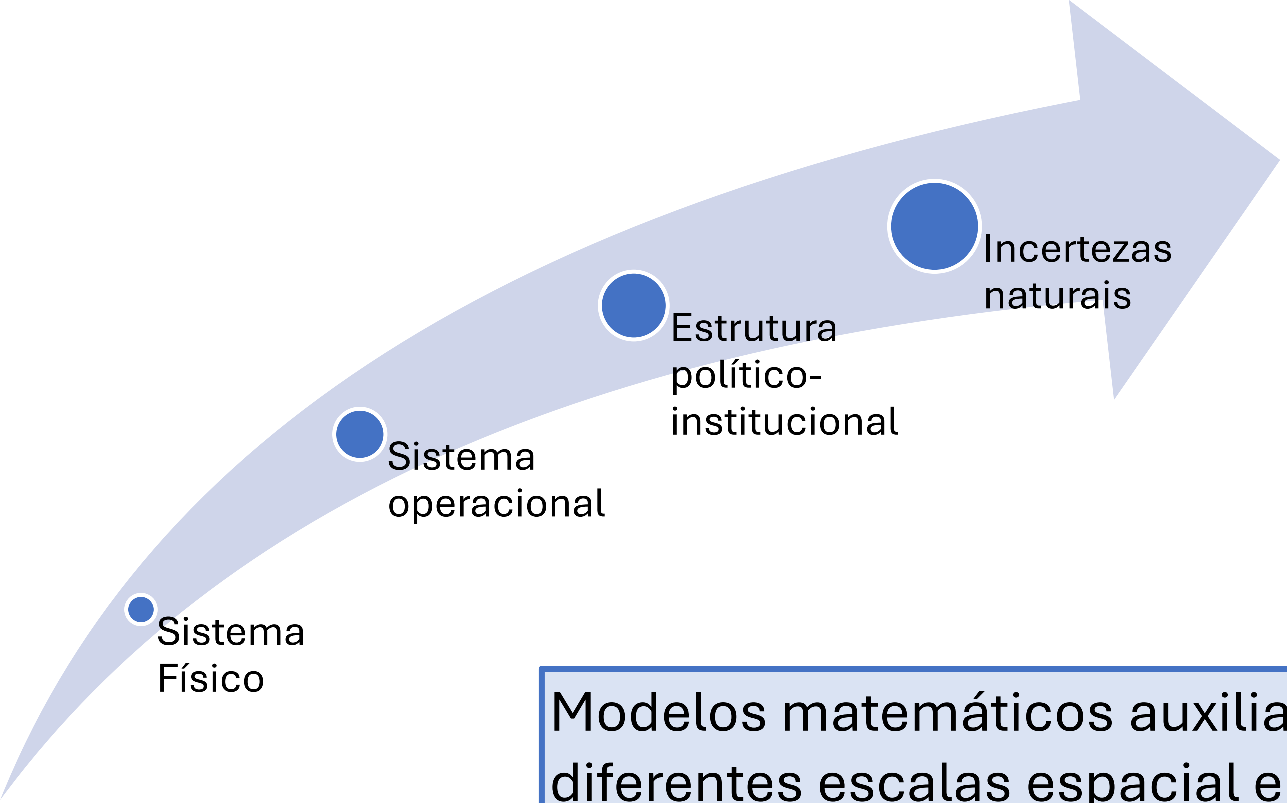
- Inundações, incêndios e raios
- Animais
- Roubo e vandalismo
- Operação inadequada
- Corrompidos durante a transmissão



Produtividade e Viabilidade

- Sem padrões
- dados fragmentados
- Sem metadados
- sistemas isolados
- consultas limitadas
- difícil extração

Conflitos



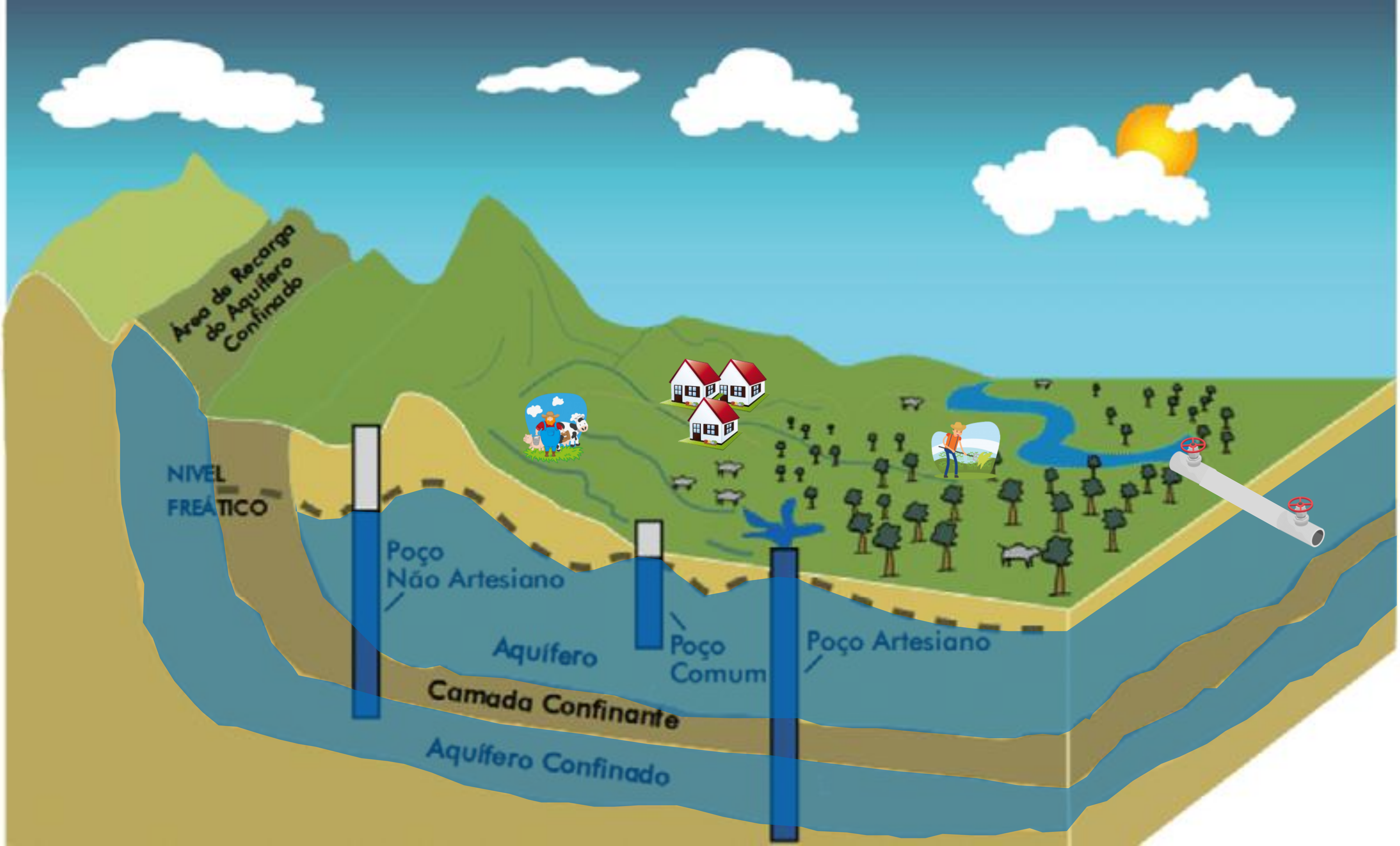
Sistema Físico

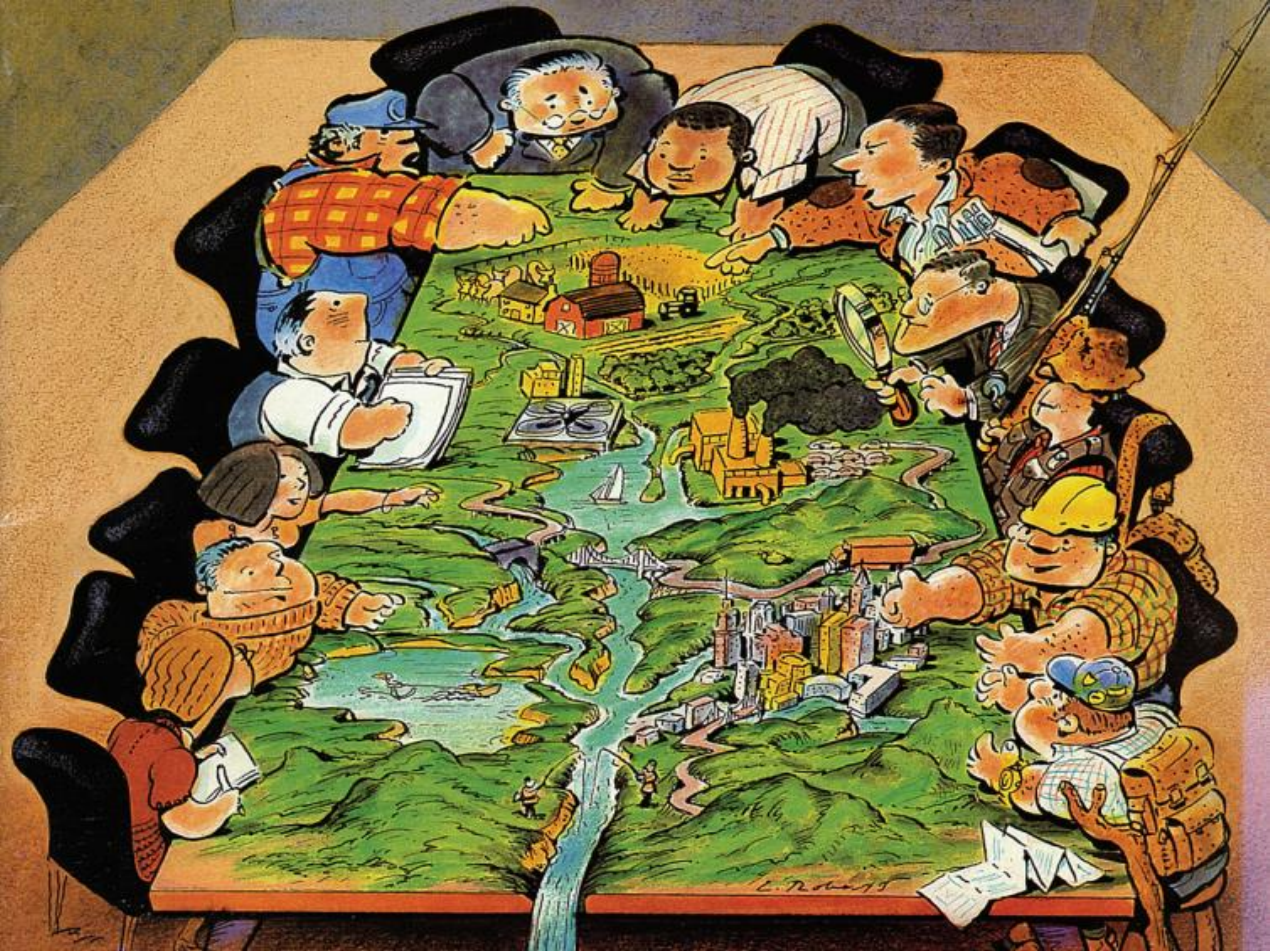
Sistema operacional

Estrutura político-institucional

Incertezas naturais

Modelos matemáticos auxiliam a análise de dados, em diferentes escalas espacial e temporal, para predizer as interações e impactos, no espaço e no tempo, sobre alternativas de projetos e políticas operacionais na bacia.


Área de Recarga do Aquífero Confinado
NIVEL FREÁTICO
Poço Não Artesiano
Aquífero
Poço Comum
Poço Artesiano
Camada Confinante
Aquífero Confinado



A modelagem deve fornecer as informações desejadas em um formato inteligível aos interessados

Modelagem do sistema é útil quando:

Os objetivos são razoavelmente bem definidos e os beneficiários dos resultados do modelo são identificados

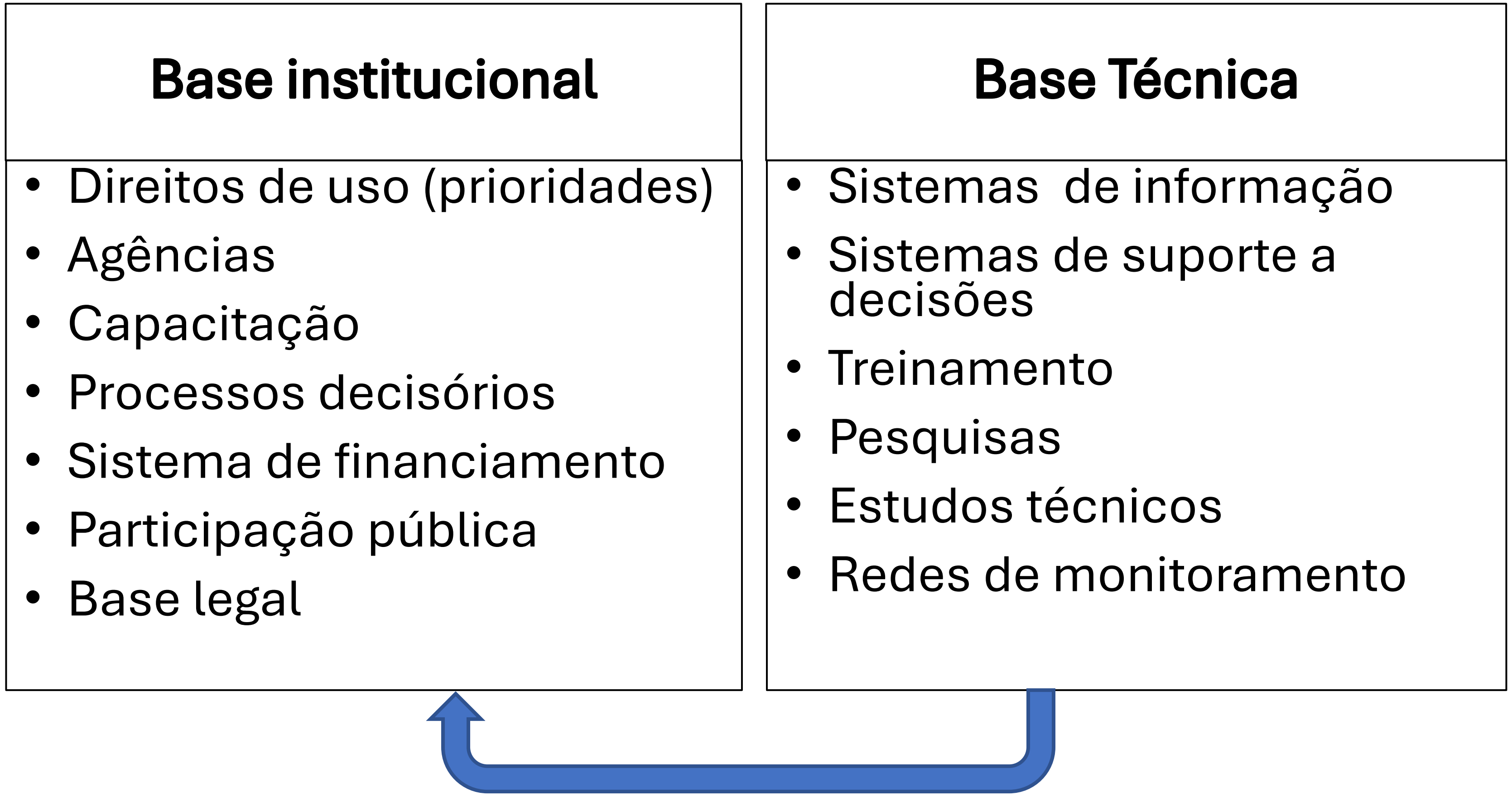
Existem muitas alternativas de decisão que poderão satisfazer os objetivos e as melhores decisões não são óbvias

O sistema de recursos hídricos e os objetivos podem ser representados por equações matemáticas

Informações hidrológicas, hidráulicas, econômicas, ambientais e impactos ecológicos podem ser melhor estimadas por modelos

Os parâmetros desses modelos podem ser estimados a partir de dados observados

Arcabouço Conceitual



Base institucional

- Direitos de uso (prioridades)
- Agências
- Capacitação
- Processos decisórios
- Sistema de financiamento
- Participação pública
- Base legal

Base Técnica

- Sistemas de informação
- Sistemas de suporte a decisões
- Treinamento
- Pesquisas
- Estudos técnicos
- Redes de monitoramento

Instrumentos analíticos
(Modelos matemáticos)

Modelos de Rede de Fluxo

Podem ser generalizados para simular a maioria dos elementos presentes em um sistema

- Demandas consuntivas e de "passagem"
- Produção de energia elétrica
- Operação de reservatórios
- Perdas por evaporação
- Perdas por infiltração em canais e reservatórios

- Relações entre águas subterrâneas e superficiais
- Vazões de retorno de irrigação e outros usos
- Importação e exportação de água

Sistema de Suporte à Decisão - AcquaNet

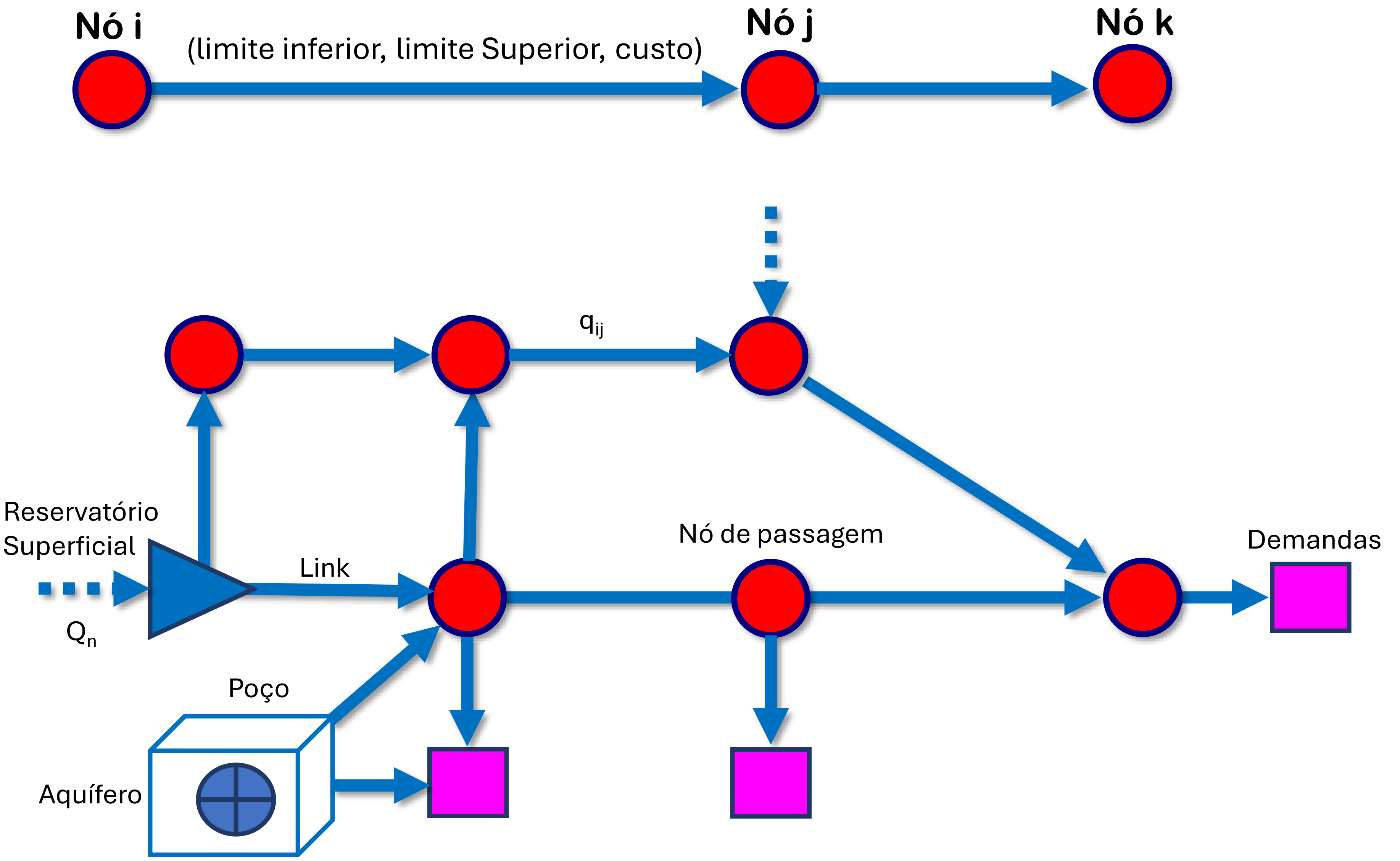
Dados de Entrada

- Topologia do sistema
- Vazões mensais
- Evaporação potencial
- Demandas
- Características das estruturas
- Prioridades das demandas e dos níveis dos reservatórios

Resultados

- Distribuição da água por toda a rede
- Níveis dos reservatórios
- Déficits
- Confiabilidade do suprimento de água
- Análise de riscos
- Subsídios para o estabelecimento de políticas de operação

Redes de fluxo: nós, elos, custos, capacidades

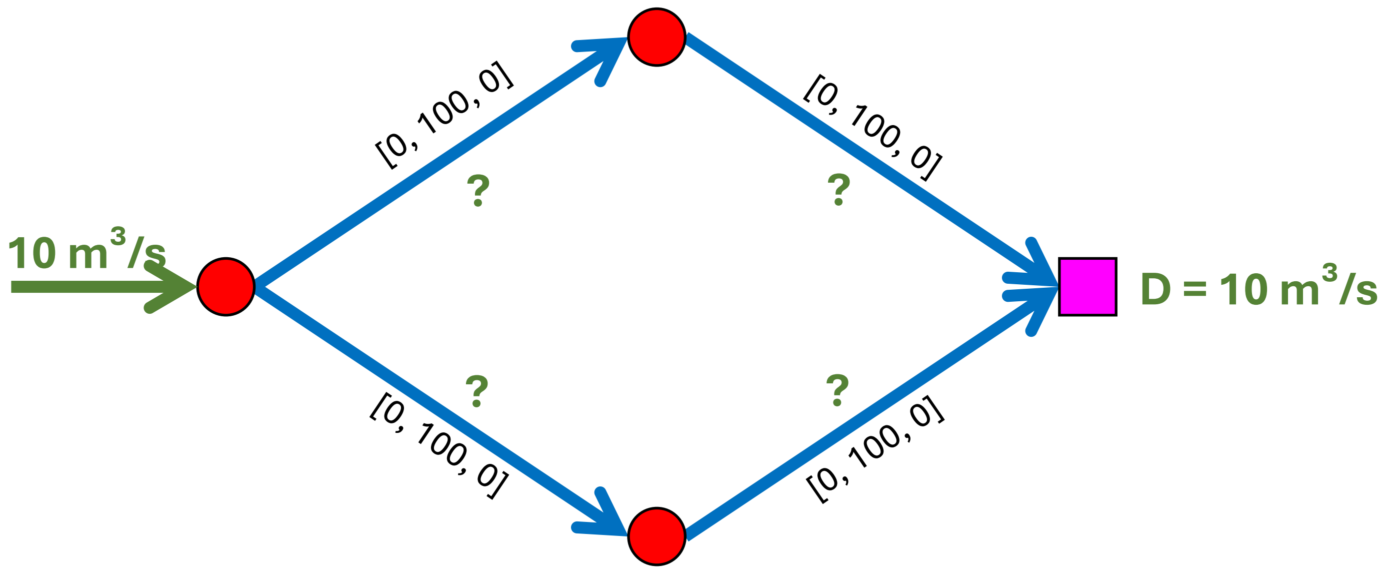

Nó i
(limite inferior, limite Superior, custo)
Nó j
Nó k
q_{ij}
Reservatório
Superficial
Link
Nó de passagem
Demandas
Q_n
Poço
Aquífero

Formulação da rede de fluxo para uso conjuntivo da água

	$\min \sum_{t=1}^{T} C_{ij}^{t} \cdot q_{ij}^{t}$	Função objetivo; C_{ij}^{t} é o custo de transitar a vazão q_{ij}^{t} pelo link que liga o nó i ao nó j, no tempo t (é a variável de decisão)
	$l_{ij}^{t} \leq q_{ij}^{t} \leq u_{ij}^{t} \quad \forall \quad i,j = 1,\ldots,K$	Restrição de capacidade inferior l_{ij}^{t} e superior u_{ij}^{t} do link, no tempo t
	$\sum_{i\in I_j} q_{ij}^{t} - \sum_{k\in O_j} q_{jk}^{t} = 0$	A rede é "conservativa", ou seja, tudo que chega ao nó j deve sair dele
	$V_n^{t} = V_n^{t-1} + Q_n^{t} - E_n^{t} - q_{ij}^{t}$	Balanço do reservatório superficial n
Evitar a depleção excessiva	$h_{wm}^{t} - h_{wm}^{t-1} - q_{ij}^{t-1} = 0$	Condição de rebaixamento do nível h_{wm} da água no poço w, no aquífero m, em relação à vazão bombeada q_{ij}^{t-1}
	$0 \leq q_{ij}^{t} \leq Q_{wm}^{max}$	Capacidade de vazão de cada poço w de cada aquífero m
	$h_{wm}^{t} \geq h_{wm}^{min}$	Restrição do limite inferior do nível do poço w no aquífero m
	$\sum h_{wm} = \sum q_{ij}^{t}$	Balanço relacionado à alocação de água do aquífero m e o bombeamento de todos os poços w existentes nele

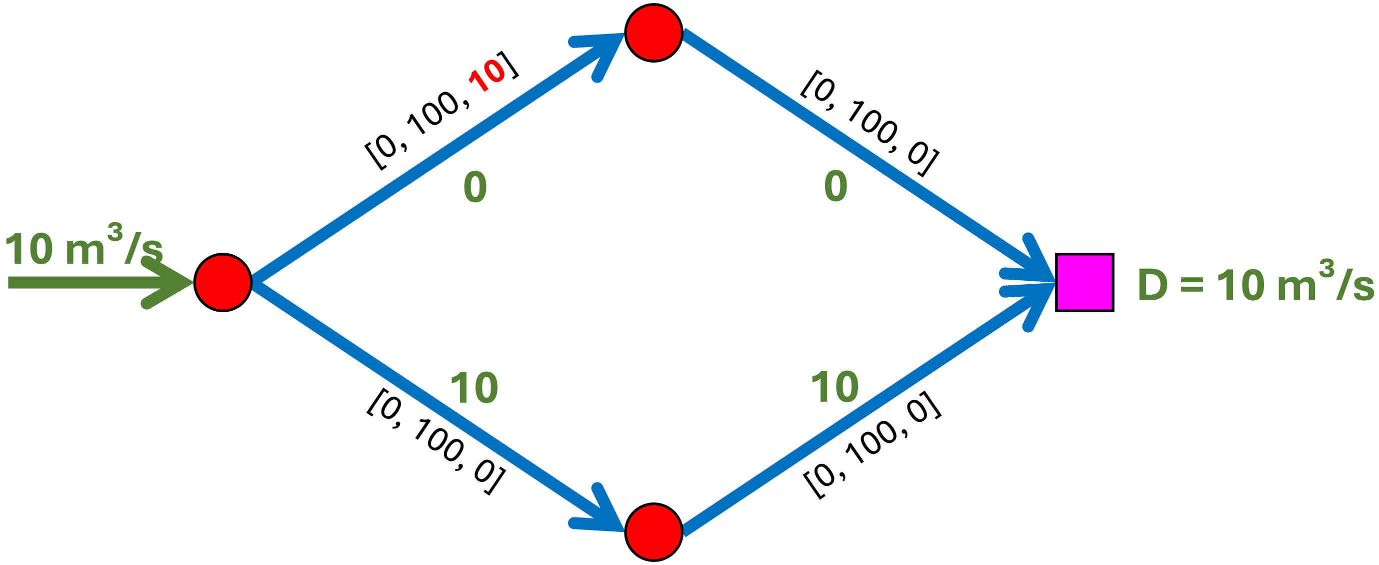
Exemplo de rede de fluxo

- Limites e Custos no arco: [inferior, superior, custo]


10 m³/s
[0, 100, 0]
?
[0, 100, 0]
?
D = 10 m³/s
?
[0, 100, 0]
?
[0, 100, 0]

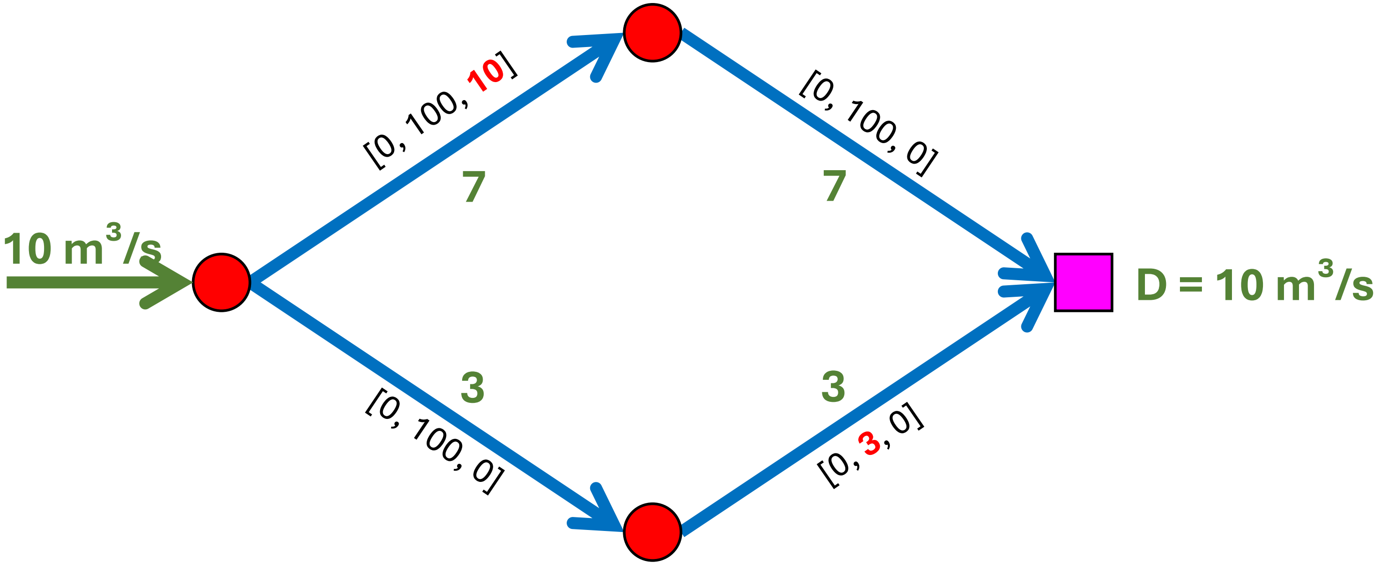
Exemplo de rede de fluxo

- Limites e Custos no arco: [inferior, superior, custo]

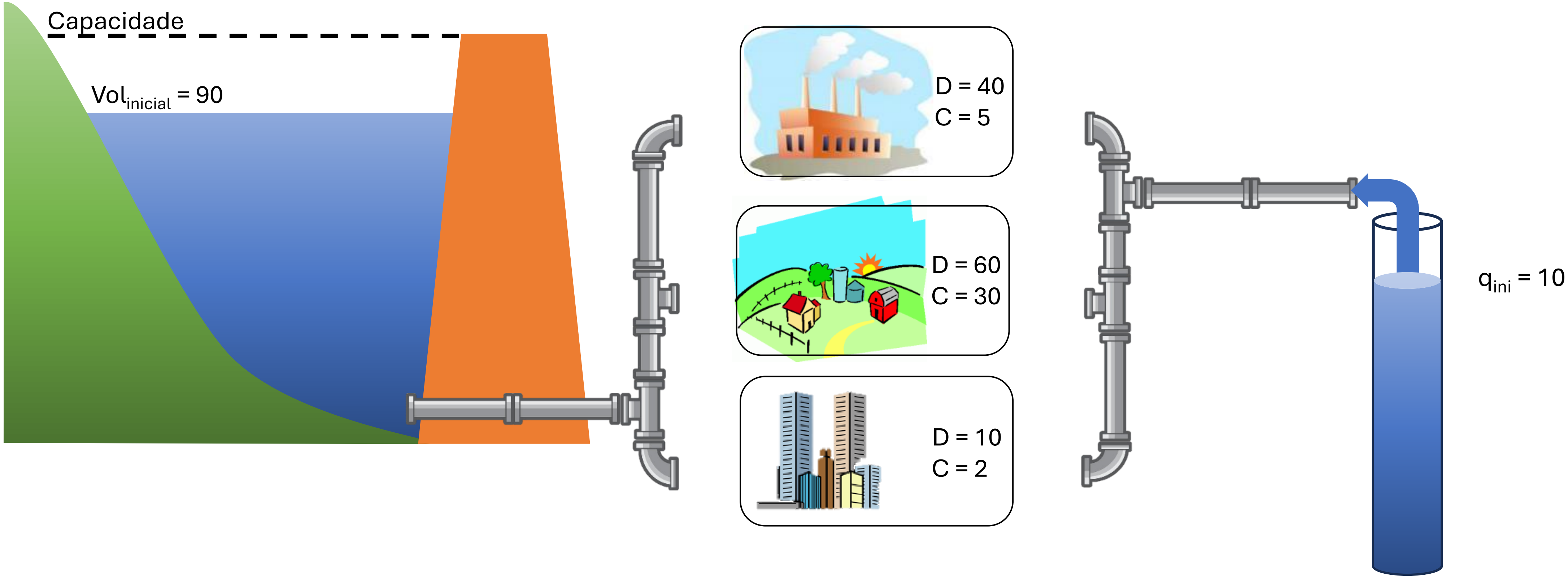

10 m³/s
[0, 100, 10]
0
[0, 100, 0]
0
D = 10 m³/s
10
[0, 100, 0]
10
[0, 100, 0]

Exemplo de rede de fluxo

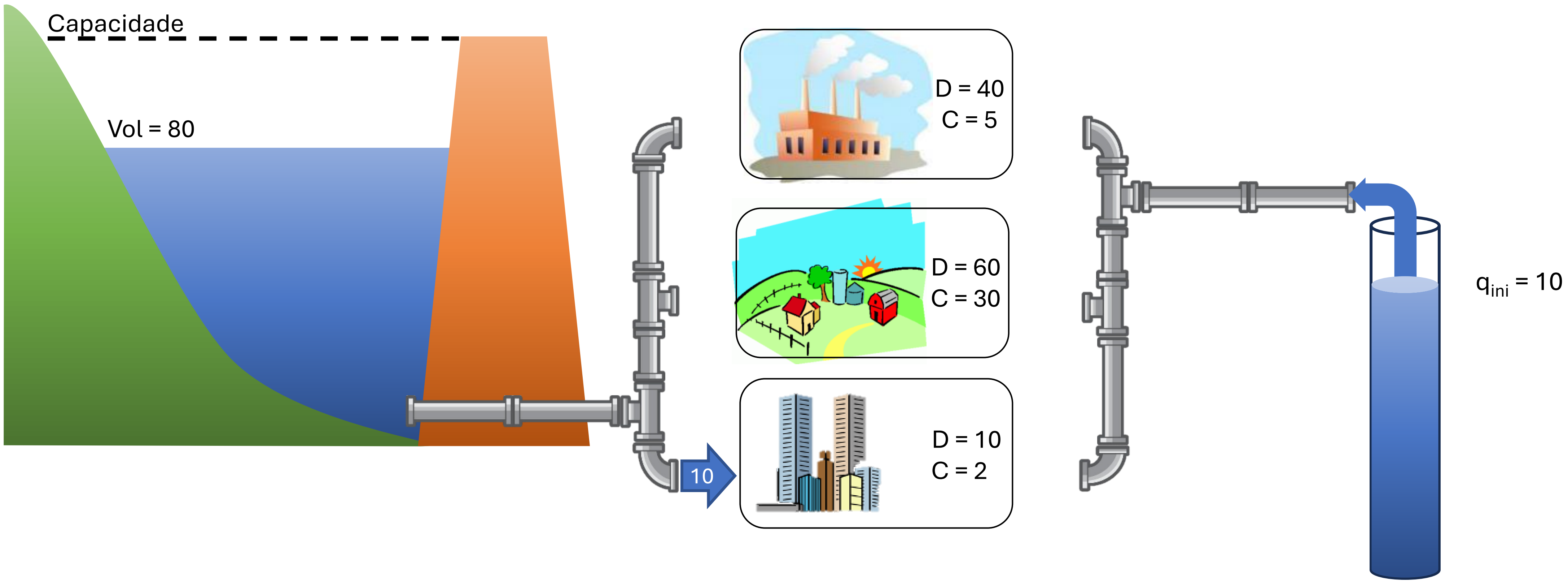
- Limites e Custos no arco: [inferior, superior, custo]


10 m³/s
[0, 100, 10]
7
[0, 100, 0]
7
D = 10 m³/s
[0, 100, 0]
3
3
[0, 3, 0]

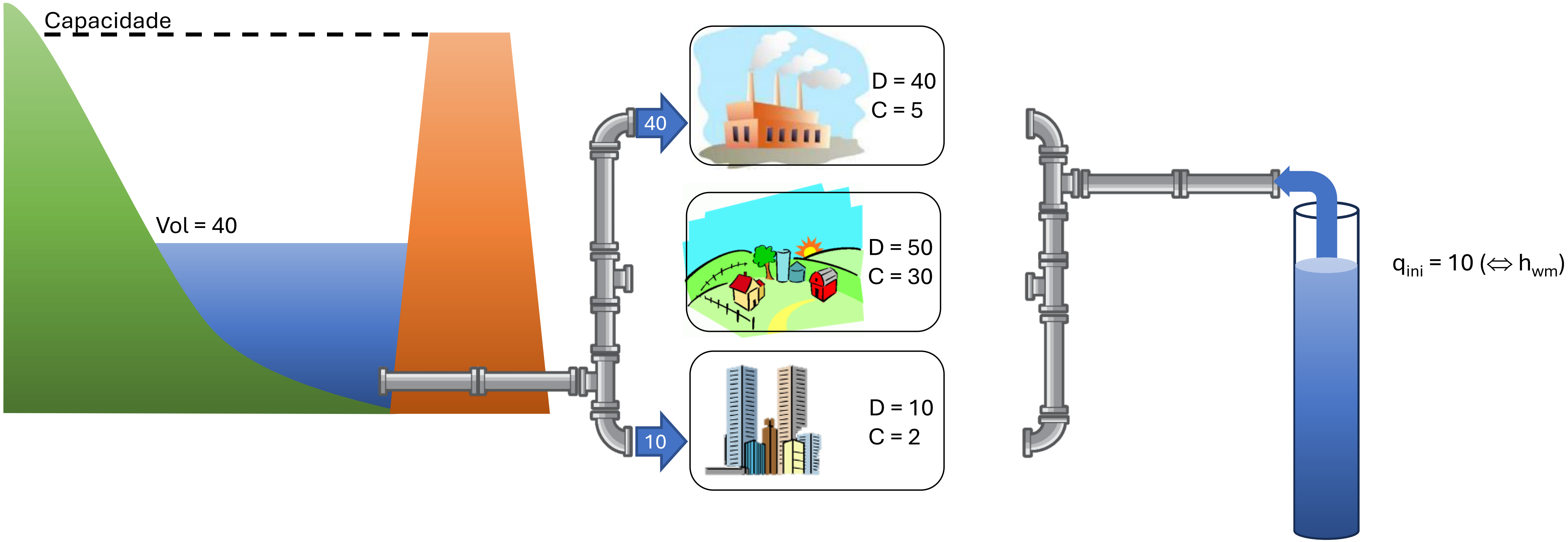
Alocação da água segundo prioridades


Capacidade
$Vol_{inicial}$ = 90
D = 40
C = 5
D = 60
C = 30
D = 10
C = 2
q_{ini} = 10

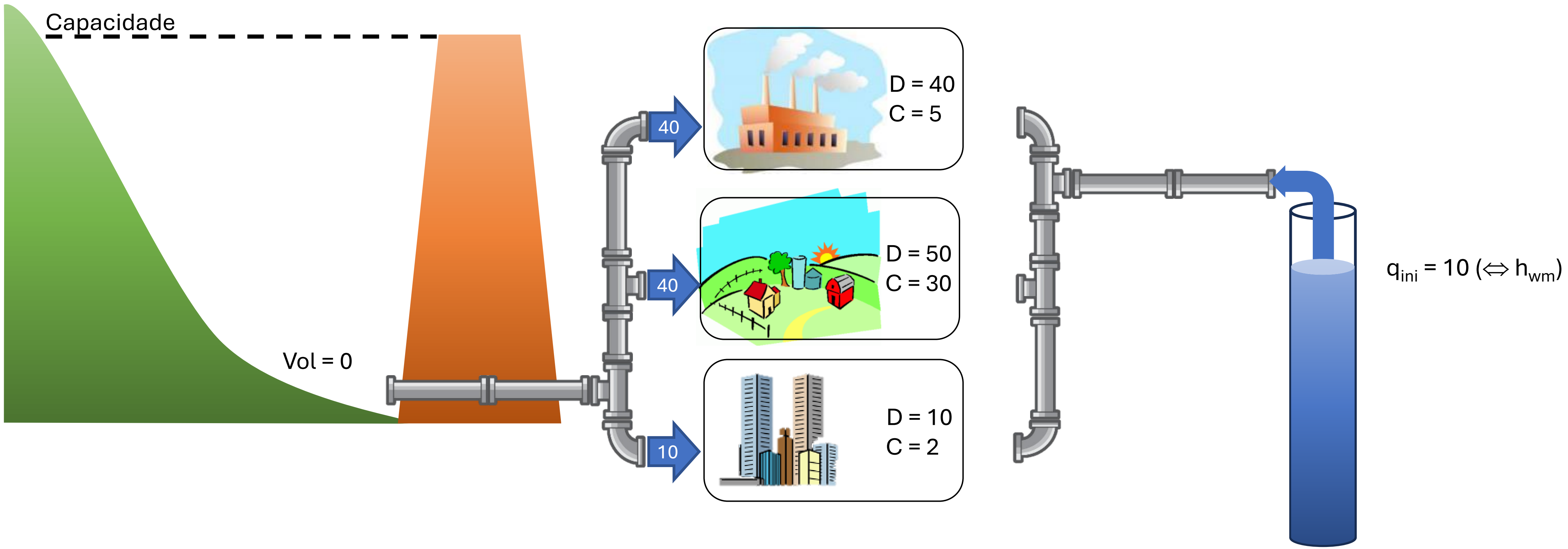
Alocação da água segundo prioridades


Capacidade
Vol = 80
D = 40
C = 5
D = 60
C = 30
10
D = 10
C = 2
q_{ini} = 10

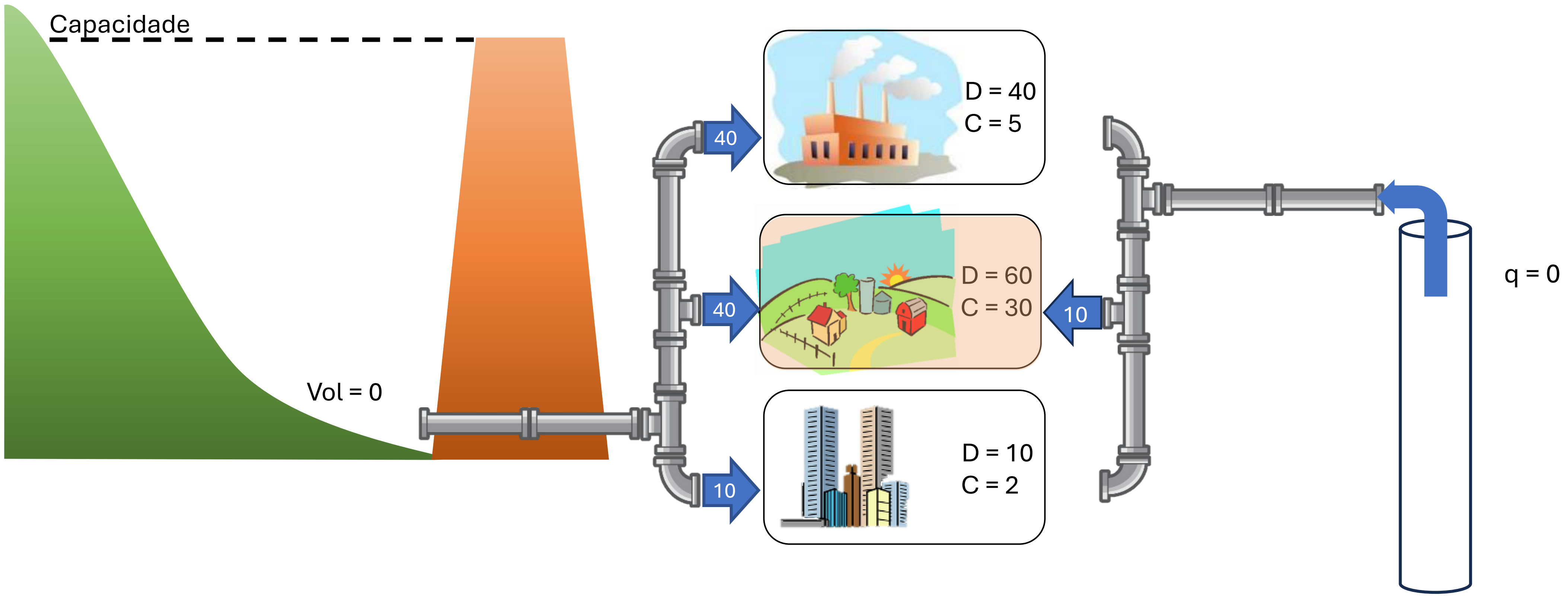
Alocação da água segundo prioridades


Capacidade
Vol = 40
40
10
D = 40
C = 5
D = 50
C = 30
D = 10
C = 2
$q_{ini} = 10$ (⇔ h_{wm})

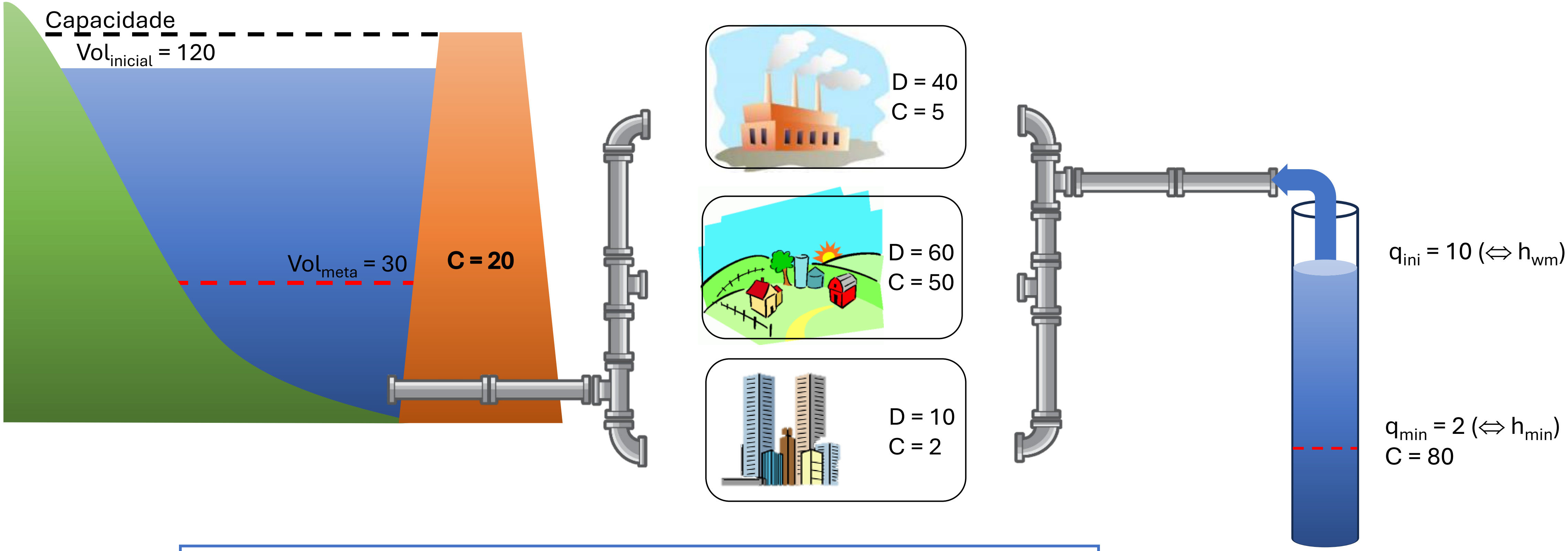
Alocação da água segundo prioridades


Capacidade
Vol = 0
40
40
10
D = 40
C = 5
D = 50
C = 30
D = 10
C = 2
q_{ini} = 10 (⇔ h_{wm})

Alocação da água segundo prioridades

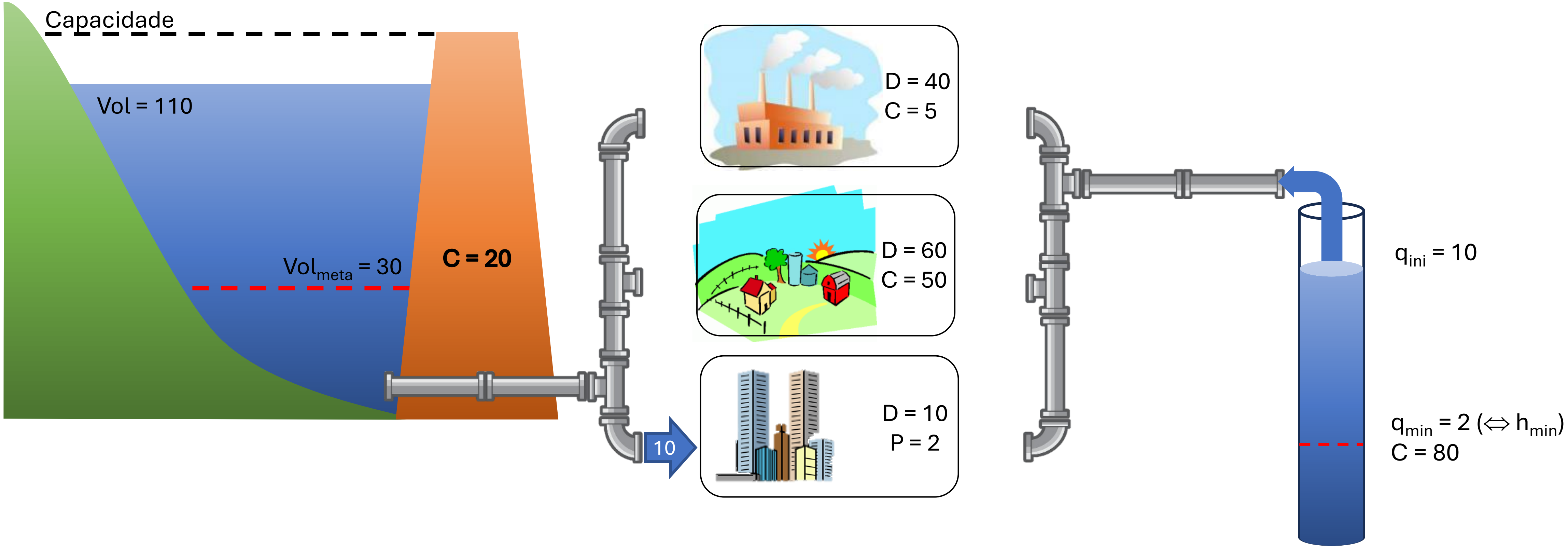

Capacidade
Vol = 0
40
40
10
D = 40
C = 5
D = 60
C = 30
10
D = 10
C = 2
q = 0

Alocação da água segundo prioridades considerando metas de armazenamento

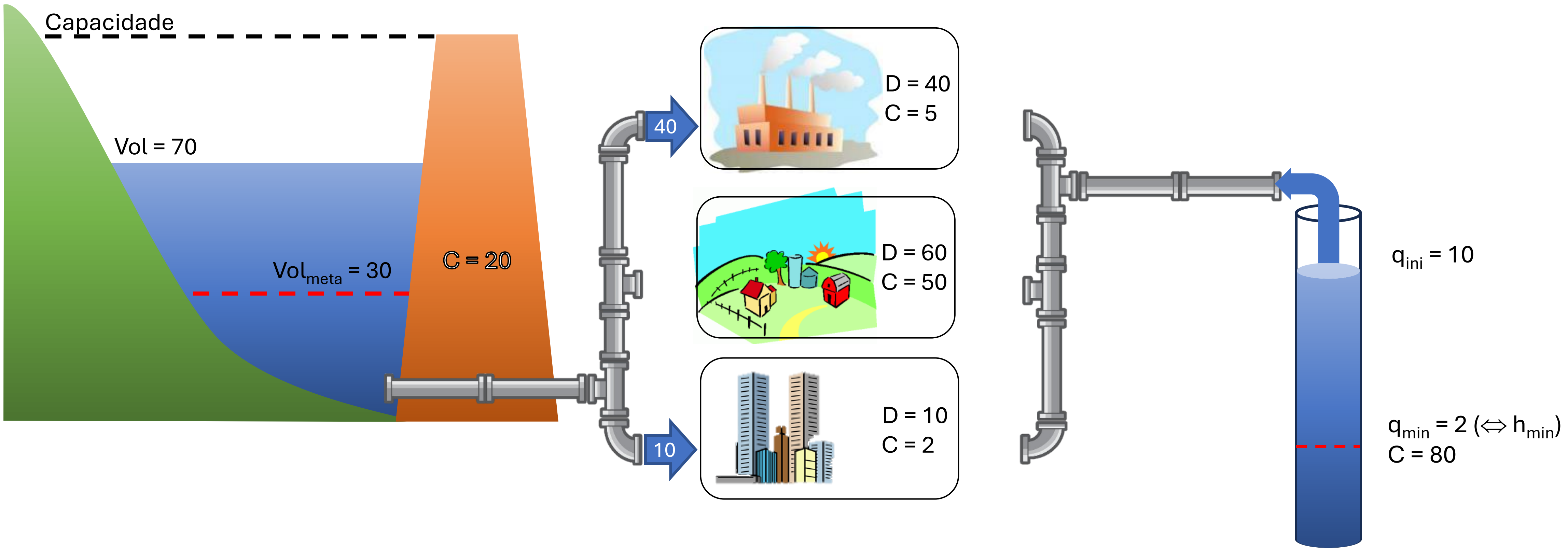

Capacidade
$Vol_{inicial}$ = 120
Vol_{meta} = 30
C = 20
D = 40
C = 5
D = 60
C = 50
D = 10
C = 2
q_{ini} = 10 (⇔ h_{wm})
q_{min} = 2 (⇔ h_{min})
C = 80

É necessário estabelecer prioridades para o reservatório e o rebaixamento do poço

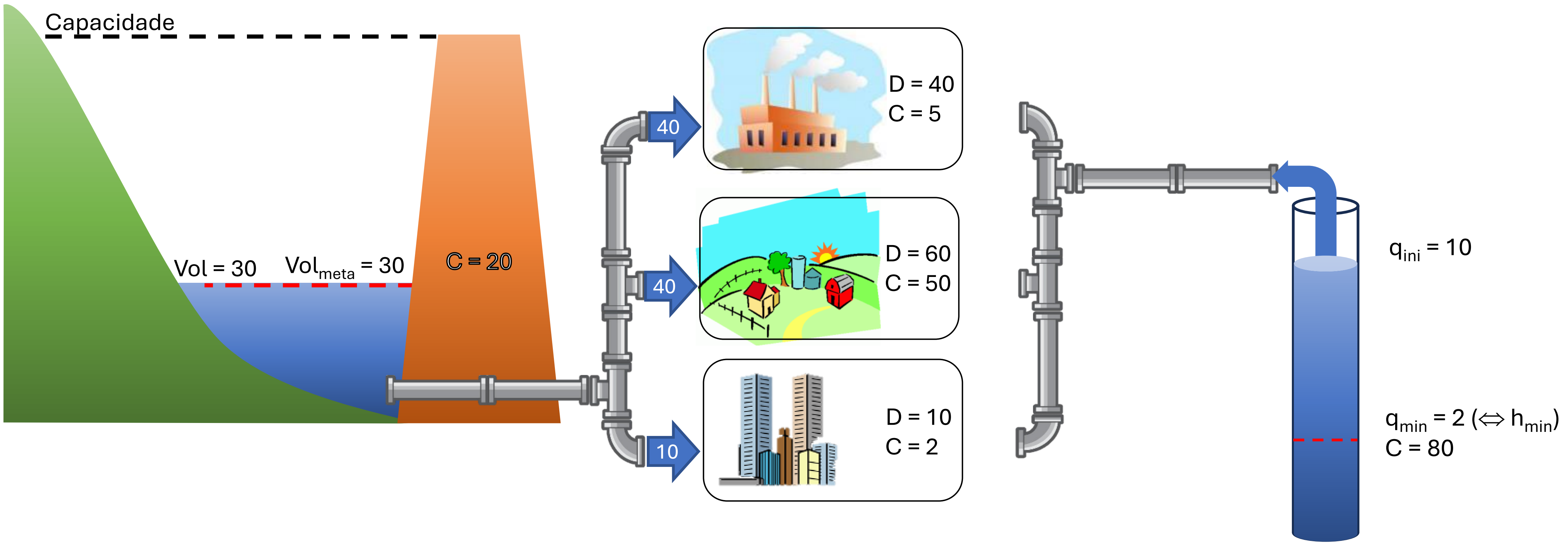
Alocação da água segundo prioridades considerando metas de armazenamento


Capacidade
Vol = 110
Vol_{meta} = 30
C = 20
10
D = 40
C = 5
D = 60
C = 50
D = 10
P = 2
q_{ini} = 10
q_{min} = 2 (⇔ h_{min})
C = 80

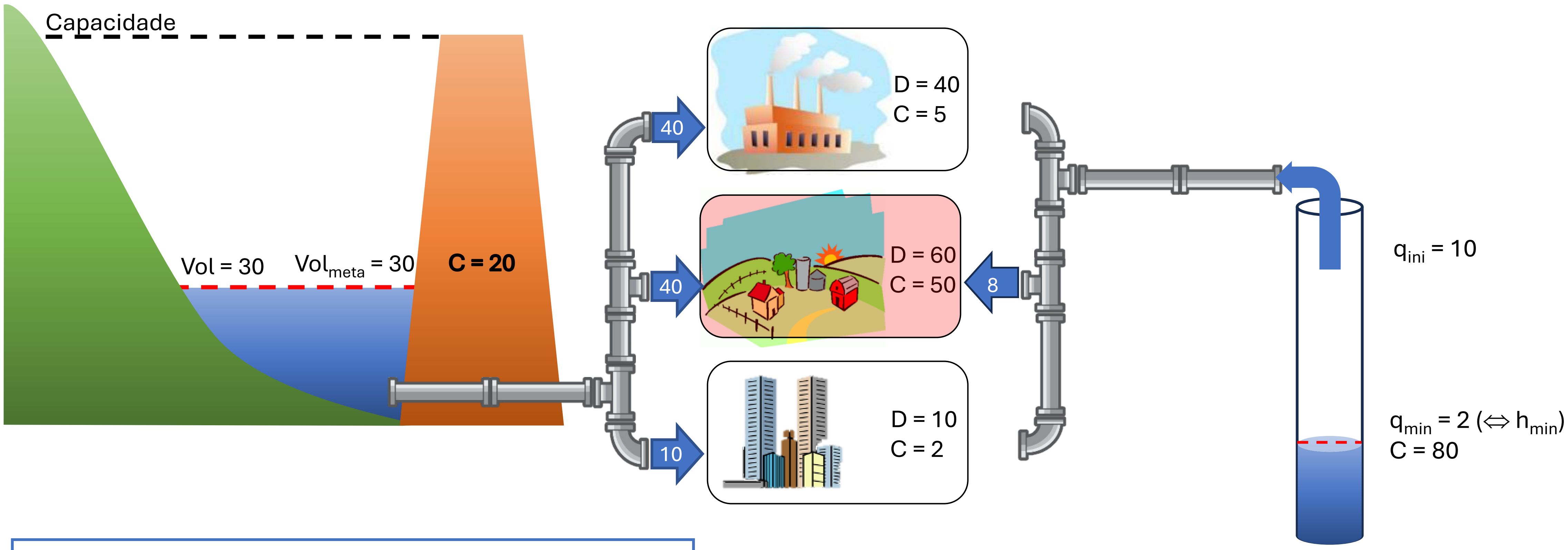
Alocação da água segundo prioridades considerando meta de armazenamento


Capacidade
Vol = 70
Vol_{meta} = 30
C = 20
40
10
D = 40
C = 5
D = 60
C = 50
D = 10
C = 2
q_{ini} = 10
q_{min} = 2 (⇔ h_{min})
C = 80

Alocação da água segundo prioridades considerando meta de armazenamento

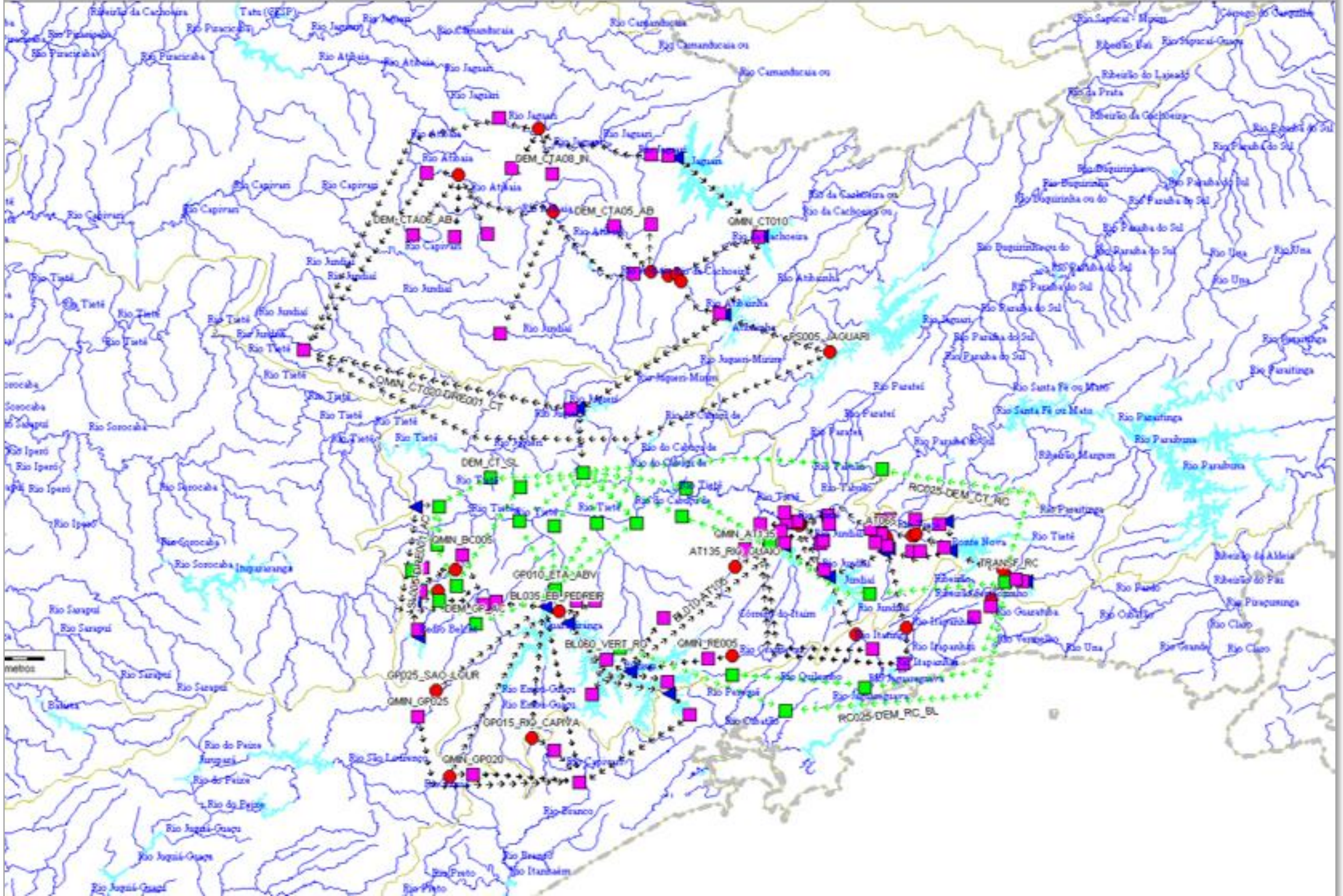

Capacidade
Vol = 30
Vol_{meta} = 30
C = 20
40
40
10
D = 40
C = 5
D = 60
C = 50
D = 10
C = 2
q_{ini} = 10
q_{min} = 2 (⇔ h_{min})
C = 80

Alocação da água segundo prioridades considerando meta de armazenamento

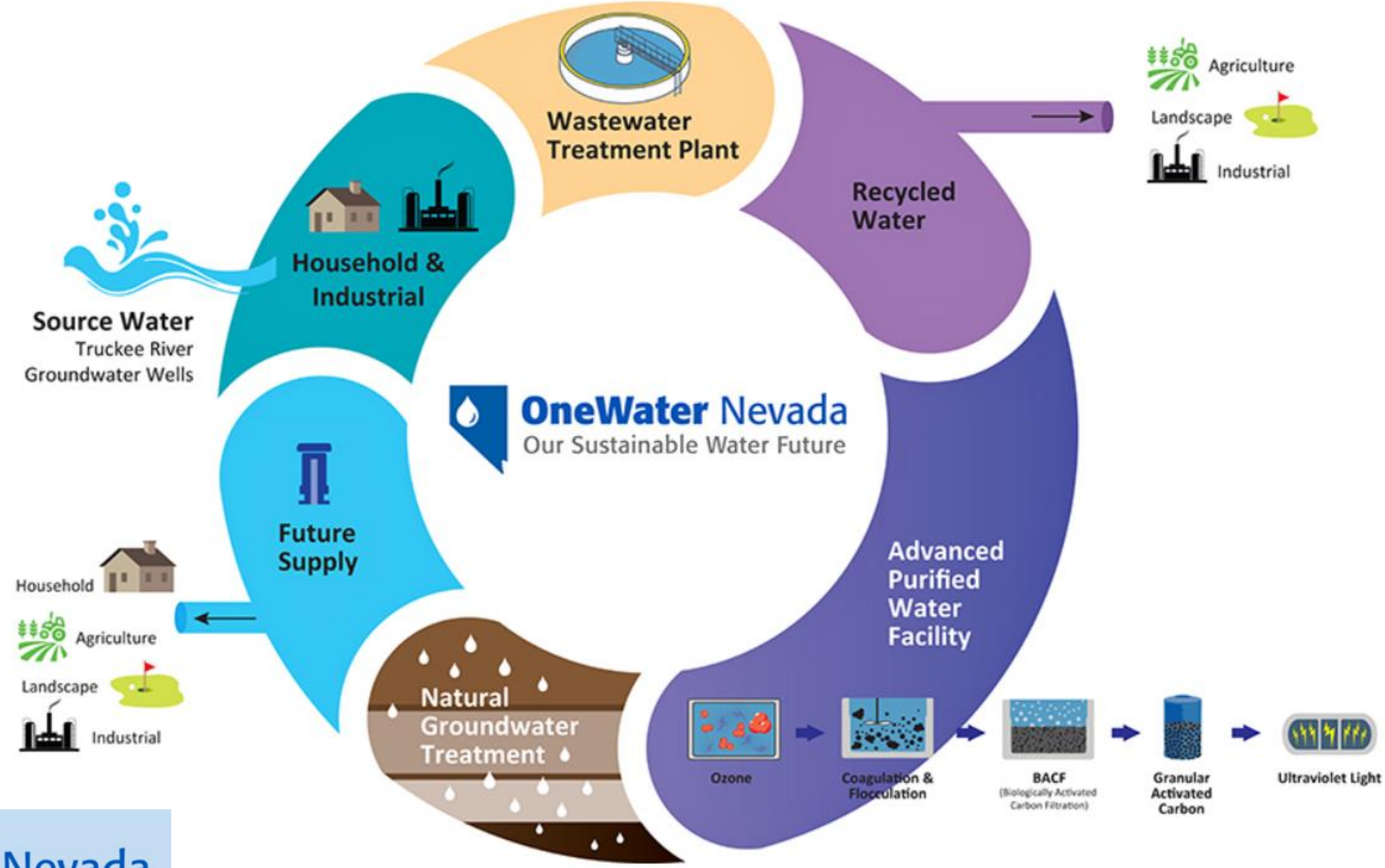

Capacidade
Vol = 30
Vol$_{meta}$ = 30
C = 20
40
40
10
D = 40
C = 5
D = 60
C = 50
8
D = 10
C = 2
q$_{ini}$ = 10
q$_{min}$ = 2 (⇔ h$_{min}$)
C = 80

Neste exemplo o reservatório e o poço não secam, mas a demanda de irrigação estará em déficit.

MACROMETRÓPOLE


DEM_CTA08_IN
DEM_CTA06_AB
DEM_CTA05_AB
QMIN_CT010
PS005_JAGUARI
QMIN_CT020
DRE001_CT
DEM_CT_SL
RC025_DEM_CT_RC
QMIN_BC005
GP010_ETA_ABV
BL035_EB_PEDREIR
QMIN_AT135
AT135_RIO_GUAIO
TRANSF_RC
BL060_VERT_RD
QMIN_RE005
GP025_SAO_LOUR
QMIN_GP025
GP015_RIO_CAPIVA
QMIN_GP020
RC025_DEM_RC_BL
metros
Rio Jaguari
Rio Atibaia
Rio Piracicaba
Rio Camanducaia
Rio Capivari
Rio Jundiaí
Rio Tietê
Rio Sorocaba
Rio Cachoeira
Rio Atibainha
Rio Paraíba do Sul
Rio Paraitinga
Rio Paraibuna
Rio Juquiá-Guaçu
Rio Sarapuí
Rio do Peixe
Rio São Lourenço
Rio Preto
Rio Branco

Gestão Integrada de Recursos Hídricos


Wastewater
Treatment Plant
Recycled
Water
Agriculture
Landscape
Industrial
Household &
Industrial
Source Water
Truckee River
Groundwater Wells
OneWater Nevada
Our Sustainable Water Future
Future
Supply
Household
Agriculture
Landscape
Industrial
Natural
Groundwater
Treatment
Advanced
Purified
Water
Facility
Ozone
Coagulation &
Flocculation
BACF
(Biologically Activated
Carbon Filtration)
Granular
Activated
Carbon
Ultraviolet Light

OneWater Nevada
Our Sustainable Water Future

Obrigado

arisvaldo@usp.br