



**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Programa de Pós Graduação Engenharia Civil**  
**Especialização em Gestores Regionais de Recursos Hídricos**

**O USO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS COMO  
SUSTENTABILIDADE EM GRANDES BARRAGENS\***

**Autora: Francieli Cristina Junges\*\***

**Orientador: Ademar Michels\*\*\***

**Resumo**

O presente artigo tem como objetivo, abordar a importância de se diversificar a matriz energética brasileira, especialmente através do uso combinado de fontes alternativas de energia e instigar ao uso de pequenas centrais hidrelétricas como sustentabilidade em grandes barragens visando o desenvolvimento de microrregiões através de usos agregados.

**Introdução**

O uso da energia está associado à satisfação das necessidades humanas, tais como alimentação, habitação, transporte e saúde, sendo seu consumo determinado pelos requerimentos de bem-estar da sociedade. Todo processo produtivo se traduz na transformação de matéria-prima em produto acabado, o que faz da produção e consumo de energia uma das atividades humanas mais intensivas no uso de recursos naturais, sendo também uma das principais fontes de emissão de poluentes.

O desafio futuro para o setor energético é garantir sustentabilidade de seu desenvolvimento, permitir a universalização do acesso às fontes modernas e alternativas de energia, sem deteriorar o meio ambiente.

O país a cada dia, necessita de mais e melhor energia para atender suas necessidades de crescimento e de melhoria de qualidade de vida da população. Para tanto, deve aproveitar melhor o seu potencial hidráulico (apenas 25% está sendo utilizado atualmente), diversificar sua matriz energética utilizando fontes alternativas que operem ao mesmo tempo otimizando todos os recursos disponíveis e desenvolver novas tecnologias para produzir mais energia a menor custo e com respeito ao meio ambiente.

**Desenvolvimento do setor energético brasileiro**

A história da eletricidade começa no Brasil em 1879, com a autorização de Dom Pedro II à Thomas Edison de introduzir no país aparelhos e processos de sua invenção destinados à utilização da eletricidade na iluminação pública.<sup>[8]</sup>

Em 1883 entrou em operação a primeira usina hidrelétrica no país, localizada no Ribeirão do Inferno, afluente do Rio Jequitinhonha, na cidade de Diamantina. Esse aproveitamento pioneiro constitui-se em um dos maiores do mundo, na época com um desnível de 5m, onde as águas acionavam uma roda d'água.

---

\* Requisito parcial para obtenção de grau de: Especialização em Gestores de Recursos Hídricos.

\*\*Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Mestranda em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

\*\*\*Professor do Departamento de Engenharia Mecânica e do Curso de Pós Graduação da Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Ph. D. em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A energia gerada destinava-se para acionar bombas d'água para o garimpo diamantino, mas pouco depois, a usina estava também fornecendo energia para iluminação.<sup>[8]</sup>

Em 1889 entrou em operação a primeira usina hidrelétrica pertencente ao serviço público do BR: Marmelos - pertencente a Companhia Mineradora de Eletricidade do industrial Bernardo Mascarenhas.<sup>[12]</sup>

A partir de 1900, o setor elétrico brasileiro deve seu impulso inicial à instalação de grupos estrangeiros que aqui aplicaram recursos financeiros e tecnológicos na geração, transmissão, distribuição e utilização de energia elétrica.<sup>[8]</sup>

Em 1903 foi aprovado pelo Congresso Nacional o primeiro texto que disciplinava o uso de energia elétrica no Br.<sup>[12]</sup>

Em 1930, Getúlio Vargas assumiu o governo e em 1931, a União assumiu o poder concedente do direito de uso de qualquer curso ou queda d'água.<sup>[8,12]</sup>

Em 1934, o Presidente Getúlio Vargas promulgou o Código das Águas, que introduziu princípios nacionalistas e intervencionistas do Estado em setores de maior interesse nacional, como o era a expansão do aproveitamento dos recursos hídricos, sendo este até hoje norteados das concessões de águas e energia elétrica.<sup>[8,12]</sup>

Antes da Segunda Guerra Mundial (1938/1939), foram criados no âmbito da administração federal, conselhos com responsabilidade de propor e conduzir as políticas de energia elétrica (CNAEE – Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica) e petróleo (CNP – Conselho Nacional de Petróleo).<sup>[7,8,12]</sup>

Em 1956, Juscelino Kubitschek, com o desdobramento de sua política desenvolvimentista “energia e transporte” criou a primeira estatal federal do setor elétrico, a Central Elétrica de Furnas S.A, com o objetivo expresso de aproveitar o potencial hidrelétrico do Rio Grande para solucionar a crise de energia da região sudeste.<sup>[7,8,12]</sup>

Em 1960, foi criado o Ministério de Minas e Energia – MME.<sup>[8,12]</sup>

Em 1961, durante a presidência de Jânio Quadros, foi criada a Eletrobrás, constituída em 1962 pelo presidente João Goulart para coordenar o setor de energia elétrica brasileiro.<sup>[12]</sup>

Em 1965, foi criado o Departamento Nacional de Água e Energia, encarregado da regulamentação dos serviços de energia elétrica no país.<sup>[7,8,12]</sup>

Em 1968, foi criada a Eletrosul – Centrais elétricas do sul do Brasil.<sup>[8,12]</sup>

Em 1973, foi assinado o Tratado Itaipu, sendo em 1991 inaugurada a central, quando colocou em operação a última máquina.<sup>[8,12]</sup>

A Constituição de 88 estabeleceu a obrigação de licitar as concessões para prestação de serviços públicos, eliminou os impostos únicos sobre energia elétrica e combustíveis, cujas receitas eram vinculadas a investimentos no próprio setor energético e delegou aos estados a concessão da distribuição de gás canalizado. Também redefiniu o conceito de empresa brasileira para abrir espaço para empresas de capital estrangeiro e revogou a restrição de concessões para o aproveitamento dos recursos minerais e dos potenciais de energia hidráulica a empresa de capital estrangeiro.<sup>[7]</sup>

No final da década de 80, tomou corpo a idéia de privatização de serviços públicos, até então a cargo de empresas sob controle do Estado.<sup>[7]</sup>

No início da década de 90, o petróleo e a hidreletricidade representavam, cerca de 1/3 do consumo energético nacional, cabendo o restante as demais fontes. A Petrobrás exercia o monopólio sobre a indústria de hidrocarbonetos, produzindo quase a metade do

consumo de petróleo do país. Contudo, o consumo de gás (quase todo de gás associado) permanecia incipiente (2,1% do balanço energético nacional) e as negociações para importação de países vizinhos enfrentavam uma certa oposição da Petrobrás.<sup>[7]</sup>

Até 1995, todos os consumidores de energia elétrica do Brasil eram cativos da empresa concessionária da área geográfica em que se situavam. Neste ano, a legislação permitiu que os consumidores cuja unidade possuísse demanda igual ou superior a 10.000 kW, atendida a tensão igual ou superior a 69 kW, passassem a ter o direito de optar por contratar diretamente seu fornecimento de energia.<sup>[3]</sup>

Em 1997 foi constituído o novo órgão regulador do setor de energia elétrica sob a denominação de Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.<sup>[12]</sup>

Em 1998, o Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE foi regulamentado, consolidando a distinção entre as atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Foram estabelecidas as regras de organização do Operador Nacional de Sistema Elétrico – ONS, para substituir o Grupo Coordenador para Operação Interligada – GCOI.<sup>[12]</sup>

Em 2001, o Brasil vivenciou sua maior crise de energia elétrica. o governo federal criou a Câmara de Gestão da Energia Elétrica (GCE), com o objetivo de propor e implementar medidas do suprimento de energia elétrica.<sup>[12]</sup>

Em 2002 foi aprovada a Lei 10.438, que dispunha sobre a expansão de energia elétrica emergencial, a recomposição tarifária extraordinária, criando o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas–PROINFA, a conta de desenvolvimento energético-CDE e também sobre a universalização do serviço público de energia elétrica.<sup>[3]</sup>

Nos últimos tempos, os setores de energia elétrica tem evoluído na direção do estabelecimento de uma nova estrutura de mercado, a exemplo do que vem ocorrendo com outros segmentos, como a telecomunicação. Acredita-se que num futuro não muito distante, o consumidor poderá escolher a fornecedora de energia elétrica como hoje ocorre com o serviço de telefonia.

### **Energias renováveis e não renováveis**

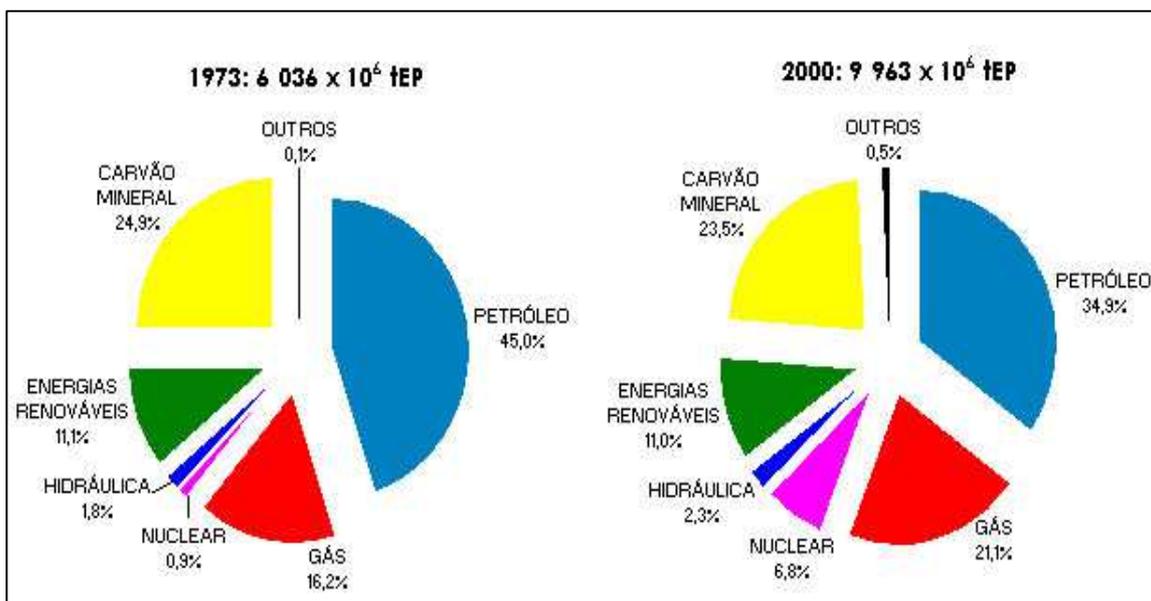
O conjunto das fontes renováveis de energia é formada por um espectro amplo de fontes primárias, dentre as quais destacam-se as diversas formas de biomassa, energia hidráulica, eólica e solar, fontes estas que estão constantemente sendo renovadas.

Na década de 70, tinha-se um panorama onde, em conjunto, as energias renováveis eram responsáveis por cerca de 60% do balanço energético nacional, ficando as energias renováveis com os 40% restantes<sup>[7]</sup>. Atualmente, o sistema se inverte, o balanço energético nacional é composto por aproximadamente 60% de energia não renovável e 40% de energia renovável.<sup>[10]</sup>

As fontes primárias, foram classificadas, no território brasileiro, em convencionais (térmicas e hidrelétricas) e não convencionais. No Brasil, cerca de 95% da eletricidade é produzida atualmente em usinas hidrelétricas. No entanto, 35% do potencial hidrelétrico brasileiro, situa-se na região amazônica, longe dos maiores centros consumidores: sul e sudeste.<sup>[8]</sup>

Convive-se hoje com a provável exaustão dos recursos naturais não renováveis, face ao intenso ritmo de respectivo consumo.

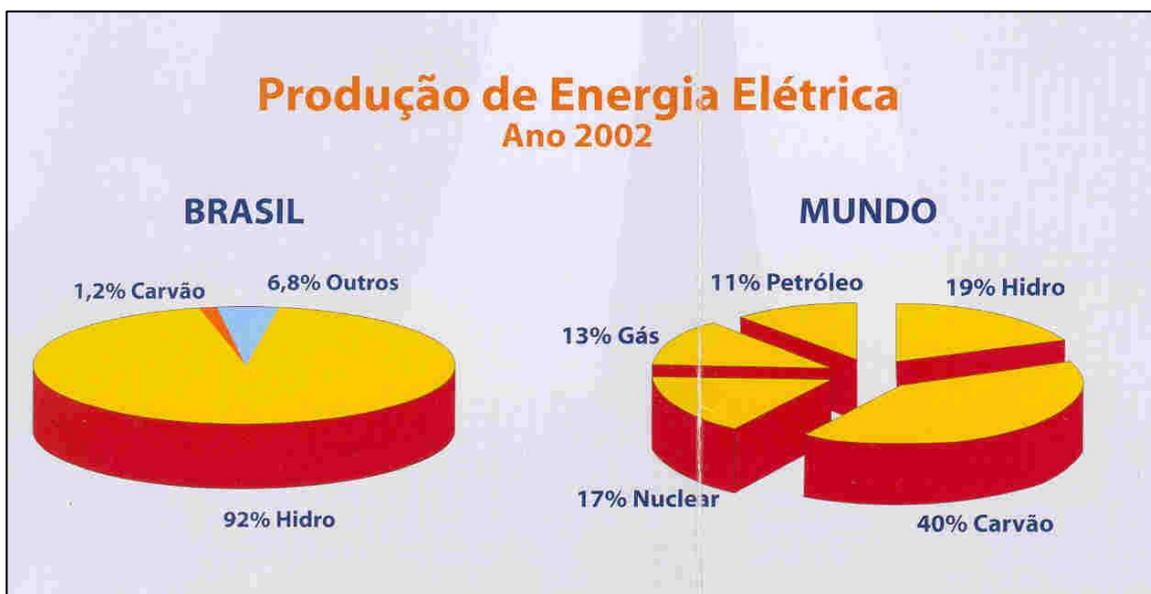
Na figura 1 e na figura 2, é possível visualizar a utilização das fontes de energia num panorama mundial e nacional na década de 70 e na década atual.



**Fig. 1** – Utilização de fontes de energia num panorama mundial no ano de 1973 e no ano de 2000.

Fonte: Ministério de Minas e Energia, acessado no site [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br) em janeiro de 2004.

\* TEP – Tonelada Equivalente de Petróleo, unidade padrão utilizada para consumo de energia.



**Fig 2** – Consumo percentual das fontes de energia para produção de energia elétrica no Brasil e no mundo

Fonte: Ministério de Minas e Energia, folder da CGTEE, Departamento Nacional de Produção Mineral

Dentre as fontes de energia primária, as mais comuns, em ordem de importância atual, são<sup>[6]</sup>:

- Energia hidráulica, representada pelo movimento e desnível das águas,
- Energia eólica, presente nos movimentos das massas de ar (ventos),
- Energia térmica, a partir da queima de combustíveis fósseis,
- Energia solar, encontrada nos raios solares,
- Energia dos gases ou da biomassa, gerada a partir da decomposição de plantas e animais<sup>[6]</sup>.

O sistema de conversão de energia aproveita a energia primária, ainda na sua forma bruta na natureza, e a transforma em eletricidade numa forma útil e eficiente aos seus propósitos<sup>[6]</sup>.

Geralmente, chama-se de máquina motriz primária a que se envolve diretamente no processo de aproveitamento de alguma forma de energia a partir da natureza. As cargas dessas máquinas devem ser adaptadas para os fins a que se destinam e podem ser de corrente alternada ou de corrente contínua, estáticas ou rotativas e físico – química ou mecânicas, dependendo do princípio elétrico de funcionamento<sup>[6]</sup>.

### **Uso de fontes alternativas**

Do abastecimento da energia mundial de uma forma geral, 80 a 90% ainda baseia – se no consumo de combustíveis fósseis, cuja queima leva, entre outros efeitos, à produção massiva de dióxido de carbono<sup>[6]</sup>. A situação brasileira não é diferente, teve-se nas últimas décadas, uma forte intensificação no uso de combustíveis fósseis no país em substituição ao uso de fontes renováveis.

A vulnerabilidade dos atuais mecanismos de suprimento de energia, baseados em recursos não renováveis como carvão, petróleo e outros, sugere que o possível esgotamento das reservas naturais podem provocar um colapso na sociedade atual.

Vivemos hoje à sombra da terceira crise energética mundial resultante de um “novo choque econômico devido a escassez no abastecimento de petróleo”.

A dependência quase que exclusiva de uma fonte de energia, sujeita a regimes hidrológicos desfavoráveis, esta levando o governo a investir na diversificação da matriz energética, no incentivo e na difusão do uso de pequenas fontes de energia mais prontamente disponíveis no Brasil, mostrando que apenas o emprego de técnicas simples em sua utilização podem resolver problemas localizados de energia ou melhorar as instalações atualmente disponíveis.

Uma diversificação da matriz energética brasileira permitiria a continuidade do desenvolvimento social e econômico evitando que sigamos pelo mesmo caminho que os países desenvolvidos tentam hoje retornar.

### **Energia hidráulica**

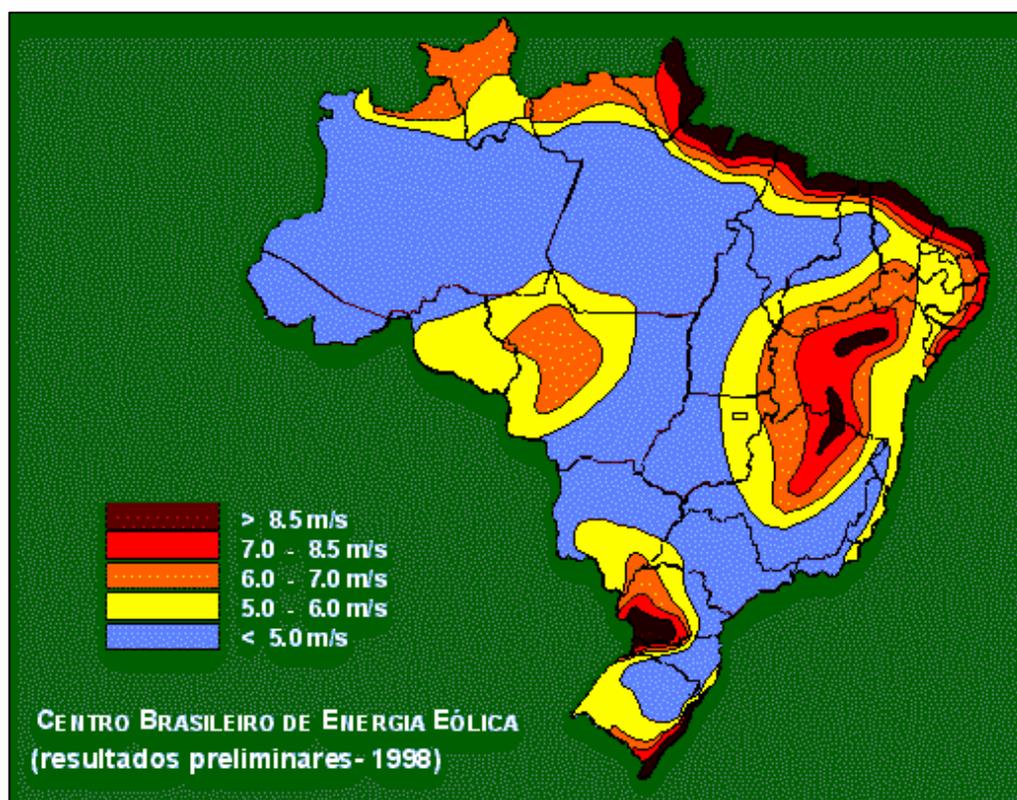
O país possui um considerável parque de geração hidrelétrica, que atende cerca de 95% da demanda nacional de eletricidade. Isto representa atualmente 75.778 MW de potência em 1055 usinas em operação, deste total apenas 855 MW são providos de PCH's, representando 1.13% do total<sup>[5,8]</sup>. O uso de energia hidráulica na forma de usinas hidrelétricas, será melhor descrito no desenvolver do artigo.

### Energia eólica

No Brasil, particularmente em regiões de grande potencial eólico, como no nordeste e no litoral das regiões sul e sudeste, essa energia poderia ser até utilizada como a única forma de aproveitamento alternativo. Nos estados do nordeste brasileiro, com escassos recursos hidrelétricos, a geração eólica aliada à solar, apresentam-se como alternativas poderosas para o abastecimento de energia. Salienta-se que o potencial eólico brasileiro é avaliado em 63 milhões de MWh/ano<sup>[6]</sup>.

Embora no país, o aproveitamento dos recursos eólicos tenha sido feito tradicionalmente com a utilização de cataventos multipás para bombeamento d'água, algumas medidas precisas de vento, realizadas recentemente em diversos pontos do território nacional, indicam a existência de um imenso potencial eólico ainda não explorado<sup>[1]</sup>.

A figura 3, ilustra um mapa de ventos preliminares do Brasil, gerado a partir de simulações computacionais com modelos atmosféricos.



**Fig. 3** – Mapa como simulações preliminares relativos ao potencial eólico.  
Fonte: Centro Brasileiro de Energia Eólica, < [www.eolica.com.br](http://www.eolica.com.br) > acessado em abril de 2004.

A capacidade instalada no Brasil é de 20.3 MW, com turbinas eólicas de médio e grande portes conectadas à rede elétrica. Além disso, existem dezenas de turbinas eólicas de pequeno porte funcionando em locais isolados da rede convencional para aplicações diversas: bombeamento, carregamento de baterias, telecomunicações e eletrificação rural<sup>[1]</sup>.

Existem, atualmente, mais de 30.000 turbinas eólicas de grande porte em operação no mundo, com capacidade instalada da ordem de 13.500 MW. No âmbito do Comitê Internacional de Mudanças Climáticas, está sendo projetada a instalação de 30.000 MW, por volta do ano 2030, podendo tal projeção ser estendida em função da perspectiva de venda dos "Certificados de Carbono"<sup>[1]</sup>.

Na Dinamarca, a contribuição da energia eólica é de 12% da energia elétrica total produzida; no norte da Alemanha (região de Schleswig Holstein) a contribuição eólica já passou de 16%; e a União Européia tem como meta gerar 10% de toda eletricidade a partir do vento até 2030<sup>[1]</sup>.

A vantagem das centrais eólicas em relação às usinas hidroelétricas é que quase toda a área ocupada pela central eólica pode ser utilizada (para agricultura, pecuária, etc.) ou preservada como habitat natural<sup>[1]</sup>.

### **Energia solar**

O sol é uma fonte autônoma, perene, inesgotável, silenciosa, renovável, gratuita e não poluente de energia. O uso da energia solar direta refere-se ao aquecimento de água e habitações (doméstica e comercial), resfriamento e condicionamento de ar, secagem de produtos agrícolas, destilação (principalmente para a produção de sal ou salmoura pela evaporação da água do mar) e geração de energia elétrica<sup>[6]</sup>.

Existem dois tipos principais de tecnologia para a conversão de energia em eletricidade a partir do sol: um relacionado com a transformação da luz solar diretamente em eletricidade, feito por meio de módulos fotovoltaicos constituídos de células, e outro que utiliza a radiação solar e é a maior fonte de energia renovável, principalmente para as regiões do "cinturão solar"<sup>[6]</sup>.

A energia solar captada por tecnologia fotovoltaica, pode ser utilizada em: iluminação residencial e pública, campismo, sinalizador estroboscópico, iluminação de embarcações fluviais e marítimas, cerca elétrica, telecomunicações, suprimento de água e sistemas de microirrigação, conservação de alimentos e medicamentos, controle de pragas, suprimento de energia elétrica<sup>[6]</sup>.

### **Energia dos gases ou da Biomassa**

A utilização da biomassa na obtenção de energia representa uma fonte alternativa de grande eficiência na substituição do petróleo. Na área urbana, além de produzir energia, seu grande benefício é a utilização de enormes quantidades de lixo orgânico ou de efluentes líquidos, como, por exemplo, resíduos industriais e esgotos, que deixariam de agredir a natureza e poderiam ser transformados em combustíveis automotivos<sup>[6]</sup>.

O uso da biomassa e de biodigestores apresenta notável vantagem na área rural, onde as sobras de resíduos culturais e dejetos podem ser utilizados para obter o biofertilizante, que é o material orgânico processado no biodigestor e usado como adubo. Além deste, pode-se prover a energia necessária para a iluminação, o aquecimento e a movimentação de motores<sup>[6]</sup>.

O biogás, também denominado metano ou gobar gás, é o resultado de uma mistura de gases. É um combustível de grande poder calorífico resultante da fermentação anaeróbica de matérias orgânicas, chamadas de biomassa. Podem ser consideradas como biomassa todos os materiais que tem a propriedade de se decomporem por efeito biológico, ou seja, pela ação de bactérias<sup>[6]</sup>.

O biogás pode ser usado para aquecimento de fogões, campânulas, estufas, aquecedores de água, lâmpadas, funcionamento de motores e outros aparelhos<sup>[6]</sup>.

O alcance de um programa de substituição de fontes de energia por biogás, pode ser avaliado tomando-se a produção dos 7,2 milhões de biodigestores instalados na China até dezembro 1979, que tem um valor energético equivalente a cinco "Itaipus" ou 48 milhões de toneladas de carvão mineral<sup>[13]</sup>.

O uso de álcool automotivo, produzido da cana de açúcar, utilizado puro ou adicionado a gasolina, é outra vantagem brasileira. Como o álcool é renovável, sua emissão líquida de gás CO<sub>2</sub> é nula. Adicionalmente, o processo da fabricação do álcool produz o bagaço de cana que, se no passado era um subproduto em grande parte descartado pelas destilarias, hoje constitui-se em importante fonte de energia, com emprego tanto na geração de calor em eletricidade<sup>[15]</sup>.

Outra fonte alternativa que vem sendo estudada é o biodiesel, sendo um combustível produzido com álcool de cana de açúcar e óleos vegetais extraídos da soja, do girassol ou do dendê. Além de renovável, o combustível reduz a emissão de gases poluentes como o CO<sub>2</sub>, principal responsável pelo efeito estufa. Outra vantagem do produto é a possibilidade de produção nacional, já que de 17% do diesel consumido no país é importado<sup>[15]</sup>.

O primeiro ônibus brasileiro movido a biodiesel entrou em operação em Ribeirão Preto. O ônibus faz parte do programa de testes veiculares com biodiesel realizado pelo Latedel (Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas), que também está testando o combustível em carros, caminhões, tratores, geradores de energia elétrica e até locomotivas<sup>[15]</sup>.

### **Energia de células combustíveis**

As células de combustível são células eletroquímicas muito semelhantes às baterias convencionais de automóvel, com a diferença fundamental de que, nas primeiras, o combustível e o oxidante são fornecidos continuamente às células para que possam gerar energia elétrica. Isto se deve ao fato de que as células de combustível baseiam-se puramente na reação eletroquímica do hidrogênio ou outros gases combustíveis<sup>[6]</sup>.

As células combustíveis caracterizam-se principalmente pela ausência de ruído, baixa emissão de poluentes, tamanho reduzido, utilização em ciclos ecologicamente fechados dos elementos mais abundantes da natureza, hidrogênio e oxigênio, e ausência de combustão. Não exige para sua fabricação, virtualmente nenhum material perigoso, exceto óleo lubrificante ou fluido de limpeza<sup>[6]</sup>.

### **Energia das ondas**

Usinas que geram eletricidade a partir das ondas do mar podem ser uma alternativa para a busca cada vez maior por formas limpas e baratas de energia. O custo de usinas de ondas é relativamente pequeno. No entanto, as usinas de ondas, não podem gerar grande quantidade de energia, os exemplares que hoje existem (em países com Escócia, China ou Índia) tem pequena capacidade de geração<sup>[9]</sup>.

O protótipo da primeira usina de ondas da América será instalado na costa do Ceará e vai gerar 500 kW, energia suficiente para abastecer 200 famílias. A estimativa é de que a usina entre em operação em outubro de 2006<sup>[15]</sup>.

Estudos preliminares revelam que o litoral do Brasil tem potencial para suprir 15% do total de energia elétrica consumida no país, hoje em torno de 300 mil Gwh/ano. Com 8.5

mil Km de costa e cerca de 70% da população ocupando regiões litorâneas, o Brasil apresenta condições mais do que propícias para obter vantagens com esta fonte de energia abundante, renovável e não poluente<sup>[16]</sup>.

O custo de implementação de uma usina de ondas é 30% mais barato que de uma usina eólica e similar ao de uma usina hidrelétrica. Além disso, o impacto ambiental desse empreendimento é bastante reduzido<sup>[16]</sup>.

Nos últimos cinco anos ocorreu um grande avanço na implantação de usinas de energia de ondas em vários países da Europa, Austrália e Japão. Só no Reino Unido existem sete projetos, dois em operação e cinco em estágio avançado de desenvolvimento<sup>[16]</sup>.

A exaustão das reservas disponíveis de petróleo e gás natural, aliada a pressão pela utilização de formas renováveis de energia, mais aceitáveis do ponto de vista ambiental, definirá a matriz energética deste século. A expansão da demanda global de energia será suprida com o uso de diversas formas de energia, cada vez mais, providas de recursos renováveis.

### **Impacto ambiental**

O maior desafio atual é desenvolver a sustentabilidade dos sistemas energéticos, ou seja, tornar ambientalmente viáveis tanto usinas hidrelétricas quanto projetos de fontes alternativas.

A preocupação com o esgotamento da base de recursos naturais do planeta e os impactos ambientais da exploração e do uso dos recursos energéticos apontam para a necessidade de se repensar o crescimento econômico de forma sustentável a não comprometer o bem estar das gerações futuras.

Para tanto, são necessários adotar medidas que minimizem as emissões de gases poluentes, conservem as condições agriculturáveis do solo, a não contaminação das águas, e a exploração racional dos recursos renováveis.

Dentre os principais impactos ambientais provocados pelo sistema energético atual, destacam-se<sup>[7]</sup>:

- Esgotamento das reservas nacionais de petróleo,
- Poluição atmosférica, decorrente das emissões de gases e particulados,
- Questão da inundação de áreas como resultado da construção de reservatórios nas centrais hidrelétricas,
- Contribuição brasileira para o efeito estufa.

Os componentes ou fatores que entram em uma análise de impactos são classificados em fixos, que em larga escala não podem ser modificados pela ação antrópica, e variáveis, que, pelo contrário, sofrem alterações segundo as decisões ou reações das pressões causadas por elas<sup>[8]</sup>.

Os fatores fixos são as condições hidrológicas, topográficas, meteorológicas, sísmicas, a natureza física, química e biológica dos elementos, os processos sinérgicos ou biológicos de suas inter-relações e a capacidade do meio de receber impactos<sup>[8]</sup>.

Os fatores variáveis referem-se às ações dos homens, decidindo o tipo de empreendimento, sua escala, localização, sistema operacional, época em que se processarão as ações impactantes e a intensidade das reações do meio às intervenções, afetando os padrões ambientais, como resultado do empreendimento<sup>[8]</sup>.

Utilizam-se formas de redação quantitativas e qualitativas para descrever como o meio irá reagir ao processo de implantação de uma usina hidrelétrica. Na descrição qualitativa, examina-se o ambiente e se revisam as características do projeto, procurando identificar as áreas sensíveis e críticas à ação prevista. Qualificam-se os resultados da ação, tais como formação de locais de degradação ambiental, perdas de setores primitivos, alterações nos tipos de ocupações agrícolas, atividades extrativas e mineração, interferências em sistemas urbanos e outros. Na forma quantitativa, medem-se e encontram-se os valores, índices, etc<sup>[8]</sup>.

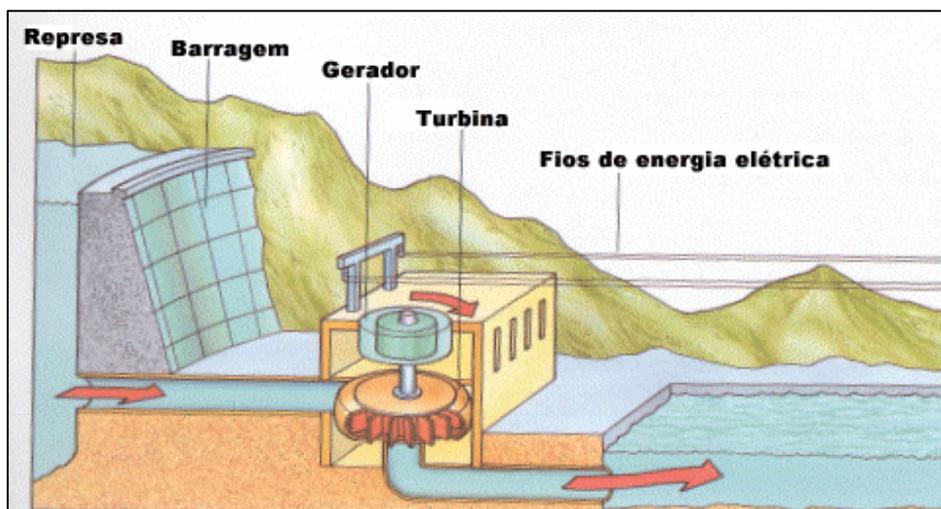
Essas mensurações destinam-se a conhecer a escala dos impactos sobre os fatores antes qualificados e, dependendo da disponibilidade de informações em situações análogas, permitir antecipar em quanto e quais os valores sofrerão alterações, devido ao projeto hidrelétrico<sup>[8]</sup>.

As diferenças sócio - ambientais entre as pequenas e grandes barragens, no fundo, serão na escala e na intensidade de impactos causados sobre o ecossistemas primitivo. Quanto maior o vulto da obra hidráulica construída, tanto maior a modificação das condições naturais anteriores. Essas modificações tem sua maior expressão durante a formação do reservatório mas não se restringem a esse período em somente à área física alagada<sup>[8]</sup>.

A relação entre a área inundada e a potência instalada estabelece um índice comparativo interessante para se avaliar estes empreendimentos e a possível intensidade de intervenções que os projetos hidrelétricos produzem sobre o meio. O uso de índices relacionando potência e área inundada é feito tradicionalmente pela engenharia hidrelétrica, sem necessariamente ter conotação sócio - ambiental. Outros índices vem sendo testados para procurar mostrar uma relação causa - efeito dos empreendimentos frente aos aspectos do meio<sup>[8]</sup>.

### **Usinas Hidrelétricas**

Nas usinas hidrelétricas, a energia hidráulica é transformada em energia elétrica. Para tanto, emprega-se a força das águas de um rio ou reservatório para girar as turbinas hidráulicas, que acionam, assim os geradores, como ilustra a fig.4.



**Fig. 4** – Esquema de funcionamento de uma usina hidrelétrica  
Fonte: [www.energiabrasil.gov.br](http://www.energiabrasil.gov.br) acessado em maio de 2004.

Para se obter uma produção constante de energia elétrica – objetivo ideal de qualquer empreendimento – apesar das variações de caudal dos rios contribuintes, dois componentes são essenciais:

- a) um reservatório de acumulação de água capaz de reter as águas no tempo de chuva para uso no período de escassez,
- b) um sistema de controle, nas turbinas, para ajustar a caudal às demandas de energia solicitada pelos consumidores.

A água é conduzida até a turbina por meio de condutos forçados, túneis e canais. A turbina localiza-se em uma casa de força, onde estão os componentes hidráulicos, mecânicos e elétricos, como os canais em espiral (ou outros, dependendo do modelo da turbina), a turbina com suas pás (cujo eixo transmite movimento ao gerador), os reguladores de velocidade, os mancais, o sistema de refrigeração, assim como os dispositivos de vedação e drenagem.

A unidade geradora é constituída essencialmente pelo gerador elétrico, motor primário e equipamentos auxiliares pertinentes a cada modelo: excitação, reguladores de tensão, sistema de corrente contínua, etc.

As usinas tem, ainda, elementos acessórios, dos quais os mais freqüentes são:

- Descarregador de fundo, comportas e vertedouros nas barragens,
- Descarga de cheias, canais combinados com vertedouros e tomadas d'água no reservatório,
- Câmaras de válvulas e válvulas de segurança nos condutos forçados,
- Chaminés de equilíbrio, quando houver longos túneis ou condutos formados.

Não são somente razões técnicas que definem o porte das barragens. A decisão por uma grande, média ou pequena barragem depende do volume do corpo d'água, suas características topo - altimétricas e de uma gama de considerações, como necessidades do mercado e oportunidades econômicas, aspectos políticos, avaliações de ordem social e das fragilidades ambientais das localidades indicadas nas alternativas, tudo isso considerando sobre um princípio de otimização de custo/benefício.

Os motivos políticos, sociais, ecológicos e de oportunidade, alguns de caráter subjetivo e outros que necessitam viabilizações extra – setoriais, podem impor restrições ao máximo aproveitamento do potencial de um curso d'água.

Na maioria das vezes, os custos são os fatores restritivos. Esses custos são tanto os da obra, diretos, como os indiretos e associados, relativos aos aspectos socioambientais, de implantação de usos múltiplos e promoção do desenvolvimento regional, por exemplo.

### **Grandes Barragens**

Para que uma represa seja considerada uma grande barragem, o Comitê Brasileiro de Grandes Barragens (CBGB), vinculado ao The International Commission on Large Dams, exige que o reservatório tenha<sup>[8]</sup>:

- Mais de 15 metros de altura entre o ponto mais baixo da fundação até a crista;
- Entre 10 metros e 15 metros, mas que possua uma ou mais das seguintes características:
  - Mínimo de 500 metros de comprimento de crista;
  - Mínimo de 100 mil m<sup>3</sup> de água acumulada;
  - Acima de 2000 m<sup>3</sup> de vazão por segundo;
  - Barragem com difíceis condições de fundação;
  - Barragem com projeto não convencional.

### **Pequenas Centrais Hidrelétricas**

As PCH's - pequenas centrais hidrelétricas, foram redefinidas, através da Resolução ANEEL 394 de 1998, pelas seguintes características<sup>[4]</sup>:

- Potência total instalada de 1 e 30 MW e área inundada até 3.0 km<sup>2</sup>, para a cheia centenária<sup>[4]</sup>;

As centrais quanto a capacidade de regularização, segundo o Manual da Eletrobrás, são classificadas: a fio d'água, de acumulação, com regularização diária ou mensal do reservatório<sup>[4]</sup>.

As PCH's a fio d'água são adotadas quando a vazão mínima do rio for maior que a descarga necessária para atender à demanda de geração elétrica. A adução poderá ser feita com barramento mínimo, considerando que o aproveitamento energético do local será parcial, havendo descargas contínuas pelo vertedouro. Não havendo flutuações de nível e sendo pequenas as barragens, as perdas de terra e os impactos ecológicos também serão mínimos, devendo dar-se atenção, não obstante, aos aspectos referentes à migração de peixes ao longo do rio barrado<sup>[4]</sup>.

Já as PCH's de acumulação são construídas quando a vazão do curso d'água não é suficiente para suprir a descarga necessária do sistema gerador. A barragem acumulará a água nas horas de baixo consumo elétrico, para empregá-la nos períodos de alta demanda. Nos casos extremos, todas as máquinas devem parar e o suprimento energético – nas horas de menor consumo - deverá ser feito por fontes complementares, como geradores a diesel, etc. Nesses casos, o deplecionamento será pronunciado, ocasionando efeitos ecológicos, especialmente sobre a vida aquática e outros usos das águas, tanto no reservatório como a jusante, onde o fluxo se tornará artificialmente intermitente<sup>[4]</sup>.

O Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas, fornecido pela ELETROBRÁS, classifica as PCH's em três categorias, conforme tabela abaixo:

Tabela 1 – Classificação da PCH quanto à potência e quanto à queda de projeto

CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS	POTÊNCIA - P (kw)	QUEDA DE PROJETO - Hd(m)		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
MICRO	$P < 100$	$H_d < 15$	$15 < H_d < 50$	$H_d > 50$
MINI	$100 < P < 1000$	$H_d < 20$	$20 < H_d < 100$	$H_d > 100$
PEQUENAS	$1000 < P < 30000$	$H_d < 25$	$25 < H_d < 130$	$H_d > 130$

Fonte: Eletrobrás – Diretrizes para projetos de PCH.

O Manual recomenda que a análise dos fatores queda versus descarga de projeto, que define a potência instalada, seja feita separadamente, observando-se seus limites: uma central hidrelétrica pode ser classificada como pequena (pela potência instalada) sem que isto implique pequeno porte (obras civis e equipamentos) ou de pequeno custo, o que a tornaria economicamente desaconselhável.

O potencial brasileiro aproveitável através das PCH's é tido como da ordem de 7 GW, sendo que a participação das PCH's no potencial hidrelétrico brasileiro é relativamente baixo, considerando a competitividade dos custos atuais de geração dessa origem e os demais disponíveis. Não obstante, esse número é significativo no atendimento de sistema isolado e em situações ligados a usos conciliados de reservatórios<sup>[8]</sup>.

### **O Uso de PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas como sustentabilidade em Grandes Barragens.**

Não só a construção de reservatórios do sistema energético ocasionam impactos ambientais, mas nos grandes centros urbanos, para atender as necessidades da população, grandes barragens são construídas para abastecimento público. Em zonas rurais, a construção de grandes barragens destina-se a irrigação, construções que devem tornar-se cada vez mais comuns, especialmente com a gestão de bacias hidrográficas racionalizando o uso dos recursos naturais.

Como minimização dos impactos socioambientais, uma pequena central hidrelétrica utilizada agregada ao reservatório poderia suprir a própria demanda local de energia e melhorar a qualidade de vida dos moradores, permitindo a instalação de pequenas indústrias, agrupando elementos positivos ao funcionamento de escolas, centros de saúde, comunicação, comércio, na aquicultura e projetos de irrigação.

Se faz necessário hoje, realizar o inventário de todos os reservatórios de água existentes em cada região: municipal e estadual, afim de classificá-los em possíveis grandes barragens ou não, e diagnosticar possíveis estruturas que possam futuramente agregar uma pequena central hidrelétrica.

Infelizmente, no Brasil de hoje, não se dá importância a geração de pequenas quantidades de energia, o que já vem sendo feito em larga escala nos países desenvolvidos.

## **Conclusão**

O uso de energia abre diversas oportunidades de incrementos da produtividade, de crescimento econômico e da melhoria das condições de vida da população. Os planos energéticos devem fazer com que os benefícios produzidos pela intensificação do uso das fontes de energia não seja anulado pelos impactos ambientais de sua produção.

Nosso maior desafio com a gestão dos recursos hídricos, é colocar em prática o conceito de sustentabilidade, ou seja, fazer com que os projetos de usinas hidrelétricas, de grandes reservatórios, de fontes alternativas como: a bioeletricidade, a energia eólica, a energia solar, a biomassa – provenientes dos compostos orgânicos gerados pelos lixos e pelos esgotos de médias e grandes cidades, sejam ambiental e sócio-economicamente viáveis e cada vez mais abrangentes.

Neste contexto, ocorrerá uma melhora de qualidade de vida das pessoas, com a redução da emissão de gases poluentes, a minimização do efeito estufa, evitando assim o aquecimento global que tem desequilibrado o ecossistema e tem provocado grandes catástrofes, devido a mudanças climáticas.

## **Referências Bibliográficas:**

- [1]Centro Brasileiro de Energia Eólica < [www.eolica.com.br](http://www.eolica.com.br)>
- [2]CndPCH - Centro Nacional de Desenvolvimento em PCH – < [www.cndpch.com.br](http://www.cndpch.com.br)>
- [3]ANEEL Guia de Empreendedores de Pequenas Centrais hidrelétricas-  
[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)
- [4]Eletrobrás – Manual de Inventário, Viabilidade, Projeto Básico, PCH, Financiamento
- [5]Anais III SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS IDRELÉTRICAS, 2002.
- [6]FARRET,Felix Alberto, Aproveitamento de Pequenas Fontes de Energia Elétrica. Santa Maria, 1999.
- [7]OLIVEIRA, Adilson de, Energia e Desenvolvimento Sustentável, Instituto de economia da UFRJ
- [8]MÜLLER, Arnaldo Carlos, Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento
- [9]Revista eletrônica CIÊNCIA HOJE, disponível em [www.cienciahoje.org.br](http://www.cienciahoje.org.br)
- [10]Ministério de Minas e Energia, disponível em <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>
- [11]Agência Nacional de Energia Elétrica, disponível em < [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)>
- [12]Eletrobrás, História da eletricidade, disponível em < [www.eletobras.gov.br](http://www.eletobras.gov.br)>
- [13]Portal das Energias Renováveis: Energia da Biomassa, disponível em <[www.energiasrenovaveis.com](http://www.energiasrenovaveis.com)>
- [14]Centro Nacional de Referência em Biomassa, disponível em <[www.cenbio.org.br](http://www.cenbio.org.br)>
- [15] Jornal do CREA / Edição Abril/2004
- [16] Revista eletrônica Ambiente Brasil, disponível em [www.ambientebrasil.com.br/energia/artigos/energia\\_mar.html](http://www.ambientebrasil.com.br/energia/artigos/energia_mar.html)



**UFSM**

**Artigo**

**O USO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS  
COMO SUSTENTABILIDADE EM GRANDES BARRAGENS**

---

**FRANCIELI CRISTINA JUNGES**

**PPGEC**

**Santa Maria – RS**

**2004**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Artigo.**

**O USO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS COMO  
SUSTENTABILIDADE EM GRANDES BARRAGENS**

elaborado por:  
**FRANCIELI CRISTINA JUNGES**

Como requisito parcial para obtenção do grau de:  
Especialização em Gestores Regionais de Recursos Hídricos

COMISSÃO ORGANIZADORA:

---

Ademar Michels  
(Presidente / Orientador)

---

Geraldo Lopes da Silveira  
(Professor Dr.)

---

Jussara Cabral Cruz  
(Professora Dra.)

Santa Maria, agosto de 2004.