

DE SETE QUEDAS A ITAIPU

HISTORIOGRAFIA DE UM PROJETO, COM
ÊNFASE NOS ASPECTOS GEOLÓGICOS



ANDREA BARTORELLI
GUIDO GUIDICINI

BGE
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

AGEPAR
ASSOCIAÇÃO PROFISSIONAL
DOS GEÓLOGOS DO PARANÁ

Copyright 2025. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE

Produção editorial:

Assistência editorial: *Luciana Marques e Denise Amaral*

Projeto gráfico/Diagramação/Capa: *Rita Motta e Ryan Dias*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Bartorelli, Andrea, 1941-2024

De sete quedas a Itaipu : historiografia de um projeto, com ênfase nos aspectos geológicos / Andrea Bartorelli, Guido Guidicini. -- São Paulo : ABGE, 2025.

Bibliografia.

ISBN 978-65-88460-46-7

1. Engenharia hidráulica 2. Geologia de engenharia
3. Saltos de Sete Quedas 4. Usina Hidrelétrica de Itaipu I. Guidicini, Guido. II. Título.

25-275029

CDD-621.312134

Índices para catálogo sistemático:

1. Usinas hidrelétricas : Engenharia 621.312134

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

A ABGE, os autores, integrantes de equipe, revisores e o editor não possuem responsabilidade de qualquer natureza por eventuais danos ou perdas a pessoas ou bens originados do uso desta publicação.

Todos os direitos reservados à ABGE



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

DIRETORIA ABGE GESTÃO 2025/2026

PRESIDENTE: Erik Wunder

VICE-PRESIDENTE: Luiz Alberto Minicucci

DIRETORA SECRETÁRIA: Bruna M. Cruz Fernandes

DIRETOR FINANCEIRO: Delfino Luiz Gouveia Gambetti

DIRETORA DE EVENTOS: Ana Elisa Silva de Abreu

DIRETOR DE COMUNICAÇÃO: Luiz Antonio Pereira de Souza

Conselho Deliberativo: Ana Elisa Silva de Abreu, Álvaro Rodrigues dos Santos, Bruna M. Cruz Fernandes, Camila Milli, Delfino Luiz Gouveia Gambetti, Erik Wunder, Flávio Rogério da Silva, João Antônio Curtis, João Luiz Armelin, José Luis Ridente, José Luiz Albuquerque, Lilian Pimentel, Luiz Alberto Minicucci, Luiz Antonio Pereira de Souza, Malena D'Elia Otero, Márcio Leão, Maria Heloisa B. Oliveira Frasca, Romildo Dias Moreira.

Conselho Consultivo: Fabio Soares Magalhães (Presidente), Adalberto Aurélio Azevedo (in memoriam), Carlos Manoel Nieble (in memoriam), Delfino Luiz Gouveia Gambetti, Fernando Facciola Kertzman, Fernão Paes de Barros (in memoriam), Giacomo Ré, Guido Guidicini, Jayme de Oliveira Campos, João Jerônimo Monticelli, Kenzo Hori, Luiz Ferreira Vaz (in memoriam), Luiz Francisco Saragiotto, Maria Heloisa Barros de Oliveira Frasca, Murillo Dondici Ruiz (in memoriam), Nivaldo José Chiossi, Tarcísio Barreto Celestino e Wilson Shoji Yiomasa.

NÚCLEO RIO DE JANEIRO / ESPÍRITO SANTO

Alano Burity dos Santos, Ana Caroline Duarte Dutra, Ana Paula Cezario da Silva, Giovanna Tristão, Isabella Robert Rodrigues, Jéssica Tiné Pôssa, Raquel Batista M. da Fonseca e Rodrigo Ferreira Franca.

NÚCLEO MINAS GERAIS

Alberto Ferreira do Amaral Junior, Ângelo Almeida Zenóbio, Denise Silva, Diego Moreira da Silva, Ellen Delgado Fernandes, Frederico Nascimento Mendes Bezerra, Giovana Parizzi, Michele Aparecida Flores Costa, Walter dos Reis Junior e Yan Lucas de O. P. Santos.

NÚCLEO SUL

Andréa Nummer, Cezar Augusto B. Bastos, Débora Lamberty, Karina R. Camargo, Malva Andrea Mancuso, Marcos A. Musso Laespiga e Nicole Borchardt.

NÚCLEO CENTRO OESTE

Bruno Presley, Caiubi Emanuel Souza Kuhn, Ingrid Ferreira Lima, Patrícia de Araújo Romão e Ricardo Vilhena.

NÚCLEO NORTE

Claudio Fabian, Dianne D. F. Fonseca, Elton Rodrigo de Andretta, Iris Celeste N. Bandeira, José Sidney Barros e Sheila G. Teixeira.

SECRETARIA ABGE

Gerente Executiva: Luciana Marques

Assistente Editorial: Denise Amaral

Assistente Administrativo: Kauany Santos

Assistente Administrativo: Vanessa Oliveira

Auxiliar Administrativo: Emilly Mendes

Auxiliar De Comunicação: Gabrielle Lima

Av. Prof. Almeida Prado, 532 - IPT (Prédio 59) | Cidade Universitária - São Paulo - SP

Fone: (11) 98687-6560

E-mail: abge@abge.org.br | Site: abge.org.br

Contrate um profissional registrado.

confea.org.br



Quando
um profissional
das geociências
entra na história,
tudo melhora.
Até para os
Sete Anões.

O profissional das geociências muda a história.

CONFEA
Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia

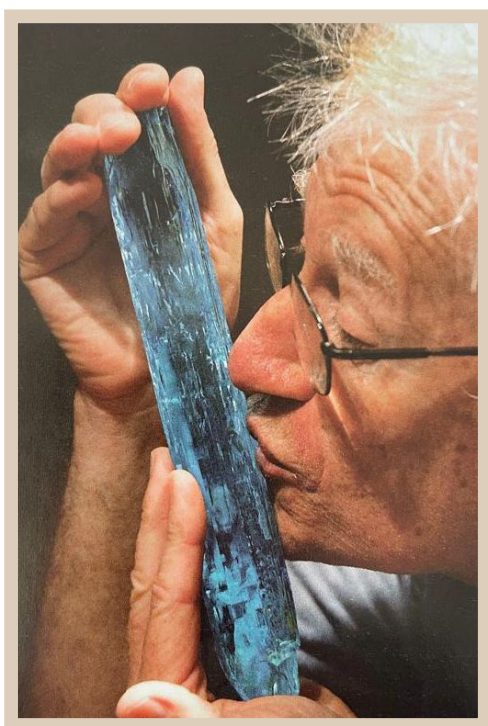


CREA
Conselhos Regionais de Engenharia
e Agronomia



mutua
Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

MENSAGEM



Andrea Bartorelli
04/06/1941 - 01/04/2024

Pouco tempo depois de finalizar o presente texto, Andrea faleceu.

Em seus últimos anos de vida, eu tive a sorte de compartilhar e usufruir de uma intensa troca de ideias, informações, textos e mensagens, que culminaram na feitura de três livros, em coautoria, dois dos quais editados. Ao Andrea, meu muito obrigado.

Guido Guidicini

Autor





AGRADECIMENTOS

Na busca por informações sobre eventos ocorridos já há muitos anos, os autores contaram com a colaboração de amigos e colegas de profissão, que disponibilizaram seus próprios arquivos. Registram-se aqui os agradecimentos a Corrado Piasentin, Ricardo Antônio Abrahão e Zsolt Miklos Gombossy. Todos participaram do projeto e da construção de Itaipu e detêm a memória de inúmeros aspectos relevantes. Os agradecimentos são extensivos às arquivistas da Memória da Eletricidade, em sua sede no Rio de Janeiro, pela presteza em localizar e disponibilizar documentos de interesse.





SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
PREFÁCIO ABGE E AGEPAR	3
PREFÁCIO DOS AUTORES	5
PREFÁCIO DO CONFEA	7
CURRÍCULO DOS AUTORES	9
LINHA DO TEMPO	11
1. CONTEXTO GEOLÓGICO DO RIO PARANÁ	17
2. PRIMEIRAS REFERÊNCIAS ÀS SETE QUEDAS	21
3. ANTECEDENTES SOBRE O POTENCIAL ENERGÉTICO DE SETE QUEDAS	27
3.1 Breve histórico	27
3.2 Alternativas para aproveitamento da energia hidráulica de Sete Quedas	29
3.3 Estudos do Consórcio IECO-ELC e as primeiras referências ao projeto Itaipu	69
4. QUESTÕES FRONTEIRIÇAS E ACORDOS ENTRE BRASIL E PARAGUAI	77
4.1 Os tratados ao longo dos séculos XV a XIX	77
4.2 Brasil e Paraguai rumo ao entendimento	82

5. PROJETO E CONSTRUÇÃO DE ITAIPU	89
5.1 Estudo de alternativas de eixo	90
5.2 Primeiras atividades de campo	93
5.3 Definição do tipo de barragem	96
5.4 Técnicas de investigação	108
5.5 Principais aspectos geológicos	114
5.6 Caracterização geomecânica do maciço rochoso	127
5.7 Modelos físicos	133
5.8 Reforço da fundação com chavetas	136
6. DESVIO DO RIO	143
6.1 Aspectos gerais	143
6.2 Processo construtivo	147
7. ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO	157
7.1 Premissas	157
7.2 Etapas de enchimento	159
8. MONITORAMENTO E COMPORTAMENTO DA BARRAGEM	171
8.1 Principais aspectos comportamentais	171
8.2 Oscilações sazonais	174
8.3 Monitoramento geodésico	176
8.4 Monitoramento sísmico	178
8.5 Erosões a jusante do vertedouro	179
CONSIDERAÇÕES FINAIS	185
MATERIAL CONSULTADO	187



APRESENTAÇÃO

O livro lida com a evolução do conceito inicial de implantação de uma usina hidrelétrica nas próprias vizinhanças do acidente fisiográfico das Sete Quedas, no rio Paraná, ideia que se revelou impraticável em sua concepção original, passando para a proposição de conduzir o caudal do rio Paraná por um extenso canal pela margem esquerda, até conseguir condições favoráveis de geração nas vizinhanças das localidades de Porto Mendes ou Porto Britânia, finalizando com a histórica decisão de uma única usina, sob controle binacional, no sítio de Tapuyetê, a pedra que canta, 150 km a jusante dos saltos.

A crônica do aproveitamento do potencial hidroenergético das Sete Quedas tem base no tripé formado pela ação histórica de ocupação do espaço e exploração dos recursos naturais, em conjunto com a acelerada evolução do conhecimento técnico-científico da época nos campos de hidrologia, hidráulica, cartografia, geologia, meteorologia, engenharia estrutural, mecânica e elétrica, no contexto das delicadas relações diplomáticas em uma região de interface entre três nações soberanas, cada qual zelosa de seus próprios interesses.

Cada uma das etapas do histórico de evolução do projeto é abordada ao longo do presente texto, sob a ênfase dos aspectos geológicos que lastrearam as diversas e sucessivas concepções de arranjos dos empreendimentos, de início com níveis de conhecimento escassos, baseados apenas em observações de superfície, progredindo à medida que novas técnicas de investigação aplicadas acrescentavam resultados, contribuindo para a montagem do quadro geológico-estratigráfico regional e local, dentre outros aspectos relacionados ao projeto.

O projeto da Usina Hidrelétrica de Itaipu, desenvolvido e detalhado na década de 1970, representou um campo fértil de utilização dos conhecimentos da Geologia de Engenharia e da Mecânica dos Solos e das Rochas, cujas regras, definições e técnicas de investigação já se encontravam amadurecidas. Neste sentido, Itaipu

foi o grande campo de aplicação dos princípios das referidas áreas tecnológicas, sinalizando a maturidade da Engenharia de barragens no Brasil.

Na primeira metade do texto, o livro procura fornecer, de forma simplificada, o quadro de evolução histórica das ideias iniciais de aproveitamento do potencial hidrelétrico das Sete Quedas até culminar, na segunda metade, com o projeto da UHE Itaipu em suas sucessivas etapas de desenvolvimento, construção e monitoramento após o enchimento do reservatório. O livro se inicia com uma “linha do tempo”, que sintetiza os principais eventos e serve de referência para a leitura do texto.

É preciso, finalmente, fazer especial referência ao Relatório “Problemas relacionados com a fundação dos blocos mais altos da Barragem de Itaipu” da Divisão de Geologia, Mecânica de Rochas e Instrumentação – Divisão de Escavação e Aterros (DGMRI – 00 – 065 – 82, de Abril/1982), elaborado pelos técnicos da Itaipu Binacional: Geól. Adilson Luiz Barbi, Eng. Gilson Henriques Siqueira, Geól. Zsolt Miklos Gombossy, Eng. Evangelista Caetano Porto (Divisão de Escavação e Aterro: Eng. Rone Amorin). A referência se justifica pelo fato de o relatório abordar os pormenores dos aspectos construtivos mais relevantes de toda a obra de Itaipu e se constituir em fonte fundamental para a memória técnica da obra, pela profusão de informações geológico-geotécnicas únicas e inéditas.



PREFÁCIO ABGE E AGEPAR

Os amigos Guido Guidicini e Andrea Bartorelli apresentam nesta publicação conhecimentos instigantes sobre o fascinante contexto geológico que conecta a usina de Itaipu ao antigo complexo geomorfológico de Sete Quedas — um local que sempre despertou admiração pelas belezas naturais.

Com dedicação e tenacidade, os autores compartilham conosco todo o saber construído ao longo de uma trajetória rica em experiências e estudos, sempre enaltecendo nossa Associação.

Esperamos que esta valiosa contribuição à ciência nacional continue promovendo o bem e fortalecendo nossa comunidade.

Agradecemos, com carinho e reconhecimento, a dedicação de nossas colaboradoras Luciana Marques, Denise Amaral, Emily Mendes, Gabrielle Lima, Kauany Santos e Vanessa Oliveira — sem as quais este trabalho não teria sido possível.

Abdel M. H. Hach

Presidente AGEPAR

Erik Wunder

Presidente do Conselho
Deliberativo ABGE





PREFÁCIO DOS AUTORES

Este livro integra os esforços da ABGE em promover e disseminar o conhecimento técnico-científico nas diversas áreas em que atua, especialmente na Geologia de Engenharia e Ambiental. Como ex-presidente desta associação, é motivo de grande satisfação constatar que a ABGE se mantém como uma das entidades mais ativas na divulgação e no registro do conhecimento técnico no Brasil e, sem dúvida, em toda a América Latina.

Eu e o colega Bartorelli concebemos esta obra com o intuito de destacar uma das regiões mais emblemáticas do país no que se refere à aplicação integrada da Geologia e das Engenharias Civil, Mecânica e Elétrica: o aproveitamento hidroenergético das Sete Quedas e a monumental realização que foi o projeto da Usina Hidrelétrica de Itaipu.

Mas o caminho entre as primeiras ideias de aproveitamento e sua efetiva materialização foi árduo e longo, e o propósito deste livro é justamente o de oferecer uma visão da sucessão de concepções e eventos que lastrearam esse percurso.

A publicação deste livro só foi possível graças ao comprometimento, ao empenho e à perseverança da ABGE e de sua dedicada equipe, a quem registro meu mais sincero agradecimento.

Guido Guidicini

Autor





PREFÁCIO DO CONFEA

O Confea, em parceria com entidades como a Agepar, reforça seu compromisso com o fortalecimento da engenharia, agronomia e geociências, promovendo o desenvolvimento sustentável e a proteção da sociedade.

Por meio de apoio financeiro a projetos científicos e técnicos, o Conselho incentiva a produção de publicações que impulsionam a inovação, a pesquisa e a qualificação profissional. Exemplo desse esforço é o livro *Sete Quedas a Itaipu: Historiografia de um Projeto, com Ênfase nos Aspectos Geológicos*, voltado a profissionais, estudantes e instituições públicas e privadas. A obra oferece suporte técnico fundamental à geologia aplicada, contribuindo para uma atuação mais eficiente, ética e responsável.

Ao patrocinar iniciativas como essa, o Confea estimula a valorização profissional, o aprendizado contínuo e o exercício qualificado das profissões, fortalecendo a rede que protege a população e impulsiona o progresso do Brasil.

Eng. telecom. Vinicius Marchese

Presidente do Confea



CURRÍCULO DOS AUTORES



Andrea Bartorelli

Graduação em Geologia: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo-USP (1965). Pós-graduação em Geologia e Petrologia de rochas básicas e ultrabásicas, Geocronologia e Geologia Geral: Departamento de Geologia e Petrologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo-USP (1967). Mestrado em Geologia: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo-USP (1969). Doutorado em Geociências: Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual de São Paulo-UNESP (1997). É consultor independente, desde 1995, nas áreas de Geologia de Engenharia e mapeamento geológico para projetos de engenharia, mineração, água subterrânea e meio ambiente. É autor e co-autor de mais de 40 artigos técnico-científicos e foi coorganizador de livros sobre as obras dos professores Fernando Flávio Marques de Almeida, Aziz Nacib Ab'Sáber e Paulo Emilio Vanzolini. Co-editou ainda livro sobre a construção da Hidrelétrica de Estreito, no Rio Tocantins, livro sobre Minerais e Pedras Preciosas do Brasil e foi organizador de livro sobre a contribuição do engenheiro Murillo Dondici Ruiz para a Geologia de Engenharia e Mecânica de Rochas no Brasil. Atuou em prospecção sísmica e mapeamentos geológicos-geotécnicos e ambientais para a Ferrovia do Aço, Rodovia dos Imigrantes, Rodovia dos Bandeirantes, Sistema de Transmissão associado à Usina de Hidrelétrica Tucuruí, Gasoduto Brasil-Bolívia, estudos de inventário hidrelétrico e de viabilidade de barragens nas bacias dos rios Tocantins, Tapajós, Madeira, Trombetas, Jarí e Branco. Nos anos de 1966 e 1969 foi professor assistente do Departamento de Geologia e Paleontologia da FFCL-USP e, até 1994, foi geólogo do IPT, Mineração Araçazeiro, Engevix, E.T.J.C. Figueiredo Ferraz e Themag Engenharia.



Guido Guidicini

Geólogo formado em 1963 pela USP dedicou-se desde o início a atividades no campo da Geologia de Engenharia, então denominada Geologia Aplicada. Participou em 1968 da criação da APGA – Associação Paulista de Geologia Aplicada, precursora da atual ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental e da qual foi presidente no biênio 1970-1971.

Ao longo de sua vida profissional participou de cerca de 200 projetos de barragens destinadas aos mais variados fins, dentre elas as hidrelétricas de Jupia, Ilha Solteira, Itaipu, Tucuruí e Belo Monte. Integrou duas renomadas equipes de projeto (Themag e Engevix) e trabalhou por sete anos no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Desde 1994 atua na área de Geologia de Engenharia como consultor.

Autor de cerca de 60 trabalhos técnicos, apresentados em foros nacionais e internacionais.

Autor do livro “Estabilidade de taludes naturais e de escavação”, em parceria com Carlos Manoel Nieble, editado em 1976 e ainda à venda em livrarias, decorridos 49 anos. No mesmo ano publicou o livro “Levantamento bibliográfico em Geotecnia e Engenharia geotécnica no Brasil e sua indexação com palavras-chave”, editado pelo IPT em parceria com a ABGE. Em 1994 publicou “Bibliografia brasileira sobre fundações de barragens e temas correlatos”, tendo Sílvia Martins e Fátima Gouveia como coautoras, editado pela Engevix.

Autor também de um livro de título “Lições aprendidas em acidentes e incidentes em barragens e obras anexas no Brasil”, em coautoria com Sandro Salvador Sandroni e Flávio Miguez de Mello, editado em fins de 2021 pelo CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens em parceria com a ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

Desde 1990 passou a atuar em barragens no Nordeste, sendo autor de um livro de título “Evolução da seção de barragens de açudes no Nordeste, desde os primórdios até Orós”, em coautoria com Walmir Duarte Jardim, editado pela ABGE em 2021. Ainda em 2021 foi coautor do livro “Barragens em arenitos brandos no Brasil”, editado pela ABGE, em parceria com Carlos Manoel Nieble e Luiz Guilherme de Mello, também editado pela ABGE. Em 2021 foi coautor do livro “Barragens de terra e enrocamento”, cujo primeiro autor foi Sandro Salvador Sandroni, tendo sido o livro editado pela Oficina de Textos.

Em 2022 publicou o livro de título “Patologia de túneis hidráulicos – Acidentes e incidentes no Brasil”, tendo como coautores Flávio Miguez de Mello e Newton dos Santos Carvalho, editado pela Oficina de Textos.

Em 2023 publicou o livro de título “Barragens na região amazônica: condicionantes fisiográficos, geológicos e paleoclimáticos”, em coautoria com Andrea Bartorelli, editado pela ABGE.



LINHA DO TEMPO

DATA	EVENTO	TEOR
09/01/1872	Tratado de Limites entre Brasil e Paraguai	O tratado definiu a fronteira entre os dois países, desde a foz do Rio Apa, afluente do Rio Paraguai pela margem esquerda, até a foz do Rio Iguaçu.
10/1908	Primeira referência ao aproveitamento da energia hidráulica dos saltos	A referência foi apresentada na Câmara dos Deputados em emenda (Nº 149) a um projeto de despesas do MIVOP - Ministério da Indústria, Viação e Obras Públicas, mas foi retirada pela Comissão de Finanças da Câmara.
12/1927	Manifestação de Eusébio de Oliveira, do Serviço Geológico e Mineralógico do Ministério da Agricultura	O Diretor do Serviço Geológico e Mineralógico do Ministério da Agricultura (SGM) tratou do aproveitamento hidrelétrico das Sete Quedas em manifestação ao Ministério das Relações Exteriores, contendo planta e ilustrações fotográficas.
08/1928	Relatório técnico do SGM	Relatório do SGM detalhou as atividades de medição de descargas, da altura das quedas e da potência, bem como das condições necessárias para a realização do aproveitamento hidroenergético.
09/05/1930	Protocolo de Instruções entre Brasil e Paraguai	O protocolo definiu o procedimento para a demarcação e caracterização da fronteira entre os dois países.
03/1935	Ministério das Relações Exteriores solicitou parecer técnico-jurídico	O MRE solicitou parecer ao advogado Eurico Sodré e ao engenheiro Asa W.K. Billings. Este último apresentou relatório com considerações sobre potencial hidráulico, realização de medições, derivação das vazões para a margem esquerda do rio e participação do Paraguai.
23/12/1952	Criação da CIBPU pela Lei nº 2018 do Governo do Estado de São Paulo	A CIBPU - Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí foi criada com a função de promover o desenvolvimento regional da bacia.

