

GRANDES PROJETOS, TECNOLOGIA E QUESTÃO AMBIENTAL:  
CARAJÁS E ENERGIA NUCLEAR

Maria Célia Nunes Coelho (UFRJ)

Raymundo Garcia Cota (IURJ)

ABSTRACT

The desire of growth aiming at international economic integration and the need of adjustment to energy crisis as well as world economic difficulties have constituted a stimulus to investments in big projects such as Nuclear Energy Project and that of Carajás. In addition to an expanding of foreign debt so preventing sovereign national development, the installation of big projects represents a threat to large sectors of the population and space, through exploitation of resources. Considering the lack of previous studies of environmental impacts plus scientific knowledge to back such projects, this work purports to (1) briefly expose Carajás and Nuclear programs; (2) raise conceptual issues as well as possible consequences for the country. Main points will be summarised and certain criteria for a technological evaluation will be examined.

INTRODUÇÃO

As questões aqui discutidas dizem respeito às estreitas relações entre desenvolvimento capitalista, tecnologia e degradação do meio-ambiente já amplamente ressaltadas por vários autores. Os debates a cerca do papel da tecnologia no processo de acumulação têm como ponto de partida a visão da tecnologia como forma de dominação e meio de lucratividade. Neste caso, cabe a colocação de Benakouche: "A tecnologia é definida como sendo um processo onde o resultado é a criação do valor"<sup>1</sup>, descartando assim a tese sobre a neutralidade da tecnologia. O referido autor analisa o fato de que, tendo como finalidade máxima o lucro, a tecnologia aplicada à produção acarreta efeitos sobre o fator trabalho e sobre o meio-ambiente. No caso dos efeitos ambientais, apoia-se na certeza de que "a acumulação do capital é acompanhada simultaneamente de uma desacumulação do capital natureza"<sup>2</sup>. Isto conduz a um raciocínio sobre a inconciliação entre a racionalidade utilitária e mercantilista e a manutenção do equilíbrio ambiental, ou seja, a ampliação da exploração dos recursos naturais não ocorre sem que isto acarrete riscos para o meio-ambiente.

- 
1. BENAKOUCHE, R. - A Tecnologia enquanto Forma de Acumulação. Economia & Desenvolvimento. São Paulo, Ed. Cortez, Ano I, nº 2, 1982, p. 12.
  2. Idem. Ibidem.

Na mesma linha de raciocínio pode também ser citado o artigo de Robert Samohyl, onde o autor se utiliza da lei e entropia da Física para demonstrar que a transformação dos insumos em produtos não se verifica sem que haja perdas ou aparecimento de rejeitos. Os produtos originados desse processo de transformação, depois de um certo tempo, apresentam-se sob a forma de lixo, o qual nem sempre pode ser reciclado. Segundo o autor, "isto significa que a tentativa de acabar com a poluição e manter, ao mesmo tempo, a taxa de uso dos recursos não-renováveis não pode ser bem sucedida. Recursos naturais que saem do chão e entram no processo econômico inevitavelmente viram rejeito de alta entropia (poluição) e nenhum avanço tecnológico pode mudar este fato"<sup>3</sup>.

De um lado, as discussões acerca do crescimento exponencial da população e do consumo dos recursos naturais e a impossibilidade de ajuste pelas leis de mercado, na mesma medida, dão margem às previsões pessimistas e irremediáveis, fundamentadas no determinismo econômico, tecnológico e ecológico. De outro lado, elas representam estímulos ao desenvolvimento de relações baseadas em propostas tecnológicas alternativas que, necessariamente, teriam de ser menos agressivas ao meio-ambiente.

A busca do lucro leva a tecnologia a participar ativamente da produção de impactos negativos e da destruição de ecossistemas, tornando-se imperioso o desenvolvimento de tecnologias alternativas, que levem em conta aspectos de natureza ecológica, sócio-moral e política.

Guerreiro Ramos define tecnologia como um "conjunto de instrumentos, utensílios, meios e objetos materiais, mediante os quais o homem se assenhoreia das forças da natureza e as utiliza, bem como modifica as circunstâncias e cria um ambiente mais propício à satisfação de suas necessidades e objetivos"<sup>4</sup>. Tomando-se como base essa definição de tecnologia e a de ecossistema como um sistema de fatores em equilíbrio, conclui-se que a produção de uma tecnologia alternativa deve preocupar-se com a preservação<sup>5</sup> de ecossistemas. Terá de considerar questões como para que e para quem as forças da natureza são apropriadas e alteradas. O que está por trás dessas perguntas é a lógica a ser obedecida, a qual se associa necessariamente aos resultados.

O que se pretende com a tecnologia alternativa é uma outra abordagem para a questão tecnológica, diferente da oferecida pela teoria do mercado e fundamentada numa nova postura ética. Para a economia de

3. SAMOHYL, R.W. Acumulação do Capital e Desacumulação do Meio-Ambiente. Economia & Desenvolvimento. São Paulo, Ed. Cortez, Ano I, nº 2, 1982, p. 101.

4. RAMOS, A.G. Administração e Estratégia de Desenvolvimento, Rio de Janeiro, FGV, 1966, p. 99.

5. Fala-se de preservação em sentido amplo. Pode tratar-se de evitar uma destruição, como de impedir o uso irracional de recursos naturais.

mercado é bom o que é útil. A esta visão contrapõe-se uma outra, fundamentada em valores mais profundos, de que é bom o que é verdadeiro. É bom não porque aumenta o lucro das empresas, e sim porque é bom para o povo brasileiro e para a humanidade de hoje e de amanhã.

Um dos pontos de partida para esta discussão é que toda ação humana acarreta consequências cósmicas. Um simples movimento do corpo provoca deslocamento de ar e envolve queima de energia que deve ser retirada de alguma parte do universo, transformando-o de alguma maneira.

As glaciações são exemplos de mudanças ambientais inevitáveis a que os habitantes do planeta tiveram de adaptar-se. Este não é o caso dos projetos realizados pela mão do homem, cujos riscos são previsíveis, avaliáveis e calculáveis.

Em se tratando de programas de porte daqueles a serem analisados neste trabalho, as consequências são bem maiores. Os programas Nuclear e Carajás juntos representam o valor atual da dívida externa - cerca de cem bilhões de dólares. Refletem uma ideologia de poder, demonstrando que o sonho de Brasil grande, de potência emergente, permaneceu na mente dos governantes por muito tempo, mesmo após a euforia do milagre brasileiro. Ambos os programas foram decididos em reuniões fechadas da cúpula do poder, sem qualquer participação popular.

Discutir tais programas, já agora em outro contexto político, é um ato de soberania e sobrevivência do povo brasileiro. A população de verá decidir se deseja arcar com seus custos, ou se prefere optar por programas alternativos.

Ninguém duvida que o Brasil necessitará produzir mais energia elétrica, explorar seus recursos naturais. A questão é da oportunidade, custos e consequências. E esta é uma decisão política, e não técnica. Se a população decidir extrair energia do carvão, do xisto, dos ventos ou do sol - que arque com os custos e consequências - contanto que lhe sejam mostradas as alternativas.

Como substituir uma tecnologia de impactos ecológicos e sociais nocivos por outra tecnologia com a capacidade de ampliar oportunidades de trabalho humano e com efeitos ambientais relativamente brandos, sem afetar os lucros? A resposta a esta questão tem sido a de que os formuladores de tecnologia alternativa não desprezem a eficiência econômica para não inviabilizar a nova proposta. Dickson somente vislumbra a possibilidade, utilidade e viabilidade de uma tecnologia alternativa se precedida ou acompanhada de um projeto político alternativo<sup>6</sup>. Neste caso, a questão de como produzir e a partir de que insumos (renováveis ou não-renováveis), bem como a que custo passa a ser uma questão mais política que econômica. Trata-se de estabelecer uma nova lógica político-econômica diferente da quella do mercado e de seu determinismo social e ambiental.

6. DICKSON, D. The Politics of Alternative Technology. New York, Universe Books, 1975.

Após essas reflexões teóricas, resumiremos os principais pontos dos dois programas e ofereceremos alguns critérios de avaliação. Sendo o contribuinte brasileiro quem paga, em última análise, pelas decisões governamentais, é uma tentativa de fornecer-lhe algum instrumental de julgamento dos investimentos públicos, com certo grau de objetividade.

## OS PROGRAMAS

### PROGRAMA GRANDE CARAJÁS

Entre 1977 e 1979, a Companhia Vale do Rio Doce procurava uma maneira de viabilizar seu projeto de ferro localizado na Serra dos Carajás, município de Marabá (PA). A Companhia Meridional de Mineração, subsidiária da United States Steel Corporation, retirara-se do consórcio estabelecido entre ambas em 1970, sob a denominação de Amazônia Mineração S.A. - AMZA. Fracassara a iniciativa da CVRD de atrair outros parceiros para o empreendimento. Os japoneses aceitavam participar de todos os outros projetos, menos o de ferro.

Pesquisas posteriores à descoberta do ferro de Carajás, em 1967, revelaram a existência de uma verdadeira província mineral nos dez mil hectares pesquisados. Foram encontrados, além do ferro (18 bilhões ton.), manganês (60 milhões ton.), cobre (1,2 bilhões ton.), níquel, bauxita, ouro, estanho e tungstênio.

A região é ainda rica em madeira, terra agricultável, potencial hídrico, rios navegáveis. Enquanto pesquisavam os minérios da região, os técnicos da CVRD recolhiam todos esses dados, para apresentá-los ao Governo Federal, sob a forma de um projeto preliminar, em janeiro de 1980. A CVRD chamou esse projeto de Metal Amazon, porém ficou mais conhecido como Carajazão.

O documento da CVRD (Amazônia Oriental - Um Projeto Nacional de Exportação) não mais se referia apenas à Província Mineral de Carajás, e sim a toda a Amazônia Oriental. Abrangia a área limitada pelos rios Amazonas, Xingú, Parnaíba e acima do paralelo 8<sup>o</sup>, dentro dos Estados do Pará, Goiás e Maranhão. Representa 10,6% do território brasileiro e conta com uma população superior a sete milhões de habitantes - cerca de 6% do total nacional.

O primeiro documento da CVRD é muito ambicioso em suas propostas, prevendo "a mobilização industrial em escala planetária"<sup>7</sup> de todos os minérios acima mencionados, energia elétrica, riqueza florestal. Os projetos minero-metalúrgicos foram estimados, na época, em US\$ 28,1 bilhões. Nesses investimentos não se incluía o Projeto Ferro-Carajás (3,365 bilhões) a ser desenvolvido pela CVRD.

---

7. CVRD Amazônia Oriental - Um Projeto Nacional de Exportação. Rio de Janeiro, 1980, p. 3.

Foram encomendados estudos adicionais à Internacional de Engenharia S.A., que ampliaram e corrigiram os cálculos iniciais. As novas informações consolidaram em US\$ 61,7 bilhões o total dos projetos: US\$ 39,2 bilhões em investimentos produtivos e US\$ 22,5 bilhões em infraestrutura. Esta seria totalmente bancada pelo Governo Federal e os projetos produtivos seriam maciçamente incentivados. O documento da IESA também esclarecia sobre os benefícios da empreitada. Esta seria responsável pela elevação das exportações brasileiras em US\$ 17 bilhões anuais.

Foi nessas informações que se baseou o Governo Federal para lançar oficialmente o Programa Grande Carajás, em novembro de 1980, beneficiando a Amazônia Oriental com um pacote de incentivos fiscais e monetários e dotando-a de infraestrutura, como a hidrelétrica e eclusas de Tucuruí (PA), ferrovia e rodovias.

Uma das primeiras instituições a pronunciar-se oficialmente sobre o PGC foi o Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, em documento assinado por seu presidente. O Clube de Engenharia declarava insuficientes os estudos para as recomendações que se faziam. Considerava indesejável a colocação do aproveitamento dos recursos da região exclusivamente calca do num programa exportador, principalmente de minérios brutos e/ou de beneficiamento primário. O Clube de Engenharia ressaltava a indefinição do País quanto a uma política industrial, quer quanto ao perfil, quer quanto à localização territorial das indústrias... "com as nefastas consequências da poluição geral do meio-ambiente e do crescimento urbano explosivo das áreas metropolitanas, agravado por uma política agrícola de mercado interno"<sup>8</sup>. As recomendações do documento são de um projeto alternativo de utilização do mercado interno, de redimensionamento dos projetos, mudança de escala e de tecnologia para aproveitamento intensivo da mão-de-obra e participação efetiva do homem no uso da terra e nos resultados da produção.

Várias outras instituições se pronunciaram quanto ao PGC. Os questionamentos abrangiam desde a concepção exportadora ao gigantismo da mesma, da viabilidade às formas de financiamento, do mérito dos incentivos à constitucionalidade da legislação que criou o PGC.

Um dos aspectos enfocados é a pouca sensibilidade do programa quanto aos cuidados com o meio-ambiente, o que será tratado na terceira parte deste trabalho.

O PGC provou-se inviável dentro das concepções originais. Os projetos em andamento tiveram que adaptar seus cronogramas às circunstâncias econômicas do País. Além dos projetos já mencionados de ferro (CVRD), da hidrelétrica (Eletronorte) e das eclusas (Portobrás), existem os projetos de alumínio da Albrás/Alunorte (Barcarena-PA) e da Alcoa (São

8. CLUBE DE ENGENHARIA DO RJ. Relatório sobre o Projeto Carajás. Rio de Janeiro, 1981, p. 3.

Luis-MA). Tanto o projeto de silício metálico da Camargo Corrêa a ser implantado em Tucuruí quanto os projetos agropecuários das empreiteiras das obras públicas permanecem apenas no papel.

#### PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO

O interesse pela energia nuclear, no Brasil, efetivou-se a partir da criação de instituições destinadas, direta e indiretamente, a estimular a pesquisa no campo da energia nuclear e sua posterior utilização - implantação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (1949), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (1951), do Instituto de Pesquisas Radioativas (1953), da Comissão Nacional de Energia Nuclear e do Instituto de Energia Atômica (1956).

As dificuldades apresentadas, desde o início, pelos países detentores de tecnologia de combustível em transferi-la para outros países, como o Brasil, impunha a necessidade de um esforço próprio de desenvolvimento e autonomia. Demonstram isso as tentativas, sem sucesso, de aquisição da tecnologia de enriquecimento de urânio por ultracentrífugas desenvolvida na Alemanha e a instalação do reator de pesquisa do programa Átomos para a Paz, do Presidente Eisenhower dos Estados Unidos, em São Paulo, que impedia o estudo ao ciclo do combustível nuclear.

Na década de 60, alguns esforços no sentido do domínio da tecnologia do combustível foram realizados e o exemplo mais destacado é o do Grupo de Trabalho do Tório. Este grupo foi criado em 1965, no Instituto de Pesquisas Radioativas de Belo Horizonte, com a finalidade de construir, no País, um reator comercial de grande potência, com a experiência adquirida pela construção inicial de um protótipo de 30.000 kw.

Entretanto, foi abandonada esta linha de reatores de urânio natural à água pesada, que caracterizava a iniciativa supra citada. Em 1969, no Governo Costa e Silva, considerada ambiciosa a tentativa nacional de dominar a tecnologia nuclear, foi comprado o reator nuclear de potência da firma americana Westinghouse, denominado Angra dos Reis I. Segundo alguns especialistas, tal reator não cumpria as finalidades de desenvolvimento tecnológico próprio. Os planos futuros de racionalização progressiva da tecnologia então adotada eram vagos, permitindo o risco de total dependência externa no suprimento de combustível nuclear.

A inserção do Brasil na economia mundial, seu posicionamento de independência pragmática em relação aos demais países do Terceiro Mundo, a crise energética suscitada pelos choques do petróleo a partir de 1973, são alguns fatores que, adicionados ao desejo de crescimento interno, motivaram o Acordo Brasil-Alemanha.

Assinado em 1975, o Acordo Brasil-Alemanha foi posto em execução no Governo Federal. O Programa Nuclear, desenvolvido a partir de então, contava com a Comissão Nacional de Energia Nuclear como órgão regulador e licenciador; com a Nuclebrás empresa holding do setor nuclear e com a Eletrobrás, empresa holding do setor elétrico.

Além da exclusão dos cientistas brasileiros e da sociedade civil das discussões antecedentes e sequentes ao Acordo, entre as principais críticas feitas ao mesmo encontra-se ameaça à dependência externa de combustível ligada à questão do enriquecimento do urânio. Os cientistas brasileiros faziam objeção a esse caminho único que apontava a tecnologia de jato-centrífugo em desenvolvimento na Alemanha, cujas dificuldades de industrialização ainda não foram superadas técnica e economicamente.

A avaliação das potencialidades energéticas brasileiras, associada às incertezas sobre o aumento da demanda de eletricidade foi também objeto de grande questionamento. Baseado na escassez de energia prevista para o fim do século (1995), o acordo fundamentava-se na estimativa das reservas hidrelétricas em 150.000 mw e na taxa histórica de crescimento anual da eletricidade na ordem de 10%. Em 1980, a Eletrobrás revelou o resultado de estudos que reavaliavam as disponibilidades hidráulicas brasileiras economicamente aproveitáveis em 213.000 mw e as taxas de crescimento do consumo em 6%. Segundo esses novos valores, a hidroeletricidade disponível será suficiente para atender ao consumo previsto até o ano 2020. O governo da época passou então a assumir que as instalações de usinas nucleares não obedeciam a critérios energéticos, e sim de transferência e absorção de tecnologia.

Os efeitos da radioatividade no ecossistema local e nas regiões próximas permaneceram motivo de grandes preocupações. Estas se encontram presentes nos debates sobre as questões de localização das centrais nucleares, de segurança dos reatores, de gerenciamento e destinação dos rejeitos de alta radioatividade - questões ainda não resolvidas satisfatoriamente no Brasil nem em parte alguma do mundo.

Contribuíram para revisões e recentes reformulações no PNB e em sua estrutura administrativa, além das objeções anteriormente citadas, críticas específicas aos altos custos de construção das centrais nucleares, ao cronograma de execução (instalação de oito reatores de 1.300 mw em 15 anos) e a reduzida participação da indústria nacional, principalmente do setor de fabricação de componentes eletro-mecânicos. Não resta dúvida, entretanto, quanto à pressão exercida, neste sentido, pela crise financeira internacional, pelo desequilíbrio da balança de pagamentos, pela inflação interna e dívida externa crescentes e ainda pela oposição da opinião pública.

A Sociedade Brasileira de Física e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, entre outras, destacam-se por reiteradas críticas que tem auxiliado a superar muitos erros cometidos pelo PNB. A Sociedade Brasileira de Física, juntamente com outros setores da sociedade civil e até mesmo com a Asociación Física Argentina vem pronunciando-se contra a produção de armas nucleares, objeto de polêmica nos dois países.

## CRITÉRIOS PARA UMA TECNOLOGIA ALTERNATIVA

A primeira questão a ser formulada é: por que critérios?<sup>9</sup> Por que uma discussão da variável tecnológica pode derramar luzes sobre um angulo que certamente escapou aos planejadores dos programas analisados. Por que houve uma escolha ideológica de tecnologia. Nos dois casos, o exame da tecnologia assume maior vulto por tratar-se de um ambiente desconhecido (Amazônia) e de um campo científico ainda não dominado (energia pela fissão nuclear).

A ciência ensina que existe mais de uma maneira de ferver água numa panela: sem tampa, com tampa comum ou com tampa de pressão. Existe assim uma tecnologia própria, apropriada, adequada ou alternativa para fazer as coisas.

Na escolha da tecnologia do PGC e PNB, houve um critério, bastando perguntar a que e a quem serve o instrumental selecionado: ao mercado. Do ponto de vista do mercado, uma tecnologia é apropriada quando produtores e consumidores concordam com um denominador comum, expresso em preços, como vantajoso para ambos.

Dentro dessa ideologia, o mercado é o ponto de encontro onde os produtores procuram satisfazer aos desejos, necessidades e objetivos dos consumidores, através de preços que estes últimos consideram adequados, dentro de uma escala de preferência relativas. Desta forma, tanto exaustão de recursos como degradação ambiental são resolvidos através do mecanismo de preços. Uma escassez de um recurso eleva seus preços, forçando a reciclagem através de novas técnicas, a descoberta de outras fontes de abastecimento e a busca de sucedâneos. No fundo, degradação ambiental não passa de um problema de externalidades, a ser negociado entre os dois agentes do mercado, que estabelecem um valor de recompensas para as vítimas da calamidade (consumidores). Um aumento desse valor levará os pagantes (produtores) a abandonar tal tecnologia.

Os critérios aqui estabelecidos são arbitrários no sentido de que foram escolhidos dentro de uma linha de raciocínio. Tentarão responder ao questionamento inicial: a que e a quem serve uma tecnologia. No entender dos autores do presente trabalho, o PGC e o PNB deveriam servir ao povo brasileiro. Desta forma, a tecnologia mais adequada deveria ser aquela que mais servisse a esse povo em todos os seus aspectos, pois não existe tecnologia apropriada em sentido absoluto. Ela se insere num contexto social, provocando um processo social determinado. Outro analista escolheria outros critérios, de acordo com seu quadro de referência. A escolha de uma tecnologia é ideológica, pois ciência e tecnologia legi-

9. Estes critérios foram estabelecidos por Belmiro Valverde J. Castor, em sua Tese de Doutorado em Administração Pública, cujo resumo aparece na Revista de Administração Pública da Universidade de São Paulo, vol. 18, 2, São Paulo, abril-junho de 1983.



timam o controle social, o controle do poder. São essas as considerações que balisam os critérios estabelecidos para avaliar as tecnologias do PGC e do PNB, a seguir: a) eficiência econômica, b) escala; c) simplicidade; d) densidade de capital e trabalho; e) agressividade ambiental; f) demanda de recursos finitos; g) autotocnia.

#### a) Eficiência Econômica

O analista não pode furtar-se a criticar (leia-se julgar) conceitos, mesmo os consagrados. A noção de eficiência é uma dessas conceituações questionáveis. Sua definição é: capacidade de agir e produzir eficazmente (atingindo um fim), com um mínimo de esforço ou resíduo; capacidade de exibir uma alta relação entre produto e insumo. Eficiência diz respeito a menor custo de produção.

Uma comparação que já se tornou clássica é aquela entre o agricultor norte-americano e o indiano. Aquele produz três vezes mais por área plantada que este, porém gasta dez vezes mais por área plantada que este. Num planeta de recursos finitos, a Índia é mais eficiente.

A busca da eficiência não autoriza os planejadores e implementadores do PGC a destruir o cenário amazônico, e sim a buscarem uma tecnologia que harmonize eficiência e respeito com o meio-ambiente.

As características do PNB não atendem ao conceito de eficiência econômica, tendo-se mesmo revelado anti-econômica a construção das centrais nucleares. O PNB perdeu qualquer sentido de economicidade, diante do elevado potencial hidrelétrico disponível e dos preços mais reduzidos da energia elétrica. O kilowatt elétrico custa 1.000 dólares enquanto o kilowatt nuclear não custa menos que 2.500 a 3.000 dólares. Segundo alguns especialistas, até o ano 2013 haverá energia hidroelétrica e termoelétrica a carvão - a custos inferiores àqueles da energia nuclear. Apesar de reconhecer a incompetitividade da energia nuclear até aquela data, o Governo decidiu subsidiá-la, alegando importância estratégica e arriscando sérias repercussões a uma economia já enfraquecida por elevada inflação.

#### b) Escala

Este critério diz respeito ao tamanho ótimo de um projeto, levando em conta o funcionamento de uma tecnologia e as finalidades de seu uso. Não existe valorização ou preferências pela pequena escala, mas uma necessidade de respeito pelo ambiente físico e humano que cerca um empreendimento.

A grande escala foi a concepção dominante do PGC. No caso da hidroelétrica de Tucuruí, escolheu-se exatamente o maior represamento para servir aos projetos de alumínio (mercado), e não à população (investimento social). A grande escala é também a sugestão para os projetos agro-silvo-pastoris - módulos de 10 mil hectares e investimentos de US\$

3,5 milhões. Certamente existem milhares de soluções alternativas e intermediárias, bastando que se dialogue com os empresários, a comunidade científica e o povo da região.

O PNB é um caso típico de megalomania. O mesmo pode ser dito de todo o programa energético atrelado à Eletrobrás, que impede qualquer iniciativa de mini represamentos para atender as pequenas comunidades.

O caráter de grande projeto desse programa revela-se, quer pelo vulto de inversão financeira requerida, quer por porte ambicioso que o tem caracterizado.

Por ocasião da assinatura (1975), o Acordo Brasil-Alemanha foi orçado em US\$ 30 bilhões e previa a instalação de oito reatores nucleares PWR até 1990. Essa previsão subiu, posteriormente, para cerca de sessenta reatores até o ano 2000. Entretanto, a crise financeira internacional e nacional, aliada à elevada disponibilidade do potencial hidroe-létrico brasileiro, acabou por provocar alterações no prazo de execução do PNB. Recentemente, o Governo tomou a decisão de que a energia nuclear fosse introduzida no Brasil à medida que fosse necessária. Caminha-se, portanto, em direção de um consenso de que, concluídas Angra II e Angra III, construções de outras centrais nucleares somente serão iniciadas após 1990, quando a economia mostrar evidência de recuperação. Todavia, o retorno a um investimento de grande escala ficará condicionado ao momento político, à real necessidade de energia nuclear para responder competitivamente à demanda por energia elétrica.

### c) Simplicidade

Quanto mais simples, mais apropriada a tecnologia, no sentido de fácil aprendizado e utilização. Isto não impede que tenha tido uma elaboração anterior sofisticada, contanto que não diminua sua eficácia, limite seus benefícios e a torne ininteligível. Por exemplo, a utilização de balões para retirar madeira da floresta amazônica é mais simples que a tecnologia de helicópteros. A modernização agrícola sugerida no PGC pode levar a um alto grau de desperdício de fertilizantes e defensivos por falta de treinamento do pessoal. O uso de adubo orgânico é uma tecnologia bem mais simples e barata.

Certamente a fissão nuclear não é das formas mais simples de produzir energia, pois não se encontra entre as tecnologias já dominadas como petróleo, energia hidráulica, carvão e agroenergia. Quanto a esta última, o Brasil já domina a técnica de obtenção do álcool para fins carburantes e tem obtido progresso no projeto de produção e aproveitamento nacional do álcool como combustível automotivo. Na luta pela independência energética brasileira, não é suficiente buscar a tecnologia mais avançada, e sim a que mais atenda às necessidades reais da sociedade, a qual deve ser prioritariamente enfatizada.

#### d) Densidade de Capital e Trabalho

A tecnologia é tanto mais apropriada quanto mais utiliza o recurso mais abundante, capital ou trabalho. Como este último é o mais abundante na área do PGC, será mais adequada a tecnologia que utilizá-lo intensivamente. Entretanto, tudo indica que o PGC tende a repetir o descalabro dos projetos maciçamente incentivados, onde o capital barato leva naturalmente à sua intensificação. Certamente uma avaliação criteriosa conduziria a combinações inteligentes entre máquina e homem.

Segundo um levantamento do IBASE<sup>10</sup>, os grandes projetos energéticos gerarão uma média de 197.000 empregos, entre diretos e indiretos, na fase de implantação, correspondendo a uma relação capital/mão-de-obra de US\$ 77.000. Dentre eles, o PNB se destaca como o projeto mais caro e de capital mais intensivo. Este programa apresenta uma capacidade total de emprego de 45.000, custando cada um US\$ 800.000, contra o custo de US\$ 311.111 de Tucuruí, US\$ 67.000 de Itaipu e US\$ 9.167 do Pró-Álcool.

Por outro lado, tomando por base o fato de que a conjuntura econômica nacional exige projetos intensivos de mão-de-obra, de custo menos elevado e de baixo índice de importação de capital e tecnologia, a análise dos dados do IBASE leva a concluir ser o Pró-Álcool o que mais atende às características requeridas. Trata-se do único programa de financiamento privado - enquanto os demais são essencialmente estatais - e o de maior absorção de mão-de-obra (1.200.000). Encontra-se entre os projetos que menos necessitam de importação (US\$ 2.650.000 de importações diretas e indiretas, contra US\$ 24.000.000 do PNB). Apresenta um percentual de 100% de utilização de tecnologia nacional contra 100% de tecnologia importada do PNB<sup>11</sup>.

#### e) Demanda de Recursos Finitos

Quanto mais parcimoniosa na utilização de recursos finitos e quanto mais baseada em fluxos renováveis de recursos, tanto mais apropriada a tecnologia. Tais reflexões se dirigem aos defensores dos projetos de exportação in natura do PGC, sob a justificativa de que tais recursos são abundantes e geram divisas. Numa região rica em hidrovias, as soluções rodoviárias e ferroviárias necessitam de maiores argumentos, pois estas últimas utilizam combustível importado, em grande parte.

Tal como o petróleo, o urânio, combustível básico das centrais nucleares, é também uma matéria prima não renovável e de uso em tempo limitado. Daí a preocupação com o desenvolvimento de outras formas, como reatores regeneradores, aproveitando o plutônio, possibilitando alargar o prazo de utilização da energia nuclear, embora em discutíveis condições de segurança.

10. INSTITUTO BRASILEIRO DE ANÁLISES SOCIAIS E ECONÔMICAS (IBASE). Grandes Projetos, Rio de Janeiro, março de 1982.

11. Os autores se referem à concepção original do Pró-Álcool, sem considerar sua implementação posterior que inclui riscos como o da expansão da lavoura canavieira em detrimento da lavoura alimentícia e da aceleração das tendências nacionais de concentração de terras e proletarização de pequenos produtores com o fortalecimento dos grandes produtores.

No Brasil, segundo dados apresentados por David Simon. (1975)<sup>12</sup>, as reservas de urânio atingiam apenas 11.000 toneladas (4.000 asseguradas mais 7.000 estimadas), nível insuficiente para atender à demanda de apenas duas das oito usinas incluídas no Acordo Nuclear. A intensificação de prospecção e pesquisa de urânio elevou, em sete anos, nossas reservas de urânio para 147.000 toneladas em 1981, valor compatível para a instalação de 27 unidades de 1.300 mw. Mesmo que as reservas hoje estimadas cresçam ainda mais, com a continuidade das pesquisas, a energia nuclear não pode ser vista como solução única e definitiva. A esgotabilidade do recurso urânio impõe um esforço na direção da diversificação das fontes de suprimento de energia.

#### f) Autoctonia

Uma tecnologia precisa de certo grau de auto-sustentação, de dependência de soluções locais. Faz parte do amadurecimento de um povo o grau em que deseja participar da divisão internacional do trabalho, decisão política que uma nação precisa tomar para manter sua cultura e soberania.

Este critério é importante no PGC tanto ao que quanto ao como produzir. A região não possui tradição minero-metalúrgica, mas tem um passado pesqueiro e náutico, atividades apagadas nos projetos incentivados. E os empreendimentos moveleiros são parcos para uma região rica em madeiras. O mesmo pode ser dito da produção agrícola, onde já existe experiência acumulada desde a tecnologia indígena até as pesquisas mais recentes da EMBRAPA. A agricultura amazônica insiste na utilização de adubos químicos, altamente onerosa à região. Resta citar uma outra atividade esquecida que é a produção medicinal a partir de ervas abundantes em toda a região amazônica.

Concernente ao PNB, mudanças nas preferências tecnológicas - escolha da linha de urânio enriquecido em detrimento da linha de urânio natural - fizeram com que projetos autóctones de desenvolvimento de tecnologia de combustível fossem preteridos no passado recente. Foi o caso do projeto do tório, referido anteriormente. Fracassou o modelo de transferência e absorção progressivas de tecnologia de enriquecimento de urânio por jato-centrífugo, de viabilidade comercial ainda não demonstrada. Assim não será atingida a autonomia tecnológica no campo do combustível, meta do Acordo Brasil-Alemanha.

Diante dos erros cometidos, coloca-se a necessidade de revisões do PNB. Mesmo sem abandonar as iniciativas anteriores, devido aos investimentos já realizados, caberia um esforço nacional pelo desenvolvimento de programas com tecnologia ultra-centrífuga assim como outras tec-

12. SIMON, D.N. Angra, Iguape e a Questão Nuclear. Ciência e Cultura, 36(1), janeiro de 1984, p. 18.

nologias alternativas, que se revelarem promissoras, mesmo a longo prazo. Trata-se de uma tentativa de evitar a dependência tecnológica no campo do combustível, desta vez, com a participação da comunidade científica nacional, até então marginalizada.

#### g) Agressividade Ambiental

A não-violência ao ambiente é um atributo essencial, indispensável e insubstituível a uma tecnologia apropriada. Neste respeito os planejadores do PGC teriam muito a aprender com a cultura indígena, pois não consta que aquela tecnologia agredisse o ambiente.

São dois os movimentos principais dos grandes empreendimentos nas relações do homem com seu habitat: 1] Num primeiro momento, criam expectativas exageradas. Empregam dez vezes mais pessoas em sua fase de implantação do que na fase de manutenção. Desta forma, as favelas periféricas daquelas pessoas que não conseguiram vagas mesmo nesta primeira fase (excesso de expectativa), só tendem a aumentar; 2] Rompe-se o equilíbrio social pela transformação da produção de bens de uso (subsistência) pela produção de bens de troca.

São hoje previsíveis algumas consequências funestas pela implantação dos grandes projetos do PGC: 1] Só haverá tempo hábil para retirar cerca de 10% dos 216.000 hectares de floresta que formarão o lago a montante da hidroelétrica de Tucuruí. Não existe experiência similar anterior para avaliar o que ocorrerá com a fauna e flora, com a própria barragem e com a população, em decorrência do material apodrecido no fundo do lago; 2] Os projetos de alumina/alumínio da Albrás/Alunorte e da Alcoa, junto às baías de Marajó (PA) e São Marcos (MA), respectivamente, deverão expelir rejeitos industriais, um dos quais é o dióxido de alumínio. Deverão afetar incontavelmente a pesca nesses locais.

Apesar da probabilidade de ocorrência reduzida, tem sido objeto de temor da população a explosão térmica convencional dos reatores nucleares, que faça expelir para o meio-ambiente a enorme quantidade de material radioativo acumulado no seu interior. O argumento de que o medo dessa explosão não faz sentido porque há 35 anos operam usinas nucleares de potência sem ocorrerem acidentes catastróficos, não diminuem os riscos dos mesmos. Em virtude disso, as preocupações com a localização de centrais nucleares próximas a grandes centros - São Paulo e Rio de Janeiro - permanecem motivo de grande polêmica.

Mesmo em operação normal, a geração termo-nuclear de eletricidade implica em uma certa descarga dos elementos radioativos para o meio-ambiente. Para que os efeitos biológicos sejam considerados desprezíveis, tornam-se necessários rígidos controles e fiscalização sobre o funcionamento das centrais nucleares. Fiscalizações severas devem incidir sobre as condições de trabalho da população empregada nas usinas.

Entretanto as maiores preocupações recaem sobre o destino a ser dado aos rejeitos de alta entropia - lixo atômico - refugos radioativos e elementos combustíveis irradiados removidos do núcleo dos reatores atômicos. Segundo mostra David Simon<sup>13</sup>, os produtos de fissão emissores  $\beta$  e  $\gamma$  contidos nos elementos combustíveis oferecem perigos por 800 a 1.000 anos; os elementos transurânicos e emissores  $\alpha$ , produzidos no combustível durante a geração da eletricidade permanecem radioativos a nível que inspiram cuidado além de 100.000 anos.

O autor supra citado levanta uma questão ética: "A máxima duração prevista da utilidade da energia da fissão nuclear é de 200 anos - beneficiando, portanto, 10 gerações - enquanto o problema legado para as futuras gerações - que não se beneficiarão da energia produzida - permanece por 100.000 anos"<sup>13</sup>.

Os impactos ecológicos e sociais da energia nuclear foram ainda pouco estudados, no Brasil, e requerem análises mais profundas. Uma investigação rigorosa dos aspectos ambientais e sociais do PNB fica, todavia, dificultada, de um lado, pela desinformação sobre os parâmetros envolvidos; de outro lado, pela reduzida divulgação de informações científicas corretas sobre os problemas de energia nuclear, que afetam a vida do homem.

No entanto, a agressividade ambiental não se restringe apenas aos perigos da utilização da energia nuclear. Cada uma das fontes alternativas de energia apresentam riscos ambientais, que devem ser exaustivamente analisados e discutidos. Por exemplo, os efeitos ecológicos da utilização do carvão são graves, não obstante suas potencialidades, no Brasil. São consideráveis os efeitos das partículas de substâncias poluentes e de compostos de enxofre lançados na atmosfera, causadores de doenças no aparelho respiratório, além de lançarem detritos que provocam a morte dos rios. A energia hidrelétrica apresenta-se como uma opção menos poluente. Todavia, as grandes barragens também acarretam efeitos ambientais, como inundações, alterações climáticas e outros. Agricultura energética, além de ocasionar danos ecológicos, pode vir a competir com a produção de alimentos, caso não seja racionalmente conduzida.

A opção, portanto, por esta ou por aquela fonte energética deverá partir de uma decisão consciente da população, que deverá assumir, como um todo, os riscos e benefícios de sua escolha.

---

13. SIMON, D.N., 1984, op. cit., p. 22-23.