



IMPACTOS AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE ENERGIA NA HIDROELÉTRICA

LIMA, Williams da Silva Guimarães de (IESP)

williams_guimaraes@hotmail.com

BARROSO, Fábio de Andrade (IESP)

SILVA, José Martinho de Albuquerque (IESP)

OLIVEIRA, Jefferson Cardoso (IESP)

MACIEL, Tuanny da Silva (IESP)

SOUZA, George Henriques de (IESP)

RESUMO

O presente estudo analisa os impactos ambientais na produção de energia gerada através dos recursos hídricos no Brasil, a partir de uma metodologia descritiva e investigação de cunho bibliográfico e documental, utilizando múltiplas fontes de evidências, como documentos e publicações (textos, artigos, relatórios entre outros) relacionados aos impactos causados resultantes desta fonte de produção de energia elétrica. A pesquisa apresenta um breve histórico das diferentes fontes de energia; descreve aspectos técnicos sobre projetos de construção de hidrelétrica; relata os resultados de impactos ambientais quando da construção destas usinas. Apesar da geração de energia elétrica a partir construção de usinas hidrelétricas serem consideradas uma fonte de “energia limpa”, do ponto de vista ambiental não podem ser caracterizada como uma ótima solução ecológica. A construção destas usinas interferem drasticamente no meio ambiente devido à formação de grandes áreas de represamento de água, provocam a inundações imensas de matas e florestas, interferem no fluxo de rios, destroem espécies vegetais, prejudicam a fauna, e interferem de forma significativa na ocupação humana. No Brasil, a construção de usinas hidrelétricas na Amazônia, esta sendo amplamente discutida devido ao grande numero de problemas ambientais que poderão causar com a instalação destes empreendimentos, ao mesmo tempo em que a necessidade de ampliação da oferta energia elétrica torna-se necessário devido ao aumento do consumo, a implantação de novos empreendimentos industriais, nacionalização das fontes geradoras de energia e a confiabilidade da matriz energética são prerrogativas emergentes. Os impactos ambientais gerados pela obtenção de energia hidroelétrica interferem no desenvolvimento sustentável, e o entendimento destes problemas se fazem necessários para a implementação de projetos e planejamentos energéticos.

PALAVRAS-CHAVE: Produção de energia. Energia hidrelétrica. Impactos ambientais.

ABSTRACT



This study examines the environmental impacts of energy production generated by water resources in Brazil, from a descriptive analysis and investigation of bibliographical and documentary, using multiple sources of evidence such as documents and publications (texts, articles, reports from others) related to the impacts resulting from this source of electric power production. The research presents a brief history of different energy sources, describing the technical aspects of construction of hydroelectric projects, reports the results of environmental impacts during the construction of power plants. Despite the generation of electricity from hydroelectric plants are considered a source of clean energy, the environmental point of view can not be characterized as a great green solution. The construction of these plants drastically affect the environment due to the formation of large areas of water impoundment, floods cause immense woods and forests, affect the flow of rivers, destroy species, harm wildlife, and interfere significantly in the occupation human. In Brazil, the construction of hydroelectric plants in the Amazon, is being widely discussed because of the large number of environmental problems that may cause the installation of these businesses, while the need for expanding the supply of electricity becomes necessary due to increased consumption, the deployment of new industrial enterprises, nationalization of sources of energy and reliability of energy sources are emerging powers. The environmental impacts generated by obtaining interfere in hydropower development, and understanding of these problems are necessary for the implementation of projects and energy planning.

KEYWORDS: Energy production. Hydropower. Environmental impacts.

1. INTRODUÇÃO

O projeto de construção das usinas hidrelétricas no Território Nacional, cujo objetivo é incrementar a matriz energética e atender o aumento da demanda, tem gerado inúmeras discussões no que se refere aos impactos ambientais que poderá causar às comunidades indígenas, alterações ambientais na fauna, flora e em todo o ecossistema como um todo. O governo federal planeja ampliar a oferta de energia instalando várias usinas de grande porte na Bacia Amazônica, porém, estes empreendimentos tem causado grande discussão no que trata a necessidade de aumentar a capacidade de geração de energia e os impactos ambientais em larga escala que serão observados com a implantação destes projetos. Exemplo destes empreendimentos é UHE Belo Monte, em instalação da Bacia Amazônica. Sua potência instalada será de 11.233 MW, em um lago de 516 km² e duas casas de força, o que fará com que seja a maior usina hidrelétrica inteiramente brasileira, visto que a Usina Hidrelétrica de Itaipu está localizada na fronteira entre Brasil e Paraguai. A construção da UHE Belo Monte, não está sendo vista com bons olhos por ambientalista e até órgãos voltados para a fiscalização, monitoramento e controle ambiental. A usina resolverá em parte o problema da geração de energia em sua área de cobertura, mas causará o desequilíbrio no meio ambiente pela relocação de comunidades



indígenas e destruição da flora e fauna até então ainda intocáveis nesta região, pela exploração humana.

A nacionalização da produção de energia é, sem sobra de dúvidas, uma necessidade urgente devido à inconsistente relação com os Países vizinhos e parceiros em alguns empreendimentos de geração. Na realidade sempre existiu esse tipo de procedimento quando da construção de usinas hidrelétrica. Antes, a preocupação com o controle ambiental praticamente não existia; não se debatia qualquer ação que por ventura causasse algum impacto ao meio ambiente. Só a partir de 1972, com a realização de diversos eventos mundiais promovidos pelas Organizações das Nações Unidas, entre eles a Conferência sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo na Suécia e, a Conferência sobre o Meio Ambiente Humano e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992, a questão ambiental passou a ser tratada como urgente e de extrema relevância para a sobrevivência da humanidade. A partir de então, algumas decisões que incidam em uma ação danificadora ao meio ambiente passaram a percorrer o caminho de uma burocracia caracterizada pelo requerimento do desenvolvimento sustentado.

Sob tal premissa é que se propõe a realização do presente estudo, o qual vai além de uma exigência acadêmica e, sim conforme supracitado anteriormente, um aprofundamento de cunho científico sobre os impactos ambientais na produção de energia para que o tema seja amplamente e continuamente estudado, disseminado para além da população acadêmica. Será representado um breve histórico das diferentes fontes de energia, os aspectos técnicos de um projeto de construção de uma hidroelétrica e os resultados dos impactos ambientais causados, confirmando a necessidade de se repensar em se planejar criteriosamente as obras que provocam danos ambientais ao planeta Terra (Figura 1), lugar onde o ideal é que deveria existir harmonia entre todos os seres que nela vivem.

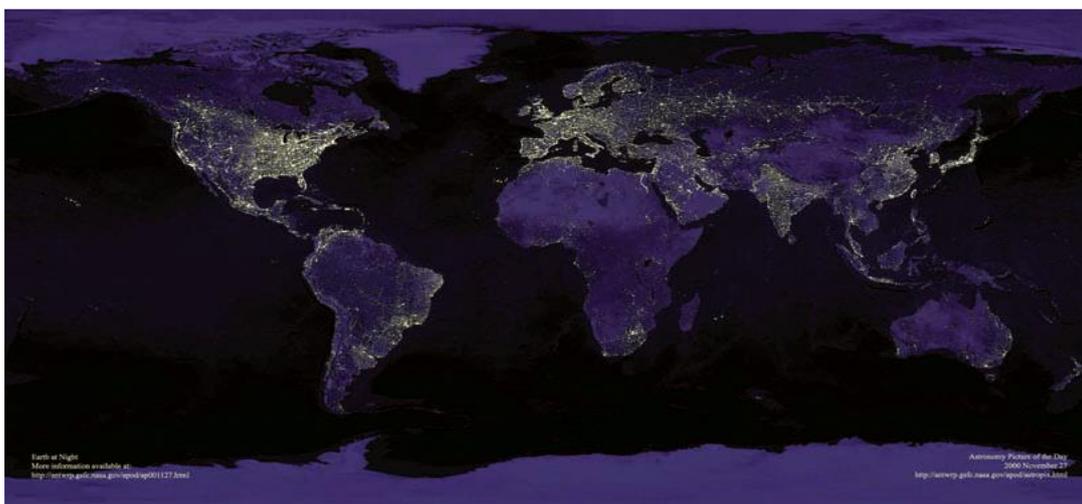


Figura 1 Vista noturna do globo terrestre iluminado, a partir de imagens de satélites.

2. ABORDAGEM TEÓRICA

2.1 EVOLUÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA

Desde os primórdios da humanidade o homem busca fontes de energia. Isso está diretamente ligado a sua evolução na Terra. A primeira que originou todas as outras fontes foi à energia calorífica do sol. Com alterações climáticas, por volta de 10 mil anos A. C., o ser humano percebeu alterações na vegetação e nos hábitos dos animais. Nos três mil anos seguintes surgiu a agricultura, tendo como fonte de energia o calor do sol e a energia mecânica da água (AEEB, 2010).

A fonte de energia inclui as fontes naturais de energia primária (a matriz energética, que se refere às fontes naturais ou energia primária que um determinado país, região ou localidade dispõe) e as fontes artificiais de energia secundária.

Dentre as fontes de energia mais usadas pelo homem água é uma das mais importantes, porque é o recurso natural mais abundante na Terra, com um volume estimado de 1,36 bilhões de quilômetros cúbicos (km³) recobre 2/3 da superfície do planeta sob a forma de oceanos, calotas polares, rios e lagos e, podendo ser ainda encontrada em aquíferos subterrâneos, como por exemplo, o aquífero Guarani, no sudeste do Brasil. Além disso, é uma das poucas fontes para produção de energia que não contribui para o aquecimento global (AEEB, 2010).



2.2 A ENERGIA HIDRÉLITRICA

2.2.1 A ENERGIA HIDRÉLITRICA NO MUNDO

A energia hidrelétrica é gerada pelo aproveitamento do fluxo das águas em uma usina na quais as obras civis – que envolvem tanto a construção quanto o desvio do rio e a formação do reservatório – são tão ou mais importantes que os equipamentos instalados. Por isso, ao contrário do que ocorre com as usinas termelétricas (cujas instalações são mais simples), para a construção de uma hidrelétrica é imprescindível à contratação da chamada indústria da construção pesada.

A primeira hidrelétrica do mundo foi construída no final do século XIX – quando o carvão era o principal combustível e as pesquisas sobre petróleo ainda engatinhavam – junto às quedas d’água das Cataratas do Niágara. Até então, a energia hidráulica da região tinha sido utilizada apenas para a produção de energia mecânica. Na mesma época, e ainda no reinado de D. Pedro II, o Brasil construiu a primeira hidrelétrica, no município de Diamantina, utilizando as águas do Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, com 0,5 MW (megawatt) de potência e linha de transmissão de dois quilômetros (AEEB, 2010).

Em pouco mais de 100 anos, a potência instalada das unidades aumentou significativamente – chegando a 14 mil MW, como é o caso da binacional Itaipu, construída em parceria por Brasil e Paraguai e hoje a maior hidrelétrica em operação do mundo.

Assim, a altura da queda d’água e a vazão dependem do local de construção e determinará qual será a capacidade instalada que, por sua vez, determina o tipo de turbina, barragem e reservatório. Existem dois tipos de reservatórios: acumulação e fio de água. Os primeiros, geralmente localizados na cabeceira dos rios, em locais de altas quedas de água, dado o seu grande porte permitem o acúmulo de grande quantidade de água e funcionam como estoques a serem utilizados em períodos de estiagem. Além disso, como está localizada a montante das demais hidrelétricas, regulam a vazão da água que irá fluir para elas, de forma a permitir a operação integrada do conjunto de usinas.

A queda d’água, no geral é definida como de alta, baixa ou média altura. O Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas (Cerpch, da Universidade Federal de Itajubá – Unifei) considera baixa queda uma altura de até 15 metros e alta queda, superior a 150 metros. Mas não há consenso com relação a essas medidas (AEEB, 2010).

A potência instalada determina se a usina é de grande ou médio porte ou uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) adota três classificações: Centrais Geradoras Hidrelétricas (com até 1 MW de potência instalada), Pequenas Centrais Hidrelétricas (entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada) e Usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW) (AEEB, 2010).

De acordo com o estudo *Statistical Review of World Energy*, publicado em junho de 2008 pela BP Global (*Beyond Petroleum*, nova denominação da *British Petroleum*) o maior consumidor mundial de energia hidrelétrica em 2007 era a Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCED), que congrega as nações mais desenvolvidas do mundo: 1.306 mil TWh, respondendo por 41,7% do consumo total (AEEB, 2010).

A capacidade instalada em usinas hidrelétricas no mundo pode ser visualizada na Figura 2. Os maiores consumidores mundiais estão elencados na Tabela 1, sendo estes: China (482,9 TWh, volume 10,8% superior ao do ano anterior e correspondente a 15,4% no *ranking* mundial), Brasil (371,5 TWh, aumento de 6,5% sobre 2006 e 11,9% do total) e Canadá (368,2 TWh sobre 2006). De certa forma, a IEA, com dados de 2006, corrobora essa relação (AEEB, 2010).

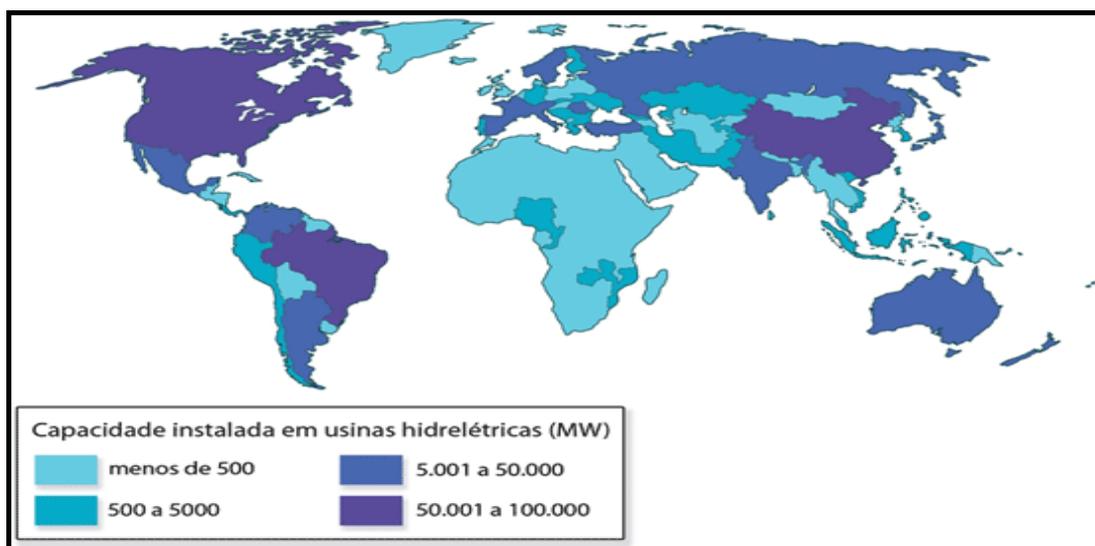


Figura 2 Capacidade instalada em usinas hidrelétricas no mundo.

**Tabela 1** Maiores consumidores de energia hidrelétrica (2006 e 2007) em TWh

	Pais	2006	2007	Variação	Participação
1ª	China	435,8	482,9	10,8%	15,4%
2ª	Brasil	348,8	371,5	6,5%	11,9%
3ª	Canadá	355,4	368,2	3,6%	11,7%
4ª	Estados Unidos	292,2	250,8	-14,2%	8,0%
5ª	Rússia	175,2	179,0	2,2%	5,7%
6ª	Noruega	119,8	135,3	12,9%	4,3%
7ª	Índia	112,4	122,4	8,9%	3,9%
8ª	Venezuela	82,3	83,9	1,9%	2,7%
9ª	Japão	96,5	83,6	-13,4%	2,7%
10ª	Suécia	61,7	66,2	7,3%	2,1%

Fonte: BP, 2008.

Segundo esta Agência, os dez países mais dependentes da hidroeletricidade em 2006 eram: Noruega, Brasil, Venezuela, Canadá, Suécia, Rússia, Índia, República Popular da China, Japão e Estados Unidos da América.. A Tabela 2 elenca a dependência dos países com relação à hidroeletricidade (AEEB, 2010).

A inclusão, nessa relação, de países em desenvolvimento, como Brasil, Rússia, Índia e China decorre dos investimentos em hidroeletricidade realizados nos últimos 30 anos com intensidade muito maior que no passado. Ainda conforme a IEA, em 1973, a Ásia (sem considerar a China) respondeu por 4,3% da produção total de energia hidrelétrica, de 1.295 TWh (terawatts-hora) no ano. Em 2006, essa participação quase dobrou, ao atingir 7,8% de um total de 3.121 TWh. Na China, a evolução foi de 2,9% para 14% (AEEB, 2010).

Na América Latina, o comportamento se repete com maior intensidade, um salto de 7,2% para 21%, estimulado principalmente pelos investimentos realizados no Brasil.

Tabela 2 - Participação da hidroeletricidade na produção total de energia em 2006



	País	%
1ª	Noruega	98,5
2ª	Brasil	83,2
3ª	Venezuela	72,0
4ª	Canadá	58,0
5ª	Suécia	43,1
6ª	Rússia	17,6
7ª	Índia	15,3
8ª	China	15,2
9ª	Japão	8,7
10ª	Estados Unidos	7,4
	Outros países	14,3
	Mundo	16,4

Fonte: BP, 2008.

Segundo informa o Plano Nacional de Energia 2030 com base em dados de 2004, a China é o país que mais investe em energia hidrelétrica. Além de Três Gargantas, naquele ano mantinha em construção um total de 50 mil MW de potência, para dobrar a capacidade instalada no país. Conforme observado na Figura 3, a China tem, também, um dos maiores potenciais tecnicamente aproveitáveis de energia hidráulica no mundo. Ainda de acordo com o estudo, na Índia também há grande expansão das hidrelétricas. Em 2004 estavam em processo de construção 10 mil MW, com 28 mil MW planejados para o médio prazo (AEEB, 2008).

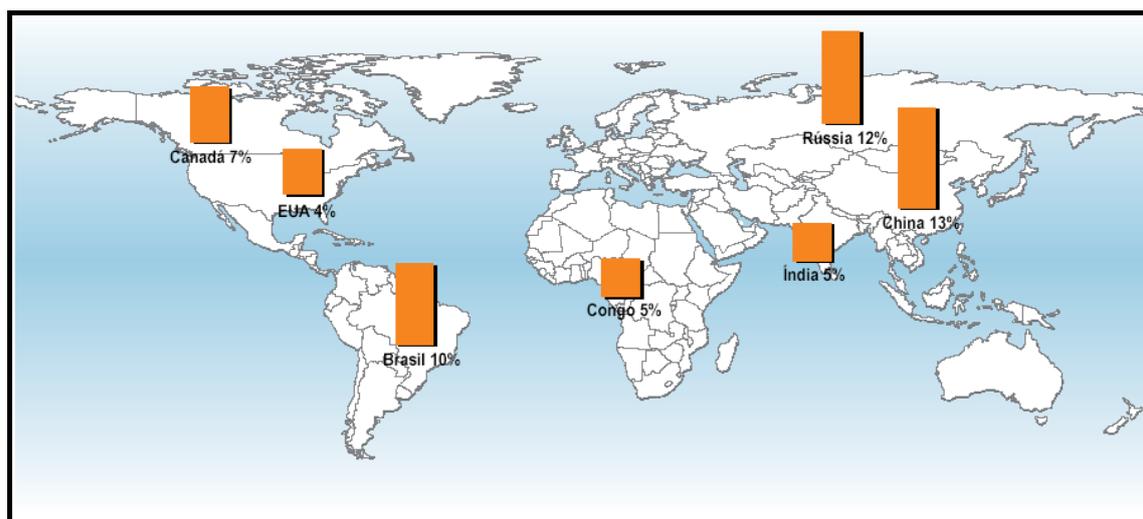


Figura 3 Principais potenciais hidrelétricos tecnicamente aproveitáveis no mundo

2.2.2 A ENERGIA HIDRÉLITRICA NO BRASIL

O Brasil dispõe de um vasto potencial hidráulico que pode ser utilizado para geração de energia elétrica. Isto significa uma vantagem competitiva importante se for levado em consideração, geração de energia a partir da utilização dos recursos hídricos disponíveis em nosso território nacional.

Em 2007, segundo os resultados preliminares do Balanço Energético Nacional (BEN), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética, a energia de fonte hidráulica (ou hidroeletricidade) respondeu por 14,7% da matriz energética brasileira, sendo superada por derivados da cana-de-açúcar (16,0%), petróleo e derivados (36,7%). Na oferta interna de energia elétrica, que totalizou 482,6 TWh (aumento de 4,9% em relação a 2006), a energia de fonte hidráulica produzida no país representou 85,6%, constituindo-se, de longe, na maior produtora de eletricidade em território nacional (ANEEL, 2008).

A concentração das duas regiões não se relaciona apenas com a topografia do país. Tem a ver, também, com a forma como o parque hidrelétrico se desenvolveu. A primeira hidrelétrica de maior porte começou a ser construída no Nordeste (Paulo Afonso I, com potência de 180 MW), pela Companhia Hidrelétrica do S. Francisco (Chesf, estatal constituída em 1948). As demais, erguidas ao longo dos 60 anos seguintes, concentraram-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste (com o aproveitamento integral do rio São Francisco), como mostra a Tabela 3. No Norte foram construídas Tucuruí, no Pará, e Balbina, no Amazonas. Mas apenas nos anos 90 a região começou a ser explorada com



maior intensidade, com a construção da Usina Serra da Mesa (GO), no rio Tocantins (ANEEL, 2008).

Tabela 3 - As dez maiores usinas em operação, região e potência

Nome	Potência (kW)	Região
Tucuruí I e II	8370000	Norte
Itaipó (parte brasileira)	6300000	Sul
Ilha Solteira	3444000	Sudeste
Xingó	3162000	Nordeste
Paulo Afonso IV	2462400	Nordeste
Itumbiara	2082000	Sudeste
São Simão	1710000	Sudeste
Governador Bento Munhoz da Rocha Neto (Foz do Arelia)	1676000	Sudeste
Jupia (Engº Souza Dias)	1551200	Sudeste
Porto Primavera (Engº Sérgio Motta)	1540000	Sudeste

Fonte: ANEEL, 2008.

O estudo sobre energia hidrelétrica constante do PNE 2030 relaciona o potencial de aproveitamento ainda existente em cada uma das bacias hidrográficas do país. A bacia do rio Amazonas é a maior, com um potencial de 106 mil MW, superior à potência já instalada no Brasil, em 2008, de 102 mil MW. Nesse ano, existiam em operação nesta bacia apenas cinco Unidades Hidrelétricas de Energia (UHE): Balbina (AM), Samuel (RO), Coaracy Nunes (AP), Curuá-Una (PA) e Guaporé (MT). Na bacia do Amazonas, especificamente no rio Madeira, que estão localizadas as principais usinas planejadas para os próximos anos e incluídas no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal. Ambas são classificadas como projetos estruturantes, considerados como iniciativas que proporcionam expansão da infra-estrutura – no caso, a oferta de energia elétrica em médio e longo prazo, ao mesmo tempo, demonstra capacidade para estimular o desenvolvimento econômico, tecnológico e social. Por isso, mobilizam governo, centros de pesquisa, universidades e iniciativa privada. Uma dessas usinas é Santo Antônio, licitada em 2007, com capacidade instalada de 3.150 MW. A outra é Jirau, licitada em 2008, com 3.300 MW de potência. Ambas constam do Banco de Informações de Geração da ANEEL que, em novembro de 2008, além das PCHs e CGHs, registrou 15 usinas hidrelétricas outorgadas, mas cuja construção ainda não havia sido iniciada. Outra bacia importante é a Tapajós (ANEEL, 2008).



Em 2008, a ANEEL estudou viabilidade de três aproveitamentos no rio Teles Pires todos de caráter estruturante, que somam 3.027 MW. Além desses, um estudo encaminhado pela Eletrobrás à ANEEL prevê a construção de cinco usinas com capacidade total de 10.682 MW no próprio Tapajós. Outra é a bacia do rio Xingu, para a qual está prevista a construção da Usina de Belo Monte, que segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), deveria entrar em obras até o fim da década, com potência instalada de 11.233 MW (EPE, 2007), porém, entidades ligadas à fiscalização, monitoramento e controle ambiental alegam que a usina causará o desequilíbrio no meio ambiente.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRÉLETRICAS

As centrais de geração de energia elétrica são classificadas segundo a potência em: Mini-Centraís, Pequenas Centrais e Usinas Hidrelétricas (Figura 4).



Figura 4 Classificação das centrais de geração de energia elétrica

2.3.1 MINI CENTRAIS

Por definição, Mine Usina Hidrelétrica, conhecida também como Micro Usina Hidrelétrica, é uma central de fio d'água, não necessitando de reservatório para armazenar água. Ela é composta por barragem de desvio, tomada d'água, câmara de carga, casa de máquinas ou de força, tubulação e linhas de transmissão e distribuição (Figura 4). A turbina hidráulica é um dos componentes básicos da usina. Seu rotor, por onde a água escoar, absorve energia hidráulica, transformando-a em energia mecânica.

Uma queda d'água de um córrego ou rio é uma fonte alternativa, renovável e gratuita de energia (Figura 5). Através da instalação de uma Mine Usina Hidrelétrica, esta

energia pode ser aproveitada na propriedade rural. A Micro Usina geradora de energia pode fornecer energia elétrica para sítios, fazendas, comunidades rurais ou agro indústrias.

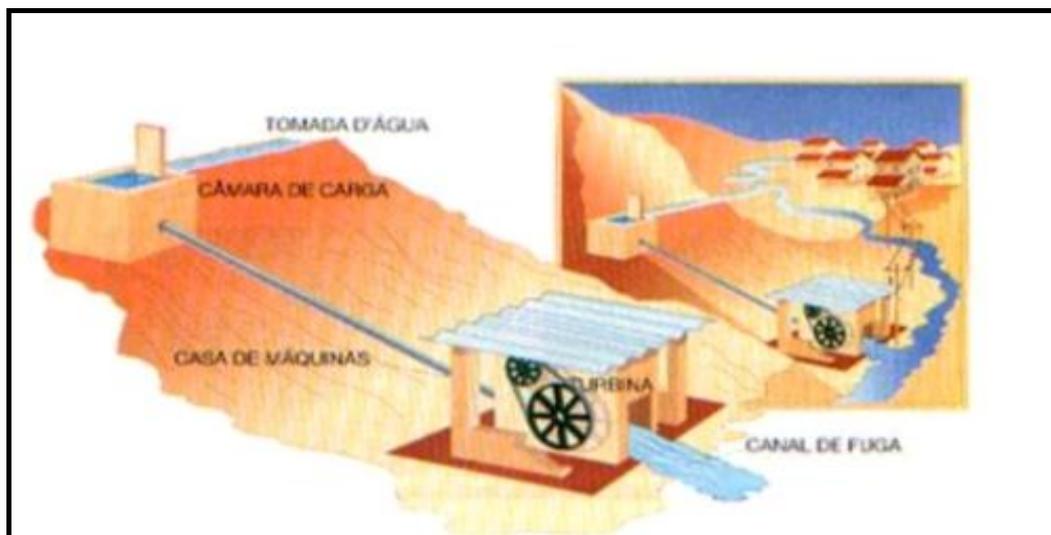


Figura 5 Mini central de geração de energia elétrica.

A utilização de energia elétrica através das mini-centrais no meio rural representa um dos processos mais importantes a serem incentivados no Brasil, pois é fato que a eletrificação rural é fundamental para levar adiante programas de desenvolvimento de uma região. Dessa forma, ela deve ser vista não só como um fator capaz de aumentar a produtividade no campo, permitindo a melhoria das condições de trabalho, mas também elevando as condições de vida do homem no meio rural (SANTOS, 2003, p.47).

2.3.2 PEQUENAS CENTRAIS HIDRÉLITRICAS

As Centrais Elétricas Brasileiras S. A. - ELETROBRÁS, em convênio com o Departamento Nacional de Águas - DNAEE e Energia Elétrica, hoje Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL publicou em 1982, a primeira versão do Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas do qual determina diretrizes de implantação. Um dos objetivos destas “Diretrizes” é o de consolidar a experiência e a tecnologia nacional mais atualizada sobre os estudos, projetos e construção dessas centrais. Essa tecnologia existe no país há um século, aproximadamente e foi desenvolvida através da implantação de um grande número de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Apesar disso, hoje as PCHs são responsáveis por apenas 1,35% do potencial instalado no Brasil (Figura 6).

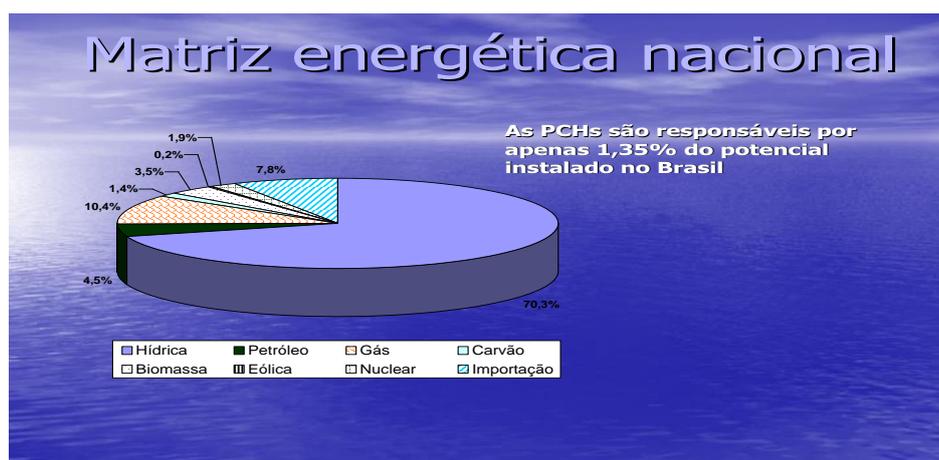


Figura 6 Fontes primárias para geração elétrica no Brasil.

O Sistema de Informação do Potencial Hidrelétrico Brasileiro - SIPOT/ELETROBRÁS, tem registrado aproximadamente 286 aproveitamentos com potência menor que 10 MW. Neste aspecto, o interesse de investidores privados neste setor é grande. Essa tendência decorre das mudanças institucionais que vêm ocorrendo no país, com a privatização das empresas do Setor Elétrico e, sobretudo, com as mudanças na legislação no que diz respeito à produção e comercialização de energia (ELETROBRÁS, 2010).

Focado nesse objetivo, o Programa Nacional de Pequenas Centrais Elétricas (PNPCE), visa com estes procedimentos, viabilizar a implantação de usinas de geração elétrica de pequeno porte, de forma a suprir carências de energia em todo o território nacional, com eficiência, relação custo/benefício e com tecnologia que permita o estudo, projeto, construção/instalação, operação e a manutenção dessas centrais de forma segura, acessível e que possa causar o menor impacto ambiental, em todos os ecossistemas.

Os aspectos institucionais e legais deverão ser considerados, desde o registro até a “aprovação do estudo” pela ANEEL e abrangem uma faixa ampla da legislação vigente, tendo como linhas mestras a “Constituição da República Federativa do Brasil”, de 1988, o “Código de Águas” – Decreto no 24.263, de 10 de julho de 1934, Lei 8.987 de 13 de fevereiro de 1995, Lei 9.427 de 26 de dezembro de 1996 que instituiu a ANEEL e a legislação complementar (CARVALHO, 2005).

De acordo com a Constituição Federal, os potenciais de energia hidráulica constituem bens da União (Capítulo II, art. 20, inciso VIII). De acordo, ainda, com a Constituição, compete à União explorar diretamente ou mediante autorização, concessão



ou permissão, o aproveitamento energético dos cursos d'água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos (Capítulo II, art. 21, inciso XII, alínea b) (BRASIL, 1988).

Do ponto de vista legal e dentro do escopo das Diretrizes, que contempla usinas hidrelétricas com potência instalada entre um (01) MW e 30 MW e, com reservatório igual ou inferior a três (03) km² (Resolução ANEEL 394/98), o Projeto Básico de uma PCH, representa condição para a obtenção da autorização/concessão para exploração do aproveitamento hidrelétrico (Resolução ANEEL nº. 395 de 04 de dezembro de 1998) (ANEEL, 2010).

Segundo Resolução da ANEEL 394, de 04/12/98, estabelece que os aproveitamentos com características de PCH sejam aqueles que têm potência entre 01 e 30 Mw e área inundada até 3,0 km², para a cheia centenária. Todas as limitações anteriores foram eliminadas. Cabe registrar, a propósito, que alguns dos inventários realizados por companhias de energia de porte, hoje privatizadas, ao longo dos anos de 1996 a 1998, identificaram diversos sítios potencialmente atrativos, cujos arranjos de obras prevêm barragens com mais de 10m de altura e circuito adutor em túneis, em vários casos (ANEEL, 2010).

A escolha de um ou outro tipo de PCHs dependerá das condições topográficas e geológicas que apresente o local do aproveitamento, bem como, de estudo econômico comparativo.

As Figuras 7 e 8 mostram o esquema de uma PCH na geração de energia elétrica através da força hidráulica e o início de construção de uma Subestação com 25 mva/138kv

e tomada d'água PCH em São Thadeu. Santo Antonio Leverger–MT.

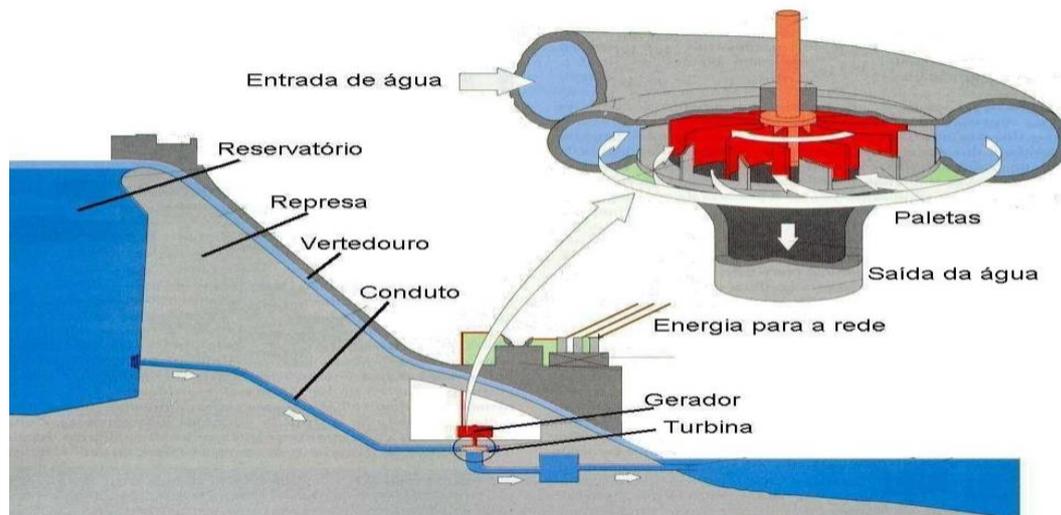


Figura 7 Esquema de uma PCH na geração de energia elétrica através da força hidráulica.



Figura 8 Início de construção de uma Subestação com 25 mva/138kv e tomada d'água PCH em São Thadeu. Santo Antonio Leverger–MT.

As PCHs podem ser ainda classificadas quanto à potência instalada e quanto à queda de projeto, conforme demonstra (Tabela 4), considerando-se os dois parâmetros conjuntamente, uma vez que um ou outro isoladamente não permite uma classificação adequada.

Tabela 4 - Classificação das PCH's quanto à Potência e quanto à Queda de Projeto

CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS	POTÊNCIA – P (kW)	QUEDA DE PROJETO – H_d (m)		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
MICRO	$P < 100$	$H_d < 15$	$15 < H_d < 50$	$H_d > 50$



MINI	$100 < P < 1.000$	$H_d < 20$	$20 < H_d < 100$	$H_d > 100$
PEQUENAS	$1.000 < P < 30.000$	$H_d < 25$	$25 < H_d < 130$	$H_d > 130$

Fonte: ANEEL, 2010.

Segundo a ELETROBRÁS (2010), uma seleção do local ideal para a implantação de uma PCH deve ser feita considerando-se os Estudos de Inventário (partição de queda), de toda a bacia hidrográfica em foco. Esse estudo, de acordo com a orientação do Setor Elétrico, deve ser realizado, obrigatoriamente, antes de qualquer Estudo de Viabilidade do /Projeto Básico a ser instalado.

Em termos de conceitos, uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH), sofreu mudanças recentes já mencionadas anteriormente. A principal delas é quanto ao aumento da potência instalada, antes limitada em 10 Mw, e agora estendida a 30 Mw, em condições prefixadas em lei. Ao mesmo tempo, a legislação ambiental evoluiu, com o estabelecimento de regras e normas mais adaptadas à realidade brasileira. Dessa forma, a Resolução CONAMA nº. 01/86, de 23.01.86, que exigia a elaboração de estudos detalhados, em forma de Estudos de Impacto Ambiental - EIA e Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, para “usinas de geração de eletricidade acima de 10 MW” (inciso XI do Artigo 2º), sofreu mudanças em 19.12.97, pela Resolução CONAMA 237/97, que, em seus Artigos 2º, 3º e 12º, deixam a critério do órgão ambiental, licenciador a decisão quanto aos casos em que serão necessários estudos detalhados ou simplificados (CONAMA, 2010).

Para as usinas hidrelétricas, não há mais, portanto, o limite de 10 Mw para a isenção de apresentação de EIA/RIMA, mas, sim, a consideração, a ser feita pelo órgão ambiental, de que o empreendimento é ou não potencialmente causador de significativa degradação ao meio ambiente, podendo ser estabelecidos procedimentos simplificados para as atividades e empreendimentos de pequeno potencial de impacto ambiental (SOUSA, 2000).

Do ponto de vista ambiental, uma PCH, não está automaticamente associada a impactos ambientais de menor significância ou magnitude. Tal avaliação depende de inúmeros aspectos, dos quais a dimensão da obra é apenas um deles. Deste modo é pertinente classificar as PCHs de acordo com a magnitude e significância de seus impactos, parâmetros que devem ser avaliados dependendo das medidas mitigadoras implantadas,



tais como, a realização de escadas de peixes; as vazões permanentes mínimas entre o barramento e confluência do canal de fuga entre outros. Portanto, em se tratando de impactos imediatos no que diz respeito à implantação de PCHs vale a pena destacar:

As principais Leis, Decretos, Resoluções e Portarias associadas a empreendimentos hidrelétricos estão relacionadas no Anexo 2. São apresentadas as mais importantes determinações legais ou com força de lei na área de meio ambiente e que se aplicam também ao caso de usinas hidrelétricas. Esta legislação visa mitigar os impactos ambientais de um modo geral como também orienta o uso preservado dos corpos d'água, relevo, fauna, flora e demais componentes do meio ambiente (CONAMA, 2010).

2.3.2.1 HISTÓRIA DAS PCHS NO BRASIL

Uma série de mecanismos legais e regulatórios criados a partir de 1998, incrementou a construção das chamadas Pequenas Centrais Hidroelétricas, unidades de geração com potencia máxima instalada de 30 MW.

No entanto as principais referências ao enquadramento das PCHs estão inseridas no manual de Pequenas Centrais, editados no ano de 1982 pelo consórcio formado entre o Ministério de Minas e Energia (MME), o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e as Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), quando da edição do primeiro Programa Nacional de PCH (PNPCH).

Muito embora a definição de PCH no Brasil, seja relativamente nova, pois surgiu das normas editadas na década de 1980, foi no início do século XX que essas pequenas usinas hidroelétricas tornaram-se pioneiras no atendimento de cidades e indústrias. Registra-se, porém, que foi no final do século XIX que surgiram as PCHs, fato caracterizado por dois marcos (aproveitamento hidroelétrico na Mineração Santa Maria em Diamantina/MG e hidroelétrica de porte, com 250 KW em Juiz de Fora/MG).

O reduzido impacto ambiental é um dos maiores ou se não o maior motivo de estímulo a construção de PCHs, pois, além de procurar o alagamento de área restrita, 3 Km², esse tipo de usina possui como característica principal, o melhor aproveitamento de quedas naturais dos rios, evitando, assim, a construção de grandes barragens.

2.3.3 USINAS HIDRELÉTRICAS

Uma usina hidrelétrica ou central hidroelétrica é um complexo arquitetônico, um conjunto de obras e de equipamentos, que tem por finalidade produzir energia elétrica através do aproveitamento do potencial hidráulico existente em um rio.

Dentre os países que usam essa forma de se obter energia, o Brasil se encontra apenas atrás do Canadá e dos Estados Unidos, sendo, portanto, o terceiro maior do mundo em potencial hidrelétrico.

O cálculo da potência instalada de uma usina é efetuado através de estudos de energéticos que são realizados por engenheiros mecânicos, eletricitistas e civis. Sendo a energia elétrica transmitida para uma ou mais linhas de transmissão que é interligada à rede de distribuição.

Um sistema elétrico de energia é constituído por uma rede interligada por linhas de transmissão (transporte). Nessa rede estão ligadas as cargas (pontos de consumo de energia) e os geradores (pontos de produção de energia). Uma central hidrelétrica é uma instalação ligada à rede de transporte que injeta uma porção da energia solicitada pelas cargas (Figuras 9 e 10).

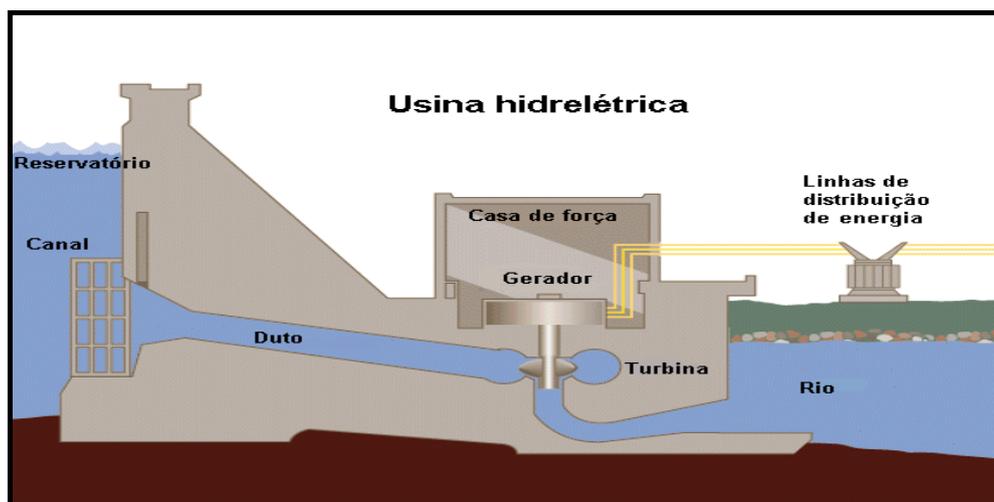


Figura 9 Usina hidrelétrica ou central hidroelétrica.



Figura 10 Represamento de rio para construção de hidrelétrica, possibilitando a geração de energia elétrica.

A Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Figura 11), por exemplo, constitui-se de uma das maiores obras da engenharia mundial e é a maior usina 100% brasileira em potência instalada com seus 8.000 MW, já que a Usina de Itaipu é binacional.



Figura 11 Usina Hidrelétrica de Tucuruí.

O vertedor de Tucuruí é o maior do mundo com sua vazão de projeto calculada para a enchente deca milenar de 110.000 m³/s, pode no limite dar passagem à vazão de até 120.000 m³/s. Esta vazão só será igualada pelo vertedor da Usina de Três Gargantas na China. Tanto o projeto civil como a construção de Tucuruí e da Usina de Itaipu foram totalmente realizados por firmas brasileiras, entretanto, devido às maiores complexidades o projeto e fabricação dos equipamentos eletromecânicos, responsáveis pela geração de energia, foram realizados por empresas multinacionais.



2.4 PRODUÇÃO DE ENERGIA E A QUESTÃO AMBIENTAL

Segundo Goldemberg (2003), as agressões antropogênicas ao meio ambiente se tornaram significantes após a Revolução Industrial, e particularmente no século XX, devido ao aumento populacional e ao grande aumento no consumo per capita, principalmente nos países industrializados.

Após a Revolução Industrial, iniciou-se uma exploração desenfreada dos recursos naturais, utilizando-se tecnologias em larga escala para obtenção de energia, sem preocupações ou conhecimento das possíveis conseqüências. A preocupação maior era alcançar o crescimento econômico e tecnológico e aumentar de modo geral oferta e mercado. Atualmente, o preço deste desenvolvimento é conhecido, ou seja, os impactos ambientais gerados são alvos de discussões internacionais a ser contidos e, se possível restaurados (GOLDEMBERG, 2003).

As hidrelétricas, vistas por muitos como uma fonte de “energia limpa”, do ponto de vista ambiental não podem ser consideradas uma ótima solução ecológica. Elas interferem drasticamente no meio ambiente devido à construção das represas, que provocam inundações em imensas áreas de matas e interfere no fluxo de rios, destroem espécies vegetais, prejudicam a fauna, além de interferir no processo da ocupação humana. As inundações das florestas fazem com que a vegetação encoberta entre em decomposição, alterando a biodiversidade e provocando a liberação de metano, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa e pela rarefação da camada de ozônio.

Segundo Leite (2005), a implantação de hidrelétricas pode gerar impactos ambientais na hidrologia, clima, erosão e assoreamento, sismologia, flora, fauna e alteração da paisagem. Na hidrologia impacta com a alteração do fluxo de corrente, alteração de vazão, alargamento do leito, aumento da profundidade, elevação do nível do lençol freático, mudança de lótico para lântico e geração de pântanos. No Brasil, a construção de usinas hidrelétricas na Amazônia vem degradando enormemente a floresta, que se tornou alvo das estratégias de desenvolvimento e integração territorial de diversos países da América do Sul (FAVARETTO, 1999).

Cortez (2005, p. 33) coloca que “o desmatamento é o principal fator da redução pluviométrica nas áreas de recarga (cabeceiras) dos rios que abastecem as represas”.



Os impactos ambientais provocados por hidrelétricas podem ser exemplificados pela usina de Balbina, na Amazônia (Figura 12). A usina é criticada por ter um alto custo e causou um dos maiores desastres ambiental da história do Brasil.

A liberação de dióxido de carbono e metano é superior à de uma usina térmica de mesmo potencial energético. De acordo com o relatório emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros, da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, além de Balbina, outras duas hidrelétricas brasileiras, Usina Hidrelétrica de Samuel (RO) e Usina Hidrelétrica de Três Marias (MG), têm emissões maiores que termelétricas de mesmo potencial.

“Balbina é a pior usina brasileira”, avalia o professor Luiz Pinguelli Rosa, da Coppe.

“O índice de emissão de Balbina é dez vezes maior que o de uma termelétrica a carvão. Ela emite três toneladas de carbono por megawatt-hora; em uma térmica esse índice é de 0,3 toneladas de carbono por megawatt-hora”, compara Alexandre Kemenes, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa). Os valores de carbono consideram tanto o dióxido de carbono (CO₂) quanto o metano (CH₄).

Neste caso não só os impactos ambientais são visíveis, como também os resultados da falta de planejamento para implantação do projeto.



Figura 12 UHE Balbina, no Estado do Amazonas.

A abordagem adotada pelo Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL) para a avaliação dos impactos ambientais estrutura a realidade em seis categorias de análise: ecossistemas aquáticos, ecossistemas terrestres, modos de vida, organização territorial, base econômica e população indígena (SOUSA, 2000).



A quantificação e caracterização dos impactos ambientais provenientes da implantação de hidrelétricas podem ser avaliadas através de indicadores de impacto.

Segundo Sousa (2000), para avaliar os impactos de implantação de hidrelétricas sobre a fauna da região é necessário conhecimento sobre espécies e costumes, rotas migratórias e reprodutivas, identificação das áreas de maior produtividade pesqueira, entre outros. Para avaliar os impactos sobre o ecossistema é necessária sua caracterização, avaliando-se espécies importantes na manutenção da diversidade biológica ou em extinção, e a capacidade da área para manter espécies da fauna e o nível geral de insularização da cobertura vegetal nativa (SOUSA, 2000).

Segundo Baitello, 2005 existem outras formas que podem ser utilizadas para avaliação.

2.4.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL VERSUS IMPACTOS AMBIENTAIS

A sustentabilidade é um tema atualmente muito discutido em vários segmentos do meio acadêmico. Isso ocorre devido à conscientização por meio de pesquisas científicas de que o impacto ambiental promovido pela humanidade para o desenvolvimento das nações pode se tornar o limite desse mesmo desenvolvimento, além de causar danos tanto reversíveis e custosos em longo prazo, como irreversíveis à humanidade e ao mundo.

Segundo Udaeta (1997, p 28), “os níveis de suprimento energético e a sua infraestrutura interagem biunivocamente com o desenvolvimento sócio-econômico e conseqüentemente impactam o meio ambiente, ou seja, sua sustentabilidade”.

De acordo com Udaeta (1997), os seguintes aspectos poderiam ser identificados numa política energética baseada no desenvolvimento sustentável.

Os impactos ambientais gerados pela obtenção de energia interferem enormemente no desenvolvimento sustentável, e o entendimento deles se faz primordial para a análise de implementação de projetos e planejamentos energéticos.

Várias são as fontes para obtenção de energia elétrica, entre elas as hidrelétricas, carvão, petróleo, fissão, biomassa, solar, eólica, geotérmica, fusão, hidrogênio, ondas, térmica das marés, marés, óleos vegetais, álcool, gás natural. Serão apresentados a seguir os impactos ambientais provenientes de termelétricas, hidrelétricas, energia eólica, e energia solar.



2.4.2 PLANEJAMENTO INTEGRADO E ALTERNATIVAS PARA OBTENÇÃO DE ENERGIA

Vistos os impactos ambientais gerados pela obtenção de energia dos sistemas supracitados, será discorrido como o Planejamento Integrado de Recursos pode mitigar tais impactos, partindo de seus conceitos básicos.

Várias pesquisas vêm sendo realizadas sobre o Planejamento de Recursos Integrados (PIR) em reformas no setor energético. Elas buscam o desenvolvimento sustentável através de utilização integrada de novos recursos energéticos, que possibilite a diminuição de custos completos e impactos ambientais e sociais minimizados.

O Planejamento Integrado de Recursos é um método eficaz de planejamento em curto e longo prazo, que considera as dimensões: social, política, técnico-econômica e ambiental. É um planejamento baseado em elementos analíticos conhecidos, ou seja, em planejamentos tradicionais, onde são implementados outros elementos (D'as, 2005).

Segundo Carvalho (2005), a partir do conhecimento dos principais instrumentos de avaliação ambiental, constata-se que a identificação e mensuração dos impactos gerados pelas atividades passíveis de avaliação são cruciais para o sucesso na aplicação dos mesmos.

Um exemplo de um tipo de impacto que vem causando polêmica, é a construção da Usina Belo Monte no Rio Xingu (Figura 13), no estado brasileiro do Pará. Sua potência instalada será de 11 233 MW, em um lago de 516 km² e duas casas de força. Porém às comunidades indígenas serão prejudicadas devido à área de cobertura, que ao contrário do especificado no projeto ultrapassará o tamanho do que foi planejado.

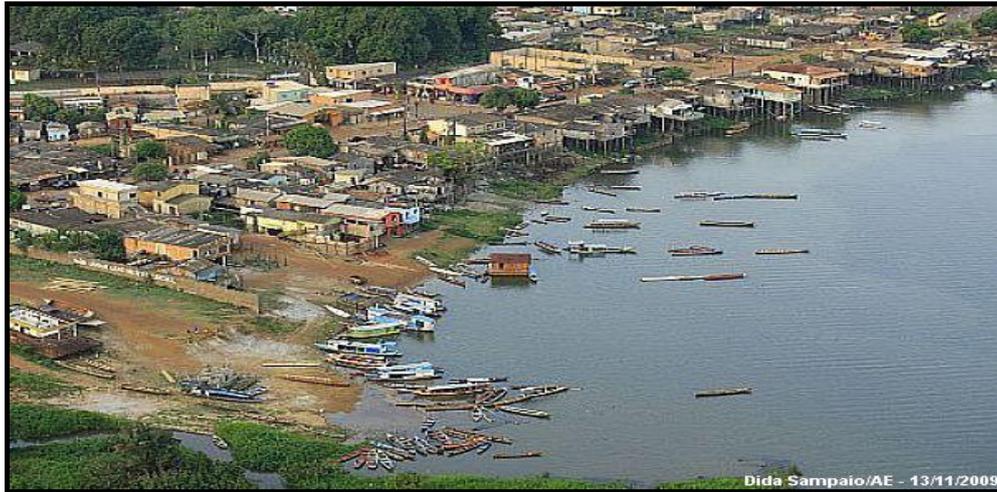


Figura 13 População ribeirinha afetada pela Construção da UHE Belo Monte no Rio Xingu – Pará – Brasil.

As Figuras 14 e 15, dão uma idéia da dimensão da obra e dos impactos territoriais relacionados à fauna e a flora que causará.



Figura 14 Usina Belo Monte no Rio Xingu – Pará – Brasil.

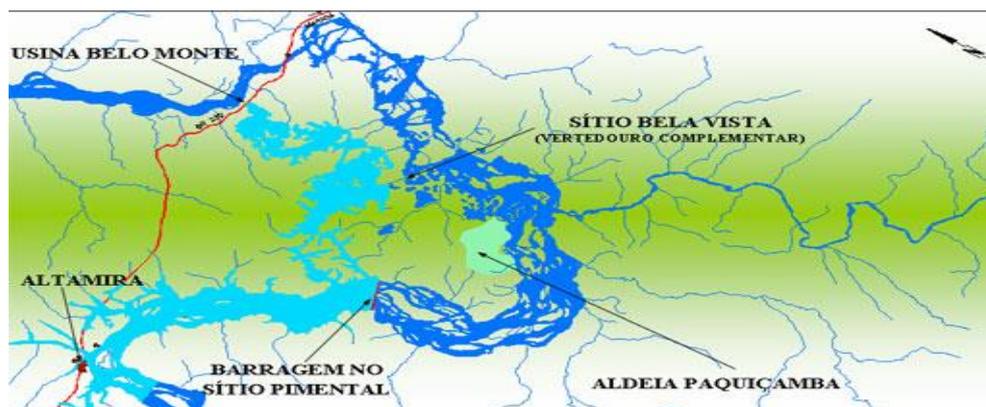


Figura 15 - Área de cobertura da Usina Belo Monte no Rio Xingu –Pará –Brasil.

3. METODOLOGIA

Toda e qualquer classificação de pesquisa se faz mediante algum critério. Assim, é usual a classificação de pesquisas com base em seus objetivos gerais, podendo ser classificadas em três grandes grupos: exploratória, descritiva e explicativa (LAKATOS, MARCONI; 2001).

O presente estudo caracteriza como descritivo e a investigação de cunho bibliográfico e documental, utilizando assim múltiplas fontes de evidências, como documentos e bibliografias (textos, artigos, relatórios entre outros) relacionados aos impactos ambientais causados pela produção de energia.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos ambientais na produção de energia no Brasil utilizando múltiplas fontes de evidências, como documentos e bibliografias (textos, artigos, relatórios entre outros) relacionados aos impactos ambientais causados pela produção de energia, considera que, apesar das hidrelétricas serem uma fonte de “energia limpa”, do ponto de vista ambiental não pode ser considerado uma ótima solução ecológica. Interferem drasticamente no meio ambiente devido à construção das represas, que provocam inundações em imensas áreas de matas, interfere no fluxo de rios, destroem espécies vegetais, prejudicam a fauna, e interferem na ocupação humana. E é o que vem acontecendo no Brasil, com a construção de usinas hidrelétricas na Amazônia que vem degradando enormemente a floresta. Além disso, o desmatamento é o principal fator da redução pluviométrica nas cabeceiras dos rios que abastecem as represas.



Assim, os impactos ambientais gerados pela obtenção de energia interferem enormemente no desenvolvimento sustentável, e o entendimento deles se faz primordial para a análise de implementação de projetos e planejamentos energéticos. A obtenção de energia sempre gera algum tipo de impacto ambiental, seja em grande ou pequena proporção. Entretanto estes impactos podem ser mitigados com um Planejamento Integrado de Recursos, que os considere corretamente visando o desenvolvimento sustentável.

Com um Planejamento Integrado de Recursos bem desenvolvido e devidamente avaliado, é possível analisar a real necessidade de implantação de um projeto, mitigar os impactos ambientais provenientes da obtenção de energia elétrica, e promover o desenvolvimento sustentável.

AGRADECIMENTO

Este artigo é dedicado a **EDMUNDO PEREIRA DE ASSIS NETO** (*In memoriam*), pela competência, capacidade, esforço e dedicação desenvolvida em seu Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do diploma Bacharelado em Engenharia Ambiental.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Disponível em: www.aneel.gov.br. Acesso em: 15 abr 2010.

Atlas de Energia Elétrica do Brasil (AEEB). Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap3.pdf. Acesso em: 12 mai 2010.

BAITELLO, Ricardo L. **Complexidade, Limitação e Abrangência do PIR: Envolvidos e Interessados**. São Paulo: USP, 2005.

BRASIL. Constituição Brasileira de 1988. Brasília: Senado Federal, 2001.

CARVALHO, C. E.; REIS, L. B. **Desenvolvimento de Procedimentos e Métodos para Mensuração e Incorporação das Externalidades em Projetos de Energia Elétrica: Uma Aplicação às Linhas de Transmissão Aéreas**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Brasil, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. Disponível em: www.socioambiental.org/inst/leg/amb.shtm. Acesso em: 24 abr 2010.



CORTEZ, José H. Não existe Energia Limpa. **Jornal Gazeta Mercantil**. 24 de abril de 2002. Disponível em: <http://www.camaradecultura.org/Nao%20existe%20energia%20limpa.pdf>. Acesso em: 05 mai 2010.

D'SA, Antonette. **Integrated resource planning (IRP) and power sector reform in developing countries**. Energy Policy. v. 33, p. 1271-1285, 2005.

ELETROBRÁS. **Centrais Elétricas Brasileiras**. Disponível em: <http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMIS293E16C4PTBRIE.htm>. Acesso em: 15 mai 2010.

_____. **Manual das diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's)**. 2001.

_____. **Metodologia para Regionalização de Vazões**. 1985.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Disponível em: disponível em www.epe.gov.br. Acesso em: 24 abr 2010.

FAVARETTO, José A. **Biologia** — Volume Único, 1999 e **Biologia** — **Uma abordagem evolutiva e ecológica**. Editora Moderna. São Paulo: 1997. Disponível em: <http://www.moderna.com.br/moderna/fisica/faces/Cap.43.pdf>. Acesso em: 05 mai 2010.

GOLDEMBERG, J; VILLANUEVA, L. D. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. Edusp. São Paulo, 2003.

LAKATOS, E. M, MARCONI, M. de Andrade. **Metodologia de Trabalho Científico**. São Paulo: Atlas, 2001.

LEITE, M. A. **Impacto Ambiental das Usinas Hidrelétricas**. II Semana do Meio Ambiente. UNESP. Ilha Solteira, junho 2005.

O uso da água para produção de energia. Disponível em: <http://revistaescola.abril.com.br/geografia/pratica-pedagogica/uso-agua-producao-energia-503805.shtml>. Acesso em: 12 mai 2010.

SANTOS, Afonso Henriques Moreira. **As fontes alternativas de energia e o empresarismo descentralizado: potencialidades e obstáculos para a sua expansão no Brasil**. Itajubá: CERNE – UNIFEI, 2003.

SOUSA, W. L. **Impacto Ambiental de Hidrelétricas: Uma Análise Comparativa de Duas Abordagens**. Dissertação (Mestrado em Ciências). COPPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.

UDAETA, M.E.M. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos para o Setor Elétrico-PIR-(Pensando o Desenvolvimento Sustentados)**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Brasil, 1997.