UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - UFABC

Centro de Engenharias, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas Curso de Pós-Graduação em Energia

Usina Parque: Aproveitamento e Valorização do Patrimônio Energético, Ambiental e Histórico da Usina Hidrelétrica Henry Borden

Usina Parque: Aproveitamento e Valorização do Patrimônio Energético, Ambiental e Histórico da Usina Hidrelétrica Henry Borden

Edson Fernando Escames

Dissertação apresentada à Universidade Federal do ABC, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Sousa Moretti Coorientador: Prof. Dr. Sinclair Mallet Guy Guerra

Santo André 2011



PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA

FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a defesa da Dissertação de Mestrado do candidato **Edson Fernando Escames**, realizada em 04 de agosto de 2011:



Prof. Dr. Ricardo de Sousa Moretti (UFABC) - Orientador e Presidente

Prof. Dr. Wilson Ribeiro dos Santos Junior (PUC/Campinas) – Membro Titular

Profa. Dra. Sílvia Helena Facciolla Passarelli (UFABC) – Membro Titular

Profa. Dra. Priscila Ferreira Facciolla Perazzo (USCS) – Suplente

Prof. Dr. Claudio Luis de Camargo Penteado (UFABC) - Suplente

de acordo com as observaç	alterado em relação à versão original, ões levantadas pela banca no dia da única do autor e com a anuência de
Santo André, <u>04</u> de <u>96 for</u>	non de 2011.
Assinatura do autor:	30 reen.
Assinatura do orientador:	Adenell

DEDICATÓRIA

À minha esposa Vera Maria Ribeiro Escames e aos meus filhos Fernanda Ribeiro Escames e Felipe Ribeiro Escames.

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir que eu tenha saúde para poder aproveitar mais esta oportunidade em minha vida.

Aos meus pais pelo incentivo constante, apesar das privações, em todos os anos de estudos. Este momento também é mérito de vocês dois.

À minha esposa e filhos, que apesar dos momentos de renúncia, sempre tiveram compreensão e me apoiaram neste desafio. Que essa conquista também contribua para a formação de vocês.

Ao meu orientador Professor Dr. Ricardo de Sousa Moretti pelos valiosos ensinamentos e dedicação durante o meu mestrado: expresso, com a maior gratidão, que o considero um grande amigo.

Aos Professores Dr. Sinclair Mallet Guy Guerra e Dra. Sílvia Helena Facciola Passareli, da Universidade Federal do ABC e Dr. Wilson Ribeiro dos Santos Junior, da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, pelas críticas construtivas e sugestões, durante a minha qualificação e defesa de mestrado, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

À Professora Dra. Ligia Cristina Gonçalves Siqueira, que mostrou a oportunidade e me incentivou para que eu realizasse este mestrado.

Aos meus amigos de trabalho da Empresa Metropolitana de Águas e Energia, EMAE, pelo apoio e incentivo.

Aos meus amigos da Fundação Energia e Saneamento, pelo atendimento e apoio que me possibilitou usufruir do enorme tesouro que aquela instituição possui.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	X
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xii
ABSTRACT	
1.1 - Os primórdios e a descoberta das propriedades da eletricidade	3
1.2 - O gerador químico de eletricidade	4
1.3 - Eletricidade e Magnetismo	5
1.4 - A indução eletromagnética e a corrente alternada	6
1.5 - A eletricidade e as telecomunicações	7
1.6 - O aproveitamento econômico da eletricidade	8
1.7 - As cataratas do Niágara e o aproveitamento hidroelétrico	10
1.8 - A história da eletricidade no Brasil	11
1.9 - A história da eletricidade em São Paulo	14
1.10 - As hidrelétricas do interior Paulista e a <i>Amforp</i>	15
CAPÍTULO 2 – USINA HIDRELÉTRICA HENRY BORDEN	17
2.1 - O início dos serviços de eletricidade em São Paulo e o surgimento da <i>Light</i>	17
2.1.1 - O Projeto Serra	26
2.2 - Apresentação da realidade física e operacional da UHB	50
CAPÍTULO 3 – USINAS PARQUE EXISTENTES	60
Introdução	60
3.1 – Caracterização das usinas	60
3.1.1 – Levantamento preliminar e definição do conceito de "usina parque"	60
3.1.2 – Museu da Energia de Rio Claro	66
3.1.3 – Museu da Energia de Salesópolis	72

3.1.4 – Usina Parque do Jacaré	76
3.1.5 – Usina Parque São Valentim	78
3.1.6 – Usina Parque Luiz Dias	80
3.2 – Potenciais e dificuldades associadas à implantação e gestão das usinas parque	84
3.2.1 – Procedimentos metodológicos para levantamento das informações	84
3.2.2 – Aspectos positivos	84
3.2.3 – Principais dificuldades para a transformação em usinas parque	85
3.2.4 – Principais dificuldades na gestão de usinas parque	86
3.2.5 – Prioridade de aplicação de recursos na implantação e gestão de usinas parque	88
3.2.6 – Estratégia para a atração de visitantes	89
3.2.7 – O modelo gestor de usinas parque	91
CAPÍTULO 4 – USINA PARQUE HENRY BORDEN	94
4.1 – Caracterização da visitação na UHB e seu entorno	94
4.2 – Análise do potencial da UHB para ser transformada em usina parque	103
4.3 – Análise dos desafios para que a UHB se torne uma usina parque	106
4.4 – Reflexões para a viabilização da implantação da usina parque UHB	107
CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
ANEXO I	114
ANEXO II	115
ANEXO III	116
BIBLIOGRAFIA	117

RESUMO

Esse estudo trata das usinas parque e inclui análise das possibilidades de implantação desse conceito na Usina Hidrelétrica Henry Borden, em Cubatão, Estado de São Paulo, considerando o seu patrimônio energético, histórico e ambiental. Entende-se como usina parque aquela que associa à geração de energia elétrica, a função de parque com visitação pública de seu patrimônio ambiental e cultural.

Apresenta-se estudo sobre a história da eletricidade, detalhando fatos, principalmente, entre meados dos séculos XIX e XX, no Estado de São Paulo. Usinas parque já existentes serão analisadas como forma de identificar o potencial e os principais desafios relacionados à sua implantação, operação, manutenção e gestão.

Palavras chave: história da eletricidade, usina hidrelétrica, usina parque, Usina Hidrelétrica Henry Borden.

ABSTRACT

This study is related to Power Plant Theme Parks and includes the implementation possibility analysis of this concept in Henry Borden Power Plant, in Cubatão, São Paulo State, considering its environmental and historical energy patrimony. Power Plants Theme Parks are places that join the electric generation with the facilities of a park, wich means that they are open to public visitation.

This paper includes the History of Electricity in São Paulo State, detailing facts mainly between XIX and XX centuries. Existing Power Plant Theme Parks will be analyzed to identify the potential and the main challenges related to its implementation, operation, maintenance and management.

Keywords: history of electricity, hydroelectric power plant, power plant theme park, Henry Borden Hydroelectric Power Plant.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Experiência realizada por Benjamin Franklin	3
Figura 2 – Como funcionam as baterias	4
Figura 3 - Experiência realizada por Christian Öersted	5
Figura 4 - Experiência de Michael Faraday	6
Figura 5 - Guglielmo Marconi	8
Figura 6 - "A historic photograph of the Mill District in Niagara Falls New York in 1886"	.10
Figura 7 – Tabela: as quatro fases da história do setor elétrico brasileiro	12
Figura 8 - Usina Marmelos	14
Figura 9 - Linha para a Penha, no Largo do Tesouro, 1901	20
Figura 10 - Bondes da Light no Largo da Sé em 1916	21
Figura 11 - Construção da barragem do Reservatório Guarapiranga	24
Figura 12 - Usina de Rasgão	
Figura 13 – Barragem do Reservatório Rio das Pedras	35
Figura 14 - Montagem da primeira tubulação da Usina de Cubatão	36
Figura 15 – Construção da Barragem no curso do Rio Grande ou Jurubatuba, 1928	
Figura 16 – Bacia hidrográfica do Reservatório Billings e limites municipais	38
Figura 17 – Perspectiva esquemática da Bacia do Tietê e esquema de reversões associadas.	39
Figura 18 - Vista da Ponte de Pinheiros durante a enchente de 1929	40
Figura 19 - Secção subterrânea da Usina de Cubatão	44
Figura 20 – Tabela: quantidades relativas à construção da UHB Subterrânea	46
Figura 21 – Bacia Hidrográfica do Alto Tietê	49
Figura 22 - Avanço da urbanização na área de proteção aos mananciais	52
Figura 23 - Ocupação urbana desordenada às margens do Reservatório Billings	54
Figura 24 - Sala de Controle da UHB, em 22/10/1955	58
Figura 25 – Tabela: usinas parque estudadas	65
Figura 26 – Mapa: localização das usinas parque analisadas	65
Figura 27 - Usina de Corumbataí	68
Figura 28 - Museu da Energia de Salesópolis - em primeiro plano, a casa de máquinas	73
Figura 29 - Museu da Energia de Salesópolis - vista do Vale do Tietê, a partir da barragem	.74
Figura 30 - Barragem da Usina do Jacaré	77
Figura 31 - Primeira barragem da Usina de São Valentim	79
Figura 32 - Barragem da Usina Luiz Dias	81
Figura 33 - Casa de máquinas da Usina Luiz Dias	83
Figura 34 – Tabela: quantidade de público nas usinas parque da FES	89
Figura 35 - Representação planialtimétrica da implantação do Complexo UHB	
Figura 36 - Imagem de satélite da implantação do Complexo UHB	
Figura 37 – Tabela: número de visitantes na UHB, de 2004 até abril de 2011	97
Figura 38 - Vila operária da UHB, sem data	
Figura 39 - Representação planialtimétrica da vila residencial da UHB	
Figura 40 - Imagem de satélite da vila residencial da UHB	
Figura 41 - Monumento do Pico, Casa de Válvulas e Serra do Mar	
Figura 42 - Vista geral da Usina de Cubatão	
	107

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Amforp American & Foreign Power Company

CEMIG Companhia Energética de Minas Gerais

CESP Companhia Energética de São Paulo

CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CHERP Companhia Hidrelétrica do Rio Pardo

CLT Consolidação das Leis Trabalhistas

CONDEPHAAT Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e

Turístico

Eletropaulo Eletricidade de São Paulo

ELETROBRAS Centrais Elétricas Brasileiras

EMAE Empresa Metropolitana de Águas e Energia

EPI's Equipamentos de Proteção Individual

FAPEPE Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão de Itajubá

FAPESP Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FAUUSP Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

FES Fundação Energia e Saneamento

FPHESP Fundação Patrimônio Histórico da Energia de São Paulo

Light The São Paulo Tramway, Light and Power Company

PAEDA Parque de Alternativas Energéticas para o Desenvolvimento

Autossustentável

PCH Pequena Central Hidrelétrica

PROINFA Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

RMSP Região Metropolitana de São Paulo

SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SACERC Sociedade Anônima Central Elétrica de Rio Claro

SIN Sistema Interligado Nacional

UHB Usina Hidrelétrica Henry Borden

UNERJ Centro Universitário de Jaraguá do Sul

UNESP Universidade Estadual Paulista

UNICAMP Universidade Estadual de Campinas

UNIFEI Universidade Federal de Itajubá

INTRODUÇÃO

A eletricidade faz parte do cotidiano contemporâneo. A mídia diariamente aborda o tema energia e sustentabilidade: os combustíveis fósseis e renováveis, os problemas de escassez, viabilidade econômica e o desequilíbrio por causa do impacto ambiental de cada tipo de fonte de energia. A eletricidade foi o tipo de energia mais importante para a concretização da industrialização brasileira e, ainda hoje, nas imediações ou inseridos nos meios urbanos, existem as usinas hidrelétricas, algumas ainda em atividade, muitas vezes ignoradas pela maior parte da população.

O conhecimento sobre a história da eletricidade pode ser uma maneira de desenvolver a sensibilização e conscientização, especialmente em relação às questões ambientais. As usinas hidrelétricas podem ter um papel de destaque nesse processo por causa da importância que apresentam no desenvolvimento da indústria e, além do mais, da nossa nação. A valorização do patrimônio energético, histórico e ambiental das usinas hidrelétricas é uma importante possibilidade de resgate da memória de nossa sociedade. A Usina Hidrelétrica Henry Borden (UHB), objeto desta investigação, foi selecionada face ao seu papel nos primórdios da história da eletricidade e da industrialização no Estado de São Paulo. Também, por ter sido construída pela empresa que representou o modelo de truste e cartel internacional, que se estabeleceu em nosso país e prevaleceu do início até a sétima década do século XX. Essa usina possui requisitos importantes para a análise de viabilidade, gestão e implantação de uma usina parque.

Parte-se do pressuposto de que a UHB constitui importante patrimônio energético, ambiental e histórico, e que através de projetos integrados, pode ser possível compatibilizar a valorização do patrimônio com as atividades econômicas. Pretende-se investigar as potencialidades e dificuldades encontradas nos projetos de usinas parque já implantadas e, através dessa análise, avaliar a possibilidade de transformação da UHB em usina parque. Para tanto, a presente dissertação está organizada em cinco capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a evolução do uso da eletricidade, desde os primórdios, na antiguidade, com a descoberta de suas propriedades e os experimentos iniciais, a descoberta do gerador químico, a relação entre eletricidade e eletromagnetismo, o desenvolvimento das telecomunicações e o

aproveitamento econômico da eletricidade, já no século XIX. A partir desse ponto, visto que as primeiras iniciativas nacionais de geração hidrelétrica estavam acompanhando a vanguarda mundial, é abordada a história da eletricidade no Brasil considerando quatro etapas básicas. Por fim, é estudada a história da eletricidade no Estado de São Paulo até o surgimento da *The São Paulo Tramway, Light and Power Company (Light)*, em 1899.

O segundo capítulo está dividido em duas partes. Primeiro são apresentados elementos da história da *Light* e da UHB. Depois é apresentada a atual realidade física e operacional do Sistema Hidrenergético da Empresa Metropolitana de Águas e Energia (EMAE), sucessora da antiga *Light*.

No terceiro capítulo são apresentadas duas partes. Na primeira, é debatido o conceito de usina parque e, em seguida, apresentados os resultados da análise de usinas existentes no interior do Estado de São Paulo e de Minas Gerais. Esse capítulo é resultado de pesquisas bibliográficas e entrevistas com pessoas que participaram e atuam na implantação e operação de usinas parque na Fundação Energia e Saneamento (FES) e Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Por fim, no quarto capítulo são analisadas as possibilidades, o potencial e os desafios para a implantação e operação de uma usina parque no Complexo UHB. O primeiro tópico desse capítulo foi realizado por meio de entrevistas com funcionários da usina.

O trinômio energia-ambiente-história é a chave para se compreender o potencial e a viabilidade da transformação da UHB em usina parque. Este estudo se propõe a analisar essa possibilidade.

CAPÍTULO 1 - HISTÓRIA DA ELETRICIDADE

1.1 - Os primórdios e a descoberta das propriedades da eletricidade

Para apresentar a história da descoberta e do uso da eletricidade pelo homem é preciso voltar à antiguidade. O primeiro registro sobre a descoberta da eletricidade remonta à Grécia Antiga, quando o filósofo Thales de Mileto, conseguiu atrair fiapos de algodão friccionando âmbar, resina fóssil semelhante ao plástico. O atrito da superfície do âmbar faz com que haja o acúmulo de cargas positivas. Quando da proximidade do âmbar com o algodão, estas cargas positivas passam a atrair os elétrons das fibras de algodão. A palavra grega para designar o âmbar é o **electron**— origem do nome **eletricidade.** (ASSIS, 2000, p. 19)

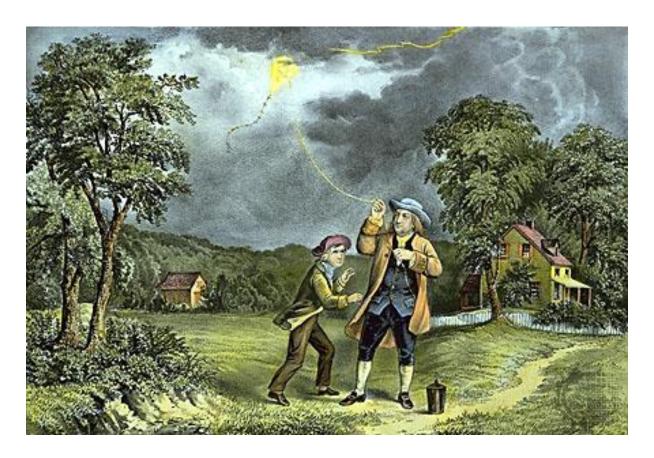


Figura 1 - Experiência realizada por Benjamin Franklin
Fonte: http://newwaveelectric.com/yahoo_site_admin/assets/images/Benjamin_Franklin.195110223.jpg
Acesso em 15 jul. 2010

Em 1708, William Wall, desconfia que os raios sejam um fenômeno elétrico. Cinquenta anos depois, Benjamim Franklin comprovou essa hipótese na prática, empinando uma pipa, com um pedaço de metal, para o interior de uma nuvem negra. Ele notou que saltavam faíscas do

fio de seda que prendia a pipa, ou seja, um pouco de corrente elétrica captada pelo metal da pipa que flutuava no interior da nuvem carregada de elétrons (CROPANI, 1987, p. 12). (figura 1)

1.2 - O gerador químico de eletricidade

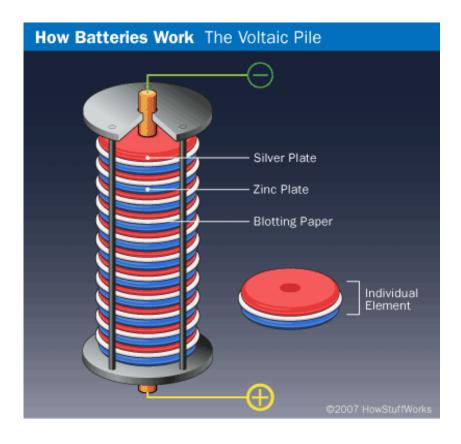


Figura 2 – Como funcionam as baterias
Fonte: http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Phys_img068.gif
Acesso em 15 jul. 2010

Em 1800, depois de anos de experimentação, o italiano Alessandro Volta descobriu que empilhando discos de metais diversos entremeados com flanelas ensopadas com água e sal ou vinagre, era obtida a produção de eletricidade. O meio líquido possibilita reações químicas distintas em metais de vários tipos. Dessa forma, por exemplo, há o acúmulo de elétrons em uma placa de zinco, criando uma diferença de potencial em relação à placa de cobre. O contato entre ambas as placas faz com que haja o fluxo de elétrons do zinco para o cobre, atraídos por sua carga de prótons. Por causa dessa descoberta, os geradores químicos de eletricidade passaram a ser denominados **pilhas.** Hoje em dia, as pilhas úmidas foram substituídas por pilhas secas, mais práticas e leves. Por aproximadamente meio século, as

pilhas úmidas de Volta foram a forma mais eficiente de produção de eletricidade de forma **contínua** e constante, sendo superadas mais tarde somente pela descoberta da **corrente alternada** (GALLI, 2003). (figura 2)

1.3 - Eletricidade e Magnetismo

Em 1813, Christian Öersted, cientista dinamarquês, descobriu que **a corrente elétrica produz magnetismo**. A partir da passagem de corrente elétrica por um fio disposto sobre uma bússola, ele desviava o sentido da agulha, que estava inicialmente apontada para o norte, de acordo com o fluxo de eletricidade desse fio, ou seja, a passagem de corrente elétrica pelo fio gerava um forte campo magnético capaz de desviar a agulha da bússola. Essa descoberta deu origem aos imãs artificiais temporários ou eletromagnetos, que passaram a ter inúmeros usos industriais em aparelhos como telefones, campainhas, motores e geradores de eletricidade (BASSO, 2003). (figura 3)



Figura 3 - Experiência realizada por Christian Öersted
Fonte: preparada pelo próprio autor a partir de
http://media.nowpublic.net/images//99/3/99375ad3e6d7406633d7331cd19128a3.jpg
Acesso em 15 jul. 2010

1.4 - A indução eletromagnética e a corrente alternada

Michael Faraday, em 1831, descobre a **indução eletromagnética**: um imã sendo movimentado no interior de uma bobina cilíndrica (solenoide) induz à formação de corrente elétrica no fio metálico. Dessa forma, ele descobre a forma de produzir eletricidade a partir do magnetismo. Além disso, percebeu que quando o imã era deslocado de um lado para o outro ou girando dentro do solenoide, o sentido da corrente elétrica mudava **alternadamente**. Ao contrário dos **geradores químicos**, que produzem **corrente contínua** (num mesmo sentido) os geradores eletromagnéticos, advindos da descoberta de Faraday, produzem a **corrente elétrica alternada**. (figura 4)



Figura 4 - Experiência de Michael Faraday
Fonte: http://w3.ufsm.br/petfisica/extras/cien/faraday90.jpg Acesso em 15 jul. 2010

A partir de 1860, mudanças no processo de industrialização, graças ao surgimento da eletricidade, que teve importante contribuição de Faraday, o advento do petróleo, a produção em série nas linhas de montagem e o método de administração baseada nos estudos de Taylor, todos estes fatos juntos, desencadeiam o que é considerada a segunda revolução industrial, que se estendeu até a Primeira Guerra Mundial.

A descoberta de Faraday é considerada uma das origens da segunda revolução industrial: a partir de 1873 começou a ser produzido o dínamo industrial. Dessa forma, a eletricidade passou a substituir o vapor como energia industrial:

"Logo após a I Guerra Mundial (1914), mais de dois terços da energia gasta nos países industrializados – Inglaterra, Alemanha, França e Estados Unidos – já eram de energia elétrica alternada produzida por dinamos." (CROPANI, 1987, p.35).

Assim que surgiram os geradores industriais começaram a ser desenvolvidos os primeiros motores elétricos, capazes de utilizar a energia oriunda dos geradores. Toda essa revolução foi decorrente da aplicação do princípio descoberto por Öersted, de que era possível mover um imã com a corrente elétrica. (CROPANI, 1987, p.30).

1.5 - A eletricidade e as telecomunicações

Graças às possibilidades advindas da eletricidade, a partir de meados do século XIX, o mundo econômico e político é afetado pelo telégrafo de Morse e pelo telefone de Graham Bell. Especial relevância para o desenvolvimento da civilização industrial teve a descoberta, em 1873 por meio de dedução matemática, do físico escocês James Clerk Maxwell: as **ondas eletromagnéticas**. Vinte anos após, entre outros pesquisadores, o alemão Heinrich Hertz descobriu as **ondas hertzianas**, ou ondas rádio. Graças a essas descobertas foi possível descobrir o que é denominado **espectro eletromagnético**, que começa com as ondas rádio e acaba nos raios gama. Em 1898, o inventor italiano Guglielmo Marconi, utilizando as experiências de Heinrich Hertz, conseguiu produzir o telégrafo sem fio. Estas descobertas possibilitaram a aplicação das ondas eletromagnéticas às telecomunicações sem fio (rádio, TV, telefone sem fio) e à orientação espacial (radar). (figura 5)



Figura 5 - Guglielmo Marconi
Fonte:http://www.emilianoromagnolinelmondo/news/2trim2009/marconi_g.jpg Acesso em 15 jul. 2010

1.6 - O aproveitamento econômico da eletricidade

Para o estudo, necessário à realização deste trabalho, importa a maneira como foi desenvolvida a produção de energia elétrica barata e em larga escala a partir do princípio do dínamo de Faraday. Ao longo da segunda metade do século XIX, enquanto as telecomunicações eram revolucionadas, a engenharia mundial era colocada a prova para o desenvolvimento de dínamos cada vez mais eficientes, que permitissem a produção de eletricidade em larga escala a preços cada vez mais acessíveis.

Dessa forma, foram desenvolvidos enormes geradores, que continham um eixo dotado de eletroímãs que se movia, por meio da aplicação da energia cinética, no interior de uma bobina de fios. Dessa forma há a transformação de energia cinética (movimento, energia mecânica) em energia elétrica.

A produção de eletricidade pode ter origem em diversas fontes de energia. Em países onde há maior disponibilidade de fontes fósseis, como carvão, petróleo ou gás natural, é possível

recorrer às termoelétricas. As termoelétricas transformam a energia química contida no combustível fóssil em energia mecânica e, por fim, em energia elétrica. Podem fazer uso do ciclo Rankine¹, Braiton² ou a composição de ambos, o chamado ciclo combinado³.

Existe também a usina termoelétrica que gera energia elétrica a partir da fissão nuclear, as chamadas usinas nucleares. É uma opção para países onde não há uma boa disponibilidade de outras fontes primárias. É vantajosa considerando o incomparável teor energético do combustível nuclear. No entanto, possui características próprias para o armazenamento do rejeito nuclear depois da geração de energia. Além disso, existe a discussão mundial de que esses rejeitos devam ficar disponíveis para a reutilização.

Alguns países já fazem uso da energia advinda do mar. Por meio do represamento da água do mar, em períodos de maré cheia, há a criação de energia potencial, quando a maré baixa. Dessa forma é possível transformar a energia potencial gravitacional em energia do movimento (cinética), de origem mecânica e, por fim, em energia elétrica.

Alguns países como os Estados Unidos, Canadá, Japão e Brasil, que possuem grande disponibilidade de água doce combinada com terrenos com grandes desníveis, possuem a vantagem de poder realizar as hidrelétricas. O rio é interrompido por uma barragem de forma a ficar represado. Dessa forma é criada uma reserva hídrica utilizada como reserva energética. Quanto mais água represada e quanto maior o desnível, mais energia potencial para a transformação em energia cinética, mecânica e, no final, em energia elétrica.

¹O Ciclo Rankine é um ciclo termodinâmico que se baseia na obtenção de vapor d'água em uma caldeira alimentada por um combustível fóssil. O vapor a alta pressão é direcionado para a pá do gerador elétrico. Após a utilização para a geração de eletricidade o vapor, depois de condensado, é encaminhado novamente para a caldeira, ou seja, o ciclo térmico é fechado. Neste ciclo o rendimento é de aproximadamente 30% (energia primária contida no combustível fóssil transformada em energia elétrica).

²O Ciclo Brayton é um ciclo termodinâmico no qual a adição de calor ocorre à pressão constante, utilizado no estudo das turbinas a gás também utilizado para gerar eletricidade. O combustível é usualmente gás natural, mas pode ser de outros tipos fósseis gasosos ou líquidos. O gás é submetido à combustão, depois de receber a adição de ar por meio de um compressor; a expansão de gases resultantes proporciona o movimento das pás da turbina para a geração de eletricidade. Este ciclo é aberto, ou seja, o fluido de trabalho (ar) é colhido na atmosfera e os gases de escape, no final do processo, são devolvidos à atmosfera. Este ciclo apresenta um rendimento aproximado de 35%.

³O Ciclo Combinado consiste na associação do Ciclo Brayton com o Ciclo Rankine. Depois da geração de eletricidade no Ciclo Brayton, os gases de exaustão, com temperaturas superiores a 500°C, são encaminhados para uma caldeira de recuperação para a geração de vapor iniciando o Ciclo de Rankine e, dessa forma, novamente a geração de eletricidade. Essa configuração permite um aumento significativo do uso da energia primária contida no gás natural para a produção de energia elétrica: por volta de 50%.

O Brasil apresenta vocação para a geração de hidroeletricidade, devido às suas boas condições geográficas e climáticas, dotado de boas redes hidrográficas e terrenos em desnível.

1.7 - As cataratas do Niágara e o aproveitamento hidroelétrico

O primeiro registro de uma hidrelétrica foi a instalada, em 1882, no Rio Fox, em Appleton, Wisconsin, Estados Unidos. Ela tinha capacidade instalada de 12,5 KW e fornecia eletricidade suficiente para abastecer duas fábricas de papel e uma residência (ELECTROVENT, 2010).



Figura 6 - "A historic photograph of the Mill District in Niagara Falls New York in 1886" Fonte: http://www.niagarafrontier.com/image/HPtailrace.jpg Acesso em 15 jul. 2010

Merecem menção também as realizações na região das Cataratas do Niágara, que fica situada na fronteira entre os Estados Unidos e o Canadá. O desnível existente na região significa uma fonte de energia potencial, que ao longo do tempo também foi utilizada para transformação em energia elétrica.

As águas do Niágara foram utilizadas como fonte de energia para um moinho desde 1759. A partir de 1853 foi realizado o aproveitamento hidroelétrico por meio da implantação de uma usina da *Niagara Falls Hydraulic Power and Mining Company*. Em 1881 era gerada eletricidade na forma de corrente contínua para abastecimento da vila de Niágara Falls, no Estado de Nova Iorque. (figura 6)

A Niagara Falls Power Company, a sucessora da Niagara Falls Hydraulic Power and Mining Company, ofereceu U\$ 100.000 a quem desenvolvesse um método de transmissão de eletricidade a longa distância. Esse prêmio foi recebido por Nicola Tesla (1856 – 1943). Em 1883, George Westinghouse implantou o sistema de iluminação das cachoeiras do Niágara utilizando corrente alternada, desenvolvido a partir do sistema criado por Tesla. Em 1893, a Cataract Construction Company decidiu adotar a geração e transmissão por meio de corrente alternada. (NIAGARA FALLS HISTORY OF POWER, 2010).

1.8 - A história da eletricidade no Brasil

Antes de realizar a descrição dos fatos históricos sobre a eletricidade em nosso país, é importante apresentar a divisão por fases demonstrada pela arquiteta Mariana de Souza Rolim, da FES (ROLIM, 2010). Ela cita que o setor elétrico brasileiro passou por quatro grandes fases. (figura 7)

A análise que será realizada neste tópico limita-se ao período abrangido pelas duas primeiras fases, portanto, entre aproximadamente 1872 até 1940.

Em 1872, houve o início da história da eletricidade em nosso país, quando Irineu Evangelista de Souza, o Barão de Mauá, realizou o assentamento do cabo telegráfico submarino entre o Brasil e a Europa, inaugurado pelos cumprimentos entre o imperador Dom Pedro II e o Papa. Logo após, o engenheiro Aarão Reis construiu uma linha telefônica entre o Rio de Janeiro e Juiz de Fora. Apesar desse pioneirismo, a eletricidade demorou a se firmar em nosso país, que na época era predominantemente rural e escravocrata (CROPANI, 1987, p. 64).

Os primeiros registros descrevem a concessão, em 1879, de Dom Pedro II a Thomas Alva Edison do serviço de iluminação pública do interior da Estação Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II, na cidade do Rio de Janeiro (ELETROBRAS, 2010). A geração de energia era

advinda de locomoveis, uma máquina a vapor utilizada também para gerar energia elétrica (FMTSP, 2010).

Em 1881 a Diretoria Geral dos Correios inaugurou a iluminação pública do Jardim do Campo da Aclamação, atual Praça da República, no Rio de Janeiro (ELETROBRAS, 2010).

Fase	Período	Tipos de empresas	Características
Primeira	Duas últimas	Pequenas empresas	Ligada à economia cafeeira, no sudeste do
	décadas do	privadas.	país.
	século XIX.		
Segunda	Primeira	Grandes empresas	Início da urbanização e industrialização que
	metade do	estrangeiras.	impulsiona o mercado elétrico dominado por
	século XX.		duas empresas: a Light e a American
			&Foreign Power Company (Amforp).
Terceira	A partir da	Empresas estatais.	Concessionárias estrangeiras param de
	segunda		investir e são criadas grandes empresas
	guerra		estatais que realizam obras monumentais e
	mundial.		usinas de grande porte.
Quarta	A partir do	Grupos privados	Desverticalização e privatização do setor
	final do	nacionais e	elétrico.
	século XX.	internacionais.	

Figura 7 – Tabela: as quatro fases da história do setor elétrico brasileiro Fonte: preparada pelo próprio autor a partir da obra de ROLIM (2010)

Em 1883, há o registro do início da operação da primeira usina hidrelétrica no Brasil. Ela era localizada no Ribeirão do Inferno, contribuinte do Rio Jequitinhonha, para fornecimento de energia aos serviços de mineração em Diamantina, Minas Gerais. Essa realização foi possível graças ao engenheiro francês Armand de Fovt, contratado pelo Imperador para fundar a Escola de Minas de Ouro Preto. Segundo CROPANI (1987, p. 64): "cabe notar que esta tentativa foi contemporânea das mais antigas usinas europeias e norte americanas".

Ainda em 1883, na cidade de Campos, Rio de Janeiro, Dom Pedro II inaugurou o primeiro serviço público municipal de iluminação elétrica do Brasil e da América do Sul, com trinta e nove lâmpadas de rua (CROPANI, 1987, p. 64).

Em 1885, há o início da operação da Usina Hidrelétrica da Companhia Fiação e Tecidos São Silvestre, em Viçosa, Minas Gerais (FUSP, 2010).

Em 1887, são implantados diversos empreendimentos de energia elétrica:

- Usina Hidrelétrica Ribeirão dos Macacos, em Minas Gerais (FUSP, 2010);
- Usina Hidrelétrica da *Companie dês Mines d'Or Du Faria*, em Nova Lima, Minas Gerais (GOMES, 2010);
- Usina termoelétrica Velha, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul (FUSP, 2010);
- Companhia de Força e Luz que fornecia iluminação pública no centro da cidade do Rio de Janeiro, por meio de uma pequena central Termoelétrica (GOMES, 2010);
- Serviço de fornecimento de luz por meio de uma termoelétrica da Companhia Fiat Lux,
 em Porto Alegre, Rio Grande do Sul (GOMES, 2010);

Em 1888, em Juiz de Fora, Minas Gerais, é criada a Companhia Mineira de Eletricidade, de propriedade de Bernardo Mascarenhas, para o fornecimento de iluminação pública e particular e também para a sua fábrica e outras da região (CEMIG, 2010). Essa mesma companhia inaugura, em 1889, a Usina Hidrelétrica Marmelos, a primeira de maior porte do Brasil, com 0,25 MW, ampliada para 0,375 MW, em 1892. (figura 8)

Nas duas últimas décadas do século XIX, ocorreu a disputa denominada "guerra das correntes". De um lado a General Electric Company, organizada por Thomas Alva Edison, defendia o uso da corrente contínua e do outro lado a companhia liderada por George Westinghouse defendia a corrente alternada. A partir de 1902, acabou prevalecendo a corrente alternada devido às inúmeras vantagens ligadas principalmente à transmissão de energia por longas distâncias. Antes disso, porém, Mascarenhas já havia optado pela corrente alternada, justamente pela possibilidade de rebaixamento e elevação da tensão elétrica, por meio de transformadores, de forma a permitir a vantagem da transmissão de eletricidade por trechos distantes (CROPANI, 1987, p. 65). É notável essa escolha acertada, visto que somente alguns anos antes, em 1893, a *Cataract Construction Company* foi a pioneira na adoção da geração e transmissão por meio de corrente alternada, sistema criado por Nicola Tesla e desenvolvido por Westinghouse.

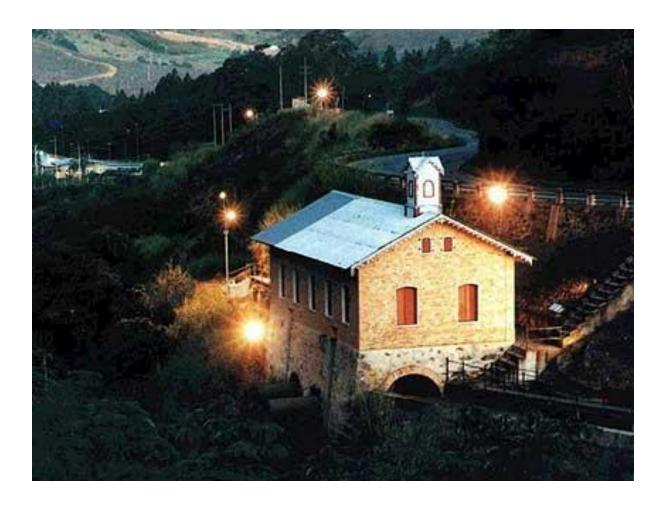


Figura 8 - Usina Marmelos
Fonte: http://www.ricardoarcuri.com.br/jfora/usina/usina3.jpg> Acesso em 15 jul. 2010

1.9 - A história da eletricidade em São Paulo

No Estado de São Paulo, a história da eletricidade também tem início no final do século XIX, mais precisamente em 1884 com a inauguração da iluminação da cidade de Rio Claro por meio de dez lâmpadas de arco voltaico de 2.000 velas cada uma (PIEDADE, MORAIS, 2006).

Em 1893, no dia dois de julho, houve a inauguração da Usina Hidrelétrica Monjolinho, em Salto Grande, para fornecimento de iluminação elétrica ao município de São Carlos. Foi construída pela Companhia de Luz Elétrica de São Carlos e foi a primeira hidrelétrica do Estado de São Paulo. Em 1908 a usina de Monjolinho dá lugar a uma nova usina de 600 kW, hoje denominada Alois Partel. Nesse mesmo ano, o agrônomo Luiz de Queiróz inaugura uma hidrelétrica no município de Piracicaba (MEMORIAL PIRACICABA, 2006).

Por meio da utilização das águas dos rios Corumbataí e Claro, no município de Rio Claro, em 1895 ocorre a construção da Usina Hidrelétrica de Corumbataí. Tinha potência instalada de 1.600 kW, mas apresentou problemas técnicos no segundo dia de funcionamento, ficou parada e voltou a funcionar, depois de uma reforma, somente em 1900.

Uma importante característica cabe registrar conforme a citação de MAGALHÃES (2000, p. 51):

"Inicialmente a energia era gerada termicamente, até a virada do século, quando a entrada de uma empresa multinacional reverteu a situação em favor da hidroeletricidade. Tratava-se da São Paulo Railway, Light and Power (ou simplesmente "Light"), constituída em 1889 no Canadá com capitais anglo-americanos..."

A história detalhada dessa companhia é descrita no capítulo 2 – Usina Hidrelétrica Henry Borden.

1.10 - As hidrelétricas do interior Paulista e a Amforp

No interior do Estado de São Paulo, entre 1905 e 1920, foram construídas várias hidrelétricas: Santa Alice (1907), São Valentim (1911), San Juan (1911), Sodré (1912), Turvinho (1912), Esmeril (1912), Salesópolis (1913), Boa Vista (1913), Isabel (1915), além de outras.

Em 1909, foi fundada a Companhia Luz e Força Santa Cruz, que construiu uma pequena usina no Rio Pardo. Em 1925 comprou, da Prefeitura de Piraju, a hidrelétrica Boa Vista e construiu uma importante barragem e hidrelétrica no Rio Paranapanema, junto a essa cidade. Essa companhia está em atividade até hoje.

Outro fato nessa época, de grande repercussão no futuro do panorama da eletricidade no Estado de São Paulo, foi a fundação, em 1912, da Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, que incorporou a geração e distribuição de diversas pequenas empresas no interior: Empresa Força e Luz de Botucatu, Força e Luz de Agudos e Pederneiras, Força e Luz São Manoel e Companhia Elétrica do Oeste de São Paulo, de Dois Córregos.

A partir de 1927, a CPFL foi adquirida pela norte americana *Amforp*, e passou a ter forte atuação no interior de São Paulo. Além dela, a *Amforp* comprou também empresas já existentes em outras capitais brasileiras como Natal, Recife, Maceió, Salvador, Belo Horizonte, Vitória, Curitiba, Porto Alegre, entre outras cidades importantes.

No interior de São Paulo a *Amforp* construiu a Usina Hidrelétrica de Marimbondo que entrou em operação em 1929, no Rio Grande, divisa dos Estados de São Paulo e Minas Gerais. Na década de 1940 começou a construção da hidrelétrica de Avanhandava, no Rio Tietê, que foi inaugurada em 1946. Em seguida começou os estudos para implantar uma hidrelétrica e termoelétrica (Carioba) em Americana. Em 1957, começa a funcionar a Usina Hidrelétrica Marechal Mascarenhas de Morais, na ocasião uma das maiores do mundo, que aumentou a capacidade de geração da CPFL em 65%.

A partir dos anos 1950 ficou cada vez mais acentuada a falta de recursos para o setor elétrico, que provocou a lentidão do crescimento da capacidade instalada e redução da oferta de eletricidade. Contribuiu para isso o desenvolvimento industrial após a segunda guerra mundial que agravou a situação e obrigou a implantação de racionamentos obrigatórios. Esse cenário colaborou com o surgimento das manifestações nacionalistas, que se espalharam por todo o país e que desembocaram na nacionalização das empresas do grupo *Amforp* (PIEDADE; MORAIS, 2006).

Essa fase de transição, que culminou com a criação de empresas públicas e, entre outras, também da Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRAS), em 1961, é muito bem descrita na obra de Ricardo Maranhão: Projeto ELETROBRAS - a luta pela nacionalização do setor elétrico (MARANHÃO, 1989).

CAPÍTULO 2 – USINA HIDRELÉTRICA HENRY BORDEN

2.1 - O início dos serviços de eletricidade em São Paulo e o surgimento da Light

Graças à produção e exportação de café, em 1867, foi inaugurada a estrada de ferro Santos Jundiar⁴, a primeira do Estado de São Paulo. As ferrovias provocaram a reordenação espacial das cidades e também a criação de novos empregos. Começou a haver a transferência dos fazendeiros para a capital, além da vinda da mão de obra imigrante. Por isso, graças à riqueza advinda desta cultura agrícola, a partir de 1870, a cidade de São Paulo cresceu muito: de 1872 à 1900, a sua população aumentou de 31.385 para 239.820 habitantes. A economia cafeeira proporcionou o crescimento econômico com a diversificação do comércio, serviços e o início da industrialização a partir da substituição dos artigos importados, que se intensificou sobremaneira graças a Primeira Grande Guerra, entre 1914 e 1918 (FARIA, 2000, p. 1).

Todo esse contexto propiciou o desejo de modernização que era liderado pela pequena e influente classe média urbana brasileira, que via os exemplos de modernidade urbana, com sistemas de água e esgotos, companhias de transporte urbano, usinas de gás e eletricidade, que existiam em menor ou maior grau nas cidades europeias, da América do Norte e até em Buenos Aires, na Argentina (MC DOWALL, 2008, p. 41- 47).

Os serviços de eletricidade na cidade de São Paulo já haviam sido iniciados com a fundação da Empresa Paulista de Eletricidade, em 1886, que começou a operar somente em dezembro de 1888. Operava com um gerador termelétrico a carvão do entardecer até a noite fornecendo eletricidade para o triângulo comercial da capital, na época a região mais importante da cidade. Essa empresa não conseguiu sobreviver à necessidade de grandes investimentos e foi absorvida pela Companhia Água e Luz de São Paulo, aproximadamente em 1891 (RICARDI, 2008, p. 93).

DOWALL, 2008, p.39 e 40.

⁴ A *The São Paulo Railway Company* era uma empresa criada a partir da concessão obtida, no final da década de 1850, por Irineu Evangelista de Souza, mais tarde Barão de Mauá, que vendeu os seus direitos a um consórcio inglês, responsável pela construção, em 1867, da estrada de ferro Santos-Jundiaí, conhecida à época como a *Ingleza*. Mais informações a respeito do espírito desse empreendedor brasileiro podem ser obtidas em MC

Desde 1872, a cidade de São Paulo era servida de iluminação pública, provida por lampiões a gás, graças a uma concessão firmada a *San Paulo Gas Company*, empresa de propriedade inglesa. No entanto, o serviço era alvo de críticas da população e quando da renovação do contrato, em 1897, a nova concessão foi feita sem o estabelecimento do monopólio absoluto, que pautava o contrato anterior. A intenção do governo era permitir a concorrência com o intuito de que a companhia inglesa fornecesse um serviço de melhor qualidade (MC DOWALL, 2008, p. 126-127).

Concomitantemente à nova concessão, foi criada uma nova legislação regulamentando a "distribuição de energia e luz elétrica", no município de São Paulo. Foi graças à nova concessão estabelecida, que Francisco Antônio Gualco e Antônio Augusto de Souza conquistaram, em 1899, um contrato "para transmissão, exploração ou venda de luz elétrica e energia", que depois foi repassada para a The São Paulo Railway, Light and Power Company Ltd.⁵ (MC DOWALL, 2008, p. 127 e 128).

Francisco Antônio Gualco e Antônio Augusto de Souza já haviam se conhecido em 1896. Em viagem à América do Norte, Américo de Campos, parente de Souza, levou a ideia de implantação de serviços de transportes a partir de eletricidade para um oficial da Marinha Real Italiana, Gualco, que atuava como empreiteiro de ferrovias. Nesse mesmo ano, Gualco foi a São Paulo e, em 1897, juntamente com Souza, conquistaram o monopólio dos serviços de bonde por tração elétrica, na cidade de São Paulo. Faltavam, no entanto, o capital necessário para a implantação dos serviços. Depois de tentativas frustradas junto a investidores em Nova York e Europa, Gualco obteve êxito, entre 1898 e 1899, junto ao promotor de ferrovias no oeste canadense e companhia de bondes em Toronto, William Mackenzie⁶ (MC DOWALL, 2008, p. 49-55).

Depois de assegurado quanto às perspectivas de prosperidade nos negócios graças ao cenário de crescimento favorável e após gestões para apoio financeiro, jurídico e técnico, a *Light*, foi instalada em São Paulo (MC DOWALL, 2008, p. 55-69). No dia sete de abril de 1899, a rainha inglesa Vitória assina a carta patente para que essa empresa de Toronto, Canadá, então

⁶ William Mackenzie, canadense natural de Ontario, empreendedor capitalista ligado principalmente à construção de estradas de ferro e que foi o principal líder articulador para a organização da *Light* em São Paulo (MC DOWWALL, 2008, p.56-57, 62-68).

-

⁵ A pedido da The São Paulo Railway Company, em 25/06/1900 a Light and Power teve a sua razão social mudada de The São Paulo Railway, Light and Power Company para The São Paulo Tramway, Light and Power Company a fim de evitar conflitos jurídicos (SOUZA, 1982, p.40).

domínio inglês, fosse autorizada a explorar os serviços de transportes urbanos e eletricidade na capital paulista (SOUZA, 1982, p. 27). A transferência da concessão de Gualco e Souza para a *Light* ocorreu em 28 de setembro de 1899 (MC DOWALL, 2008, p. 67). Nessas tratativas técnicas e jurídicas teve papel importante o engenheiro eletricista e empreendedor Frederick Stark Pearson⁷. Depois de aprovados os relatórios preliminares sobre a viabilidade do negócio, Pearson indicou para vir ao Brasil, Alexander Mackenzie⁸, Robert Calthrop Brown⁹ e Hugh Lincoln Cooper¹⁰ (SOUZA, 1982, p. 27-28).

Ao longo dos primeiros meses de 1900, a *Light* adquiriu o controle acionário da Companhia Água e Luz, eliminando a competição pela iluminação de origem elétrica. Além disso, foi a energia dos geradores termoelétricos que eram dessa companhia, instalados na Rua São Caetano, que possibilitou, em maio de 1900, a inauguração do serviço de transporte por bondes (MC DOWALL, 2008, p. 128). No entanto, existe também o registro de que foi a *Light* que construiu um pequeno e provisório gerador termoelétrico a vapor instalado na Rua São Caetano, constituído por dois geradores, cada um com cerca de 500 kW (SOUZA, 1982, p. 49).

A viagem inaugural de bonde ocorreu no dia 7 de maio de 1900 e teve como motorneiro o superintendente da companhia, Robert C. Brown, além da presença de autoridades políticas importantes da época como o presidente do estado, Rodrigues Alves, o vice-presidente, Domingos de Moraes, o prefeito do município, Antônio Prado e representantes políticos, do comércio e indústria de São Paulo. Foi percorrido o trecho de ida e volta desde a Alameda Barão de Limeira até o Largo São Bento (SOUZA, 1982, p. 51). Nos nove meses que se seguiram, foram instaladas linhas para os bairros de Bom Retiro, Vila Buarque, Brás, Penha (figura 9), Água Branca, além da linha circular pela Avenida Paulista com dois itinerários

⁷ Frederick Stark Pearson, engenheiro eletricista e empreendedor que organizou e contribuiu para as indústrias de serviços públicos dos Estados Unidos, Canadá, México, Espanha, Caribe e Brasil. Teve um fim trágico com o naufrágio do navio Lusitânia, torpedeado em 1915, durante a Primeira Guerra Mundial (MC DOWALL, 2008, p.86 e 295).

⁸ Alexander Mackenzie, jovem advogado da firma de Toronto, Blake, Lash and Cassels, consultores legais da nova companhia. A princípio veio ao Brasil para fazer a gestão legal da concessão obtida por Gualco e Souza. Apesar de, inicialmente ter planejado ficar aqui somente por três meses, ficou quase três décadas e foi uma das personalidades mais importantes na formação e desenvolvimento da empresa (MC DOWWALL, 2008, p.154 a 156).

⁹ Robert Calthrop Brown, engenheiro e administrador no posto de Superintendente da Light. Anteriormente fora diretor de companhias de bondes elétricos em Boston, Montreal, Halifax e Brooklyn, entre outras. Foi convidado para se juntar ao grupo Light por Frederick Stark Pearson (MC DOWWALL, 2008, p.56 a 59).

¹⁰ Hugh Lincoln Cooper, engenheiro especializado em instalações hidráulicas, foi autor do projeto e construtor da Usina Hidrelétrica de Parnaíba. Mais tarde, projetou e construiu, empreendimentos nos rios Nilo, no Egito, Tennessee, nos Estados Unidos, e Dnieper, na Rússia Soviética (MC DOWWALL, 2008, p.111).

opostos: o que partia em direção à Rua Consolação e o que seguia pela Avenida Brigadeiro Luís Antonio (SOUZA, 1982, p. 52-53). A tarifa inicial e que perdurou até 1909 era de 200 réis por trajeto, o que limitava o serviço à classe média e alta. Após essa data foi firmada nova concessão para oferecer também bondes específicos para operários com o bilhete no valor de 100 réis (MC DOWALL, 2008, p. 124).



Figura 9 - Linha para a Penha, no Largo do Tesouro, 1901 Fonte: JATOBÁ, 1992, p. 41

Na ocasião, já existia o serviço de bonde puxado por mula operado pela Companhia Viação Paulista, que era advinda da consolidação, em 1889, de várias companhias de bonde menores. Seja pela natureza do serviço ou por sua má administração, apresentava vários inconvenientes, poucas vantagens e serviço irregular (MC DOWALL, 2008, p. 48-49). Com a concorrência estabelecida pelos bondes elétricos, a Viação foi forçada à liquidação e apesar da sua compra, pela *Light* em abril de 1901, houve uma disputa jurídica por indenizações que perdurou até 1906 (SOUZA, 1982, p. 30-35 e MC DOWALL, 2008, p. 116-118). Quando assumiu a concessão da Viação Paulista, não havia outra saída para a *Light* a não ser cumprir os trajetos por meio da tração animal. No entanto, em seguida foi realizada a política de substituição pelos bondes eletrificados e, em 1903, foi retirado o último animal de circulação.

Antes mesmo da primeira viagem de bonde elétrico a *Light* já havia assumido, em março de 1900, a Companhia Carris de Ferro de São Paulo e Santo Amaro que, na ocasião, era município independente de São Paulo. Essa empresa era proprietária de uma linha férrea de dezenove quilômetros, em um subúrbio em expansão, percorrida, três vezes ao dia, por um pequeno trem movido a vapor. Por isso, era o único concorrente em potencial para a *Light* (SOUZA, 1982, p. 26 e MC DOWALL, 2008, p. 119).



Figura 10 - Bondes da Light no Largo da Sé em 1916 Fonte: STIEL, 1986, p. 36

Em 1909, a *Light* viu ameaçada a sua exclusividade no fornecimento de eletricidade e iluminação urbana em São Paulo, quando os proprietários da Usina Hidrelétrica de Itatinga e das Docas de Santos, a empresa carioca Guinle and Company, conseguiram uma concessão de fornecimento de energia junto à prefeitura de São Paulo (MC DOWALL, 2008, p. 130-131). Para manter o seu privilégio, a empresa foi forçada a fazer um acordo estabelecendo a redução, unificação e congelamento de tarifas dos bondes. Dessa forma, apesar de manter o seu monopólio do fornecimento de energia, esse acordo teve como efeito colateral a

decadência dos sistemas de transportes, pelo desinteresse da empresa em continuar a investir nesse setor. Foi o começo de um relacionamento conflituoso entre a empresa e a população que passou a reclamar pelos maus serviços prestados. Além disso, a empresa usou do seu poder político para impedir a implantação de outras iniciativas que pudessem ameaçar a concessão de transportes como a estrada de ferro circular ao centro de São Paulo, a metropolitana de Felipe Gonçalves, de 1906. Foi nessa época que a empresa foi comparada a um "polvo canadense", que mantinha sem opções a cidade entre seus tentáculos (GORDINHO, 1986, p. 16-21).

A própria *Light* mais tardiamente, na década de 1920, apresentou o Plano Integrado de Transportes, que contemplava também o metrô subterrâneo, na tentativa de resolver o transporte de bondes diante do trânsito caótico e saturado, provocado pelo aumento do número de ônibus e automóveis (MC DOWALL, 2008, p. 330-331). Também foi uma tentativa da empresa para aumentar as tarifas, congeladas desde 1909. As circunstâncias políticas não foram favoráveis, o plano não foi aprovado e deu lugar ao Plano de Avenidas, proposto por Prestes Maia, que privilegiava o transporte individual e coletivo motorizado, em detrimento do transporte por trilhos. Em 1947, a *Light* acabou entregando o seu serviço de viação urbana para o município de São Paulo (STIEL, 1986, p. 52-62).

Se no início, o domínio sobre o serviço de viação urbana foi importante e se tornou a atividade principal para o estabelecimento da *Light*, por outro lado, o serviço de distribuição da eletricidade foi um subproduto desse primeiro serviço. Essa hipótese foi levantada por Flavio Saes, a partir dos dados referentes à receita do grupo, em São Paulo. Apesar das imprecisões, é possível confirmar que a receita dos serviços com transporte era de três a cinco vezes superior à obtida com o fornecimento de eletricidade. Com o tempo, graças ao consumo de energia, devido ao crescimento de estabelecimentos industriais e pela progressiva substituição do vapor por energia nas indústrias, o fornecimento de energia elétrica ganhou importância decisiva na política de longo prazo da empresa. Os dados censitários parecem confirmar essa tendência: houve o crescimento da proporção de uso de energia elétrica na indústria de 4,29%, em 1907, para 47,3%, em 1920 (SAES, 1986, p. 28-29 apud FARIA, 2000, p. 2).

Concomitantemente à instalação do primeiro gerador termelétrico, a partir de janeiro de 1900, foi iniciada a construção da usina de Parnaíba, na Cachoeira do Inferno, no Rio Tietê, território do município de Santana de Parnaíba. A implantação de uma hidrelétrica de porte,

para as condições da época, era necessária para permitir não só a expansão dos serviços de transporte coletivos com também para gerar eletricidade destinada aos potencias consumidores industriais, comerciais e residenciais. Dessa forma, no dia 23 de setembro de 1901, a Usina de Parnaíba começava a operar com duas turbinas de um megawatt cada uma. Foram realizados sucessivos acréscimos na capacidade instalada até 1912, quando atingiu a geração máxima de dezesseis megawatts (PONTES, 1991, p. 29).

Na implantação dessa usina foi importante a participação do engenheiro hidráulico norte americano Hugh L. Cooper. As obras em Parnaíba, constituídas pela barragem, aqueduto, casa de máquinas e linha de transmissão foram cumpridas em pouco mais de vinte meses. A usina de Parnaíba disponibilizou para a companhia uma energia permanente e relativamente barata, que possibilitou aliviar a demanda sobre a pequena termoelétrica de São Caetano. Além disso, possibilitou o fortalecimento do negócio da empresa, pois era uma grande reserva de eletricidade em detrimento dos concorrentes, que não possuíam capacidade geradora que possibilitasse alguma ameaça (MC DOWALL, 2008, p. 115). Em 1901, participou nos trabalhos finais da usina de Parnaíba, o jovem engenheiro eletricista Edgard de Souza¹¹, que mais tarde, em 1949, passaria a emprestar o seu próprio nome para a referida usina (MARANHÃO, 1982, p. 6 e PONTES, 1991, p. 31).

Concomitantemente à construção da usina de Parnaíba, em 1901, a *Light* começou a promover desapropriações na região de Santo Amaro. A posterior ampliação da usina, com a instalação de sucessivas turbinas, impôs a necessidade de regularização da vazão da água do Rio Tietê, principalmente em épocas de estiagem. Para isso, a empresa resolveu construir um grande reservatório de regularização. O local escolhido para a implantação da barragem foi no Rio Guarapiranga, próximo à sua foz no encontro com o Rio Jurubatuba onde nasce o Rio Pinheiros. Dessa forma, obtida a concessão, em 1906, dois anos depois, em 1908, foi concluída a obra que deu origem à represa Velha de Santo Amaro, mais tarde denominada represa do Guarapiranga (SEGATO, 1995, p. 18).

O represamento de grandes proporções, de aproximadamente duzentos milhões de metros cúbicos, ocupou uma área enorme, onde estavam instaladas propriedades rurais que

¹¹ Edgard Egydio de Souza, natural de Campinas, São Paulo, diplomou-se em Engenharia de Eletricidade em

^{1899,} na Bélgica. Retornou ao Brasil e ingressou na Light em 1900. Foi o primeiro brasileiro a conquistar os cargos mais importantes até ser diretor e vice-presidente da companhia a partir de 1928. Permaneceu na empresa por mais de cinquenta anos (MARANHÃO, 1982, p.3 a 12).

produziam alimentos para Santo Amaro e para a cidade de São Paulo. Houve muito descontentamento pois, além da desapropriação de propriedades de sitiantes e chacareiros, houve a interrupção e desvio de estradas e caminhos de ligação, aumentando significativamente as distâncias a serem percorridas (SEGATO, 1995, p. 18). A partir de 1928, o reservatório passou a ser o principal fornecedor de água para o abastecimento de água para a cidade de São Paulo, com o suprimento de um metro cúbico por segundo até a estação de tratamento de Teodoro Ramos. Essa contribuição foi aumentando ao longo dos anos (GUERRA; FRANÇA, 1986, p. 160).

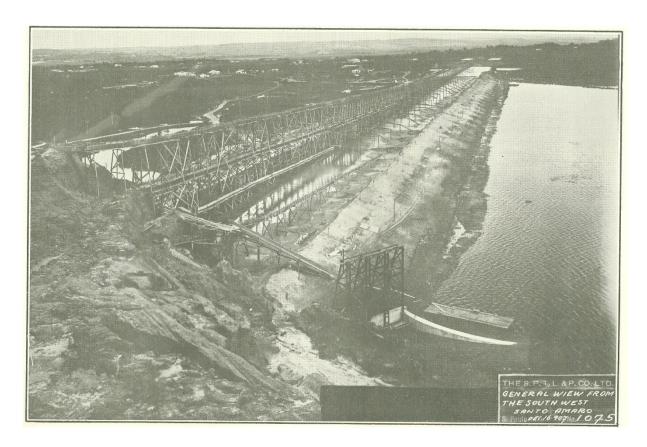


Figura 11 - Construção da barragem do Reservatório Guarapiranga Fonte: GUERRA; FRANÇA, 1986, p. 225

A *Light* optou, na construção da barragem do Guarapiranga, em sua primeira obra de terra de grande porte e praticamente em todas as outras que se seguiram, pela hidromecanização¹², que

¹²Hidromecanização envolve um conjunto de técnicas relacionadas com a extração, transporte e deposição de qualquer material sólido em uma área predeterminada, com o auxílio de água ou outro tipo de fluido. Ou ainda:

"Em linhas gerais, pode-se conceituar que esta é uma técnica, na qual são envolvidos serviços de desmonte e/ou dragagem de materiais (solos), transporte e lançamento da mistura ao longo das seções da estrutura prevista e eliminação do excesso de água (atualmente recomenda-se também a eliminação das frações mais finas do solo)." (GUERRA; FRANÇA, 1986, p. 10).

_

na época era utilizada com frequência e sucesso na América do Norte. Os maciços construídos dessa forma são chamados de aterros hidráulicos. A economia e rapidez de execução foram, sem dúvida, os principais fatores que levaram à escolha desse método (GUERRA; FRANÇA, 1986, p. 159). A figura 11 é um registro da utilização dessa técnica durante a montagem dessa barragem.

Ao longo da década de 1900, as progressivas ampliações da Usina Hidrelétrica de Parnaíba ofereceram a disponibilidade permanente de excedente de energia, que permitiram à *Light* sempre manter vantagem diante da ameaça de possíveis concorrentes. Foi assim que foi conquistado o uso da iluminação pública elétrica, superando a iluminação a gás, o espaço junto aos consumidores residenciais, apesar do preço da tarifa relativamente alto, e, principalmente, junto aos consumidores industriais. A grande oferta de eletricidade influiu diretamente na forte expansão da indústria de São Paulo nos quinze primeiros anos do século vinte de forma que, em 1914, esse estado respondia por aproximadamente trinta por cento da produção industrial brasileira (MC DOWALL, 2008, p. 129-134).

Esse cenário fez com que a demanda de eletricidade aumentasse de tal forma que, em 1912, a *Light* foi obrigada a restringir o fornecimento de eletricidade por alguns dias. O suprimento de energia somente voltou ao normal depois da inauguração de outra usina termoelétrica a vapor, na Rua Paula Souza, com duas máquinas cada de dois megawatts. Essa usina também foi importante para atender ao aumento diário de consumo nos momentos de ponta de carga, em auxílio à geração da usina de Parnaíba (SOUZA, 1982, p. 75).

Apesar de importante, a construção da usina a vapor foi somente uma solução temporária e emergencial. A resposta definitiva seria a construção de outra hidrelétrica, pelo fato da capacidade de suprimento da usina de Parnaíba já estar no limite. A *Light* já havia adquirido uma área propícia a essa finalidade junto à localidade de Pau D'Alho, no município de Itu. No entanto, as obras seriam demoradas. A *Light* optou por adquirir uma pequena usina instalada no Rio Sorocoba, e propriedades no entorno, para construir uma nova hidrelétrica de maior porte à jusante da pequena hidrelétrica. Ela teria um reservatório de acumulação maior do que a opção em Pau D'Alho e teria uma queda d'água de duzentos e trinta metros. Para a realização desse empreendimento foi constituída, em 1911, a terceira empresa da *Light*, a São

Paulo Electric Company¹³. Dessa forma, em 1914, a *Light* inaugura uma usina com três geradores de doze e meio megawatts para aproveitar o salto de Itupararanga, no Rio Sorocaba, com o intuito de aliviar a demanda por eletricidade que pressionava a usina de Parnaíba.

2.1.1 - O Projeto Serra

Após a Primeira Guerra Mundial, ficou mais visível a presença da classe média urbana na cena política brasileira, graças à industrialização e ao crescimento urbano favorecido pela restrição aos artigos importados (FAUSTO, 2010, p. 171).

Na década de 1920, o presidente Artur Bernardes (1922–1926) tomou posse após o governo de Epitácio Pessoa (1919–1922). Desde a sua posse e durante todo o seu mandato, o país permaneceu sob estado de sítio. Enfrentou com forte repressão a revolta do Forte de Copacabana, em 1922, no Rio de Janeiro, a revolução de 1924, em São Paulo, e o movimento que se seguiu: a coluna Miguel Costa-Luís Carlos Prestes (FAUSTO, 2010, p. 171-176).

No plano econômico, o seu governo encontrou o país com o câmbio desvalorizado e pela inflação, graças às maciças emissões de moedas feitas por Epitácio Pessoa entre 1921 e 1923, para a realização da valorização do café, principal produto de exportação nacional. O câmbio baixo estimulava bastante a indústria nacional, favorecendo a urbanização e intensificando a demanda pelos serviços de bonde e de energia elétrica. Por outro lado, o câmbio em baixa corroía gravemente os ganhos em moeda forte da *Brazilian Traction*¹⁴ (MC DOWALL, 2008, p. 305-310).

Dessa forma, na década de 1920, a *Brazilian Traction* estava pressionada entre o câmbio desfavorável e o consumo de energia em expansão. Não expandir a capacidade instalada para atender à demanda poderia colocar as concessões em risco e abrir brecha para possíveis concorrentes. Por outro lado, essa mesma expansão seria muito cara diante dos poucos recursos disponíveis no exterior. De qualquer maneira, não havia outra opção a ser seguida que não fosse a expansão do sistema de geração, em vista dos novos clientes que surgiam, como as empresas de ferrovias brasileiras, a Central e a Paulista, que estavam eletrificando as

_

¹³ A segunda empresa do grupo Light foi a Rio Light, criada em 1905.

¹⁴ "Em 1912, as companhias do Rio e de São Paulo se fundiram sob a supervisão de uma empresa holding sediada em Toronto, a Brazilian Traction, Light and Power Company Limited" (MC DOWALL, 2008, p.16).

linhas de trens. Se essa demanda não fosse atendida seria aberta uma oportunidade às companhias estrangeiras (MC DOWALL, 2008, p. 310-311).

Além do aumento da demanda de energia uma grande estiagem, que começou em 1923 e se agravou no ano seguinte, provocaram uma crise de abastecimento de energia elétrica sem precedentes na história da *Light*. Com a diminuição hídrica dos reservatórios e a redução da geração, a empresa foi obrigada a implantar o racionamento de energia na região. Para solucionar esse problema a *Light* enfrentava agora um impasse inédito: anteriormente, ela já havia contado com engenheiros hidroelétricos notáveis como Hugh Cooper e Kearny¹⁵, responsáveis pelos empreendimentos de Parnaíba e Ribeirão das Lajes, respectivamente. Além disso, estava sempre presente Pearson que, apesar de não ser especialista em hidroenergia, tinha uma capacidade enorme em engenharia e havia concretizado grandiosas obras de geração de energia. Como Pearson havia morrido no naufrágio do *Lusitânia*, em 1915, era urgente que a *Light* encontrasse um engenheiro que honrasse a tradição de engenheiros da empresa com a capacidade de concretizar as obras de expansão da geração necessárias (MC DOWALL, 2008, p. 311).

Asa White Kenney Billings, engenheiro hidroelétrico americano, foi contratado em 1922 para a direção de empreendimentos e na coordenação das obras realizadas a partir de então pela *Light*. Nascido em 1876, em Omaha, nos Estados Unidos, desde a infância decidiu se tornar engenheiro. Enquanto Billings crescia, estava havendo o começo da utilização comercial da eletricidade: quando ele tinha três anos, Thomas Alva Edison aperfeiçoou a primeira lâmpada incandescente e, quando completou o décimo primeiro aniversário, geradores de corrente alternada começaram a ser usados em larga escala, enquanto cidades como Boston e Nova York planejavam substituir as mulas pela eletricidade, em seus bondes (BILLINGS & BORDEN, 2010). Com essa idade, quando não estava na escola, se dedicava a limpar graxa na usina elétrica de Omaha (MC DOWALL, 2008, p. 312).

Em 1897, formou-se pela Universidade de Harvard. Enquanto estava na universidade estudava espanhol, aprendia esgrima com colegas cubanos e retribuía ensinando matemática. Nas férias, trabalhava para empresas de eletricidade para pagar os estudos. Quando se formou, foi trabalhar em Pittsburgh para supervisionar uma usina a vapor e a instalação de linhas de

_

¹⁵ C. H. Kearny, jovem engenheiro americano, foi contratado por Mackenzie, 1904, para supervisionar o projeto de Ribeirão das Lajes que era o suprimento de eletricidade a Rio Light até o início da década de 1920.

bondes elétricos. A sua amizade com cubanos foi útil quando, em 1899, foi supervisionar a eletrificação da estrada de ferro de Havana. Com vinte e cinco anos, em 1901, voltou à Pittsburgh, onde montou um escritório de engenharia. Em seguida, retornou à Havana para gerenciar os serviços municipais de tração elétrica. Em 1906, abriu um escritório que realizou obras de importância e, mais tarde, supervisionou a construção do sistema de tração elétrica na cidade de Santiago de Cuba. Nessa ocasião, inventou equipamentos de medição para usinas a vapor e chegou a registrar quatro patentes, mas os seus negócios eram tantos que não chegou a se aprofundar em suas criações para obter a aplicação comercial (BILLINGS & BORDEN, 2010).

Billings estava em Nova York, em 1911, coordenando projetos de hidrelétricas e de irrigação em uma empresa, quando conheceu Fred Pearson, que possuía um escritório de engenharia e já era famoso por ter promovido hidrelétricas em diversos locais do mundo, além de ter organizado a *Light* São Paulo, *Light* Rio e ser um dos fundadores da *Brazilian Traction*. Pearson procurava um assistente que pudesse orientar a construção de companhias no Texas, Estados Unidos e na Espanha (BILLINGS & BORDEN, 2010). Billings, além de haver adquirido experiência na supervisão de serviços de eletricidade, também dominava o uso inovador de concreto reforçado na construção de barragens, o que o levou a ser contratado como assistente para a organização de Pearson. Na Primeira Guerra Mundial, serviu como oficial da reserva da Marinha Americana responsável por construções navais na Europa. Após o término da guerra, depois de cinco anos como consultor, ele foi contratado pela *Light* para investigar a situação da energia no Brasil (MC DOWALL, 2008, p. 311-312).

Quando Billings chegou ao Brasil, em 1922, no Rio de Janeiro existia a usina das Fontes, no Ribeirão das Lajes, com capacidade de quarenta e seis megawatts. Em São Paulo, o parque gerador da *Light* era composto pelas Usinas Hidrelétricas de Santana do Parnaíba, Itupararanga, em Sorocaba, e pela Usina Térmica de Paula Souza, totalizando cinquenta megawatts de potência instalada (BILLINGS & BORDEN, 2010). O diagnóstico do levantamento realizado por Billings era de que a *Brazilian Traction* estava perigosamente beirando os limites de sua capacidade geradora no Rio e em São Paulo. Ele propôs um programa em duas etapas: uma de curto prazo, por meio de soluções provisórias e temporárias para contornar a crise de energia, com instalações de unidades geradoras adicionais nas Usinas de Sorocaba e Lajes, esta última no Rio, e de termoelétricas para operar nos períodos de estiagem (MC DOWALL, 2008, p. 313). Conforme a proposta de curto prazo, em 1925, a

usina Itupararanga, em Sorocaba, é ampliada em mais dezenove megawatts (SOUZA, 1982, p. 76-79). Nesse mesmo ano, a usina termoelétrica de Paula Souza teve aumento da capacidade instalada em mais quatro megawatts. (SOUZA, 1982, p. 75).

A outra etapa da proposta, com soluções mais abrangentes e definitivas, seria a construção de uma hidrelétrica no Rio Paraíba, para atender o Rio de Janeiro e o estudo de um novo aproveitamento hidrenergético para trabalhar em conjunto com as usinas que serviam São Paulo. Dessa forma, Billings primeiro realizou a supervisão da construção da Usina da Ilha dos Pombos, que iria completar o abastecimento de eletricidade da Capital Federal, cujo consumo já dava mostras de ser maior do que a energia elétrica então produzida (MC DOWALL, 2008, p. 312).

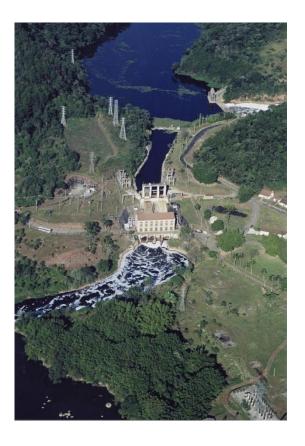


Figura 12 - Usina de Rasgão Fonte: EMAE

Em seguida, Billings, voltou a sua atenção para São Paulo. Ficou satisfeito que Alexander Mackenzie já havia adquirido as propriedades necessárias para realização de transmissão de

energia baseado em um levantamento realizado por F. S. Hyde¹⁶, um geólogo *freelance* americano. Billings chegou à conclusão de que deveria ser realizada a construção, rapidamente, de uma usina de baixo custo para dar apoio ao esforço de atendimento à demanda de energia realizada por meio da usina de Parnaíba. A seca no período estava restringindo a geração de energia de forma que até o serviço de bondes estava sendo limitado (MC DOWALL, 2008, p. 315). Dessa forma, a *Light* inaugurou, em 1925, a Usina de Rasgão (figura 12), construída às pressas em apenas onze meses, perto da cidade de Itu, interior do Estado. (DIAS, 1989, p. 40). Essa usina entra em operação com dois geradores, em setembro e novembro, perfazendo um total de vinte e dois megawatts (SOUZA, 1982, p. 96-98). Mesmo assim, permanecia o aumento de demanda acelerada por energia elétrica. A solução complementar deveria ser ainda mais definitiva e abrangente.

A crise energética provocada pela demanda crescente e agravada pela grande estiagem ocorrida em São Paulo, em 1924, embora atenuada com a construção relâmpago, por Billings, da Usina de Rasgão, demonstrou a vulnerabilidade às condições de secadas usinas a "fio d'água", ou seja, usinas que não tem um reservatório de acumulação e utilizam toda a água que chegam às suas comportas. Era o caso, por exemplo, das usinas de Parnaíba, Sorocaba e Rasgão. A contínua pressão por mais eletricidade cobrava uma solução diferente da utilizada até o momento. Era necessária a concretização de um complexo que utilizasse barragens com reservatório que fornecesse para a usina um abastecimento contínuo de energia mecânica para movimentar os seus geradores, mesmo em épocas de seca (MC DOWALL, 2008, p. 316).

O grande obstáculo, no entanto, eram as características da topografia brasileira, que permitiam somente o aproveitamento hidroelétrico a partir dos rios que fluíam com quedas graduais no sentido do interior brasileiro, em direção à bacia do Rio Paraná. O grande território do Brasil tem um formato topográfico semelhante a uma bacia enorme e rasa, para cujo centro flui uma imensa rede de rios que convergem e se juntam para formar bacias hidrográficas maiores como a do Rio Amazonas, São Francisco e Paraná. A borda dessa bacia gigantesca é formada pela Serra do Mar, a cadeia acidentada e contínua de montanhas que se ergue próxima à planície litorânea, inclinando toda a superfície do território brasileiro para dentro. Por dedicarem a atenção somente aos rios vagarosos que fluem para o interior do Brasil, os

¹⁶ F. S. Hyde, geólogo *freelance* norte americano, anteriormente já havia sugerido a construção da usina da Ilha dos Pombos e já havia percorrido a cavalo, a pedido de Alexander Mackenzie, vales ribeirinhos no Estado de São Paulo, à procura de pontos promissores para a hidroeletricidade.

engenheiros da São Paulo *Light* haviam deixado de lado a tremenda oportunidade, para o desenvolvimento da geração de energia elétrica, existente a partir da cumeeira da Serra do Mar. A pouca distância do litoral, a serra se eleva a uma altitude de pouco mais de setecentos metros. Entre a base e o topo dessa escarpa, o volume de precipitação das chuvas apresenta uma diferença impressionante. Na planície litorânea, o índice pluviométrico fica entre 1.800 a 2.400 milímetros por ano, mas, à medida que o ar quente e úmido, vindo do mar, esfria na subida da serra, as nuvens carregadas provocam uma precipitação que atinge até 6.800 milímetros anualmente. Além disso, apesar de inferior à Serra do Mar, a precipitação também é elevada em toda a área de planalto: decresce do alto da serra, onde é registrada uma das mais altas precipitações médias anuais do Brasil que é de até 4.500 mm, em direção à Capital com um valor de 1.700 mm por ano. Esse excepcional padrão pluviométrico numa estreita faixa de território ao longo da cumeeira da serra era um dos maiores do mundo. A constante inundação na borda da serra, junto ao planalto, oferecia aos engenheiros eletricistas um volume de água inigualável que poderia ser utilizado na geração de energia (MC DOWALL, 2008, p. 316-317). Mais tarde, Billings realizou o seguinte depoimento:

"é rara, nesta parte do Brasil a combinação entre índice pluviométrico médio elevado, quedas altas, topografia favorável, pontos esparsos para a formação de reservatórios e a proximidade do mar e de um mercado em crescimento acelerado" (BILLINGS, 1930 apud MC DOWALL, 2008, p. 318).

No entanto, a topografia da Serra do Mar não favorece o acúmulo de privilegiada quantidade de água. Elas escoam por rios com fluxos velozes pela escarpa inclinada da serra ou fluem mais lentamente em busca do Tietê por meio de vales largos e de pequena declividade. O segredo para o aproveitamento era encontrar uma forma de recolher, armazenar e conduzir as água abundantes para a beira do topo da serra. O aproveitamento hidrenergético poderia ser ainda maior se as águas do Rio Tietê, que é o principal da região do planalto, fossem desviadas, conduzidas e somadas a esse sistema por meio de bombeamento para superar o desnível até o topo da serra. A partir desse ponto, as águas seriam levadas, por gravidade, pela abrupta encosta até o nível da planície litorânea (MC DOWALL, 2008, p. 318).

Já em 1911, portanto, antes mesmo da construção da Usina Hidrelétrica de Itupararanga, em Sorocaba, existia o interesse da *Light* num ambicioso projeto de aproveitamento das águas do planalto o que a levou inclusive a fazer aquisição de terras envoltórias à cachoeira do

Itapanhaú, na vertente marítima da Serra do Mar, próximo a Mogi das Cruzes. A proposta baseada no anteprojeto do grupo de engenheiros, liderados por Walter Charnley, era inverter as águas do Rio Tietê através de um canal de mil e setecentos metros, para o Ribeirão Grande, um dos formadores do Rio Itapanhaú e aproveitar uma queda de seiscentos e quarenta metros para a geração de energia elétrica. Em 1923, diante das circunstâncias da crise de eletricidade, reiniciou-se a revisão do plano ambicioso de aproveitamento das águas do planalto, iniciado em 1911. Ao examinar o projeto, Billings não ficou satisfeito com as suas condições, pelos inúmeros problemas encontrados e, o maior deles, a dificuldade do transporte de material para a futura usina (SOUZA, 1982, p. 101).

Para auxiliá-lo, Billings solicitou novamente o apoio de Hyde, que também já conhecia a região da Serra do Mar. Ele percorreu durante meses o planalto ao longo da borda da Serra do Mar, então quase desabitada, com poucas estradas de acesso, somente com um mapa da região, da Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, enfrentando a mata densa cheia de cobras, a umidade e as chuvas contínuas. Sua missão era procurar outros locais apropriados à construção de represas com a possibilidade de inversão de suas águas para a vertente marítima, assim como acontecia com o Itapanhaú (SOUZA, 1982, p. 101-102).

Na época em que foi iniciado o levantamento, era sabido que a *Light* estava para iniciar um novo projeto hidroelétrico. Portanto, era necessária muita discrição para não alertar e estimular possíveis concorrentes ou especuladores contra os interesses da Empresa. Os trabalhos de Hyde foram então, propositalmente mantidos em sigilo. Ele e sua equipe utilizaram uma pequena frota de caminhões Ford T, equipados com redes para captura de borboletas, na intenção de convencer os eventuais curiosos de que se tratava apenas de uma expedição botânica americana. A estratégia de dissimulação quase foi descoberta quando um dos caminhões atropelou um fazendeiro da região. A cobertura jornalística do acidente somente não foi realizada graças a um acordo informal negociado por Alexander Mackenzie (MC DOWALL, 2008, p. 319).

Hyde era extremamente cuidadoso com o seu segredo: mantinha apenas um simples rascunho a lápis dos seus desenhos e cálculos, limitando toda a comunicação escrita a informações elementares, sem jamais mencionar localizações específicas e detalhadas. Em meados de 1923, depois de alguns meses permanecendo na serra, munido apenas com seu mapa, Hyde descobriu o que procurava: a uma distância de cerca mil metros a oeste da rodovia Santos São Paulo, também conhecida como Caminho do Mar, Hyde encontrou o vale do Rio das Pedras

que era um córrego que se precipitava sobre a borda formada pela Serra do Mar em um desnível de mais de setecentos metros de altura (MC DOWALL, 2008, p. 319-320). Hyde registrou em seu relatório:

"... A solução é simples e original. A formação geológica da Serra do Mar mostra que ela se ergueu em um período recente, depois da formação do planalto paulista. Foi um levantamento lento e pouco acentuado, porquanto os rios não tiveram tempo suficiente para escavar seus leitos através da serra, e passaram a correr para o interior, com exceção, apenas, do Ribeiro de Iguape e do Paraíba. O que se pode fazer, portanto, é inverter o curso dos rios dos planaltos e jogá-los serra abaixo, aproveitando a energia assim produzida" (BILLINGS & BORDEN, 2010).

Hyde propôs que fossem represadas as águas dos rios antes que elas desaguassem para o mar e para o interior. Além disso, que se aproveitasse a energia potencial dessas águas em um grande desnível alimentado pela represa, inclusive durante o período de estiagem. Para transformar as pequenas bacias em grandes reservatórios, Hyde sugeriu barrar os Rios das Pedras e o Perequê, outro importante rio da região, por meio de diques. Dessa forma, seria possível reservar um grande volume de água construindo-se pequenas represas nos fundos de vales. Garantida a vazão normal dos rios, o restante das águas armazenadas teria a sua trajetória invertida: ao invés de fluírem para o interior do continente desaguariam para o Atlântico, aproveitando a bacia do Rio das Pedras como canal natural. O trecho de planalto por trás do pequeno rio oferecia amplo espaço para um grande reservatório que poderia ter um nível máximo de 746 metros. O vale estreito cortado pelo Rio das Pedras apresentava espaço para outro pequeno reservatório, a uma elevação de 728 metros, que funcionaria como uma rolha de garrafa para regular o fluxo das águas em direção ao cume da serra. Na crista da serra, seriam construídos túneis por onde passariam as águas em direção às tubulações ao longo da encosta íngreme, superando a queda de setecentos e cinquenta metros, até as turbinas instaladas no sopé da serra, onde ficaria a usina. (DIAS, 1989, p. 41 e MC DOWALL, 2008, p. 320).

Arriscando uma estimativa pouco precisa, Hyde previu que o projeto poderia produzir aproximadamente cento e cinquenta megawatts, de forma contínua (MC DOWALL, 2008, p. 320). Segundo Edgard de Souza, o denominado "*Projeto Serra*" apresentava quatro vantagens maiores do que a opção anterior, que era o aproveitamento do Itapanhaú: maior altura de

queda, grande descarga, maior armazenamento de água e melhor localização estratégica com menor distância de transmissão de energia entre as duas maiores cidades do Estado de São Paulo, a capital e o porto de Santos (SOUZA, 1982, p. 103).

Aproveitando o momento de grande visibilidade e importância por causa das limitações impostas pela crise energética, Billings solicitou a aprovação do Projeto Serra ao Governo Federal, em março de 1925, que foi conquistada em apenas dez dias, apesar do esquema de reversões de vazões entre diferentes bacias e sub-bacias. O projeto foi autorizado pelo Decreto Federal nº 16.844, de 27 de Março de 1925¹⁷. O plano previa, além da construção de uma usina hidrelétrica na raiz da Serra de Cubatão, a formação de reservatórios no Rio Tietê, acima de Ponte Nova, e em seus afluentes, Grande, Parelheiros, M'Boy Guaçu, Taiaçupeba, Açu e Mirim, Balainho, Jundiaí e Biritiba, os quais seriam interligados entre si, por meio de túneis e canais.

Depois de iniciadas as obras, o projeto foi desenvolvido em maiores detalhes e a nova autorização foi solicitada em julho de 1925, junto ao Governo de São Paulo, para evitar, no futuro, questões a respeito do domínio superior das águas aproveitadas. Fazia referências ao aproveitamento das águas dos rios das Pedras, São Lourenço, Laranjeiras, Perequê, Ribeirão Grande e Monos, além do Tietê. Justificava a *Light*, nessa solicitação, que as usinas e reservatórios então existentes tornaram-se insuficientes, a saber: a usina e o Reservatório de Santana de Parnaíba, o reservatório do Guarapiranga, em Santo Amaro, a usina de Rasgão, em Pirapora e a usina e o reservatório de Itupararanga, estes dois últimos da São Paulo Electric Company, que também forneciam energia para o sistema da *Light*. Dessa forma, rapidamente foi obtida a sua aprovação também por meio de Lei Estadual nº 2109, de 29 de dezembro de 1925¹⁸. Em 27 de maio de 1926, com o Decreto Estadual nº 4056, foram aprovadas as

¹⁷ Em 27/03/25, foi baixado o Decreto Federal nº 16.844, aprovando o plano de obras proposto pela LIGHT; de acordo com o § único do art. 1º desse Decreto, a LIGHT ficava obrigada a:

[&]quot;a) Não prejudicar o abastecimento de água das populações que seriam naturalmente servidas pelos mananciais a captar;

b) Executar as obras que, oportunamente, forem julgadas necessárias para que o aumento de descarga do Rio Cubatão não venha a perturbar o regime das águas nas proximidades da cidade de Santos: e

c) Substituir ou reconstruir, de acordo com as exigências dos poderes públicos, todas as obras de interesse público, inclusive estradas de rodagem, caminhos e linhas telegráficas que ficarem inutilizadas ou prejudicadas em consequência das obras previstas."

¹⁸ Em 29/12/25, foi promulgada a Lei Estadual nº 2109, que autorizava a LIGHT a realizar as desapropriações necessárias à realização do plano apresentado e, "reter assim as sobras dos rios acima citados de modo a evitar as inundações das margens do Rio Tietê, sem diminuir a vazão normal desses rios na época de estiagem..." (cf.

cláusulas do contrato de concessão, entre o Governo do Estado e a *Light*, o qual veio a ser assinado em 17 de junho de 1926, regulando a execução da Lei nº 2109¹⁹ (SOUZA, 1982, p. 105).

Originalmente, o sistema de geração idealizado por Hyde e Billings contemplava a construção de diversas barragens para formar quatorze reservatórios interligados, situados na Bacia do Alto Tietê e nas bacias vizinhas. Toda a água armazenada seria transferida para a Represa Rio das Pedras, posicionada na beira do planalto e voltada para a vertente oceânica (figura 13). A partir desse reservatório de regulação, as águas seriam lançadas por meio de dutos, superando o desnível de mais de setecentos metros, até a casa de máquinas, em Cubatão.

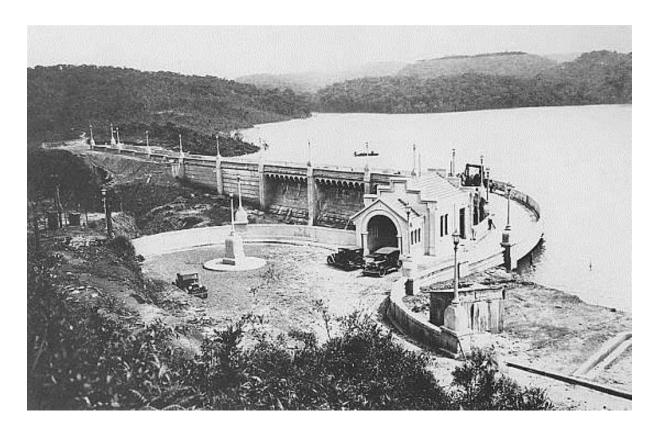


Figura 13 – Barragem do Reservatório Rio das Pedras Fonte: BILLINGS & BORDEN, 2010

A primeira etapa do Projeto Serra compreendeu a construção da barragem e dos diques que formaram o Reservatório Rio das Pedras, junto à vertente marítima da Serra do Mar, na cota

art. 1°, letra <u>a</u>). O art. 4° dessa lei acrescentou: "Ficará a Companhia concessionária obrigada a estabelecer a vazão normal dos rios cujas águas hajam represado, além das sobras".

¹⁹ A cláusula VII desse contrato estipulava que "A companhia poderá reter as sobras das águas dos rios mencionados no item <u>a</u> da cláusula I, de modo a evitar as inundações das margens do Rio Tietê, sem diminuir a vazão normal desses rios na época de estiagem...".

733 metros. Concomitantemente, um pequeno afluente da margem esquerda do Rio Grande foi escavado e dragado para permitir que parte da vazão desse rio fluísse e contribuísse para o Reservatório das Pedras. As vazões obtidas nessa primeira etapa seriam suficientes para a instalação de duas unidades geradoras de vinte e oito megawatts em Cubatão, que entram em operação em 10 de outubro de 1926 e 19 de março de 1927, respectivamente (SOUZA, 1982, p. 161).

Os maiores desafios durante a execução do Projeto Serra foram o clima adverso, com o excesso de umidade no Alto da Serra, e as medidas preventivas de combate à malária. A construção das represas, da casa de máquinas e a instalação dos geradores já não representava um avanço tecnológico para a época. A única exceção, que ultrapassava os limites da tecnologia em hidráulica, foram as tubulações de aço para a condução de água na encosta da Serra do Mar. Os dutos foram construídos na Polônia e foram montados e ajustados no local da obra (figura 14). Na verdade, o empreendimento se notabilizou pela sua grandeza (MC DOWALL, 2008, p. 323 a 325).



Figura 14 - Montagem da primeira tubulação da Usina de Cubatão Fonte: BILLINGS & BORDEN, 2010

No ano de 1927, a demanda por energia em São Paulo continuava a aumentar: em relação ao ano anterior subiu em mais 35%. Em 1928, a demanda seria acrescida em mais 22%. Com

base no prognóstico de progressão de demanda de energia e nas aprovações legais obtidas, Billings tomou a decisão de iniciar a **segunda etapa** do Projeto Serra já revisado e aprimorado, começando a construção do Reservatório do Rio Grande, que contemplou duas grandes barragens: a do Rio Grande, junto ao final do futuro Canal Pinheiros, e o chamado "*Summit Control*", barragem reguladora junto ao canal que controlaria a vazão das águas do Reservatório Rio Grande, no nível 748 metros, até o reservatório do Rio das Pedras, na altitude de 728 metros.

Foram ainda realizados oito diques para represar as águas dentro do acidentado relevo de transição entre o Planalto Paulista e a Serra do Mar. Estava colocado um desafio sem precedentes: os diques e barragens necessários envolveriam a movimentação de mais de cinco milhões de metros cúbicos de solo, sendo que metade desse volume seria utilizado apenas nas estruturas laterais da Barragem do Rio Grande. Essa barragem tem mil e quatrocentos metros de comprimento, foi iniciada em 1926 e também foi construída com a técnica de hidromecanização, assim como a Barragem do Guarapiranga havia sido realizada (GUERRA; FRANÇA, 1986, p. 31) (figura 15).



Figura 15 – Construção da Barragem no curso do Rio Grande ou Jurubatuba, 1928 Fonte: adaptado de CAPOBIANCO; WHATELY, 2002, p. 15

Apesar da continuidade do aumento da demanda, em 1929, em meio à construção dos diques e barragens para a formação do Reservatório do Rio Grande, houve um fato inesperado que atrasou a implantação do Projeto Serra. No dia 29 de outubro, os mercados internacionais foram afetados pela quebra da Bolsa de Valores de Nova York, que provocou uma depressão na economia mundial, nos anos seguintes. Essa foi a causa, no início da década de 1930, da estagnação generalizada na indústria brasileira, principalmente nas áreas de São Paulo e Rio

de Janeiro, área de concessão da *Light*. Somente houve novamente um bom crescimento da indústria nacional após 1933 (MC DOWALL, 2008, p. 379 a 381).

Embora previsse o represamento do Rio Grande que formaria o "Reservatório do Rio Grande", mais tarde rebatizado "Reservatório Billings" (DINIZ; FERRARI, 1995, p. 22-25) (figura 16), o projeto aprovado não incluía a inversão do sentido natural do escoamento das águas do Rio Pinheiros e Jurubatuba e tampouco a canalização até a sua foz, no encontro com o Rio Tietê. Somente após evoluir com os estudos de engenharia, Billings chegou à conclusão que o plano original, de construir quatorze reservatórios no Alto Tietê e nas bacias vizinhas, ficaria muito oneroso por causa da necessidade de interligação de diversos reservatórios por meio de túneis. O custo total dessas obras era muito superior ao estimado inicialmente. Por fim, houve a decisão de abandono dessa opção inicial, pois alguns túneis seriam muito extensos e, além disso, cruzariam terrenos das quais não era possível a investigação geotécnica confiável.

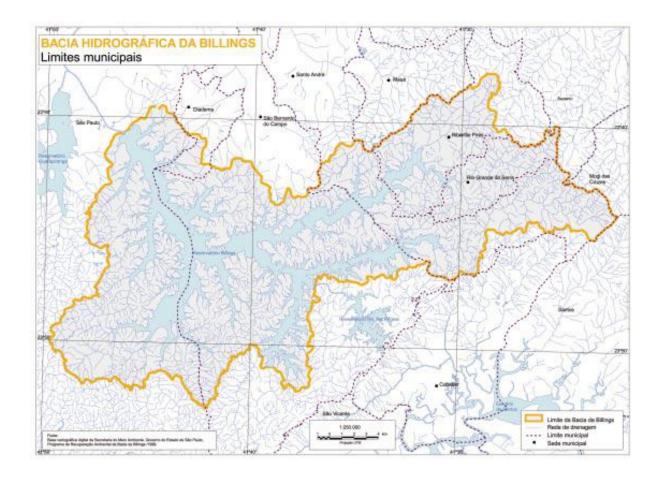


Figura 16 – Bacia hidrográfica do Reservatório Billings e limites municipais Fonte: adaptado de CAPOBIANCO; WHATELY, 2002, p. 12

A escolha definitiva, mais econômica e tão desafiante quanto a anterior, impôs a necessidade de solicitação de nova concessão. As obras, consideradas complementares à primeira etapa realizada, somente foram apresentadas à Câmara dos Deputados, para aprovação, em 1927. Dessa forma, em 27 de dezembro de 1927, o então presidente do Estado, Júlio Prestes, promulgou a lei 2.249, que dentre outros, concedia benefícios, autorizava a elevação do nível do Reservatório Billings até a cota atual de 747 metros, a canalização e inversão do curso do Rio Pinheiros e a exploração dos serviços de transportes fluviais, à *Light*, bem como declarava de utilidade pública as áreas e outros bens indispensáveis à construção de todas essas obras e de necessidade pública, terrenos esses alagadiços²⁰ ou sujeitos a inundações, dando os direitos de desapropriação também a essa Concessionária.

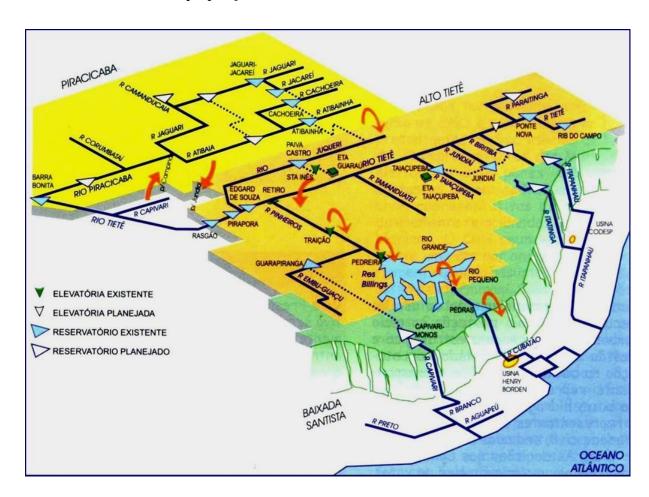


Figura 17 – Perspectiva esquemática da Bacia do Tietê e esquema de reversões associadas Fonte:http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0561/Caso_3_Gestao_de_Aguas.pdf>Acesso em 01set. 2011

-

²⁰"I Sujeito a ser alagado. 2 Encharcado, pantanoso. SM Terreno baixo e úmido, sujeito a inundações." (MICHAELIS, 2011).

Esse novo documento legal envolvia a ideia de deixar que todas as águas dos diversos contribuintes do Tietê a montante do Rio Pinheiros fluíssem para o próprio Tietê, construindo-se uma estrutura de controle, Retiro, na confluência desses rios, impedindo que as cheias do Tietê formassem remanso e alagassem as várzeas do Rio Pinheiros por meio da operação das comportas da Estrutura do Retiro e retificação do Rio Pinheiros, transformando-o em canal. Dessa forma, era possível fazer o manejo e reverter o fluxo das suas águas até o pé da Barragem do Rio Grande, onde essas seriam bombeadas para dentro do reservatório. **Era a terceira etapa** do Projeto Serra no planalto paulista (SOUZA, 1982, p. 105). Para melhor compreensão de como esse sistema passou funcionar e como opera atualmente, observar a figura 17.



Figura 18 - Vista da Ponte de Pinheiros durante a enchente de 1929 Fonte: PONTES, 1995, p. 27

As autorizações concedidas e os fatos que ocorreram posteriormente alimentaram a desconfiança sobre a conduta da *Light* quanto aos critérios e procedimentos adotados para a delimitação das áreas de desapropriação, estabelecidos pelas cheias de 1929 (figura 18) e o consequente impulso da especulação imobiliária sobre essas áreas. O processo de intervenção no Rio Pinheiros foi precedido por uma enchente, que pode ter sido provocada, de acordo com

o levantamento da autora Odete Seabra. Durante o período de chuvas do verão de 1929, há registros de que a empresa, ao mesmo tempo em que fechou as comportas da Usina de Parnaíba, abriu o escoamento das águas dos Reservatórios do Rio Grande e do Guarapiranga (SEABRA, 1988, p. 22). Essa enchente estabeleceu a cota de desapropriação e retirou inúmeros moradores nas imediações da várzea do Rio Pinheiros. Não foi o que aconteceu com uma empresa poderosa que possuía muitas terras nessa área alagável: a companhia de empreendimentos imobiliários "City". Após negociações, como compensação pelas áreas desapropriadas às margens do Rio Pinheiros, a Light fez um acordo para implantação de uma linha de bonde até o bairro do Pacaembu, empreendimento da City: "Era uma contenda entre 'iguais" (PONTES; LIMA, 1992).

Durante a depressão do início da década de 1930, as obras do Projeto Serra ficaram paralisadas praticamente por três anos. Nesse período ocorreu um fato importante ligado à história paulista e nacional. No dia 28 de junho de 1932, dois aviões Savoia Marchetti sobrevoam a Cidade de Cubatão e lançam duas bombas. Uma delas acerta uma plantação de bananas e a outra atinge a Usina de Cubatão. A *Light*, aparentemente empenhada no apoio e incentivo à Revolução Constitucionalista, divulgou declaração demonstrando indignação ao bombardeio realizado por "aviões da ditadura". O ataque aparentou ter a intenção de paralisar temporariamente a geração de eletricidade e prejudicar o esforço de guerra dos paulistas. O objetivo não era destruir totalmente a usina (DINIZ, 1992, p. 64). Apesar desse fato histórico, ocorrido durante a revolução constitucionalista de 1932, e a ocorrência no início da década de 1940 da segunda guerra mundial, não foram esses os motivos para a decisão da empresa em realizar a ampliação da usina, mais tarde na década de 1950, por meio da opção subterrânea (BARRETO, 1953, p. 5). Os motivos, de fato, foram principalmente a dificuldade em continuar implantando aquedutos externos nas cumeeiras da Serra do Mar e a enorme economia a ser obtida por meio da ampliação a partir dessa alternativa. A apresentação mais detalhada da construção da usina subterrânea será feita mais adiante por meio de documentos de autoria do Engenheiro Benjamin Franklin Barros Barreto.

Após o período de recessão econômica, em 1934, foram retomadas as obras do Projeto Serra. Os diques e as barragens foram concluídos apenas em 1937, possibilitando o preenchimento completo do Reservatório do Rio Grande. Em Cubatão, uma unidade geradora de cinquenta e quatro megawatts foi instalada em 1936 e outras duas unidades, de sessenta e cinco megawatts cada uma, foram instaladas em 1938. Em 04 de fevereiro de 1939 e 29 de julho de

1940, entraram em operação as primeiras unidades de recalque nas usinas de Pedreira e Traição, respectivamente, situadas no final e meio do Canal Pinheiros, dando início a efetiva reversão das águas do Rio Tietê para o Reservatório Rio Grande (SOUZA, 1982, p. 161).

Na bibliografia consultada existem poucos dados sobre a construção da usina subterrânea. No entanto, na década de 1950, o engenheiro Benjamin Franklin Barros Barreto, que havia sido chefe da Divisão de Estudos e Projetos da *Light*, responsável pelo projeto de expansão da Usina de Cubatão, realizou uma palestra no Instituto de Engenharia. A maior parte dos dados a seguir apresentados foi baseada em pesquisa da transcrição da palestra desse engenheiro.

No final da segunda guerra mundial, a *Light* voltava a enfrentar um desafio enorme. Se por um lado, o consumo de energia havia aumentado devido ao crescimento econômico, por outro lado, havia muitas incertezas devido à implantação do código das águas e ao sentimento de nacionalização vigente durante o governo de Getúlio Vargas. Além disso, o conflito mundial havia privado a empresa de importar novos equipamentos necessários para ampliar o sistema hidrenergético existente. De qualquer maneira, entre 1935 a 1945, a capacidade hidrelétrica no território nacional aumentou em quarenta e seis por cento, enquanto o consumo de eletricidade per capita subiu em setenta por cento (MC DOWALL, 2008, p. 457).

Em 1946, a demanda de energia havia superado a capacidade de geração do sistema. Medidas de racionamento tiveram que ser adotadas provocando prejuízos aos consumidores e, entre os quais, as indústrias (BILLINGS & BORDEN, 2010). As circunstâncias voltavam novamente a pressionar a companhia que já havia instalado oito unidades geradoras na usina de Cubatão. Não era mais possível ampliar a usina da maneira realizada até então, devido à impossibilidade de sobrecarregar, com novos aquedutos, o espigão que era utilizado na Serra do Mar. Além disso, no contexto do surgimento da ampliação da usina de Cubatão, o que influenciou bastante foi um fato geológico importante: o desmoronamento do tálus²¹ no sopé da Serra do Mar, em 1946, ameaçando a segurança do próprio edifício da usina, impedindo a instalação de outros aquedutos no mesmo esporão. Além disso, eram frequentes os deslizamentos de terra, junto aos oito dutos já instalados (BARRETO, 1956, p. 7).

Dessa forma, foram realizados estudos de alternativas considerando usinas convencionais, externas, utilizando o espigão do Monge, onde corre parcialmente o Caminho do Mar, divisor

²¹ "Depósito de sopé de escarpas originado principalmente por efeito da gravidade sobre fragmentos soltos" (MICHAELIS, 2011).

de águas entre a bacia do Ribeirão das Pedras e a do Rio Perequê. Apesar dessa cumeeira, sob muitos aspectos, ser a mais indicada para a instalação dos novos adutores, foi uma opção descartada pela similaridade geológica com a que já havia sido utilizada na usina já implantada, ou seja, era inadequada por ser muito vulnerável a deslizamentos e desmoronamentos (BARRETO, 1956, p. 7).

As condições geológicas do espigão situado do lado oeste do vale do Rio das Pedras eram muito favoráveis à construção de uma usina subterrânea, solução que apresentava a vantagem de ser mais econômica do que se fosse realizada uma usina a céu aberto, mais segura por não estarem as instalações sujeitas aos deslizamentos e desmoronamentos de terra, frequentes na usina externa e, além do mais, permitir a implantação da usina mais próxima ao manancial, diminuindo assim a perda de água. Portanto, a opção por uma usina subterrânea foi por motivação econômica e não para suportar a eventualidade de ataques aéreos. O aspecto econômico foi determinante para adotar-se a solução de escavar uma usina em rocha viva no espigão a oeste do vale do Rio das Pedras (BARRETO, 1956, p. 7-8).

Apesar de causar estranheza e incredulidade, o fato de ser mais econômica a solução subterrânea para a usina, é perfeitamente compreensível e justificável depois das explicações técnicas. Já naquela ocasião, graças ao aperfeiçoamento do equipamento específico utilizado na perfuração de rochas, era possível escavar galerias e cavernas com precisão e menor dispêndio de capital em comparação com outras soluções. Além disso, a técnica de construção de galerias blindadas, galerias abertas na rocha viva e revestidas por lâminas de aço hermeticamente soldadas, estava bastante evoluída, bem como os métodos que permitiam avaliar com relativa precisão o comportamento das rochas devido à pressão da água. A primeira conclusão é que adutoras de dois mil e quinhentos metros de comprimento seriam vantajosamente substituídas por um túnel de pressão de uma usina subterrânea. Além disso, a solução intermediária, tubulação subterrânea e usina externa também seria um pouco mais cara do que uma usina totalmente subterrânea (BARRETO, 1956, p. 5-8). (figura 19)

Existe uma vantagem decisiva pela utilização de condutos forçados, pois a maior parte da pressão é suportada pela rocha, fazendo com que haja uma grande economia de aço, pois o revestimento metálico pode ser de pequena espessura, que é uma desvantagem para as adutoras de superfície em que a pressão precisa ser suportada pela tubulação, aumentando o consumo de aço que passa a ser de dez mil e duzentas toneladas, ao invés de duas mil e trezentas toneladas nas adutoras subterrâneas (BARRETO, 1956, p. 13). Além disso, há as

vantagens complementares como a já mencionada eliminação de obras caras de drenagem e proteção da encosta por onde desceriam os condutos forçados externos, aproveitamento mais eficiente das condições impostas pela topografia, adução mais próxima possível à fonte de suprimento de água, diminuindo as perdas de carga, sem ainda considerar as vantagens da segurança das instalações a salvo dos desmoronamentos e escorregamentos de escarpas (BARRETO, 1956, p. 6).

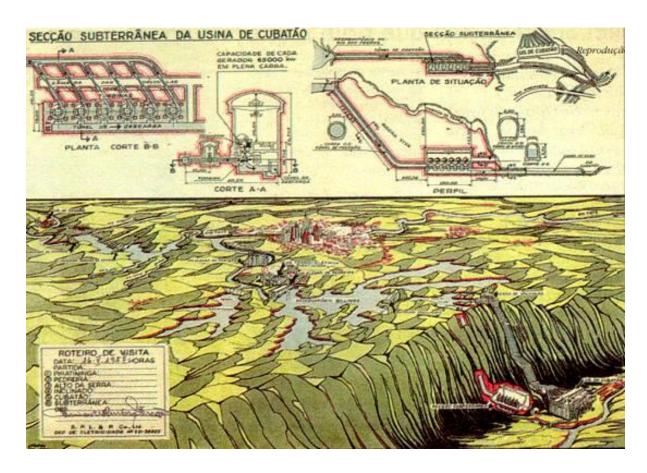


Figura 19 - Secção subterrânea da Usina de Cubatão Fonte: BILLINGS & BORDEN, 2010

Não se confirmaram, portanto as informações, usualmente difundidas, de que a principal motivação para a construção da usina subterrânea tenha sido provocada por ataques aéreos à usina externa em 1932. O que determinou a opção pela usina subterrânea, tanto a cavidade principal, quanto os condutos, foi o menor custo graças à tecnologia de escavação em rocha, consagrada desde o início do século vinte (BARRETO, 1956, p. 5).

No entanto, foi imprescindível a realização de estudos detalhados a partir de levantamentos na região, para que o empreendimento fosse econômico e bem sucedido. Foram realizadas sondagens e houve a constatação de que a caverna da usina, túnel de descarga, túnel de

acesso, chaminé de ventilação e parte do túnel de pressão seriam localizados em zona de rochas metamórficas duras, não decompostas e não alteradas do tipo gnaisse biotítico, quartzito, xisto e mármores (BARRETO, 1956, p. 8).

A construção da usina subterrânea teve início em setembro de 1952, contemplando a divisão em dois grandes trabalhos: a construção propriamente dita da usina e o aumento das reservas no sistema hidráulico junto ao planalto paulistano. Foi escavado na rocha um túnel de pressão com blindagem delgada de aço, com aproximadamente mil e quinhentos metros de comprimento por 3,25 metros de diâmetro interno, para a condução das águas do Reservatório Rio das Pedras, até a ramificação em seis dutos controlados por válvulas de vedação. Além disso, foi realizada a cavidade da câmara de válvulas e, por fim, a enorme caverna que aloja os seis grupos geradores (BARRETO, 1956, p. 8-14).

A escavação do túnel de pressão foi realizada adotando a inclinação de 42°, que se mostrou a mais adequada para a retirada do material escavado. Foi feita a colocação e soldagem da blindagem dos condutos, assim como a concretagem entre esta e a rocha, por meio de bombeamento (BARRETO, 1956, p. 13). Para a realização da obra houve a instalação da fábrica de adutoras, em Cubatão, na parte superior da Serra do Mar, próximo à Barragem Rio das Pedras e utilizava-se uma enorme calandra para curvar as chapas de aço (SIEVERT, 2010a, p. 5).

A cavidade principal, a câmara da usina, foi construída de cima para baixo, por meio da escavação da calota superior, concretagem da abóbada, escavação e concretagem do restante da câmara da usina. O acesso à parte superior da cúpula foi realizado por meio de um túnel horizontal com acesso externo servido por uma linha férrea. Esse túnel se tornou, mais tarde, o conduto de ventilação da usina (BARRETO, 1956, p. 14).

As turbinas utilizadas são do tipo *Pelton*, as mesmas da usina externa, porém, posicionadas de forma horizontal e com o eixo vertical. Cada gerador, de setenta megawatts, possui somente uma roda, alimentada com quatro jatos d'água, que imprimem ao eixo 450 rotações por minuto. A caverna das máquinas possui altura equivalente a um prédio de treze andares, aproximadamente trinta e nove metros, comprimento de cento e vinte metros e largura de vinte e um metros. Após a sua utilização, as águas são lançadas no Rio Cubatão por meio do canal de fuga dessa usina (BARRETO, 1956, p. 14). Os principais números referentes à construção da usina subterrânea estão na figura 20.

A primeira unidade da Usina Subterrânea foi inaugurada em dezembro de 1955. Em 1956, foram colocadas em funcionamento mais três unidades. Em 1960, a quinta unidade e, por fim, a última em 1961. Atualmente, cada gerador possui a potência de 70 MW, sendo que a capacidade instalada dessa usina é de 420 MW (RAGNEV, 2005, p. 37).

163.000	metros cúbicos de rocha viva escavados e removidos
212.000	metros cúbicos de terra escavados e removidos
67.000	metros cúbicos de concreto gastos
1.390	toneladas de aço consumidas na concretagem
2.750	toneladas de aço para blindagem do túnel e distribuidor

Figura 20 – Tabela: quantidades relativas à construção da UHB Subterrânea Fonte: BILLINGS & BORDEN, 2011

A implantação da usina subterrânea provocou a ampliação do sistema hidráulico de Cubatão. Houve a necessidade da captação de águas de uma área mais extensa da Bacia do Rio Tietê, da confluência com o Rio Pinheiros até a Cidade de Pirapora do Bom Jesus. Dessa forma, em 1952, a Usina de Paranaíba, perdeu a sua importância diante do Projeto Serra e foi demolida, dando lugar a Usina Elevatória Edgard de Souza, com capacidade para inverter o curso das águas do Rio Tietê e ampliar a capacidade de reversão das águas para o reservatório do Rio Grande. Em 1955, essa usina entrou em operação, dando início à reversão das águas do Rio Juqueri, para o Reservatório Billings. Além disso, foi realizado o alteamento da antiga Barragem de Parnaíba, da cota 711,44 metros para 718,00 metros, que naquele momento ampliou a capacidade de armazenamento de 16.300.000 metros cúbicos de água na Represa Edgard de Souza, totalizando uma contribuição de cerca de 206.000.000 metros cúbicos de água por ano para o Reservatório Billings. Por fim, foi construído o Reservatório de Pirapora, por meio da edificação de uma barragem no leito do Tietê, que retém águas desse rio e de vários de seus afluentes, como o Juqueri, Ribeirão Porunduva, entre outros. A capacidade máxima atingida pelo reservatório é de 75.034.000 metros cúbicos, na cota 698 metros. As águas do Reservatório Pirapora eram bombeadas para o Reservatório da Usina Elevatória Edgard de Souza, para se somar depois, através do Rio Pinheiros, à reserva hidráulica do Reservatório Billings. Todas essas obras foram aprovadas pelo Decreto Federal nº 22.008, de 29 de outubro de 1946. (EMAE, 2011).

Para complementar os trabalhos realizados, foi ainda necessário ampliar a capacidade da Usina Elevatória de Traição, localizada na metade do Canal Pinheiros, com a instalação, em 1962, de mais uma unidade de recalque de 70 metros cúbicos por segundo, elevando a capacidade total instalada para 210 metros cúbicos por segundo. Em 1977, a *Light* completou nova etapa de ampliação das usinas de Pedreira e Traição, passando suas capacidades de bombeamento de 170 m³/s e 210 m³/s, para 270 m³/s e 280 m³/s, respectivamente. Posteriormente, a usina de Pedreira foi novamente ampliada, em 1986, com a instalação da unidade nº 7 e, em 1993, com a instalação da unidade nº 8, atingindo a capacidade atual de 395 m³/s.

Em síntese, podemos dizer que o aproveitamento das águas da bacia do Alto Tietê, pela *Light*, para produção de energia elétrica na UHB, deu-se em três fases características, a saber:

1ª fase – Instalaram-se os primeiros geradores da secção externa da UHB, alimentados pelo reservatório do Rio das Pedras, este formado pelo represamento do rio de mesmo nome, pertencente à vertente oceânica e pela utilização da afluência natural do reservatório Billings ainda sem reversão das águas do Tietê, por bombeamento.

2ª fase— Foi construído o sistema de reversão Tietê-Billings, com a implantação do esquema principal de bombeamento (construção da barragem de Retiro, abertura do canal de Pinheiros, bem como de seus formadores: Grande e Guarapiranga, até suas respectivas barragens, e instalação das usinas elevatórias de Traição e Pedreira), permitindo, assim, aumentar progressivamente a capacidade geradora da secção externa da UHB, até sua capacidade atual.

3ª fase— Construiu-se o reservatório de Pirapora, alteou-se a barragem de Parnaíba e instalou-se a usina elevatória Edgard de Souza, permitindo aumentar a capacidade de reversão, seja pelo melhor aproveitamento das águas do Rio Tietê, decorrente da regularização do bombeamento em Traição, propiciado pela manutenção de níveis adequados em Retiro, em épocas de estiagem, seja pelo aproveitamento das águas do Rio Juqueri, este afluente do Tietê, a jusante de Edgard de Souza, ensejando novo acréscimo da capacidade geradora da UHB, mediante construção da secção subterrânea.

As obras previstas nos planos apresentados pela *Light* ao Poder Concedente foram todas executadas, com exceção das seguintes:

- a) Os reservatórios do Alto Tietê: Tietê (a montante de Ponte Nova), Taiaçupeba (Açu e Mirim), Balainho, Jundiaí, Biritiba e Ribeirão Grande. Uma das razões apresentadas pela Light para não construir esses reservatórios foi a de que as modificações decorrentes da implantação da adutora do Rio Claro haviam tornado o seu custo excessivamente alto e outra a de que a sua necessidade havia sido superada, com vantagem, pela abertura do Canal Pinheiros e construção das usinas elevatórias de Traição e Pedreira.
- b) Os reservatórios de M'Boy Guaçu (ou Embu Guaçu) e Parelheiros, dos quais dependia também o aproveitamento das águas dos rios São Lourenço e Laranjeiras, afluentes do Juquiá. A construção desses reservatórios ficou prejudicada pela implantação, na época, do ramal da Estrada de Ferro Sorocabana, ligando Mairinque a Santos, que foi locado em nível inferior ao da cota máxima prevista para o reservatório M'Boy Guaçu (ou Embu Guaçu).
- c) Reservatório do Rio Perequê; esse reservatório seria formado pelo represamento das águas do Rio Perequê, da vertente marítima, mediante a construção de uma barragem no planalto, próximo ao cume da Serra.
- d) As usinas geradoras nas barragens do Guarapiranga, Reguladora Billings-Pedras, e Tietê, acima de Ponte Nova (que não chegou a ser construída pela *Light*).

É importante observar que os reservatórios do Alto Tietê, não executados pela *Light*, passaram a integrar os planos do Governo do Estado de São Paulo, tendo como finalidades principais a regularização das vazões a jusante e o abastecimento público de água; já foram construídos pelo Governo Estadual os reservatórios de Ponte Nova, Taiaçupeba e Jundiaí (figura 21).

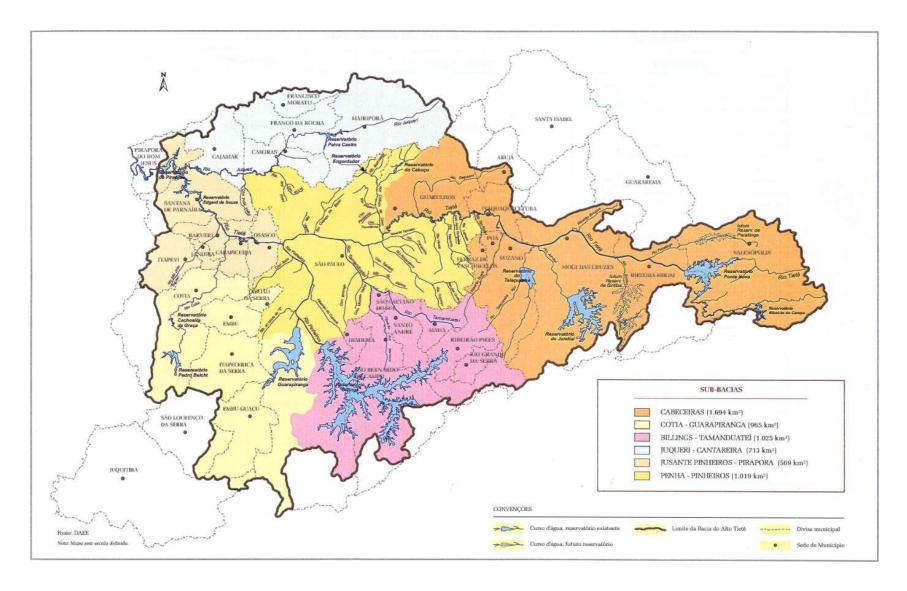


Figura 21 – Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
Fonte: DAEE - < http://www.rededasaguas.org.br/nucleo/amplia_alto_tiete.htm>

2.2 - Apresentação da realidade física e operacional da UHB

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) está situada na da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Devido à proximidade das cabeceiras, à ocupação urbana concentrada e desordenada há um problema de quantidade e qualidade da água disponível, devido à enorme disputa pelos recursos hídricos e falta de saneamento. São oito sistemas produtores de água, que produzem cerca 65 mil litros de água por segundo totalizando 5,6 bilhões de litros de água por dia, sendo que sessenta por cento desse total são importados do sistema Cantareira. A quantidade de água para abastecimento está aquem da disponibilidade hídrica dos mananciais existentes. Estudos indicam que a Grande São Paulo necessita de setenta mil litros de água por segundo, para atender as necessidades sociais e econômicas. A sabida escassez de água se torna mais aguda em períodos de estiagem mais prolongados, indicando a necessidade de racionamento contínuo de água (WALDMAN, 2005, p.454-504).

O quadro atual de operação da UHB se insere nesse contexto. Porém, o sistema hidrenergético da *Light*, que depois passaria a ser da Eletropaulo Eletricidade de São Paulo (Eletropaulo) e atualmente pertence à EMAE, foi concebido e implantado, em sua quase totalidade, na primeira metade do século XX, antes da segunda guerra mundial e em um momento em que ainda predominava o sentimento de que os recursos naturais eram infinitos (DIAS, 2008, p. 1-29). A história da operação desse sistema, o também conhecido Projeto Serra, pode ser dividido em três grandes fases e períodos: Operação Energética, um grande período que foi das décadas de 1920 a 1970, Operação Balanceada, na década de 1980 e início da década de 1990 e, por fim, Operação Ambiental, que se estende da década de 1990 aos nossos dias.

A Operação Energética caracteriza o período a partir da implantação pela *Light* do Projeto Serra, a partir da década de 1920, em que houve a disponibilidade de energia em quantidade, qualidade e baixo custo que alavancou o processo de industrialização e o crescimento na região de São Paulo, que provocou o aumento demográfico e transformação dessa cidade na maior do Brasil já em 1920. O cenário inicial era o do crescimento da indústria, com a grande necessidade de energia e baixo adensamento populacional.

A partir de meados do século XX, houve a diminuição da imigração estrangeira e o início do movimento migratório interno. A Segunda Guerra Mundial impulsionou um novo susto de industrialização, que se concentrou no município de São Paulo e arredores. Esse momento de expansão industrial coincide com o êxodo rural e fluxo migratório de grandes proporções

direcionado para o município de São Paulo e cidades do ABC, que se estende também durante a década de 1960. Esse cenário somente foi possível graças à oferta de energia elétrica proporcionada pela geração na Usina de Cubatão (CARMO, 2001, p. 79).

Houve a plena operação energética, com o aproveitamento do recurso hídrico da Bacia do Alto Tietê para descarregar água pela vertente oceânica e geração de energia elétrica a partir da queda de setecentos e vinte metros, próxima aos centros de carga, que eram a cidade de São Paulo e a Baixada Santista. Nas décadas seguintes, o aumento populacional na região do planalto paulistano não foi acompanhado da implantação adequada do sistema de esgotamento sanitário o que interferiu diretamente no manejo das águas da Bacia do Alto Tietê para a geração de energia elétrica na UHB, antes denominada Usina de Cubatão.

O processo de formação da RMSP²² confunde-se com a história da industrialização tardia e com o processo de urbanização do país e, ainda, com o crescimento acelerado da cidade de São Paulo. O ritmo de crescimento metropolitano foi determinado pela indústria que, muitas vezes, previu sua própria trajetória de crescimento físico. Além disso, a gestão dos seus cursos d'água foi influenciada pela implantação do sistema hidrenergético da *Light*, o que contribuiu com a referida dinâmica urbana (CARMO, 2001, p.78). O crescimento horizontal da Grande São Paulo resultou num contínuo processo de expulsão dos estratos mais empobrecidos para as periferias da região. A periferização é uma das características marcantes da metropolização em todas as regiões brasileiras. Esse processo está vinculado à generalização do trinômio: loteamento periférico, casa própria e autoconstrução. O processo de ocupação do espaço urbano de forma desordenada, nos anos de 1980, engloba loteamentos irregulares ou clandestinos e crescente processo de favelização.

Nesse espaço metropolitano heterogêneo, atividades e moradores se distribuem de forma desigual. Assim, a região abriga um parque industrial diversificado, múltiplo, composto desde fábricas "de fundo de quintal" até empreendimentos com tecnologia de ponta, como também condomínios de luxo e favelas em encostas de morros, fundos de vales e beira de córregos, muitas vezes desprovidos de serviços e de infraestrutura urbana.

Nas décadas de 1970 e 1980, o processo de urbanização passa de um crescimento rápido, explosivo e com grandes espaços vazios, para um preenchimento no "padrão periférico", isto

_

²² O conteúdo das três páginas seguintes é baseado em um artigo realizado na disciplina Gestão de Cidades e Energia, do Mestrado em Energia da Universidade Federal do ABC (ESCAMES; ALMEIDA, 2009, p. 4-6).

é, com segregação espacial por renda, estagnação das áreas consolidadas e sem construção de estrutura urbana básica em ritmo consistente ao desenvolvimento.

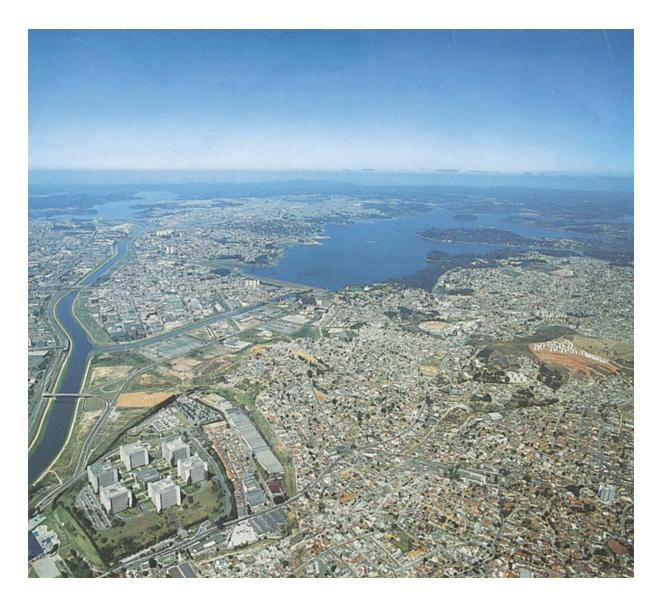


Figura 22 - Avanço da urbanização na área de proteção aos mananciais²³ Fonte: EMAE, 2011

O padrão urbanístico dos últimos anos se deu num processo agressivo sem proteção de solos, geralmente erodíveis, sem a preservação da cobertura vegetal e com insuficiência de obras de saneamento básico, levando a um processo de degradação ambiental desses espaços. Os loteamentos são implantados na busca de máximo adensamento em locais de difícil transposição e de alta declividade interna e estabilidade precária para uma população despreparada. Ao apelo dessa população, o poder público responde com intervenções pontuais

²³ À direita o Reservatório Guarapiranga e à esquerda o Reservatório Billings.

para as questões mais emergentes. As ocupações ocorrem, geralmente, em áreas públicas destinadas a parques, de difícil urbanização e muitas vezes em áreas de mananciais.

Resumindo, a impermeabilização da bacia do Alto Tietê, a erosão, o assoreamento e o arraste de materiais sólidos comprometem aspectos sanitários. Há também a degradação do lençol freático pela infiltração dos poluentes no solo. A expansão urbana na RMSP faz com que áreas em torno dos reservatórios sofram forte pressão de ocupações irregulares (figura 22).

A partir da década de 1970, foram criados instrumentos legais com o objetivo de impedir a ocupação inadequada das áreas de mananciais. Passadas quatro décadas, o que ocorreu foi justamente o contrário: a mancha urbana formada pela conurbação dos municípios da RMSP avançou de maneira ilegal e desordenada sobre os mananciais, em especial sobre as bacias dos reservatórios Billings e Guarapiranga. A legislação de proteção aos mananciais, de 1976, além de não surtir o efeito desejado, contribuiu para agravar a deterioração ambiental do manancial da Billings (SÓCRATES; GROSTEIN; TANAKA, 1985, p. 27-36). Apesar de decorrido mais de 15 anos da implantação do comitê de bacias hidrográficas e com a tramitação da lei específica da Billings, o cenário não é animador.

A Represa Billings é o maior reservatório da RMSP e a sua bacia passou a ser alvo de forte pressão de uso e ocupação do solo dos mais diversos tipos (figura 23). Ao longo dos tempos, junto às desembocaduras dos seus afluentes, foram formados grandes bolsões de assoreamentos advindos do modelo caótico de ocupação da sua bacia de captação. Partes das margens e desses bolsões, em geral de fundo de vale, foram transformadas em terrenos a partir de um barramento ou uma travessia. A exposição dessas áreas aos diversos usos desenfreados e clandestinos requer constante fiscalização e consequentes demandas legais. Além disso, tem sido progressivamente ocupada de maneira clandestina e irregular e por empreendimentos urbanos incompatíveis com seu importante papel de manancial na RMSP. Como o crescimento da mancha urbana, não foi acompanhado de sistemas de tratamento de esgotos e de efluentes industriais, a Billings transformou-se, desde a década de 1930, na grande receptora de água com efluentes não tratados da RMSP.

Dessa forma, a Operação Balanceada foi testada já em meados da década de 1970 e teve essa denominação porque consistia na operação considerando o saneamento e a geração de energia. O cenário desse período era o grande aumento populacional, o baixo tratamento de esgotos e a industrialização amplamente estabelecida. Na década de 1970, as condições

sanitárias do Reservatório Billings ficaram tão degradadas que, em 1976, as autoridades governamentais foram obrigadas a mudar as regras operacionais do sistema de geração. Provisoriamente, cinquenta por cento das águas eram descarregadas Rio Tietê abaixo, a partir da Usina Elevatória Edgard de Souza, e os outros cinquenta por cento eram bombeados para o reservatório. Além disso, o turbinamento pela UHB era mantido no mínimo para permitir o máximo armazenamento possível e favorecer a diluição dos esgotos no reservatório. Essa operação, denominada Saneamento, foi reiniciada em 1983 tentando estabelecer uma regra operacional adequada ao sistema hídrico da Bacia do Alto Tietê (FARIA, 2000).



Figura 23 - Ocupação urbana desordenada às margens do Reservatório Billings 24 Fonte: adaptado de CAPOBIANCO; WHATELY, 2002, p. 9

A partir da década de 1960, depois do esforço de reconstrução pós-guerra, com o agravamento da poluição e seu reflexo na saúde pública, começou a haver a tomada de consciência sobre o problema ambiental, principalmente por meio do movimento ambientalista e organizações não governamentais que surgiram com o movimento pacifista. Esse foi o contexto que permitiu o desenvolvimento de instrumentos legais e de fiscalização

²⁴ Braço do Cocaia, Bairro Cantinho do Céu.

que passaram a considerar as responsabilidades pelos danos ambientais a partir da poluição do ar, água e solo (DIAS, 2006, p. 12-29). Foi também a partir da dessa década, depois que os níveis de poluição passaram a atingir níveis alarmantes, que militantes de organizações não governamentais ambientalistas, começaram a realizar movimentos de protesto contra a poluição no Reservatório Billings. Esses mesmos grupos com a adesão de alguns políticos da região do ABC, finalmente conseguiram interromper o bombeamento de água, que na verdade já havia se tornado esgoto, de forma continuada para a represa, por meio de alterações na Constituição Estadual de 1989. Dessa forma, foi favorecido o aproveitamento das águas da Billings para usos múltiplos, além do uso energético, sendo o bombeamento permitido quase que exclusivamente devido a ameaça de enchentes na cidade de São Paulo.

Foi o início da Operação Ambiental, a partir de 1992, caracterizado pela restrição ao uso da água e a prioridade para o abastecimento público. O cenário desse período já era o da intensa poluição das águas e o aprimoramento da legislação ambiental. A proibição do bombeamento das águas poluídas do Rio Tietê e Pinheiros para a Billings teve o objetivo de melhorar as condições sanitárias do reservatório para atividades de lazer, náuticas e, acima de tudo, para que ele pudesse servir melhor como manancial de abastecimento público. Além desses usos, abastecimento público, geração de energia e alívio das enchentes da capital paulista para milhões de pessoas, a partir de 1996, esse manancial passou ainda a ser responsável pelo suprimento de outro reservatório importante, o Guarapiranga, por meio da transferência, pelo braço do Taquaquecetuba, de aproximadamente seis metros cúbicos de água por segundo.

Nessa nova configuração o sistema hidrenergético da antiga *Light*, Eletropaulo e agora EMAE, passou a ser vítima do próprio crescimento desordenado, da qual foi coadjuvante. Isso se deu a partir das várias mudanças nas regras operacionais a partir da década de 1970 e culminou com a proibição do bombeamento a partir de 1992 (VICTORINO 2002). Hoje, uma parte significativa de poluição do Reservatório Billings parte da ocupação clandestina e desordenada presente na sua bacia de captação direta e excede a capacidade de suporte ambiental da sua área de manancial, comprometendo os usos múltiplos do reservatório e prejudicando progressivamente a utilização do recurso hídrico para o uso principal que é o abastecimento público.

Diante desse cenário o Governo do Estado de São Paulo, representado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), EMAE e Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), lançaram, entre 2007 e 2009, o Sistema de Melhoria da

Qualidade das Águas Afluentes ao Canal Pinheiros. Também conhecido como sistema de flotação e remoção de flutuantes, foi implantado em fase de teste para tratar 10 m³/s das águas desse rio, depois de acordo firmado com o Ministério Público. O resultado desse teste serve de subsídio técnico ao Estudo de Impacto Ambiental – Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA), com previsão de conclusão para 2012, que está sendo elaborado para a instalação desse sistema em sua configuração final, com ampliação da capacidade de tratamento para até 50m3/s, o que viabilizará, entre outros benefícios, a ampliação da produção na UHB (EMAE, 2011).

Se o sistema funcionasse plenamente, o que não é possível devido à má qualidade de água da Bacia do Alto Tietê haveria uma rentabilidade muito boa devido à concepção do Projeto Serra, que aproveita a energia potencial graças ao desnível de aproximadamente setecentos metros entre o Planalto Paulistano e a Planície Litorânea. Os recursos obtidos com a operação do sistema viabilizariam também o saneamento das águas do Canal Pinheiros, permitindo o bombeamento dessas águas para o Reservatório Billings aumentando, dessa forma, os usos múltiplos desse manancial, inclusive o uso energético. O estudo demonstrando essa viabilidade é objeto da dissertação de mestrado "Contribuição da Usina Hidrelétrica de Henry Borden para o Planejamento da Operação de Sistemas Hidrotérmicos de Potência", de autoria de Jacyro Gramulia Junior (2009, p.46 a 58).

Dessa forma, a operação plena do Projeto Serra, atualmente Complexo UHB, depende da quantidade de água disponível nos reservatórios Rio das Pedras e Billings, concebidos, inicialmente, para a produção de energia elétrica. A interrupção do bombeamento contínuo impôs um enorme desafio para a continuidade da operação desse sistema, somado à necessidade de manutenção do controle de cheias na RMSP, por meio do seu sistema de bombeamento nas Usinas Elevatórios de Traição e Pedreira, situadas no Canal Pinheiros. Uma importante fonte de informação sobre a realidade operacional da UHB, em nossos dias, está expressa nos depoimentos colhidos e registrados por Otto Augusto Sievert, funcionário da UHB, que consta no informativo "Conhecendo o GH", de cinco páginas e edição número 38. Os parágrafos seguintes, extraídos desse informativo, apresentam o cenário atual sobre a operação da usina e são baseados nos depoimentos de seus operadores (SIEVERT, 2010b).

Segundo Maurício Antonio Furlaneto, coordenador de Operação da UHB, a demanda crescente de energia forçou a ampliação da usina externa na década de 1940. A oferta de energia oferecida pela usina nesse período possibilitou o surgimento do Pólo Industrial de

Cubatão, com seu conjunto industrial petroquímico e as indústrias automobilísticas e de autopeças do ABC Paulista. A construção da seção subterrânea da usina, a partir de 1950, foi uma reação decorrida da severa escassez de energia ocorrida no início da década de 1950. Dessa forma, a UHB, que a partir de meados de 1960 já tinha capacidade instalada de 889 MW, era a maior usina hidrelétrica do hemisfério sul até 1971. Desde então, a sua energia foi se diluindo perante a crescente produção do parque gerador brasileiro, diminuindo a sua importância quanto à quantidade de energia gerada. A partir de 1992, a má qualidade da água bombeada, a partir do Canal Pinheiros, ameaçou o funcionamento da usina, com a entrada em vigor da Resolução Conjunta SMA-SES nº 03/92, que suspendeu o bombeamento e restringiu a geração a pouco mais de cem megawatts médios. Foram anos considerados "amargos", em que a UHB chegou a ser considerada a "usina de problemas", ultrapassada, obsoleta e ameaçada até de fechamento. A mudança dessa situação somente foi possível graças à dedicação dos funcionários da EMAE e às características da UHB, que a tornam importante na qualidade da energia oferecida junto ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

A UHB é uma reserva de potência localizada bem no meio de um denso centro de cargas. Além disso, está em meio à região industrial de Cubatão. A usina disponibiliza em pouco tempo toda a sua potência para o sistema elétrico em situações de necessidade momentânea de potência, qualidade extremamente demandada pelo Operador Nacional do Sistema – ONS. A usina possui uma grande capacidade e facilidade de geração de potência reativa para o equilíbrio da tensão no sistema. A usina pode trabalhar em *Black Start*, ou seja, em situações de perda total de geração no SIN, a UHB tem a capacidade de reiniciar os procedimentos de energização e recomposição desse sistema, graças à sua característica de ser projetada para trabalhar sozinha: possui um gerador interno para os sistemas auxiliares. Poucas possuem a incumbência de recomposição do sistema elétrico como essa usina. Vale ressaltar também o importante fornecimento de água doce, por meio do turbinamento da UHB, que supre sessenta por cento da necessidade de água para a Região da Baixada Santista.

Conforme relato de Gilmar Pontes Silveira, coordenador da turma cinco da operação da UHB, as turmas de operação da usina são compostas por quarenta e um operadores, divididos em cinco grupos. Devido às férias, cada equipe conta com sete operadores. Até maio de 1997, cada grupo era constituído por dezessete operadores: houve uma grande evasão de profissionais por meio da aprovação em concursos internos da empresa. A responsabilidade desses profissionais é muito grande devido ao efetivo considerado reduzido para as duas

usinas que possuem quinze unidades geradoras. A usina possui uma grande quantidade de equipamentos auxiliares diferenciados e três pátios de estação de transmissão. Além disso, quando é necessário, os operadores sobem para o Alto da Serra do Mar para operar a Casa de Válvulas. O efetivo de operadores diminuiu, mas as responsabilidades aumentaram: a usina fornece energia para um e meio milhão de pessoas, além do Pólo Petroquímico. Além do mais, a sua carga é diferenciada: industrial e residencial. Fatores sazonais influenciam na sua operação: na temporada de férias cresce o consumo residencial.



Figura 24 - Sala de Controle da UHB, em 22/10/1955 Fonte: SIEVERT, 2010b, p. 4

A UHB é composta por duas usinas hidrelétricas de médio porte, diferenciadas nos tipos de manobras, equipamentos e procedimentos. O material de consulta é de fácil compreensão, os colegas de trabalho cooperam bastante e surgem experiências práticas importantes para o aprendizado de todos. Como a formação do operador dura pelo menos dez anos, é importante incrementar o treinamento, pois, em breve, haverá a redução de quadro por meio das aposentadorias, constata Carlos Eduardo F. D. da Silva, operador de equipamento de usina hidrelétrica. Silvio Ferreira de Campos, coordenador da turma três, lembra a importância da

conservação do conhecimento. Os operadores reorganizaram a informação da UHB, por meio da etiquetagem e preparação dos equipamentos e painéis da Usina Externa e Subterrânea, pastas, gavetas, armários. Foram ordenados os Livros de Ocorrências da Operação, anotações e agendas pessoais de Plínio Caldas Kerr, antigo Gerente da Usina até a década de 1970, Jaime Olchese, antigo Supervisor da Operação, agendas particulares do pessoal da Manutenção, em suma, toda a história desde 1926, que compõe um material histórico rico e vasto. A partir de 1981, operadores pesquisavam nos livros para saber sobre manobras, configurações, perturbações, rotinas e filosofias de trabalho. A intenção é sistematizar e facilitar o acesso à informação para uso das futuras gerações de operadores.

Essa grande lista de melhorias a serem implantadas é fruto de discussão na Operação. Por fim, segundo Maurício Antonio Furlaneto, vale destacar que a antiga "usina de problemas", atualmente é conhecida como uma "usina de oportunidades".

CAPÍTULO 3 – USINAS PARQUE EXISTENTES

Introdução

Na perspectiva de ampliar o conhecimento sobre as dificuldades associadas à implantação e gestão de Usinas Parque nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, a pesquisa contou com a busca de documentação de referência, visitas às usinas parque existentes e entrevistas.

A primeira entrevista foi feita com a arquiteta Sueli Martini, ex-funcionária da FES, e que atua como especialista em patrimônio histórico arquitetônico desde 1984 (MARTINI, 2010). A segunda entrevista foi realizada com a arquiteta Mariana Rolim, diretora da FES (ROLIM, 2010). A terceira entrevista foi realizada com Bruno de Souza Pinto, economista e profissional de educação ambiental do Museu da Energia Rio Claro, também conhecido como Usina Parque Corumbataí (PINTO, 2011). As entrevistas, que foram feitas com o questionário-1, apresentado no Anexo I, possibilitaram a definição das usinas parque avaliadas nessa pesquisa.

A etapa seguinte foi a realização de entrevistas com outro tipo de questionário, dessa vez com três técnicos da FES, um técnico da empresa AES Tietê e um técnico da UNIFEI, para o levantamento das características operacionais das usinas parque selecionadas. O questionário-2, utilizado nessas entrevistas, está no Anexo II.

3.1 – Caracterização das usinas

3.1.1 – Levantamento preliminar e definição do conceito de "usina parque"

Para efeito desta dissertação considera-se usina parque aquela que combina três pontos: visitação pública, preservação do patrimônio edificado e do meio ambiente e a geração de energia elétrica. É assim na FES, que tem o Museu da Energia de Rio Claro, Museu da Energia de Salesópolis, Usina Parque de São Valentim e Usina Parque do Jacaré. Nesse caso, cada usina foi estudada separadamente, de acordo com suas potencialidades. Podem ser

denominadas usinas parque e não estão restritas somente à história da energia, mas oferecem toda a área ocupada pela usina, suas estruturas e edifícios de apoio.

O potencial dessas usinas parque se deve ao patrimônio ambiental, cultural e arquitetônico que apresentam e devido à sua implantação em relação ao núcleo urbano a que estão associadas. A conservação privilegiada no entorno dessas usinas se deve ao fato de que as concessionárias impediam a sua degradação para que pudessem explorar o serviço de eletricidade. Um bom exemplo é a conservação da mata ciliar para impedir o desbarrancamento das margens do rio e da barragem, que faz parte da estrutura da usina.

Sobre o fato de outras instituições atuarem no sentido da implantação de usinas parque, vale registrar as tratativas da FES visando à implantação de usinas parque junto a outras empresas e prefeituras, como as das cidades de São Carlos e Santana do Parnaíba. A Prefeitura de Santana do Parnaíba tem a cessão do uso da área da EMAE junto à usina Edgard de Souza para a realização do Auto da Paixão de Cristo, na Semana Santa. Nesse local, a ideia é aproveitar a antiga barragem e a casa do engenheiro para realizar um museu e um centro cultural. Nesse caso, a atividade comercial, geração de eletricidade, não estaria incorporada ao projeto, pois a usina é de propriedade da EMAE. A vantagem e originalidade dessa proposta é permitir entender como a usina funcionava antes e como funciona agora. É diferente de uma usina pequena. É mais fácil entender o funcionamento de uma usina menor, é mais didático.

Quanto à relação das prefeituras com os empreendimentos de usinas parque, existe o exemplo da prefeitura do município de Itu que comprou a usina de Lavras, em 1971, e a transformou em parque. Outras prefeituras têm um roteiro turístico de visitação já pré-definido. Por exemplo, em Rio Claro há um ônibus jardineira que percorre os pontos turísticos mais importantes do município, inclusive a usina de Corumbataí. A Usina Parque Corumbataí tem uma boa relação com a Prefeitura do Município de Rio Claro e com as Agências de Turismo.

Em Brotas há a associação com uma empresa de turismo denominada Alaya Expedições. Na usina do Jacaré eles realizam a trilha e a tirolesa em um lugar maravilhoso. No entanto, há uma limitação para a realização do bóia-cross, cânion, por que não há água suficiente nos cursos d'água. Se houver a disponibilidade de mais água, a geração de energia elétrica fica prejudicada. A vazão sanitária impõe que uma quantidade mínima de água corra pelo vertedouro da usina para manter a fauna aquática e para não se perder o leito do rio para a vegetação. Se houver a prioridade para o esporte aquático, a usina deixa de ser competitiva.

Esse é o grande desafio da usina parque, conciliar as três atividades, como já foi dito acima: visitação pública, preservação do patrimônio edificado e do meio ambiente e, também, ter a atividade comercial de geração de energia.

Em Salesópolis, existe uma boa relação entre o Museu da Energia, agencias de turismo e Prefeitura. Desde 2010 foram consolidadas parcerias em ações socioambientais e educativas para o município e turistas. Apesar disso, desde abril de 2003, a prefeitura de Salesópolis instituiu o "passaporte ambiental", nos moldes da experiência de Bonito, estância com vocação ecológica situada no Estado do Mato Grosso do Sul. É cobrado indistintamente um valor para fornecimento de "voucher" ou "passaporte ambiental" para cada turista do município que utilize peruas ou ônibus. Essa ação trouxe uma diminuição de visitantes para a usina. Teoricamente existe a isenção para as escolas públicas mediante apresentação antecipada de ofício à prefeitura: mas até hoje poucas são as escolas que conseguiram ficar isentas da taxa. Essa medida prejudicou a vinda de alunos do programa ligado à Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE) no ano de 2009, que foram para outras usinas parque da FES, menos para Salesópolis. Por meio do programa ligado ao passaporte ambiental, os guias na entrada da cidade indicam os pontos turísticos e a usina parque faz parte desse roteiro.

Desde o início da geração de energia elétrica na usina do Museu da Energia de Salesópolis, em 2009, há a disputa pelo recurso hídrico com a companhia de abastecimento público. A usina ficou bastante tempo inativa e a SABESP fez a derivação d'água a partir da sua barragem. Atualmente eles não colocam o ponto de captação à jusante da usina, pois perderiam a altura piezométrica e teriam que bombear a água até a cidade de Salesópolis. Da forma atual funciona como uma caixa d'água. Como o fornecimento para a cidade não é muito relevante, eles não se sentem motivados a realizar o investimento para modificar essa situação, que prejudica a geração de energia na usina. Na usina de São Valentim acontece a mesma disputa, com a empresa de água municipal, embora a situação seja menos grave.

Uma das receitas das usinas parque da FES é advinda da venda de ingressos e locação para eventos. Quanto aos ingressos praticados, em 2011, a FES cobra o valor de R\$ 4,00 por aluno trazido por agência de turismo, R\$ 2,00 por aluno de escola particular e R\$ 1,00 por aluno de escola pública, que é considerado um valor simbólico. Infelizmente ainda ocorrem casos onde é realizada a reserva do horário para a visitação e a escola não cumpre o compromisso agendado. No Museu da Energia de Rio Claro, cobrava-se R\$ 10,00 por visitante para

realização de eventos. O valor foi elevado para R\$ 35,00 e o espaço passou a não ser mais alugado.

Um fator que dificulta a maior difusão das iniciativas de implantação de usinas parque é a receita apurada com a cobrança dos ingressos que, em geral, não é suficiente para sustentar um parque ou um museu. Existe também a opção de locação do espaço para treinamento empresarial, como ocorre em Corumbataí, por exemplo. A geração de energia nem sempre garante a sustentabilidade da usina parque.

Outro fator que dificulta a maior difusão das iniciativas de implantação de usinas parque é o pequeno interesse das empresas privadas e públicas, quanto ao retorno que essas usinas parque possam trazer para os estudantes e para a comunidade. É difícil garantir o equilíbrio financeiro e para mantê-las, em geral, é necessário algum subsídio. As empresas estrangeiras que compraram as usinas hidrelétricas não demonstram interesse em manter esta atividade.

Segundo Mariana Rolim, em relação aos incentivos que deveriam ser adotados para viabilizar economicamente a implantação de usinas parque, existem algumas possibilidades. No que se refere ao patrimônio ecológico é possível transformar em Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), por meio do acesso aos editais da Secretaria do Estado do Meio Ambiente, SOS Mata Atlântica, inclusive com dinheiro a fundo perdido.

O Ministério de Minas e Energia poderia oferecer incentivo a usinas desativadas, modernizar equipamentos para aumentar a geração, como é o caso de Monjolinho, substituir as turbinas para gerar mais eletricidade. Outra forma de incentivo poderia ser o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). No entanto, as regras para esse programa só permitem o investimento em novos empreendimentos. Quando uma usina já implantada está parada, como é o caso das usinas da FES, a única alternativa é realizar parcerias.

As prefeituras poderiam proporcionar incentivos para a transformação de usinas parque, com programas culturais e de preservação do meio ambiente, que proporcionariam a conscientização da comunidade para o lazer e educação. Além disso, seriam gerados empregos e seria uma forma de incentivo ao turismo.

A FES estabeleceu a parceria com a GAIA Energia, que possui aproximadamente 40 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), entre os Estados de São Paulo e Minas Gerais. Essa

empresa faz parte do grupo BERTIN, que era parceira na construção da usina de Belo Monte, entre outros empreendimentos. Para essas empresas, participar de empreendimentos como PCH's, em usinas parque, faz parte do programa de responsabilidade socioambiental.

Outros incentivos poderiam vir do envolvimento das indústrias, comércio e comunidades locais para prestigiar a iniciativa das usinas parque. Poderiam ser firmados convênios com o poder público, prefeituras e governo do estado, com a inclusão no planejamento das autarquias. Poderiam ser concretizadas parcerias com as empresas privadas, com projetos para investir efetivamente na área ambiental e social. Além disso, poderia haver mais divulgação da FES para atrair mais público.

A partir das entrevistas, foi possível relacionar as usinas que tem potencial, as que funcionam como usinas parque e qual a instituição responsável.

Hoje existem iniciativas de usinas parque implantadas ou que foram implantadas e não estão mais abertas ao público. Como já foi registrado anteriormente, atualmente estão em atividade quatro usinas parque sob gestão da FES. Apenas a Usina de Salesópolis, que se situa próximo às nascentes do Rio Tietê, localiza-se na bacia do Alto Tietê.

No Estado de São Paulo ainda existem as usinas parque de Monjolinho, em São Carlos, e Marimbondinho, no município de Icém, divisa dos Estados de São Paulo e Minas Gerais. Existem outras usinas que funcionam como museu, mas que não geram mais energia elétrica. São as Usinas São Pedro e Lavras, ambas administradas pela prefeitura de Salto e a Usina de Rodrigues Alves, gerenciada pelo Município de Piquete.

Nas entrevistas, foi sinalizada a existência de duas usinas parque nas proximidades do Estado de São Paulo, no Estado de Minas Gerais. São elas as Usinas parque Luiz Dias e Marmelos. Na usina Luiz Dias foi realizado o trabalho de ensino e pesquisa por meio de um convênio entre a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e a UNIFEI. Na usina Marmelos a CEMIG, em parceria com a Universidade Federal de Juiz de Fora mantém um museu com visita monitorada por estudantes.

No Estado de São Paulo existe ainda a visitação realizada nas usinas da AES Tietê, como a de Barra Bonita, da Duke Energia, no Rio Paranapanema e a UHB, em Cubatão, de propriedade da EMAE.

Neste estudo foram analisadas as usinas parque que constam da tabela adiante (figura 25).

Nome da usina parque	Localização	Instituição responsável		
Rio Claro ou Corumbataí	Rio Claro - SP			
Salesópolis	Salesópolis - SP	FES		
Jacaré	Brotas - SP			
São Valentim	Santa Rita do Passa Quatro - SP			
Luiz Dias (atualmente está desativada)	Itajubá - MG	UNIFEI		

Figura 25 – Tabela: usinas parque estudadas ²⁵ Fonte: preparada pelo próprio autor a partir da pesquisa realizada



Figura 26 – Mapa: localização das usinas parque analisadas Fonte: preparada pelo próprio autor a partir de imagem digital de satélite obtida do Google Earth (2011)

As usinas parque em questão estão em relação à Cidade de São Paulo em distâncias aproximadas de cem a duzentos e cinquenta quilômetros e estão situadas em uma porção que vai da região norte a leste dessa cidade. As referidas usinas estão situadas em um mapa que

_

²⁵Tabela com a relação das usinas parque estudadas, as suas localizações e as instituições responsáveis pelo seu gerenciamento.

mostra o contorno do Estado de São Paulo e as divisas dos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro (figura 26).

Na sequência do estudo é realizada uma descrição dos aspectos principais de cada usina parque analisada.

3.1.2 – Museu da Energia de Rio Claro

Em 1845, foi iniciada a povoação que se transformaria na vila de São João do Rio Claro, elevada a cidade em 1857. Em 1905, passou a adotar o nome atual, Rio Claro. Como já foi mencionado neste estudo, esta cidade passou a ter um lugar de destaque na história da eletricidade do Brasil, em 1885, quando foi a segunda no Brasil e a primeira no Estado de São Paulo a possuir um serviço de iluminação pública (KUHL; FERRAZ, 2000, p. 44).

O Museu da Energia de Rio Claro faz parte da Usina do Corumbataí, no município de Rio Claro, que se situa a aproximadamente 190 quilômetros da capital paulista. Essa usina aproveita o potencial hidroelétrico do Rio Corumbataí e do Ribeirão Claro e foi idealizada e construída por Julio Stern e Carlos Augusto Rodrigues Pinho (FPHESP, 1999).

Em 1895 foi inaugurada a hidrelétrica, a terceira do estado e a mais antiga ainda preservada. No dia seguinte à sua inauguração, problemas técnicos interromperam a sua operação, que somente foi retomada em 1900. Nessa época, foi instalada uma termoelétrica a diesel, junto à hidrelétrica. A intenção era complementar a geração em períodos de estiagens. No entanto, a demanda por eletricidade era tanta que ela operava até em época de chuvas. Em 1925 a hidrelétrica foi reformada e ampliada para suprir a eletrificação da Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Dessa forma, foi desativada a unidade a diesel, que apresentava despesas altas por causa do custo do combustível que era importado (KUHL; FERRAZ, 2000, p. 45-47).

Em 1912 ela foi comprada e passou a ser da Sociedade Anônima Central Elétrica de Rio Claro (SACERC). Entre 1933 e 1938, aproximadamente, foi construída e entrou em operação uma termoelétrica a vapor alimentada por lenha de eucalipto, plantada no entorno da usina. A partir de então os equipamentos dessa termoelétrica foram desmontados e vendidos devido à construção de outra hidrelétrica em Itirapina (KUHL; FERRAZ, 2000, p. 45).

Na década de 1950, devido à crescente escassez de energia, foi realizada a tentativa frustrada de instalação de uma nova termoelétrica a diesel. Esse pode ter sido um dos motivos que levou à incorporação da SACERC pela Companhia Hidrelétrica do Rio Pardo (CHERP), que em 1966 passou a ser uma das empresas formadoras da Companhia Energética de São Paulo (CESP) (KUHL; FERRAZ, 2000, p. 49).

No início da década de 1970 houve enchentes que provocaram acidentes que interromperam a operação de diversas pequenas hidrelétricas, como a hidrelétrica de Corumbataí. Entre 1978 e 1979, a CESP restaurou a usina com a supervisão do Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico (CONDEPHAAT), que a tombou em 1982 (KUHL; FERRAZ, 2000, p. 49).

A partir de 1999 passou a fazer parte da FES, graças à doação da Companhia de Geração de Energia Elétrica Tietê, empresa cindida a partir da CESP (KUHL; FERRAZ, 2000, p. 51).

A PCH conta com dois reservatórios, um no Ribeirão Claro e outro no Rio Corumbataí. São duas barragens de concreto, tipo gravidade e interligadas por um túnel medindo duzentos e doze metros de comprimento por três metros de altura. O desnível entre a barragem e a casa de máquinas é de vinte e quatro metros. O canal adutor é parcialmente escavado na rocha e com alvenaria de pedras. São dois dutos forçados de metal com quarenta metros de comprimento e diâmetro de um metro e meio (FES, 2011).

As unidades geradoras são constituídas por dois grupos. O primeiro grupo tem uma turbina tipo Francis, eixo vertical, F. Neumayer, 1600 kW, 500 rpm e gerador ASEA, 1.600 kVA, 500 rpm, 5000 Volts. O segundo grupo é constituído por uma turbina tipo Francis, eixo horizontal, 525 kW, 500 rpm e gerador Siemens, 525 kVA, 500 rpm, 5.000 Volts. A atual capacidade instalada é de 2,12 MW (FES, 2011).

O conjunto edificado é constituído por doze imóveis: uma casa de máquinas, uma casa sede, três galpões e a vila residencial que conta com sete residências (FES, 2011).

A Usina de Corumbataí ocupa um espaço de 44 hectares, onde são oferecidos recursos para a prática de educação ambiental por meio da exploração das possibilidades oferecidas pelos recursos naturais, culturais, históricos e de infraestrutura (PINTO, 2001, p. 34).

Quanto aos recursos naturais, destacam-se principalmente os rios Corumbataí e Ribeirão Claro. O Ribeirão Claro é contribuinte do Rio Corumbataí, que deságua no Rio Piracicaba e fazem parte da bacia do Rio Tietê. Merece destaque também a mata advinda da recomposição vegetal realizada em 1982, a partir de recomendação do CONDEPHAAT, e em 2001, realizado pela FES (PINTO, 2001, p. 34).



Figura 27 - Usina de Corumbataí Fonte: foto do autor registrada em 15 de janeiro de 2011

Os recursos culturais são compostos por diversos aspectos. A paisagem na área da usina é marcada pela imponência dos eucaliptos ao longo da alameda de acesso ao prédio da usina. O estilo arquitetônico do início do século XX é de construções rurais de tijolos à vista e telhados em duas águas, que eram das colônias de trabalhadores, do estilo de casas-grandes, das fazendas de café do século XIX, presente na casa sede da usina. Na casa de máquinas há a influência do estilo de construção rural alemão do final do século XIX. Por fim, o aspecto cultural é completado pelas fotos e pelos recortes de jornais e documentos que mostram a forma de escrever no final do século XIX e início do século XX (PINTO, 2001, p. 34-41).

Os recursos históricos são importantes, pois a usina é testemunha da transferência do excedente do capital cafeeiro que contribuiu para a industrialização e modernização do interior paulista. A eletricidade mudou o cotidiano e os costumes das pessoas, o dia ficou mais longo, novas opções de trabalho surgiram e novos equipamentos industriais e domésticos foram introduzidos, como o rádio que permitiu maior rapidez na divulgação das notícias. Além disso, o conforto aumentou, surgiram novas necessidades e a vida tornou-se mais ágil (PINTO, 2001, p. 41).

Em se tratando dos recursos de infraestrutura, quando a FES assumiu a usina, foi realizado um levantamento, diagnóstico e a adequação das instalações para a segurança dos visitantes, considerando que os mesmos seriam o público estudantil. Foi construída nova sala de aula para 80 alunos, 14 banheiros e implantados equipamentos de segurança como grades, parapeitos e pisos antiderrapantes. Foi reformado o galpão para a realização de lanches, construídos quiosques com bebedouros, no roteiro pedagógico, e instalados banheiros na casa de máquinas. A antiga casa sede foi restaurada e transformada em centro de estudos e eventos com equipamentos modernos para a realização de cursos, palestras e seminários. Foram realizados investimentos para aquisição de material pedagógico como maquete informatizada para a compreensão da distribuição de energia elétrica, ferramentas para o entendimento da geração de eletricidade, caracterização e demonstração da fauna e flora, geologia e hidrologia da região (PINTO, 2001, p. 41-43).

Os recursos disponíveis demonstram o potencial da usina para o desenvolvimento de projetos de educação ambiental. Atualmente são oferecidos onze roteiros, conforme informação que consta no sítio da FES, 2011:

Roteiro a - Convencional ou interdisciplinar: a visita começa no auditório com uma palestra interativa sobre a história da usina, o processo de geração de energia elétrica em pequenas centrais hidrelétricas e as características geográficas do local. O grupo conhece princípios de transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica na sala da maquete e, por fim, faz uma caminhada por alguns pontos da área da usina. Em cada um deles são explicados a importância e o significado desses espaços, incluindo conceitos importantes nas áreas de história, geografia, ciências, física, biologia, entre outros.

Roteiro b- Meio Ambiente, Usinas Hidrelétricas e Impactos: tem como tema os impactos ambientais decorrentes da construção e operação de usinas hidrelétricas. Recomendado para

estudantes e outros grupos com finalidades educacionais, ele conta com uma atividade realizada na sala pedagógica envolvendo a interpretação de mapas temáticos e maquetes sobre aspectos geográficos da área da usina e da Bacia do Corumbataí. Os visitantes são divididos em duas equipes que fazem estudos e trajetos com objetivos diferentes e complementares. Por fim, é feita a apresentação e a discussão, por parte das equipes, dos aspectos que mais chamaram sua atenção.

Roteiro c - Usos da Energia e Uso Racional da Energia Elétrica: tem como foco os usos finais da energia elétrica, especialmente nas residências. São realizadas atividades com cálculos básicos da conta de energia elétrica, especialmente recomendadas para estudantes dos Ensinos Fundamental e Médio e outros grupos com finalidades educacionais. O roteiro se inicia com o processo de transformação da energia, passa pelas etapas de transmissão e distribuição até chegar ao consumo. O intuito é a conscientização dos visitantes para o fato de que atitudes simples do dia-a-dia levam à preservação do meio ambiente e ao desenvolvimento da cidadania.

Roteiro d – História: destaca a importância histórica e cultural da Usina do Corumbataí para o município de Rio Claro, bem como para o Estado de São Paulo e para o Brasil. O roteiro se inicia pelo contexto global que influenciou a implantação da energia elétrica no Brasil, passa pelas escalas nacional, regional até a local. Este roteiro de história pode ser desenvolvido com estudantes dos Ensinos Fundamental, Médio, Superior e com outros grupos organizados para fins educacionais.

Roteiro e — Eletrostática: proporciona a compreensão dos fenômenos eletrostáticos do cotidiano que muitas vezes não são percebidos. Os experimentos utilizados e uma abordagem lúdica desses fenômenos permitem aos visitantes interagir e participar do próprio desenvolvimento do roteiro. Alunos a partir da 1ª série do Ensino Fundamental até o 3º ano do Ensino Médio podem participar deste roteiro, com explicações e ilustrações adaptadas às idades e escolaridade dos estudantes. Na última etapa, os visitantes partem para a Usina Pedagógica, onde há uma discussão final e o desfecho do roteiro.

<u>Roteiro f</u> — Eletrodinâmica: possibilita ao visitante uma discussão sobre os processos eletrodinâmicos em uma usina geradora, correlacionados com o tema eletricidade. Acontecimentos históricos e físicos são relevantes neste roteiro e são trabalhados com

estudantes dos Ensinos Fundamental (Ciclo II), Médio, Superior e demais visitantes de forma interativa e dinâmica.

Roteiro g - Educação Infantil: trabalha conceitos básicos sobre energia elétrica e qual o papel da água no processo de geração da eletricidade em uma pequena hidrelétrica. São utilizados conceitos de física, geografia, história e meio ambiente de maneira simples e lúdica, com o uso de experimentos interativos. As crianças caminham por trechos da área da usina e visitam a casa de máquinas, as maquetes, a sala de experimentos e a Casa Eloy Chaves. Há a opção de uma visita ao viveiro para observar o processo de compostagem, a decomposição da matéria orgânica, a formação do húmus, o minhocário e o produto final do processo: o adubo.

Oficina a – Eletrostática: os primeiros fenômenos elétricos conhecidos foram os de natureza estática, isto é, não envolviam o movimento contínuo de cargas elétricas. Por essa razão são chamados de fenômenos eletrostáticos. Eles permitem a realização de atividades que facilitam a compreensão de alguns dos princípios básicos da eletricidade. Pelo caráter lúdico da oficina pedagógica, ela pode ser desenvolvida com alunos dos Ensinos Fundamental, Médio e outros com fins educacionais. A oficina envolve demonstração, explicação teórica e construção de experimentos, tais como pêndulo Eletrostático Simples e Duplo, Eletroscópio de Folha e, por fim, Igreja Eletrostática.

Oficina b - Arte e Reciclagem Artesanal do Papel: oficina pedagógica que possibilita a reciclagem artesanal do papel e usa esse tema para suscitar discussões sobre os padrões de consumo da sociedade contemporânea, incluindo o consumo da energia elétrica e do papel. São abordados aspectos da história do papel, seu processo de produção industrial, a reciclagem industrial de variados materiais, as vantagens e desvantagens da reciclagem e a contribuição deste processo para a manutenção da sustentabilidade ambiental.

Oficina c - Construção de brinquedos, trabalhando a energia mecânica: introduz os conceitos de transformação, conservação e transmissão de energia mecânica através da construção de três experimentos lúdicos, lata vai-e-volta, looping elástico e telefone-barbante, feitos com materiais de baixo custo e recicláveis.

<u>Roteiro h</u> - Agricultura Orgânica e Hortas Domésticas: exploram os diferentes tipos de cultivos vegetais, os cuidados com o solo, a diversidade de hortaliças, plantas medicinais e todos os processos da agricultura orgânica, além de apresentar conhecimentos sobre

compostagem, preparos de sementes, armazenamento de mudas, replantio em horta e adubação verde; utilizando-se, para tanto, materiais recicláveis, como caixinhas de leite e garrafas pet.

Apesar da enorme diversidade de roteiros oferecidos, o mais realizado, em noventa por cento das visitas realizadas é o "Roteiro a - Convencional ou interdisciplinar".

3.1.3 – Museu da Energia de Salesópolis

Salesópolis, antigo povoado de Nossa Senhora da Ajuda, desenvolveu-se a partir dos caminhos que partiam de São Paulo e Jacareí, para o litoral. Anteriormente fazia parte de Mogi das Cruzes e foi emancipado a município em 1857, com o nome de São José de Paraitinga. Em 1900 é adotado o nome de Salesópolis, em homenagem ao então presidente Campos Sales (MARTINI; DINIZ, 2000, p. 65). Este município fica a noventa quilômetros da cidade de São Paulo.

A partir de 1911 a Empresa Força e Luz do Norte começa a construção de uma hidrelétrica na Cachoeira dos Freires, próxima às cabeceiras do Rio Tietê, aproveitando as condições adequadas para a formação do reservatório e desnível à jusante. A região oferece grande quantidade de rochas, o que permitiu a execução de blocos irregulares de pedra assentada com argamassa na barragem, canal adutor, câmara de compensação e pilares de sustentação dos dutos (FES, 2011).

Essa usina foi construída pela então Companhia Paulista de Eletricidade, ligada à AEG alemã que estava ligada à General Electric americana. Começa a funcionar em 1913 e passa a fornecer energia à cidade de Mogi das Cruzes, por meio de uma linha de transmissão. Em 1914 é instalada a segunda máquina que fornece energia para as cidades de Caçapava, Jambeiro, Santa Branca e Salesópolis. A *Light* adquire o seu controle acionário em 1927. Ao longo de sua história ela teve interrupções por causa das chuvas e por problemas técnicos de frequência elétrica. Devido a acidentes por causa das chuvas, ela teve a sua produção interrompida entre 1929 e 1935. Também, devido a acidentes, ela teve suas unidades paralisadas em 1986 e 1988. A partir de 1998, a usina é cedida à FES pela EMAE (MARTINI; DINIZ, 2000, p. 64-67).

O reservatório tem área total de 504.000 m² com a cota máxima de enchimento. A sua barragem esta encravada em um grande maciço rochoso, é do tipo gravidade, de alvenaria de pedra com argamassa e mede quarenta e seis metros de comprimento por quatro metros e trinta centímetros de altura. O canal adutor também é de alvenaria de pedra e tem cinquenta e cinco metros de comprimento, quatro metros de largura e três metros de profundidade. Possui dois dutos forçados, de aço, cada um medindo cento e setenta e sete metros de comprimento e diâmetro de um metro (MARTINI; DINIZ, 2000, p. 67-71).

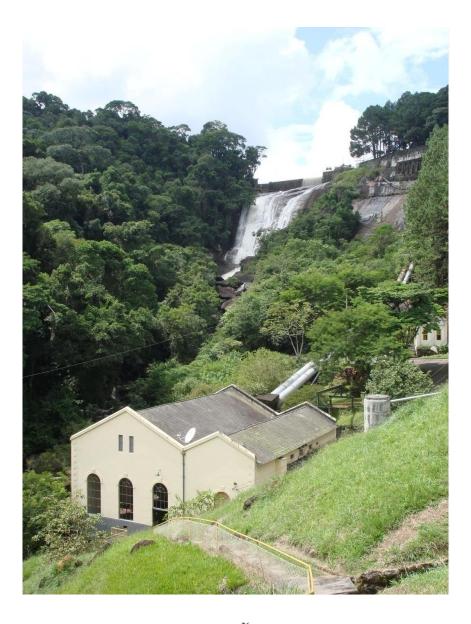


Figura 28 - Museu da Energia de Salesópolis 26 - em primeiro plano, a casa de máquinas Fonte: foto do autor registrada em 05 de abril de 2011

_

²⁶ Casa de máquinas, dutos forçados, maciço rochoso, canal adutor e barragem do Museu da Energia de Salesópolis.

Abaixo da barragem, com um desnível de setenta e cinco metros e situada à margem esquerda do rio, encontra-se a casa de máquinas, com planta retangular e dimensão de vinte por vinte e dois metros, pé-direito alto e amplos vãos de janelas, alvenaria de tijolos revestida com argamassa e embasamento de pedra. As unidades geradoras são constituídas de duas turbinas tipo Francis, eixo horizontal, marca AMME Giescke & Konegen A. G., 1,25 MW cada, e dois geradores A. E. G., 1.250 kVA cada. A capacidade total instalada é de 2,5 MW (MARTINI; DINIZ, 2000, p. 76-71).



Figura 29 - Museu da Energia de Salesópolis²⁷ - vista do Vale do Tietê, a partir da barragem Fonte: Foto do autor registrada em 05 de abril de 2011

Além da casa de máquinas, existem cinco casas que compõem a vila residencial. Uma delas foi construída na mesma época da usina e possui arquitetura própria, com varanda em uma das laterais e arremate superior do frontão com forma quadrangular. As demais residências

-

²⁷ Dutos forçados, casa de máquinas e residência do Museu da Energia de Salesópolis. Em seguida, várzea a jusante da usina e, ao fundo, início do Reservatório de Ponte Nova.

apresentam características arquitetônicas próprias do período em que foram construídas, do final da década de 1930 e início da década de 1940 (MARTINI; DINIZ, 2000, p. 68-69).

A partir de 1998, quando a FES assume a usina é iniciado o restauro e a adequação da infraestrutura para realização do programa da usina parque: cultural, de educação patrimonial e científico-tecnológica, relacionada ao uso racional e à geração de energia. A partir de 2001 são iniciados estudos para reativar a geração de energia, que foi concretizada em março de 2008 (FES, 2011).

Conforme informações disponíveis no sítio da FES, 2011, no Museu da Energia de Salesópolis são desenvolvidas atividades de educação, cultura e recreação por meio de visitas monitoradas e trilhas interpretativas.

Atualmente estão disponíveis os seguintes roteiros (FES, 2011):

Roteiro a - história e funcionamento da usina: a PCH é apresentada ao visitante, que aprende sobre a história e o funcionamento da usina inaugurada em 1913, durante o crescimento industrial e o desenvolvimento das cidades da região do Alto Tietê. O roteiro é complementado no Espaço Energia, onde são expostos os princípios de geração de energia e o seu consumo racional por meio de alguns experimentos, atividades lúdicas e exemplos do cotidiano.

Roteiro b — biodiversidade: roteiro que busca a sensibilização em relação à preservação dos recursos naturais. São utilizados como exemplos o Rio Tietê e a biodiversidade da Mata Atlântica que integram a área da usina. No reservatório é destacada a importância da água e da floresta para a preservação da biodiversidade e para a geração de energia, através da observação da paisagem ao lado da Cachoeira dos Freires, única grande queda existente na Bacia do Alto Tietê, e das trilhas do entorno da represa.

<u>Roteiro c</u> - trilhas da usina: nas trilhas são tratados aspectos sobre a importância da água e da floresta para a preservação da biodiversidade e para a geração de energia, através da observação da paisagem ao lado da cachoeira dos Freires e das trilhas que beiram o represamento.

<u>Roteiro d</u> - aventura no Tietê: para os visitantes que gostam de atividades mais emocionantes, o museu oferece o roteiro de ecoturismo "Aventuras no Tietê", pacote que incluem descida de

rapel na cachoeira dos Freires, passeios pelas trilhas que margeiam o Rio Tietê e visita a uma pequena caverna. Por meio das entrevistas, foi informado que esse roteiro é realizado em parceria com as agências de turismo de aventura, da Cidade de Salesópolis.

Os roteiros mais realizados são os a e b, roteiros histórico e ambiental. Os roteiros c e d, trilhas e rapel somente são realizados com agendamento prévio e com um número mínimo de dez participantes.

3.1.4 – Usina Parque do Jacaré

O município de Brotas situa-se na região central do Estado de São Paulo, a noroeste da capital. A povoação no local data de 1839 e em 1859 foi elevada a município. Sua melhor fase econômica foi nas décadas de 1820 e 1830, devido à expansão da cultura cafeeira no interior paulista. Ainda hoje é uma região abundante em recursos hídricos de boa qualidade e é conhecida pela exploração do turismo de aventura (MARTINI, 2000b, p. 72-73).

Graças aos recursos hídricos privilegiados aliados à riqueza do café, a Usina de Brotas foi construída e começou a gerar em 1911, inaugurando o sistema de iluminação elétrica na cidade. Em 1914, passa a suprir a iluminação pública da cidade de Torrinha. A Companhia Paulista de Força e Luz adquire a companhia e a desativa em 1964. Hoje ela faz parte de um parque que pertence à prefeitura municipal (MARTINI, 2000b, p. 73).

Durante a segunda guerra mundial, devido ao aumento da demanda por energia elétrica, a SACERC construiu uma nova hidrelétrica: a Usina do Jacaré. Foi construída com materiais alternativos em substituição à falta de produtos por causa da guerra. Também houve a dificuldade de desapropriação, decretada pela união, de terras cultivadas. Em 1946, a usina foi inaugurada oficialmente. Em 1965, a SACERC foi adquirida pela CHERP, que passou a fazer parte da CESP, em 1966. A usina foi desativada em 1970 e em 1998 foi doada à FES (MARTINI, 2000b, p. 74-75).

A Usina do Jacaré está às margens do Rio Jacaré-Pepira, que é uma das principais atrações do turismo no município de Brotas. A propriedade, onde está inserida a usina, tem área total de 145,57ha. O reservatório tem área de 45ha e volume de 11.500.000m³. A água da represa era levada à casa de máquinas por uma tubulação horizontal de oitocentos e noventa e dois metros

de comprimento por um metro e quarenta centímetros de diâmetro, feita com placas de madeira de lei presas com cintas de metal. A utilização de madeira foi a alternativa encontrada diante da dificuldade de importação de chapas de aço devido à segunda guerra mundial (MARTINI, 2000b, p. 75-78).

A barragem é de concreto com contrafortes e tem o comprimento de duzentos e vinte e seis metros por dois metros de altura. O desnível entre a barragem e casa de máquinas é de cento e trinta e três metros. O duto forçado é composto por duas tubulações de alta pressão, em aço, medindo aproximadamente noventa metros de comprimento por sessenta centímetros de diâmetro cada (MARTINI, 2000b, p. 78).

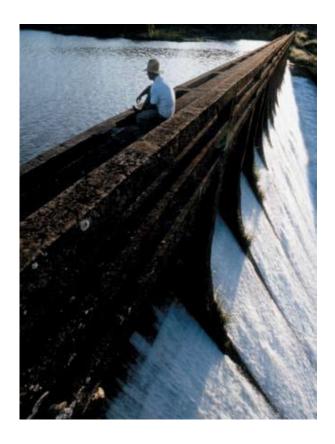


Figura 30 - Barragem da Usina do Jacaré Fonte: FPHES, 2008, p. 10

O edifício da casa de máquinas tem o formato de um "L", com embasamento de concreto e paredes de tijolos aparentes do lado externo. O telhado possui cobertura de telhas francesas e janelas e portas em verga reta. As unidades geradoras são compostas por uma turbina Francis, eixo horizontal, James Leffel (USA) de 2.500HP, 1.000 rpm e um gerador Westinghouse, 2.500 kVA e 1.000 rpm (MARTINI, 2000b, p. 75). A atual capacidade instalada é de 2,5 MW (FES, 2011).

Junto à casa de máquinas está situada uma vila residencial, que apresenta construções com varandas, dispostas ao longo de um grande pátio com mangueiras. A casa de máquinas e a vila residencial da Usina Parque formam um conjunto arquitetônico homogêneo, onde existe a alusão ao jacaré, com pedras sobrepostas imitando a rugosidade da pele do animal, nos embasamentos, nos cunhais, nas molduras das janelas e nos pilares das varandas dos edifícios (MARTINI, 2000b, p. 76).

Ao todo são doze imóveis. Próximo à casa de máquinas existe o depósito e cabine para o transformador. A vila residencial é constituída por oito residências e junto à barragem existe outra residência (FES, 2011).

A visitação pública à usina parque atualmente está suspensa: somente são realizadas atividades de ecoturismo e turismo de aventura sob gestão da agência Alaya Expedições, situada em Brotas. (FES, 2011).

3.1.5 – Usina Parque São Valentim

Santa Rita do Passa Quatro desenvolveu-se a ao redor de uma capela que pertencia ao distrito de São Simão, em 1860. A partir de 1894 se torna cidade e em 1950, estância climática. Sua melhor fase de desenvolvimento estava ligada à cultura cafeeira. Está situada a nordeste do Estado de São Paulo, em uma região de vales e serras cortada por vários rios (MARTINI, 2000a, p. 54).

Em 1895 foi instalada a pequena hidrelétrica de Três Quedas que fornecia eletricidade para iluminação da cidade de Santa Rita do Passa Quatro. Em 1906 ela foi municipalizada e em 1912 ela foi vendida à Companhia Força e Luz São Valentim. Hoje restam somente ruínas dessa usina que pertence atualmente à CESP (MARTINI, 2000a, p. 55-56).

Em 1910 foram iniciadas as obras da Usina de São Valentim. Em 1912 essa usina adquiriu a Usina de Três Quedas. Até 1966, a energia da usina de São Valentim era complementada por duas termoelétricas que foram desativadas com a entrada em operação de uma subestação da CHERP (MARTINI, 2000a, p. 56-57).

Em 1973, a CESP absorveu a área de concessão da CHERP. Em 1976, a usina foi desativada e em 1998 a CESP doou a Usina de São Valentim a FES (MARTINI, 2000a, p. 54-63).

A Usina de São Valentim está situada à margem esquerda do Rio Claro, afluente do Rio Mogi Guaçu, aproveitando o desnível de 75 metros da cachoeira de São Valentim (MARTINI, 2000a, p. 63). A casa de máquinas está localizada próxima ao salto e um de seus acessos se faz por meio de uma escadaria com 352 degraus. Atualmente possui capacidade instalada de 1,7 MW (FES, 2011).

Possui área de 60 hectares, cortada pela estrada municipal que liga Santa Rita a Porto Ferreira. O primeiro reservatório, que fica a 164 metros da casa de máquinas, possui área de 10.500m² e o segundo apresenta área aproximada de 525.600m² (MARTINI, 2000a, p. 58).

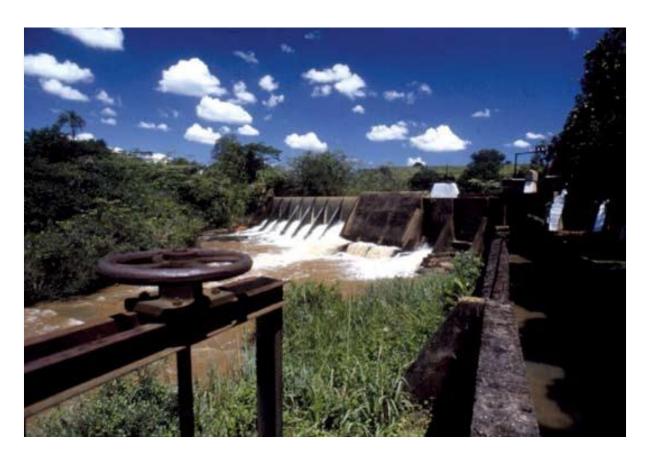


Figura 31 - Primeira barragem da Usina de São Valentim Fonte: FPHES, 2008, p. 11

A casa de máquinas, instalada muito próxima ao rio, tem ao fundo a cachoeira de São Valentim, e apresenta partido arquitetônico semelhante ao de outras centrais hidrelétricas construídas no início do século XX, com planta retangular, embasamento de pedras, parede de

alvenaria de tijolos, telhado de duas águas com estrutura metálica, vigamento de madeira, cobertura de zinco, forro de madeira e piso de cerâmica (MARTINI, 2000a, p. 59).

Apresenta duas barragens, do tipo gravidade, construídas em concreto. A primeira barragem, próxima à casa de máquinas, mede oitenta metros de comprimento, possui um vertedouro de vinte e cinco metros de extensão e uma tomada d'água de quinze metros de comprimento. A segunda barragem, a montante da primeira, mede noventa metros de comprimento e quatro metros e meio de altura na sua parte central. O canal adutor é de alvenaria de tijolos com aproximadamente sessenta e nove metros de comprimento, dois metros e meio de largura e altura (MARTINI, 2000a, p. 63).

As unidades geradoras são compostas por duas turbinas Francis, horizontal, marca J. M. Voith, Heidenheim e dois geradores Siemens de 850 kVA, 600 rpm, cada. O duto forçado é metálico com oitenta centímetros de diâmetro e noventa e cinco metros de comprimento (MARTINI, 2000a, p. 63).

São oito edifícios compostos por cinco residências, uma unifamiliar e duas geminadas, uma garagem e um depósito. Eles se dividem entre a parte alta, junto à estrada e à primeira barragem, e a parte baixa, perto da casa de máquinas. Também possuem plantas retangulares, cobertura de telhas francesas, piso assoalhado e forro de madeira. Apesar de sua tipologia arquitetônica distinta, por terem sido realizados entre as décadas de 1910 e 1940, esses edifícios formam um conjunto harmônico (MARTINI, 2000a, p. 60).

A partir das entrevistas realizadas, foi informado que a Usina Parque de São Valentim não está aberta às visitas do público: somente está em atividade a geração de energia elétrica.

.

3.1.6 – Usina Parque Luiz Dias

Na corrida pela exploração de pedras preciosas, foram formados os povoados na região sul de Minas Gerais. Após o encerramento do ciclo aurífero as atividades econômicas passaram a ser a agricultura e a pecuária. Dessa forma, habitantes advindos da futura cidade de Delfim Moreira, se estabeleceram e fundaram Itajubá em 1819. A emancipação do município ocorreu em 1848. Situa-se no sul do Estado de Minas Gerais e apresenta o clima variando de temperado a tropical (ITAJUBÁ, 2011).

Em 1914, entrou em operação a Usina Lourenço Velho, que depois viria a se tornar Luiz Dias. Em 1927, a usina foi concluída. Em 1969, a usina foi adquirida pela CEMIG que a desativou em 1993. A partir dessa data a CEMIG, UNIFEI e Prefeitura Municipal de Itajubá iniciaram negociações para uma parceria que foi celebrada em 1998. A parceria previa que a Usina Luiz Dias, que é uma PCH, operasse comercialmente e também funcionasse como um laboratório em escala real para pesquisas acadêmicas relacionadas ao desenvolvimento tecnológico na área de geração de eletricidade (LUIZ DIAS, 2010).

A Usina Luiz Dias está localizada junto ao Rio Lourenço Velho, na sub-bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, bacia do Rio Grande. A propriedade tem área total de 38,96 hectares e apresenta vegetação de mata Atlântica, com animais silvestres como pacas, capivaras, lobos, macacos, saguis e diversas espécies de pássaros (LUIZ DIAS, 2010).



Figura 32 - Barragem da Usina Luiz Dias Fonte: ISEE, 2011

Tem um pequeno reservatório de pedras com argamassa com duas comportas ao fundo e dois vertedouros. O canal de adução é de concreto armado e tem oitenta metros de extensão. Os

dois dutos forçados são de aço carbono e tem a dimensão de vinte e três metros de comprimento e diâmetro de um metro e quarenta centímetros. O desnível entre o reservatório e a casa de máquinas é de vinte e oito metros (LUIZ DIAS, 2010).

A casa de máquinas é de alvenaria e abriga três grupos geradores, com potência de 810 kW cada. As turbinas são do tipo Francis dupla, com eixo horizontal, fabricadas pela AMME Giesecke, operam a uma vazão de 3,75 m3/s e 720 rpm. Os geradores, com 900 kVA de potência nominal cada um, foram originalmente projetados para trabalhar a uma frequência de 50 Hz, 600 rpm, 4000 V, fator de potência 0,9. Em 1969 a frequência e a rotação foram alteradas para 60 Hz e 720 rpm, respectivamente. Além destes equipamentos, a casa de máquinas tem ainda os quadros de comando e controle, a subestação, uma ponte rolante manual e um trole para movimentação dos transformadores (LUIZ DIAS, 2010).

Além da casa de máquinas, a Usina Luiz Dias tem uma vila de operadores com sete edificações: cinco residências, uma escola e um pequeno depósito de ferramentas próximo à barragem. A usina tem potência total instalada de 2,43 MW.

Com o objetivo de divulgar conhecimento no setor de energia renovável e a interação com o meio ambiente para a preservação da flora e fauna nativa, o Parque de Alternativas Energéticas para o Desenvolvimento Autossustentável (PAEDA), foi criado por meio de convênio em 2002, entre o Ministério de Minas e Energia - MME, Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão de Itajubá (FAPEPE) e apoio da (CEMIG) (PAEDA, 2011).

Segundo WESTIN, 2011, o objetivo do projeto é propiciar a pesquisa, o treinamento e a capacitação de profissionais de nível superior e técnico especializados em todos os campos da energia, principalmente a pesquisa tecnológica e científica, campo de pesquisa para cursos de graduação, pós-graduação e extensão universitária. Tem a intenção de disponibilizar informações, desenvolver atividades de pesquisa e treinamento, produzir publicações técnicas, filmes, vídeos e outras mídias referentes ao tema (WESTIN, 2011).

O projeto previa as visitas de estudantes, pesquisadores, professores, profissionais de empresas ligadas ao setor energético e estudantes do ensino médio e fundamental. Também recebia visitas de escolas de ensino primário, alunos de graduação e de cursos de extensão vinculados à UNIFEI para conhecimento técnico.



Figura 33 - Casa de máquinas da Usina Luiz Dias Fonte: ISEE, 2011

Foram realizados projetos com a intenção de ampliar o potencial de atuação do PAEDA, incrementando a diversidade e a qualidade dos serviços oferecidos aos visitantes visando à sustentabilidade econômica do programa de visitação pública (WESTIN, 2011).

Foram estabelecidos objetivos específicos como a estruturação e formalização da visitação pública no PAEDA, a ampliação da estrutura de apoio ao turista ou visitante envolvendo a comunidade de entorno sempre que possível, o estabelecimento de parcerias com operadoras e agências de turismo, universidades, entre outras instituições, a implantação das medidas de segurança necessárias, capacitação de monitores, a dinamização das atividades de lazer existentes no parque e o estabelecimento de normas e sistemas de controle do programa de visitação pública. Estavam planejados três programas: visitação pública, ecoturismo e educação ambiental (WESTIN, 2011).

No entanto, no início de 2010, conforme informação obtida por meio das entrevistas, o projeto foi encerrado. A PCH, por causa de um acidente, teve a sua operação interrompida e a

CEMIG rompeu a parceria. Sem os recursos advindos da operação da usina, não foi possível manter as atividades da usina parque. Atualmente ainda não há a expectativa de quando o parque possa ser restabelecido.

3.2 – Potenciais e dificuldades associadas à implantação e gestão das usinas parque

3.2.1 – Procedimentos metodológicos para levantamento das informações

O objetivo da segunda seção de entrevistas foi avaliar a possibilidade de implantação de usinas parque a partir das experiências de cada um dos entrevistados. Dessa vez, foi utilizado o questionário-2, disponível no Anexo II. A primeira entrevista foi realizada com o atual coordenador do Museu da Energia de Jundiaí e antigo coordenador do Museu da Energia do Rio Claro, Donizetti Aparecido Pinto (PINTO, 2010). A segunda entrevista foi realizada novamente com Bruno de Souza Pinto, economista e profissional de educação ambiental do Museu da Energia Rio Claro (PINTO, 2011). A terceira entrevista foi realizada com Paulo Gaban, responsável pela operação e manutenção da PCH Mogi Guaçu, da AES Tietê (GABAN, 2010). A quarta entrevista foi feita com Simone Villegas Reis, atual coordenadora do Museu da Energia de Salesópolis (REIS, 2011). A quarta e última entrevista foi realizada com o Professor Ângelo Stano Júnior, da Universidade Federal de Itajubá, que coordenou o setor técnico da usina Luiz Dias, em Itajubá, no Rio Lourenço Grande, onde funcionava o PAEDA (STANO JÚNIOR, 2011).

3.2.2 – Aspectos positivos

Foram apresentados diversos aspectos positivos que podem motivar a implantação de usinas parque. São espaços bem cuidados, com entorno que oferece várias possibilidades de lazer, de educação e de turismo por meio da visitação. O conceito de parque é de uma aplicação enorme, principalmente em se tratando das antigas PCH's que, no Estado de São Paulo, foram construídas principalmente do final do século XIX até meados do século XX. Todas elas estão instaladas em áreas amplas, com vegetação, bosques, algumas com mata nativa remanescente.

A maioria dessas usinas está instalada próxima a pequenas comunidades, vilarejos ou em áreas rurais. Os recursos que essas usinas oferecem, sejam naturais, históricos, sociais, geração de empregos e de infraestrutura podem contribuir com a comunidade do entorno onde está implantada. Nesse sentido, a transformação desses locais em parques, é fundamental.

Além disso, é uma oportunidade de aprendizado para as pessoas que não tem familiaridade com esse tema. Às vezes, os visitantes não têm noção dos assuntos abordados, por exemplo, algumas acham que a "água tem propriedade de gerar energia" e não por causa do movimento da água, que permite a geração de eletricidade por meio do eletromagnetismo. Por fim, é positivo para as usinas agregar a oportunidade da educação e para as empresas, que gerenciam essas estruturas, obterem maior credibilidade perante a sociedade.

Da mesma forma que se busca e se dá valor ao uso múltiplo do reservatório, pode-se buscar também o "uso múltiplo" do sítio hidrológico como um todo, através de atividades turísticas, educacionais ou tecnológicas. A usina parque deve proporcionar este uso múltiplo, e é este seu principal aspecto positivo. Há um retorno para a própria central geradora que pode citar esta atividade como parte das medidas compensatórias dos impactos ambientais e que pode incluí-la como parte de sua responsabilidade socioambiental.

Por fim, além do aspecto positivo da realização da governança empresarial junto às escolas do setor público e privado, serve para divulgar o nome da concessionária e sua política de segurança, meio ambiente e saúde. Faz bem para a imagem da empresa, além de servir para a educação das crianças.

3.2.3 – Principais dificuldades para a transformação em usinas parque

As principais dificuldades apontadas para viabilizar a implantação de usinas parque podem vir das próprias empresas que administram as usinas. Houve a afirmação de que são empresas fechadas, que não têm a correta dimensão da importância social e do que pode ser explorado nesses espaços. Foram também citados os empecilhos burocráticos muitas vezes impostos para viabilização das atividades nas usinas parque.

Já nas usinas que tem uma administração mais aberta, como é o caso da FES, uma das grandes dificuldades é a disponibilidade de recursos para manutenção e conservação desses espaços,

ou seja, quando não há a questão burocrática, há a questão de restrição de recursos, dificuldades para manter uma equipe e de garantir a manutenção adequada desses espaços para receber a visitação.

Os entrevistados apontam como uma das dificuldades a segurança: lidar com alunos é muita responsabilidade e a visita deve ser bem estruturada e isolada dos locais de maior risco. Outra dificuldade é o treinamento das pessoas que atendem o público. A FES realiza a preparação por meio dos programas de formação, com seus próprios instrutores que são especialistas acadêmicos, museólogos, profissionais que tem experiência, e engenheiros eletricistas, que orientam como cada equipamento funciona.

Foi também destacada a importância que o sítio hidrológico tenha atrativos como beleza natural, importância histórica, facilidade de acesso ou outros, embora a inexistência destes quesitos não impeça a implantação. Por fim, outra dificuldade destacada é a obtenção de recursos para a implantação de usinas parque.

3.2.4 – Principais dificuldades na gestão de usinas parque

No caso da FES, uma dificuldade apontada para a gestão de usinas parque é a excessiva centralização e pouca autonomia aos gestores locais. Além dos aspectos econômicos, há a dificuldade de relacionamento com a administração central da FES que interage pouco com a administração local e a comunidade onde as usinas estão implantadas. A relação com o poder público local também pode ser complicada, pois, às vezes, a atividade desenvolvida na usina parque é vista como concorrente do trabalho do poder público local.

Na usina Parque do Corumbataí, havia muita dificuldade com a população do entorno que entrava para pescar e caçar. Na usina parque de Salesópolis, a gerência local enfrenta problemas como a invasão da propriedade e diminuição da área da usina, devido à falta de vigilância e manutenção das divisas. São dificuldades de ordem administrativa, de infraestrutura. Em Salesópolis, o número de funcionários não é ideal para que o trabalho na usina parque esteja bem estruturado para melhor acompanhamento das visitas, para planejar e executar outros programas de educação ambiental, lidar com os moradores do entorno da usina, delimitar e monitorar as divisas e evitar que haja invasão e utilização clandestina da propriedade da usina parque.

Segundo os depoimentos, as dificuldades tem sido superadas com o trabalho voltado para a comunidade e a partir do momento que essa começa a valorizar o local, que é o seu próprio espaço, este começa a ser protegido. Essa foi a experiência em Corumbataí, onde, no início a usina era vista como o espaço proibido e depois, com o trabalho, foi melhorada essa relação, de uma forma organizada e disciplinada, pois o espaço é da comunidade. Conforme depoimento de Donizetti, da FES:

"quando eles começam a perceber isso, a própria comunidade passa a proteger o local. É um processo que se dá no aspecto educativo, afetivo, trabalho muito bonito e enriquecedor por causa do pertencimento que você presencia." (PINTO, 2010).

São questões políticas que podem ser resolvidas com bastante diálogo e abertura entre a comunidade, o poder público, e a gestão central que administra a usina parque. Por outro lado, quem está localmente administrando a usina precisa ter liberdade e autonomia, pois conhece a realidade local, as dificuldades, os problemas que advém de administrar esses espaços, que são amplos, que podem ser invadidos.

Outra dificuldade é a manutenção das máquinas de geração de energia elétrica, comportas da barragem, motores elétricos, painéis, linhas de transmissão, entre outros equipamentos eletromecânicos. A empresa que realiza parceria com a FES é a Água Paulista, do grupo Bertin - Gaia Engenharia. Para manter uma usina parque o custo é elevado, só a arrecadação dos ingressos não é suficiente. A usina demanda manutenção constante. A CESP e a EMAE (e não as elétricas privatizadas) mantêm a FES que, dessa forma, mantém ativa a usina parque Corumbataí. O maior problema é que a FES não é responsável pela geração de energia elétrica e não tem poder para realizar a manutenção dos equipamentos e estruturas da usina. É necessário que exista uma parceria com regras bem definidas, com direitos e deveres de ambas as partes, para que não seja prejudicado o andamento das atividades, tanto de uma quanto da outra instituição.

Também existem as dificuldades de gestão relacionadas com o fato de que uma usina parque pressupõe a recepção de visitantes, dessa forma é preciso garantir a segurança dos próprios visitantes e das instalações. Cabe ressaltar que ao oferecer um local para visita, seja ela cobrada ou não, a responsabilidade por tudo o que acontece passa a ser do administrador do local. É também necessário prever e prover programas de visitação que venham a tornar a

visita diferenciada, interessante, produtiva e instrutiva, e não apenas uma excursão turística e de lazer, embora estes aspectos também possam existir.

Quanto ao procedimento relativo à segurança do visitante, na usina de Mogi Guaçu, foi informado que quando há manutenção dos equipamentos as visitas são suspensas.

3.2.5 – Prioridade de aplicação de recursos na implantação e gestão de usinas parque

Na opinião de um dos gestores entrevistados, se houver a disponibilidade de recursos para a implantação e gestão de usinas parque, eles devem ser aplicados prioritariamente na educação, para um projeto educativo mais amplo, desenvolvendo vários programas, em um projeto de educação voltado para a população mais simples, para as suas necessidades educativas. A educação ambiental em uma usina parque pode ser muito enriquecedora, interagindo com um assunto que está na pauta todo dia, a energia elétrica. Segundo Donizetti,

"Não se passa um dia sem se ouvir falar energia. A energia, desenvolvimento e conforto são temas indissociáveis. Com o recurso disponível é possível ampliar esse trabalho, fazer parceria com a secretaria de educação, trabalhar com a temática da energia e ciência com a criança do ensino infantil, fundamental e médio. Também há a possibilidade de se trabalhar com o recurso científico, histórico e cultural. É preciso formar uma equipe, formar os professores do ensino formal para trabalhar nesses espaços. Para tanto são necessários recursos. Nos últimos dez anos a grande limitação na FES foi essa. Mas os projetos realizados foram aprovados com recursos advindos por meio da Lei Rouanet e Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP e atingiram esses objetivos, como o trabalho de capacitação com os professores." (PINTO, 2010).

Outro aspecto ressaltado é a importância de investir para suprir a falta de pessoal de apoio e para complementar sua formação. As usinas parque operam com um número limite de funcionários. Além disso, deve haver uma melhoria na manutenção e limpeza da usina. Com uma melhor disponibilidade de recursos pode haver a implantação de outros projetos utilizando melhor os espaços que a usina oferece para a realização de trabalhos pedagógicos.

Em Salesópolis foi ressaltado que a prioridade é a contratação de recursos humanos para a manutenção dos limites do terreno da usina parque e trabalhos socioambientais junto aos moradores vizinhos, para que eles se conscientizem e respeitem os limites da propriedade da usina. A coordenadora e o quadro de recursos humanos ficam muito absorvidos com o aspecto administrativo e quase não há tempo para elaborar e acompanhar os novos projetos. Além disso, existe uma carência na área de equipamentos de comunicação.

3.2.6 – Estratégia para a atração de visitantes

No Museu da Energia de Rio Claro, o público é majoritariamente estudantil (85%), compreendendo do público infantil até o universitário, tanto de escola pública quanto particular. O público mantém fidelidade e são compostos de escolas e agências de turismo. As escolas particulares geralmente são trazidas por agências de turismo que oferecem o produto que é a educação de trabalho de campo. A quantidade anual de visitantes de todas as usinas parque analisadas pode ser verificada na figura 34.

Núcleos/Unidades	Início Atividade	Acumulado até 2005	Média Anual Histórica até 2006	2006	2007	2008	2009
Museu da Energia de Rio Claro	2001	17.448	3.515,1	3.643	3.048	2.352	8.533
Museu da Energia de Salesópolis	2001	27.823	5.048	2.465	4.709	4.643	2.996
Usina Parque do Jacaré	2002	1.838	367,6	-	-	-	
Usina Parque de São Valentim	2002	15.070	3.014	-	-	-	

Figura 34 — Tabela: quantidade de público nas usinas parque da FES Fonte: Fonte: preparada pelo próprio autor a partir dos dados dos Relatórios Anuais de 2006, 2007, 2008 e 2009 da FES ²⁸

²⁸ A informação que merece destaque é a menor quantidade de público no Museu da Energia de Salesópolis em 2009. Como já foi dito no tópico 4.1.1, o início da cobrança do "passaporte ambiental" influenciou a diminuição

Em Rio Claro, a estratégia adotada para a atração de mais visitantes é a divulgação do trabalho realizado. Apesar de o professor ter muita vontade de realizar trabalho extraclasse, a direção da escola e as famílias dos alunos nem sempre têm a mesma disposição. O convencimento da direção e da família faz parte do processo de divulgação. O trabalho pedagógico da usina parque começa na sala de aula, avança para a usina e finalmente é concluído na sala de aula. O professor precisa estar preparado para esse método de aprendizado. É fundamental que as usinas parque estejam preparadas com roteiros, programas, projetos educativos e de turismo. Ainda em relação à estratégia adotada, são desenvolvidos projetos de eventos durante o ano todo. Em novembro de 2010, foi realizado pela quarta vez o simpósio de história, energia e meio ambiente. Também foi realizado o evento Café com Energia.

No Museu da Energia de Salesópolis, a estratégia para atração de mais visitantes é a inovação nos roteiros e o trabalho nos espaços de diversas formas. Em cada local, procura-se extrair um novo tema para atrair novas escolas. As agencias participam na divulgação destes novos atrativos. O FES conta com uma parceria com uma das agencias locais para a realização do roteiro de aventura, rapel a partir da barragem. São realizados eventos em datas comemorativas, como exemplo, foi realizado um convênio com a CESP para a doação de mudas vegetais de espécies nativas para as comunidades do entorno, na Semana do Meio Ambiente. São pequenas ações, simbólicas, mas que têm um enorme significado. No dia 28 de abril está previsto o convite às escolas para a comemoração do Dia da Educação. Todo ano é pensada uma forma diferente de realizar as atividades. A usina se transforma na sala de aula dos professores sobre o tema energia. Em suma, são propostos diversos temas para chamar a atenção e convidar o público interessado.

Na PCH Mogi Guaçu existe a média aproximada de mil visitantes por ano, com alunos de ensino básico a superior, de escolas públicas e particulares. O público interessado mora nas cidades de Mogi Guaçu, Mogi Mirim, Itapira, Estiva, Campinas e até São Paulo. As escolas cuidam do transporte que também pode ser por conta das prefeituras. Não há campanha para atrair mais escolas e não há um trabalho incentivando as visitas. De qualquer maneira, é

realizada a divulgação da possibilidade de realização das visitas no sítio da empresa na internet.

A Usina Parque Luiz Dias fica em uma região com cidades pequenas, com uma população total da ordem de 250 a 300 mil habitantes. Ainda assim a afluência de público era de quatro a cinco mil visitantes por ano.

3.2.7 – O modelo gestor de usinas parque

Segundo um dos entrevistados, quem está à frente de uma usina parque tem que estar conectado com o trabalho e com a mantenedora para que haja sinergia e entrosamento. Além disso, deve haver uma equipe que esteja sintonizada com a proposta. É necessário um trabalho de formação de pessoal, de pesquisa e formação do conhecimento para crescer em qualidade, para dar um bom atendimento ao visitante. A quantidade de funcionários não é tão importante e o gestor tem que ter essa percepção. Pode haver um quadro de funcionários pequeno, mas bem dimensionado com o número de visitantes. O museu da energia de Jundiaí, por exemplo, tem a metade do quadro de Corumbataí: seis pessoas, sendo dois estagiários, dois administrativos, um porteiro e uma faxineira. É disponibilizado o espaço para atender os visitantes na proporção de funcionários existentes. A qualificação da equipe é importante e não somente o grupo que atende diretamente o público: se a senhora da limpeza não está entrosada com a equipe, o trabalho também fica prejudicado.

No Museu da Energia de Rio Claro são estabelecidos limites para o número de visitantes, considerando dois monitores por período e quarenta alunos por monitor. O período de visitação durante o ano é do mês de fevereiro a novembro com recesso em julho. Durante o período escolar as visitas com alunos são realizadas de terça a sexta feira sendo que no sábado somente são atendidos outros visitantes. Por dia são atendidos, no máximo, cento e sessenta alunos. Aos sábados, o atendimento é com dois monitores, em dois horários, às 10h e às 15h. A visita das escolas é agendada com antecedência e tem início por volta de 8h30 e vai até às 12h00. À tarde, a visitação vai das 13h30 às 17h00. A visita inclui um período de cerca de duas horas no auditório com experimentos, painéis e fotos sobre a história da usina, maquete, ensinamentos sobre transmissão de energia, usina elevatória e a maquete preparada para mostrar como funciona o sistema elétrico. Por fim, é realizada a caminhada. São

desenvolvidos vários roteiros, com enfoque histórico, ambiental, ecológico, e para alunos do colegial há o ensino sobre conceitos de termodinâmica e física. Há inclusive um monitor com formação em física. O tema energia permeia toda a visita. A avaliação do público é importante e pode ser realizada por meio do questionário e de conversas pessoais.

Não há contrato para segurança patrimonial para o Museu da Energia de Rio Claro, que fica a cargo da empresa geradora de energia, sendo que esse serviço cuida somente da segurança dos equipamentos da PCH.

O Museu da Energia de Salesópolis está aberto ao público de terça a sábado, das 9h às 16h, inclusive aos feriados. A administração funciona de segunda à sexta, das 8h às 17h. O quadro atual de funcionários é assim composto:

- Coordenadora;
- Um auxiliar de serviços de limpeza (área interna);
- Um auxiliar de serviços de manutenção civil (área externa);
- Dois monitores estagiários (ensino superior e ensino médio).
- O quadro ideal deveria ser assim composto:
- Coordenadora;
- Um educador ambiental;
- Dois auxiliares de serviços de limpeza (área interna);
- Dois auxiliares de serviços de manutenção civil (área externa);
- Quatro estagiários.

A coordenadora e os auxiliares têm um contrato de trabalho regido pela Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT). Os monitores estagiários têm um contrato de estágio por tempo limitado. A geração de energia, realizada pela empresa Bertin, é mantida pelo revezamento de dois funcionários que realizam a operação e manutenção. O regime contratual mantido por essa empresa é baseado na CLT. A FES e a Bertin não tem contrato firmado com nenhuma empresa de segurança e existem preocupações quanto ao risco da segurança patrimonial.

No Museu da Energia de Salesópolis existe a busca do entendimento do ponto de vista de cada um dos profissionais: a visão de cada um enriquece a capacidade profissional de todos. É importante a vivência com outros profissionais para se planejar e decidir aonde se quer chegar.

Na Usina Parque Luiz Dias, as visitas nos dias de semana eram principalmente de escolas, agendadas com antecedência. Nos finais de semana acorriam as visitas de grupos variados, que eram sempre visitas dirigidas e com acompanhamento de um monitor do parque. O número de funcionários dependia da demanda de visitação, assim como o período de trabalho. Podia-se trabalhar com estagiários, embora deva haver uma equipe permanente que oriente esses estagiários e possa garantir atendimento sempre que necessário. Como as visitas devem sempre ocorrer com acompanhamento, a supervisão em relação à segurança patrimonial também é realizada pelo próprio monitor. O fato de receber visitas e assim tornar conhecida a estrutura e as características do local pode aumentar os riscos de furtos e depredações. Por este motivo é necessário uma maior atenção por parte dos vigilantes.

Na Usina de Mogi Guaçu, as visitas são realizadas nos dias úteis e no horário comercial, com agendamento de no máximo duas visitas por dia em cada período. A cada quinze crianças é necessário um responsável por parte das escolas. A idade mínima é de dez anos. Nessa usina há somente um funcionário, o mesmo que realiza a operação deve acumular o trabalho de monitoramento da visita. O horário de expediente é o comercial e o contrato de trabalho é regido pela CLT. O serviço de segurança é realizado vinte e quatro horas por dia.

CAPÍTULO 4 – USINA PARQUE HENRY BORDEN

4.1 – Caracterização da visitação na UHB e seu entorno

O Complexo UHB está situado no Município de Cubatão, na planície litorânea, no sopé da Serra do Mar. Faz limite com o Pólo Industrial de Cubatão, com rodovias e com o Parque Estadual da Serra do Mar (figuras 35 e 36). O complexo abrange a área industrial formada pelas instalações de geração e transmissão da usina, escritórios administrativos e a vila residencial dos operários.

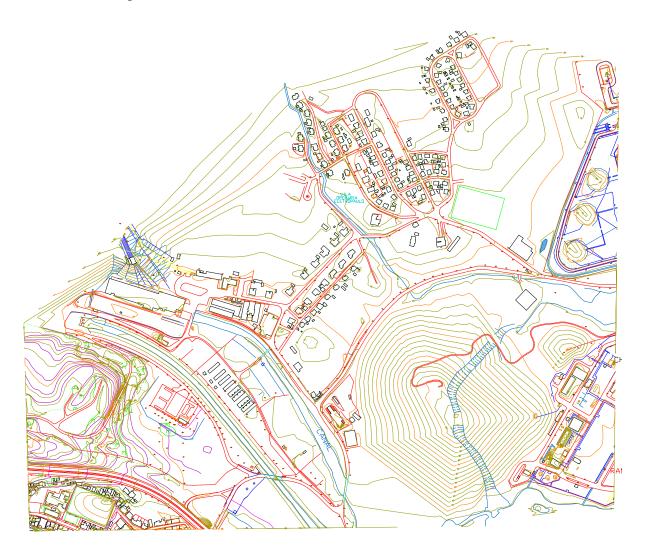


Figura 35 - Representação planialtimétrica da implantação do Complexo UHB Fonte: preparada pelo próprio autor a partir de desenho dos arquivos da EMAE (2011)

.



Figura 36 - Imagem de satélite da implantação do Complexo UHB Fonte: preparada pelo próprio autor a partir de imagem digital obtida do Google Earth (2011).

As instalações industriais normalmente utilizadas para a visitação são compreendidas pelo edifício da usina externa e pela usina subterrânea. As visitas também abrangem a área externa e os locais de interesse são principalmente os pátios, junto à entrada das duas usinas. O pátio da usina externa na verdade é um estacionamento arborizado e chama a atenção principalmente a chegada dos aquedutos ao prédio da usina e a contemplação da vista dos trilhos dos dois troles de serviço e os oito aquedutos que se estendem por uma faixa de serviço descampada em meio ao paredão da Serra do Mar, recoberto de mata nativa, até a Casa de Válvulas, situado no cume.

A recepção das visitas começa pelo museu, situado na usina externa. O museu possui imagens da história da usina e da formação da vila operária, que foi sendo formada desde o início da construção da usina. Após serem distribuídos os equipamentos de proteção individual (EPI's) para os visitantes, capacete, óculos e protetor auricular, a visita tem prosseguimento pela área interna da usina externa, primeiro pelo piso térreo, onde existem os equipamentos principais de geração. Em seguida, a visita continua pelo primeiro andar, onde existe uma galeria envidraçada com visão para a área dos geradores situados no piso térreo. Nesse andar existe a sala de controle da operação. Atualmente, não são mais realizadas visitas nesse ambiente, devido à dificuldade dos operadores recepcionarem os visitantes. Atualmente, o número de empregados é menor, eles ficam muito absorvidos com a supervisão da operação e não podem

atender as visitas para tirar dúvidas, demonstrar os aparelhos e explanar sobre a operação do sistema. Nessa galeria existe a exposição de painéis com a história dos rios em São Paulo, objetos antigos e fotos demonstrando o local onde ocorreu o bombardeio à UHB durante o conflito na Revolução Constitucionalista, em 1932.

Após a visitação na usina externa, os visitantes são encaminhados à usina subterrânea. A distância entre as usinas é de aproximadamente 600 metros. Se o tempo for limitado, a visita pode ser feita pelo próprio ônibus ou veículos dos visitantes. No entanto, é interessante que a distância entre as usinas seja realizada por meio de uma caminhada para que seja apreciada a paisagem e possa haver o tempo adequado para o entendimento do funcionamento das usinas e tempo para a compreensão adequada da localização da estação de transmissão de energia e dos canais de fuga de água até a captação pela estação de tratamento de água da SABESP.

O pátio junto à entrada da usina subterrânea desperta muito interesse por sua beleza e é o local mais escolhido para a realização das fotos dos visitantes. A entrada do túnel é grandiosa e o percurso pelo túnel principal é admirável. A partir da metade do percurso tem início o túnel auxiliar, em declive, quase paralelo ao principal e que leva à câmara das válvulas, no andar inferior. Esse túnel não recebeu o revestimento de concreto, como o principal, e é possível ver as marcas de escavação na rocha e gotejamentos do lençol d'água subterrâneo até as canaletas de drenagem. Da câmara de válvulas, ainda no pavimento inferior, a visita avança pela câmara principal e percorre o frontal das turbinas, onde os visitantes podem contemplar o movimento do eixo vertical de cada um dos seis geradores. É um dos momentos onde o risco de acidentes é maior, por que os equipamentos estão em movimento e com energia. A etapa seguinte é vencer três lances de escada até o primeiro andar, onde existe a parte superior dos geradores. O andar térreo, onde estão situados os geradores, também possui equipamentos energizados e os visitantes não são levados para esse local para se evitar acidentes. Do piso do primeiro andar tem-se uma vista privilegiada da cúpula de concreto da câmara principal da usina subterrânea, dos dois guindastes, também conhecidos como pontes rolantes, do túnel de ventilação no alto da abóbada e da vista do túnel principal do acesso à usina onde, ao final, é percorrido para a conclusão dessa etapa da visita.

Os visitantes são levados de volta à usina externa, onde os EPI's são devolvidos e concluída a visita na sala de maquetes. Essa parte é muito instrutiva, pois são apresentadas maquetes em escala natural de peças da turbina *Pelton*, modelo utilizado na UHB, como a concha, agulha e defletor. Além disso, há uma maquete em escala reduzida onde pode ser simulado, por meio

de jato d'água, o funcionamento do mesmo tipo e posição de turbina utilizada na usina subterrânea.

Devido ao seu patrimônio energético e histórico, as visitas à usina são realizadas desde a época da *Light*. A demanda foi aumentando ao longo do tempo e atualmente as visitas são muito solicitadas. No entanto, há um reflexo diante das dificuldades financeiras que a EMAE enfrenta. Apesar da demanda para a visitação ser grande, elas estão sendo gradativamente diminuídas, como pode ser comprovado pela tabela abaixo:

Ano	Número de visitantes
2004	1553
2005	1689
2006	1800
2007	2340
2008	2264
2009	1833
2010	1143
2011	288

Figura 37 – Tabela: número de visitantes na UHB, de 2004 até abril de 2011 Fonte: Preparada pelo próprio autor a partir de informações fornecidas pela EMAE

No âmbito das possíveis atrações para um programa de visitação pública à UHB cabe relatar o especial interesse da vila para moradia de funcionários, que já foi conhecida como vila da *Light*, vila operária da Usina de Cubatão, Bairro da *Light*, entre outras denominações ao longo de sua história. As suas casas possuem arquitetura inspirada no estilo inglês e formam um paisagismo bucólico, com caminhos para veículos e pedestres entremeados por árvores, arbustos e cercada pela mata atlântica da Serra do Mar.

Foi erguida a partir do lançamento do Projeto Serra. A princípio eram alojamentos simples e até precários para os funcionários que ergueram a usina em condições adversas, enfrentando doenças como a malária, chuvas constantes, longa distância das cidades e trabalho difícil e perigoso. Com o tempo essas habitações passaram a ser de alvenaria. Esse conjunto é um dos poucos remanescentes de um tipo de empreendimento industrial comum em nosso país no início do século vinte, ou seja, a convivência simultânea do trabalho, moradia e lazer em um mesmo local. Desde o começo da construção das instalações do Projeto Serra, além das

edificações e equipamentos da usina hidrelétrica, foram erigidas nesse complexo, residências, áreas de esporte e convivência para os empregados que, dessa forma, em um mesmo local se dedicavam ao trabalho e ao lazer e descanso em suas habitações na vila.



Figura 38 - Vila operária da UHB, sem data Fonte: FES (2011)

Seguindo o modelo de vila operária associada à indústria, que predominava na época em que foi construída, era protegida, controlada e autossuficiente, com instalações como escola, parque infantil, ambulatório médico, mercado, energia elétrica suprida diretamente da usina e uma estação de tratamento de água. Os seus moradores não precisavam pagar aluguel ou qualquer taxa. Em seu apogeu, chegou a ter aproximadamente mil moradores. Nessa vila, os parentes e os funcionários tinham uma convivência tão boa que as famílias dos empregados, juntas, mais se assemelhavam a uma só "grande família". Isso era comprovado pela amizade, afeto e o estabelecimento de parentesco, por meio de casamento entre os filhos de funcionários. Essa tradição se estendeu durante muito tempo, influenciando as gerações seguintes que também passaram a trabalhar na usina.

Esse relacionamento perdura até hoje na memória dos aposentados, alguns que chegaram a participar até do início da operação da UHB, nas décadas de 1920 e 1930. O registro dessas histórias, que fazem parte da memória do setor energético brasileiro, está incluído em um projeto de autoria da FES. O projeto tem o título "Usina de Memórias: a história da UHB narrada por seus trabalhadores" e tem o objetivo de constituir e divulgar o acervo de fontes orais, com foco na história da usina.



Figura 39 - Representação planialtimétrica da vila residencial da UHB Fonte: preparada pelo próprio autor a partir de desenho dos arquivos da EMAE (2011)



Figura 40 - Imagem de satélite da vila residencial da UHB Fonte: preparada pelo próprio autor a partir de imagem digital obtida do Google Earth (2011)

Além do valor histórico e energético das suas instalações, o potencial da UHB também pode ser mensurado pelo contexto onde as mesmas estão inseridas. A UHB está situada em uma região onde há um enorme patrimônio ambiental, histórico e energético. Os equipamentos que compõem o seu complexo de usinas estão situados no interior ou proximidade do Parque Estadual da Serra do Mar. Quando foi realizado o Projeto Serra, a *Light* adquiriu grandes áreas junto ao alto, na encosta e no sopé da Serra do Mar. Essa área possui um patrimônio natural, representado pela Mata Atlântica, e um conjunto de bens culturais relacionados à história de São Paulo e ao desenvolvimento econômico do país. Entre os bens culturais, existem caminhos e estradas construídas, como a Calçada do Lorena, edificada em 1792 e restaurada em 1992, primeiro caminho pavimentado, com pedras, que ligou o Planalto Paulistano ao Porto de Santos, e a antiga estrada da Maioridade, construída em 1842, traçado que serviu de base para a construção da Estrada Velha de Santos ou também conhecida Caminho do Mar.

Em 1922, durante o governo de Washington Luís no Estado de São Paulo, foram edificados, ao longo desses caminhos e estradas, monumentos para marcar o centenário da independência do Brasil. O projeto e a construção desses monumentos são de autoria do arquiteto francês,

radicado no Brasil, Victor Dubugras. Os monumentos são constituídos pelo Pouso Paranapiacaba, Ruínas, Belvedere Circular, Rancho da Maioridade, Padrão do Lorena, Pontilhão da Raiz da Serra e Cruzeiro Quinhentista, todos situados ao longo da estrada Caminho do Mar. Além desses, é possível encontrar no ponto mais alto da Calçada do Lorena, na cumeeira da Serra do Mar, o Monumento do Pico.

As estruturas relacionadas ao Projeto Serra e construídas em 1925 e 1926 respectivamente, a Barragem do Rio das Pedras e a Casa de Visitas do Alto da Serra completam o patrimônio histórico do local. Vale ressaltar também a relevância das estruturas complementares, como o trole²⁹ e a Casa de Válvulas.



Figura 41 - Monumento do Pico, Casa de Válvulas e Serra do Mar ³⁰ Fonte: EMAE, 2011

²⁹ Trole, no caso específico da UHB, é um pequeno carro coberto, com capacidade para até 25 passageiros, que corre em trilhos situados ao longo das adutoras, na escarpa da Serra do Mar. É utilizado principalmente para manutenção dos aquedutos e plano inclinado. Do conjunto de troles disponíveis, existe também um carro apropriado para a realização, ocasionalmente, de visitas.
³⁰ Fotografia que simboliza os três patrimônios presentes na região do entorno da UHB: o patrimônio histórico,

³⁰ Fotografia que simboliza os três patrimônios presentes na região do entorno da UHB: o patrimônio histórico, representado pelo Monumento do Pico, o patrimônio natural, representado pela fauna e flora da Mata Atlântica na Serra do Mar e o patrimônio energético, representado pela Casa de Válvulas e início da descida dos aquedutos em direção à usina.

O Parque Estadual da Serra do Mar, que engloba boa parte do patrimônio natural, cultural e energético associado à UHB, foi criado na década de 1970. Ainda nessa década, os monumentos foram tombados pelo CONDEPHAAT. Posteriormente, graças à grande riqueza natural e histórica, a área foi declarada pela UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, como Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

No início da década de 1980, os monumentos históricos foram restaurados e entre os anos de 1992 e 1998 foram desenvolvidas atividades de visitação monitorada. Em 2004 foi inaugurado o Empreendimento Ecoturismo Caminhos do Mar que visa ampliar e diversificar os trabalhos de educação socioambiental aproveitando o patrimônio ambiental e histórico nessa área. A partir dessa época os monumentos voltaram a ser restaurados. A gestora dessas intervenções e desse empreendimento é a FES.

É importante apresentar também a relação entre a UHB, com a história da formação do Parque Industrial de Cubatão. Em meados da década de 1950, Cubatão foi escolhida para a implantação, ao lado da usina hidrelétrica, da Refinaria de Petróleo Presidente Bernardes. Esse empreendimento impulsionou, ainda nessa década, a instalação do parque petroquímico local. Nas décadas seguintes foram constituídas a Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, indústrias de fertilizantes, de cloro e pequenas e médias indústrias de apoio ou satélites (COUTO, 2003, p. 5-160). Se até a década de 1950 a cidade era um pequeno povoado que possuía um aspecto rural, com o predomínio de bananeiras, em pouco tempo se transformou em um pólo industrial. Conforme registro de autoria de Joaquim Miguel Couto:

"A Henry Borden é o marco divisor da história industrial de Cubatão. Seu papel indutor no processo de industrialização paulista ainda merece um melhor reconhecimento." (COUTO, 2003, p. 4).

Aliadas ao crescimento de Cubatão foram implantados sistemas de rodovias necessários para transpor a grande barreira representada pela Serra do Mar. Entre as décadas de 1940 e 1960 foram inauguradas as pistas da via Anchieta. Em meados da década de 1970, a primeira pista da Imigrantes foi disponibilizada para o tráfego e no final de 2002 a segunda pista. Esses acessos entre as regiões metropolitanas da baixada Santista e do Planalto Paulistano facilitam a visitação à UHB.

4.2 – Análise do potencial da UHB para ser transformada em usina parque

Para elaboração dessa seção, foi efetuada outra rodada de entrevistas com o objetivo de levantar a vocação e possibilidade de implantação do conceito de usina parque na UHB. O questionário-3 adotado é o apresentado no anexo III. As entrevistas realizadas com o terceiro modelo de questionário foram com o coordenador da operação da UHB, Maurício Antonio Furlaneto (FURLANETO, 2011) e o funcionário que era responsável pelas visitas a usina até 2010, Antonio Roberto Hohmuth (HOHMUTH, 2011).

Segundo Furlaneto, por volta de 1920 havia em São Paulo pequenas indústrias, comércio crescente e um parque gerador fortemente dependente das chuvas, pois quase todas as usinas existentes eram de "curso d'água" e sofriam com a estiagem de todos os anos. Não havia grandes reservatórios.

Foi quando surgiu o Projeto Serra que inicialmente era constituído por uma usina em Cubatão, duas máquinas de 35 MW, para a época, potências enormes, que não só equacionariam o problema da sazonalidade das chuvas, mas também propiciariam a continuidade do crescimento de São Paulo, resolvendo o problema dos racionamentos de energia que nesta época eram recorrentes. Isso fez com que essas duas primeiras máquinas fossem instaladas de forma acelerada, em um período de dois anos, aproximadamente.

Seguindo no tempo, a instalação de máquinas novas só seria retomada em meados da década de 1930 e 40, pois a crise de "29", com o crash, da bolsa de Nova York, e a derrocada na economia cafeeira do estado, tiveram forte impacto na demanda energética.

Na sequência de instalação, o crescimento pode ser verificado pelo inicio da industrialização do país, o êxodo rural e a concentração urbana, ocorridos entre 1950 e 1970, período que todas as demais máquinas da usina externa foram instaladas e também construídas a Usina Subterrânea. Chegou a ser instalada uma placa comemorativa de (maior usina do hemisfério sul), que ficou por muitos anos exposta na serra junto às adutoras da Usina.

Não obstante o que acontecia na Região da Grande São Paulo e adjacências, a Baixada Santista, que já contava com uma hidrelétrica para o porto, Itatinga, de 1910, teve um importante acréscimo de energia e de água doce, vindas das turbinas da UHB e, havendo água doce para os processos industriais, bem como energia para que máquinas fossem instaladas, estavam prontos os pilares base do Parque Petroquímico de Cubatão. Assim em 1950 nascia a

Refinaria Presidente Bernardes de Cubatão, depois a Cosipa, Siderúrgica Paulista, e neste esteio, todo o restante.

A Usina é tão arraigada ao contexto histórico da região que no brasão de Cubatão existe o símbolo de uma torre de energia, que é alusão direta a UHB, e não é só, pois também no hino de Cubatão também a Usina é lembrada: "...Cubatão rainha da serra... ...és fonte de força e luz..." (FURLANETO, 2011).

Furlaneto (2011) finaliza afirmando que: "Como vemos são só pequenas lembranças de todo o contexto histórico que a usina carrega em sua trajetória."

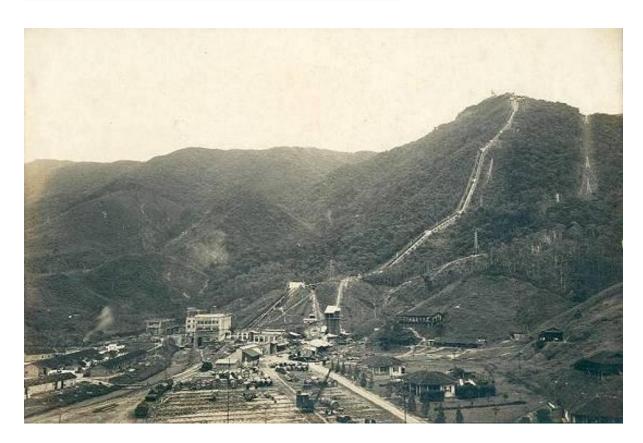


Figura 42 - Vista geral da Usina de Cubatão ³¹ Fonte: BILLINGS & BORDEN, 2011

Houve a afirmação de que a historia da usina é a própria historia da *Light*, com todas as suas transformações que contribuíram diretamente, na época, para o desenvolvimento de São Paulo e Baixada Santista. A usina preserva o padrão arquitetônico da sua construção e mantêm o acervo mobiliário e técnico do início de sua inauguração, de oitenta e três anos atrás, e seus

_

³¹Vista geral da situação, em relação à Serra do Mar, dos aquedutos e da Usina de Cubatão, que mais tarde passaria a ser denominada UHB. Data aproximada do registro da foto: década de 1930.

equipamentos, instalados na época, estão em perfeito funcionamento, o que é um potencial histórico relevante.

Todos esses aspectos fazem com que a usina tenha uma gama ampla de informações a serem passadas para os visitantes.

A UHB possui uma posição conveniente para a realização de visitas do público em geral, pois é perto de São Paulo e Baixada Santista, onde há inúmeras instituições de ensino que tem interesse nesse tipo de visita.

Desde que bem monitoradas e observadas as regras de segurança, as visitas não interferem nos trabalhos de manutenção e operação. Com relação às visitas que são atualmente realizadas, não há interferência significativa no trabalho de operação e manutenção, visto que todas as visitas são previamente agendadas e passadas para os coordenadores. Se houver algum tipo de atividade em que os visitantes possam interferir, as datas são remanejadas.

Quanto ao fato de existir local apropriado, nas instalações da usina, para a montagem da estrutura de usina parque, houve a afirmação de que os locais já existem: são eles o pequeno museu e a sala de recepção, contudo, para algo de maior proporção e para ser mais organizado, teria que ser verificado outro local de apoio, como por exemplo, algum imóvel grande e desocupado na vila residencial. Foi lembrado que a usina está dentro do Parque Estadual da Serra do Mar e, considerando esse aspecto, a usina já faz parte do parque.

Em se tratando de associar a proposta de "usina parque" na UHB com o empreendimento "Ecoturismo Caminhos do Mar", houve a opinião favorável, pois, além da Usina, há toda a vila residencial, que também está dentro do limite do Parque Estadual da Serra do Mar que, apesar de originalmente ser muito bonita e demonstrar os reflexos de como a sociedade se organizava na época, hoje está decadente e com problemas de manutenção. No projeto original do "Ecoturismo Caminhos do Mar", havia o roteiro energético, que previa a visita nas instalações da UHB. Essa etapa não foi implantada devido ao não desenvolvimento dos módulos de evolução do projeto inicial.

Por fim, quanto à possibilidade de patrocínio da EMAE com a proposta de "usina parque" na UHB, a expectativa é boa porque vai resgatar a história e casas da vila, da usina e tantos registros, muitas vezes, somente na memória de algumas pessoas. Somente com patrocínio, recursos para essas atividades e estrutura própria seria possível essa conquista. No entanto, é

importante ressaltar que, com o projeto, a usina não deve perder suas características estratégicas para o SIN.

4.3 – Análise dos desafios para que a UHB se torne uma usina parque

O primeiro e mais urgente desafio para transformar a UHB em uma usina parque é separar espacialmente a visitação pública dos trabalhos de operação e manutenção da usina. Apesar de não haver registro de acidentes com visitantes, a segregação física permitirá assegurar a integridade dos visitantes e a não interferência nos trabalhos de geração de energia, visto que haverá o aumento das visitas com a implantação da usina parque. É possível chegar a essa conclusão a partir das entrevistas com técnicos da EMAE e registradas no tópico 4.2.

A demanda para a realização de um trabalho socioambiental a partir do tema água, energia e meio ambiente, utilizando as instalações do Complexo UHB, é muito grande como pode ser comprovado pelas solicitações que chegam ao Departamento de Comunicação da EMAE. Além disso, passado quase cinquenta anos, desde a conclusão das obras do Projeto Serra, os seus equipamentos são também muito importantes nos trabalhos educacionais de campo para a formação técnica e de engenharia nas áreas de eletricidade, hidráulica, mecânica e socioambiental, entre outras áreas do conhecimento humano. No entanto, para o sucesso da implantação da usina parque, existe pelo menos outro grande desafio.

Trata-se de conceber um plano de negócios e uma estratégia de turismo envolvendo a participação do setor governamental e empresarial. Dessa forma, é possível buscar o apoio de órgãos como o Instituto Brasileiro de Turismo (Embratur) e de agências internacionais, tais como as da área de Meio Ambiente. É necessária a ação política e captação de dinheiro por meio de linhas de financiamento, com o apoio do Ministério do Meio Ambiente e o Ministério de Ciência e Tecnologia. As empresas que podem contribuir nesse processo compõem o Pólo Industrial de Cubatão, as situadas na RMSP e na Baixada Santista. Podem ser as patrocinadoras da implantação e operação da Usina Parque.

Mesmo diante das limitações atuais que impedem que a EMAE amplie o seu programa de visitação, as que são realizadas são muito bem avaliadas pelos visitantes e se constituem em uma boa forma de divulgação da imagem da empresa. A implantação da usina parque e a efetivação de um programa de visitação é uma oportunidade muito boa de realização de

melhoria da imagem da empresa e de mostrar as suas atividades que, além da geração de energia elétrica, também compreende o importante papel de controle de cheias na RMSP.

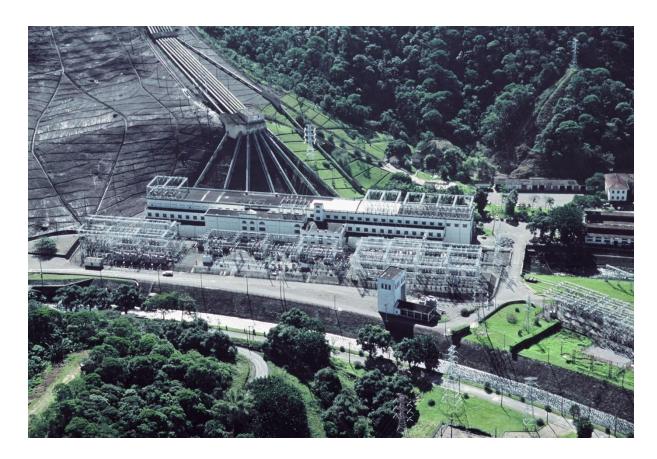


Figura 43 - Vista aérea da UHB externa e imediações Fonte: EMAE, 2011

4.4 – Reflexões para a viabilização da implantação da usina parque UHB

Apesar das dificuldades financeiras que a EMAE enfrenta, o Complexo UHB não pode deixar de ficar aberto para a sociedade e a empresa continua realizando as visitações.

Até maio de 2010, eram realizadas aproximadamente cinco visitas por semana. A partir dessa data as visitas foram restringidas a uma por semana. O motivo foi a falta de funcionários que pudessem acompanhar as visitas diariamente. Se no ano de 2010, até abril, foram contabilizados quatrocentos e oitenta e oito visitantes, no ano de 2011, somente duzentos e oitenta e oito visitantes puderam conhecer a usina até o mês de abril (figura 37).

Levando em consideração a demanda reprimida e em uma situação com condições ideais para a visitação, é possível atender duas turmas diárias, de manhã e tarde, cada uma com trinta

visitantes, de forma a receber até um mil e duzentos visitantes por mês. As visitas são mais solicitadas durante o período escolar, de fevereiro a junho e de agosto até dezembro, portanto, por dez meses. Com infraestrutura adequada e pessoal de apoio em número suficiente, é possível aumentar o número de visitantes em aproximadamente dez a doze mil visitantes por ano.

Uma vez que as atividades da usina parque vão ser realizadas em uma área industrial operada devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Permitir o acesso controlado do público;
- Promover a educação conjugada à segurança dos usuários e conservação das instalações;
- Contribuir para a conservação do patrimônio energético, histórico e natural; e
- Colaborar para a conscientização e educação socioambiental.

Dessa forma, os aspectos ambientais, arquitetônicos e históricos foram de fundamental importância no planejamento da estrutura técnica e turística da usina parque, assim como na elaboração das programações. Foram considerados como primordiais os seguintes pontos:

- Estrutura para o conforto dos visitantes, em quantidade e localização compatível à demanda, com a adequação da arquitetura da usina em harmonia com a visitação que será realizada;
- Conservação da autenticidade histórica e energética da área;
- Fiscalização e segurança;
- Coleta e destinação adequada dos resíduos sólidos, aplicando a coleta seletiva aos
 materiais recicláveis, com a intenção de manter os padrões ambientais e éticos em uma
 hidrelétrica, assim como utilizá-la como instrumento de educação e conscientização,
 acompanhado de um programa de comunicação visual; e
- Sistema de coleta e tratamento de resíduos líquidos, explicitado ao visitante, enfocando os
 aspectos técnicos e aproveitando o tema para discussão mais ampla sobre a conservação
 dos recursos hídricos e a temática energia e meio ambiente.

As principais categorias de público potencial são escolas e universidades, empresas e instituições, agências e operadoras de turismo, turistas nacionais e internacionais e o público da região que já teve oportunidade de visitar a UHB.

O desenvolvimento das atividades de educação socioambiental na usina parque prioriza o acompanhamento de monitores para grupos de no máximo 30 visitantes, respeitando a capacidade de visitação concomitante à operação e manutenção, além da segurança do próprio visitante. Por fim, um regimento interno promoverá uma melhor gestão das atividades de visitação.

O Museu, as instalações da UHB externa e subterrânea, as áreas do complexo externas aos edifícios, bem como a Vila Residencial, compõem os elementos dos roteiros. Cada uma das áreas de interesse possui características intrínsecas permitindo a exploração, inclusive comercial, de suas potencialidades.

O potencial cênico, ambiental, histórico e cultural colocam o empreendimento numa condição privilegiada. A junção dos elementos que compõem a UHB permitirá abordar relevantes questões de produção e uso de energia elétrica, água e meio ambiente, importante tripé para a sustentabilidade da sociedade nesse início de milênio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Usina de Cubatão, depois rebatizada Henry Borden, foi na maior parte do século XX, a principal responsável pelo fornecimento de energia elétrica ao Estado de São Paulo. Ela foi integrante do "Projeto Serra", um investimento grandioso na produção de energia elétrica empreendido, entre as décadas de 1920 e 1960, pela *Light and Power Company Limited*, mais conhecida simplesmente como *Light*. Esse projeto teve grande impacto econômico, social e ambiental e incluiu a construção dessa usina hidrelétrica, que foi pioneira mundialmente e a maior do país por muitos anos, além de reservatórios, barragens, inversões e canalizações de rios.

A *Light* tinha concessão para explorar a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em São Paulo e no Rio de Janeiro desde o fim do século XIX. Essa energia impulsionou o crescimento, urbanização e industrialização, consequentemente aumentando seu consumo. No início da década de 1920, já existia a expectativa de que seria necessária a construção de um empreendimento à altura da expansão paulista e que atendesse prontamente suas exigências energéticas.

Em 1924, a região de São Paulo sofreu uma grande seca e, com isso, o nível dos rios e reservatórios que alimentavam pequenas usinas diminuiu. A *Light* foi obrigada a reduzir o fornecimento de energia elétrica em mais da metade, o que foi um grande golpe para o crescimento econômico do Estado. A implantação do "Projeto da Serra" foi a resposta da *Light* à crescente demanda daquela que viria a ser a maior metrópole brasileira.

Gerenciou tal empreendimento, o engenheiro americano Asa White Kenney Billings, que estava no Brasil desde 1922 e que já havia desenvolvido projetos hidroelétricos nos Estados Unidos, Cuba, México e Espanha. A região de Cubatão foi escolhida para a instalação da usina porque se situava entre duas importantes cidades do Estado de São Paulo, a capital e Santos, e devido ao desnível de 720 metros entre o topo e o sopé da Serra do Mar, que resultou em uma grande energia potencial por meio das águas que desceriam nas adutoras e movimentariam as turbinas.

As principais instalações construídas no Projeto Serra foram: as barragens no Rio Tietê; a retificação do Rio Pinheiros e a construção das usinas elevatórias em seu canal; o Reservatório Billings, antigo Rio Grande, e a Usina Hidrelétrica Henry Borden (UHB), antiga

Cubatão. O referido sistema de geração hidrenergético consiste no aproveitamento dos recursos hídricos de parte da Bacia do Alto Tietê, por meio da reversão do fluxo das águas de um afluente do Rio Tietê, o Canal Pinheiros. As águas são bombeadas para o Reservatório Billings, passam pelo reservatório Rio das Pedras e são aduzidas, a partir do Planalto Paulistano, por tubulações para geração de energia elétrica na UHB, em Cubatão.

Atualmente, a piora na qualidade de água da Bacia do Alto Tietê, região de déficit e stress hídrico, principalmente a partir da década de 1960, repercutiu na degradação ambiental das regiões urbanas situadas no entorno do Reservatório Billings e culminou na restrição da operação do referido sistema hidroelétrico a partir de 1992. O comprometimento quantitativo e qualitativo das águas doces na região metropolitana resultou na restrição de despejo de águas para o Reservatório Billings, a partir do Canal Pinheiros, limitando os usos múltiplos dessa represa visto que a prioridade é o abastecimento público.

Apesar das dificuldades impostas à sua operação devido à baixa qualidade das águas da Bacia do Alto Tietê, a UHB continua exercendo o seu papel estratégico no sistema elétrico. Se antes a energia da usina era importante pela quantidade oferecida, hoje ela é decisiva por sua qualidade, por meio da estabilização da tensão elétrica, por estar situada entre duas importantes regiões metropolitanas e por iniciar o restabelecimento nos episódios de colapso do sistema elétrico. Além disso, ela é ainda responsável pelo fornecimento de uma parcela significativa da água doce necessária ao abastecimento público da Baixada Santista.

O maior bem do Complexo UHB, para se tornar usina parque, é o seu patrimônio energético, ambiental e histórico. As suas instalações sejam na usina externa, subterrânea ou dispostos na Serra do Mar, tem um valor singular e abrange desde o ensino de pós-graduação até o ensino médio, contemplando as áreas de eletricidade, mecânica, civil, geologia, história, meio ambiente, estudo do meio e outras áreas do conhecimento humano. Face aos cuidados relacionados à área de segurança, por conter equipamentos em movimento e energizados em sua área industrial operada, a visitação tem que se limitar a visitantes a partir dos dezesseis anos.

O sítio do Complexo UHB está inserido no Parque Estadual da Serra Mar e Empreendimento Ecoturismo Caminhos do Mar. A área correspondente a esse último empreendimento é limítrofe às instalações da UHB, do alto até o sopé da Serra do Mar. Como se fosse uma moldura em toda a área externa da usina e entremeando os espaços da vila de operários, a

flora e fauna da mata atlântica estão presentes. Os temas água, energia e meio ambiente são indissociáveis e ricos para o aprendizado formal e associado ao lazer.

Por estar junto a uma região que possui tantos caminhos, marcos e monumentos que dizem respeito à identidade de nossa região, estado e nação, a vizinhança onde a usina está situada tem um grande valor histórico. A transformação de Cubatão, de uma zona rural em um pólo industrial ativo até os nossos dias, também está associado a toda história da UHB. Durante as obras do Projeto Serra, além da usina geradora de energia também foram construídas habitações, áreas de entretenimento e de educação para as famílias e os funcionários que usufruíam, em um mesmo espaço, seu trabalho, na usina, e seu lazer e descanso, na vila residencial. O percurso pela vila, e até contemplar a Casa de Visitas ali situada, vai enriquecer ainda mais o valor da Usina Parque Henry Borden.

Hoje, o Complexo UHB é um dos últimos remanescentes de usina hidrelétrica em atividade situada próxima a grandes centros urbanos. Existem acessos privilegiados para o acesso à usina por meio das rodovias Anchieta, Imigrantes e Cônego Domenico Rangoni, antiga Piaçaguera-Guarujá. Esse é mais um fator que reforça o potencial da futura Usina Parque Henry Borden.

Para transformar a UHB em usina parque é preciso definir o roteiro, estratégia de visitação e o plano de negócios, de forma a ter um quadro mais preciso do montante do aporte complementar de recursos. Existem dificuldades financeiras na EMAE, mas o projeto tem potencial histórico, ambiental e econômico. É sabido, por meio de experiências anteriores, que os recursos obtidos com a cobrança de ingressos não são suficientes para a operação e manutenção da usina parque. Para o sucesso da implantação da usina parque, as indústrias de Cubatão e outros setores empresariais com atuação em São Paulo e na Baixada Santista podem ser parceiros para que sejam obtidos recursos.

A EMAE foi criada em 1998, a partir do processo de cisão e privatização da antiga Eletropaulo. Graças à tomada de consciência ambiental da sociedade é valorizada a responsabilidade socioambiental e a transparência das atividades empresariais. Portanto, desde o início de suas atividades a empresa se caracteriza como de "águas, energia e meio ambiente". Desde 2001, a EMAE desenvolve trabalhos socioambientais em parceira com órgãos governamentais e com a comunidade. Dessa forma, a instalação da usina parque

permite que a EMAE se apresente mais para a sociedade e é um instrumento poderoso para buscar parceiros e recursos para o sucesso do empreendimento.

Por fim, em se tratando do potencial histórico, cultural e energético, que uma usina hidrelétrica apresenta para contribuir com a formação educacional dos visitantes e se transformar em usina parque, o potencial é enorme, pois basta analisar a linha do tempo e observar que a historia do desenvolvimento de determinadas regiões, em especial a Baixada Santista e a Grande São Paulo, foram e ainda são influenciadas pelo desenvolvimento apoiado na geração de energia disponibilizada pela UHB.

ANEXO I

Questionário-1

- 1 Você identifica antigas centrais hidrelétricas, implantadas nas primeiras décadas do século XX, que têm potencial para valorização da memória e do patrimônio ambiental no Estado de São Paulo? E na bacia do Alto Tietê?
- 2 Qual o modelo utilizado nesses casos e qual sua opinião sobre eles? Podem ser denominadas Usinas parque, em sua opinião?
- 3 Quais as instituições que atuam no sentido da implantação das usinas parque?
- 4 Como tem sido a relação das prefeituras e empresas de turismo com esses empreendimentos?
- 5 Em sua opinião, quais são os fatores que dificultam a maior difusão das iniciativas de implantação de usinas parque? Quais os critérios a serem considerados nesse tipo de projeto?
- 6 Quais os incentivos que deveriam ser adotados para viabilizar economicamente a implantação de Usinas Parque?

ANEXO II

Questionário-2

- 1 Quais os aspectos positivos que podem motivar a implantação de usinas parque, nas usinas hidrelétricas já existentes?
- 2 Quais as principais dificuldades para viabilizar a implantação de usinas parque?
- 3 Quais as principais dificuldades na gestão de usinas parque?
- 4 Considerando a disponibilidade satisfatória de recursos, onde eles deveriam ser prioritariamente aplicados na implantação e gestão de usinas parque?
- 5 Qual a estimativa de público nas usinas parque e qual a estratégia adotada para a atração de mais visitantes?
- 6 Qual o modelo gestor de uma usina parque?

Como funciona e quais os horários de visitação da usina parque nos dias úteis e de final de semana?

Quantos funcionários, qual o período de trabalho e como é o contrato de trabalho?

Como são realizados os serviços de segurança patrimonial quando a usina parque está em operação e fechada?

- 7 Com o fim de realização de uma pesquisa em campo, qual o exemplo melhor e menos bem sucedido de usina parque? É recomendável pesquisar alguma usina parque em operação fora do estado de São Paulo? Existe alguma usina parque em funcionamento fora do Brasil?
- 8 Você tem uma sugestão de uma pessoa para que se possa aplicar esta mesma pesquisa?

ANEXO III

Questionário-3

- 1 Qual o potencial histórico, cultural e energético que uma usina hidrelétrica apresenta para contribuir com a formação educacional dos visitantes e se transformar em usina parque?
- 2 A UHB possui uma posição relevante para a realização de visitas do público em geral?
- 3 Considerando a realização das visitas monitoradas, quais as interferências que o trabalho de operação e manutenção sofrem durante a realização dessas atividades?
- 4 Existe diferença quanto à realização de visitas durante os dias úteis e de final de semana?
- 5 Como as visitas monitoradas são realizadas atualmente e qual a diferença em relação à visitação realizada no passado?
- 6 Existe local apropriado, nas instalações da usina, onde poderia ser montada a estrutura de usina parque?
- 7 É possível associar a proposta de "usina parque" na Henry Borden com o empreendimento "Ecoturismo Caminhos do Mar", que já existe atualmente?
- 8 Como você vê a possibilidade de patrocínio da EMAE com a proposta de "usina parque" na Henry Borden?

BIBLIOGRAFIA

- ASSIS, A. K. T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade.** Montreal: Apeíron, 2000. Disponível em: http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Eletricidade.pdf Acesso em 28 jul. 2010.
- BARRETO, B. F. B. **A Usina Subterrânea de Cubatão**: contribuição para o desenvolvimento da produção de energia elétrica. Separata da revista "Engenharia", nº 133, setembro de 1953.
- BASSO, D. **Eletromagnetismo clássico:** uma ponte para a física moderna. Sobre volta, batatas e fótons. Porto Alegre: EDIPUCRS. p. 31-50, 2003.
- BILLINGS & BORDEN. (sem declaração de autor). Disponível em: http://www.novomilenio.inf.br/cubatao/clendasnm.htm> Acesso em: 31 jul. 2010.
- CAPOBIANCO, J. P. R. e WHATELY, M.. **Billings 2000**: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2001. 59 p. Disponível em http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/56.pdf>. Acesso em 02 ago. 2011.
- CARMO, R. L. do. **A água é o limite?** Redistribuição espacial da população e recursos hídricos no Estado de São Paulo. Tese doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Brasil. 2001. Disponível em http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/textos_nepo/textos_nepo_42.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2011.
- CEMIG Companhia Energética de Minas Gerais. (2006). Disponível em http://www.cemig.com.br/pesquisa_escolar/energia_brasil/index.asp. Acesso em: 28 jun. 2010.
- COUTO, J. M. **Entre estatais e transnacionais:** o Pólo Industrial de Cubatão. Tese de doutorado, UNICAMP, Campinas, 2003. Disponível em: http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000289880> Acesso em: 10 abr. 2009.
- CROPANI, O. F. O mundo da eletricidade. São Paulo: Editora Pau-Brasil, 1987.
- DIAS, M. de T. A saga da serra: o desafio da Light na serra do Mar, em 1926. **Memória**. São Paulo: Eletropaulo, n.5, p. 39-49, 1989.
- DIAS, R. **Gestão ambiental**: responsabilidade social e sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2008. 196 p.
- DINIZ, R. O jogo da Light. **Memória**. São Paulo: Eletropaulo, n.15, p. 62-65, 1992.
- DINIZ, R.; FERRARI, S. M. Billings. **História & Energia**. São Paulo: Eletropaulo, n.5, p. 22-25, 1995.

- ELECTROVENT. **Hydroelectric power, water power, micro hydro systems**. Disponível em: http://www.green-trust.org/hydro.htm Acesso em: 15 jun. 2010.
- ELETROBRAS Centrais Elétricas Brasileiras S. A. (2010). **Memória da Eletricidade**. Disponível em < http://www.memoria.eletrobras.com/historia.asp> Acesso em: 20 de junho de 2010.
- EMAE EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA S.A. Disponível em: http://www.emae.com.br. Acesso em: 24 jun. 2011.
- ESCAMES, E. F. e ALMEIDA, D. L. **Geração de energia na Usina Hidrelétrica Henry Borden e a ocupação desordenada nos mananciais do Reservatório Billings**. Santo André: Mestrado em Energia Universidade Federal do ABC, 2009. 16 p. Artigo realizado na disciplina Gestão de Cidades e Energia.
- FARIA, A. A. da C.. **A Light e a utilização dos recursos hídricos da Bacia do Alto Tietê para a geração de energia elétrica**. Notas Ambientais nº 24, junho de 2000. Disponível em: http://homologa.ambiente.sp.gov.br/EA/adm/admarqs/AntonioAugusto.pdf Acesso em: 10 abr. 2009.
- FAUSTO, B.. **História concisa do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010. 328 p.
- FES Fundação Energia e Saneamento. **Rede Museu da Energia**. Disponível em http://www.energiaesaneamento.org.br/redemuseuenergia/index.php>. Acesso em: 08 abr. 2011.
- FMTSP Fundação Museu da Tecnologia de São Paulo. **Locomoveis**. Disponível em http://www.museutec.org.br/locom.htm Acesso em 28 jun. 2010.
- FPHESP Fundação Patrimônio Histórico da Energia e Saneamento. **Relatório de Atividades 2007**. 67 p. 2008. Disponível em http://www.energiaesaneamento.org.br/afundacao/pdf/relatorio_2007.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2011.
- FPHESP. Patrimônio arquitetônico da Fundação Patrimônio Histórico da Energia do Estado de São Paulo. 50 p. 1999.
- FURLANETO, M. A. **Análise do potencial da UHB para ser transformada em usina parque**: entrevista. [09 de fevereiro de 2011]. São Paulo. Entrevista concedida a Edson Fernando Escames.
- FUSP Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo. **A história da eletricidade no Brasil**. Disponível em http://www.sel.eesc.sc.usp.br/protecao/conteudodehistoricobrasil.htm>. Acesso em: 30 mar. 2010.
- GABAN, P. **Potenciais e dificuldades associadas à implantação e gestão das usinas parque**: entrevista. [23 de dezembro de 2010]. São Paulo. Entrevista concedida a Edson Fernando Escames.

GALLI, C. **Sobre a pilha de Volta**. Sobre volta, batatas e fótons. Porto Alegre: EDIPUCRS. p. 13-29, 2003.

GOMES, A. C. S. et al. **O setor elétrico**. Disponível em http://www.bndespar.com.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial14.pdf Acesso em: 28 jun. 2010.

GORDINHO, M. C. **Origens**. História e Energia: O Metrô da Light. São Paulo: Eletropaulo, n.3, p. 2-26, 1986.

GRAMULIA JUNIOR, J. Contribuição da Usina Hidroelétrica Henry Borden para o planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos de potência. 2009. 80f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2009.

GUERRA, M. de O. e FRANÇA, P. C. de T. **Hidromecanização**: experiência brasileira nas barragens do Rio Grande e Guarapiranga. São Paulo: Eletropaulo, 1986. 255 p.

HOHMUTH, A. R. Análise do potencial da UHB para ser transformada em usina parque: entrevista. [09 de fevereiro de 2011]. São Paulo. Entrevista concedida a Edson Fernando Escames.

ISEE – Instituto de Sistemas Elétricos e Energia. **PCH Luiz Dias**. Disponível em http://www.isee.unifei.edu.br/pch/luiz%20dias.htm> Acesso em 13. abr. 2011.

ITAJUBÁ, Prefeitura Municipal de. **Site oficial**. Disponível em: http://www.itajuba.mg.gov.br/index.php Acesso em: 13. abr. 2011.

JATOBÁ, R. Bondes na cidade. **Memória**, São Paulo: Eletropaulo, n.15, p. 38-47, 1992.

KUHL, J. C. A.; FERRAZ, V. M. B. As Usinas do Corumbataí. **História & Energia**. São Paulo: Eletropaulo, n.8, p. 42-53, 2000.

LUIZ DIAS. Disponível em: http://www.cerpch.unifei.edu.br/luiz_dias.php Acesso em: 31. jul. 2010.

MAGALHÃES, G. **Força e luz**: eletricidade e modernização na República Velha. São Paulo: Editora UNESP: FAPESP, 2000.

MARANHÃO, R.. **Edgard de Souza**, **São Paulo e a Light**. Edgard Egydio de Souza. História da Light: primeiros 50 anos. São Paulo: Eletropaulo, p. 3-12, 1982.

MARANHÃO, R.. Projeto ELETROBRAS: a luta pela nacionalização do setor elétrico. **Memória**, São Paulo: Eletropaulo, n.3, p. 20-22, 1989.

MARTINI, S. **Dificuldades associadas à implantação e gestão de Usinas Parque**: entrevista. [21 de abril de 2010]. São Paulo. Entrevista concedida a Edson Fernando Escames.

MARTINI, S. Usina de São Valentim. **História & Energia**. São Paulo: Eletropaulo, n.8, p. 54-63, 2000a.

- MARTINI, S. Usina do Jacaré. **História & Energia**. São Paulo: Eletropaulo, n.8, p. 72-78, 2000b.
- MARTINI, S.; DINIZ, R. O. Usina de Salesópolis. **História & Energia**. São Paulo: Eletropaulo, n.8, p. 64-71, 2000.
- MC DOWALL, D. **Light**: a história da empresa que modernizou o Brasil. Rio de Janeiro: Ediouro, 2008, 559 p.
- MEMORIAL PIRACICABA. **Luiz de Queiróz**. 2006. Disponível em: http://www.aprovincia.com/padrao.aspx?texto.aspx?idContent=2291&idContentSection=71 3>. Acesso em 31 jul. 2010.
- MICHAELIS, Dicmaxi. Dicionário eletrônico 6 idiomas. 2011.
- NIAGARA FALLS HISTORY OF POWER. Disponível em: http://www.niagarafrontier.com/power.html Acesso em: 14. jul. 2010.
- PAEDA Parque de Alternativas Energéticas para o Desenvolvimento Autossustentável. Disponível em < http://www.paeda.unifei.edu.br/> Acesso em 13 abr. 2011.
- PIEDADE, S. C.; MORAIS, J. L. de. **A eletricidade em São Paulo**: registros históricos. 2006 Disponível em: http://www.engenhoeditora.com.br/ed/576/Artigo_Eletrica.pdf> Acesso em: 10 abr. 2009.
- PINTO, B. de S. **Dificuldades associadas à implantação e gestão de Usinas Parque**: entrevista. [15 de janeiro de 2011]. São Paulo. Entrevista concedida a Edson Fernando Escames.
- PINTO, B. de S. **Potenciais e dificuldades associadas à implantação e gestão das usinas parque**: entrevista. [15 de janeiro de 2011]. São Paulo. Entrevista concedida a Edson Fernando Escames.
- PINTO, D. A. **O patrimônio histórico e a educação ambiental**: o caso da Usina Hidrelétrica do Corumbataí Rio Claro/SP. Monografia (Especialização em Educação Ambiental e Práticas Educacionais) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.
- PINTO, D. A. **Potenciais e dificuldades associadas à implantação e gestão das usinas parque**: entrevista. [02 de outubro de 2010]. São Paulo. Entrevista concedida a Edson Fernando Escames.
- PONTES, J. A. O. V. Pinheiros: do rio ao canal. **História & Energia**: rios/reservatórios/enchentes. São Paulo: Eletropaulo, n.5, p15-29, 1995.
- PONTES, J. A. O. V.; LIMA, C. S. da C. O destino do Jeribatiba. **Memória**, São Paulo: Eletropaulo, n.14, p. 36-42, 1992.
- PONTES, J. A. V. O.; LIMA, C. S. da C. Deus e o Diabo nas águas do Tietê. **Memória**, São Paulo: Eletropaulo, n.12, p. 27-31, 1991.

- RAGNEV, W. Estudo de Potência Reativa, Tensão, Contingência e Perdas em Empresas de Energia Elétrica Localizadas na Grande São Paulo. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.
- REIS, S. V. **Potenciais e dificuldades associadas à implantação e gestão das usinas parque**: entrevista. [05 de abril de 2011]. São Paulo. Entrevista concedida a Edson Fernando Escames.
- RICARDI, A. **A formação do parque elétrico paulistano**: relações de conflito entre a Companhia Água e Luz do Estado de São Paulo, seus clientes e seus concorrentes 1890-1910. Revista Humanidades em diálogo, Volume II, Número I, novembro de 2008. p. 91 a 104. Disponível em: http://humanidades.host56.com/completa3.pdf> Acesso em 25 mai. 2010.
- ROLIM, M. S. **Dificuldades associadas à implantação e gestão de Usinas Parque**: entrevista. [07 de maio de 2010]. São Paulo. Entrevista concedida a Edson Fernando Escames.
- ROLIM, M. S. O patrimônio industrial do setor de energia elétrica em São Paulo: apontamentos para um inventário. Disponível em: http://www.energiaesaneamento.org.br/materialeducativo/files/artigos/rolim_mariana_o_patrimonio_industrial_do_setor_de_energia_eletrica.pdf Acesso em: 29 jul. 2010
- SEABRA, O. C. de L. Enchentes em São Paulo culpa da Light? **Memória**. São Paulo: Eletropaulo, n.1, p. 21-24, 1988.
- SEGATO, J. A. Guarapiranga. **História & Energia**: Rios/Reservatórios/Enchentes. São Paulo: Eletropaulo: Departamento de Patrimônio Histórico, p. 18-19. 1995.
- SIEVERT, O. A. A Usina Subterrânea. **Conhecendo o GH**. Cubatão: EMAE, n.38, 7 p. 2010a.
- SIEVERT, O. A. Usina Henry Borden Operação. **Conhecendo o GH**. Cubatão: EMAE, n.39, 5 p. 2010b.
- SÓCRATES, J. R.; GROSTEIN, M. D.; TANAKA, M. M. S. A cidade invade as águas: qual a questão dos mananciais? São Paulo, FAUUSP, 1985, 296 p.
- SOUZA, E. E. de, **História da Light:** primeiros 50 anos. São Paulo: Eletropaulo, 1982. 221p.
- STANO JÚNIOR. A. **Potenciais e dificuldades associadas à implantação e gestão das usinas parque**: entrevista. [15 de março de 2011]. São Paulo. Entrevista concedida a Edson Fernando Escames.
- STIEL, W. C., Metrô, velho desejo Paulistano. **História & Energia**: O Metrô da Light. São Paulo: Eletropaulo, n.3, p. 27-62, 1986.
- VICTORINO, V. I. P. **Gestão de águas e democracia participativa: uma longa trajetória sociopolítica**. In: I Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Meio Ambiente e Sociedade GT: Teoria e Meio Ambiente, 2002, Indaiatuba. Campinas, 2002. Disponível em: https://www.esnips.com/doc/e681f7d4-61f9-4029-b9d5-

4acd48f6c2e3/Gest%C3%A3o-de-%C3%A1guas-e-democracia-participativa> Acesso em: 04. Jul. 2011.

WALDMAN, M. **Água e metrópole**: limites e expectativas do tempo. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: http://www.mw.pro.br/mw/mw.php?p=geog_agua_e_metropole&c=g Acesso em: 05 jul. 2011. 713p.

WESTIN, F. F.. **Plano de estruturação do turismo no PAEDA**. Disponível em: http://www.paeda.unifei.edu.br/biblioteca_prof.php Acesso em: 13. abr. 2011.