

HIDROELÉTRICAS E NUCLEARES NO BRASIL

José Goldemberg

Reitor da Universidade de São Paulo

As considerações que farei neste Simpósio se baseiam na minha experiência como Presidente da Companhia Energética de São Paulo, uma empresa geradora de energia, que supre as necessidades de eletricidade do Estado de São Paulo com 30 milhões de habitantes. Essa empresa gera cerca de 9.000 MW em 18 usinas hidroelétricas construídas nos últimos 25 anos.

Minha experiência como Presidente dessa empresa durante 3 anos, permitiu entender os problemas decorrentes da produção, distribuição e uso de energia elétrica, e compará-los com problemas similares gerados pela geração de energia elétrica a partir de reatores nucleares.

Os problemas que a geração de energia elétrica por qualquer fonte, seja ela hidroelétrica, nuclear, carvão ou biomassa, envolvem não apenas aqueles de natureza tecnológica, mas três outras questões:

1. Segurança
2. Aceitação pela população
3. Custos

A questão da SEGURANÇA, particularmente no que se refere a usinas nucleares, tem sido amplamente discutida

Simpósio sobre Segurança Nuclear promovido pela Academia Brasileira de Ciências - Rio de Janeiro - 11/12 de agosto / 1986

após o acidente de Chernobyl. Por exemplo a baixa qualidade do projeto soviético tem sido criticada, uma vez que o edifício do reator não tinha paredes duplas ou triplas para impedir que, em caso de acidente, a radiotividade fosse liberada para a atmosfera. Sucede que as paredes de contenção não foram usadas pelos soviéticos exatamente porque acreditavam os seus técnicos que o projeto de Chernobyl o qualificava como um dos reatores mais seguros do mundo.

De acordo com Semenov que participou de forma significativa no projeto dos reatores do tipo de Chernobyl "The design feature of having more than 1000 individual primary circuits increases the safety of the reactor system - a serious loss-of-coolant accident is practically impossible"(A.K.Semenov, International Atomic Energy Agency, vol.25, nº2, p.47-59, June/1983).

Anteriormente não havia sido levantadas dúvidas sobre isso, mesmo porque diversos reatores americanos usados para fins militares são bastante parecidos com o de Chernobyl. O problema é outro e foi colocado com precisão por Robert Brenner, membro do NRC (Comissão de Segurança Nuclear dos Estados Unidos), da seguinte forma:

"Será que entendemos adequadamente o funcionamento dos reatores nucleares em uso no presente?"

Como se sabe, 30 a 50% dos acidentes nucleares se devem a erros humanos, e no caso de Chernobyl ele estava praticamente desligado (com 7% de sua potência máxima) no momento em que o aci

dente ocorreu.

O item segurança envolve, na realidade, dois problemas diferentes: o da falta de experiência em construção e operação de reatores - o que é compreensível, já que estão em uso há apenas duas ou três décadas - e o relativo aos custos adicionais decorrentes de investimentos necessários à própria segurança. Tais aspectos têm sido muito explorados pelos opositores da energia nuclear, cuja posição é alimentada pela arrogância dos entusiastas dessa tecnologia, para quem acidentes não podem nem devem acontecer. Trata-se, evidentemente, de uma postura irracional, porque, na verdade, o problema é conviver com os riscos da nova tecnologia e não minimizá-los.

Considerações similares podem ser feitas em relação a usinas hidroelétricas. A idéia de que elas sejam totalmente seguras, é equivocada e existem exemplos bem conhecidos de falhas em usinas deste tipo, que implicaram em grandes inundações de resultados catastróficos. No próprio Estado de São Paulo existe uma experiência recente que foi o desabamento da barragem da Usina Hidroelétrica de Euclides da Cunha, que ocorreu em 1977 devido a um erro de operação decorrente da má comunicação entre responsáveis pela abertura das comportas nas várias usinas do Rio Paranapanema, que não tinham entre si comunicações adequadas.

No dia 19 de janeiro de 1977, ocorreu, na região do Alto Rio Pardo, abrangendo o triângulo formado pelas Cidades de Caconde - São José do Rio Pardo - Mococa, uma chuva de gran-

de intensidade, que superou os 230 mm de precipitações em 24 horas, considerada a mais intensa chuva jamais registrada no planalto paulista. O centro dessa tempestade atingiu, diretamente, o pequeno reservatório de Euclides da Cunha, com 1 km² de superfície, contido por uma barragem de terra de 56 m de altura máxima, equipada com vertedouro para 2.040 m³/segundo.

O rápido enchimento do lago, acompanhado de uma série de desencontros de informações e de comandos, acarretou o transbordamento do reservatório e, após cerca de 7 horas, o rompimento da barragem. A onda de choque daí originada, propagou-se a uma velocidade de cerca de 20 km/hora, indo atingir 10 km abaixo o reservatório de Armando de Salles Oliveira, contido igualmente por uma barragem de terra de 35 m de altura máxima que, após transbordamento, rompeu-se 20 minutos mais tarde.

A questão seguinte a discutir é a da aceitação dos riscos decorrentes da operação, quer de usinas hidroelétricas quer de usinas nucleares. Os defensores da energia nuclear argumentam que acidentes rodoviários, ferroviários e aéreos matam milhares de pessoas por ano e que ninguém pensa seriamente em abandonar estes meios de transporte. Argumentam ainda que a indústria do carvão, desde a sua extração nas minas até o seu uso para gerar a eletricidade, é perigosa para os mineiros e para o público em geral, aumentando a poluição e as doenças respiratórias. Por que razão a população aceita estes riscos e não os inerentes aos reatores nucleares? Além disso, as indústrias químicas perigosas e poluidoras estão instaladas em grandes centros urbanos sem maio-

es resistências de parte da população. A resposta, em primeiro lugar, é que estes riscos não são aceitos pacificamente e que muitas indústrias químicas ou usinas geradoras de eletricidade que usam carvão (ou óleo combustível) já foram fechadas por serem inaceitáveis do ponto de vista ambiental.

Mesmo a aceitabilidade de usinas hidroelétricas, que era pacífica no passado, está encontrando dificuldades crescentes nas últimas décadas, porque a grande maioria das usinas hidroelétricas requer a inundação de áreas apreciáveis. A Tabela I mostra os kilowatts gerados por hectare (kw/ha) de reservatório num grande número de usinas hidroelétricas instaladas ou em construção no Brasil. Em particular, as usinas do Estado de São Paulo com suas características, são dadas na Tabela II. O que se pode verificar da análise dessas Tabelas, é que certas usinas como Itaipu geram mais de 80kw/ha, ao passo que usinas que envolvem baixas quedas requerem a inundação de grandes áreas como a de Balbina e Porto Primavera, onde a energia gerada é de cerca de menos de 10 kw/ha.

A inundação de grandes áreas dá origem a três problemas: em primeiro lugar a relocação das populações ribeirinhas, que resistem a essa relocação ou exigem compensação material adequada; a segunda é a necessidade do remanejamento de todo o sistema viário da região inundada que tem custos elevados; e a terceira são considerações de natureza ambiental, uma vez que a inundação de grandes áreas provoca a destruição da flora e da fauna de uma maneira que é considerada muito séria pelos ecolo

istas. Só para dar um exemplo, a usina de porto Primavera envolverá inundações de 2.250 km² (225.000 ha) para gerar 1.815.000 kw, enquanto que a usina de Balbina no Amazonas, exigirá a inundações de 12.000 ha para gerar apenas 250.000 kw. É evidente que se todas as áreas de inundações fossem tão grandes como em Balbina ou em Porto Primavera, o aproveitamento integral das reservas hidroelétricas brasileiras exigiria a inundações de áreas imensas, o que provavelmente seria inaceitável devido às várias considerações mencionadas acima.

No que se refere à aceitabilidade existe ainda o problema dos riscos voluntários e involuntários. Sob esse ponto de vista, usinas hidroelétricas e nucleares estão na mesma categoria, uma vez que os habitantes que vivem nas proximidades de usinas correm, evidentemente, riscos maiores dos que os que vivem em regiões mais afastadas. O acidente de Chernobyl mostrou que os riscos decorrentes de acidentes nucleares afetam áreas muito maiores do que possíveis acidentes em usinas hidroelétricas, que pela sua própria natureza são muito mais restritos no que se refere à área que podem afetar.

As radiações nucleares cruzam fronteiras e afetam não apenas os que estão próximos delas; são invisíveis e têm efeitos insidiosos como o de causar câncer, a mais temida doença do Século XX. Mineiros têm uma profissão arriscada por natureza, mas escolhem voluntariamente esta profissão, na qual, aliás, ganham três ou quatro vezes mais do que outros trabalhadores. Além disso, se houver um acidente numa mina, apenas eles morrerão e não suas famílias ou

população situada a dezenas de quilômetros de distância.

Os riscos aceitos por quem dirige na estrada ou viaja em aviões são voluntários. Quem os considerar muito elevados não é obrigado a aceitá-los, como ocorre com muitas pessoas. Já os riscos oriundos dos reatores nucleares ou de indústrias químicas perigosas são involuntários e populações inteiras podem ser vítimas deles, sem nenhuma possibilidade de defesa (como aconteceu com os cem mil ucranianos evacuados das imediações de Chernobyl).

Estudos aprofundados desta questão mostram que as pessoas em geral consideram aceitáveis riscos voluntários mil vezes maiores do que riscos involuntários. Nesta informação se encontra a origem da resistência à introdução de energia nuclear nos países democráticos.

Finalmente existe a questão dos custos. O que se diz usualmente é que o custo da energia nuclear é maior ou comparável ao da energia produzida do carvão e óleo combustível, e duas a três vezes maior que o custo da energia hidroelétrica. Há algum exagero nessa última afirmação, uma vez que os custos da energia hidroelétrica não devem se limitar apenas aos custos da obra, a rigor devem incluir todos os custos decorrentes da obra, incluindo o remanejamento das obras viárias e o custo das desapropriações. No Brasil estas questões têm sido minimizadas, ganhando grande importância quando se trata de construir obras hidroelétricas em regiões densamente populadas. Se todos os custos forem levados em consideração, vários aproveitamentos hidroelé-

tricos se tornam menos atraentes do que parecem em relação a aproveitamentos nucleares.

Essa questão se liga também à da segurança dos reatores nucleares, porque parece possível aumentá-la desde que se invista mais nesta área, o que redundará contudo em custos mais elevados, tornando-os ainda menos competitivos. Acreditam alguns que segurança é, no fundo, uma questão de dinheiro e que a tecnologia pode superar os riscos de acidentes como é o caso do transporte aéreo, onde eles são efetivamente pequenos. Outros são mais céticos em relação à essa questão e o que ocorreu em vários países do mundo após o acidente de Chernobyl, claramente se refletiu também no Brasil. Como é sabido após este acidente vários países adotaram em relação à energia nuclear uma posição que equivale a uma moratória: aceitar o que já existe e não iniciar a construção de novos reatores nucleares. Com isso, dentro de 15 ou 20 anos, a energia nuclear será abandonada, uma vez que os atuais reatores não serão substituídos por outros. Próximos desta posição estão os Estados Unidos, a Alemanha e a Itália. Na Suécia, na Austrália e na Holanda uma moratória já foi adotada. França e Japão são os únicos países do mundo ocidental que continuam comprometidos com a energia nuclear.

A posição do Brasil se aproxima à de uma moratória prudente mas não declarada: utilizar Angra I, concluir o que já foi iniciado e não iniciar nada além disto - o que significa completar Angra II e III na opinião de alguns e abandonar qualquer projeto adicional. Na opinião de outros, só Angra II deve ser

construída e Angra III deve ser adiada sine die. A ambigüidade usual do governo brasileiro em questões nucleares deixou esta dúvida no ar. A conclusão de Angra III representaria, contudo, mais quatro bilhões de dólares de dispêndios ou um aumento da dívida externa, o que parece difícil de fazer no momento. Aliás, as questões referentes ao custo elevado de energia, e não às referentes à aceitabilidade nuclear e sua pouca competitividade com fontes convencionais como energia hidroelétrica, são a causa principal do seu pouco sucesso no Brasil.

Mesmo só com Angra I em funcionamento e Angra II em obras, o que permanece é a necessidade de aumentar as medidas de segurança na região, incluindo planos eficientes para a evacuação daquela área em caso de acidente. A decisão do juiz da Comarca de Angra dos Reis proibindo a entrada em operação de Angra I antes que estas medidas sejam tomadas é por isso eminentemente razoável e deveria ser rapidamente aceita e cumprida pelas autoridades responsáveis.

Com essas medidas o Brasil não abandonaria a opção nuclear, tornando-se um observador informado e cauteloso do que acontece no mundo neste setor, o que parece ser uma atitude bem razoável.

Pode parecer estranho que num país como o Brasil que tem apenas um reator nuclear em funcionamento, e que tem em obras apenas um outro que é Angra II, e eventualmente Angra III, haja preocupações muito grandes com a segurança nuclear. O que parece ser um consenso dos analistas que trabalham na á-

rea de segurança nuclear, é de que a probabilidade de uma fusão do núcleo de um reator se situa num intervalo de 1/1000 a 1/10.000 reatores dano, com uma média situada em torno de 1/3.300. O que isto significa em termos estatísticos é que exista uma probabilidade de 45% de pelo menos um acidente grave nos próximos 20 anos e uma probabilidade de 10% de dois acidentes sérios nos próximos 20 anos. (Tabela III) Considerando os 300 reatores nucleares que existem no mundo, isso significaria um acidente nuclear sério a cada 10 anos e com riscos muito menores no Brasil. Este argumento, no entretanto, não é muito convincente porque devido ao estado atual das comunicações, os detalhes de um acidente nuclear e as aflições e preocupações decorrentes serão conhecidas imediatamente em todas as partes do mundo. O problema que a indústria nuclear enfrenta é portanto, um problema de ganhar a confiança da população no nível mundial e não apenas no nível regional.

Além disso existe uma variedade de outros acidentes com outras considerações que não foram levadas em conta nas análises estatísticas das quais decorrem as probabilidades de acidentes mencionadas acima.

Os estudos mais recentes que temos analisado, são os realizados pela NRC (Nuclear Regulatory Commission) e publicados em Julho/85, sob o título "Reassessment of the Technical Bases for Estimating Source terms", NUREG-0956.

Nesses estudos vários problemas não foram levados em conta, tais como:

- eventos internos (tais como choques térmicos, falhas nas garnições das bombas de resfriamento, falhas estruturais das tubulações de resfriamento, explosões internas do vaso do reator), e eventos: externos (tais como terremotos, sabotagens, entupimentos de tubos de descarga, etc).

Além disso, existem vários acidentes com reatores que podem dar origem a fenômenos que alterem a natureza do acidente, tais como: explosões de vapor, e ejecção de material fundido em alta velocidade do vaso do reator, explosões de hidrogênio, vulnerabilidade dos geradores de vapor.

Isso é natural numa área tecnológica em que ainda não existe experiência suficiente, e contribui para as inquietações que as pessoas têm em relação a essa nova tecnologia. Sob esse ponto de vista, num país como o Brasil que tem amplas opções energéticas para atender às suas necessidades, a energia nuclear deveria ser considerada não a primeira das opções, mas uma das últimas, isto é, a opção a ser utilizada, uma vez que estojam esgotadas as outras possibilidades de gerar energia. Além da hidroelétrica, há no país amplas oportunidades de geração termo elétrica, nas quantidades que serão necessárias no próximo século, a partir do carvão, do gás e da biomassa.

Como resultado da resistência das populações à construção de usinas hidroelétricas ou das dúvidas relativas aos riscos das usinas nucleares, a Comissão Constitucional que prepara um projeto de nova Constituição que deverá ser discutida no próximo ano aqui no Brasil, dá ao Estado a responsabilidade pe-

la proteção do meio ambiente e estabelece especificamente o disposto no artigo 2º: "No exercício destas atribuições e entre outras medidas, o Poder Público determinará a ação preventiva contra as calamidades, as limitações das atividades extrativas e predatórias bem como, a seu juízo, as interdições do uso do solo, a ocupação ou abandono temporário de imóveis, a sua edificação compulsória, e a subordinação de toda a política urbana à melhoria das condições ambientais."

Outras propostas prevêm a inclusão na Carta Constitucional da obrigatoriedade de todas as grandes obras públicas brasileiras serem precedidas por estudos aprofundados de impacto ambiental.

Finalmente na questão específica de energia nuclear e hidroelétrica, existem propostas de inclusão na Carta Constitucional de um dispositivo com a seguinte relação: "Dependem de decisão do Poder Legislativo competente a instalação de usinas nucleares bem como das hidroelétricas que venham a destruir cidades e a prévia ambientação ecológica que tenham implantado. É livre a captação de energia solar".

O racional dessa proposta é o de que só os representantes do povo poderão pesar os riscos e benefícios relativos da tecnologia nuclear ou de grandes obras hidroelétricas.

É através de uma discussão aprofundada destes tópicos na Assembléia Constituinte que se reunirá em 1987, que será escolhido o caminho que o país vai escolher entre as difíceis opções existentes na área energética.

Usinas constantes do plano 2000 (mar/82) ainda não construídas

TABELA I

Usina	Capacidade instalada (MW)	Rio	Área do Reservatório (ha)	KWh/a
1 Região Sudeste + Centro-Oeste (L. 11.073/81)				
Posto Primavera	1.800.000	Paraná	213.973	8.41
Taquarucu	500.000	Parapanema	10.533	47,48
Ruzana	370.000	Parapanema	22.000	14,55
Três Irmãos	640.000	Tietê	75.170	8,52
Ilva Ponte	510.000	Araguari	44.300	11,51
Manso	210.000	Manso	38.210	5,42
Columbá	350.000	Columbá	11.000	31,82
Miranda	422.000	Araguari	6.200	68,06
Combiara (2)	480.000	Tocantins	10.050	47,76
Serra da Mesa (2)	1.200.000	Tocantins	118.270	6,73
Igarapava	200.000	Grande	5.200	38,45
Capim Branco	624.000	Araguari	13.100	47,63
Canos	300.000	Parapanema	9.550	30,43
Amorés	400.000	Doce	2.600	153,85
P. Nacional	1.000.000	Tocantins	116.000	5,68
Fumil (3)	164.000	Grande	3.200	43,16
Fornoso (3)	300.000	S. Francisco	30.150	8,95
Inferno (3)	50.000	Doce	67.200	0,74
Resplendor (3)	264.000	Doce	1.800	146,67
Baguari	157.000	Doce	4.900	32,04
Subiagi (3)	77.000	Parabuna	1.000	77,07
Gnhêis (3)	162.000	Doce	5.300	30,57
Bica Grande (3)	258.000	S. Francisco	34.000	6,79
Paulistas (3)	125.000	São Marcos	16.110	7,76
Bocaina (4)	200.000	Paranaíba	33.200	6,02
Total Região	10.173.000		1.018.730	10,52
2 Região Sul				
Segredo	1.200.000 (5)	Iguacu	8.200	152,73
Mia Grande	2.170.000	Pojuá	375.170	5,33
D. Francisca	124.000	Jacui	2.000	62,00
Machadinho	1.200.000	Uruguai	26.200	45,80
Salto Carles	1.050.000	Iguacu	12.400	80,65
Itá	1.500.000	Uruguai	13.250	108,37
Campos Novos (3)	561.000	Canoinhas	15.000	366,67
Itapiranga (3)	935.000	Uruguai	13.900	67,81
Barra Grande (3)	609.000	Petropolis	11.000	55,36
Itai (3)	1.116.000	Uruguai	24.000	46,50
Capitães (3)	1.200.000	Iguacu	9.200	131,97
São Roque (3)	256.000	Canoinhas	32.000	7,91
Garabi (4) (6)	1.800.000	Uruguai	60.000	27,50
Total Região	13.562.000		606.700	22,78
3 Região Nordeste				
Itapicica	2.500.000 (5)	S. Francisco	63.000	29,91
Pedra do Cavalo	600.000 (5)	Passoqueto	16.000	36,74
Xingó	5.000.000 (5)	S. Francisco	8.000	180,74
Pão de Açúcar (3)	330.000	S. Francisco	3.200	103,13
Total Região	8.430.000		111.500	75,59
4 Região Norte				
Santa Isabel (3)	2.100.000	Araguari	363.200	5,47
4.1 Para atendimento a sistemas isolados				
Bolívia	250.000	Uruguai	112.000	2,73
Santual	217.000	Jacui	64.500	3,36
Avul (4)	28.000	Avul	1.000	28,00
Cachoeira Preta	150.000	Imbitabas	67.000	11,19
Ji Paranaíba (4)	508.000	Ji Paranaíba	160.000	6,00
Total Região	3.913.000		756.200	5,39

Usinas constantes do Plano 2000 e que já estão com reservatórios concluídos

Usina/Rio	Capacidade Instalada (MW)	Área do Reservatório (ha)	KWh/a
Embocaraçu/Paranaíba	1.000	47.300	21,14
M. Avanhandava/Tietê	300	21.900	13,85
Itaipu/Paraná	12.600	137.000	93,35
Tucuruí/Tocantins	7.260	267.400	29,95

Tabela II

SIN-IS	LOCALIZAÇÃO (rio e Estado)	AREA INUNDADA (ha)	POTENCIA INSTALADA (kw)	KW/ha	DATA ENTRADA
Alto Grande	Rio Paranapanema (SP/PR)	1 220	17 595	14.5	31.05.58
Lucides da Cunha	Rio Pardo (SP)	150	27 200	183	07.12.60 (recons.) 01.04.79
Arra Bonita	Rio Tietê (SP)	32 900	35 190	1.1	20.05.63
Beconde	Rio Pardo (SP)	3 090	40 200	13	22.08.66
Upiá	Rio Paraná (SP/MS)	33 000	1 411 200	43	14.04.69
Cha Soiteira	Rio Paraná (SP/MS)	123 100	3 230 000	26	18.07.73
Apivara	Rio Paranapanema (SP/PR)	55 800	640 000	11.5	10.03.77
João Vermelha	Rio Grande (SP/MG)	65 000	1 380 000	21	22.08.78
Este Primavera	Rio Paraná (SP/MS)	225 000	1 815 000	8.1	1991 (?)