

# PLANEJAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO

FORUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL:  
PAINEL 7: MATRIZ ENERGÉTICA REGIONAL



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

# PLANEJAMENTO ENERGÉTICO BRASILEIRO: HISTÓRICO - CARACTERÍSTICAS

- Pioneirismo do setor elétrico
- Décadas de 70 e 80 – Balanços Energéticos Estaduais, Balanço Energético Nacional, desenvolvimento metodológico
- Características setoriais: empresas públicas com atuação regional definida e subsidiárias da holding Eletrobrás.
- Desregulamentação na década de 90: participação do setor privado; flexibilização da atuação das empresas.
- Somente 1,7% da energia requerida no país está fora do SIN
- Sistema hidrotérmico, com forte dominância das usinas hidrelétricas (aproximadamente 70%)

# Metodologia inicial do Planejamento do Setor Elétrico

Critério: preço mínimo

Etapas:

- a. projeção do crescimento da demanda, iniciada com a montagem de cenários macroeconômicos
- b. planejamento da expansão;
- c. análise do custo de produção;
- d. satisfação da demanda pelo menor custo.

# Planejamento Integrado de Recursos PIR

## **Definição de PIR do AWWA (American Water Works Association):**

PIR é uma forma de planejamento que envolve análises de custo mínimo do lado da oferta e opções de gerenciamento da demanda, bem como um processo de tomada de decisão aberto e participativo, desenvolvendo alternativas que incorporem a qualidade de vida das comunidades e os aspectos ambientais. Há a busca pela otimização do uso dos recursos para cada finalidade pretendida.

Os Planos Decenais de Energia elaborados pela EPE incorporam, além da energia elétrica, o petróleo, seus derivados, gás natural e biocombustíveis (integração dos recursos). São também tratados aspectos de sustentabilidade.

A AWWA, atualmente, trabalha intensamente com a gestão das águas dentro do conceito de PIR, além de planejamentos energéticos

# Características do PIR

**Origem:** fortalecimento da dimensão ambiental, para minorar o agravamento do problema das mudanças climáticas, e aumento das preocupações sociais.

**Proposta:** uma das propostas originais era incluir os custos de proteção ambiental bem como os riscos à saúde associados à produção e uso de energia no processo de planejamento (riscos sociais).

**Consequências:** tende a facilitar a extensão dos serviços àqueles que atualmente não tem acesso aos mesmos. Com isso, contribui diretamente na promoção do desenvolvimento social.

## **Características:**

Preocupação em realizar análises de riscos e incertezas abrangentes em função dos dados e informações disponíveis.

Busca incorporar, na seleção dos investimentos a serem feitos pelos agentes setoriais, preocupações e prioridades dos próprios agentes, do governo, do órgão regulador, dos consumidores, de grupos ambientalistas e de outras organizações não governamentais interessadas na evolução do setor.

# Passos para elaboração

**Primeiro passo:** identificação dos objetivos (confiabilidade dos serviços de energia, expansão do acesso, minimização de impactos, geração de empregos, etc).

**Segundo passo:** levantamento dos recursos disponíveis (deverão ser consideradas todas as alternativas de suprimento) e de necessidades energéticas na região.

**Terceiro passo:** elaboração de projeções de longo prazo da demanda, com análise da necessidade de aumento da capacidade instalada, das fontes de geração aplicáveis, bem como sua localização geográfica.

**Quarto passo:** identificação das opções de suprimento. Um levantamento das opções de suprimento de energia começa com a identificação de todas as opções disponíveis e da infraestrutura correspondente.

**Quinto passo:** determinação do plano de ação. A combinação das análises de oferta e demanda resultará no PIR para os anos subsequentes.

# Observações

- Os **modelos** para análise da demanda podem ter **níveis de desagregação diferentes**. O mais detalhado busca identificar por recurso energético, os diversos usos finais e respectivas eficiências por tecnologia usada.
- É utilizada uma **análise de cenários** capaz de nortear políticas energéticas diante de premissas e hipóteses variadas.
- Devem ser consideradas as opções de uso mais eficiente da energia, através da chamada **GLD** – Gerenciamento pelo Lado da Demanda (programas que visam reduzir a necessidade de energia através de ações sobre a demanda, sem comprometimento aos usos finais).
- Entre as várias maneiras de atendimento aos serviços de energia, **deverá ser escolhida a que represente o menor custo e o menor risco em todas as dimensões da análise**. A escolha deverá ser realizada com base em uma metodologia de análise multicritério (financeiro, segurança, ambiental, desempenho, outros).

# Notas metodológicas

Existem atualmente ferramentas computacionais auxiliares na elaboração de um PIR. Um método usual é conduzido em dois ambientes (modelos computacionais):

- No primeiro são realizados **estudos paramétricos**. A partir de hipóteses sobre preço relativos e participação das fontes por uso final de energia em cada setor, são obtidas informações sobre demanda de energia útil.
- A partir das informações de energia útil, são selecionados os meios para atendê-la, através de técnicas de programação linear (**programas de otimização**) de forma a minimizar os custos de operação e manutenção ao longo do período observado, para todo o sistema energético.



# Matriz Exergética: futuro?

Até então, os trabalhos na área de planejamento energético, vem sendo feitos puramente dentro da visão da **conservação de energia**.

Considerações sobre a “**qualidade**” das diversas formas em que a energia se apresenta, desde as fontes primárias até o uso final, não são feitas.

O que seria esta qualidade e de que forma poderia influenciar as decisões quanto a projetos de infraestrutura no setor energético?

A “qualidade” é a base para o conceito da propriedade **exergia** associada a cada forma de manifestação da energia.

A qualidade da energia é sinônimo de sua capacidade de causar mudanças.

Esta qualidade, chamada de exergia, está relacionada com o grau de ordenamento da energia.

São **formas ordenadas** de energia: cinética (exclusive escoamentos turbulentos), potencial, elétrica, magnética.

São **formas desordenadas** de energia: energia interna da matéria, radiação térmica, energia química, energia associada a movimentos turbulentos de um fluido.

São características das formas ordenadas de energia:

- Uma forma pode ser integralmente convertida em outra, desde que por processos reversíveis.
- A transferência de energia ordenada entre dois sistemas ocorre na forma de trabalho e não de calor.
- Transferência de energia ordenada entre sistemas, por meio de processos reversíveis, não provoca mudanças na propriedade entropia (mede o grau de desordem).

Cada fluxo de energia possui sua exergia: fluxo térmico, fluxo de trabalho (energia elétrica) e fluxo de massa.

A exergia dos fluxos de massa é composta por parcelas devidas à energia cinética, energia potencial e energia interna, chamada exergia física, e pela exergia química.

A exergia física corresponde àquela decorrente do afastamento do sistema das condições ambientais (estado de equilíbrio restrito);

A exergia química corresponde àquela utilizada para a formação química das substâncias a partir das substâncias disponíveis no meio natural (estado morto ou de equilíbrio irrestrito).

**A análise exérgica de processos permite identificar o maior potencial de realização de trabalho que se pode obter de uma dada quantidade de energia, a partir da forma em que ela se apresenta. Este potencial é encontrado sabendo-se que:**

- Há limites para a transformação de um fluxo térmico em trabalho mecânico (Carnot);
- Todo sistema no qual ocorre um processo termodinâmico sofre uma irreversibilidade (aumento de seu grau de desordem), ou seja, sempre há um consumo exérgico que reduz o potencial de realização de trabalho.

A análise exergética pode ser feita ao longo de toda a cadeia energética (processos), desde a extração ou captação de cada fonte primária até os usos finais.

A parcela não utilizável da energia é chamada de **irreversibilidade intrínseca**.

Conforme o processo, podem também ocorrer perdas desnecessárias. São as **irreversibilidades evitáveis**, também identificáveis e quantificáveis através de balanços exergéticos.

# Conclusão

A aplicação do conceito de exergia, derivado da Segunda Lei da Termodinâmica, nas atividades de planejamento poderá:

- Levar ao aprimoramento dos processos de decisão quanto à utilização das fontes energéticas (primárias, secundárias ou de uso final), por depurar as vantagens comparativas dos diferentes recursos em todos os estágios;
- Auxiliar na identificação de ações de GLD para reduzir ou eliminar as irreversibilidades evitáveis ou para que seja selecionada, dentre as tecnologias disponíveis para cada uso, aquela de maior desempenho exergético.