



**Mapa de Rotas
Tecnológicas em
Hidroeletricidade da
IEA/MME**

**- IEA/MME
Hydropower
Technology Roadmap**

MCTI, Brasília, 19-02-2013

Albert C. G. Melo
Diretor-Geral

- ⇒ Associação Civil sem Fins Lucrativos
- ⇒ Fundada em 1974 pela Eletrobras, Furnas, Chesf, Elsetrosul e Eletronorte
- ⇒ Maior Centro de P&D+I da América Latina
- ⇒ Maiores Laboratórios de Alta Tensão e Potência do Hemisfério Sul
- ⇒ Cerca de 500 empregados
- ⇒ Apoio Técnico e Científico para
 - ⇒ Empresas Eletrobras
 - ⇒ Governo (Ministério de Minas e Energia e Ministério da Ciência e Tecnologia)
 - ⇒ Entidades Setoriais (ONS, EPE, CCEE e ANEEL)
 - ⇒ Concessionárias e Indústria



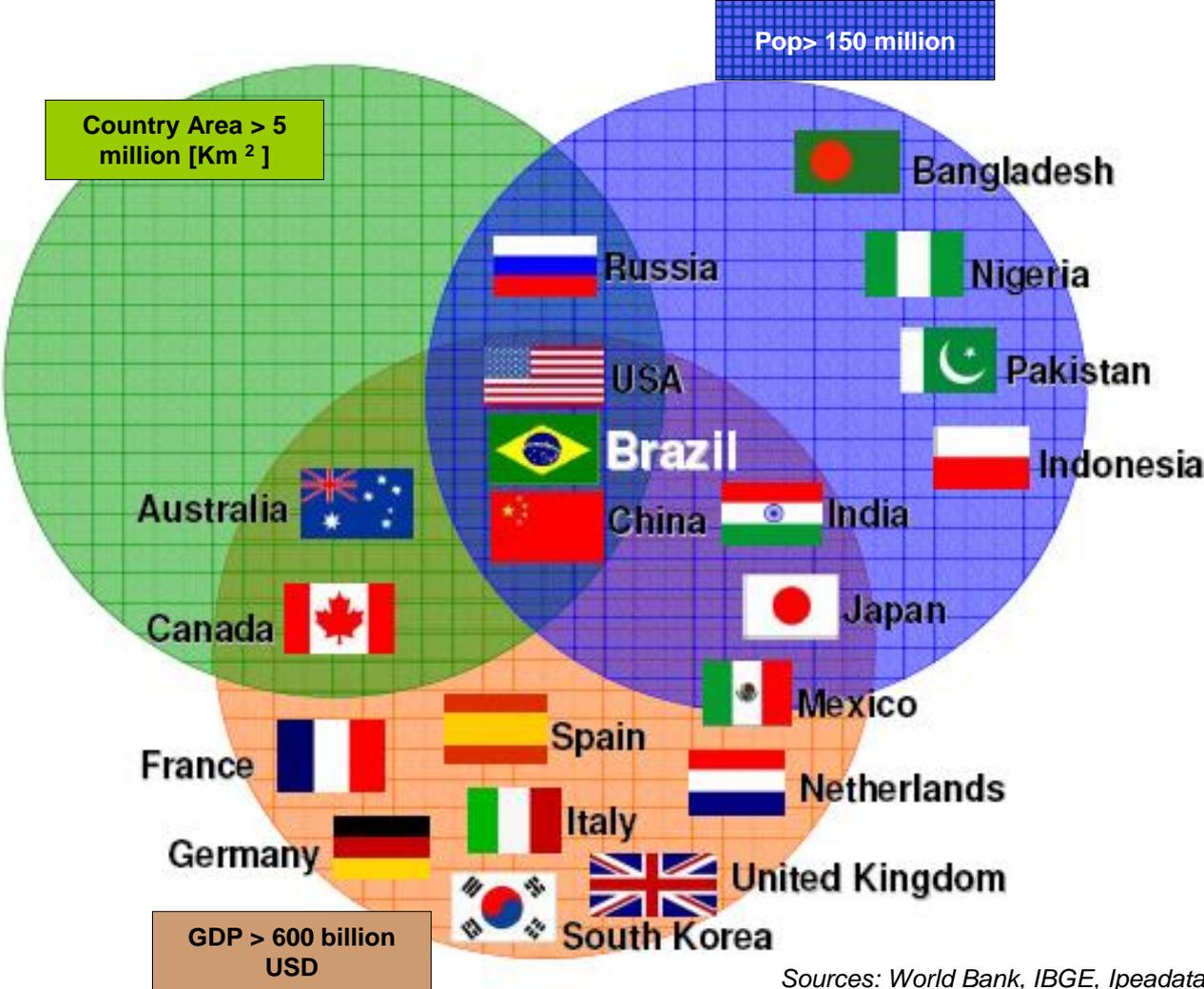
Unidade Ilha do Fundão



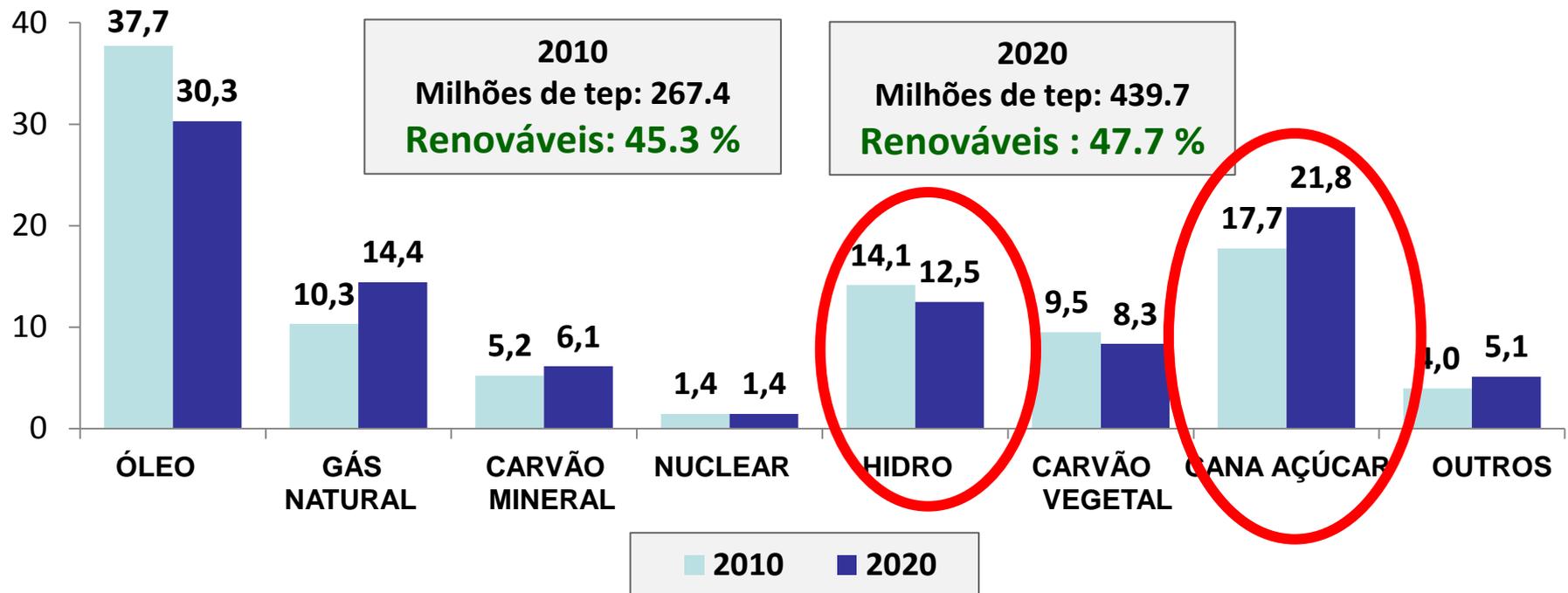
Unidade Adrianópolis

Country Numbers

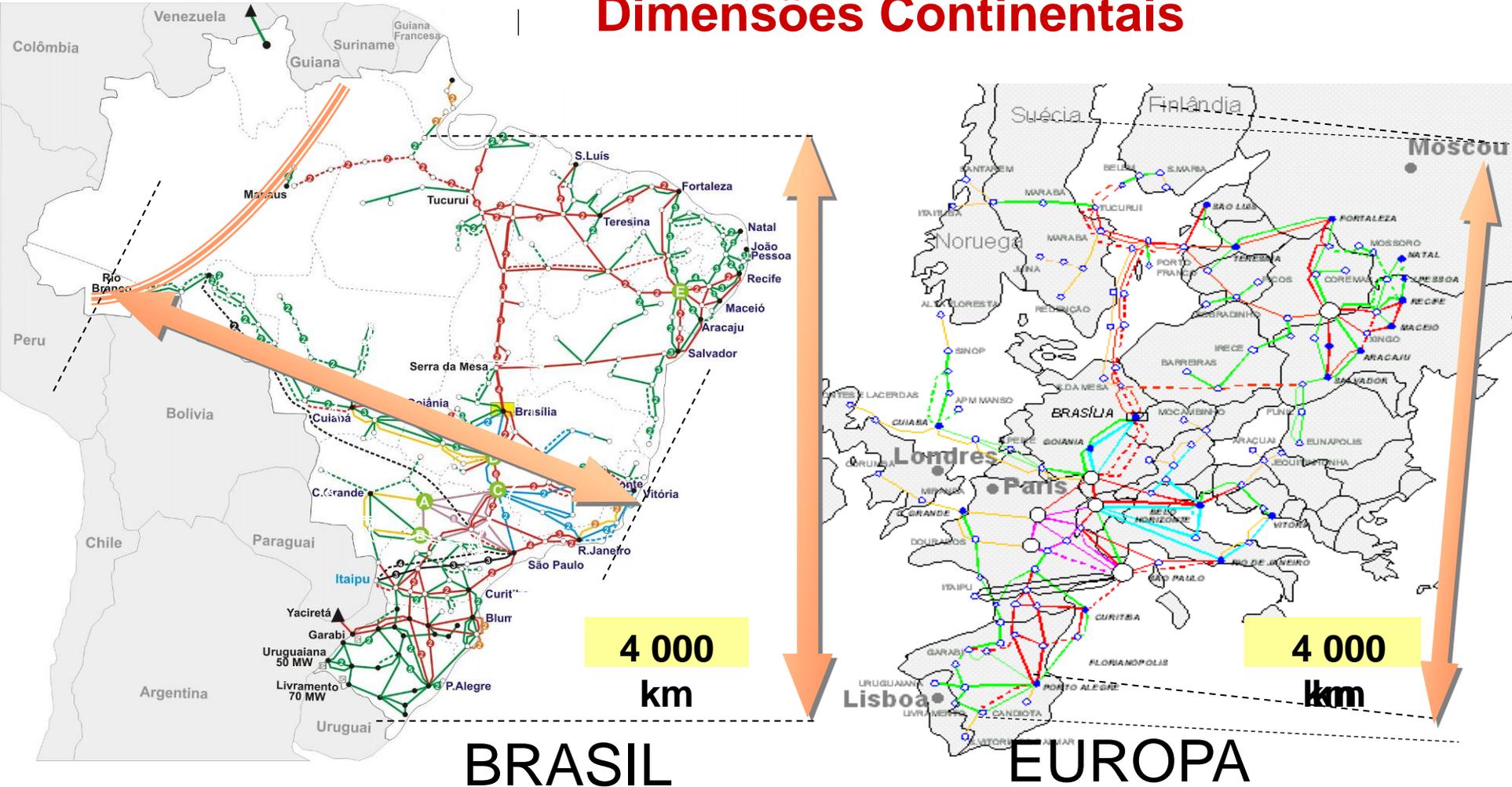
- Population: 185 million ; Area [km²]: 8.5 million ; GDP PPP (2007) US\$1.71 trillion (9th in world) and GDP Real (2006) US\$ 1.06 trillion ; 4.1% - 2007¹



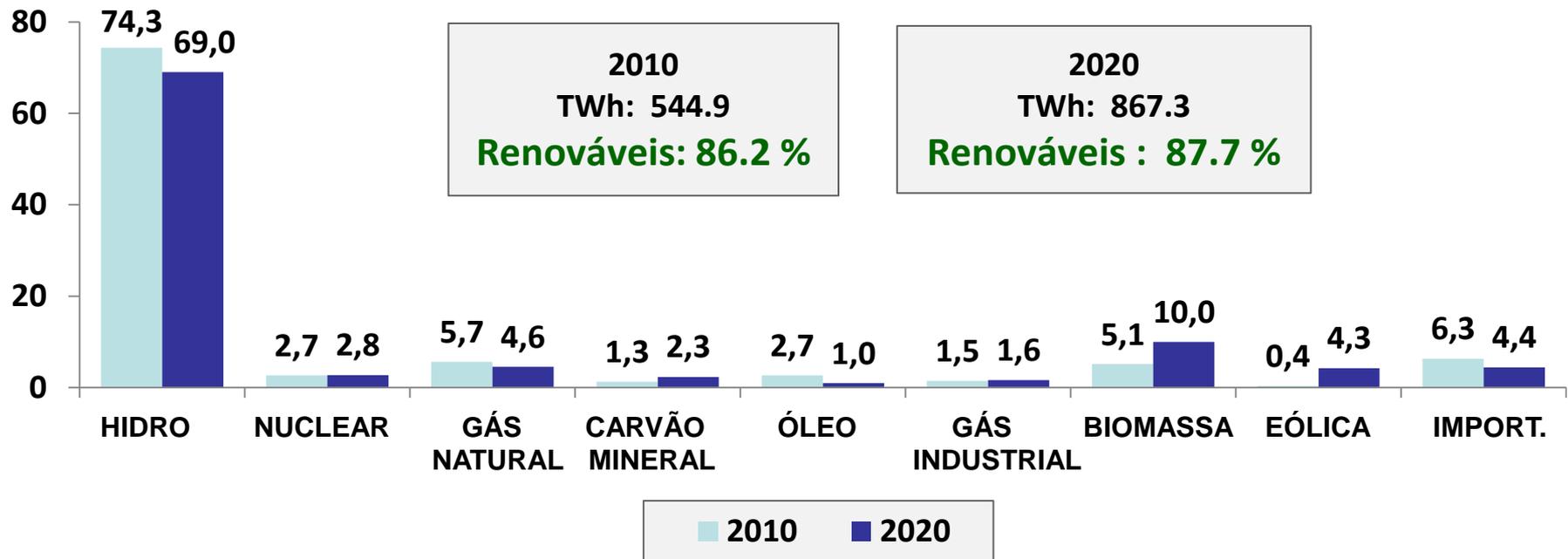
Matriz Energética Brasileira



Dimensões Continentais



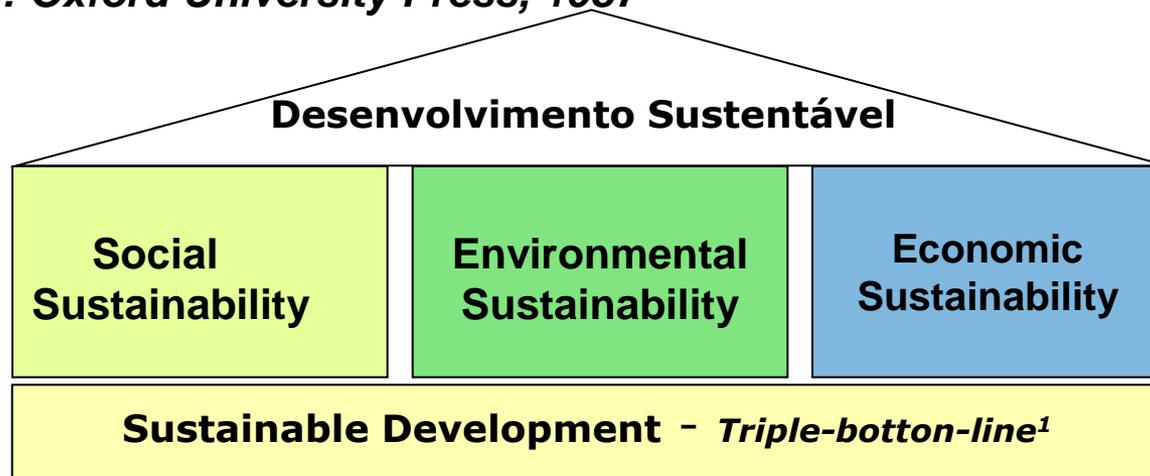
Matriz Elétrica Brasileira



Não há Desenvolvimento Sustentável sem Energia Sustentável

“Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que busca atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades.”

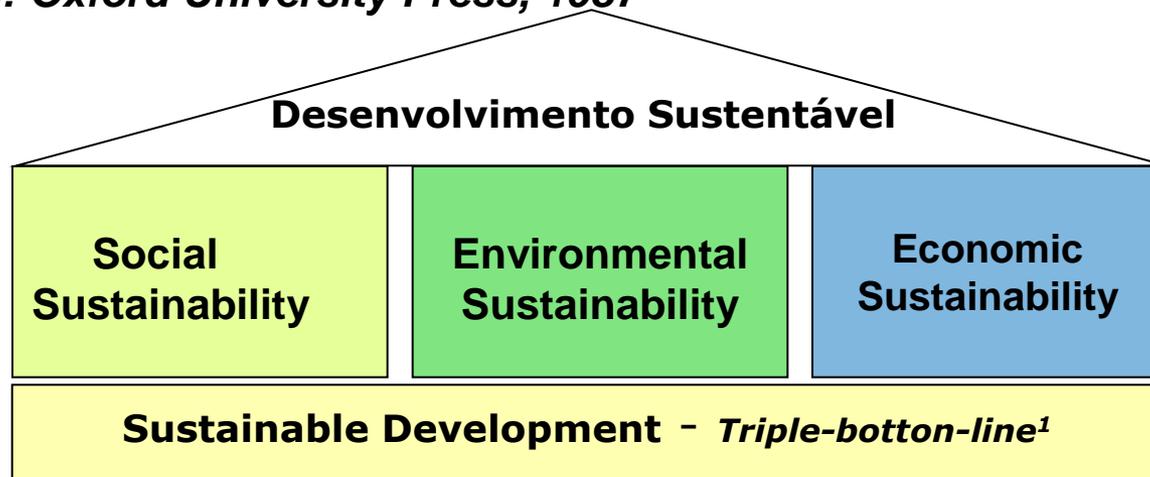
World Commission on Environment and Development (WCED). Our common future. Oxford: Oxford University Press, 1987



¹John Elkington, 1998. Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business

“Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que busca atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades.”

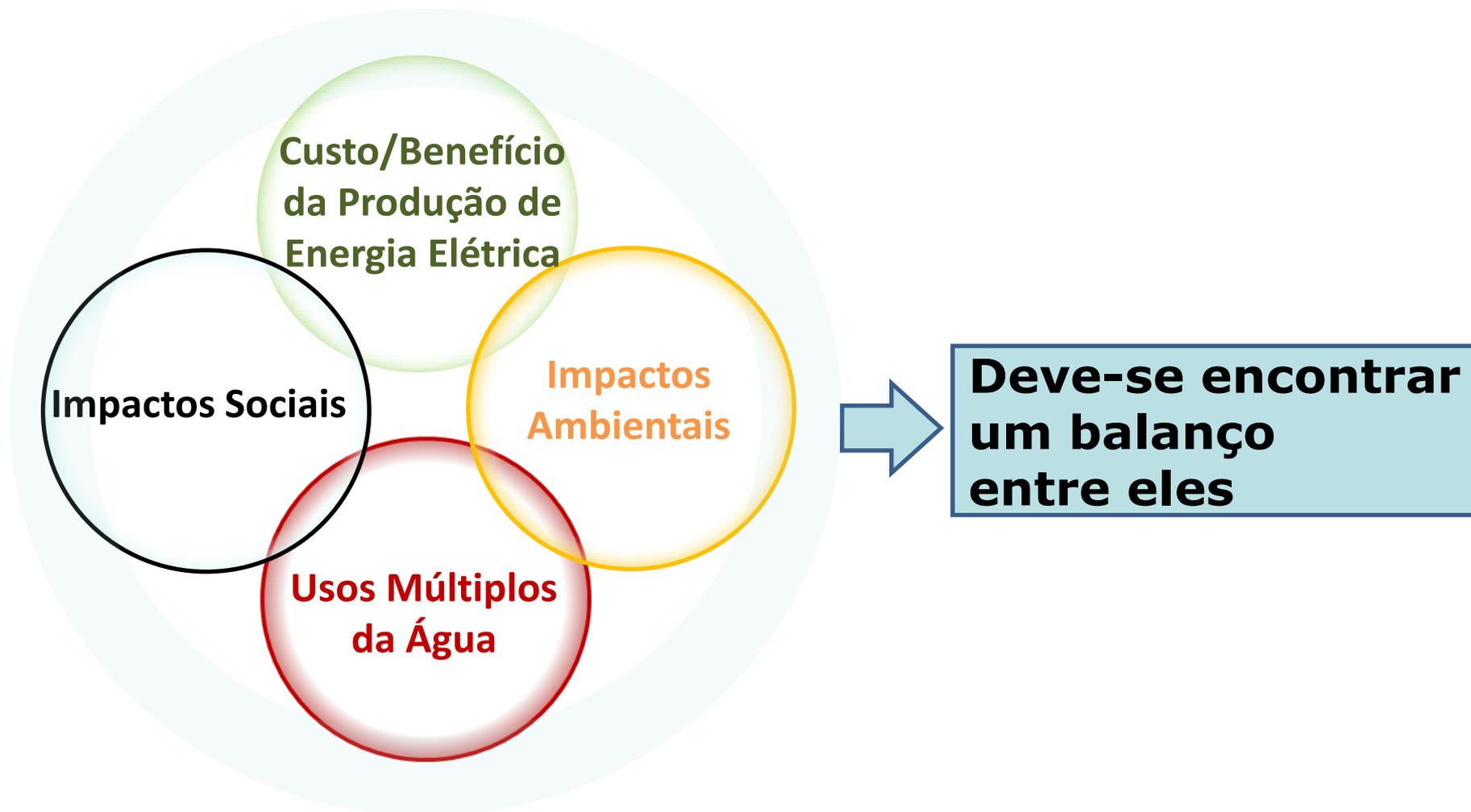
World Commission on Environment and Development (WCED). Our common future. Oxford: Oxford University Press, 1987



¹John Elkington, 1998. Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business

Quarta Dimensão? (Política Energética e Marco Regulatório)

Desenvolvimento Sustentável da Hidroeletricidade





By 2025, 1.8 billion people will live in regions of absolute water scarcity



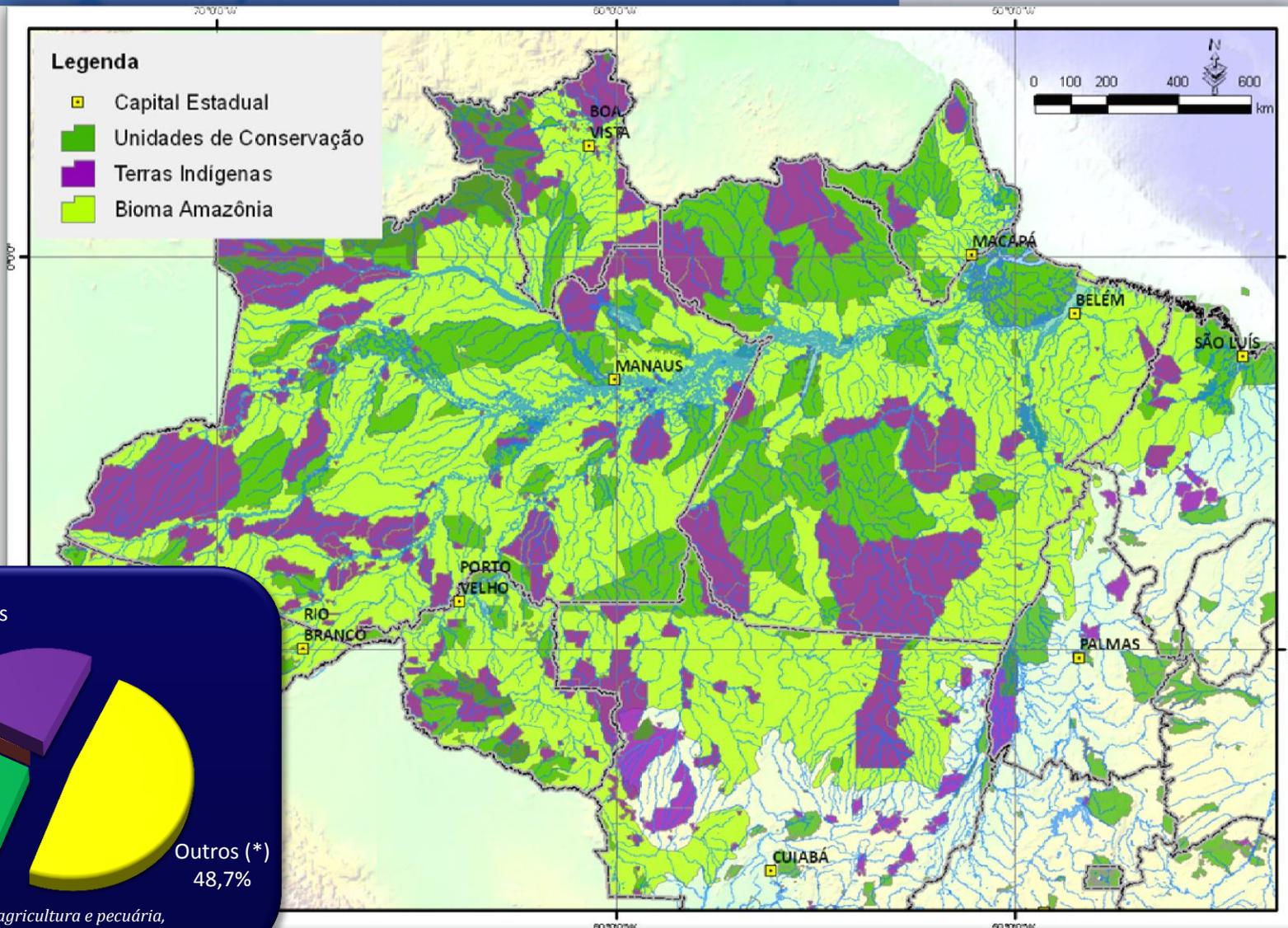
Thailand and Cambodia - more than 100 people died in October 2011

**World population will exceed 8 billion by 2025
.....9 Billion by 2050**

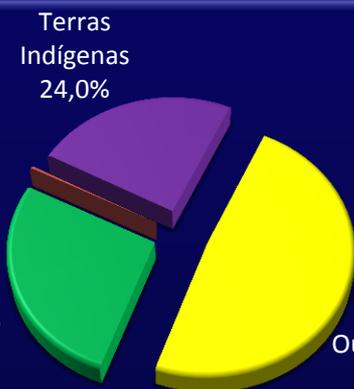
Desenvolvimento Sustentável da Hidroeletricidade

A Abordagem Brasileira

Unidades de Conservação e Terras Indígenas na Amazônia Brasileira



Usinas Existentes (0,2%) e Planejadas (0,1%)
0,3%



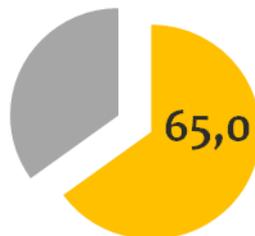
(*) Áreas antropizadas, agricultura e pecuária, massas d'água e outras áreas não protegidas.

Source: EPE

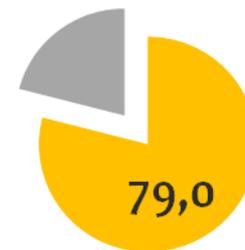
Emissões de Gases de Efeito

- Ano de 2005

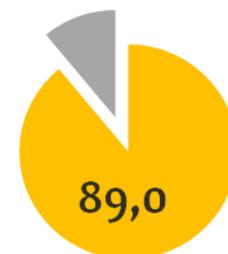
Participação do Setor Energético no Total de Emissões



EU-27



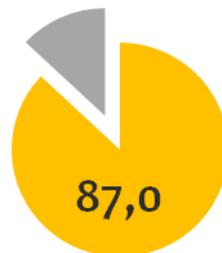
USA



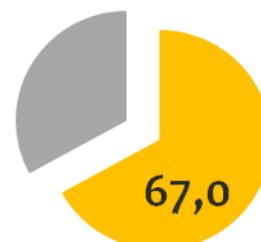
Brazil



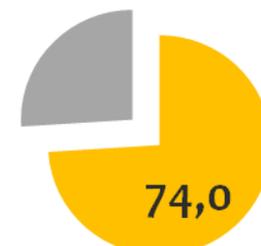
Russia



India



China

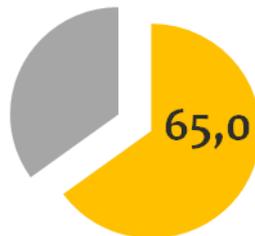


Emissões de Gases de Efeito

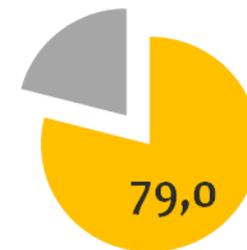
- Ano de 2005

Participação do Setor Energético no Total de Emissões

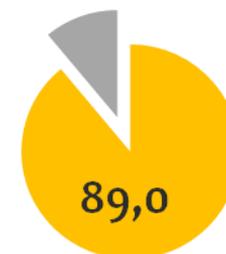
MUNDO



EU-27



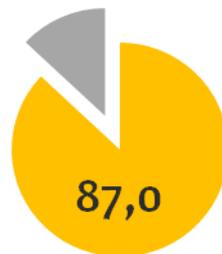
USA



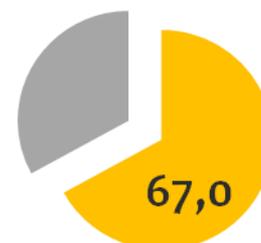
Brazil



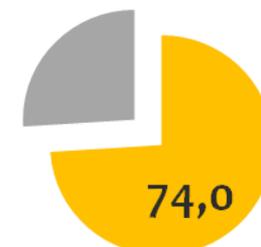
Russia



India



China



Electrical Sector:

⇒ **1.6%**

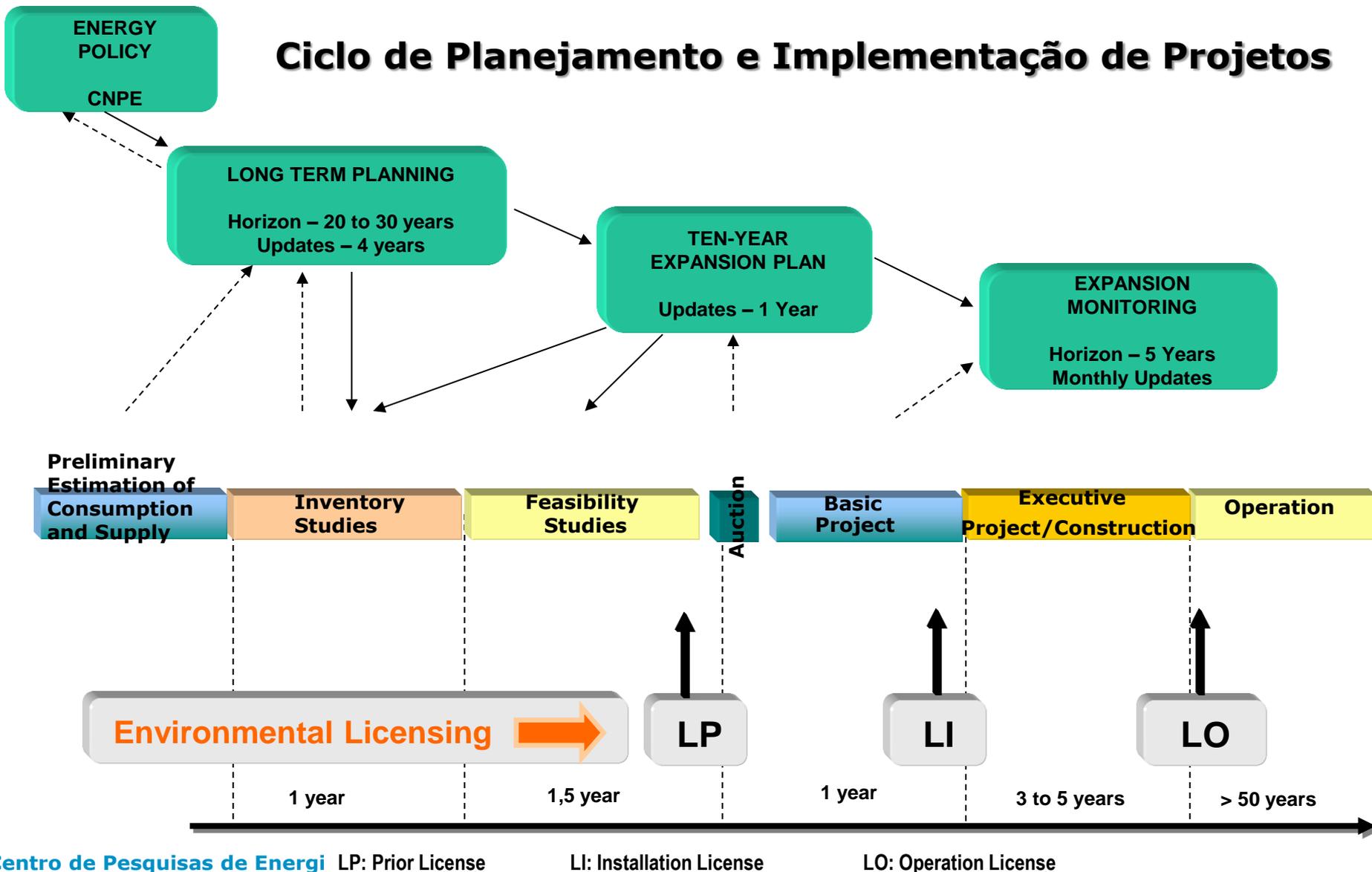
⇒ **due to Hydropower**

- ❑ **Impactos Ambiental, Social e Econômico e Benefícios devem ser cuidadosamente considerados**

- ❑ **Aspectos Socio-Ambientais**
 - ❑ Considerados já na fase inicial do Planejamento da Expansão
 - ❑ Monitorados continuamente por meio de projetos de ciclo de vida

- ❑ **Exemplos**
 - ❑ **Arcabouço Regulatório e Política Energética** promotores do Desenvolvimento Sustentável
 - ❑ **Cadeia de modelos de otimização** e metodologias para o planejamento e operação do sistema → avaliação de opções
 - ❑ **Inventário hidroelétrico e Estudos de dimensionamento**
 - ❑ Edição 2007 do Manual de Inventário Hidroelétrico, patrocinado pelo Banco Mundial e pelo Governo Brasileiro

Ciclo de Planejamento e Implementação de Projetos



Manual para Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, Edição 2007

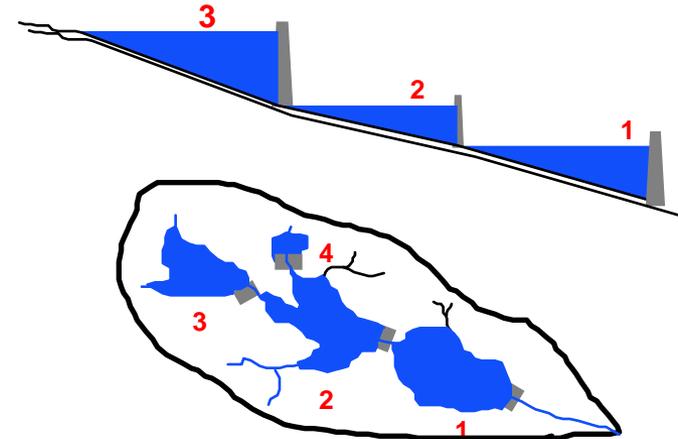
- Financiado pelo MME e Banco Mundial
- CEPEL contratado por Notório Saber



Manual para Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, Edição 2007

- Financiado pelo MME e Banco Mundial
- CEPEL contratado por Notório Saber

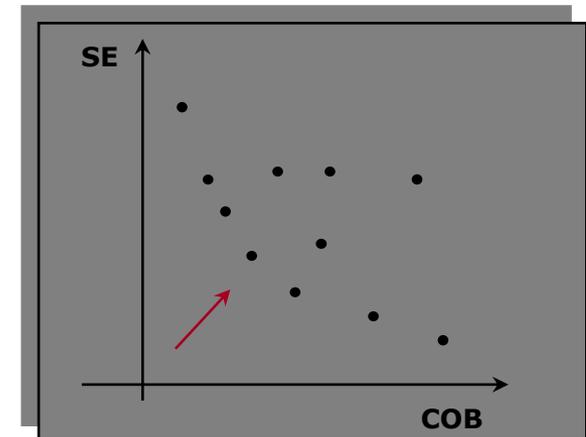
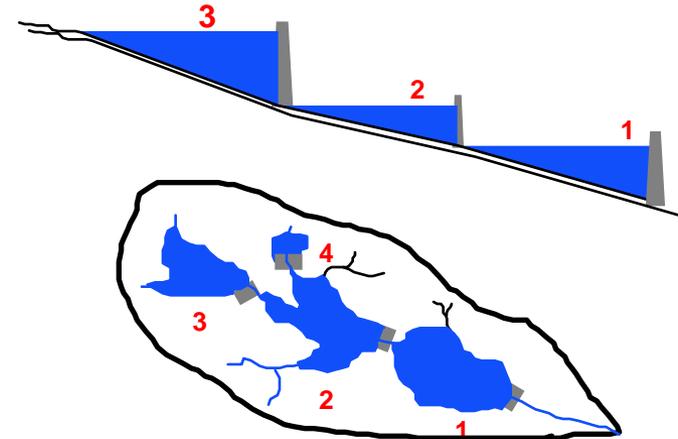
Objetivo: formulação e análise de diversas alternativas de divisão de queda



- Financiado pelo MME e Banco Mundial
- CEPEL contratado por Notório Saber

Objetivo: formulação e análise de diversas alternativas de divisão de queda

Solução: equilíbrio entre geração econômica, impactos sócio-ambientais (positivos e negativos) e usos múltiplos da água



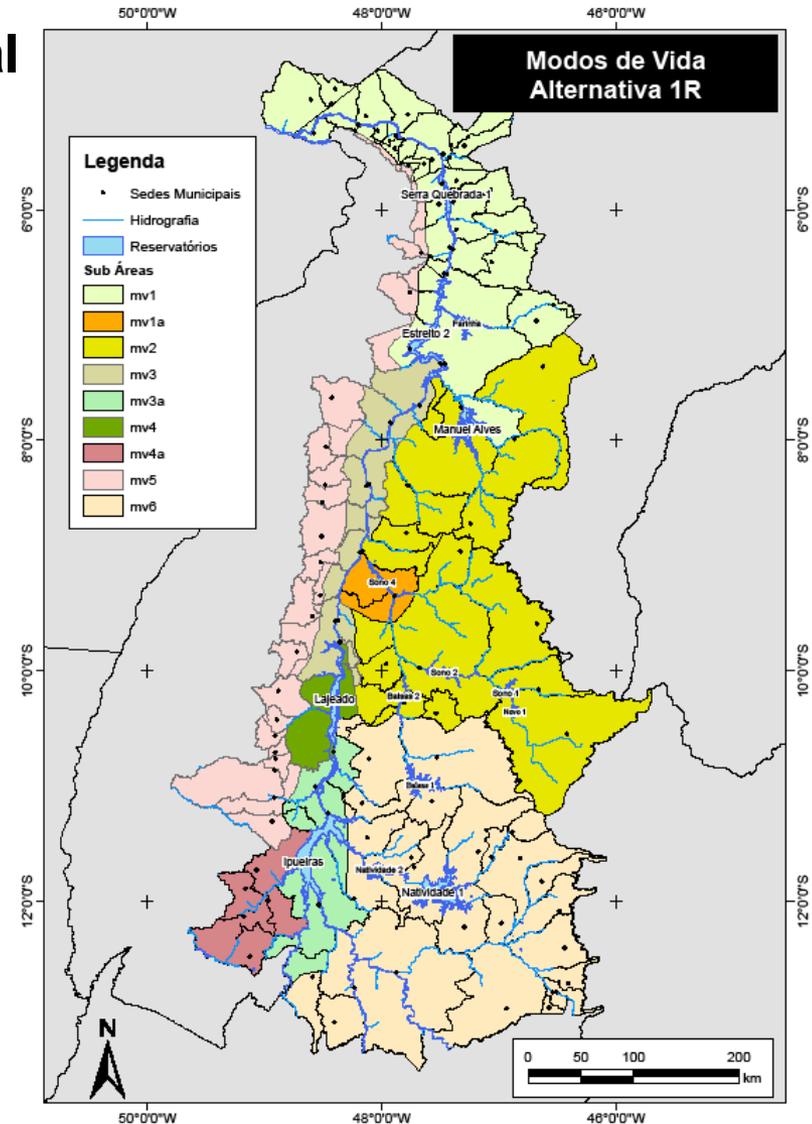
Manual para Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, Edição 2007

- Financiado pelo MME e Banco Mundial
- CEPEL contratado por Notório Saber

Objetivo: formulação e análise de diversas alternativas de divisão de queda

Solução: equilíbrio entre geração econômica, impactos sócio-ambientais (positivos e negativos) e usos múltiplos da água

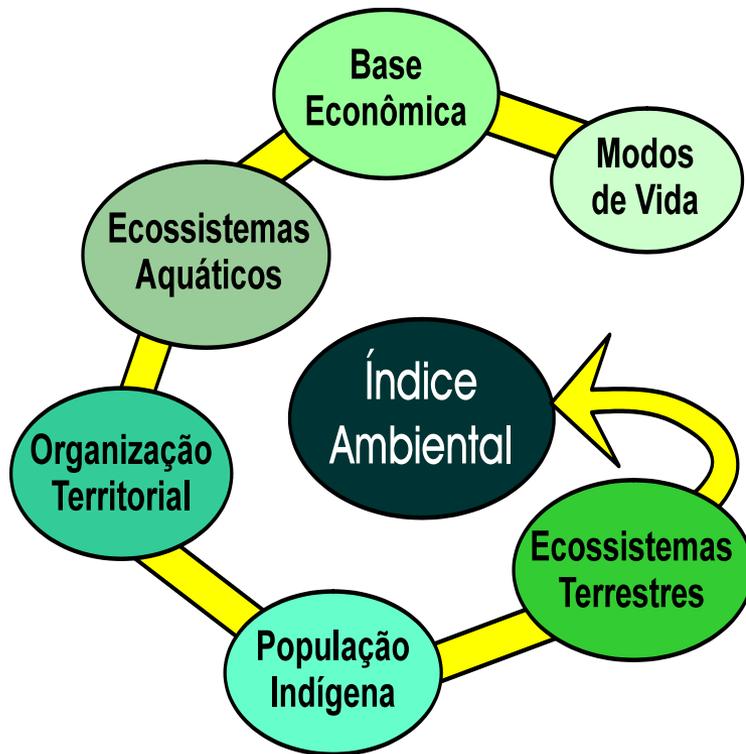
Avaliação Ambiental (e Social) Integrada - AAI



Impactos Socioambientais (Negativos e Positivos)

Negativos

- Índice de impacto (I_{an})

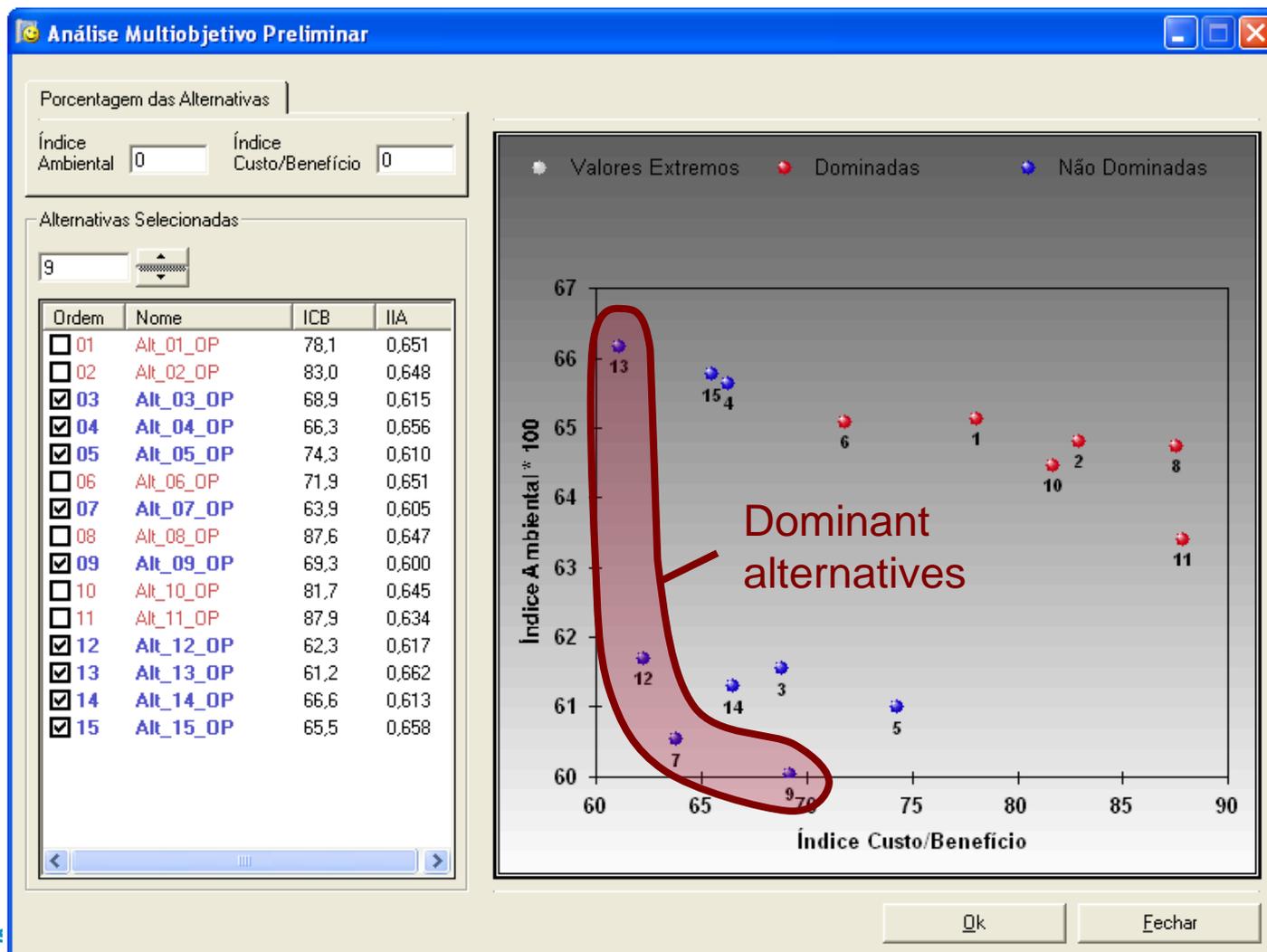


Positivos

- Índice de impacto (I_{Ap})



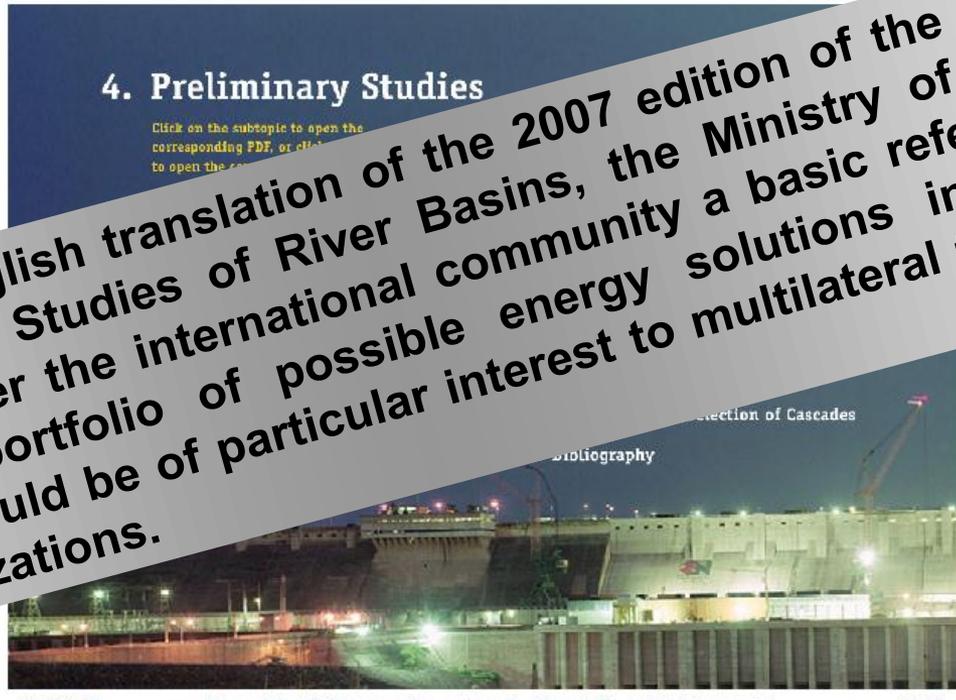
SINV - Screen for Preliminary Multi-objective Analysis



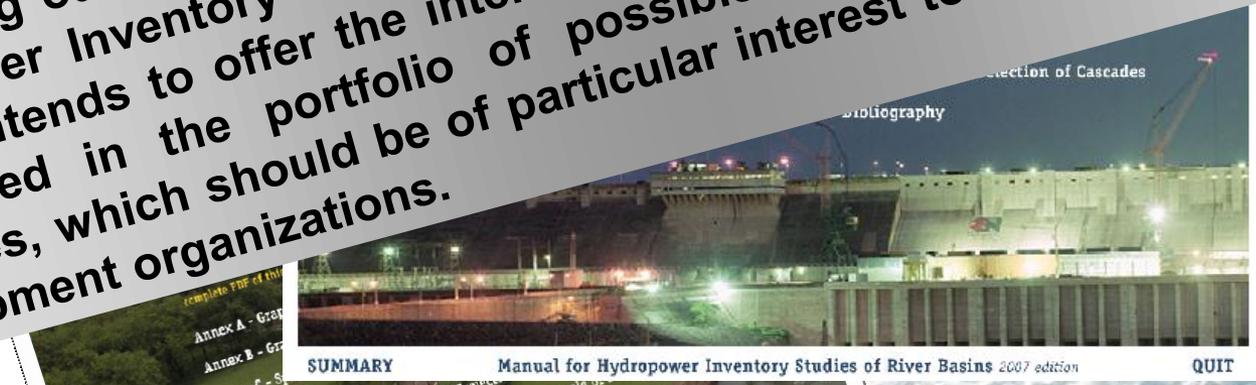
Manual for Hydropower Inventory of River Basins, 2007



- Preface
- Working Group
- Abbreviations Used
- 1. Introduction
- 2. Basic Criteria
- 3. Planning
- 4. Preliminary Studies
- 5. Final Studies



By bringing out an English translation of the 2007 edition of the Manual for Hydropower Inventory Studies of River Basins, the Ministry of Mines and Energy intends to offer the international community a basic reference to be considered in the portfolio of possible energy solutions in developing countries, which should be of particular interest to multilateral financing and development organizations.



Hydropower Inventory Studies of River Basins

2007 edition

SUMMARY

Manual for Hydropower Inventory Studies of River Basins 2007 edition

QUIT

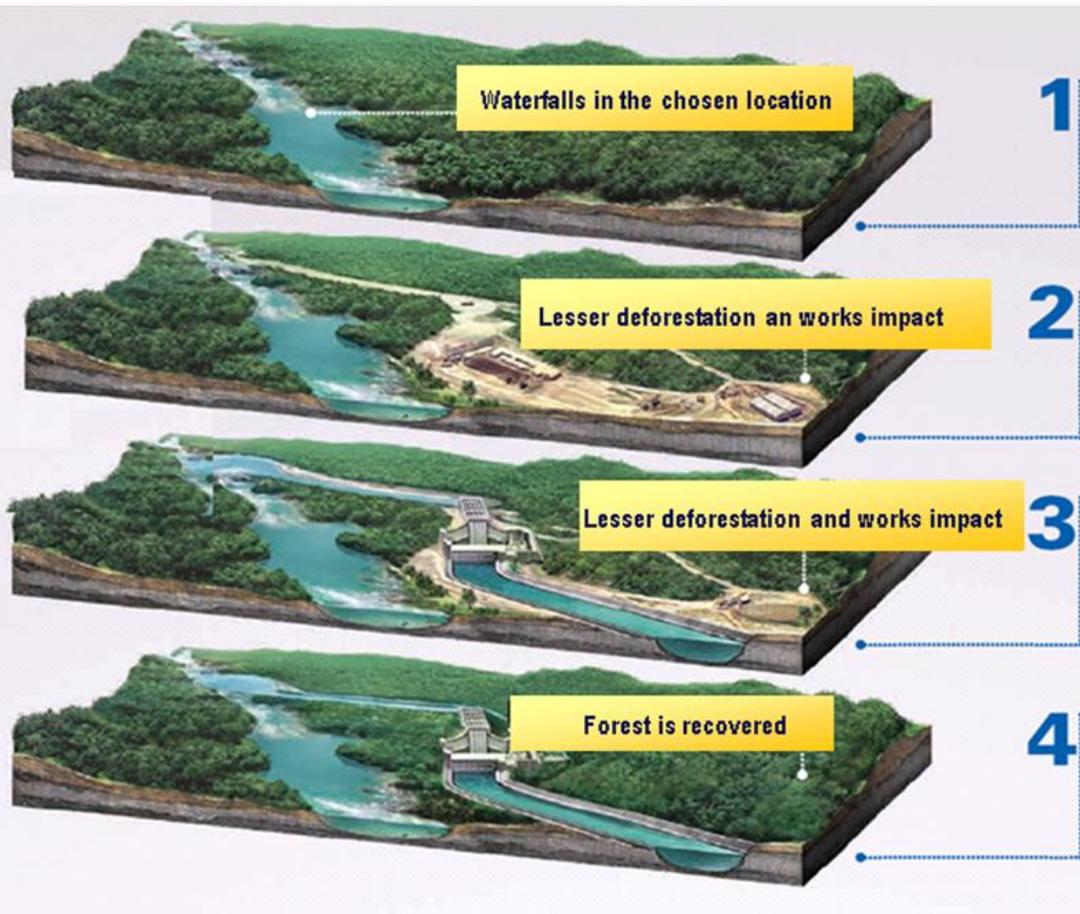
- Annex A - Gray
- Annex B - Gray
- Annex C - S
- Annex D - Simv System
- Annex E - Technical Specifications of Projects
- Annex F - Integrated Environmental Assessments: Example
- Annex G - Format of the File Showing the Monthly Flows of the Projects

QUIT



Novas Concepções - Usinas-Plataforma

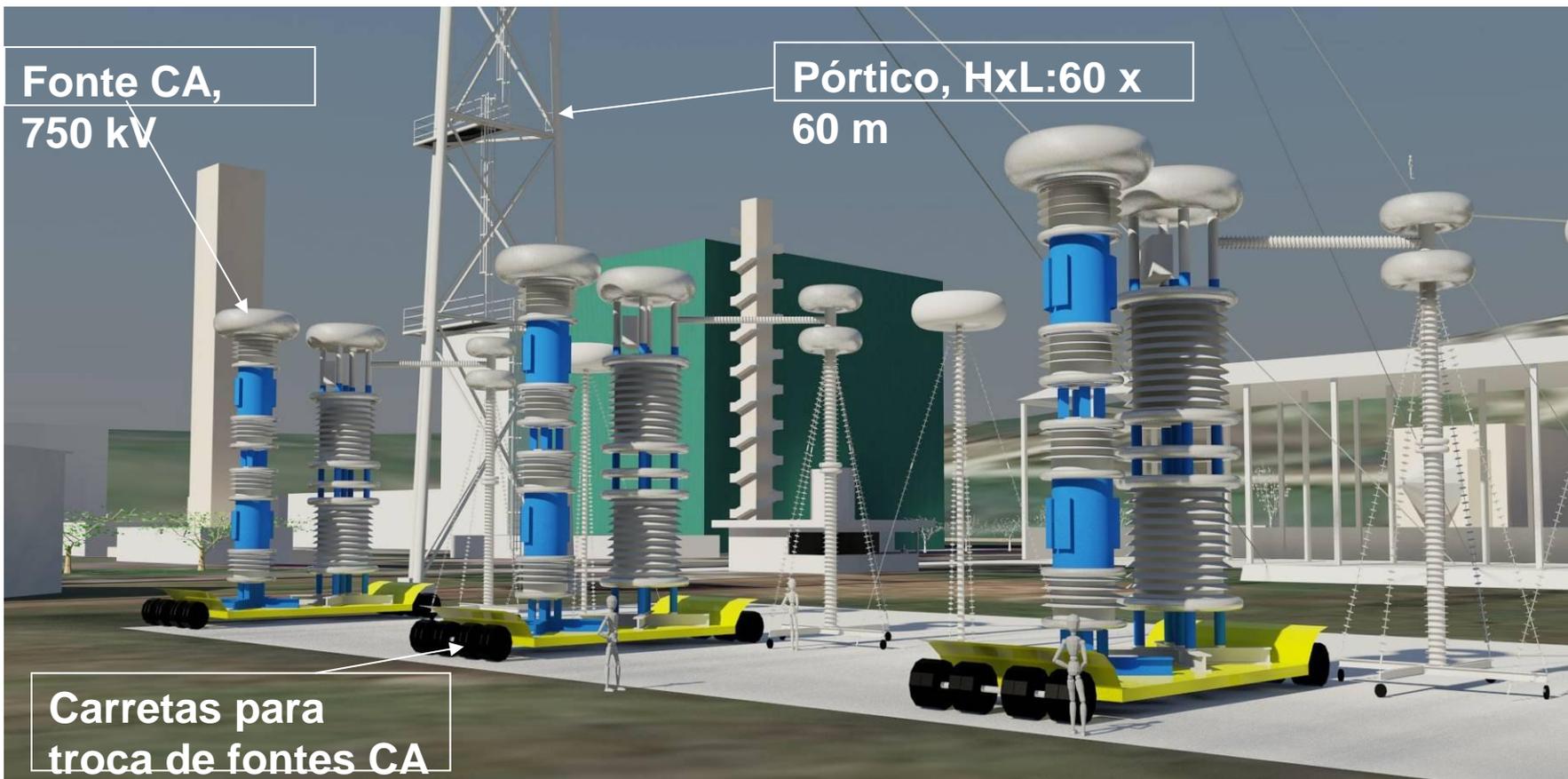
- ❑ **Usinas-Plataforma: sua implantação se constitui em um vetor de preservação ambiental permanente**



O conceito de Usinas-Plataforma contribui para o aprimoramento das práticas adotadas na implantação de projetos hidroelétricos, quando estes se situarem em regiões não antropizadas.

A introdução deste conceito traz reflexos em todas as etapas do processo de planejamento de usinas hidroelétricas, tais como, estudos de inventário e viabilidade e licenciamentos ambientais, e também nas fases de construção e operação destes projetos hidroelétricos

Novas Concepções - Laboratórios para Ultra-Alta Tensão



Projeto do Laboratório de Ultra-Alta Tensão (LabUAT)

CA: 750 kV trifásico, 1500 kV e 2250 kV monofásico

CC: 800 kV bipolo e 1600 kV uma polaridade.

Mapa de Rotas Tecnológicas em Hidroeletricidade da IEA/MME



Conselho Nacional de Política Energética – CNPE

25ª Reunião Ordinária

Conselho Nacional de Política Energética

CNPE

Brasília, 18 de dezembro de 2012

25ª Reunião Ordinária



Conselho Nacional de Política Energética – CNPE

1

1. POLÍTICA ENERGÉTICA NACIONAL

1.4. Mapa de Rotas Tecnológicas em Hidroeletricidade

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL
Agência Internacional de Energia – AIE
Ministério de Minas e Energia – MME

25ª Reunião Ordinária

Mapa de Rotas Tecnológicas em Hidroeletricidade da AIE

- Elaborado e publicado em conjunto pela Agência Internacional de Energia (IEA) e pelo Ministério de Minas e Energia (MME)
- **Co-Autoria: IEA e CEPEL**
- 1ª vez que um *Roadmap* é publicado em parceria com um país – Brasil
- **Vasto conhecimento e experiência de um país-líder em hidroeletricidade**
- Proposto em 2010 no Rio durante a Conferência sobre Hidroeletricidade Sustentável (MME, MRE, IEA)
- **Workshops em Paris, Rio, Washington**
- **Revisores: Agências, Academia, Governos, Indústria, ONGs**

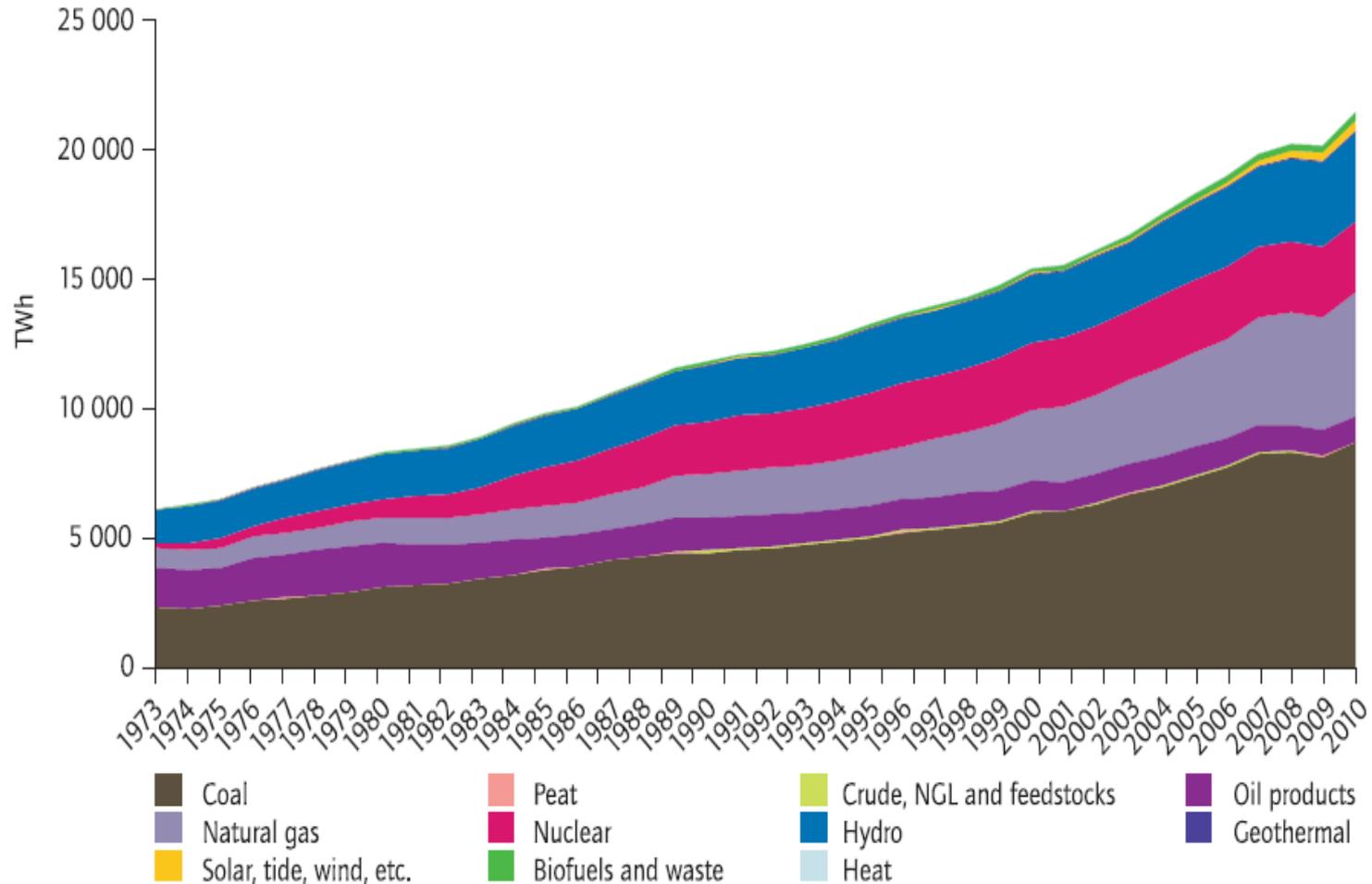


Technology Roadmap

Hydropower

- **Foreword**
- *Key findings*
- **Actions in the next ten years**
- *Introduction*
- **Hydropower today**
- *Vision for hydropower deployment*
- **Sustainable hydropower development**
- *Economics*
- **Technology improvements: roadmap actions and milestones**
- *Policy framework: roadmap actions and milestones*
- **Conclusion: near-term actions for stakeholders**

Global electricity generation by fuel, 1973-2010



■ **Hidroeletricidade - crescimento médio anual desde 1973: 4,8%**

■ Matriz Elétrica Mundial

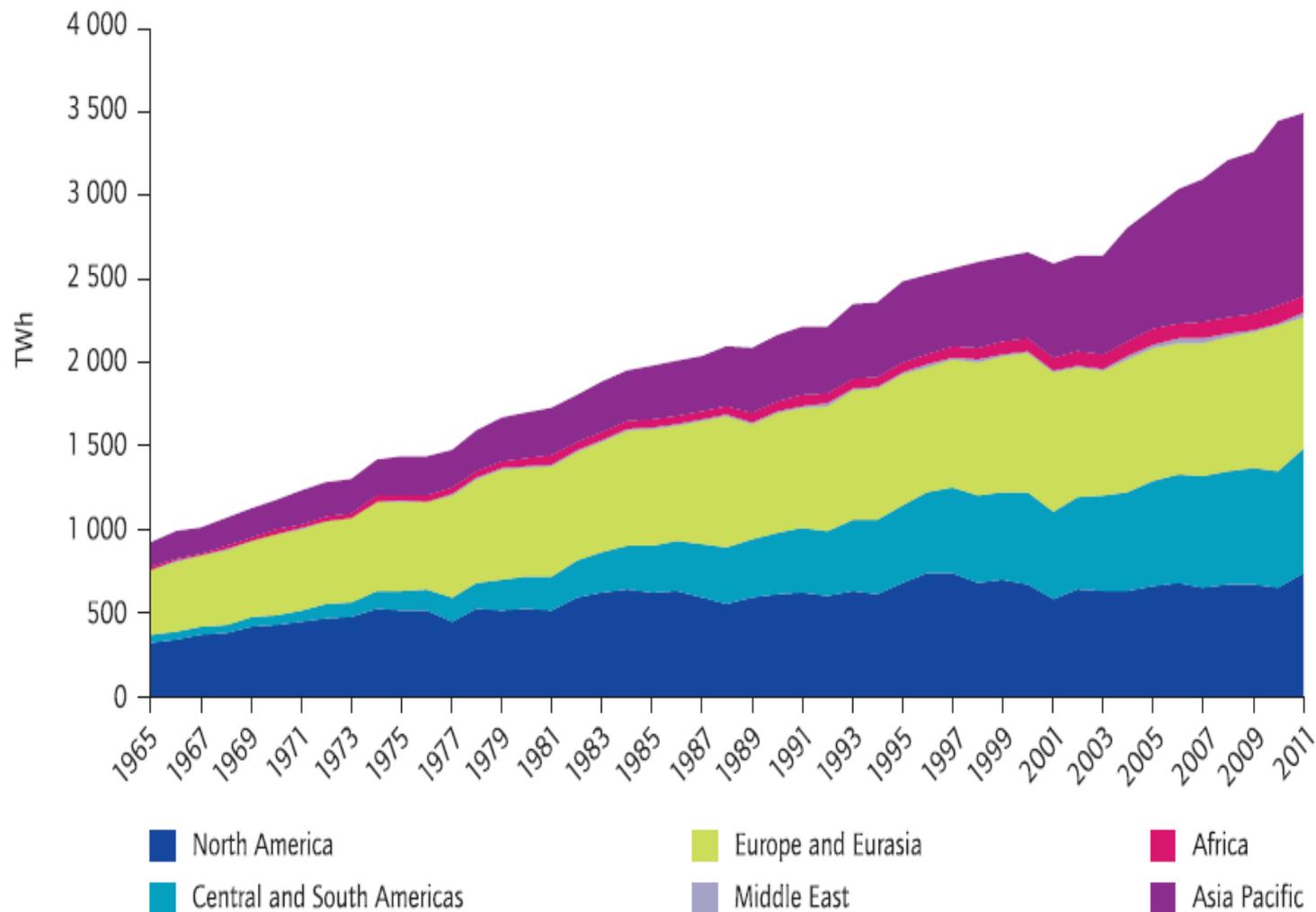
2010	
Hidroeletricidade (3500TWh \cong 1000 GW)	16,3%
Nuclear	12,8%
Eólica, Solar, outras Novas Renováveis	3,6%
Fóssil	67,2%

■ Geração de Energia Elétrica / Hidroeletricidade no Brasil

EE/2011	Hidro/2011	EE/2021
570 TWh	465 TWh	908 TWh

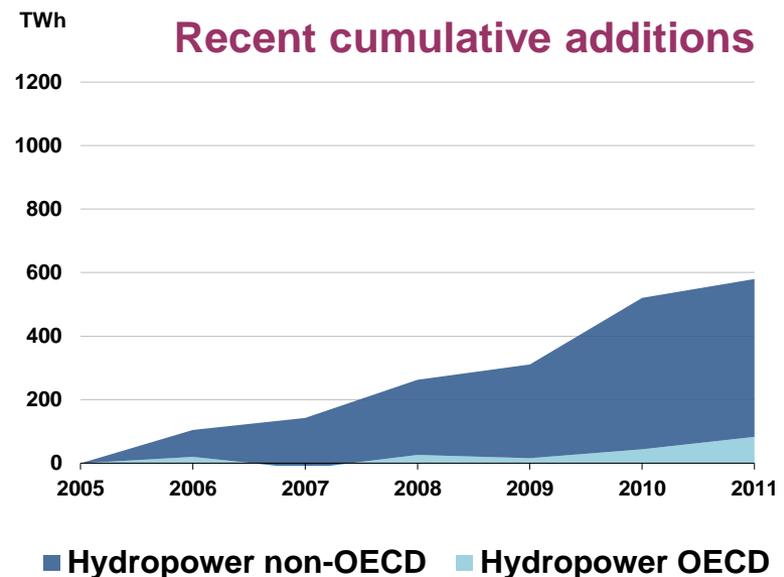
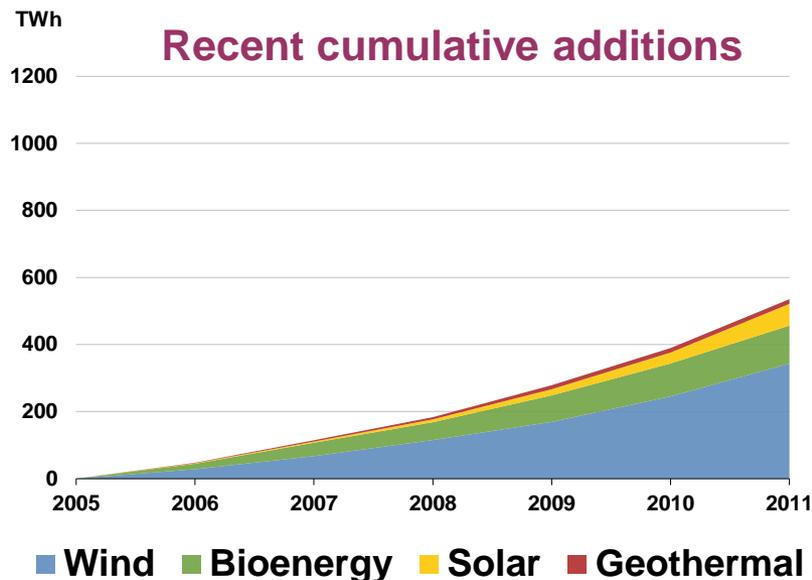
- A hidroeletricidade está presente em 159 países
- 50% desta geração hidroelétrica está em 1º China, 2º Brasil, 3º Canadá e 4º USA

Hydroelectricity generation, 1965-2011



Tendências Recentes

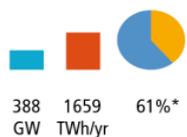
- A hidroeletricidade é a principal forma de geração de energia elétrica renovável do planeta, provendo eletricidade a preços competitivos



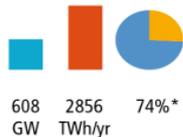
- As novas capacidades instaladas por ano, desde 2005, produzem mais energia elétrica que a soma de todas as outras fontes renováveis.
- O desenvolvimento de hidroeletricidade continuará a crescer, embora não tão rápido quanto as demais renováveis.

Ainda existe um grande Potencial a ser desenvolvido

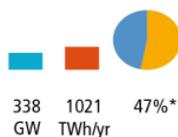
North America



Latin America



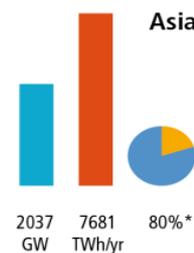
Europe



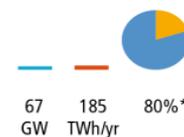
Africa



Asia



Australasia/Oceania



Potencial Técnico Mundial
3 721 GW
14 576 TWh

Technical Potential

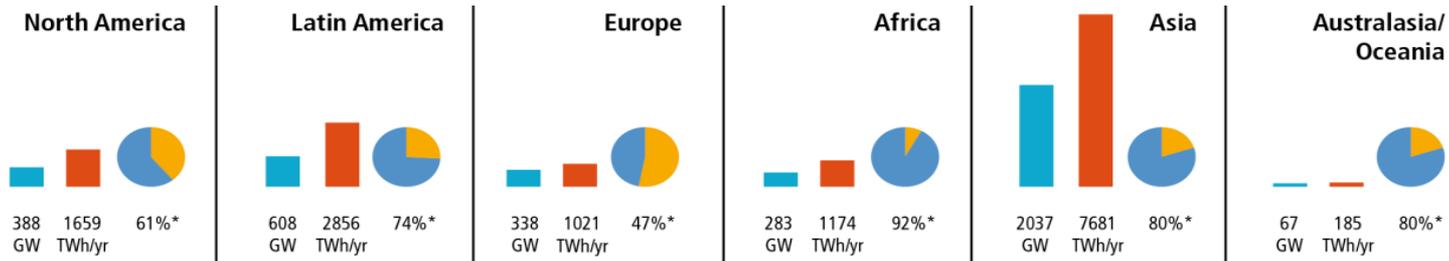
Capacity [GW]

Generation [TWh/yr]

Installed [%]

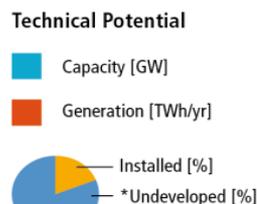
*Undeveloped [%]

Ainda existe um grande Potencial a ser desenvolvido

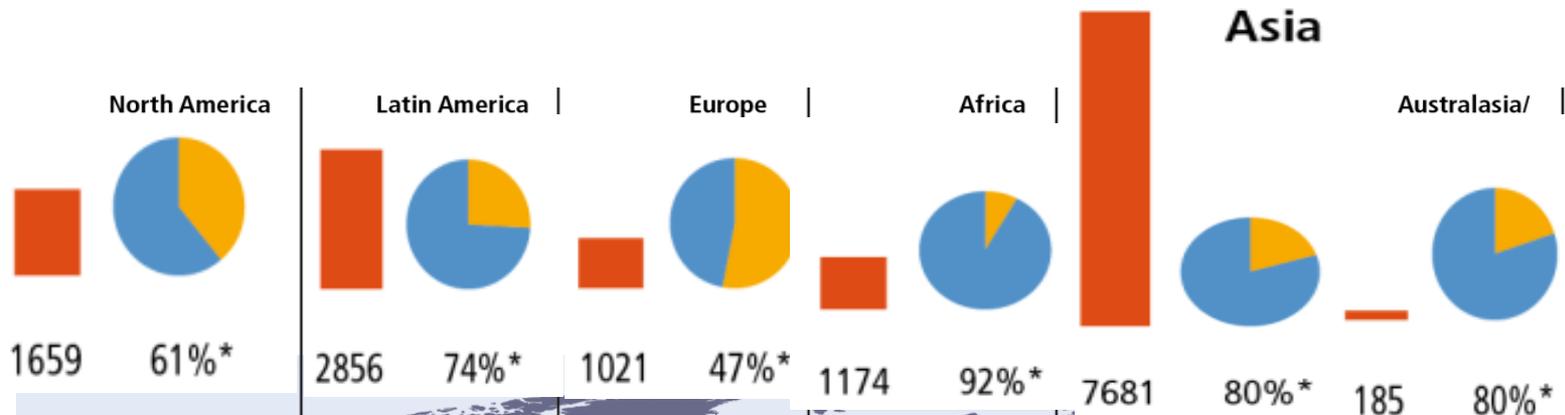


Potencial %	North America	Latin America	Europe	Africa	Asia	Australasia
GW	10,4	16,4	9,1	7,6	54,7	1,3
TWh	11,4	19,6	7,0	8,0	52,7	1,0

Potencial Técnico Mundial
3 721 GW
14 576 TWh

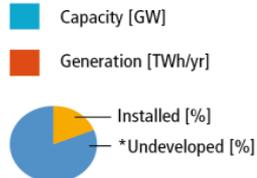


Ainda existe um grande Potencial a ser desenvolvido



Potencial Técnico Mundial
3 721 GW
14 576 TWh

Technical Potential

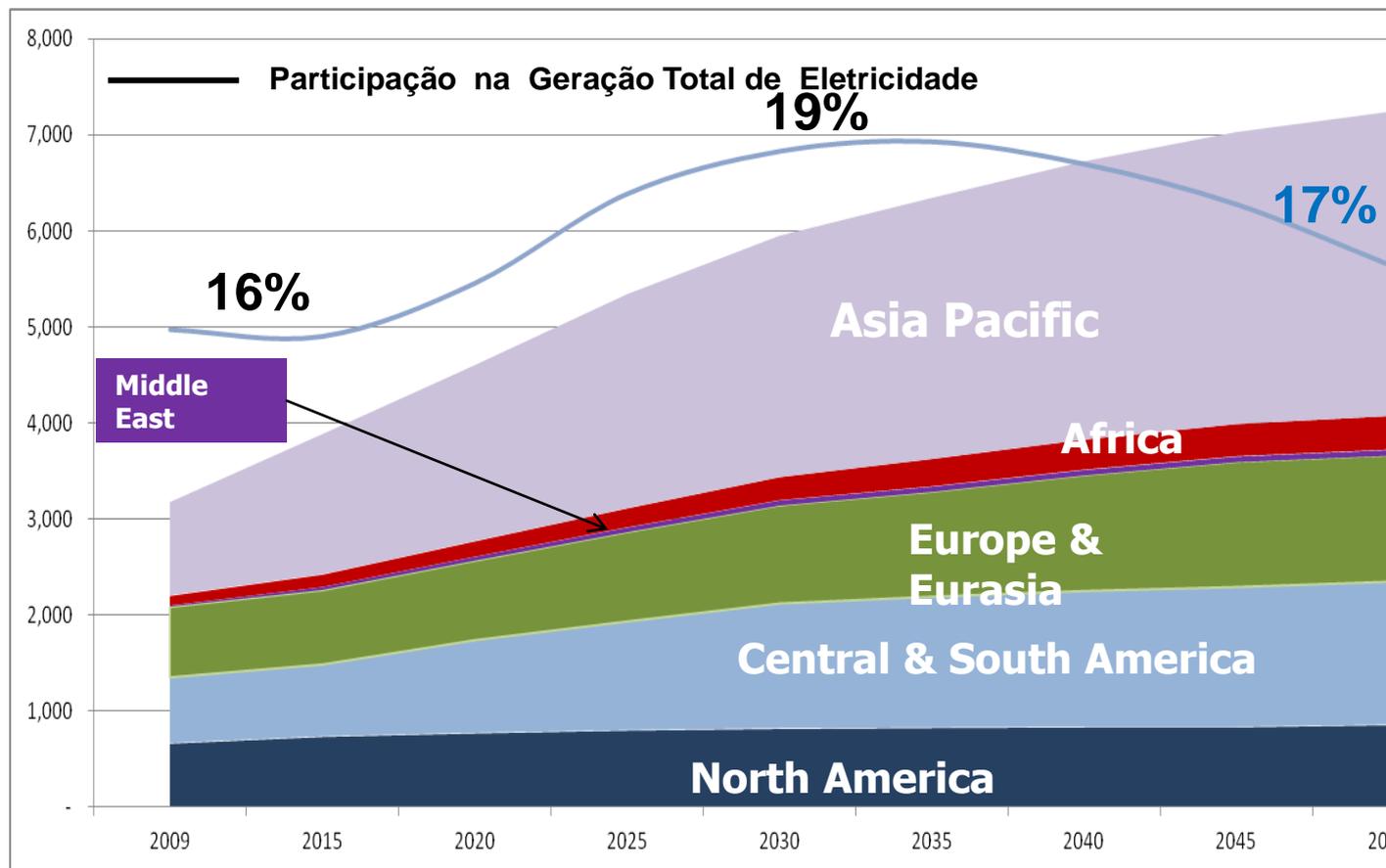


Potencial Técnico Mundial
75%
Não Desenvolvido



Source: Kumar *et al*, IPCC SRREN 2011

Visão deste Roadmap de Hidroeletricidade



A geração de Hidroeletricidade dobrará em 2050, atingindo 1.947 GW e 7.100 TWh, principalmente a partir de grandes usinas em economias emergentes/em desenvolvimento

Fator crucial para o desenvolvimento sócio econômico desses países

Suporte para eólica e solar na Europa e USA

Visão deste Roadmap de Hidroeletricidade, ano 2050

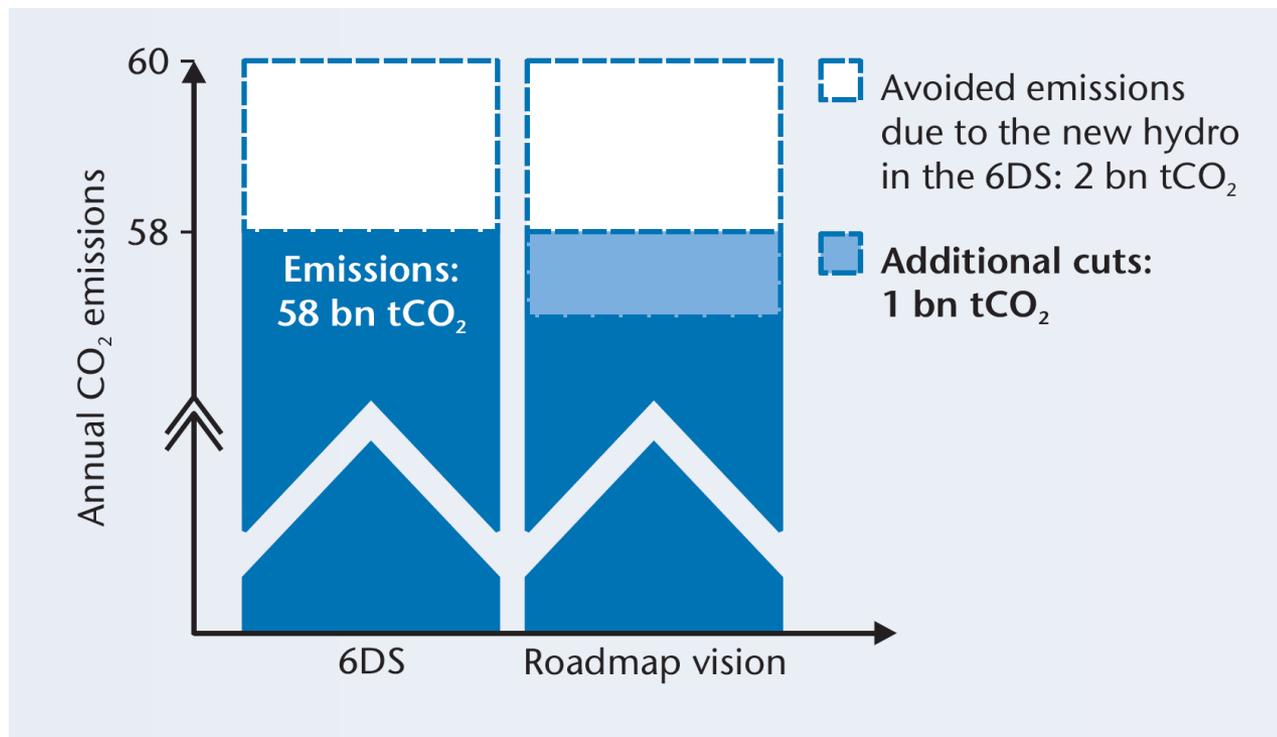
Potencial %	North America	Latin America	Europe	Africa	Asia	Russia & Eurasia
GW	215	240	310	88	852	145
TWh	830	1.190	915	350	2.930	510

A geração de Hidroeletricidade dobrará em 2050, atingindo 1.947 GW e 7.100 TWh, principalmente a partir de grandes usinas em economias emergentes/em desenvolvimento

Fator crucial para o desenvolvimento sócio econômico desses países

Suporte para eólica e solar na Europa e USA

Hidroeletricidade e Redução de Emissões de CO₂



- No cenário *laissez-faire* (6DS) do IEA Energy Technology Perspectives 2012 , a expansão prevista de Hidroeletricidade evitará a emissão de 2 bilhões de tCO₂ por ano em 2050
- Na Visão deste Roadmap, a emissão anual evitada atingirá o total de 3 bilhões de tCO₂ (fora as emissões evitadas indiretas por eólica, solar PV)

Fatores Motivadores para o seu Desenvolvimento

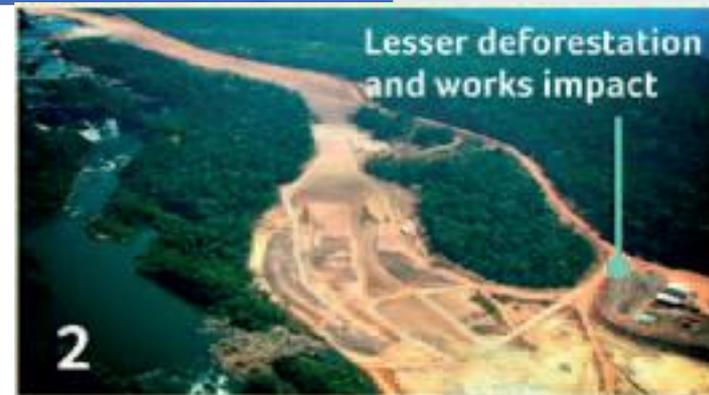
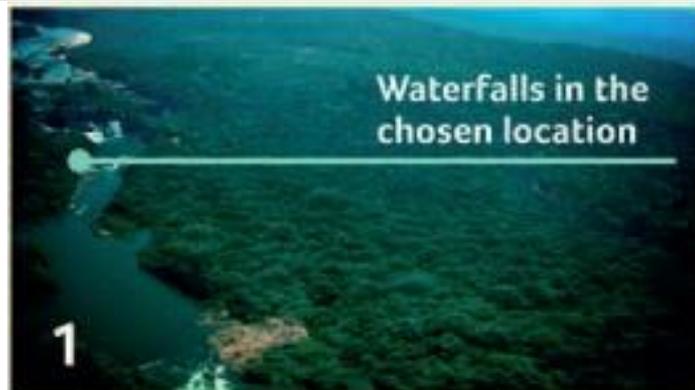
- **Vai além da mitigação de Mudanças Climáticas**
- **Energia a Preços Módicos e Segurança Energética**
 - tecnologia provada, confiável, segura e competitiva
 - baixos custos de operação e manutenção, e ciclo de vida
 - promoção do desenvolvimento socioeconômico, especialmente das populações locais
 - melhoria do acesso a sistemas modernos de energia e erradicação da pobreza
- **Gerenciamento dos Usos Múltiplos da Água**
 - irrigação, abastecimento de água, controle de cheias, navegação, recreação
- **Grande flexibilidade, viabilizando a integração de fontes renováveis intermitentes (eólica e solar PV)**
- **Hidroeletricidade não é intermitente como eólica e solar**
 - Controle da fonte (armazenamento)
 - Maior previsibilidade

Áreas de Ação para Materializar a Visão (Governos e Stakeholders)

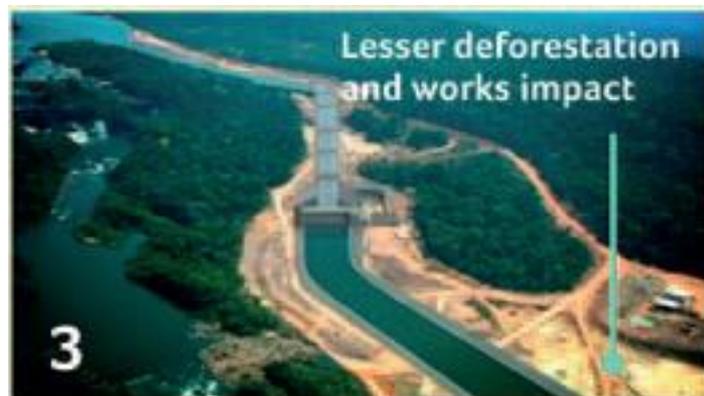
- **Sustentabilidade e Aceitação Pública**
- **Desenvolvimento Tecnológico**
- **Financiamento**
- **Política Energética e Desenho de Mercados de Energia Elétrica**

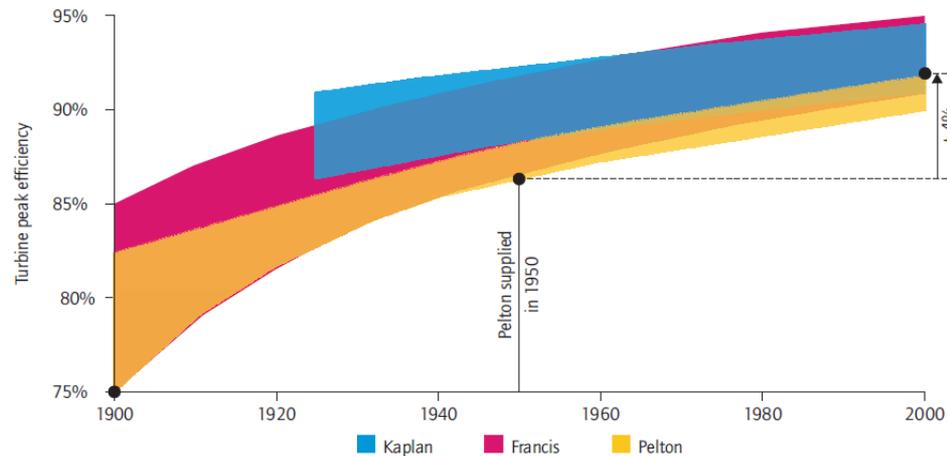
- Considerar critérios de sustentabilidade também a nível de bacia hidrográfica
- **Documentar a abordagem de sustentabilidade**
 - Incluindo EIA/RIMAs, melhores práticas, diretrizes ou protocolos voluntários
- Evitar, minimizar ou compensar os impactos sócio-ambientais negativos
- **Levar em consideração os seus impactos positivos**
- Disseminar ao público o papel da hidroeletricidade na produção de energia sustentável e na redução de mudanças climáticas
- **Co-ordenação da operação das UHEs a nível de bacia e de sistemas interligados**
 - Tomar partido da complementaridade hidrológica
- **Box 5 – A abordagem brasileira: do inventário hidroelétrico de bacias hidrográficas ao planeamento energético integrado**

O Conceito de «Usina-Plataforma»



- Atualmente em desenvolvimento no Brasil
- **Objetiva limitar o impacto em áreas com baixa ou nenhuma ação antrópica, de tal modo que a implantação da UHE se constitua em um vetor de conservação ambiental permanente**



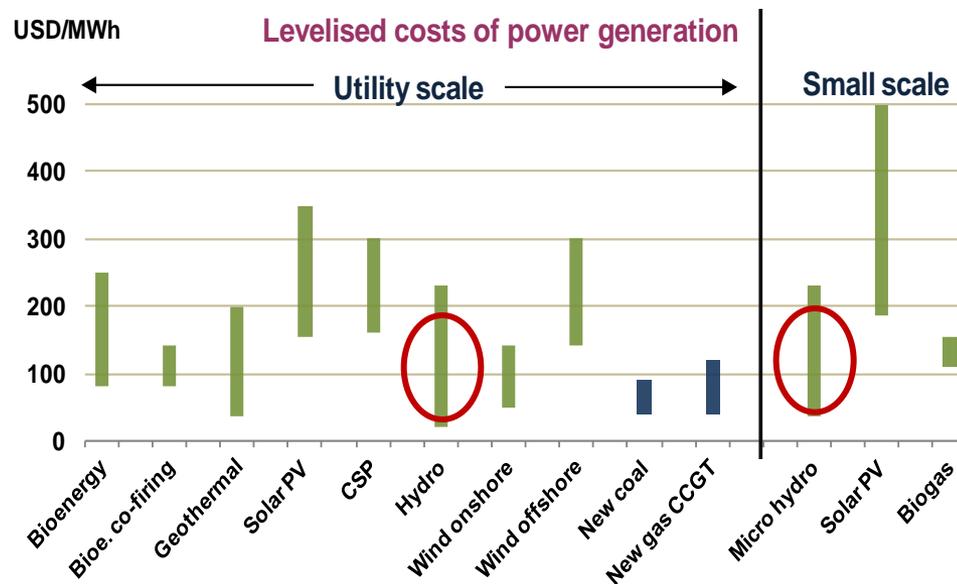


Source: Stepan, 2011.

- **Aprimoramentos adicionais na eficiência de turbinas e no seu desempenho ambiental**
 - amigável a peixes, livres de óleo, turbinas aeradas, etc
 - Maior disponibilidade, menor custos de O&M
- **Modernizar usinas antigas, especialmente em países industrializados**
- **Instalar unidades geradoras em barragens existentes e construídas para outros fins**
- **Desenvolvimentos adicionais em tecnologias de UHEs de bombeamento (*pump-storage*)**

- Hidroeletricidade é competitiva...
- ... porém enfrenta desafios financeiros:

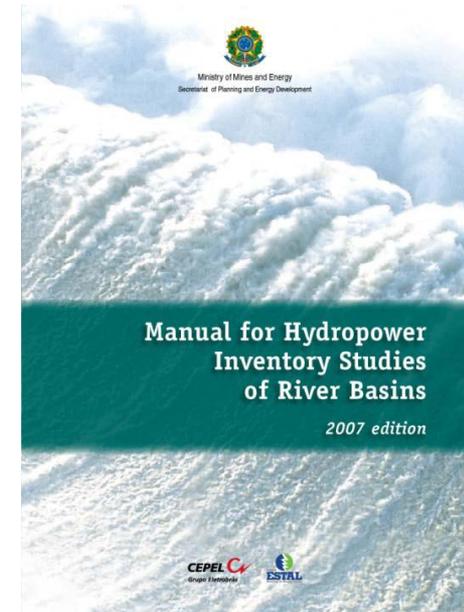
- Investimentos iniciais elevados e longo tempo de construção
- Retorno sobre o investimento pode variar de ano para ano



- Governos devem assegurar receitas de longo prazo
 - Desenvolver instrumentos públicos de mitigação de risco
 - Valorar adequadamente a sua flexibilidade e os seus serviços ancilares
 - Valorar os serviços não energéticos providos por UHEs
- **Box 9 – Leilões de compra de energia no Brasil e o papel do BNDES**

- **Perspectiva de longo-prazo e compartilhamento de riscos são chaves para o financiamento da hidroeletricidade**
- **O modelo brasileiro de leilões públicos para compra de energia apresenta características de mitigação de riscos:**
 - **Combinação de planejamento e competição**
 - **Contratos de longo-prazo reduzindo incertezas**
 - **Redução de riscos de *default***
 - **Mesmos custos de aquisição (e mesmos riscos) para todas as distribuidoras**
- **Papel crucial do BNDES em prover financiamento de longo-prazo**

- **Governos e stakeholders devem estabelecer/atualizar os inventários hidroelétricos, a nível de bacia, quando apropriado**
 - Considerar também repotenciação e inclusão de unidades geradoras em barragens
- **Estabelecer planos de desenvolvimento de UHEs com metas e monitorar o progresso**
- **Agilizar os processos de licenciamento**
- **Desenvolver políticas energéticas e marcos regulatórios que contemplem projetos hidroelétricos**
 - e.g., incluindo a remoção de subsídios para combustíveis fósseis e precificação de emissões de CO₂
- **Encorajar bancos nacionais e multilaterais a se engajarem no desenvolvimento de hidroeletricidade**



- **Hidroeletricidade continuará sendo a maior fonte renovável de eletricidade por muito tempo**
- **Ela promove o desenvolvimento social e econômico nos países em desenvolvimento**
- **Apresenta um grande potencial em todas as regiões do mundo**
- **Nos lugares onde o potencial é menor, ela dará suporte ao desenvolvimento da eólica e solar PV**
- **Critérios de sustentabilidade podem e devem ser considerados**
- **É competitiva, mas o financiamento requer soluções inovadoras a fim de mitigar os riscos**

Obrigado!

albert@cepel.br



Ministério de
Minas e Energia

