



1



# ORIGEM E EVOLUÇÃO DA ENGENHARIA ELÉTRICA

**Ewaldo Luiz M Mehl**  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal do Paraná  
[mehl@ufpr.br](mailto:mehl@ufpr.br)

2







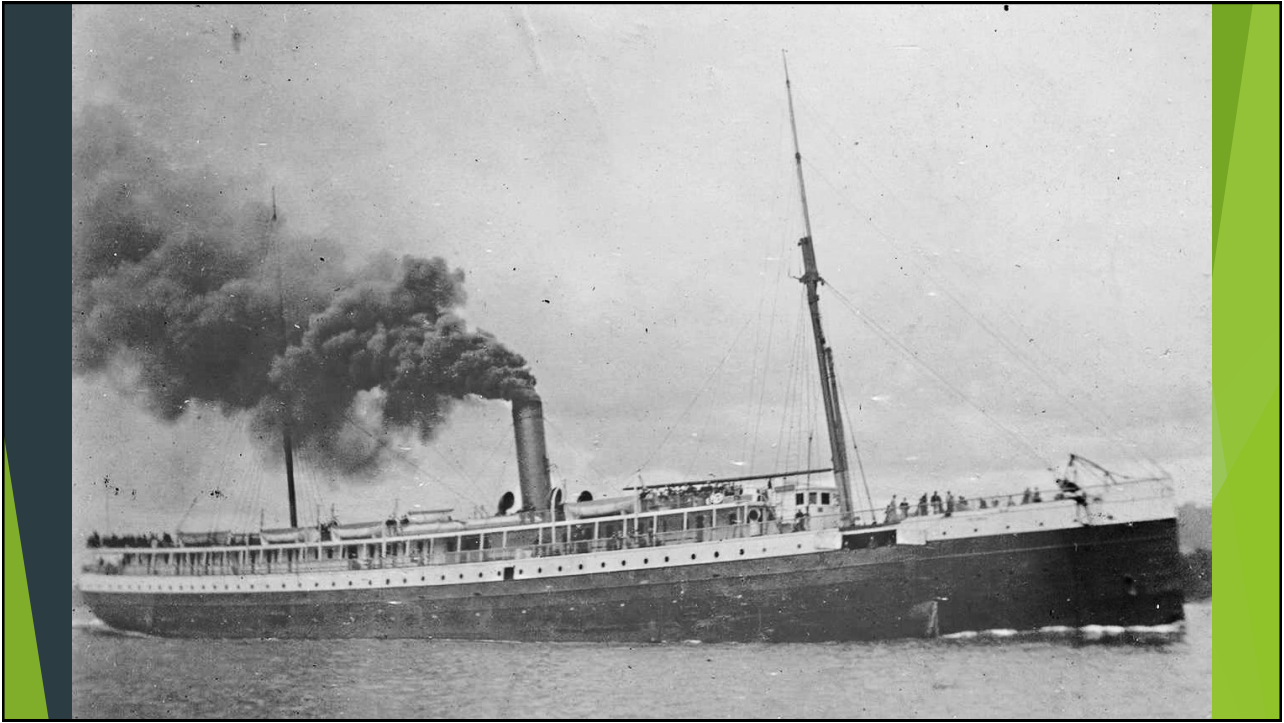
Thomas Alva Edison e sua equipe no laboratório em Menlo Park, NJ, EUA, em 1880

5

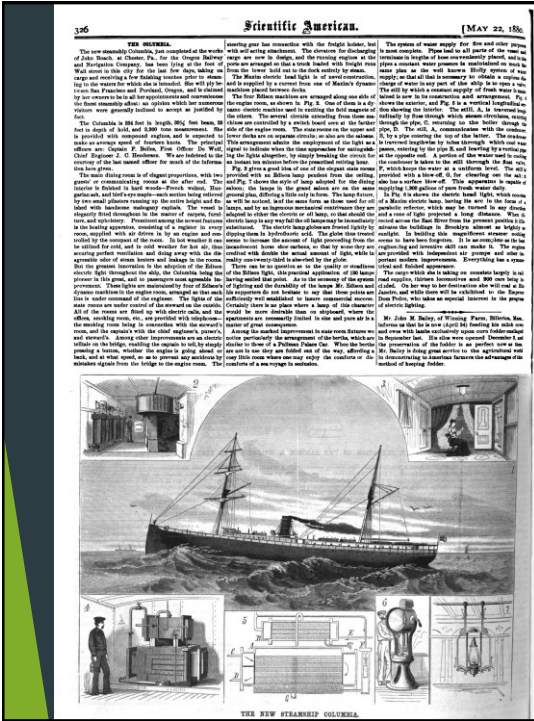


Com o sucesso da lâmpada elétrica, Thomas Alva Edison e sua equipe abandonaram o laboratório em Menlo Park no final de 1880 e a fabricação de lâmpadas passou a ser feita em New Orange (NJ). O edifício em Menlo Park foi alugado para um teatro e depois transformado em salão de danças. Um incêndio danificou o local em 1914 e outro incêndio destruiu a edificação em 1919. Em 1928-29 Henry Ford mandou construir em Dearborn uma réplica do laboratório de Edison, que pode ser visitada atualmente. Alguns móveis desta réplica são do laboratório original.

6



7



## SS Columbia

**Proprietária: Oregon Railway and Navigation Company**

**24 de fevereiro de 1880: lançado ao mar**

**Abril de 1880: instalação de 4 dínamos e 120 lâmpadas com filamento de papel carbonizado**

**5 de maio de 1880: Início da primeira viagem New York - Portland (carga: 13 locomotivas, 200 vagões ferroviários e material ferroviário para a Oregon Railway)**


**20 de maio de 1880: Escala no Rio de Janeiro para abastecimento de carvão. O navio foi visitado pelo Imperador Dom Pedro II, interessado em conhecer as lâmpadas elétricas**

**26 de julho de 1880: Chegada a Portland, Oregon - nenhuma lâmpada queimou na viagem!**

Logo após a chegada, as lâmpadas com filamento de papel carbonizado foram substituídas por lâmpadas com filamento de bambu carbonizado, enviadas a partir de Menlo Park por Thomas Edison (de trem...).

Os dínamos originais foram substituídos por novos modelos em 1885. Um dos dínamos originais está no Museu Henry Ford em Dearborn.

[em 1907 o SS Columbia colidiu com um ferry boat e afundou]



8



## Rio de Janeiro

1879: instalação de 6 lâmpadas de arco na Estação da Corte (atual Estação Pedro I)  
Alimentação por um dínamo acionado a vapor

1881: inauguração do sistema de iluminação no Campo da Aclamação (atual Praça da República) com 16 lâmpadas a arco (dois dínamos a vapor) \*



\* A iluminação do Campo da Aclamação de 1881 não é considerado como um sistema de iluminação pública porque funcionava de forma irregular, sendo acionado somente em ocasiões especiais.

9

## Campos dos Goytacazes (RJ)

1883: inauguração do sistema de iluminação pública com 39 lâmpadas tipo Brush (à arco) alimentadas por dois dínamos a vapor, 52kW cada, com caldeira a carvão \*

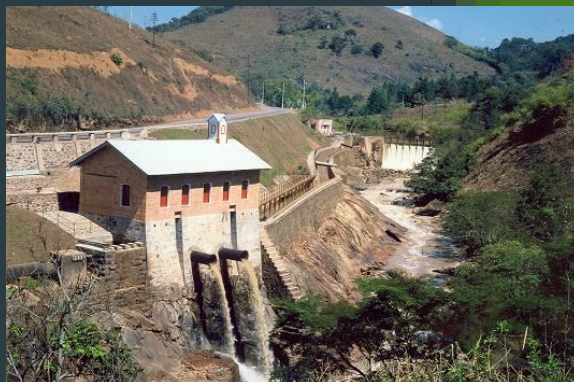
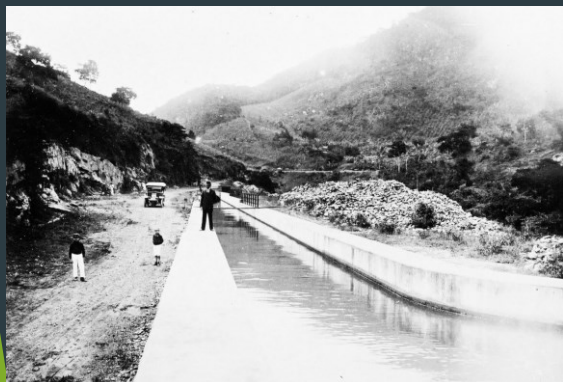


\* A iluminação de Campos dos Goytacazes funcionava regularmente todas as noites e por isso é considerado como o primeiro sistema de iluminação pública da América Latina.

10

## Juiz de Fora (MG)

**1889:** o industrial Bernardo Mascarenhas funda a Companhia Mineira de Eletricidade e contrata a construção da Usina Hidrelétrica de Marmelo (Rio Paraibuna, dois geradores de 125 kW, 60Hz, fabricação Westinghouse). A usina fornecia eletricidade para a fábrica da Companhia Têxtil Bernardo Mascarenhas e mais 180 lâmpadas instaladas nas ruas da cidade de Juiz de Fora. A partir da instalação de um terceiro gerador no ano seguinte passou a fornecer energia elétrica também a residências e indústrias na cidade.



\* A Usina de Marmelo entrou em funcionamento em agosto de 1889 e foi inaugurada oficialmente em 5 de setembro de 1889. Atualmente funciona como Museu administrado pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF.

11

## Curitiba (PR)

**1886:** demonstração de uma lâmpada a arco no Passeio Público (empresário **Francisco Fontana**)

**1892:** início da operação de uma central geradora instalada por **Leopoldo Starck**, com duas máquinas fabricadas na Hungria (Ganz ?) e que funcionavam com queima de lenha (200 m<sup>3</sup> de lenha por dia) no pátio da Estação de Trens. A geração era monofásica na frequência de 42 Hz(\*) A central geradora alimentava apenas poucas lâmpadas instaladas no “Congresso Estadual” e na Estação de Trens.

**1898:** a empresa **José Hauer & Filhos** assume a operação da central térmica. Em 1901 a usina é transferida para um terreno na Avenida Capanema (atual Avenida Afonso Camargo e Rodoferroviária). Os antigos geradores são substituídos por dois (depois três) geradores de 200 HP cada um, ainda funcionando com queima de lenha. A empresa muda de nome para **Hauer Júnior & Cia.** e a rede é ampliada, atendendo a região central da cidade.



Nesta foto, provavelmente de 1900, pode-se ver o edifício do “Congresso Estadual” do Paraná (atual Câmara dos Vereadores - Palácio Rio Branco) e, ao fundo, a Estação de Trens (atual Shopping Estação). Observar na rua, ainda sem pavimento, a presença de postes de madeira com a fiação elétrica e os trilhos dos bondes puxados por mulas.

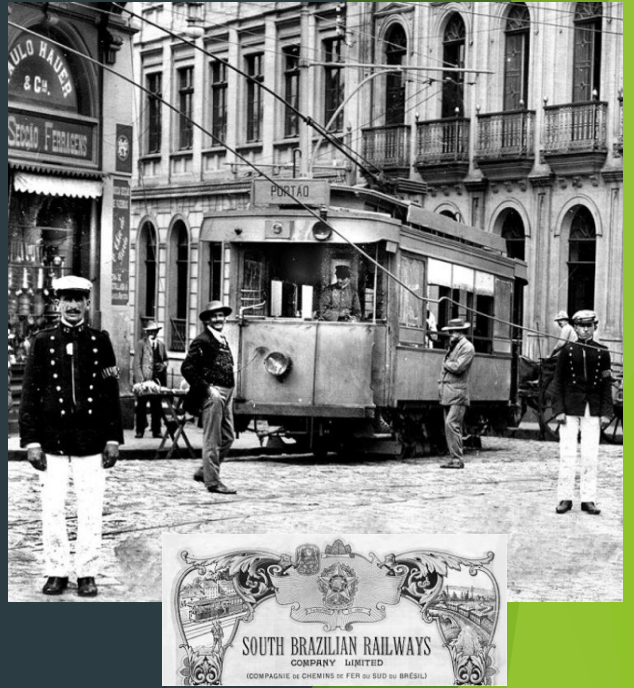
12



## Curitiba (PR)

1910: A empresa anglo-francesa *The South Brazilian Railways Company Limited* (anglo-francesa) compra a central geradora da família Hauer e assume o fornecimento de eletricidade em Curitiba. O objetivo da empresa era implantar o sistema de bondes elétricos, em substituição ao serviço de bondes tracionados por mulas que já existia desde 1887 em Curitiba operado pela Empresa *Ferro Carril Curitibaano*.

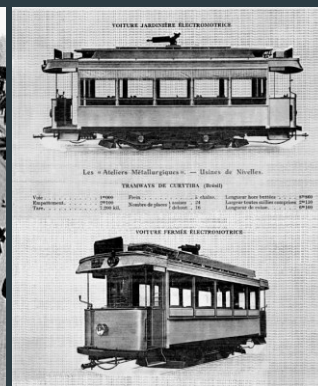
A eletrificação das linhas de bondes foi feita pela **Brown, Boveri & Cie** (Baden, Suíça - atual **ABB**). Os primeiros 29 bondes elétricos para passageiros e 16 bondes elétricos para cargas foram comprados em 1911 da **Les Ateliers Métallurgiques** (Nivelles, Bélgica) e chegaram em Paranaguá em abril de 1912. Mas atrasos na instalação dos cabos fizeram com que os primeiros testes dos bondes elétricos só fossem realizados em agosto, e o sistema só entrou em pleno funcionamento em janeiro de 1913. Apesar de importante, o transporte de passageiros era uma atividade secundária da rede, destinada principalmente ao transporte de erva mate das empresas da cidade até a estação ferroviária.



13

## Curitiba (PR)

Os bondes fabricados pela **Les Ateliers Métallurgiques** (Nivelles, Bélgica) e utilizados em Curitiba tinham características únicas no Brasil, com bitola de 1m (a bitola dos bondes puxados por mulas era de 70 cm). Cada veículo tinha capacidade de transportar 24 passageiros sentados e mais 18 em pé; havia ainda um condutor e um cobrador, que trabalhavam de pé.



14

## Paraná

Ano		Nome da Usina (ou local)	MW	Local	Construção	Situação
1892	TL	(Praça Eufrásio Corrêa)		Curitiba	Cia Agua e Luz de SP	Desativada
1901	TL	Capanema		Curitiba	Hauer	Desativada com a construção de Chaminé
1902	TL	(Paranaguá)		Paranaguá	Familia Blitzkow	Desativada
1905	TL	(Ponta Grossa)		Ponta Grossa	Guimarães & Ericksen	Desativada com a construção de Pitangui
1906?	H	Rio Verde		Ponta Grossa	Guimarães & Ericksen	Desativada com a construção de Pitangui
1910	H	Serra da Prata		Paranaguá		Desativada na década de 1970
1911	H	Pitangui	0,80	Ponta Grossa	Martins & Carvalho	Operando (concessão Copel)

H=Hidroelétrica, TL=Térmica a lenha

- A usina construída em 1905 em Ponta Grossa gerava Corrente Contínua na tensão de 230V.
- Há informações seguras que a usina de 1892 em Curitiba tinha um gerador de origem húngara. Esta informação conduz quase que certamente ao fabricante **Ganz Transelektro**, de Buda, Hungria, onde Zipernovsky, Bláthy e Déri inventaram o transformador.
- Apesar da Usina de 1892 de Curitiba ser referida como sendo *de 42Hz*, provavelmente gerava tensão alternada em  $41\frac{2}{3}$  Hz, pois a empresa **Ganz** padronizava nesta época seus geradores em 5000 ciclos por minuto.
- Não há informações seguras se a ampliação de 1901 promovida pela empresa Hauer manteve a frequência de 42Hz ou adotou-se geradores de 50Hz.

<https://aeradaeletricidade.blogspot.com/2016/07/energia-usinas-paranaenses.html>

15

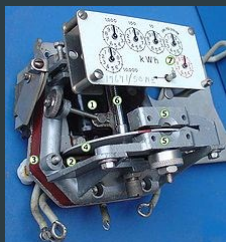
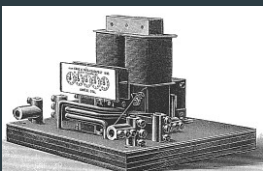
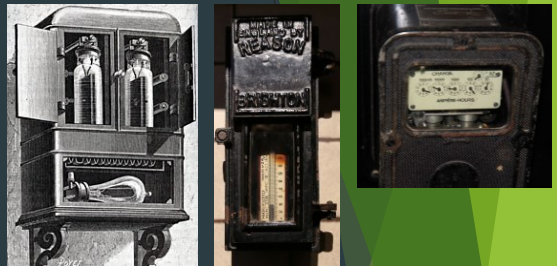
## O problema da medição do consumo da Energia Elétrica

Corrente contínua: Medição de carga (ampère-hora)

- Thomas Edison: medidor baseado no peso de eletrodos de uma célula eletrolítica
- Reason: ampola de mercúrio
- 1883: Herman Aron - medidor com mostradores circulares

Corrente Alternada: Medição da energia (watt-hora)

- 1889: Ottó Titusz Bláthy (Hungria)
- 1894: Oliver Shallenberger (Westinghouse): medidor com disco rotativo (basicamente um motor elétrico bifásico)
- Atualmente: Medidores totalmente eletrônicos, sem partes móveis e com conexão a redes de dados



16



Devido ao alto custo do medidor de kWh, diversas empresas optavam pela ausência da medição em consumidores residenciais e gerando o valor da fatura em função da carga instalada. As faturas aqui mostradas indicam que essa era a forma de cobrança da South Brazilian Railways em Curitiba em 1913.

Esta prática voltou a ser usada recentemente em consumidores de baixa renda, como “tarifa social”.

Acervo PAULO JOSÉ DA COSTA

17

## Paraná

- 1928: devido à péssima qualidade do atendimento da SBR no fornecimento de eletricidade e no serviço de bondes elétricos, o Governo Estadual cancelou a concessão.
- Licitação ganha pelo grupo norte-americano **American & Foreign Power Company (AMFORP)**, que criou então a **Cia Força e Luz do Paraná (CFLP)** e passou a deter também a propriedade dos bondes elétricos.
- **Eng. Howell Lewis Fry (EUA)**: Estudo de locais para geração hidroelétrica nas imediações de Curitiba (Chaminé, Guaricana, Capivari-Cachoeira)
- 1931: Usina Hidrelétrica de Chaminé (60Hz) e desativação da termelétrica de Capanema.
- 1931: Chegada a Curitiba de 20 bondes *Birney* de segunda mão de Boston, EUA, que foram construídos pela **J. G. Brill Co.** na Philadelphia em 1920.
- 1937: Chegada a Curitiba de 10 bondes *Birney* da frota de Porto Alegre para Curitiba que tinham sido construídos pela **J. G. Brill Co.** para Baltimore em 1921.

Ano		Nome da Usina	MW	Local	Construção	Situação
1931	H	Chaminé		São José dos Pinhais	CFLP	Operando (concessão Copel)
1935	H	Sumidouro	0,48	Ponta Grossa	Prada	Desativada em 1972 (operou até 1949)
1945	H	São Jorge	2,3	Ponta Grossa	Prada	Operando (concessão Copel)
1949	H	Apucarantina	9,5	Tamarana	EELSA	Operando (concessão Copel)
1949	H	Rio dos Patos	1,8	Prudentópolis	FLISA	Operando (concessão Copel)
1957	H	Guaricana	39	Guaratuba	CFLP	Operando (concessão Copel)
1959	H	Salto do Vau	0,9	União da Vitória	Alexandre Schlemm	Operando (concessão Copel)
1960?	H	Ocoi		Foz Iguaçu	DAEE	Desativada com a construção de Itaipu
1961	H	Marumbi	4,8	Morretes	RFFSA	Operando (concessão Copel)
1961	H	Chopim I	1,8	Oeste	DAEE/Copel	Operando (concessão Copel)
1963	TC	Figueira	20	Figueira	UTELFA	Operando (concessão Copel)
1964	H	Mourão I	8,2	Campo Mourão	DAEE/Copel	Operando (concessão Copel)
1965	H	Cavernoso	1,2	Virmond	DAEE	Operando (concessão Copel)
1966	H	Melissa	1	Corbélia	DAEE	Operando (concessão Copel)
1967	H	Salto Grande do Iguazu	15,2		Copel	Desativada com a construção de Foz Areia
1970	H	Júlio Mesquita Filho	44	Cruzeiro do Iguaçu	Copel	Desativada com a construção de Caxias

TC=Termica a carvão

18

## A Eletricidade no Paraná – Usina Chaminé



19



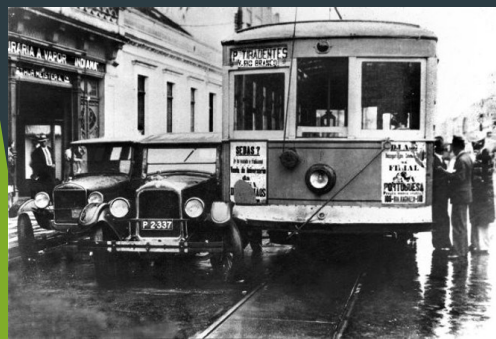
col. Allen Morrison

Bonde da CFLP tipo Birney da linha Bacacheri



<http://www.trainz.com.br/ct/cip.html>

Algumas fotos mostram bondes da CCTC pós-1945 remodelados, com duas janelas frontais e chassi totalmente diferente do modelo Birney.



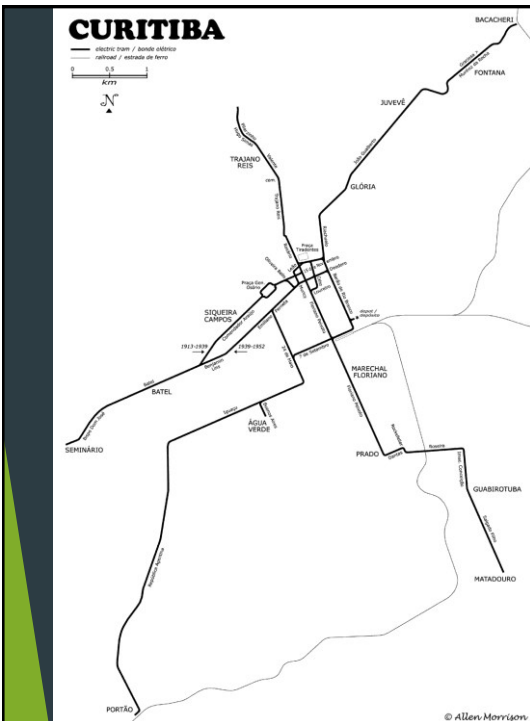
Acidente entre um bonde da CFLP tipo Birney e um automóvel

20





21



## Bondes em Curitiba

Mapa da rede de bondes elétricos de Curitiba, na configuração operada pela CFLP a partir de 1931.

Em 1945 a CFLP vendeu seus 38 bondes de passageiros e 28 km de trilhos para uma nova agência municipal, a Companhia Curitibana de Transportes Coletivos (CCTC).

A CCTC desativou a partir de 1946 progressivamente as linhas Batel/Seminário, Bacacheri, Guabirotuba e Trajano Reis, substituindo os bondes por ônibus.

A última linha de bondes em operação em Curitiba foi a Portão, desativada em 1952.

22

## A Eletricidade no Brasil

Levantamento realizado em 1920

- 431 Municípios brasileiros com Energia Elétrica
- 276.100 kW Usinas Hidrelétricas
- 78.880 kW Usinas Termoelétricas



23

## A Eletricidade no Brasil

1939

Rio de Janeiro, São Paulo  
Brazilian Traction Light & Power Co.  
CANADA

Natal, Recife, Maceió, Salvador,  
Vitória, Niterói, Petrópolis, BH,  
São Paulo, Porto Alegre, Pelotas,  
Curitiba

American & Foreign Power Co.  
(AMFORP) EUA

30%

Pequenas empresas

**DE NOITE TODOS OS GATOS SÃO PARDOS...**

Um velho provérbio diz justamente o contrário. Vinha de outras eras, quando a iluminação era deficiente prejudicava a visão. Hoje, não. A iluminação ampla, abundante, adequada, que a eletricidade permite, conserva as cores, as linhas, os contornos. A leitura, os jogos familiares, fazem-se agora à noite confortavelmente, sem fadiga e sem estresse, constituindo um puro prazer. Não prejudique a sua visão das coisas. Nem o seu conforto e a sua saúde. Ilumine, para isso, de maneira adequada, o seu lar.

**BOA LUZ É A VIDA DE SEUS OLHOS**

24



## A questão da frequência no Brasil

1938: Áreas sob controle da **Brazilian Traction Light & Power Co.** (SP) e da **American & Foreign Power Co.** (PR): 60 Hz

Rio de Janeiro e pequenas empresas: 50 Hz

Casos particulares: 40 Hz (Jundiaí), 42 Hz (Curitiba, até 1931 ?), 125 Hz (Petrópolis)

1938: Decreto-Lei 852 normalizou a frequência no Brasil em **50 Hz**, mas não foi possível realizar a conversão dos sistemas que operavam em 60 Hz devido ao advento da 2.<sup>a</sup> Guerra Mundial.

Dificuldade na importação de equipamentos europeus pós-2.<sup>a</sup> Guerra Mundial estabeleceu a preferência por **60Hz** em Paulo Afonso.

1950: Usina do Cotia (litoral do PR): escolha equivocada de **50 Hz** impediu sua interligação com Curitiba. Desativada com a entrada em operação da UGPS em 1970.

1964: Lei 4.454 - Unificação do país em 60 Hz (porém só concluída totalmente em 1978).

Itaipu: Usina “dupla”, 50 Hz (Paraguai) e 60 Hz (Brasil)

<https://www.osetoelettrico.com.br/padroes-brasileiros/>



25

1948

## Companhia Hidrelétrica do São Francisco

CHESF: Empresa de Economia Mista (Privada & Estatal)



1955:  
Pres. Café Filho inaugura a Usina Paulo Afonso



26

1961

**ELETRORÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.)**Subsidiárias: **ELETRONORTE - CHESF - FURNAS - ELETROSUL**Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga  
[Usina Hidrelétrica de Itaparica] (BA/PE)

Usina Hidrelétrica de Xingó (AL/SE)

27

1975

**Acordo Nuclear Brasil - Alemanha**

Angra I (Westinghouse) em operação

Angra II (Siemens/KWU) em operação

Angra III (Siemens/KWU) paralisada

Angra IV (?)



Angra I (dir) e Angra II (esq)



Angra III

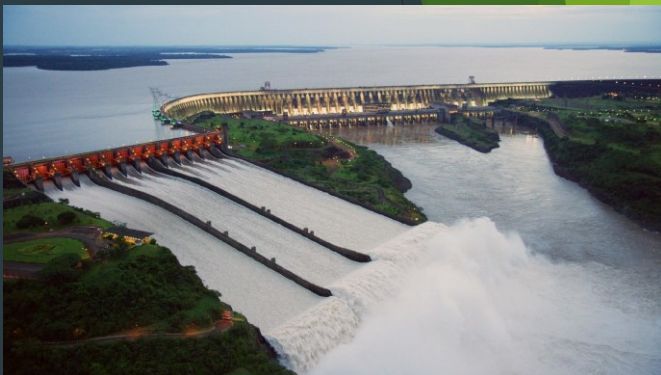
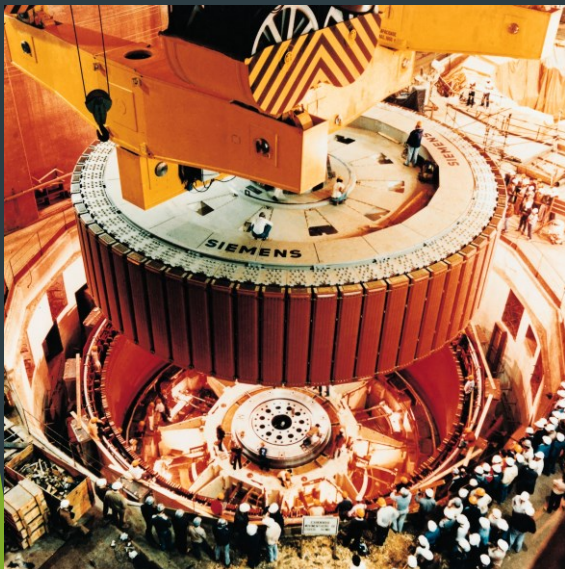
28



1982

Usina Binacional de Itaipu (Brasil & Paraguai)

12.600.000 kW



29

## A Eletricidade no Paraná

1954:

Fundação da Cia. Paranaense de Energia Elétrica - COPEL

1960-1970

Incorporação de pequenas empresas municipais pela COPEL

1963

Usina Termoelétrica de Figueira

20 MW



30

## A Eletricidade no Paraná

1970

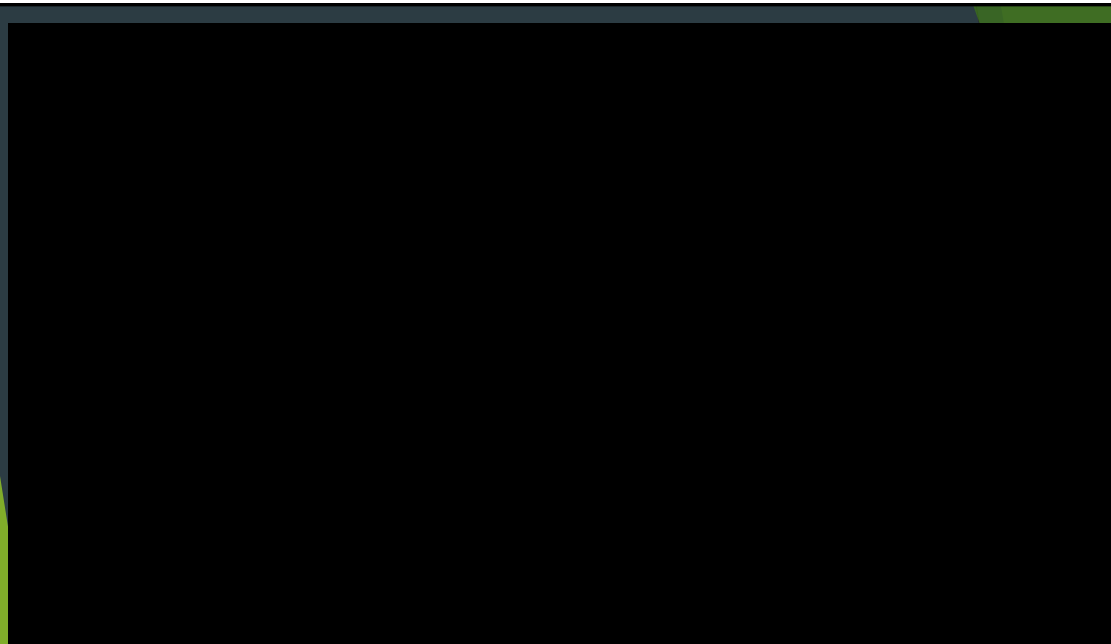
### Usina Capivari-Cachoeira

Serra do Mar - Campina G. do Sul / Antonina – 250 MW



Usina Hidrelétrica Governador Parigot de Souza

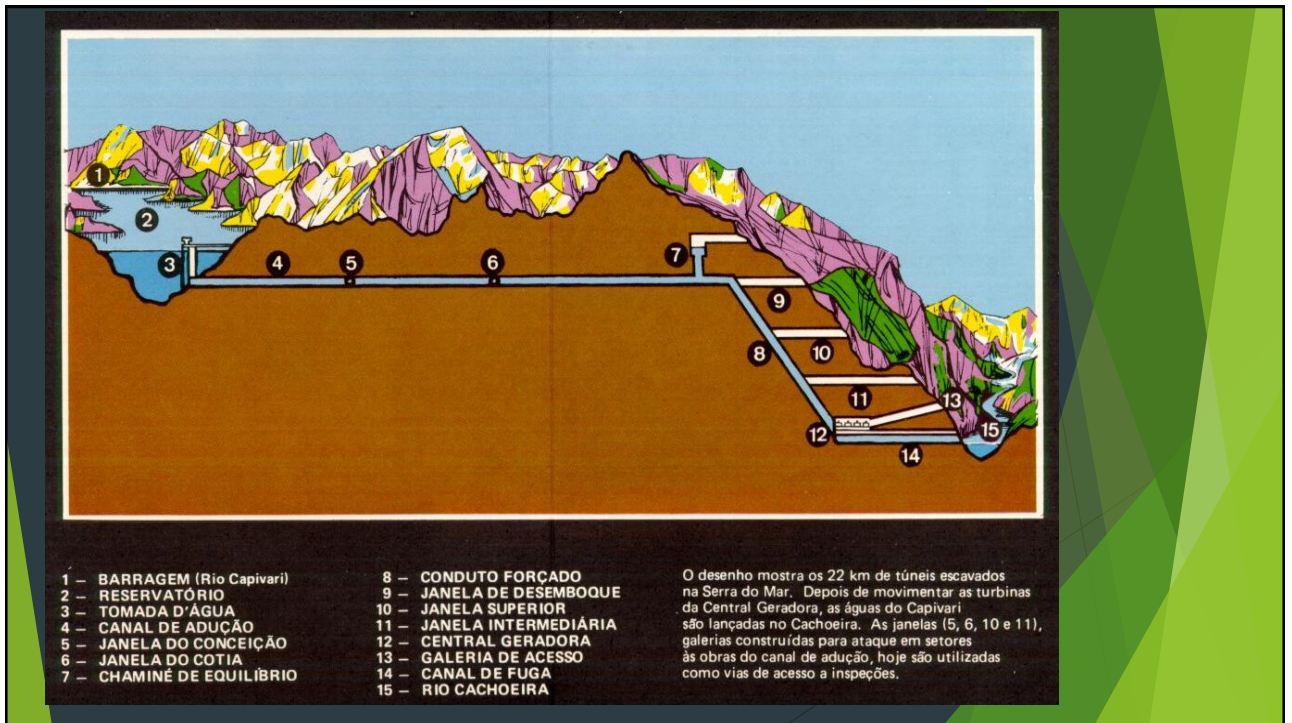
31



Usina Hidrelétrica Governador Parigot de Souza

32





33

## A Eletricidade no Paraná

1980

### Usina Foz do Areia - Rio Iguaçu - 1.676 MW



Usina Hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Rocha Netto

34

## A Eletricidade no Paraná

1992

Usina de Segredo - Rio Iguaçu - 1.260 MW



Usina Hidrelétrica Governador Ney Amintahas de Barros Braga

35

## A Eletricidade no Paraná

1999

Usina de Salto Caxias - Rio Iguaçu - 1.240 MW



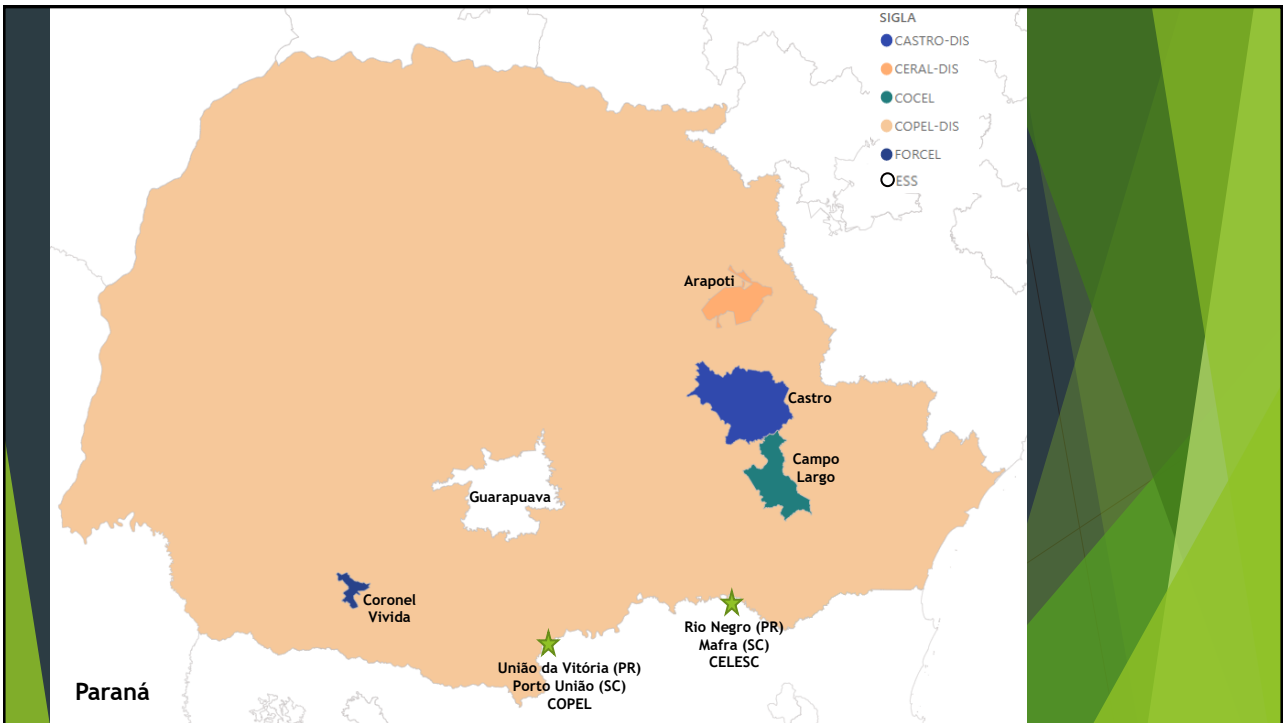
Usina Hidrelétrica Governador José Richa

36





37



38

## A Eletricidade no Paraná

SIGLA	Razão Social	População Atendida	Número de UCs	Número de Municípios	Área em Km <sup>2</sup>
● CASTRO-DIS	COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE CASTRO	1.488	618	1	2.531,52
● CERÁL-DIS	COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE ARAPOTI	2.559	1.043	3	907,76
● COCEL	COMPANHIA CAMPOLARGUENSE DE ENERGIA	128.927	53.038	3	1.243,56
● COPEL-DIS	COPEL DISTRIBUIÇÃO S.A.	10.987.505	5.224.635	414	193.319,60
● FORCEL	FORÇA E LUZ CORONEL VIVIDA LTDA	16.764	8.192	1	227,89
● ESS	ENERGISA SUL-SUDESTE - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A.			1 (Guarapuava)	



39



## A Eletricidade no Paraná

### COPEL (2021)

- Linhas de Distribuição: 156.871 Km
- Número de Subestações: 233
- Número de Subestações Automatizadas: 127
- Potência instalada em Subestações: 1.272 MVA
- Potência instalada em Transformadores: 6.109 MVA
- 4.515.938 unidades consumidoras
- 394 municípios (PR)
- 1.113 localidades (distritos, vilas e povoados) PR
- 3,6 milhões de consumidores residenciais
- 78 mil indústrias
- 384 mil estabelecimentos comerciais
- 356 mil propriedades rurais
- 8.453 empregados.



40



