

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

18 de setembro de 2008

Hidrelétricas e Meio Ambiente

Apresentação do eng.florestal
Dr. ARNALDO CARLOS MULLER

- Não há formas de gerar energia, na quantidade exigida pelo desenvolvimento, sem efeitos sócio-ambientais.
- Não obstante, a energia elétrica, uma vez gerada, é limpa, invisível, sem resíduos e contaminantes

- A produção da energia elétrica é feita pela transformação da energia mecânica, através de processos termais ou hidráulicos.
- São os efeitos dos sistemas geradores que devem ser estudados, sobre as pessoas e a Natureza.
- A base será aceitação ou não das inevitáveis modificações que os projetos provocam, sob o prisma dos princípios do desenvolvimento sustentável

- A nova cultura ambiental brasileira impõe atenções às conseqüências socio-ambientais dos empreendimentos sobre o ambiente.
- Em alguns casos, as imposições ambientais elevaram os estudos sociais e ecológicos a valores entre 5% e 20% do custo dos estudos de engenharia e os custos sócio-ambientais, de 10% a 25%, sobre os da obra.

- Porém, esta “ecologia” é economia: é lucrar por não ter perdas com o desperdício ou a poluição e é lucrar por não gastar com a posterior recuperação ambiental, com a despoluição e com a descontaminação.
- Em outros termos, o componente ambiental é uma espécie de balizador ético ou moral na aplicação das várias áreas do conhecimento: a que **nos faz refletir no modo como executaremos nossos projetos**

Fontes Convencionais de Energia

Sistema Hidráulico

Grandes Barragens e PCH

Sistema Térmico

Derivados de petróleo (Diesel, RASF, RESVAC)

Gás natural

Nuclear

Carvão mineral

- Fontes não Convencionais de Energia

Biomassa (química, térmica e mecânica: madeira e lenha, carvão vegetal, resíduos orgânicos, gaseificação, etanol, bagaço de cana, bioconversão de metano, etc.)

Solar (fotovoltaica e térmica)

Eólica (mecânica e elétrica)

Oceânica (maremotriz, energia das ondas, gradiente térmico, correntes marinhas, salinidade)

- **Energias renováveis e não renováveis**
 - Origem fóssil
 - Fluxo de massas energéticas
 - Químicas

- **Energias Limpas**

HIDRELÉTRICAS:

Energia renovável

Convencional

Tecnologia nacional

Recurso natural abundante

Vazões anuais dos rios continentais:

América do Sul:	10.380 Km ³
Ásia:	9.544 Km ³
América do Norte:	5.960 Km ³
Rússia:	4.384 Km ³
África:	4.225 Km ³
Europa:	2.362 Km ³
Austrália:	<u>1.965 Km³</u>
total:	38.820 Km ³

HIDROGRAFIA BRASILEIRA

- Rios de planície (Amazonas, Paraguai e Parnaíba): bons para navegar.
- Rios planálticos (têm declividades, logo, potencial hidrelétrico): Rio Paraná e seus tributários Paranaíba, Grande, Tietê, Paranapanema e Iguaçu; o Tocantins e seu tributário Araguaia; o Uruguai e seus tributários Pelotas e Canoas; e o São Francisco.

NOSSO POTENCIAL HIDRELÉTRICO

- 1883: primeira hidrelétrica brasileira, na Bacia do Jequitinhonha, no município de Diamantina, Província de Minas Gerais.
- Chamado Ribeirão do Inferno, esse aproveitamento pioneiro constituiu-se um dos maiores do mundo na época, com um desnível de 5m. As águas acionavam roda d' água que movia dois geradores de 8 CV, em corrente contínua.

- Ali também se construiu a mais longa linha de transmissão da época: 2 km.
- 1883: a linha de transmissão mais próxima em extensão, nos EUA (Niagara Falls), tinha 1,5 km.
- A energia gerada em Ribeirão do Inferno destinava-se a acionar bombas d' água para o garimpo diamantino, mas depois forneceu energia para iluminação.

- Na década de 50 tem início os estudos sistemáticos das principais bacias hidrográficas do País, a partir de levantamentos de aproveitamentos de grande porte, como os de Ilha Solteira e Jupiaá, de Paulo Afonso e Furnas.
- A primeira estimativa do potencial instalável foi de 15.000 MW/ano.

- Os Estudos Básicos do Plano 2015 da ELETROBRÁS, indicavam um potencial hidrelétrico brasileiro conhecido de 129.111.397 MW/ano.
- Até 1991, esse potencial estava 24% em operação e construção
- A potência instalada era de 39.342.728 kW, excluídos os 10,7 MW de Itaipu que entrava em operação comercial

<u>Usina</u>	<u>Área Alagada</u> <small>Km²</small>	<u>Potencia</u> <small>MW</small>
Sobradinho	4.214	1.050
Três Marias	4.059	517
Tucuruí I	2.430	4.240
Porto Primavera	2.250	1.818
Balbina	2.360	250
Serra da Mesa	1.784	1.200
Furnas	1.450	1.312
Itaipu	1.350	14.000
Ilha Solteira	1.077	3.230

- A HIDRELETRICIDADE E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO

Das fontes energéticas exploradas, a hidreletricidade se destaca por ser uso não consuntivo da água, um recurso renovável, não poluente, sem resíduos e que permite sua reutilização a jusante, para o mesmo fim.

Os recursos hidráulicos são os mais econômicos e promissores dentre as alternativas energéticas convencionais.

- Uma Usina ao ser planejada, é prevista para operar durante muito tempo.
- São comuns hidrelétricas que ultrapassam algumas gerações, funcionando com interrupções apenas de manutenção.
- A energia hidrelétrica, sem dúvida é um dos sistemas que se enquadra nos conceitos de operação ou desenvolvimento sustentável.

- Mas na sua implantação existem, lamentavelmente, registros de experiências onde sociedades viram suas bases de sustentação econômica e seus valores sócio-culturais repentinamente solapados.
- Ainda que a geração hidrelétrica seja sustentável, algumas regiões atingidas para que ela fosse gerada, em lugar de desenvolvimento, tiveram retrocesso insustentável...

MATRIZ DE IMPACTOS

A questão temporal dos impactos:

- A avaliação e solução dos efeitos sócio-ambientais de um empreendimento hidrelétrico precedem a Obra, são realizadas durante a Construção e continuam na Operação
- Antes da primeira escavação, uma nova Usina já causou vários impactos sociais, não raro, fruto das audiências públicas.

IMPACTOS AMBIENTAIS

Os impactos ambientais ocorrem com o início das obras e se estendem até a operação do empreendimento.

Incidem sobre os fatores abióticos (águas, clima, solos)...

e sobre os bióticos (flora e fauna, terrestres e aquáticas).

CONSEQÜÊNCIAS HÍDRICAS E LIMNOLÓGICAS

- Ao instalar um reservatório, surge um novo ecossistema, constituído:
 - a) pelo meio onde está inserido, e
 - b) com mecanismos resultantes do regime operacional adotado.
- Seus efeitos vão além da área inundada e contorno do lago artificial, até regiões de considerável extensão.

- É princípio de desenvolvimento sustentável que hidrelétricas, além de energia elétrica, contribuam para a melhoria da qualidade de vida na região onde venham a ser inseridos.
- Isso se obtém através de ações planejadas, com critérios econômicos e sócio-ambientais que satisfaçam as necessidades nacionais sem descuidar das necessidades da área geográfica atingida pelo projeto.

- A transformação de um ecossistema fluvial em um lacustre, gera intensos desequilíbrios na estrutura físico-química e funcionalidade biológica do rio represado, impondo grandes ajustes na sucessão das comunidades bióticas.
- O re-equilíbrio hidrobiológico ocorre em ciclos com variações sazonais, dentro dos princípios da sucessão ecológica

- Nos aspectos físicos, haverá a redução da sílica, turbidez e cor. Haverá um amortecimento nos picos da variação dos compostos minerais dissolvidos, da dureza, pH e alcalinidade, em relação às águas do rio. Também ocorrerá a redução da temperatura e a retenção de grande parte do material sólido hidrotransportado.

- Há mais: poderá surgir a estratificação térmica, produzindo camadas com volumes de sedimentação da matéria orgânica.
- A par da estratificação também surgir uma estratificação hidráulica, ou seja, a formação de um tipo de camada química com gradientes de densidade diferenciada no eixo vertical.

Alguns aspectos biofísicos dos rios contribuintes serão conservados: as comunidades bióticas que povoarão o futuro lago serão, ao menos no começo, as que ocorriam no rio.

No novo meio se adaptarão ou, se tiverem condições, procurarão setores onde poderão subsistir, como áreas de águas correntes nas entradas dos rios contribuintes. Se não, desaparecerão.

Este será o destino certo da vegetação que ocupava a área inundada. Já as plantas macrófitas aquáticas, que antes cresciam nos meandros de águas calmas do rio e eram de tempos em tempos arrastadas pelas cheias poderão encontrar, no reservatório, local ideal para sua proliferação.

Os organismos aquáticos dos remansos do rio, que eram semelhantes ao lago, serão favorecidas pela ampliação do habitat. Esses organismos serão os primeiros a se adaptar ao ambiente recém-criado, estabelecendo as novas bases das relações tróficas. Ou seja, ajustarão o seu metabolismo ao ciclo energético do reservatório, ocupando os nichos ecológicos.

O novo ecossistema evoluirá de acordo com as características do reservatório (superfície, profundidade e conformação), **fatores ambientais preponderantes** (clima, qualidade das águas, regime hidrológico, biomassa submersa, etc.) e, principalmente, com as características operativas do reservatório, que incidem na capacidade de controlar a biomassa e a **concentração dos nutrientes** (regime de acumulação e descargas ou tempo de residência da água na represa).

Como as necessidades de energia variam ao longo do período diário, na maioria das Usinas os geradores são ligados e desligados nos períodos críticos, determinando oscilações do nível do reservatório e no fluxo das águas a jusante deste.

O regime de geração é determinado em função do volume de água disponível no curso represado e pode ser “de ponta” e “de base” ou a fio d’água.

Quando ocorrem, as oscilações de nível do reservatório e variações de descarga a jusante, constituem-se no maior obstáculo para a estabilização hidrobiológica do corpo d'água.

Não raro, restringem muitos usos múltiplos naquelas águas. A oscilação do nível cria, ao redor do reservatório, uma faixa inóspita, despida de vegetação e sujeita à erosão.

Os estudos limnológicos consideram a eutrofização produzida pela biomassa que será submersa.

E há ainda os efeitos externos aos reservatórios, como outras fontes de eutrofização, tais como esgotos, escoamento de fertilizantes e resíduos rurais, detritos industriais, etc., ricos em fósforo e nitrogênio, que devem ser localizadas, avaliadas e controladas.

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A elevação do nível das águas promove uma pressão hidrostática fantástica sobre as nascentes artesianas situadas nas margens e no fundo dos rios represados.

Esse processo produz graus de alteração em todo o processo natural de alimentação e descarga dos aquíferos, inclusive os profundos.

- Ademais, a elevação dos níveis freáticos poderá promover novas nascentes e recrudescer antigos lagos e pântanos próximos ao reservatório.
- Esse fato foi constatado em Itaipu, levando aquela Entidade a indenizar terras além da área de desapropriação,

EFEITOS CLIMÁTICOS

Os impactos na superfície do solo de modo espacial (pontual ou difuso) e temporal (contínuo ou momentâneo) resultam na alteração do albedo pela mudança da natureza da cobertura do solo, podendo afetar a composição da atmosfera notadamente no equilíbrio das forças de convecção e emissão de calor.

Isto ocorre também por mudanças da orografia regional: desaparecimento de vales e montanhas, "canais" de ventos, vales fechados, ocorrência das brisas lacustres (fenômeno terra-mar), focos de emissões significativas de gases e poeiras, ou de liberações de calor e vapores, etc.

Os fatores climáticos mais sensíveis são:

Temperatura

Umidade relativa

Insolação

Evaporação

Padrões de ventos

(nestes, a formação de ondas poderão restringir usos múltiplos das águas e erosão das margens)

EROSÃO E ASSOREAMENTO

A nova linha de costa que surge é estabelecida em uma superfície geológica e biologicamente não "preparada" para essa situação. A estrutura do solo, a vegetação que o cobre e a fauna que vive naquele lugar não estão absolutamente ajustadas às áreas ribeirinhas ou zonas inundáveis.

Há, assim, o surgimento de processos pedológicos com vários efeitos.

O bater das ondas de um reservatório recém-formado, torna as margens rapidamente inóspitas, até certo ponto, estéril, comparativamente às áreas ecologicamente ajustadas aos processos de inundação.

Falta-lhe toda a grande variedade de plantas, musgos, samambaias e ervas, de insetos e pequenos animais, caracterizadores das margens ribeirinhas e lacustres.

Outra questão relativa aos Solos tem origem a montante das represas: é o transporte de sedimentos erosionados pelas correntes de águas, até sua deposição final.

O conjunto de fenômenos: erosão, transporte e deposição é uma questão crítica, vivida em todos os reservatórios, afetando-lhes a vida útil, sua eficiência operacional e de forma acentuada, sua ecologia.

SISMICIDADE

Os sismos que um reservatório pode induzir, não são tanto pelo peso da água ou da estrutura da barragem sobre um ponto da crosta terrestre, mas resultado do aumento das pressões hidrostáticas pela ação da água infiltrada, (poro-pressão), que pode diminuir a resistência das rochas, reativar falhas geológicas, quebrar camadas rochosas e alterar a estabilidade do substrato.

A BIOLOGIA DO RESERVATÓRIO

Os peixes e os animais dependem diretamente da boa qualidade das águas para sua sobrevivência. Mas a boa qualidade das águas depende da ação protetora da flora, terrestre e aquática.

Ironicamente, o impacto ambiental mais perceptível, da formação dos reservatórios, é o afogamento da vegetação situada na bacia hidráulica.

Os primeiros tempos de qualquer reservatório apresentam níveis de baixa qualidade hídrica, prejudicial a todas as formas de vida.

Porém, esse estado, ainda que às vezes possa ter maior duração, não é permanente. A sucessão natural dos corpos d'água desenvolve processos de degradação biológica da matéria orgânica, seguidos de reações oxidantes dos compostos amoniacais resultantes.

Para evitar que situações ecológicas extremas se implantem, assim como para abreviar todo o processo de acomodação limnológica, uma parte da solução é a remoção prévia da vegetação existente na área a ser inundada.

A propósito, a legislação brasileira determina a limpeza prévia dos reservatórios, justamente para prevenir inconveniências sanitárias do uso das águas represadas.

E, para a proteção das águas – não só das represas - a legislação brasileira impõe a obrigatoriedade de se manter as margens dos cursos d'água (e dos reservatórios), com uma faixa de cobertura florestal.

Vale destacar: A legislação impõe que existam florestas de preservação permanente nas áreas de hidrelétricas, fato que, com dificuldades, começa a ser considerado pelas Concessionárias.

MANEJO FLORÍSTICO

Trata da aplicação das técnicas de utilização racional dos recursos da flora, assim como de seu controle. No ambiente das hidrelétricas, o manejo florístico objetiva:

- Retirar a biomassa que ficará submersa;
- Usufruir dos benefícios ecológicos decorrentes;

- Salvar e aproveitar plantas de interesse científico, industrial, medicinal e alimentar;
- Explorar a floresta da área de inundação;
- Recuperar a floresta do reservatório (Margens do reservatório, dos rios tributários, de Ilhas, de Unidades de Conservação vinculadas, de Áreas degradadas (empréstimo, etc) e para o Paisagismo.
- Manutenção e produção florestal.

O reflorestamento ciliar de reservatórios terá mais sucesso se considerar a ecologia dos locais de plantios:

Grupo Ecológico I: Espécies de várzeas e solos encharcados, sujeitos a inundações periódicas prolongadas.

Grupo Ecológico II: Espécies de matas ciliares com solos temporariamente úmidos a de terras firmes.

Grupo Ecológico III: Espécies de matas de terra firme, freqüentes em matas ciliares

MACRÓFITAS FLUTUANTES

A vegetação aquática pode ser dividida, pelas características de habitat, em três tipos: as flutuantes, as que vivem fixadas ao fundo, com ou sem parte à superfície e as que vivem dentro da massa d'água, não fixada ao substrato, como o fitoplâncton.

Se há grande proliferação de plantas aquáticas, isto evidencia águas com alto teor de nutrientes. As plantas aquáticas são, também, mais intensas em condições de elevada temperatura da água.

Note-se que este fenômeno ocorre tanto com os vegetais inferiores – as algas – como nos de grande volume, dentre os quais se destaca o aguapé.

A VIDA SILVESTRE

A fauna é um recurso renovável que se encontra em depleção acelerada, resultado de cinco causas mais evidentes:

1. Modificações do habitat e sua fragmentação;
2. Excessiva exploração das espécies;
3. Deformação do meio pela poluição;
4. Introdução de espécies concorrentes e predadoras;
5. Métodos agrícolas, pecuários e florestais prejudiciais ao meio (monocultivos e agrotóxicos).

Não se pode estudar a fauna dissociando-a das formações florísticas de uma dada região.

As características da vegetação condicionam o habitat e sua fauna. Além disso, as relações inter-específicas, presas e predadores, competidores e parasitas, etc. e o que se convencionou chamar de "nicho", devem ser igualmente conhecidos e, se necessário, manejados.

Finalmente, é preciso, também, avaliar a intensidade e as consequências das pressões antrópicas, sejam elas diretas (caça) e indiretas (explorações florestais, avanços agrícolas, usos pecuários) sobre as comunidades animais.

Há que se ter em mente que a inexistência de uma comunidade faunística em homeostase coloca em risco a preservação de todo o ecossistema.

RELOCAÇÃO DA FAUNA

O salvamento de animais é matéria polêmica nos meios técnicos e científicos.

Há especialistas argumentando que a fauna relocada criará impactos mais dramáticos nos novos locais onde foram soltos, do que os que traria seu desaparecimento nas águas do reservatório.

Por outro, muitos consideram que a vida deve ser preservada de toda forma, ainda que isso cause eventuais transtornos em outros ecossistemas.

Certamente haverá uma competição maior pelo alimento, pelos abrigos, pelas áreas de dominação grupal, se todos os nichos do novo habitat estiverem ocupados e com uma população, usando termos biológicos, estabilizada em clímax. Esta situação, hoje, é rara.

Não é viável salvar todos os animais de uma área em inundação (mais de 85% das espécies pertencem à classe dos insetos, que compreendem 90% da biomassa animal das regiões tropicais, a maioria, inclusive, quase desconhecida)

As operações de resgate são essencialmente seletivas.

São salvos os animais de maior porte, quando encontrados pelas equipes de resgate.

Sem cuidados com a fauna, os riscos são evidentes:

- > soltura sem análises causará problemas no ecossistema;
- > podem colocar em risco pessoas e animais domésticos, (cobras, roedores, felinos avançam pelas margens à procura de abrigo e alimento).

O salvamento da fauna terrestre inclui:

- Avaliação da fauna ocorrente;
- Localização e preparação de áreas de refúgios;
- Reconhecimento da área a ser inundada e ritmo do enchimento;
- Execução previa de capturas, a seco;
- Preparação da população ribeirinha;
- Salvamento, no período do enchimento

- Vigilância sobre a presença de animais que possam causar acidentes;
- Triagem dos animais resgatados e cuidados veterinários;
- Acompanhamento da fauna libertada nas áreas sob controle (verificar sua readaptação aos novos ambientes e suprir eventuais carências alimentares na fase inicial)

IMPACTOS SOBRE A VIDA AQUÁTICA

> ambientes lóticos para lênticos.

Peixes que precisam de águas lóticas (alta taxa de oxigênio dissolvido, com mecanismos especializados de alimentação, nutrientes típicos de águas correntes, etc.), indispensáveis ao seu ciclo de vida, tendem a desaparecer no trecho represado

As represas não provocam a morte de nenhuma espécie, mas, a mudança do regime hídrico afetará os organismos que ali não encontrarem condições adequadas para seus processos vitais.

Os trabalhos de proteção da vida aquática incluem fases que antecedem e sucedem a construção das hidrelétricas

As medidas de atenuação dos impactos sobre o meio aquático incluem providências que podem ser juntadas em quatro grupos:

- Técnicas específicas de manejo
- Sistemas de transposição de peixes ao represamento
- Estações de hidrobiologia
- Operações de salvamento de peixes

As técnicas específicas de manejo
incidem:

- Sobre a população pesqueira;
- Sobre o meio aquático e
- Sobre as atividades pesqueiras.

Os sistemas de transposição são:

- * Canais (em círculos, mistos com planos inclinados, etc.)
- * Escada de peixes (tanques sucessivos, etc.)
- * Eclusas
- * Elevadores (hidráulicos ou mecânicos)
- * Dispositivos de capturas a jusante e soltura no reservatório (equipamentos móveis para acumulação e transporte de peixes)

As estações de hidrobiologia servem para:

- . monitoramento biofísico das águas;
- . estudos biológicos de organismos aquáticos;
- . produção de alevinos nativos para:
 - . aumento dos estoques pesqueiros
 - . controle sanitário
 - . apoio do reequilíbrio ecológico,
 - . fomento regional;
- . atração turística, educação ambiental, relações públicas, etc..

SALVAMENTO DE PEIXES

Estruturas hidrelétricas, nas fases de construção e operação podem reter peixes, geralmente em piracema: ensecadeiras, canais de fuga, etc.

Na ocasião do enchimento, o trecho a jusante fica sem águas, expondo os peixes que ficaram em locais e bacias do fundo.

IMPACTOS SOCIAIS

Trata-s dos impactos sobre as pessoas, famílias residentes e a população situada nas áreas de influência direta e indireta dos Reservatórios.

Sua extensão impõe sua apresentação em outra oportunidade.

HIDRELÉTRICAS, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Os profissionais que atuam nas questões relacionadas às hidrelétricas poderão obter informações complementares na Obra acima, à venda nesta Universidade.