

JOSÉ CARLOS DOS SANTOS

**ANÁLISE DA REVITALIZAÇÃO DE PEQUENAS CENTRAIS
HIDRELÉTRICAS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA, PROMOÇÃO DO
ECOTURISMO E DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA REGIÃO DO
VALE DO PARAÍBA E SERRA DA MANTIQUEIRA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia, para a obtenção do título de Especialista em Formas Alternativas de Energia.

Orientador: Prof. Ms. Luciano Mendes dos Santos

LAVRAS - MG
2007

JOSÉ CARLOS DOS SANTOS

**ANÁLISE DA REVITALIZAÇÃO DE PEQUENAS CENTRAIS
HIDRELÉTRICAS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA, PROMOÇÃO DO
ECOTURISMO E DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA REGIÃO DO
VALE DO PARAÍBA E SERRA DA MANTIQUEIRA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia, para a obtenção do título de especialista em Formas Alternativas de Energia.

APROVADA EM ____ de _____ de ____

Prof.

Prof.

Orientador: Prof. Ms. Luciano Mendes dos Santos

LAVRAS – MG
2007

Aos meus pais, pelo incondicional apoio e por não pouparem esforços na educação dos filhos.

À Universidade Federal de Lavras e à toda sua equipe responsável pela realização deste curso de pós-graduação.

Ao meu orientador, Prof. Ms. Luciano Mendes dos Santos, pelo incentivo e pelas valiosas orientações e esclarecimentos dados durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Gilmar Tavares, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Formas Alternativas de Energia, pelo apoio e paciência, principalmente durante as dúvidas que surgiram para a escolha do tema desta monografia.

À Profa. Magaly Mota Resende de Carvalho, Diretora da Etec Prof. José Sant'Ana de Castro, e à Profa. Ângela Guedes, Diretora do Colégio Dinâmico, pelo incondicional apoio dado durante a realização deste trabalho.

À Professora Regina Célia da Costa Jardim, da Etec Prof. José Sant'Ana de Castro, pelo incentivo, pelas valiosas informações quanto à Língua Portuguesa, sempre dadas antes do sinal de entrada para as aulas e pelo trabalho de correção desta monografia.

Aos meus alunos e ex-alunos trilheiros da Etec Prof. José Sant'Ana de Castro, pela amizade e pelas grandes trilhas realizadas, as quais acabaram conhecer o objeto de estudo deste trabalho.

Aos alunos e ex-alunos da Etec Prof. José Sant'Ana de Castro, participantes do Projeto Rio Paraíba do Sul: preservando o Futuro, pelo brilhante empenho nos trabalhos de estudo e pesquisa, o que acabou por motivar esta pós-graduação na área de meio ambiente, particularmente em energia alternativa.

Ao meu ex-aluno e amigo Tiago Henrique Nogueira, pelo imprescindível auxílio na elaboração dos slides de apresentação, sempre com entusiasmo, dinamismo e competência, marcas registradas de sua passagem pela Etec Prof. José Sant'Ana de Castro.

Ao meu aluno Victor Luiz N. C. Muccelin, do Colégio Dinâmico, pelo auxílio no contato com a equipe da Alusa, em Queluz – SP.

Aos amigos Tiago Cândido Ribeiro, Danilo Neves, Fernando Cândido Ribeiro e Ana Flávia pela companhia em algumas viagens, à procura de dados e fotos, sempre com alegria, animação e espírito de aventura.

Ao Hugo Yamagushi e à Samira Beviláqua, ambos da CSPE, pela atenção e pelas suas valiosas contribuições, sem a qual seria quase impossível conseguir dados importantes da Usina de Cunha e de outras pequenas centrais hidrelétricas do estado de S. Paulo.

Ao Prof. Fábio Ricci, da UNITAU, pelos esclarecimentos sobre vários fatos a respeito da história das usinas hidrelétricas no Vale do Paraíba, inclusive enviando material muito útil a esta pesquisa.

À equipe do Departamento de Comunicação da Emae, pela atenção e rapidez na resposta aos meus e-mails solicitando informações de algumas usinas hidrelétricas.

Ao Engenheiro Vinícius Olival, da Alusa, pela atenção às minhas solicitações de informações sobre as PCHs em construção em Queluz e Lavrinhas.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS	02
LISTA DE FIGURAS	04
LISTA DE TABELAS	06
RESUMO	08
INTRODUÇÃO	09
REVISÃO DE LITERATURA	10
1 O QUE É UMA PCH	10
1.1 Estudo de viabilidade	11
2 UM BREVE HISTÓRICO DAS PCHS PAULISTAS	13
2.1 As usinas hidrelétricas na região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira	15
3 REVITALIZAÇÃO E REPOTENCIALIZAÇÃO DE PCHS	21
3.1 A revitalização de PCH em Itajubá	26
3.2 Cunha	27
3.2.1 A antiga usina hidrelétrica de Cunha	28
3.2.2 Uma proposta de trabalho interdisciplinar na Usina de Cunha	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS	44

LISTA DE SIGLAS

Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
Cemig	Companhia Energética de Minas Gerais
Cesp	Companhia Energética de São Paulo
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz - SP
CSPE	Comissão de Serviços Públicos de Energia – SP
CTI	Companhia Taubaté Industrial (Taubaté – SP)
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNAE	Departamento Nacional de Águas e Energia
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
Emae	Empresa Metropolitana de Águas e Energia – SP
Eng	Engenheiro
ERJ	Edward Ricardo Júnior
Etec	Escola Técnica Estadual
Fapesp	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FL	Força e Luz
FSL	Fazenda São Luís
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas – SP
Imbel	Indústria de Material Bélico do Brasil (Piquete – SP)
LF	Luz e Força
m	metro
km	quilômetro
km^2	quilômetro quadrado
kV	quilovolt
kW	quilowatt
MCL	Mineração Corrêa Ltda.
MW	megawatt

m^3 / s	metro cúbico por segundo
Nobrecel	Nobrecel S.A. Celulose e Papel
PAEDA	Parque de Alternativas Energéticas para o Desenvolvimento Auto-Sustentável (Itajubá – MG)
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PMC	Prefeitura Municipal de Cunha – SP
PMSLP	Prefeitura Municipal de S. L. do Paraitinga – SP
rpm	rotações por minuto
S	Sul
UHGRH	Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
Unesp	Universidade Estadual Paulista - SP
Unifei	Universidade Federal de Itajubá – MG
Unitau	Universidade de Taubaté - SP
W	Leste

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da Região do Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Litoral Norte com a localização das PCHs	62
Figura 2 – Mapa ampliado com a localização das Usinas Bocaina (Cachoeira Paulista), Isabel (Pindamonhangaba) e Sodré (Guaratinguetá), pertencentes à Emae	63
Figura 3 – Antiga cidade de Reden�o da Serra	64
Figura 4 – Cachoeira do Pimenta	64
Figura 5 – Trecho da estrada de acesso para a Cachoeira do Pimenta	65
Figura 6 – Barragem da usina de Cunha, no final da trilha	65
Figura 7 – Prédio da casa de força da usina de Cunha	66
Figura 8 – Foto de um dos quadros pendurados na parede da casa de máquinas	66
Figura 9 – Turbina e gerador no interior da casa de máquinas	67
Figura 10 – Vista do rio a partir do <i>deck</i>	67
Figura 11 – Vista do <i>deck</i>	68

Figura 12 – Vista do <i>deck</i> , com destaque para as mesas	68
Figura 13 – Cachoeira próxima à usina	69
Figura 14 – Duto que chega à casa de força	69
Figura 15 – Trilha	70
Figura 16 – Trilha	70
Figura 17 – Vista de uma cachoeira a partir da trilha	71
Figura 18 – Outra vista do rio a partir da trilha	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Destino da Energia de PCHs	45
Tabela 2 – Pequenas Centrais Hidrelétricas na UHRGH - 1 (Mantiqueira)	46
Tabela 3 – Pequenas Centrais Hidrelétricas na UHRGH – 2 (Paraíba do Sul)	47
Tabela 4 – Pequenas Centrais Hidrelétricas no Vale do Paraíba – Situação em 1941	48
Tabela 5 – Geração de Energia Elétrica na Região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira – Usinas Hidrelétricas em Operação	53
Tabela 6 – Geração de Energia no Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira – Repotencialização e Revitalização	54
Tabela 7 – Geração de Energia no Vale do Paraíba – PCHs outorgadas pela Aneel	57
Tabela 8 – Comparação da potência instalada e área inundada de quatro PCHs do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira com as grandes usinas do Estado de S. Paulo	58
Tabela 9– Comparação da potência instalada e área inundada de seis PCHs do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira com as grandes usinas do Estado de S. Paulo	59

Tabela 10 – Usina de Cunha	60
Tabela 11 – Assuntos a serem trabalhados no Ensino Médio com referência à PCH de Cunha	61

RESUMO

A necessidade de gerar mais energia para atendimento à demanda, com o mínimo impacto ambiental, fez com que se voltasse a atenção às pequenas centrais hidrelétricas (PCH). Pode-se afirmar que as pequenas centrais hidrelétricas são uma fonte alternativa de energia, pois são menos dispendiosas e causam menor impacto ambiental, já que seus reservatórios não inundam grandes áreas.

Assim, a revitalização e/ou repotencialização de PCHs pode ser uma opção ainda mais barata, pois aproveita instalações de antigas usinas hidrelétricas paralisadas ou desativadas, não necessitando de grandes obras. Além disso, não causa impacto adicional, pois já estão construídas.

Deve-se ressaltar que no início da década de 40, o Vale do Paraíba contava com vinte e três pequenas centrais hidrelétricas em funcionamento. Atualmente possui treze pequenas centrais hidrelétricas catalogadas pela CSPE, dez das quais não estão operando e poderiam ser revitalizadas e até mesmo repotencializadas, lembrando que a repotencialização consiste no aumento da potência instalada das PCHs através da substituição de equipamentos antigos por outros mais modernos e eficientes.

Portanto, além da geração de energia com menor impacto, as PCHs poderiam ser utilizadas para promover o ecoturismo e a educação ambiental, com programas adequados a estudantes e turistas.

INTRODUÇÃO

Há pouco mais de sete anos o envolvimento do autor deste trabalho nas questões ambientais tem se tornado bem maior. Descobriu-se o gosto pelos esportes ligados à natureza (*trekking* e montanhismo) e pelos acampamentos. Trabalhou como docente e coordenador de um curso técnico em meio ambiente e coordenou por dois anos um projeto na área de educação ambiental junto a uma das escolas que leciona. Este último fato foi decisivo na escolha de um curso de especialização na área de energia alternativa. Desta forma, o autor achou interessante escolher um tema de monografia que aliasse o conhecimento que obteve nas disciplinas da pós-graduação a estes elementos de sua experiência pessoal e profissional.

Logo, o presente trabalho expõe a situação das pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Vale do Paraíba e, além disso, faz um estudo sobre a viabilidade de revitalizá-las, tendo em vista, a geração de energia, a promoção do ecoturismo e a contribuição para a conscientização ambiental das pessoas que visitariam essas centrais.

As pequenas centrais hidrelétricas constituem-se numa importante forma alternativa de energia e podem ajudar o país a suprir a demanda por este serviço. É por esta razão que Governo Federal tem incentivado sua implantação, através de mudanças na legislação que as tornem viáveis economicamente.

Todas as fotos colocadas neste trabalho foram tiradas pelo próprio autor, em suas trilhas ou visitas feitas às localidades a que se refere o texto.

REVISÃO DE LITERATURA

1 – O QUE É UMA PCH

O artigo 2º. da Resolução Aneel nº 394, de 4 de dezembro de 1998, estabelece os critérios para enquadramento dos projetos hidrelétricos na condição de pequenas centrais hidrelétricas (PCH):

Os empreendimentos hidrelétricos com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, com área de reservatório igual ou inferior a 3,0 km^2 , serão considerados como aproveitamentos com características de pequenas centrais hidrelétricas. (ANEEL, 1998).

Posteriormente, a Resolução Aneel nº 652, de 9 de dezembro de 2003, vêm complementar e ampliar a definição anterior. Para este trabalho é interessante destacar o artigo 3º dessa resolução:

Será considerado com características de PCH o aproveitamento hidrelétrico com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, destinado a produção independente, autoprodução ou produção independente autônoma, com área de reservatório inferior a 3,0 km^2 . (ANEEL, 2003)

Segundo esta mesma resolução, no caso de usinas cujo reservatório exceda o limite de 3,0 km^2 , ainda podem ser consideradas PCHs se obedecerem a uma das duas condições abaixo:

- I. Atendimento à inequação $A \leq \frac{14,3.P}{H_B}$, onde A é a área do reservatório (em km^2), P é a potência elétrica instalada (em MW) e H_B é a queda bruta (em m), definida pela diferença entre os níveis de água máximo normal de montante e normal de jusante;

II. Reservatório cujo dimensionamento, comprovadamente, foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica.

Na primeira condição, a legislação acrescenta que a área do reservatório não poderá exceder 13 km^2 . De acordo com Santos (2005), as usinas com potência até 100 kW são classificadas como micro-centrais hidrelétricas e as de 100 até 1000 kW são denominadas mini-centrais hidrelétricas.

A CSPE (2004) classifica como PCH¹ as usinas com potência instalada maior do que 1 e até 30 MW e como CGH as usinas com potência instalada igual ou menor do que 1 MW, mas no livro *Pequenas Centrais Hidrelétricas do Estado de São Paulo* o termo PCH inclui as CGHs.

1.1 Estudo de viabilidade

Segundo Moreira; Pinaud; Barreto; Freitas (2007); o estudo de viabilidade para a implantação de PCHs se faz através de três elementos fundamentais: recurso hidráulico, transporte de energia elétrica e destino da energia.

Um recurso hidráulico é definido por uma queda e um regime de vazão. Para o aproveitamento de um recurso hidráulico, alguns critérios devem ser observados, tais como condições naturais (localização, meios de acesso, geologia, relevo, tipo de instalação projetada), disponibilidade, regularidade e flutuação (como por exemplo, variações periódicas ou sazonais da vazão do rio, hidrologia, climatologia, estiagem, regime de enchentes naturais) e comportamento em casos excepcionais (como por exemplo, grandes enchentes).

Os autores acima ainda afirmam que para o projeto de uma PCH é importante considerar o custo de transporte da energia. Na medida do possível, a

¹ Neste trabalho a expressão PCH englobará também as microcentrais e minicentrais hidrelétricas.

localização do ponto de geração deve ser próxima ao ponto do consumo potencial ou de uma linha de transmissão, para que os custos de transporte de energia sejam reduzidos.

Deve-se também levar em conta as necessidades a serem atendidas, a situação energética do local, as conexões disponíveis, as obras existentes, as evoluções previsíveis do consumo da energia, os casos limites de utilização e a rentabilidade esperada.

O terceiro elemento – destino da energia – diz respeito à utilização prevista para a instalação, em termos de consumo. Uma PCH pode atender às necessidades de uma condição existente, tais como cidade ou grupo de aldeias e povoados ou servir, em locais pré-determinados, de pólo de desenvolvimento da demanda, alimentando pequenas fábricas e indústrias. A TABELA 1 apresenta um balanço de potências que é geralmente utilizado.

2 BREVE HISTÓRICO DAS PCHS PAULISTAS

No final do século XIX e na primeira metade do século XX, de acordo com Maranhão (2004), as PCHs foram imprescindíveis para o desenvolvimento do Estado de S. Paulo, pois as primeiras PCHs paulistas destinavam-se a iluminação de casas e ruas, para o que não se exigia grande potência, justificando-se, então, o pequeno dimensionamento da maioria dessas usinas.

Entretanto, o desenvolvimento da indústria a partir da Primeira Guerra Mundial exigiu a instalação de PCHs para atender à demanda crescente de energia. No interior paulista essas PCHs foram construídas por pequenas empresas municipais ou pelas próprias indústrias. Entre 1905 e 1920, várias PCHs foram construídas. No Vale do Paraíba paulista destacam-se as usinas Sodré, em Guaratinguetá (1912), Bocaina, em Cachoeira Paulista (1912) e Isabel, em Pindamonhangaba (1915). Já na capital paulista e seus arredores, o abastecimento era monopolizado pela Light².

A partir de 1930, o Estado passa a intervir no setor elétrico. “Entre 1933 e 1934, teve início uma ampla elaboração legislativa que objetivava facilitar o controle estatal das fontes de energia, tendo como centro o importante Código das Águas, que incorporou quedas d’água ao patrimônio da União e deu a ela a competência exclusiva para outorgar concessões de geração e distribuição de energia elétrica.” (MARANHÃO, 2004: 236).

Criado em 1939, o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica – CNAEE, em 1965 deu origem ao Departamento Nacional de Águas e Energia (DNAE) e depois em 1968, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), fatos estes que marcaram o início da intervenção estatal no setor elétrico.

² *The São Paulo Tramway, Light and Power Company Limited* – empresa constituída por um grupo de capitalistas canadenses, autorizada a funcionar no Brasil em 1899. Neste mesmo ano comprou os direitos de concessão para operar o transporte urbano por meio de bondes elétricos e ampliou seus direitos para o fornecimento de energia à cidade de São Paulo.

Na década de 50, surgem as primeiras formas de planejamento do setor, como o Plano Básico Energético de S. Paulo (1951) e o Plano Nacional de Eletrificação (1954).

A partir da Segunda Guerra Mundial, o rápido processo de industrialização do país faz com que a demanda de energia elétrica fosse aumentada.

As PCHs foram estimuladas por essa demanda, mas com muito menos força: a intervenção estatal visava às obras de grande escala e as macro-soluções, ou, como se dizia, a **passagem da era do quilowatt para a do megawatt**. A inauguração de Furnas, em 1961, foi um dos marcos decisivos dessa passagem, que levaria a edificação de usinas poderosas como as de Ilha Solteira e a gigantes caras como a de Itaipu. (MARANHÃO, 2004: 236).

A partir de 1960, várias PCHs pertencentes a grandes empresas, tenderam a ser desativadas, mas no início dos anos 70, época do chamado “milagre brasileiro”, as companhias estatais tiveram um crescimento vertiginoso. *“A estatal Centrais Elétricas de S. Paulo, antigo nome da Cesp, passava a gerar eletricidade em abundância e se tornou a maior distribuidora de energia em boa parte do interior de S. Paulo”* (CAMPOS, 2001: s/p). Este fato contribuiu para a desativação e o abandono das PCHs, no estado de S. Paulo.

Segundo Maranhão (2004), no início da década de 90, as causas ambientais ganharam força. No setor elétrico, as críticas dos ambientalistas se concentraram contra os projetos nucleares e contra os projetos de grandes barragens. Assim, os impactos ambientais gerados por estas últimas são devidos principalmente ao alagamento de grandes áreas, fazendo até mesmo desaparecer cidades inteiras.

Piedade; Morais (2007) destacam o esgotamento da capacidade do Estado (tanto no âmbito federal como estadual) de suportar investimentos de expansão do setor elétrico para acompanhar o crescimento da demanda. Iniciou-se, então, a partir de 1995, o processo de privatização do setor elétrico brasileiro.

(...) Assim, sob forte pressão do rápido crescimento do mercado o Governo passou a atuar em quatro linhas básicas de ação: Regulação,

Retomada de Obras, Privatização/Saneamento das Estatais e Organização do Mercado e Reestruturação Institucional. A fase de reestruturação institucional permitiu o surgimento do ente regulador Aneel e a promulgação de diversas leis que redundaram em ofertas atraentes para os empreendedores interessados em investir nas pequenas centrais hidrelétricas. (...) (PAULON; MARTINS NETO, 1999: 274)

Já no início deste século, mais precisamente no ano de 2001, o Brasil vivenciou momentos difíceis no que diz respeito à geração de energia, com o nível de água dos reservatórios das usinas muito baixo, o risco de um “apagão” se tornava evidente. A partir daí, vislumbrou-se nas obras de menor porte, como as termelétricas e PCHs, saídas para a crise energética brasileira. No atual século são as PCHs que despontam como uma fonte de energia alternativa para fortalecer a promoção do desenvolvimento sustentável em nosso país.

2.1 As usinas hidrelétricas na região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira

A região Vale do Paraíba e da Serra da Mantiqueira possui treze pequenas centrais hidrelétricas catalogadas pela Comissão de Serviços Públicos de Energia (CSPE), do Estado de S. Paulo, em 2004. Destas, dez estão paralisadas e/ou desativadas. Na catalogação, a CSPE (2004) utiliza-se do termo paralisada para o empreendimento que dispõe de equipamentos de geração instalados, mas que não estão em operação, já o termo desativada é utilizado para empreendimentos onde não há equipamentos e sistemas de adução e geração instalados.

Uma análise dos dados das usinas listadas pela CSPE (2004) leva a concluir que as pequenas centrais hidrelétricas começaram a ser construídas e a entrar em operação na região do Vale do Paraíba a partir do início do século XX, a exemplo do que ocorreu em todo o Estado de S. Paulo.

A Usina Turvo, em S. José dos Campos entrou em operação em 1907, as Usinas Sodré em Guaratinguetá e Bocaina em Cachoeira Paulista, ambas em 1912 e a Usina Isabel, em Pindamonhangaba, em 1915.

Segundo Dino; Melo Junior; Oliveira; Kim (2007), a Usina Sodré teve como proprietária a Companhia Luz e Força de Guaratinguetá. De acordo com a Fundação Energia e Saneamento (2007), a empresa foi criada em 05 de janeiro de 1904 e tinha por finalidade gerar e distribuir energia elétrica. Em 1928, foi adquirida pela *The São Paulo Tramway, Light and Power Company Limited*, e em julho de 1953 foi incorporada pela Companhia de Eletricidade São Paulo e Rio. Ainda segundo a Fundação Energia e Saneamento (2007), sua área de concessão em 1935 era Guaratinguetá e em 1941 esta área incluía Aparecida.

Na década de 20, entravam em operação a Usina do Chapéu, em São Luís do Paraitinga (1925), construída para suprimento de energia da cidade e a Usina Vaticano, em Roseira (1926), construída para alimentar os equipamentos da Companhia Agrícola e Industrial Cícero Prado e para suprir a demanda de energia das casas de operários e da cidade de Aparecida.

Em 1930, era inaugurada a Usina Fojo, em Campos do Jordão.

Na década de 50 outras duas PCHs começavam a funcionar: Capitão Mor II, em Arapeí (1955) e a Usina de Cunha, localizada na cidade de mesmo nome (1958). Outra pequena usina que funcionou na região, mas que não há informações sobre a sua data de construção ou operação, foi a Usina Capitão Mór I, em Arapeí.

A TABELA 2 lista as pequenas centrais hidrelétricas da região da Serra da Mantiqueira e a TABELA 3 lista as do Vale do Paraíba, catalogadas pela CSPE, com informações quanto às condições de instalação, tais como: município, atual proprietário, rio (no item drenagem), potência, área inundada pelo reservatório e situação atual. A FIGURA 1 traz um mapa com a localização destas PCHs e a FIGURA 2 traz um mapa ampliado com a localização de três PCHs desativadas, pertencentes à Empresa Metropolitana de Águas e Energia (Emae), de S. Paulo.

Além destas treze usinas catalogadas pela CSPE, há registros de outras pequenas centrais que operaram na região. A TABELA 4 traz uma relação da situação das usinas hidrelétricas na região, em 1941. Nela se encontra um total de vinte e três usinas. Destas, dezessete ou não foram catalogadas pela CSPE ou são listadas com nomes, e até mesmo, municípios diferentes. Destacam-se dessa relação quatro usinas – a Usina de Piquete (na relação não consta o nome da mesma), a Usina Félix Guisard, a Usina Cícero Prado e a Usina Municipal.

Segundo o Ministério da Agricultura do Brasil (1942), a Usina de Piquete, inaugurada em 1906, era de propriedade do Governo Federal. De acordo com a Imbel³ (2007), sua denominação atual é Usina Rodrigues Alves e foi construída para gerar energia para a vila de casas da Fábrica de Pólvora e para a área urbana da cidade de Piquete. O prédio que abrigava a casa de máquinas está restaurado e hoje abriga um museu, mantido pela Imbel e cujo acervo conta a história da usina.

Segundo Campos (2001), a Usina Félix Guisard, em Redenção da Serra foi inaugurada em 1927 com a finalidade de gerar energia para a Companhia Taubaté Industrial (CTI). Desativada na década de 70, teve suas instalações inundadas pelo reservatório da Usina de Paraibuna.

A Usina Cícero Prado foi catalogada pela CSPE com a denominação Usina do Vaticano, localizada na cidade de Roseira. A sua localização na cidade de Aparecida, no ano de 1941, deve-se ao fato de que o município de Roseira só viria a existir em 1959⁴.

A Usina Municipal, em S. Luís do Paraitinga, também foi catalogada pela CSPE (2004) com outra denominação – Usina do Chapéu.

³ A Indústria de Material Bélico do Brasil – Imbel é de propriedade do governo federal e produz armamentos, dispositivos de comunicação e munição para uso militar.

⁴ Informação obtida através da Câmara Municipal de Roseira – São Paulo. Disponível em <http://www.camararoseira.sp.gov.br/index.php?sitesig=CMROSEIRA&page=CMROSEIRA_0010_Hist_ooria_da_cidade>. Acesso em 10 set. 2007, às 00:02.

A partir da década de 60, com o foco na construção de grandes usinas, as pequenas centrais hidrelétricas começaram a perder espaço, e seriam aos poucos paralisadas, desativadas e abandonadas. O comentário que Campos (2001), faz a respeito da Usina do Chapéu, ilustra bem o estado de abandono em que se encontram algumas PCHs:

(...) Durante muitos anos, todo o maquinário permaneceu intacto, mas o tempo e alguns malandros se encarregaram de transformar as instalações da Usina do Chapéu em sucata. Até o velho gerador foi desmontado e algumas peças roubadas. De outra parte, o telhado ameaçava desabar e todo o local, que tinha um panorama muito bonito, ficou tomado pelo mato. A Cesp se tornou proprietária do imóvel em 1970, desde que recebeu a concessão para distribuição de energia elétrica no município. Essa estatal nunca demonstrou qualquer interesse na preservação desse material, que já se tornara um marco importante para a história da eletricidade no município e da região. Em 1984, a estatal promoveu a destruição total da casa de máquinas e levou as peças que restaram para lugar incerto e não sabido. Quem parar sobre a ponte do Rio Chapéu, na altura do quilômetro 46 da Rodovia Osvaldo Cruz, que liga Taubaté a Ubatuba, poderá observar o que resta dessa usina: de um lado, a represa, ainda quase intacta; de outro, os restos do aqueduto. Tudo no mais completo abandono. Por onde andaré o maquinário da Usina do Chapéu, pertencente ao patrimônio cultural de São Luís do Paraitinga? (...) (CAMPOS, 2001: s/p)

Em 1977 entrou em funcionamento a Usina Jaguari, localizada no município de S. José dos Campos, com uma potência instalada de 27.600 kW. Seu reservatório inunda uma área de 56 km^2 .

Em 1978 a CESP colocava em operação a Usina Paraibuna, com 85.000 kW de potência. Seus dois reservatórios inundaram uma área total de 224 km^2 , chegando a cobrir a área das antigas cidades de Redenção da Serra e Natividade da Serra, que foram transferidas para um lugar mais alto, onde as águas não pudessem chegar. Da estrada que dá acesso à nova cidade de Redenção da Serra é possível ver o que restou da anterior – a Igreja Matriz e algumas poucas casas, protegidas das águas em épocas de muita chuva por um aterro e um muro. (VER FIGURA 3)

(...) Em plena Serra do Mar, a Mata Atlântica que cobria quase toda a paisagem foi alagada, restando somente áreas esparsas e os picos das montanhas para fora d'água. Esses cumes formaram mais de 200 "ilhas" em constante processo de assoreamento em suas margens. Hábitats foram alterados e a biodiversidade local foi reduzida. Jacus, macucos e jacutingas, aves típicas da fauna brasileira, outrora abundantes, praticamente sumiram da região. Hoje essas aves integram a lista de animais ameaçados de extinção. (...) (TAVARES, 2007: s/p)

E ainda, conforme a Prefeitura Municipal de Redenção da Serra (2007):

(...) A construção da grande represa do Paraitinga, em ligação com Paraibuna ocorrida no começo da década de 70, obra necessária, porém de inusitadas implicações, determinou o desaparecimento de Natividade da Serra e Redenção da Serra. Da velha Redenção da Serra, cheia de tradições e fatos históricos, uma parte característica não será atingida pelas águas que invadem a parte baixa de sua topografia; é a situada na parte mais alta: a Igreja Matriz, o sobrado com sacadas de ferro que sediava a Prefeitura e outros poucos sobrados e residenciais da rua Capitão Alvim, que restaram como 'memória urbana'. (...)

Além disso, deve-se ressaltar a afirmação de que:

(...) Depois, aproximadamente 150 anos de feliz existência, Natividade da Serra sofreu uma metamorfose: foi trasladada para um novo local, aproximadamente um quilômetro adiante na rodovia que liga a cidade a Taubaté. Essa mudança foi em consequência do represamento dos rios Paraibuna, Lourenço Velho, Rio do Peixe e Paraitinga, formando a represa da Cesp.(...) (CÂMARA MUNICIPAL DE NATIVIDADE DA SERRA, 2007: s/p).

Os reservatórios das Usinas Hidrelétricas Paraibuna e Jaguari têm como principal finalidade o controle da vazão do Rio Paraíba do Sul, que é o fornecedor de água para várias cidades do estado de S. Paulo e do Rio de Janeiro. A TABELA 5 mostra os dados referentes a estas duas usinas.

O texto reproduzido abaixo, embora não faça referência ao Vale do Paraíba, mas à região do sul de Minas Gerais, ilustra bem a implicação social produzida pela alteração do ambiente urbano, em virtude da construção de uma grande usina hidrelétrica:

(...) Em 1961 a represa de Furnas cobriu toda a cidade. Exatamente vinte e sete metros de água sobre a 'velha Fama'. A cidade foi reconstruída ao redor, mas as memórias e a história de Fama certamente ficaram sepultadas. Aqui outrora havia um rio, largo e bonito. Rio de peixes e esperanças. A pequena cidade subia à sua margem, como a contemplá-lo. Essa igreja que hoje beira o lago era no alto da cidade. Havia uma praça aqui. Era a Praça da Matriz, onde namorados vinham após a missa da tarde. Lá embaixo, a estação. A velha Rede Mineira de Viação e sua maria-fumaça alegre e barulhenta. Quando dobrava a curva, apitava aflita e resfolegando afoita se aproximava. Esperá-la era uma festa. Vinha gente em busca de novidades, à espera de notícias, curiosos para ver gente nova. Mais além, a ponte grande e do outro lado do rio, uma casa de muitas janelas e a capela de São José. No sul de Minas, talvez onde o sul é mais bonito, ficava Fama. Fica ainda, mas não é a mesma. Suas companheiras, Espera, Josino de Brito, Pontalete, Guapé, São José da Barra e outros trinta municípios tiveram a mesma sina. A Fama, poucos conheceram. Poucos que somente dela têm a lembrança dos carnavais e férias, das pescarias no rio Sapucaí. A notícia correu logo. Furnas entraria em funcionamento e a água viria. Desapareceria o rio, as casas, a estação. Iria a água, talvez, até na igreja. Não foi fácil acreditar. Mas, uma manhã cinzenta anunciou um dia a última viagem da maria-fumaça. Apitava o trem, uma, duas, três, dez vezes. Um apito doído de tristezas e saudade. Alguns ficaram até o último instante, quando a água já beirava as suas portas. Muitos perderam tudo e todos perderam muito. A Fama de agora foi construída atrás da igreja e a água sem fim chegou mesmo quase até ela. O rio Sapucaí é hoje um lago quieto, soturno. Guardam aqueles dezessete metros de água só uma cidadezinha morta, sem passado, sem história, sem memória. Ah, represa de Furnas ... Não foram por água abaixo apenas algumas cidades do sul de Minas. Afogaram com ela todas as tardes, todas as lembranças, nossas saudades, os risos, as vozes queridas. Quem não conheceu a Fama antiga acha lindo esse mundo de água. Nós não. Para nós este lago é só uma imensa lápide de uma cidade que amávamos. Lápide escura, sem nome, data, inscrição e flores. (NORONHA, 2005: s/p).

Atualmente, encontram-se em operação na região valeparaibana, além das duas grandes usinas, apenas três PCHs, estas últimas destinadas à geração de energia utilizada pelas empresas proprietárias: Capitão-Mór II, em Arapeí, no Vale Histórico⁵ e Marmelos I e Marmelos III em Campos do Jordão, na Serra da Mantiqueira.

⁵ Vale Histórico é a denominação dada à região onde estão as pequenas cidades do Vale do Paraíba que tiveram grande desenvolvimento no século XIX, e que acabaram decadentes no século XX, com o fim da monocultura do café. Estas cidades ficam às margens da rodovia dos Tropeiros e são também conhecidas como as "Cidades Mortas", através da obra homônima de Monteiro Lobato.

3 REVITALIZAÇÃO E REPOTENCIALIZAÇÃO DE PCHs

A busca de soluções para a crise energética brasileira, a partir de 2001, bem como a necessidade de encontrar formas de energia que não causem grande impacto ambiental, fez crescer o interesse pelas pequenas centrais hidrelétricas. Consideradas como fontes alternativas de energia, por causa de suas características, foram introduzidos dispositivos na legislação que incentivam os projetos de construção e/ou revitalização de pequenas centrais hidrelétricas. Esses dispositivos tornam menos burocrático o processo de outorga de tais empreendimentos e também desoneram as PCHs, isentando-as de algumas cobranças previstas na legislação.

No caso de revitalização de PCHs deve-se considerar, ainda, conforme Bianchi; Souza (2003), a possibilidade de repotencialização das mesmas. A repotencialização de PCHs consiste no aumento da potência gerada por elas, tomando como referência potência de projeto ou disponível atualmente (no caso de PCHs em operação). Isso pode ser realizado através da utilização de maquinário com rendimento superior ao utilizado por essas PCHs no passado.

Um bom exemplo a ser seguido é o da Cemig, que, segundo a Minas Norte (2007), em 2006, deu início a um projeto para repotencializar trinta e duas PCHs. Essa repotencialização será feita a partir da substituição de turbinas e geradores ou da reforma destas usinas. Isso gerará um ganho de potência e de energia assegurada, o que pode também ser revertido em ganho financeiro para a empresa.

Segundo Bianchi; Souza⁶ (2003), a revitalização de PCHs apresenta as seguintes vantagens:

- são de baixo custo, rápida implantação e rápido retorno financeiro;
- têm a possibilidade de se beneficiar das facilidades oferecidas pela legislação para as concessionárias comprarem o excedente de energia dos auto-produtores;
- praticamente não necessitam de desapropriações nem custos de conservação;

⁶ BIANCHI; SOUZA – professores doutores do Departamento de Engenharia da Universidade Estadual Paulista – Unesp – Campus de Guaratinguetá – SP.

- requerem mínimas obras civis;
- não causam impactos negativos ao meio ambiente, por já existirem e já estarem construídas, além de não poluírem;
- causam um impacto positivo por sua incomparável beleza e agregam valor aos mananciais d'água, incentivando a preservação pelas comunidades ao seu redor;
- possuem um grande valor histórico e um alto potencial turístico que pode e deve ser explorado de maneira racional.

A redução de custos durante a operação das pequenas centrais hidrelétricas também se justifica por outros fatores: as micro e pequenas centrais hidrelétricas podem ser autônomas, dispensando operadores e a legislação em vigor isenta do pagamento de compensação financeira a energia elétrica produzida por instalações geradoras de energia elétrica com potência inferior a 30.000 kW. Segundo Moczydlower (2006), o artigo 4º. da Lei 7990/89 contemplava a isenção desta taxa para as usinas hidrelétricas com capacidade nominal igual ou inferior a 10.000 kW. Posteriormente, a Lei 9648/98 estendeu esta vantagem às usinas com potência inferior a 30.000 kW.

Algumas PCHs podem também se tornar verdadeiros Centros de Educação Ambiental, o que agrega a elas um valor educacional, a exemplo do que ocorre com a Usina Luiz Dias, em Maria da Fé – MG.

Ainda segundo Bianchi; Souza (2003), o custo estimado para a repotencialização de minis e pequenas centrais hidrelétricas é de aproximadamente US\$ 210,00 por kW instalado, enquanto o custo médio para a construção de uma nova central hidrelétrica é de US\$ 1.500,00 por kW instalado.

A repotencialização de PCHs pode ser uma boa alternativa para a emissão de créditos de carbono. Isso pode ser feito com a venda de Reduções

Certificadas de Emissão, através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)⁷ criado pelo Tratado de Kyoto⁸. Segundo a Agência de Desenvolvimento Tietê-Paraná (2007), a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), por exemplo, está concluindo o processo de comercialização de créditos referentes à modernização das PCHs instaladas em S. Paulo.

A revitalização e repotencialização de PCHs torna-se, portanto, uma alternativa que pode ajudar a resolver, ou pelo menos contornar o problema da geração de energia para atender à demanda crescente. Através da tabela 6, pode-se verificar que, atualmente, as PCHs em operação no Vale do Paraíba somam uma potência instalada de 680 kW. Fazendo-se uma estimativa do incremento de potência que estaria disponível a partir da reativação e/ou repotencialização das PCHs paralisadas e/ou desativadas na região, obtém-se o valor de 8.814 kW. Neste valor não está sendo considerada a potência referente à Usina Turvo, de São José dos Campos, pois esta não tem possibilidade de ser reativada, em virtude de que suas instalações foram parcialmente cobertas pela água do reservatório da represa do Jaguari.

De acordo com a classificação da TABELA 1, no caso das PCHs do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira, há cinco PCHs que poderiam ser utilizadas para suprir uma pequena fábrica (Capitão-Mór I, Chapéu, Cunha, Fojo e Marmelos II). Outras quatro usinas poderiam suprir a demanda de uma vila: Vaticano (200 famílias), Bocaina (300 famílias), Sodré (1000 famílias). A Usina Isabel poderia alimentar uma rede local.

É importante salientar que os valores de potência utilizados para as usinas Bocaina, Sodré e Isabel contemplam a repotencialização das mesmas. Para as outras usinas citadas no parágrafo anterior foram utilizados os valores de potência inicial

⁷ O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) estabelece a possibilidade de um país que tenha compromisso de redução adquirir, como forma de cumprir parte de seus compromissos, certificados de redução de emissões de gases de efeito estufa em projetos gerados em países em desenvolvimento.

⁸ O Tratado ou Protocolo de Kyoto é um acordo internacional que estabelece metas de redução de gases poluentes para os países industrializados. Oficialmente, entrou em vigor em 16 fev. 2007.

de projeto. Portanto, ainda há a possibilidade de se aumentar a potência disponível destas usinas, fazendo-se a sua repotencialização.

Nessa mesma região a Aneel outorgou a construção de três PCHs, o que pode ser verificado na TABELA 7. Somente as usinas de Lavrinhas e Queluz, quando estiverem em funcionamento, gerarão energia suficiente para 180 mil casas, atendendo oito cidades da região – Areias, Bananal, Arapeí, S. José do Barreiro, Silveiras, Cruzeiro, Lavrinhas e Queluz e inundarão uma área de 0,950 km^2 . Somando-se a potência das usinas de Lavrinhas e Queluz, o incremento seria de 60.000 kW. Destaque-se que para a implantação da usina de Lavrinhas foi necessária a remoção de apenas duas famílias. No caso da usina de Queluz não houve necessidade de remover nenhuma pessoa.

Assim, no total, com a reativação e/ou repotencialização das antigas PCHS e a construção de novas PCHs, o incremento de potência disponível na região do Vale do Paraíba seria de 75.814 kW.

Infelizmente não estão disponíveis dados importantes de todas as usinas pesquisadas. Mas ainda é possível se fazer uma real comparação das PCHs com as grandes usinas, no que diz respeito à potência instalada e à área inundada por seus reservatórios. As PCHs Bocaina, em Cachoeira Paulista, Fojo, em Campos do Jordão, Isabel, em Pindamonhaganba e Sodré, em Guaratinguetá, poderiam disponibilizar juntas 7.644 kW de potência, tendo seus reservatórios uma área inundada total de 0,3921 km^2 . Essa potência corresponde a aproximadamente 9,0% da potência da Usina Paraibuna. A área inundada pelas PCHs juntas corresponde a 0,18% da área inundada pelas represas de Paraibuna.

Uma justificativa a favor da Usina Paraibuna poderia ser o fato de que seus reservatórios também servem para regularizar a vazão do Rio Paraíba, com o objetivo de abastecimento de água de cidades dos estados de S. Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Então, uma comparação com outras grandes usinas faz-se necessária.

Essa comparação será feita com grandes usinas hidrelétricas instaladas no Estado de S. Paulo, todas de propriedade da Cesp. A Usina Hidrelétrica Três Irmãos

tem potência instalada de 807,50 MW e seu reservatório tem área de 785 km^2 . A potência instalada das quatro PCHs corresponde a aproximadamente 0,95% da potência de Três Irmãos. A área inundada pelas PCHs corresponde a aproximadamente 0,050% da área inundada pelo reservatório de Três Irmãos.

A Usina Hidrelétrica Sérgio Motta (conhecida como Usina Hidrelétrica Porto Primavera), tem potência instalada de 1.540 MW e seu reservatório inunda uma área de 2.250 km^2 . A potência instalada das quatro PCHs listadas anteriormente corresponde a aproximadamente 0,50% da potência de Porto Primavera e a área inundada pelas PCHs juntas corresponde a 0,017%.

A Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias, conhecida também como Jupuíá, tem potência instalada de 1.551,2 MW e seu reservatório ocupa uma área de 330 km^2 . A potência instalada das quatro PCHs em referência corresponde a aproximadamente 0,50% da potência de Jupuíá. A área inundada pelo conjunto das PCHs corresponde a 0,12% da área inundada por Jupuíá.

A Usina Hidrelétrica Ilha Solteira, a maior do estado de S. Paulo e uma das maiores do país, tem potência instalada de 3.444 MW e seu reservatório inunda uma área de 1.195 km^2 . A potência instalada das quatro PCHs em questão corresponde a aproximadamente 0,22% da potência de Ilha Solteira. A área inundada pelas PCHs somadas corresponde a 0,030% da área inundada por Ilha Solteira. A TABELA 8 faz um resumo desses dados, tornando mais fácil a sua visualização.

Se forem consideradas juntas as quatro antigas PCHs e as duas novas PCHs de Queluz e Lavrinhas, a potência disponível subiria para 67.644 kW, e a área inundada seria de 1,3421 km^2 .

Novamente a comparação com grandes usinas hidrelétricas, como feito anteriormente será útil, e os resultados dela podem ser vistos na TABELA 9. Estas considerações mostram que as PCHs têm uma área inundada muito menor do que as grandes hidrelétricas para gerar a mesma potência.

A FIGURAS 1 e 2 também evidenciam um outro fato que coloca as PCHs em vantagem quando comparadas com as grandes usinas hidrelétricas: além de uma área inundada muito menor, é preciso levar-se em consideração que esse valor não está concentrado em somente um único reservatório, mas distribuído por vários reservatórios menores, em localidades diferentes e em rios diferentes. Isto pode reduzir ainda mais o impacto ambiental que a implantação de uma PCH pode trazer. Acrescente-se ainda que, no caso da Usina Paraibuna, a Cesp teve grandes despesas com a desapropriação das áreas das antigas cidades de Redenção da Serra e Natividade da Serra e com as medidas para mitigar o grande impacto ambiental causado por sua implantação. O menor impacto ambiental e o menor custo vêm a ser dois fortes argumentos em favor das PCHs.

3.1 A revitalização de PCH em Itajubá

A Universidade Federal de Itajubá – Unifei foi a responsável pela revitalização de uma pequena central hidrelétrica – a Usina Luiz Dias. Atualmente, a operação da mesma está sob a responsabilidade da própria universidade, através de convênio firmado com a Cemig. A usina está interligada ao sistema e a energia gerada é comercializada pela instituição, e também, serve como laboratório de estudos dos cursos de graduação, pós-graduação e extensão oferecidos pela Unifei.

Segundo o Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas (2007), na revitalização da usina foi necessária a recuperação de vários equipamentos, e a instituição contou com a parceria de empresas como *Alstom Power*, RTR Engenharia e Cemig.

Na área da usina foi implantado o Parque de Alternativas Energéticas para o desenvolvimento auto-sustentável – PAEDA, que é um ambiente propício para a aprendizagem sobre formas alternativas de energia.

Segundo o PAEDA (2007), o parque oferece cinco trilhas aos visitantes – Trilha da Energia, Trilha do Jequitibá, Trilha do Gerivá, Trilha do Cipó e Trilha do Jacu. Os equipamentos disponíveis são: Bomba de Corda, Carneiro Hidráulico, Monjolo, Painel Fotovoltaico, Roda d'água, Micro-centrais e Cata-vento. Com essa infraestrutura, o PAEDA oferece cursos e atividades que visam conhecer a PCH Luiz Dias e a geração de energia, através de hidrelétricas.

O público alvo do PAEDA é constituído por alunos do Ensino Fundamental, Médio e Superior, profissionais da área de energia e meio ambiente, proprietários rurais, ecoturistas e o público em geral.

3.2 Cunha

A Estância Climática de Cunha⁹, apesar de ser o maior município em área territorial do estado de S. Paulo, é uma pequena cidade, com uma população de apenas 26.000 habitantes. Está situada numa região de altitude entre 900 m a 1.600 m e é um local privilegiado pelo ar puro e seco das montanhas, pelas nascentes e cachoeiras de águas cristalinas e pelas trilhas para caminhadas em trechos remanescentes de preservação da Mata Atlântica.

O acesso à cidade pode ser feito, a partir de Guaratinguetá – SP, por meio da Rodovia Paulo Virgílio – SP 171 (47 km, tendo como referência a saída 65, da via Dutra) e a partir de Paraty, por meio da estrada Paraty-Cunha (43 km, sendo 9 km em trecho de terra).

O município abriga o Parque Estadual da Serra do Mar¹⁰, estratégico na formação da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul. Essa importância se justifica pelo fato de o município ser banhado pelos rios Paraitinga e Paraibuna, formadores do Rio

⁹ Os dados de Cunha foram obtidos através de folheto de divulgação editado pela Secretaria Municipal de Turismo e Cultura de Cunha.

¹⁰ As informações a respeito do Parque Estadual da Serra do Mar foram obtidos através de folheto de divulgação editado pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

Paraíba do Sul. A economia do município está baseada no turismo, na agricultura e na pecuária.

O ecoturismo é um dos pontos fortes de Cunha¹¹. São quatro cachoeiras que podem ser visitadas – Cachoeira do Mato Limpo, Cachoeira do Pimenta (local onde se encontra uma pequena usina hidrelétrica paralisada), Cachoeira do Desterro e Cachoeira do Jericó. A FIGURA 4 traz uma vista da Cachoeira do Pimenta. Além disso, é possível se fazer uma caminhada até a topo da Pedra da Macela (1.840 m de altitude), onde é possível contemplar a Serra da Bocaina, a cidade de Paraty e o litoral. Já dentro do Parque Estadual da Serra do Mar, há três trilhas disponíveis – a Trilha do Rio Paraibuna, auto-guiada, com cerca de dois quilômetros de percurso, margeando o rio de mesmo nome, as Trilhas da Cachoeira, com 14.400 m de extensão e do Rio Bonito, com 7.600 m de extensão. Essas duas últimas trilhas são autorizadas somente com agendamento prévio e acompanhamento de guia, oferecido pelo próprio parque.

3.2.1 A antiga Usina Hidrelétrica de Cunha

Denominada Usina do Encontro, a antiga usina hidrelétrica de Cunha localiza-se a 13 km a partir do portal da cidade. Para se chegar até a mesma deve-se tomar a estrada do Cume, saindo do bairro do Alto do Jovino – são dois quilômetros de estrada asfaltada e mais dez quilômetros de estrada de terra (FIGURA 5), com calçamento nos trechos mais íngremes, o que ajuda a chegada de carros mais simples e com motores menos potentes, mesmo em épocas de chuva.

O local onde está localizada a usina é conhecido por “Cachoeira do Pimenta” (FIGURA 4), um lugar de rara beleza natural, com duas quedas diferentes e água ligeiramente escurecida. O acesso é facilitado por meio de placas indicativas, um dos indícios do investimento da cidade no turismo.

¹¹ Esta afirmativa é baseada na experiência do autor, que já visitou a cidade por várias vezes como turista.

“Os dados e informações cadastrais desta usina hidrelétrica têm divergências nos documentos consultados do IPT e da Aneel.”(CSPE, 2004) Importante destacar a dificuldade em conseguir dados relativos à esta usina, hoje patrimônio pertencente à Prefeitura Municipal de Cunha.

(...) A localização é na drenagem do ribeirão do Desterro, um afluente do rio Jacuí que, por sua vez, deságua no rio Paraitinga. Construída na segunda metade dos anos 50 do século passado, há citações de que iniciou sua produção comercial para a área urbana de Cunha em 1957, embora uma placa comemorativa interna na Casa de Força mostra que sua operação se iniciou no ano seguinte. Sua paralisação teria ocorrido em 1965, segundo informações coletadas na região em 1983, após ruptura parcial da Barragem e da Tubulação Adutora forçada; entretanto, consta na mesma placa referida, de que gerou energia elétrica até 1973, ano em que foi paralisada. As estruturas hidráulicas também sofreram danos com as grandes e fortes precipitações do ano de 1983, assim como em 2002 também passaram por novas fases de excessiva pluviosidade. Em 2002, o projeto hidrelétrico foi restaurado parcialmente, destinando parte das vazões para o abastecimento urbano de Cunha. A Barragem (FIGURA 6) foi implantada sobre rochas gnáissicas de boas propriedades geotécnicas. Tem um comprimento total de 50 m e altura máxima de 3 m. O Vertedouro é do tipo Soleira Livre e a Tomada D'Água localiza-se na margem esquerda, onde parte uma Tubulação Adutora de baixa pressão (tubo em ferro, com o comprimento de 80 m e diâmetro de 0,50 m) até a Câmara de Carga. Desta, segue uma Tubulação Adutora de alta pressão (tubo em ferro com o comprimento de 50 m e diâmetro de 0,40 m) até a Casa de Força (FIGURA 7). Todos os componentes do sistema hidráulico de adução estão deteriorados, exigindo recuperação (...) (CSPE, 2004: 52-53).

Ao se chegar próximo à cachoeira, já é possível avistar o prédio da Casa de Força, onde atualmente funciona uma lanchonete nos feriados.

(...) É uma estrutura bem construída em concreto e alvenaria de tijolos, que se acha em excelente estado de conservação após sua recuperação em 2002, como parte do projeto ecoturístico Mirante Ambiental Cachoeira do Pimenta. As trilhas implantadas na área de influência do projeto hidrelétrico conduzem até a Casa de Força, que abriga um pequeno Museu da Energia, com os equipamentos remanescentes da usina hidrelétrica de Cunha ou, anteriormente, da Cachoeira do Pimenta (...) (CSPE, 2004: 53).

Dois quadros com fotos antigas da usina e textos narrando um pouco da história da mesma, até a sua desativação, estão pendurados na parede interna da Casa de Força (FIGURA 8).

(...) Atualmente, com parte das vazões destinadas ao abastecimento da área urbana de Cunha desde 2002 ($0,0266 m^3 / s$), a vazão remanescente não foi verificada para a geração de energia elétrica. No interior da Casa de Força foi instalada uma unidade geradora, com turbina de eixo horizontal e gerador conectado (figura 9), que atendeu satisfatoriamente as necessidades energéticas de Cunha até que a eletrificação do projeto hidrelétrico de Paraibuna chegou ao município. O Canal de Fuga inicia-se no porão da Casa de Força, cujas paredes são em concreto estrutural; a parte externa do canal conecta-se imediatamente com o curso do ribeirão do Desterro poucos metros abaixo de uma espetacular queda da acidentada drenagem (FIGURA 10) (...) (CSPE, 2004: 53).

Essa queda pode ser vista através de um *deck* avançado sobre o rio, devidamente cercado (FIGURA 11). Nesse local, estão colocadas mesas, de onde se pode contemplar a bela paisagem, proporcionando um certo conforto aos visitantes (FIGURA 12).

Ainda próximo à Casa de Força, há um gramado, de onde se tem uma vista para outras cachoeiras do rio (FIGURA 13). O duto que chega à Casa de Força também pode ser visto com facilidade (FIGURA 14). Ao lado do duto, segue-se uma trilha, que sobe até o reservatório da usina. Esta trilha encontra-se muito bem limpa e conservada e possui corrimão em vários trechos, o que ajuda o trilheiro em sua subida (FIGURAS 15 E 16). Ela acompanha o tempo todo o curso do rio, o que nos proporciona uma vista privilegiada de suas cachoeiras (FIGURAS 16 E 17). Além do espetáculo visual, há o barulho das águas, o que também encanta o visitante. A TABELA 10 concentra alguns dados importantes da Usina de Cunha.

3.2.2 Uma proposta de trabalho interdisciplinar na Usina de Cunha¹²

A partir da descrição feita anteriormente, pode-se observar que a PCH de Cunha é apropriada para a proposta deste trabalho – gerar energia, fortalecer o ecoturismo e promover a educação ambiental. A questão da geração de energia por meio das PCHs já foi discutida anteriormente. Os outros dois fatores ratificam as justificativas para o investimento na reativação da usina.

No que diz respeito ao ecoturismo, já foi visto que Cunha oferece muitas opções. O próprio local da usina já possui uma trilha bem interessante de ser feita – é pequena (o que atende aos menos preparados fisicamente) e segue o curso do rio (o que proporciona um visual muito bonito).

Assim, a reativação da usina poderia despertar ainda mais o interesse pela visita de suas instalações, já que as pessoas têm curiosidade para ver e conhecer uma usina em funcionamento.

A trilha poderia ser melhorada, colocando-se placas indicativas, até mesmo com nomes de espécies de plantas e árvores que podem ser vistas.

No que se refere à Educação, a usina tem um grande potencial a ser explorado. Primeiramente, o aprendizado dos estudantes na área da Física, pode se tornar mais interessante e ser facilitado numa visita à usina em funcionamento. Conceitos como transformações de energia, geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e também as formas alternativas de energia poderiam ser abordados e vivenciados pelos estudantes.

Deve-se ressaltar que, no contexto da Educação Ambiental, os estudantes demonstram grande interesse em fazer trilhas, e a própria trilha é um bom pretexto para não somente abordar, mas vivenciar os conceitos com referência ao respeito ao meio ambiente. Um exemplo disso é a orientação que deve ser dada aos

¹² As idéias constantes desta seção se baseiam no trabalho do próprio autor com os alunos do Ensino Médio da Etec Prof. José Sant’Ana de Castro (Centro Paula Souza), em Cruzeiro – SP, dentro das atividades do Projeto “Rio Paraíba do Sul – Preservando o Futuro” (Convênio Unesp/Fapesp/Centro Paula Souza), nos anos de 2004, 2005 e 2007.

estudantes com referência a não se jogar lixo na trilha, podendo partir para a abordagem da reciclagem do lixo e a importância de se conservar as espécies animais e vegetais encontradas na trilha.

Outros assuntos que podem ser explorados com uma visita à usina são a importância de preservação dos recursos naturais, dando ênfase à água, já que o reservatório da usina serve também para o abastecimento de água da cidade de Cunha e às formas alternativas de energia.

Algumas recomendações, adaptadas do *site* da empresa Trilhas & Rumos¹³, que devem ser trabalhadas com os estudantes estão listadas abaixo.

I. Realize práticas de mínimo impacto, cuidando dos locais onde passará.

a) Mantenha-se nas trilhas pré-determinadas. Os atalhos favorecem a erosão e a destruição das raízes e plantas inteiras. Em hipótese alguma abra novos caminhos, dê o direito ao próximo de estar em um local sem interferência.

b) Não corte a vegetação.

II. Traga seu lixo de volta.

a) Ao percorrer uma trilha, certifique-se de que elas permaneçam como se ninguém houvesse passado por ali. Remova todas as evidências de sua passagem. Não deixe rastros.

b) Se você pode levar uma embalagem cheia para um ambiente natural, pode trazê-la vazia na volta. Mesmo papéis de balas e bombons devem ser guardados. Lixo é lixo, independe o tamanho dele.

c) Recolha todo o seu lixo. Se possível, traga de volta também o de pessoas menos cuidadosas. Não abandone latas, garrafas e plásticos.

d) Não jogue garrafas ou latas nos rios, lagos ou mar. Além de estar poluindo, você estará pondo em risco a saúde de pessoas que nadam nesses locais.

III. Deixe tudo como encontrou.

a) Não construa qualquer tipo de estrutura, como bancos, mesas, pontes, etc. Não quebre ou corte galhos de árvores, mesmo que estejam

¹³ Disponível em <http://www.trilhaerumos.com.br/dicas_dicasuso_ler.asp?IdDica=14>. Acesso em: 16 set. 2007, às 22:26.

mortas ou tombadas, pois podem estar servindo de abrigo para aves ou outros animais.

b) Resista à tentação de levar “lembranças” para a casa. Deixe pedras, artefatos, flores, conchas, etc. onde você encontrou, para que os outros também possam apreciá-los.

c) Preserve o passado: examine mas não toque estruturas e artefatos históricos ou de interesse cultural.

d) Não perturbe a ordem das coisas. Sempre feche uma porteira que encontrou fechada, depois de passar por ela.

e) Não escreva nas rochas e nas árvores. Por mais tentação que tenha de deixar seu nome gravado “para a posteridade”, não o faça em hipótese alguma.

IV. Proteja e respeite a flora e a fauna.

a) Não perturbe aves ou qualquer outra vida selvagem. Proteja as flores e respeite os locais de interesse científico ou de qualquer natureza.

b) Não retire plantas pensando como ficariam bem em sua sala – elas ficam melhor na mata onde estão.

c) Não marque as trilhas cortando as cascas das árvores; apenas amarre fitas coloridas nos galhos – caso realmente precise fazê-lo.

d) Observe à distância. Não siga ou não se aproxime dos animais. Não persiga e não pegue filhotes, de qualquer espécie, pois além de correr o risco de um ataque da mãe, o filhote pode ser rejeitado por estar com o seu cheiro.

e) Nunca alimente os animais. Alimentá-los danifica sua saúde, altera seu comportamento natural e os expõe a predadores e outros perigos.

f) Mesmo cobras e aranhas têm o seu papel na natureza; mantenha-se afastado e não as mate.

g) Ao contrário da crença geral, os animais só atacam quando são ameaçados ou estão com fome. Todos os animais têm por hábito evitar os seres humanos.

V. Tenha atitudes positivas e seja cortês com outros visitantes e com a população local.

a) Respeite as origens culturais e a dignidade da população local.

b) Conheça a legislação para os Parques Nacionais e Estaduais e outras áreas protegidas pelo Estado.

c) Ande em silêncio, preservando a tranquilidade e a sensação de harmonia que a natureza oferece.

d) Respeite os demais visitantes e proteja a qualidade da experiência deles.

e) Seja cortês. Dê passagem a outros usuários da trilha.

Como se pode ver, há assuntos para serem trabalhados por quase todos os componentes curriculares. A TABELA 11 faz um resumo dos assuntos referentes a cada componente curricular.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sociedade atual está ciente dos danos causados ao meio ambiente e da necessidade da preservação ambiental para a manutenção da vida no planeta. Sabe-se que o modelo de geração de energia, baseado em grandes hidrelétricas, causou grandes impactos ambientais nas regiões onde foram implantados.

Apesar disso, não se pretende com este trabalho simplesmente condená-las e afirmar que todo o investimento em sua construção foi totalmente prejudicial ao país. Mas é questionável o fato de que um país, com dimensões continentais, como o Brasil ter várias possibilidades de geração de energia e por muitos anos centrar a grande maioria dos seus esforços e investimentos na construção de grandes usinas.

Ao escolher este caminho, outras formas de geração de energia foram deixadas de lado. No caso das PCHs, muitas delas estão até hoje abandonadas e esquecidas. De algumas, sequer informações ou documentação é possível obter, um indício do descaso com as usinas que foram responsáveis pelo crescimento do Estado de São Paulo e do país. É surpreendente que o Brasil tenha passado por um risco de colapso no abastecimento de energia, em 2001, tendo várias PCHs já construídas, mas a maioria paralisada ou desativada.

Este trabalho teve a oportunidade de demonstrar que as PCHs podem ser uma alternativa viável para a geração de energia elétrica na região do Vale do Paraíba, assim como em todo o Estado de São Paulo por terem características peculiares - impacto ambiental mínimo e custos reduzidos. A viabilidade econômica destas fontes de energia só se tornou possível graças às mudanças implementadas na legislação, a partir de 1998, o que evidencia o papel do governo no planejamento e formulação de políticas com o objetivo de tornar viável a construção e operação de PCHs, bem como a implantação de outras formas de energia.

É também importante salientar a importância do aproveitamento dos espaços onde estão instaladas essas PCHs para promover o Ecoturismo e a Educação

Ambiental, fato de grande importância para a conscientização dos potenciais visitantes a estas instalações.

Desta forma, essas usinas podem ajudar a proporcionar condições para que daqui a alguns anos seja possível encontrar um mundo melhor para se viver, sem abrir mão das facilidades geradas pela tecnologia, ou seja, aliar tecnologia e desenvolvimento sustentável para uma melhor qualidade de vida para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO TIETÊ-PARANÁ. *Mercado de Carbono gera oportunidades de negócios*. Disponível em

<<http://www.adtp.org.br/artigo.php?idartigo=9932>> Acesso em 19 set. 2007, às 23:00.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução ANEEL nº. 394, de 04 dez. 1998*. Estabelece os critérios para enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de pequenas centrais hidrelétricas. Disponível em

< <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res1998394.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2007, às 19:04.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução ANEEL no. 652*, de 09 dez. 2003. Estabelece os critérios para enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica (PCH). Disponível em

< <http://www.aneel.gov.br/cedoc/bres2003652.pdf>>. Acesso em 22 set. 2007, às 19:01.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Usinas do tipo PCH em outorga*. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/GeracaoTipoFase.asp?tipo=5&fase=1>>. Acesso em 17 ago. 2007, às 01:30.

BIANCHI, I.; SOUZA, T. M. de. *Recapacitação e Repotencialização de Pequenas Centrais Hidrelétricas desativadas ou em operação no estado de S. Paulo*. In: 5th Latin-American Congress: Electricity Generation and Transmission, 2003, São Pedro - SP. Book of Abstracts and Proceedings of 5th Latin-American Congress: Electricity Generation and Transmission (CLAGTEE). Guaratinguetá - SP : Edited by José Luz Silveira, 2003. v. 1, 10p.

BRASIL. Lei Nº 7.990¹⁴, de 28 dez. 1989. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 29 dez. 1989. Disponível em <http://www81.dataprev.gov.br/SISLEX/PAGINAS/42/1989/7990.htm>>. Acesso em: 23 set. 2007.

BRASIL. Lei Nº 9.648¹⁵, de 27 mai. 1998. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 mai. 1998. Disponível em <<http://www.vieiraceneviva.com.br/biblio/legisla/lei9648.html>>. Acesso em: 25 set. 2007, às 23:04.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Departamento Nacional de Produção Mineral, Serviço de Águas. *Utilização de Energia Elétrica no Brasil*. Boletim no. 2, Rio de Janeiro, 1942.

CAMPOS, J. T. . *Usinas hidrelétricas no Vale do Paraíba: algumas memórias*. Revista de Ciências Humanas, Taubaté - SP, v. 7, n. 2, p. 49-54, 2001.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS. *Pequena Central Hidrelétrica Luiz Dias*. Disponível em <http://www.cerpch.unifei.edu.br/luiz_dias.htm>. Acesso em 07 set. 2007, às 20:52.

COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA. *Pequenas Centrais Hidrelétricas do Estado de S. Paulo*. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Páginas & Letras,

¹⁴ Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências.

¹⁵ Altera dispositivos das Leis Nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, Nº 8.666, de 21 de junho de 1993, Nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, Nº 9.074, de 07 de julho de 1995, Nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação da Centrais Elétricas Brasileiras S. A. – ELETROBRÁS e suas subsidiárias e dá outras providências.

2004, cap. 1, p. 18-19, 30-33, 44-45, 52-53, 68-69, 76-77, 116-121, 214-215, 222-223, 226-227, 330-334.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. *Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera)*. Disponível em <<http://www.cesp.com.br/>>. Acesso em 28 set. 2007, às 21:39.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. *Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupiá)*. Disponível em: <<http://www.cesp.com.br/>>. Acesso em 28 set. 2007, às 22:01.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. *Usina Hidrelétrica Ilha Solteira*. Disponível em: <<http://www.cesp.com.br/>>. Acesso em: 28 set. 2007, às 21:44.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. *Usina Hidrelétrica Jaguari*. Disponível em http://www.cesp.com.br/institucional/usi_jagu.asp>. Acesso em 23 set. 2007, às 20:19.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. *Usina Hidrelétrica Paraibuna*. Disponível em <http://www.cesp.com.br/institucional/usi_para.asp>. Acesso em 01 set. 2007, às 22:39.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. *Usina Hidrelétrica Três Irmãos*. Disponível em <<http://www.cesp.com.br/>>. Acesso em 28 set. 2007, às 22:15.

CUNHA. Prefeitura Municipal, Secretaria Municipal de Turismo e Cultura. *Estância Climática de Cunha. s/d*

DINO, C. B.; MELO JUNIOR, I.C. de M.; OLIVEIRA, S. L. S. de; KIM, S. J.; *O capital estrangeiro e nacional na economia paulista*. Disponível em <<http://www.fphesp.org.br/09.pdf>>. Acesso em 17 ago. 2007, às 22:12.

EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA. Departamento de Comunicação. *Re: Usinas Hidrelétricas desativadas – informação*. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por <José Carlos dos Santos>. Em 10 set. 2007.

EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA. Departamento de Comunicação. *Re: Usinas Hidrelétricas desativadas – informação*. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <José Carlos dos Santos>. Em 12 set. 2007.

EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA. *Sistema hidráulico*. Disponível em: <http://200.144.29.36/imagens/complexo_grande.gif>. Acesso em: 27 set. 2007, às 00:10.

EXPLOREBRASIL. *Campos do Jordão*. Disponível em: <<http://www.explorevale.com.br/cidades/camposdojordao/turismo.htm>>. Acesso em 27 set. 2007, às 00:32.

FUNDAÇÃO ENERGIA E SANEAMENTO. *Guia da Documentação Arquivística – Enerdoc*. Disponível em <<http://www.fphesp.org.br/institucional/acervo/guia.pdf>>. Acesso em 21 ago. 2007, às 01:16.

INDÚSTRIA DE MATERIAL BÉLICO DO BRASIL. *Relatório da Administração*. Disponível em <<http://www.imbel.gov.br/pdf/relatoriodaadministracao.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2007, às 18:50, (p. 3).

LANDINI, L.A.R.; *Legislação básica. In:* Pequenas Centrais Hidrelétricas do Estado de S. Paulo, 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Páginas & Letras, 2004, (p. 241-250).

MARANHÃO, R; *Histórico. In:* Pequenas Centrais Hidrelétricas do Estado de S. Paulo, 2. ed. ver. e ampl. São Paulo: Páginas & Letras, 2004, (p. 233-237).

MINAS NORTE. *Cemig vai repotencializar Pequenas Hidrelétricas*. Disponível em <http://www.minasnorte.com.br/minasnorte/forum_topic.asp?TOPIC_ID=51&FORUM_ID=1&CAT_ID=1&Forum_Title=Outras+Not%EDcias&Topic_Title=Cemig+vai+repotencializar+Pequenas+Hidrel%E9tricas>. Acesso em 19 set. 2007, às 23:05.

MOCZYDLOWER, B., *Proposta de uma metodologia de cobrança pelo uso da água aplicável ao setor hidrelétrico*. 2006. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/CobrancaUso/_ARQS-Estudos/BPS/Proposta_Cobranca_Setor_Eletrico-Bruno-Mar2006.pdf>. Acesso em 17 ago. 2007, às 20:52.

MOREIRA, M.A.R.G.; PINAUD, R.Z.; BARRETO, A. C.; FREITAS, M.A.V. de. *Alguns tipos de instalações, sistemas e componentes*. Disponível em <http://www.cerpch.unifei.edu.br/artigos_tec/html/pch_isc.htm>. Acesso em 20 ago. 2007; às 20:12.

NATIVIDADE DA SERRA. Câmara Municipal. *Registro Histórico – O Município de Natividade da Serra*. Disponível em <<http://www.camaranatividade.sp.gov.br/historico.php>>. Acesso em 10 set. 2007, às 00:20.

NORONHA, I. M. de. *Uma vida na linha*. 2005. In: GIESBRECHT, R. M. *Estações Ferroviárias do Brasil. Fama: Município de Fama, MG*. Disponível em <http://www.estacoesferroviarias.com.br/rmv_cruz_jureia/fama.htm>. Acesso em: 01 out. 2007, às 01:39.

OLIVAL, V. V. de. *PCHs Queluz/Lavrinhas*. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <José Carlos dos Santos>. Em 02 out. 2007.

PARQUE DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO AUTO-SUSTENTÁVEL. *História*. Disponível em <<http://www.paeda.unifei.edu.br/historia.htm>>. Acesso em 07 set. 2007, às 20:44.

PARQUE DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO AUTO-SUSTENTÁVEL. *Programas de visitação pública do PAEDA*. Disponível em <<http://www.paeda.unifei.edu.br/atividades.htm>>. Acesso em 07 set. 2007, às 20:47.

PAULON, J.G.R.; MARTINS NETO; J.M. *Panorama das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil*. In: 4º. Encontro Luso-Afro-Brasileiro de Planejamento e Exploração de Redes de Energia. Disponível em <<http://www.cepel.br/~elab99/sessoes.htm>>. p. 271-274. Acesso em 24 nov. 2007, às 01:40.

PIEIDADE, S.C.; MORAIS, J.L. *A eletricidade em São Paulo: registros históricos*. Disponível em <http://www.brasilengenharia.com.br/576/Artigo_Eletrica.pdf>. Acesso em 15 ago. 2007, às 22:05.

REDENÇÃO DA SERRA. Prefeitura Municipal. *História – Redenção da Serra*. Disponível em <<http://www.redencaodaserra.sp.gov.br/historia.php>>. Acesso em 10 set. 2007, às 00:19.

ROSEIRA. Câmara Municipal. ***História da cidade***. Disponível em http://www.camararoseira.sp.gov.br/index.php?sitesig=CMROSEIRA&page=CMROSEIRA_0010_Hist__ooria_da_cidade>. Acesso em 10 set. 2007, às 00:02.

SANTOS, L.M. ***A viabilidade das micro-centrais hidrelétricas***. Lavras: UFLA/FAEPE. 2005. (p. 11-15)

SANTOS JUNIOR, M.F. dos. ***O Impacto dos Créditos de Carbono na Atratividade Econômica de Pequenas Centrais Hidrelétricas***. Espaço e Energia, n. 05, out. 2006. Disponível em <<http://www.copel.br/edicoes/5/005-03.pdf>>. Acesso em 17 ago. 2007, às 21:37.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal. ***Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha Indaiá***.

TAVARES, D. ***Volta ao lar***. Globo Rural. Disponível em <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC550227-1641,00.html>>. Acesso em 16 set. 2007, às 17:59

TRILHAS E RUMOS. ***Ecologia – Mínimo Impacto***. Disponível em <http://www.trilhaerumos.com.br/dicas_dicasuso_ler.asp?IdDica=14>. Acesso em: 16 set. 2007, às 22:26.

ANEXOS

ANEXOS

Tabela 1: Destino da Energia de PCHs

Potência (kW)	Uso Final da Energia
50	Iluminação e força motriz para uma pequena fábrica.
500	Iluminação e força motriz para uma vila com 200 famílias.
5.000	Alimentação de uma rede local.

MOREIRA; PINAUD; BARRETO; FREITAS, 2007: s/p.

Tabela 2: Pequenas Centrais Hidrelétricas na UHRGH – 1 (Mantiqueira)

Nome da Usina	Município	Proprietário	Drenagem	Potência Instalada (kW)	Área Inundada (km²)	Situação
Fojo	Campos do Jordão	Cesp	Ribeirão do Fojo	175	0,0783	Paralisada desde 1970 (?)
Marmelos I	Campos do Jordão	MCL	Ribeirão dos Marmelos	225	SD	Em operação
Marmelos II	Campos do Jordão	MCL	Rio Sapucaí-Guaçu	375	SD	Paralisada desde 1998
Marmelos III	Campos do Jordão	MCL	Rio Sapucaí-Guaçu	450	SD	Em operação

Observação: SD – Sem dados

COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA, 2004; EXPLOREBRASIL, 2007.

Tabela 3: Pequenas Centrais Hidrelétricas na UHRGH – 2 (Paraíba do Sul)

Nome da Usina	Município	Proprietário	Drenagem	Potência Instalada (kW)	Área Inundada (km²)	Situação
Bocaina	Cachoeira Paulista	Emae	Rio Bravo	740	0,0143	Paralisada desde 1985
Capitão-Mór I	Arapeí	FSL	Ribeirão Capitão-Mór	35	SD	Desativada desde 1930
Capitão-Mór II	Arapeí	FSL	Ribeirão Capitão-Mór	680	SD	Em operação
Chapéu	S. L. do Paraitinga	PMSLP	Rio Chapéu	50	SD	Desativada desde 1948
Cunha	Cunha	PMC	Ribeirão do Desterro	200	SD	Paralisada desde 1965
Isabel	Pindamonhangaba	Emae	Rio Sacatrapo	2.640	0,298	Paralisada desde 1985
Sodré	Guaratinguetá	Emae	Rio Piagui	600	0,0015	Paralisada desde 1985
Turvo	S. J. Campos	ERJ	Rio Turvo	545	SD	Desativada desde 1960 (?)
Vaticano	Roseira	Nobrecel	Rio Vaticano	510	SD	Paralisada desde 1980 (?)

Observação: SD – Sem dados.

COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA, 2004; EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA, 2007.

Tabela 4: Pequenas Centrais Hidrelétricas no Vale do Paraíba – Situação em 1941

Nome da Usina	Município	Proprietário	Rio onde se localiza a usina	Informações complementares sobre o rio da usina	Potência instalada (kW)	Ano de inauguração / Ano da reforma ou ampliação
Usina Mista	Areias	L.F. Areias	Ribeirão Vermelho	Afluente do Rio Paraíba do Sul	16	1922/1940
Usina da Cachoeira do Retiro	Bananal	F. L. Bananal	Rio Igrejinha	Afluente do Rio Bananal	200	1916/1939
Usina F. L. S. José	S. J. do Barreiro	F. L. S. José	Rio Barreiro	Afluente do Rio Sesmaria	150	1918
Usina Bocaina	Cachoeira Paulista	Light	Cachoeira do Bravo (rio Bravo)	Afluente do Rio Paraíba do Sul	780	1912

Tabela 4: Pequenas Centrais Hidrelétricas no Vale do Paraíba – Situação em 1941 (continuação)

Usina do Putim	Guararema	F. L. Jacareí-Guararema (Light)	Cachoeira do Putim (rio Putim)	Afluente do Rio Paraíba do Sul	850	1910
Usina Sodré	Guaratinguetá	L.F. de Guaratinguetá (Light)	Cachoeira do Sodré (rio Piaguá)	Afluente do Rio Paraíba do Sul	860	1905
Usina Isabel	Pindamonhangaba	S. Paulo e Rio (Light)	Cachoeira Sacatrapo (rio Sacatrapo)	Afluente do Rio Grande, que é afluente do Rio Paraíba do Sul	4.560	1908
Usina do Turvo	S. J. dos Campos	L.F. S. José (Light)	Rio Turvo	Afluente do Rio Paraíba do Sul	750	1909
---	Piquete	Governo Federal	Cachoeira do Sertão (rio Sertão)	Afluente do Rio Embaú	345	1906
Usina Itacurussá	Cunha	Melhoramentos Cunhenses	Cachoeira da Máquina (rio Itacurussá)	Afluente do Rio Paraitinga	65	1923

Tabela 4: Pequenas Centrais Hidrelétricas no Vale do Paraíba – Situação em 1941 (continuação)

Usina N. Sra. Conceição	Cunha	Mitra Diocesana de Taubaté	Rio Cantagalo	Afluente do Rio Paraitinga	6	1940
Usina de Rio Manso	Natividade da Serra	Elétrica de Natividade	Cachoeira do Rio Manso	-----	25	1925
Usina do Itapeva	Paraibuna	F.L. Paraibuna	Salto do Itapeva (ribeirão Bragança)	Afluente do rio Paraibuna	95	1913
Usina S. Vicente de Paula	Pinheiros	Ernestina S. Duque & Cia.	Rio do Braço	Afluente do rio Jacú	45	1928
Usina do Jacú	Pinheiros	Enilda Ribeiro Horta	Rio Jacú	Afluente do Rio Paraíba	75	1916
---	Queluz	L. F. Queluz	Rio Entupido e Claro	Afluentes do Rio Paraíba do Sul	100	1920
Usina Félix Guisard	Redenção da Serra	CTI	Rio Paraitinga	---	2.500	1927

Tabela 4: Pequenas Centrais Hidrelétricas no Vale do Paraíba – Situação em 1941 (continuação)

Usina Canvira	Santa Isabel	E. Santa Isabel	Rio Araraquara	Afluentes do Rio Jaguari, que é afluente do Rio Paraíba do Sul	100	1913
Usina de Igaratá	Santa Isabel	E. de Igaratá	Rio Palmeiras	Afluentes do Rio Jaguari, que é afluente do Rio Paraíba do Sul	10	1930
Usina Buquira	S. J. dos Campos	F. L. Buquira	Rio Ferrão	Afluentes do Rio Paraíba do Sul	750	1919
Usina Municipal	S. L. do Paraitinga	Prefeitura Municipal	Queda do Chapéu (rio Chapéu)	Afluentes do Rio Paraitinga	150	1925
Usina Hidroelétrica Silveiras	Silveiras	Prefeitura Municipal	Cascata Grande (ribeirão Silveiras e córrego Fundo)	Afluentes do rio Itagaçaba	35	1929

Tabela 4: Pequenas Centrais Hidrelétricas no Vale do Paraíba – Situação em 1941 (continuação)

Usina Cícero Prado	Aparecida	---	Morro do Vaticano (ribeirão Campos da Vargem Grande)	Afluente do rio Pirapitingui	565	SD
--------------------------	-----------	-----	--	---------------------------------	-----	----

BRASIL. Ministério de Agricultura, Departamento Nacional de Produção Mineral, Serviço de Águas, 1942

Tabela 5: Geração de Energia na Região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira – Usinas Hidrelétricas

Nome da Usina	Município	Proprietário	Drenagem	Potência Instalada (kW)	Área Inundada (km²)	Situação
Jaguari	S. J. dos Campos	Cesp	Rio Paraíba do Sul	27.600	56	Em operação.
Paraibuna	Paraibuna	Cesp	Rio Paraíba do Sul	85.000	224	Em operação

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO, 2007.

Tabela 6: Geração de Energia na região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira – Repotencialização e Reativação

Usina	Município	Situação	Área Inundada (km²)	Potência de operação atual (kW)	Potência disponível após revitalização (kW)	Incremento de Potência após reativação (kW)
Bocaina	Cachoeira Paulista	P	0,0143	0	846	846
Capitão-Mór I	Arapeí	D	SD	0	35	35
Capitão-Mór II	Arapeí	EO	SD	680	680	0
Chapéu	S. L. do Paraitinga	D	SD	0	50	50
Cunha	Cunha	P	SD	0	200	200
Fojo	Campos do Jordão	P	0,0783	0	175	175
Isabel (*)	Pindamonhangaba	P	0,298	0	4.245	4.245
Marmelos I	Campos do Jordão	EO	SD	225	225	0

Tabela 6: Geração de Energia na região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira– Repotencialização e Reativação (continuação)

Marmelos II	Campos do Jordão	P	SD	0	375	375
Marmelos III	Campos do Jordão	EO	SD	450	450	0
Sodré (*)	Guaratinguetá	P	0,0015	0	2.378	2.378
Vaticano	Roseira	P	SD	0	510	510
Total Usinas Desativadas		02	NC	0	85	85
Total Usinas Paralisadas		07	NC	0	8.729	8.729
Total Usinas Desativadas + Paralisadas		09	NC	0	8.814	8.814
Total Usinas em Operação		03	NC	1.355	1.355	0
Total Geral		12	NC	1.355	10.084	8.814

Observações:

- 1) D – Desativada / EO – Em operação / P – Paralisada / SD – Sem dados / NC – Não calculada
- 2) Não relacionada a Usina do Turvo, pois a mesma não pode ser reativada.
- 3) Para as usinas marcadas com (*) está sendo considerada a repotencialização das mesmas.

BIANCHI, SOUZA, 2003; COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA, 2004; EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA, 2007; EXPLORE BRASIL, 2007.

Tabela 7: Geração de Energia no Vale do Paraíba – PCHs Outorgadas pela ANEEL.

Usina	Município	Rio	Concessionária	Potência Estimada (kW)	Área Inundada (km²)	Situação
Lavrinhas	Lavrinhas	Paraíba do Sul	Usina Paulista Lavrinhas de Energia Ltda.	30.000	0,555	Em construção.
Queluz	Queluz	Paraíba do Sul	Usina Paulista Queluz de Energia Ltda.	30.000	0,350	Em construção.
Paraitinga	Cunha / Lorena	Paraitinga	Eletroriver Ltda.	7.000	SD	Outorgada
Total	-----	-----	-----	67.000	SD	-----

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2007; OLIVAL, 2007.

Tabela 8: Comparação da Potência Instalada e Área Inundada de quatro antigas PCHs do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira com as grandes usinas do estado de S. Paulo.

Usina	Potência Instalada¹⁶ (kW)	Potência Instalada das PCHs em relação à usina relacionada (%)	Área Inundada¹⁷ (km²)	Área Inundada pelo reservatório das PCHs em relação ao reservatório da usina relacionada (%)
Três Irmãos	807.500	0,95	785	0,050
Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera)	1.540.000	0,50	2.250	0,017
Eng. Souza Dias (Jupiá)	1.551.200	0,50	330	0,12
Ilha Solteira	3.444.000	0,22	1.195	0,030

¹⁶ Dados sobre a potência instalada das respectivas usinas estão disponíveis no site da Cesp: www.cesp.com.br.

¹⁷ Dados sobre a área inundada pelas respectivas usinas estão disponíveis no site da Cesp: www.cesp.com.br.

Tabela 9: Comparação da Potência Instalada e Área Inundada de seis PCHs do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira com as grandes usinas do Estado de S. Paulo.

Usina	Potência Instalada (kW)	Potência Instalada das PCHs em relação à usina relacionada (%)	Área Inundada (km²)	Área Inundada pelo reservatório das PCHs em relação ao reservatório da usina relacionada (%)
Três Irmãos	807.500	8,4	785	0,17
Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera)	1.540.000	4,4	2.250	0,060
Eng. Souza Dias (Jupia)	1.551.200	4,4	330	0,41
Ilha Solteira	3.444.000	2,0	1.195	0,11

Tabela 10: Usina de Cunha

Proprietário atual	Prefeitura Municipal de Cunha
Início da construção	-
Entrada em operação	1958
Situação atual	Paralisada desde 1965
Município	Estância Climática de Cunha
Latitude	23°05'44'' S
Longitude	44°52'59'' W
Drenagem	Ribeirão do Desterro
Bacia hidrográfica	Rio Paraíba do Sul
Volume do reservatório (m^3)	-
Área inundada (km^2)	-
Potência nominal (kW)	200
Número de unidades	01
Data de energização	1958
Altura da queda (m)	30
Turbina	Eixo e Tipo: Horizontal Francis / Mescli Velocidade (rpm): - Vazão turbinada (m^3 / s): 0,80
Gerador	Eixo e Fabricante: Horizontal / ELIN Velocidade (rpm): - Tensão primária (kV): -

COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA, 2004.

Tabela 11: Assuntos a serem trabalhados no Ensino Médio com referência à PCH de Cunha.

Componente Curricular	Assunto
Língua Portuguesa	Redação – temas explorando assuntos ligados ao meio ambiente.
Artes	Fotografia, desenhos, maquetes.
Educação Física	Importância de exercícios físicos, vestuário adequado para trilhas.
História	História do Vale do Paraíba. Histórico da Energia no Estado de S. Paulo e no Vale do Paraíba. História de Cunha. Patrimônio Histórico.
Geografia	Caracterização hidrográfica da região. Captação de água para abastecimento das cidades. O desenvolvimento industrial do Vale do Paraíba. O Parque Estadual da Serra do Mar.
Física	Potência e Energia. Transformações de Energia. Indução Eletromagnética – Geradores. Funcionamento de uma usina hidrelétrica. Transformação e Distribuição de Energia Elétrica. Fontes Alternativas de Energia. Economia de Energia Elétrica.
Biologia	Ecologia e Recursos Naturais. Água e Meio Ambiente. Poluição da Água. O problema do lixo. Alimentação adequada em trilhas.

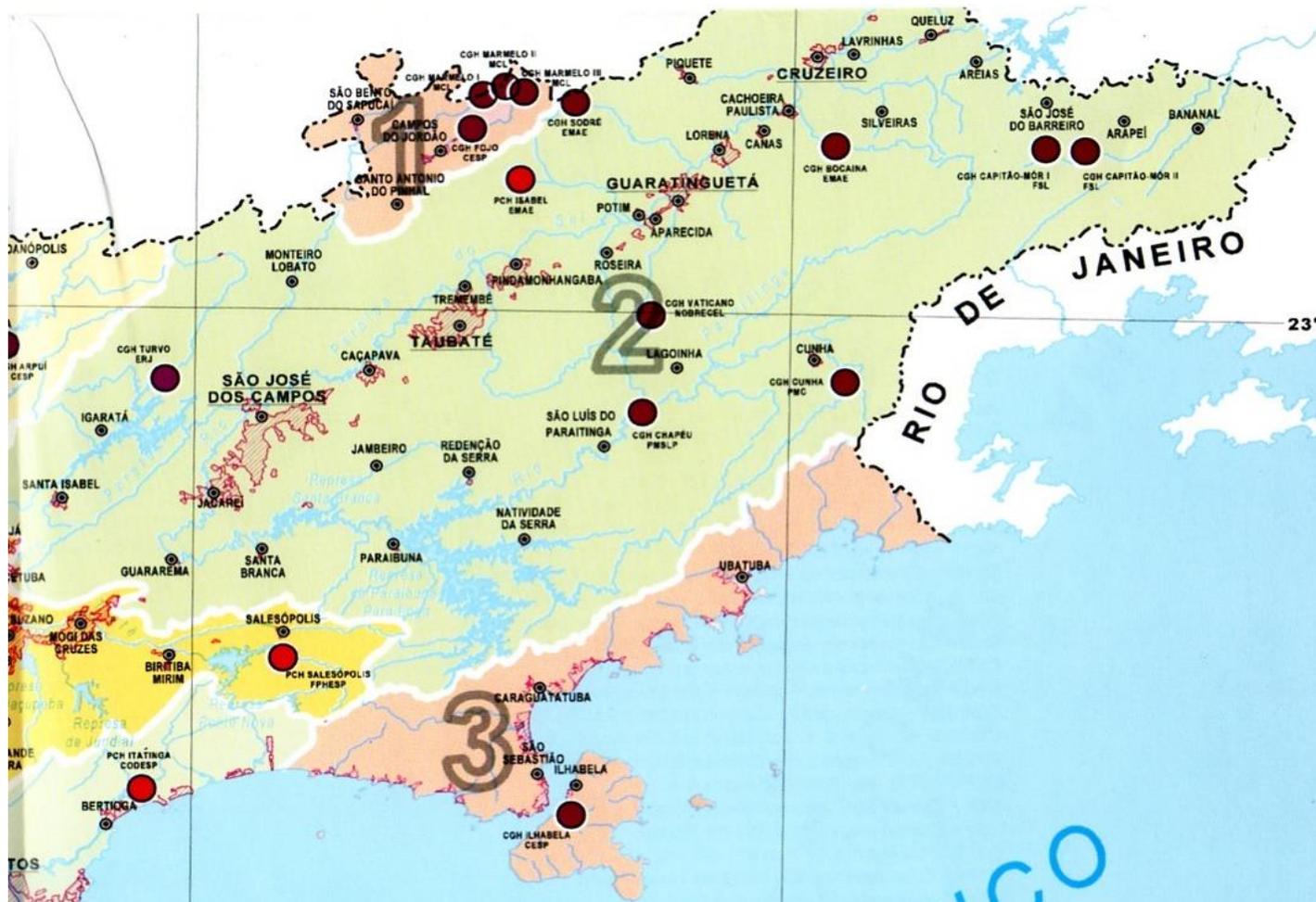


Figura 1 – Mapa da Região do Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Litoral Norte com a localização das PCHs. (COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA, 2004)

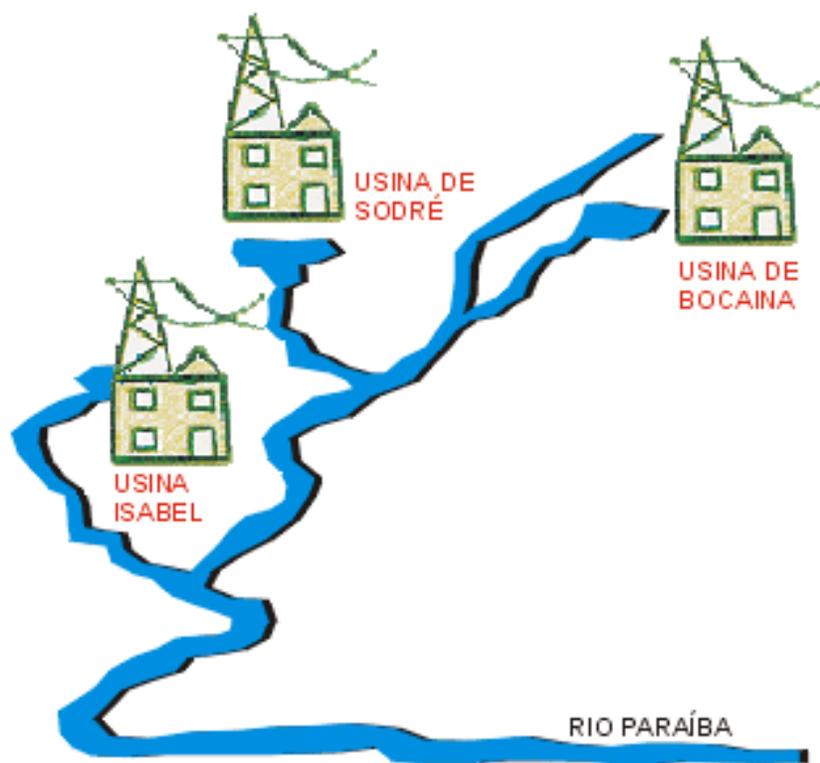


Figura 2 – Mapa ampliado com a localiza o das Usinas Bocaina (Cachoeira Paulista), Isabel (Pindamonhangaba) e Sodré (Guaratinguetá), pertencentes à Emae. (EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA, 2007)



Figura 3 – Antiga cidade de Redenção da Serra. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 4 – Cachoeira do Pimenta. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 5 – Trecho da estrada de acesso para a Cachoeira do Pimenta. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 6 – Barragem da usina de Cunha, no final da trilha. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 7 - Prédio da casa de força da usina de Cunha. (Foto: José Carlos dos Santos)

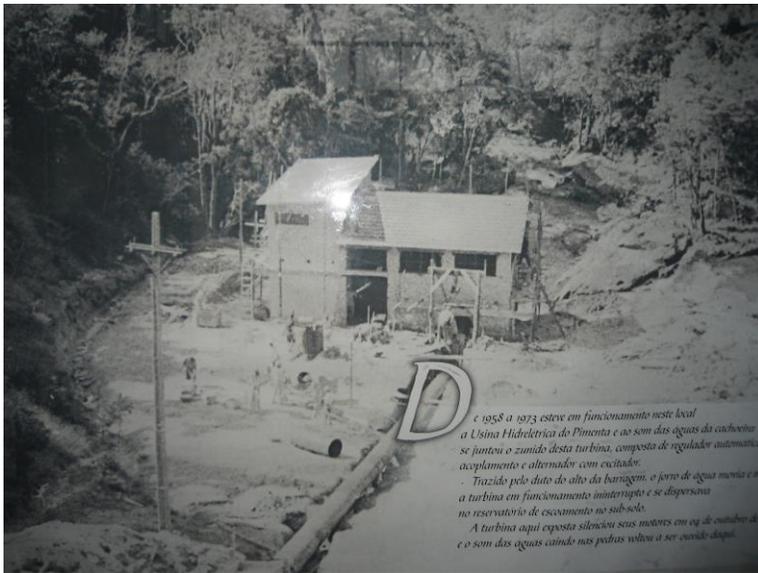


Figura 8 – Foto de um dos quadros pendurados na parede da casa de máquinas. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 9 – Turbina e gerador no interior da casa de máquinas. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 10 – Vista do rio a partir do deck. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 11 – Vista do *deck*. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 12 – Vista do *deck*, com destaque para as mesas. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 13 – Cachoeira próxima à usina. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 14 – Duto que chega à Casa de Força. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 15 – Trilha. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 16 – Trilha. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 17 – Vista de uma cachoeira a partir da trilha. (Foto: José Carlos dos Santos)



Figura 18 – Outra vista do rio a partir da trilha. (Foto: José Carlos dos Santos)

