

EMERGIA E HIDROELETRICIDADE

TASSINARI C.A., BONILLA S.H.

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A hidroeletricidade tem sido a principal forma de geração de energia elétrica no Brasil.

Em 2005 - 93%

Tendência de manutenção até 2030

Energia Renovável no Brasil em 2030 - 81%

Outros países média atual 20%

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

- **Controvérsias**

- Perdas: patrimônio
lavouras
vegetação
solo.....

Ganhos geração de empregos
melhoria da infraestrutura
escolas
centros médicos
turismo....

- **2012 - HIDROELETRICIDADE**

90% da energia elétrica gerada no Brasil (com potencial explorado de pouco mais de 30%)

75% da potência instalada no país

10% dos recursos hídricos mundiais estão no Brasil

Para 2030 mais 225GW necessários

Podem ser instalados mais 260 GW sendo 174 GW até 2030

TECNOLOGIAS

- No Brasil:
- Usinas de reservatório ou acumulação.
- Usinas "fio d'água" sem formação de represas (ou com represas menores).
- As " fio d'água", são próximas a superfície e aproveitam a velocidade do rio para gerar energia.
- Reduzem as áreas de alagamento.
- Operam praticamente em níveis constantes (pequenas flutuações devido a de variação de produção de energia).
- Não há armazenamento de água para escoamento sazonal.
- A capacidade de armazenamento é diminuída bem como a energia armazenada para períodos de seca (ANNEL 2002).

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

	UHE Engenheiro Sergio Motta ou Usina Porto Primavera (UHE PP)	Engenheiro Souza Dias ou Usina Jupia (UHE Jupia).
Leito fluvial	Rio Paraná	Rio Paraná
Gerenciamento	CESP	CESP
Potência instalada (MW)	1540	1550,2
Área do reservatório (km ²)	2250	330
Vegetação submersa	Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica)	Cerrado
Densidade (t de biomassa/há)	98,9	159,4

FERRAMENTA EMERGIA

Quantidade de energia solar direta ou indiretamente necessária para apoiar um determinado sistema e seu nível de organização (ODUM)
ou

Memória da energia que foi incorporada ao sistema, fluxo ou produto desde a fotossíntese que ocorreu para gerar a biomassa que deu origem à matéria prima, se esta for sua origem, somada a cada quantidade gasta em todos os processamentos posteriores até que se chegue ao produto final.

Unidade: joule de energia solar (seJ)

A emergia dos insumos que alimentam um sistema ou que sejam por ele produzidos é calculada em seJ por meio das transformidades que são expressas em seJ/J ou de fatores de conversão adequados ou energias específicas que podem ser expressos em seJ/g, seJ/\$ etc.

FERRAMENTA EMERGIA

A energia total de um processo ou produto é uma medida da atividade de auto-organização do meio circundante convergindo para tornar possível o objetivo. Mede do serviço ambiental necessário para fornecer um dado recurso.

Qualquer forma de energia pode ser transformada em calor, mas uma forma de energia não pode substituir outra em todas as situações.

Também a qualidade que torna um fluxo de energia útil para determinado processo de transformação é perdida com seu uso, tornando-o não reutilizável.

Parte dessa energia é perdida (segunda lei da Termodinâmica) em cada transformação. Mas o fluxo ganha qualidade, já que a energia torna-se mais concentrada. Assim, a energia na madeira é mais concentrada que na ramagem que lhe deu origem, no carvão é mais concentrada que na madeira e na eletricidade é mais concentrada que no carvão.

Desta forma, transformidades são indicadores de qualidade, pois quantificam a energia incorporada ao produto considerando a energia total usada para produzi-lo

FERRAMENTA EMERGIA

- Todos os fluxos de matéria, energia, moeda e serviços que entram, saem e/ou interagem dentro do sistema em estudo, em seJ, são classificados em Renováveis (R), Não renováveis (N), Provenientes da economia (F) e Fluxos de saída (Y)

Os valores são considerados na Contabilidade Ambiental em Emergia onde são considerados todos os insumos.

Natureza: solo fértil, luz solar, vento e chuva;

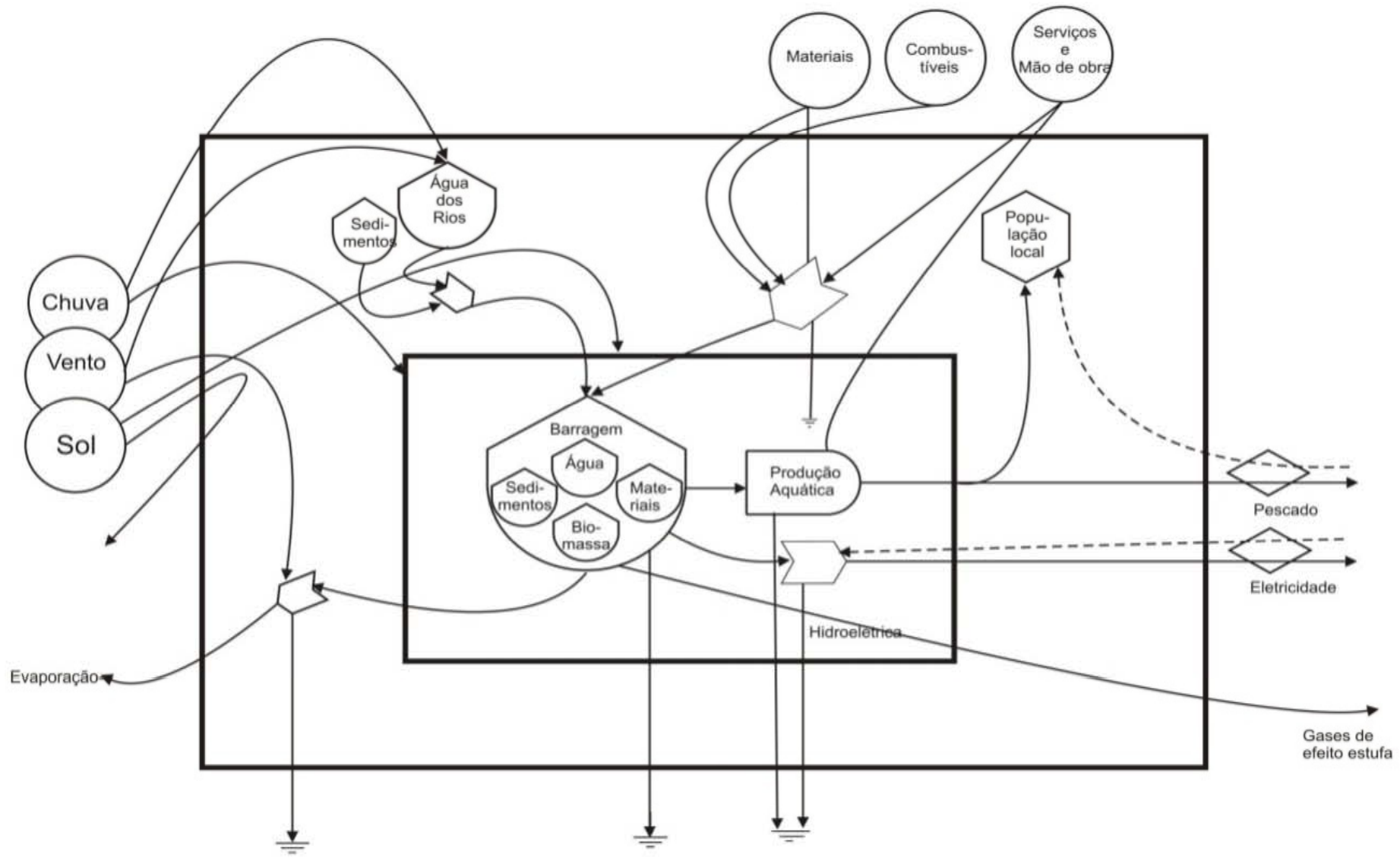
Serviços humanos: mão de obra p/ implantação e manutenção.

Aportes em moeda: aquisição de outros materiais

Produtos produzidos desejáveis como a eletricidade, ou não desejáveis como gases de efeito estufa.

Os respectivos valores podem ser considerados e somados, já que são todos quantificados na mesma unidade; seJ

DIAGRAMA



ÍNDICES

- Obtidos os valores, índices são calculados para comparar o desempenho de cada UHE. Os índices a seguir são resultantes dos estudos de ODUM.

- Investimento em energia

Avalia se o empreendimento ou processo é um bom usuário de energia em relação a outras alternativas.

- $EIR = F / (N + R)$

- Rendimento em energia

É uma medida da contribuição líquida do sistema para a economia. Quanto maior, maior fração de fontes de energia disponíveis localmente ($R + N$) são exploradas por meio do investimento F da economia

- $EYR = Y/F = (F + R + N)/F$

- Carga ambiental

Mede o estresse ambiental causado no local de implantação.

Um alto valor deste índice reflete um alto estresse ambiental e/ou um alto nível tecnológico. A carga aumenta quando é empregada alta tecnologia ou quando se empregam poucos recursos renováveis.

- $ELR = (F + N)/R$

- Índice de Sustentabilidade

Mostra se a UHE fornece uma contribuição economicamente apropriada para o usuário em relação à pressão ambiental. Valores de SI menores que 1 são indicativos de UHEs não sustentáveis em longo prazo. Sistemas com valores maiores que 1 indicam que há contribuições sustentáveis do ponto de vista da economia e da ecologia. Sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um ESI entre 1 e 5. Se a sustentabilidade é de longo prazo ESI tem valores maiores que 5.

- $ESI = EYR/ELR$

- Fluxo de energia por unidade de área e tempo (empower density)

É o fluxo total de energia na saída (Y) no período considerado dividido pela área direta do empreendimento. Este índice permite comparar a alteração causada pela instalação e operação do empreendimento.

- $ED = Y / \text{área}$

- Custo em energia

Relação entre o valor da energia total que entra no sistema dividido pela potência produzida, permite obter o custo em energia por MWh de eletricidade produzida na UHE.

- $CE = Y / \text{potência}$

- Uso da energia expressa em área territorial direta e indireta

Fornecer uma comparação abrangente da área real necessária para uma determinada atividade.

- Índice de Eficiência da Água de Geração

Fornece a quantidade de energia da água que passa pela turbina, necessária para cada seJ de eletricidade produzida.

- $IEAG = \text{energia da água de geração} / \text{energia da eletricidade produzida}$

- Índice de Eficiência de Uso da Água de Suporte (IEAS)

Mostra eficiência do uso da água de suporte na geração de energia. Quanto maior o índice, maior a eficiência no uso do recurso para a finalidade pretendida.

- $IEAS = \text{energia da eletricidade produzida} / \text{energia da água de suporte}$

fluxos de energia das UHEs

#	Fluxo		INPUTS valor bruto	INPUTS unidade	energia in/kWh	Energia (se/ano)
1	Aço estrutural	F	5,30 E+06	kg	6,97 E+12 ⁽¹⁾	3,69 E+19
2	Recursos da economia	F	5,42 E+07	R\$	1,18 E+13 ⁽²⁾	6,39 E+20
3	Combustíveis	F	3,54 E+13	J	1,13 E+05 ⁽³⁾	4,00 E+18
4	Concreto consumido	F	5,30 E+07	kg	1,81 E+12 ⁽⁴⁾	3,59 E+19
5	Perda de solo fértil	N	4,36 E+15	J	1,67 E+04	7,29 E+19
6	Perda de floresta	N	3,72 E+15	J	1,33 E+04 ⁽⁵⁾	4,95 E+19
7	Energia da chuva	R	5,04 E+18	J	8,12E+04 ⁽⁷⁾	4,09 E+23
8	Energia do sol	R		J	1	1,41 E+19
9	Energia do rio	R	2,58 E+17	J	3,95 E+04 ⁽⁸⁾	1,02 E+22
10	Operação/manutenção	F	3,46E+08	R\$	1,18 E+13 ⁽⁹⁾	4,08 E+21
11	Perda de sedimentos	N	1,74 E+15	J	6,30 E+04 ⁽¹⁰⁾	1,09 E+20
12	Água de suporte	R	1,43 E+15	J	3,96 E+04 ⁽¹¹⁾	5,67 E+19

RENOVAVEL (R)			NAO RENOVAVEL (N)			ECONOMIA (F)		
	PP.	Jupia	perdas	PP	Jupia		PP	Jupia
chuva	4,09 E+23	3,42 E+23	sol	7,29 E+19	1,07 E+19	aco.	3,69 E+19	2,26 E+19
sol	1,41 E+19	2,07 E+18	floresta	4,95 E+19	1,32 E+19	recursos	6,39 E+20	6,44 E+20
água de suporte	5,66 E+19	7,21 E+20	sedimentos	1,09 E+20	1,06 E+20	combust.	4,00 E+18	1,11 E+18
rio	1,02 E+22	1,31 E+22				concreto	9,59 E+19	5,88 E+19
						op/manu.	4,08 E+21	3,66 E+21
Totais	4,19 E+23	3,55 E+23	Totais	2,31 E+20	1,30 E+20	Totais	4,85 E+21	4,39 E+21

			PP	Jupia
1	Fluxo de recursos renováveis (seJ/ano)	R	4,19 E+23	3,55 E+23
2	Fluxo de recursos não renováveis locais. (seJ/ano)	N	2,31 E+20	1,30 E+20
3	Fluxo de energia da economia (seJ/ano)	F	4,85 E+21	4,39 E+21
4	Fluxo total de energia (seJ/ano)	$Y = R + N + F$	4,24 E+23	3,59 E+23
5	Porcentagem renovável da energia total	R/Y	0,99	0,99
6	Densidade de Energia (seJ/km ²)	Y/area	1,88 E+20	1,08 E+21
7	Relação de Investimento em Energia (EIR)	$F / (N + R)$	1,16 E-02	1,24 E-02
8	Relação de rendimento em energia (EYR)	Y/F	87,42	81,78
9	Relação de carga ambiental (ELR)	$(N + F)/R$	1,21 E-02	1,27 E-02
10	Índice de Sustentabilidade (ESI)	EYR/ELR	7224	6439
11	Custo em energia (seJ/MWh)	$(R+N+F)/EP$	1,36 E+07	1,29 E+07
12	Uso da energia expressa em área direta (km ²)	Area direta	2250	330
13	Uso da energia expressa em área indireta (km ²)	F/		
14	Relação área indireta/área direta			
15	Fração renovável do consumo dos recursos locais	$R/(R+N)$	0,99	0,99
16	Índice de Perda de Recursos Locais	N / R	5,51 E--04	3,70 E-04
17	Eletricidade produzida por área alagada (MWh/km ²)	EP/área direta	1,38 E+13	8,45 E+13
18	Índice de conversão em eletricidade (MWh/seJ)		1,79 E+07	2,27 E+07
19	Índice de benefício pelo uso da água		0,77	0,57
20	Índice de eficiência pelo uso da água de suporte		75,66	879,17
21	Índice de autossuficiência em água		1,36	1,85
22	Índice de transferência de energia		1,81 E+07	2,27 E+07
23	Relação EM-dollar por MW			

DISCUSSÃO

- Os índices específicos fornecem dados importantes sobre o uso da água que os índices de Odum não mostram.
- Um deles é o desempenho da água de suporte. Verifica-se que o IE_{AS} de Jupiá é cerca de 12 vezes maior que o da UHE PP ou seja Jupiá converte em eletricidade 12 vezes mais cada seJ de água de suporte que utiliza.
- Chama a atenção a autossuficiência do sistema. Jupiá tem um consumo de água 85% maior que a quantidade que chega ao local. Tal fato é crítico, especialmente em períodos de estiagem.
- O índice de transferência de energia mostra que é 25% maior na UHE Jupiá a quantidade de energia da água para gerar uma unidade de eletricidade mostrando a maior eficiência da UHE PP, para a conversão de um tipo de energia em outro.

DISCUSSÃO

- De forma especial, neste índice, fica bem caracterizada a perda de energia que ocorre na transformação de um tipo de energia em outro. No caso da UHE PP a perda de energia tem relação de $1,81 \text{ E}+07$ seJ de energia da água para gerar um seJ de eletricidade. Na UHE Jupia a perda é 25% maior.
- Conforme já citado, a perda em quantidade é acompanhada do ganho em qualidade, por meio da concentração de energia que se verifica na eletricidade gerada.
- Tal qualidade ganha vem acompanhada de outro fator de destaque: a versatilidade. Para constatar o fato, basta considerar a quantidade de possibilidades de aplicação da eletricidade como fonte de energia, em relação às possibilidades de uso da água.

Obrigado!

Celso Aurélio Tassinari