

**ANO INTERNACIONAL DO PLANETA TERRA**



**RESUMOS APRESENTADOS DURANTE A**

**“SEMANA DO ANO INTERNACIONAL DO PLANETA TERRA”**

**18 A 21 DE JUNHO DE 2008**

**REALIZAÇÃO**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS DA UNESP**

**APOIO**

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM)**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA USP**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNICAMP**



# RADIOATIVIDADE E SAÚDE

Daniel Marcos BONOTTO

Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Avenida 24 -A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: dbonotto@rc.unesp.br

Durante toda a história da vida na Terra, os organismos têm sido expostos a fontes naturais de radioatividade, estando, por isso, geralmente aptos a tolerar certos níveis de atividade, sem conseqüências prejudiciais. Citam-se, por exemplo, os raios cósmicos, também conhecidos como radiação galáctica, de origem extra-terrestre (sol e Via Láctea) e consistindo principalmente de prótons de alta energia (cerca de 85%), partículas alfa (cerca de 14%) e núcleos atômicos mais pesados (cerca de 1%); quando a interação com a Terra é pequena são designados de primários, caso contrário, de secundários, consistindo, nessa situação, de partículas sub-atômicas como píons, múons, elétrons etc., resultantes da interação com a atmosfera. Dessa interação, muitos radionuclídeos são gerados na estratosfera ou troposfera como o  $^3\text{H}$  e o  $^{14}\text{C}$ , ambos extensivamente utilizados em hidrologia, sobretudo, para a datação de águas subterrâneas, onde o primeiro (meia-vida de 12,26 anos) é utilizado para estabelecer se a origem é recente, e o segundo (meia-vida de 5.730 anos) numa escala de tempo de até 40.000 anos atrás.

Além dos radionuclídeos cosmogênicos, contribuem como fonte natural de radioatividade elementos que estão presentes na Terra desde a sua formação a cerca de 4500 milhões de anos atrás, inserindo-se nesse contexto apenas aqueles que possuem isótopos radioativos cuja meia-vida é suficientemente longa para permitir que a atividade permaneça existindo mesmo nos dias de hoje. Os mais importantes destes elementos primordiais são o urânio, tório e potássio, que são litófilos e se concentram preferencialmente nas rochas ígneas ácidas ao invés das básicas e ultrabásicas.

A descoberta do urânio ocorreu em 1789 quando o químico analítico M. H. Klaproth estudava pechblenda, tendo o novo elemento sido inicialmente designado de *uranit* em homenagem ao planeta Uranus e depois *uranium*. Contudo, foi somente após 1896 com a descoberta da radioatividade por Becquerel que se tornou possível averiguar que esse elemento é progenitor de outros igualmente radioativos, como o *uranium* II identificado por McCoy e Ross em 1907, ou a *emanation*, sob a forma gasosa, bastante utilizada por Rutherford em seus experimentos. Hoje, sabe-se que aquelas designações correspondem ao  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$

e  $^{222}\text{Rn}$  e que quando Agricola em 1556 considerou que a morte de muitos mineiros na Europa estava relacionada com o fato de que o “*ar pernicioso que eles respiram algumas vezes apodrece os seus pulmões*”, não é possível ignorar a responsabilidade da contribuição do gás  $^{222}\text{Rn}$  naquele episódio. Neste início de século XXI, a questão da radioatividade e suas implicações assumiu outras proporções, face à problemática introduzida pela necessidade de disposição segura de resíduos radioativos, de maneira que todo conhecimento básico gerado para melhor compreender a mobilização dos radioelementos no ambiente é de importância atual.

A abundância crustal média do urânio corresponde a 2,5  $\mu\text{g/g}$ , possuindo esse elemento dois isótopos primários, o  $^{238}\text{U}$  e o  $^{235}\text{U}$ , os quais ocorrem atualmente na proporção de 99,3% de  $^{238}\text{U}$  para 0,7% de  $^{235}\text{U}$ . Apesar de que o  $^{235}\text{U}$  é o isótopo físsil que forma a base de produção de energia nuclear, sendo, por isso, extremamente importante do ponto de vista tecnológico, verifica-se que a sua contribuição como fonte natural de radioatividade é pequena, pois, a atividade específica do  $^{238}\text{U}$  é cerca de 20 vezes maior que a do  $^{235}\text{U}$ . O  $^{238}\text{U}$  e  $^{235}\text{U}$  são geradores de séries de decaimento radioativo, possuindo o  $^{238}\text{U}$  um número maior de produtos de decaimento, muitos dos quais de longa meia-vida. O tório possui apenas um isótopo primordial, o  $^{232}\text{Th}$ , contudo, ele é aproximadamente quatro vezes mais abundante que o urânio nas rochas crustais; esse nuclídeo também gera uma série de decaimento radioativo, a qual é relativamente simples quando comparada com a do  $^{238}\text{U}$ . O nível médio de potássio nas rochas crustais corresponde a cerca de 2,5%, porém, dos três isótopos de ocorrência natural, isto é,  $^{39}\text{K}$ ,  $^{40}\text{K}$  e  $^{41}\text{K}$ , apenas o  $^{40}\text{K}$  é radioativo. As respectivas abundâncias isotópicas são 93,08, 0,012 e 6,9%, decaindo o  $^{40}\text{K}$  por emissão  $\beta^-$  para  $^{40}\text{Ca}$  e por captura eletrônica para  $^{40}\text{Ar}$ .

O advento da tecnologia nuclear trouxe benefícios, sobretudo, para sociedades que a empregam para suprir suas necessidades energéticas, porém, assim como outras atividades relacionadas com a industrialização, introduziu novos problemas, como por exemplo, a exposição dos organismos a fontes artificiais

de radiação, além das naturais, o que tem suscitado atenção cada vez mais crescente nas iniciativas de proteção radiológica, pois, aumentou a possibilidade de ocorrência dos danos relacionados com a susceptibilidade à radiação como doença, morte ou mutação genética. Relacionado com este aspecto, cita-se a preocupação dos países que empregam a tecnologia nuclear com a disposição segura dos rejeitos radioativos, potencialmente perigosos, provenientes do ciclo do combustível nuclear e dos sistemas de processamento. As meias-vidas relativamente longas de alguns radionuclídeos presentes neste material, bem como a alta atividade e toxicidade química fazem com que a questão assuma uma importância crucial tanto para a geração atual quanto futura.

Dessa forma, verifica-se que, além dos aspectos hidrológicos da possível área de disposição de rejeitos radioativos, é necessário conhecer como as litologias características do local podem absorver/adsorver os radionuclídeos transportados, estabelecer a sua composição mineralógica e química, desde que o próprio ambiente geológico pode atuar como uma barreira química. Ainda, como a maioria das rochas permite a passagem de água durante longos períodos de tempo, a barreira química que elas possam apresentar torna-se mais importante que qualquer barreira física que venham a oferecer numa escala de tempo de curta duração. Assim, um novo enfoque passou a ser exigido da hidrogeologia, a qual, ao invés de dirigir o interesse sobretudo para os aquíferos, isto é, rochas com alta porosidade e permeabilidade que as tornam potencialmente adequadas como armazenadoras de água, tornou-se impelida a realizar pesquisas sistemáticas com os aquícludes, ou seja, as rochas com permeabilidade muito baixa, capazes de confinar os aquíferos; portanto, como a barreira física circundando qualquer repositório necessita possuir uma alta integridade, os aquíferos precisam ser evitados, devendo as áreas de disposição se localizarem nos aquícludes. Nesse sentido, as mais variadas alternativas litológicas

têm sido sugeridas ou testadas como granitos, folhelhos, depósitos e domos salinos, espessos pacotes argilosos, seqüências vulcânicas (basaltos e rochas piroclásticas como tufos), gnaisses e xistos, porém, o consenso é que possivelmente nenhuma delas constitui uma barreira física perfeita para isolar o repositório do seu ambiente circundante, considerando-se, ao invés disso, que um tipo é mais apropriado do que outro, dependendo do contexto em que está inserido (história tectônica da área etc.).

Embora não constitua um componente importante dos resíduos dos transurânicos, do ponto de vista radiológico, muita atenção tem sido também dirigida à presença de  $^{222}\text{Rn}$  nas águas, principalmente depois que Allen-Price em 1960 sugeriu que a distribuição de câncer na população do oeste de Devon, na Inglaterra, estava relacionada com a radioatividade da água de consumo na área, atribuída, sobretudo, à atividade de  $^{222}\text{Rn}$ . Uma preocupação dosimétrica adicional envolvendo esse gás constitui aquela relacionada com o fato de que, além de ser ingerido, esse gás é inalado através da respiração de ar enriquecido em radônio, de maneira que pode ocorrer um acúmulo nos pulmões dos seus descendentes emissores alfa, aumentando, portanto, a intensidade de dose interna de radiação. A proposição de que o radônio poderia ser responsável por câncer pulmonar surgiu na década de 1930 para explicar 75% dos casos de mortes ocorridos de 1877 a 1899 entre os operários que trabalharam no interior de minas sem ventilação, em Schneeberg na Alemanha e de 50% daqueles verificados de 1929 a 1938 entre os mineiros de Jachymov, na República Tcheca. A problemática se acentuou mais recentemente com a descoberta de altos níveis de  $^{222}\text{Rn}$  no interior de residências, que estariam relacionados com teores elevados determinados em águas subterrâneas utilizadas para consumo humano. É por este motivo que a Organização Mundial de Saúde estabeleceu em 2004 um limite máximo de 100 Bq/L para a atividade de  $^{222}\text{Rn}$  nas águas destinadas ao consumo humano.

# BIOCOMBUSTÍVEL, AMBIENTE E SAÚDE

Arnaldo Alves CARDOSO & Andrew George ALLEN

Departamento de Química Analítica, Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista, UNESP.  
Rua Francisco Degni, s/n. –Bairro Quitandinha. CEP 14800-900. Araraquara, SP.  
Endereços eletrônicos: acaradoso@pq.cnpq.br; andrew@pq.cnpq.br

No Brasil, o biocombustível perdeu a importante imagem de combustível proveniente de fonte renovável, substituída pela de panacéia para salvar o ambiente. Infelizmente o álcool ou o biodiesel, os dois principais biocombustíveis já a venda no mercado, não são considerados limpos pela ciência ambiental.

Para entender como o biocombustível recebeu o adjetivo de “limpo”, precisamos recordar o conceito de ciclo dos elementos. Em nosso planeta alguns elementos químicos estão constantemente se transformando, mudando de fases e migrando entre os diversos compartimentos (solo, águas superficiais, atmosfera e a biota). Este ciclo de materiais é conhecido como ciclo biogeoquímico. O ciclo biogeoquímico do carbono está intimamente relacionado com a homeostase do planeta, mais conhecido como efeito estufa e os ciclos do nitrogênio e enxofre com a dispersão natural de fertilizantes. A contabilização da quantidade de material que entra e a que sai em um compartimento de um ciclo é conhecido como balanço de material. Alteração da quantidade de material naturalmente presente em um dos compartimentos de um ciclo biogeoquímico interfere no meio ambiente e é uma forma conceitual para entender a poluição por componentes químicos. Sob o aspecto ambiental, podemos dizer que o uso do biocombustível pouco interfere no balanço de carbono da atmosfera porque o dióxido de carbono emitido durante a queima do biocombustível, é consumido pelo processo da fotossíntese para refazer o vegetal. Isto resulta em balanço de carbono igual a zero na atmosfera assim o seu uso não minimiza, mas apenas não interfere no o efeito estufa e por isto ele passa a ser chamado de combustível limpo. Para os combustíveis fosseis, o dióxido de carbono emitido gera um balanço positivo na atmosfera e com conseqüente aumento do efeito estufa. Para os outros macroelementos envolvidos na formação da biomassa, o enxofre, nitrogênio, fósforo e potássio, não existe mecanismo similar e estes devem ser incorporados anualmente ao solo na forma de adubos. Como resultado do processo de adubação já não existe mais a condição de balanço igual a zero para estes elementos. Isto significa acúmulo de material

em compartimentos do ambiente comprometendo a qualidade de corpos de água, solo e atmosfera com conseqüências diretas para o ambiente. Nas regiões produtoras a queima da palha da cana aumenta a concentração de gases e material particulado na atmosfera. Como grande parte do material particulado possui diâmetro médio de partículas suficientemente pequeno para ser inalado pelos seres humanos isto pode comprometer a saúde de pessoas aumentando casos de internação hospitalar por problemas respiratórios e circulatórios. Nas cidades a queima do álcool combustível em motores que emite formaldeído e acetaldeído que são vapores tóxicos, mas por outro lado emite menos monóxido de carbono, dióxido de enxofre e material particulado que os derivados de petróleo. Quanto à emissão de óxido de nitrogênio pouca diferença faz o tipo de combustível, já que o gás é sempre emitido. O óxido de nitrogênio é importante na formação do ozônio (gás tóxico) e da chuva ácida. Pelo aspecto da Química Ambiental, para chamar o álcool ou outro biocombustível de combustível limpo é necessário esconder muita sujeira debaixo do tapete.

Para a questão que ora se coloca: “O Brasil deve se tornar país produtor de biocombustível? Devemos analisar a questão sob aspectos econômicos e sociais. A produção de biomassa requer o uso de terras. Quais seriam? Avançariam sobre novas áreas? Outra necessidade é o fertilizante. A produção mundial de fertilizante dobrou a cada oito anos entre 1950 e 1973. Dobrou novamente em 1990 chegando a mais de 80 milhões de toneladas de N por ano. A adição intencional deste nitrogênio ativo no ciclo biogeoquímico do nitrogênio, que possui serias conseqüências ambientais, tem sido justificada como necessária para produção de alimentos. Porém, uma coisa é justificar combater a fome outra é produzir combustível. Quais serão os custos ambientais locais? Quem serão os mais afetado pelos prejuízos? Se o biocombustível tem como principal qualidade ambiental resolver um problema global, não seria justo cobrar uma taxa das nações desenvolvidas para ajudar na administração dos problemas ambientais locais? Certamente precisamos refletir e mesmo buscar

resposta para muitas questões. Portanto é fundamental que exista ao lado do incentivo tecnológico de produção de maior quantidade de biocombustíveis incentivo para

conhecer qual a extensão das mudanças ambientais e sociais esperadas como resultado desta possível expansão na produção de biocombustível.

# GEOCIÊNCIAS, AMBIENTE E SAÚDE

**Bernardino Ribeiro de FIGUEIREDO**

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Cidade Universitária Zeferino Vaz s/n – Barão Geraldo.  
Caixa Postal 6152. CEP 13083-970. Campinas, SP. Endereço eletrônico: br.figueiredo@pq.cnpq.br

A contribuição das geociências aplicadas está sendo requerida de forma crescente na solução de problemas ambientais relacionados à saúde pública. A Geologia Médica é o campo do conhecimento voltado para a elucidação de prováveis relações entre materiais ou fatores geológicos e os efeitos benéficos ou adversos à saúde humana e à vida em geral. Embora a produção de pesquisa nessa área tenha recebido grande ênfase em todo o mundo, especialmente na última década, abordagens científicas equivalentes podem ser encontradas há mais tempo em áreas tais como Geomedicina, Toxicologia Ambiental, Geografia Médica, Saúde Ambiental etc. Graças às intensas atividades científicas no seu campo de pesquisa interdisciplinar, a Geologia Médica foi incluída entre os dez temas prioritários do Ano Internacional do Planeta Terra que está sendo celebrado no período 2007-2009. O Ano Internacional do Planeta Terra foi declarado pela Assembléia Geral das Nações Unidas em 2005 e está sendo coordenado, em todo mundo, pela International Union of Geological Sciences (IUGS) e a UNESCO.

Este trabalho tem como objetivo conceituar e delimitar a área emergente de conhecimento denominada Geologia Médica bem como trazer para o debate algumas atividades que estão sendo realizadas no Brasil.

Uma grande variedade de fenômenos naturais e os seus efeitos benéficos ou adversos à saúde humana têm sido abordados pela Geologia Médica. Entre esses se incluem os efeitos curativos advindos da exposição humana a certos minerais, rochas, lamas, águas termais, águas minerais e outros materiais. Por outro lado, agravos à saúde humana (ou de animais e plantas) podem advir da exposição ao excesso ou deficiência de elementos químicos e minerais no ambiente; da inalação de poeiras minerais provenientes de emissões vulcânicas, de desertos ou produzidas pelo homem; da exposição a certos compostos orgânicos, radionuclídeos, micróbios e outros patógenos.

A Geologia Médica ocupa-se fundamentalmente de elucidar as relações entre os fatores geológicos naturais e efeitos à saúde, porém abrange também os estudos de áreas contaminadas. Merecem destaque aqui os solos e as águas, contaminados naturalmente

ou comprometidos em decorrência da urbanização, das atividades industriais ou agrícolas.

Situações típicas estudadas pela Geologia Médica e que representam temas de fronteira do conhecimento abrangem as tempestades de poeiras que podem alcançar distâncias transoceânicas e as erupções vulcânicas (cinzas e gases tóxicos). Outros estudos têm focalizado a deficiência de iodo no ambiente (solo, água e alimento) a que se relacionam disfunções da glândula tireóide (bócio) ou o excesso de flúor em água (rochas, solos, alimento) que pode induzir a fluorose dental ou esquelética em humanos.

Estudos sobre a deficiência de selênio em solos têm sido importantes para prevenir doenças como a Kashin-Beck (distúrbio de formação óssea) e a Keshan (miocardiopatia). O consumo prolongado de água com concentração excessiva de arsênio pode provocar diversos agravos à saúde humana como queratoses e vários tipos de câncer. O caso mais famoso foi revelado pelo British Geological Survey em Bangladesh, em 1998, onde uma população de mais de 21 milhões de pessoas estava exposta ao consumo de água subterrânea com concentrações superiores a 50 microgramas As por litro, muito superior ao limite de potabilidade de 10 µg/L As, recomendado pela Organização Mundial da Saúde.

No Brasil a preocupação em compreender as relações entre os parâmetros de qualidade ambiental e agravos à saúde é crescente. Constituem exemplos os estudos sobre arsênio, chumbo e mercúrio considerados as substâncias mais perigosas à saúde humana na listagem da ATSDR-CERCLA. Embora ainda sejam poucos os estudos integrados do meio físico e de exposição humana a metais, as informações disponíveis para certas áreas já permitem estabelecer correlações entre parâmetros ambientais e os níveis de exposição humana.

Pesquisas sobre arsênio foram realizadas no Estado de Minas Gerais, Vale do Ribeira (São Paulo e Paraná) e Santana (Amapá). Níveis baixos de exposição ao arsênio correlacionam-se com baixas concentrações de As em água embora altos teores em solo, sedimentos e resíduos industriais sejam observados.

Estudos sobre contaminação ambiental e humana por chumbo foram realizados em Santo Amaro da Purificação (Bahia), Vale do Ribeira, Cubatão e Bauru (São Paulo). Da revisão de vários autores é possível perceber que altos níveis de exposição humana ao chumbo relacionam-se a fontes não pontuais (emissão atmosférica de indústrias), altos teores de Pb em solo, poeira e alimentos. Em contraste, entre residentes de áreas vizinhas de fontes pontuais (minas e fábricas de bateria), com baixos teores de Pb em solo, os níveis de exposição são baixos.

O mercúrio é um dos poluentes mais estudados no Brasil, em especial na Amazônia, onde foi intensa a atividade de garimpo de ouro. Porém, concentrações anômalas de mercúrio em águas, solo e ar também são encontradas em áreas afastadas das regiões de garimpo de ouro. A participação da biosfera nos processos de metilação do mercúrio e de bio-concentração em certas espécies de peixes, consumidas pela população, tem sido objeto de muitos estudos. Contudo, esses estudos não são conclusivos sobre a correlação entre metal em materiais geológicos e em peixes e a relação com exposição humana ao mercúrio ainda não está suficientemente clara.

Atualmente, o projeto de integração de dados do meio físico e saúde mais importante em execução no Brasil é Projeto de Geomedicina do Paraná, conduzido pelo Instituto Pelé Pequeno Príncipe e MINEROPAR. Está em curso a montagem de um sistema de *web*

*mapping*, que tem por finalidade auxiliar pesquisas ambientais e de doenças crônicas de maior incidência em crianças na região.

Segundo os executores do projeto, o estado paranaense possui as maiores taxas de câncer no córtex das glândulas supra-renais em crianças entre 0,8 e 3 anos e o objetivo do projeto será o de verificar se há e quais são as influências ambientais sobre a doença.

A partir desses exemplos é possível perceber o grande valor das pesquisas em Geologia Médica. O grande significado dessas pesquisas está sendo demonstrado em vários países por meio do desenvolvimento de novos produtos minerais, benéficos à saúde, e do lançamento de novos empreendimentos, em especial, no setor farmacêutico e de cosméticos. Porém uma grande importância pode ser percebida nas pesquisas, incluindo o mapeamento geoquímico de baixa densidade de extensas regiões, que visam a prevenção de doenças e conseqüente economia de recursos para o setor de saúde pública.

A Geologia Médica requer o trabalho conjunto de geocientistas com especialistas de outras áreas. Trata-se de uma área de pesquisa na qual é essencial o estabelecimento de práticas interdisciplinares envolvendo uma variedade de profissionais, tais como, químicos, biólogos, geógrafos, toxicologistas, epidemiologistas, veterinários, dentistas, engenheiros e cientistas sociais, entre outros.

---

Este trabalho contou com o apoio do CNPq Grant 300323/93-0 e da FAPESP Grant 03/09916-6.

# EXPERIÊNCIAS DA GEOLOGIA NO ÂMBITO DA DEFESA CIVIL

Miguel Libório CAVALCANTE NETO

Coronel Res. PM, ex- Coordenador Estadual de Defesa Civil Estado de São Paulo (2007/2008)

## COMENTÁRIOS SOBRE OS PRIMÓRDIOS DA DEFESA CIVIL DE SÃO PAULO (1967 – 1975 – 1987 – 1988)

Comentar experiências da aplicação geológica em defesa civil, não significa apenas relatar fatores históricos, mas aspectos voltados à mudança cultural e institucional do emprego da Defesa Civil em São Paulo, e por conseqüência no Brasil.

Muitas vezes quando citamos os fatores históricos do surgimento da defesa civil em São Paulo, relacionamos o desastre natural ocorrido no ano de 1967 no município em Caraguatatuba como um dos principais eventos que culminaram no interesse político da época em criar uma estrutura de coordenação e articulação para fazer frente aos desastres.

Com a ocorrência de diversos desastres (eventos chuvosos e incêndios de grandes proporções que ocorreram naquele período em vários municípios do Estado, causando danos consideráveis ao ambiente social<sup>1</sup>), em 1976 o governo do Estado criou a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC, para funcionar como órgão de assistência, socorro e recuperação de áreas atingidas por desastres. A prevenção era desenvolvida por campanhas de prevenção e conscientização de governos locais e população. Faltava uma visão técnica, metodológica, com capacidade de atuar de forma preventiva, no sentido de corrigir determinados problemas relacionados com a ocupação urbana desordenada.

Apenas 20 anos depois (1987) surge no Estado de São Paulo, um Plano de Defesa Civil que atuasse de forma científica, associando risco geológico e previsão meteorológica. Estamos falando do Plano de Defesa Civil para riscos de escorregamentos nas encostas da Serra do Mar na região do pólo industrial de Cubatão. O Plano teve o apoio das indústrias e dos governos

(Estadual e Municipal) e os resultados até hoje (21 anos depois) são exitosos, conforme se demonstrou pelo número mínimo de ocorrências havidas.

Fundamentado nesta experiência, um grupo de geólogos do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas e do IG – Instituto Geológico<sup>2</sup> resolveram ousar. Em 1988 resolveram apresentar ao Governo do Estado um Plano Preventivo de Defesa Civil, voltado às encostas da Serra do Mar, na região da Baixada Santista e Litoral Norte, em áreas de ocupação urbana. Era, com certeza, uma quebra de paradigma a estrutura que existiam até então, pois como o do Plano para área industrial, associava previsão meteorológica com risco geológico em áreas de ocupação urbana e acrescentava uma experiência única no país: vistorias locais quando os índices sofriam alterações e a preparação da população identificando sinais de instabilidade.

Para o desenvolvimento do plano foi analisado os fatos ocorridos ao longo de 30 anos na região e número de vítimas por ano<sup>3</sup>, que a partir da sua implementação tiveram índices de redução vertiginosa chegando a nenhuma ocorrência em 1992.

O desafio de associar questões científicas, fatores meteorológicos a ações operativas de articulação de órgãos e mobilização da população era questionável pelo “status quo” estabelecido, pois o pensamento era ter um órgão preparado para atuar nas emergências e não possuir ações de gestão de risco.

## O CENÁRIO A PARTIR DE 1988

Considero que 1988 inicia uma nova fase para a Defesa Civil em São Paulo, talvez no país, pois com os resultados do PPDC – Plano Preventivo de Defesa Civil para as encostas da Serra do Mar, criaram uma nova cultura metodológica para o desenvolvimento de

<sup>1</sup> Sempre se destacam o surgimento da Defesa Civil, além dos escorregamentos ocorridos na Serra do Mar em 1967 e 1969, no litoral norte Paulista, os grandes incêndios ocorridos em São Paulo nos prédios Andraus e Joelma.

<sup>2</sup> Cabe destacar que na época como Tenente da Polícia Militar e integrante da CEDEC recebi os geólogos Leandro Cerri, Eduardo Macedo, Sra. Cassandra e Julian para que fosse desenvolvido o plano proposto.

<sup>3</sup> O relatório apresentado pelo IPT/IG apresentava o número de 277 vítimas fatais em 1987.

planos de defesa civil<sup>4</sup>, exigindo um novo perfil para suas equipes, ou seja:

- Defesa Civil Estadual com uma área específica para o desenvolvimento e avaliação dos planos;
- Técnicos preparados para interpretação de dados, articulação de órgãos e especialistas e mobilização de recursos;
- Mapeamento de áreas municipais que possuam riscos geológicos;
- Preparação de equipes municipais para identificar, mapear e monitorar áreas urbanas, identificar os riscos e mobilizar os recursos para assistência das famílias moradoras em áreas de risco.
- Capacitação e preparação de lideranças comunitárias moradoras de áreas de risco, sensibilizando-as quanto à necessidade de atuar em casos de emergências.

As atividades associadas atingiram resultados excepcionais com reduções drásticas de ocorrências que causassem vítimas fatais.

### **AS ATIVIDADES DE DEFESA CIVIL 20 ANOS DEPOIS (1988 – 2008)**

Muitas vezes um paradigma estabelecido precisa ser modificado. Com o desenvolvimento de diversos projetos, acompanhando os aspectos sociais e urbanos. 32 anos depois do surgimento da Defesa Civil em São Paulo e 20 anos depois do surgimento do PPDC é preciso reavaliar e modernizar os processos. De 08 municípios identificados com risco em 1988, a Defesa Civil Estadual tem mapeado mais de 250<sup>5</sup>, com necessidade de se realizar intervenções para recuperar

essas áreas. Portanto, apesar dos resultados excepcionais é preciso recriar a cultura da prevenção. Associado aos programas governamentais<sup>6</sup> será necessário desenvolver programas de recuperação preventivos de áreas de risco nos municípios, com a participação mais efetiva da Defesa Civil.

É notório que quando os critérios são mais técnicos, as atividades passam a ter um resultado mais efetivo e consistente.

Assim, a visão passa do monitoramento apenas para uma visão estratégica de gestão de risco onde os órgãos públicos identificam suas parcelas de responsabilidade e atuam de forma a evitar ou minimizar esses riscos. Os órgãos de emergência, notoriamente a Defesa Civil, devem atuar na preparação, na prevenção e quando os fatos ocorrem na articulação competente pelo nível de conhecimento acumulado nesta nova visão de gestão de risco<sup>7</sup>.

Considero constituir nesta nova fase os seguintes pontos:

- Identificação ou atualização de áreas urbanas com risco geológico, objetivando incentivar ações estruturais, preparação técnica de servidores municipais, modernização de leis de posturas públicas e preparação de população, dentro de uma conscientização social.
- Gestão de Risco, com o mapeamento de áreas urbanas e rurais suscetíveis a problemas de desastres naturais, estabelecendo ações e atividades de intervenção; e
- Cultura institucional de Defesa Civil, priorizando os fatores técnicos e científicos voltados prioritariamente à prevenção e proteção da população.

---

<sup>4</sup> A partir do PPDC surgiram planos de Defesa Civil para o oeste do Estado de São Paulo e região metropolitana de São Paulo, voltados a prevenção de áreas ribeirinhas no período chuvoso, a Operação Mata Fogo – parceira entre a Defesa Civil Estadual e Secretaria do Meio Ambiente – que previa ações no período de estiagem no interior de São Paulo.

<sup>5</sup> Trabalho desenvolvido pelo Ministério das Cidades em parceria com o IPT e CEDEC/SP.

<sup>6</sup> Acredito que os recentes programas do Ministério das Cidades e as propostas municipais de melhoria no planejamento urbano foram influenciados pelos trabalhos do PPDC.

<sup>7</sup> Esta nova visão de gestão de risco, acumulada com as experiências de planos de prevenção geológica possibilitaram ações de articularem de emergências em rompimento de barragens em municípios paulistas – Paraguaçu Paulista com destaque – que graças a associação de fatores meteorológicos e vistoria de campo foi possível retirar moradores antes do rompimento da barragem sem causar vítimas. O acidente com o avião da TAM na pista do aeroporto de Congonhas, que também teve um acidente geológico provocado por dano estrutural demonstrou como o conhecimento técnico compartilhado pode facilitar ações de proteção e defesa social. Após a vistoria de técnicos e procedida as recomendações o aeródromo foi liberado.

# A CURTA HISTÓRIA DA GESTÃO DE RISCOS AMBIENTAIS URBANOS

Fernando Rocha NOGUEIRA

Bocaina Cursos e Estudos Ambientais-Urbanos Ltda. Rua Gerônimo Mariano Leite, 69 – Residencial Primavera.  
CEP 12530-000. Cunha, SP. Endereço eletrônico: fernandorn@uol.com.br

Risco é a potencialidade de que ocorra um acidente, um desastre, um evento físico que resulte em perdas e danos sociais ou econômicos. A geógrafa francesa Yvette Veyret (2007) define risco, objeto social, como a percepção do perigo ou da catástrofe possível. Considera que ele existe apenas em relação a uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas. Não há riscos, portanto, sem uma população que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos.

Por esta definição, podemos considerar que o este campo de conhecimento e as práticas locais que estão construindo políticas públicas de gestão de riscos nos ambientes urbanos no Brasil não têm mais que 20 anos. Os acidentes, desastres e perigos, entretanto, são marcas sempre presentes na história dos aglomerados urbanos, quase sempre mais frequentes e de maior consequência quanto maiores, mais densas e mais desiguais forem as cidades. Mas é apenas no processo de redemocratização do país, na elaboração das constituições estaduais e leis orgânicas municipais que esta temática aparece na administração pública e se reflete no meio acadêmico (ou vice-versa).

A defesa civil paulista foi constituída na década de 70 como resposta a grandes acidentes que marcaram a época: a grande corrida de massas que destruiu Caraguatatuba em 1967 e os incêndios dos prédios Joelma e Andraus na capital. Organizou-se aí o gerenciamento da emergência, o socorro ao desastre. A gestão de risco, entretanto, é outra história: traduz as escolhas políticas e as decisões finais de organização dos territórios (Veyret, *op.cit.*), a prevenção constituindo o coração da análise.

As populações mais pobres, mais vulneráveis e com baixa resiliência, geralmente ocupando vazios urbanos e periferias com pouca infra-estrutura ou de maior fragilidade ambiental, costumam ser as principais vítimas destas tragédias. Não se conhecem estudos que abordem a quantificação dos impactos destes acidentes urbanos no Brasil, mas estudo feito na Colômbia (Hermelin, 2000) aponta que desastres ambientais causam perdas anuais da ordem de 4,4% do PIB. É possível afirmar que as perdas recorrentes

por pequenos deslizamentos que sequer são noticiados pela mídia e pelas inundações frequentes das margens de córregos correspondam a uma importante causa da miséria dos moradores dos assentamentos precários, que anualmente se empenham em novas dívidas para repor os bens danificados.

A gestão de riscos é um processo que se inicia quando a sociedade, ou parcela desta, adquire a percepção de que as manifestações aparentes ou efetivas de um processo adverso existente podem provocar consequências danosas superiores ao admissível por esta comunidade. Envolve o planejamento e a aplicação de políticas, estratégias, instrumentos e medidas orientadas a impedir, reduzir, prever e controlar os efeitos adversos de fenômenos perigosos sobre a população, os bens e serviços e o meio ambiente (Cardona & Lavell, s/d).

A temática dos riscos ambientais é introduzida na cena pública nacional, portanto, no meio das importantes contribuições do meio técnico-científico para o melhor entendimento do ambiente físico e das interferências antrópicas. Seu lento e irregular “nascimento” como elemento transversal na gestão das cidades está associado:

- à emergência ou explicitação da “crise urbana”;
- a ocorrência de grandes e/ou frequentes acidentes e sua inclusão no conjunto de problemas da “crise urbana”;
- a associação dos acidentes à precariedade (de planejamento urbanístico, de infra-estrutura básica, de serviços públicos) e à exclusão social e espacial dos ambientes onde ocorrem estes acidentes.

É nesse contexto que se desenvolveram, em diversos órgãos públicos estaduais e municipais, tentativas de estabelecimento de práticas sistemáticas para minimização das consequências de acidentes associados a escorregamentos. Dentre estas experiências pioneiras destacam-se a implantação, há 20 anos, do Plano Preventivo de Defesa Civil no Estado de São Paulo, com suporte técnico e metodologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT e do Instituto Geológico - IG (Cerri, 1993; Macedo et al., 1999) e algumas ações localizadas em administrações municipais.

país, quase sempre sofrendo descontinuidade em função de mudanças políticas: Recife (Gusmão Filho, 1995; Alheiros, 1998); Rio de Janeiro (Amaral, 1996; Pinguelli Rosa & Lacerda, 1997); Belo Horizonte (Carvalho, 1990 e Carvalho, 1996), São Paulo (Cerri & Carvalho, 1990; Nogueira, 2002); Santos (Nogueira, 2002).

É também neste período que esta temática começa a ser incluída em eventos técnico-científicos: Primeiro Simpósio Latino Americano sobre Risco Geológico Urbano (São Paulo, 1990); Conferência sobre Defesa Civil, enfocando principalmente as grandes cidades, durante a ECO-URBs 92; Seminário sobre problemas geológicos e geotécnicos da Região Metropolitana de São Paulo, em 1992; Mesa redonda com o tema 'Redução de acidentes naturais', no 39º Congresso da SBG (Salvador, 1996); Primeira Jornada de Preparação das Comunidades Paulistas em relação aos Desastres Naturais, pelo IEA-USP, em 1994; Inclusão de tema 'catástrofes' na 46ª Reunião Anual da SBPC em 1994 (na 50ª Reunião Anual, em Natal, RN, em 1998, também ocorreu um simpósio sobre desastres); Encontros de Geologia Urbana (Guarulhos, 1994; Santos, 1996 e São Paulo, maio de 2000); presença da temática de riscos geológicos nos Congressos Brasileiros de Geologia de Engenharia (Poços de Caldas, 1993; Rio de Janeiro, 1996 e São Pedro, 1999) e nas Conferências Brasileiras sobre Estabilidade de

Encostas, 1 e 2 (Rio de Janeiro, 1992 e 1997); seminário sobre "prevenção e controle dos efeitos dos temporais" no Rio de Janeiro, em 1997. Também se observa neste período a produção de dissertações e teses acadêmicas que se referem aos riscos geológicos, especialmente escorregamentos.

Um importante salto na disseminação nacional de conhecimentos e metodologias de gestão de risco vem ocorrendo a partir da criação do Ministério das Cidades que, já em sua origem em 2003, incorporou o conceito de gestão de riscos como um componente indispensável na gestão urbana. Dentro do Programa Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários da Secretaria Nacional de Programas Urbanos foi criada a Ação de Apoio a Programas Municipais de Redução e Erradicação de Riscos. Com recursos do Orçamento Geral da União, desde 2004 o MCidades disponibilizou recursos e suporte técnico para cerca de 65 municípios elaborarem seus planos municipais de redução de riscos – os PMRR. Apenas os municípios que elaboraram seus PMRRs e estabeleceram uma ordem de prioridade para suas intervenções com base num mapeamento podem solicitar recursos para projetos de estabilização. O MCidades também patrocinou diversos cursos de capacitação de técnicos municipais para mapeamento e gestão de riscos e cursos à distância.

---

ALHEIROS, M.M. Riscos de escorregamentos na Região Metropolitana do Recife. Salvador, 1998. 129 f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

AMARAL, C. Gerenciamento de desastres no Rio de Janeiro: lições dos escorregamentos de 1996. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. Anais... Salvador: SBG, 1996, v. 4, p. 122-38. (b)

CARVALHO, C.S. Gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas: uma proposta baseada na análise de decisão São Paulo, 1996. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Solos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CARVALHO, E.T. O risco geológico em Belo Horizonte. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 1990, p. 66-77.

CERRI, L.E.S. Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para a prevenção de acidentes. Rio Claro, 1993. 197 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

CERRI, L.E.S. & CARVALHO, C.S. Hierarquização de situações de risco em favelas do município de São Paulo, Brasil - critérios e metodologia. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 1990, p. 150-57.

GUSMÃO FILHO, J.A. A experiência em encostas ocupadas do Recife: integração técnica, institucional e comunitária. Revista do Instituto Geológico, V. Especial, p. 9-49, 1995.

HERMELIN, M. New trends in prevention of geologic hazards. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA IAEG, 2000, Rio de Janeiro. Palestra.

MACEDO, E.S.; OGURA, A.T.; SANTORO, J. Defesa Civil e escorregamentos: o Plano Preventivo do Litoral Paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 9, 1999, São Pedro. Boletim de Resumos... São Pedro: ABGE, 1999, p. 83.

NOGUEIRA, F.R. Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal. Rio Claro, 2002. 266 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista.

VEYRETTE, Y. (Org.) Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 320 p., 2007.

# MAPEAMENTO GEOQUÍMICO DO BRASIL E SAÚDE HUMANA

Cassio Roberto da SILVA

Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Avenida Pasteur, 404, 4º andar. CEP 22290-040.  
Rio de Janeiro, RJ. Endereço eletrônico: cassio@rj.cprm.gov.br

**O Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica – PGAGEM** tem por objetivo avaliar em todo o território nacional as composições químicas do substrato rochoso, solos e águas de superfície e subterrâneas, visando disponibilizar a multiusuários dados e informações para a pesquisa de novos depósitos minerais, fertilidade natural para a agricultura, fontes de contaminações naturais e antropogênicas de elementos químicos nocivos à saúde humana, animal e ambiental.

O conhecimento dos elementos químicos no território brasileiro poderá fornecer subsídios para investimentos em prospecção mineral e propiciar novas descobertas de jazidas minerais, tendo em vista que os projetos antigos realizavam trabalhos em regiões específicas e para detectar poucos elementos químicos, em geral Fe, Mn, Sn, Pb, Zn, Cu, Cr e Au. Nas áreas sedimentares, cerca de 70% dos terrenos brasileiros, em geral, não foram efetuadas amostragens e análises geoquímicas para prospecção mineral. Em rochas ígneas e metamórficas, os elementos analisados eram de poucos metais (4-6 elementos). Quando o método abrangia mais elementos (30 elementos), os níveis de detecção eram muito altos, não detectando, por exemplo, os elementos-traço (As, Mo, Cr, F, Li, V, U e Th) e de Terras Raras (La, Ce, Nd, Eu, Sm).

A Geologia Médica é uma “ciência” multidisciplinar, que estuda as variações regionais na distribuição dos elementos, principalmente os metálicos e metalóides, seus comportamentos geológico-geoquímicos, as contaminações naturais e antropogênicas e os danos à saúde humana, animal e/ou vegetal por excessos ou deficiências. Ao serem liberados das rochas pelo intemperismo os elementos podem ser recristalizados em minerais neo-formados, adsorvidos em minerais argilosos, incorporados em óxido-hidróxidos de ferro e manganês, precipitados como carbonatos, ou postos em solução. Quando solubilizados, ou passam ao solo e são levados às águas de sub-superfície, ou são transportados pela drenagem.

Exemplos de contaminação humana gerada por fatores geológico-ambientais podem ser encontrados

em vários países do mundo: China, Índia, Estados Unidos, Chile, Argentina, entre outros. Estudos de geoquímica ambiental relacionados à exposição de populações à contaminação por elementos tóxicos ainda são escassos no Brasil. Tem-se conhecimento de alguns trabalhos sobre de mercúrio na Amazônia, de flúor em Itamaracá, Paraná e São Francisco, Minas Gerais; Iodo em Arraias, Tocantins, chumbo em Santo Amaro da Purificação, Bahia e no Vale do Ribeira, Paraná e, arsênio em Nova Lima, Minas Gerais, Vale do Ribeira, São Paulo e Santana, no Amapá.

Nos últimos 5 anos foram coletadas pela CPRM cerca de 4.642 amostras de águas, sedimento de corrente e solos e destas, cerca de 3.167 amostras foram analisadas e os resultados de algumas áreas como, Parintins no Amazonas, NE (parte oriental) do Estado do Pará, Lagoa Real na Bahia, Vale do Ribeira-SP/PR, Estado do Ceará e Lavras no Rio Grande do Sul, encontram-se disponíveis no site [www.cprm.gov.br/geologiamedica](http://www.cprm.gov.br/geologiamedica). Os demais resultados das outras regiões (Rondônia, Estado de Goiás, Teresina e Itinga-MG) deverão ser divulgados em breve.

A ilha de Parintins, localizada na margem direita do Rio Amazonas, cerca de 350 km à jusante de Manaus, hoje um destacado pólo turístico da região, pela tradicional festa do Boi-Bumbá, vinha apresentando problemas com a saúde da população, provavelmente associados a má qualidade das águas de abastecimento público, em vista do grande aumento populacional, principalmente na época de festas. As atividades desenvolvidas na ilha, pela CPRM em 2006, incluíram a análise de 6 amostras de água corrente e 33 de poços tubulares. As primeiras mostraram-se normais, enquanto entre as amostras de água subterrânea, cerca de 63% apresentaram elevados teores de  $\text{NO}_3$  (11-49 mg/L), Al (0,3 – 2,0 mg/L) e amônia (2,9 mg/L) que foram atribuídos à contaminação antrópica, pois somente os poços com profundidade menores que 65 m apresentaram esses teores elevados.

No nordeste do Pará os resultados da análise de 77 amostras de água de abastecimento público, abrangendo cerca de 80% da área estudada, revelaram-

se excessivos para Al e Pb, respectivamente, 18 e 145 vezes o valor máximo permitido pelo CONAMA e OMS, seguidos pelos teores de B, Cd, Fe, Cu, K, Mn, Zn e P. Estes dados de qualidade de água estão sendo analisados sob o ponto de vista da sua correlação ou não com alta prevalência na região de doenças endêmicas como verminoses, doenças no aparelho digestivo (câncer), cáries dentárias, anemia e hepatite.

Os resultados analíticos obtidos em 234 amostras de água de abastecimento público provenientes de poços tubulares e amazonas, açudes e lagos, fontes e rios, coletadas no estado do Ceará, numa área de 146.000 km<sup>2</sup>. Apresentaram concentrações acima do permitido pelo CONAMA foram detectadas em 43% das amostras, para os elementos considerados tóxicos: Al (0,11 – 0,80 mg/L), As (0,02 mg/L), B (0,63 mg/L), Cd (0,001 – 0,02 mg/L) e Pb (0,01 – 0,46 mg/L) e, para aqueles considerados tóxicos e essenciais: Ba (0,71 – 5,59 mg/L), Fe (0,31 – 12,1 mg/L), Mn (0,11 – 1,21 mg/L), Ni (0,26 mg/L) e Zn (0,18 – 0,76 mg/L). Estas informações foram repassadas para o órgão responsável pelo saneamento do estado, o qual vem procedendo re-amostragem da água para ter uma melhor definição das medidas mitigadoras a serem tomadas.

Em Lagoa Real na Bahia, efetuou-se amostragem em água subterrânea (n=32), solos (n=32) e sedimento de corrente (n=42), numa área de 1.126 km<sup>2</sup>, onde recomenda especial atenção para o consumo de água na região, em vista dos resultados analíticos que acusaram concentrações de urânio no intervalo de 0,041 a 0,566 mg/L excedendo o teor máximo admitido de 0,02 mg/L de U em 8 poços tubulares. Destaca ainda, o excesso de captação de água subterrânea, prevendo em curto prazo escassez desse bem mineral.

O Projeto Paisagens Geoquímicas e Ambientais do Vale do Ribeira – Avaliação e Prevenção de Risco para o Meio Físico e Saúde Humana Relacionados à Exposição ao Arsênio e Metais Pesados, executado em parceria por geólogos, químicos, médicos e toxicologistas da UNICAMP, Universidade Estadual de Londrina, Instituto Adolfo Lutz e Serviço Geológico do Brasil – CPRM, contemplou a elaboração do Atlas Geoambiental (Alto e Médio Vale do Ribeira), do Atlas Geoquímico de Sedimento do Vale do Ribeira e geração de dados inéditos sobre a exposição de Pb e As em ecossistemas e agrupamentos humanos no Alto e Médio Vale do Ribeira - SP/PR. Grande parte dos resultados obtidos nesse projeto consta de outros artigos deste livro e no site [www.ige.unicamp.br/geomed](http://www.ige.unicamp.br/geomed).

Os exemplos dados acima revelam que as atividades que vêm se desenvolvendo no âmbito do PGAGEM tendem a atingir um nível significativo embora ainda reste muito a ser feito. Normalmente, após a identificação e constatação de valores anômalos de elementos tóxicos que possam causar efeitos adversos à saúde das populações, espera-se que profissionais / instituições da saúde possam viabilizar a aplicação de técnicas de análise dos riscos aos quais as populações estão sujeitas. Os resultados tanto relativos à geoquímica quanto da parte médica, deve impreterivelmente ser dado conhecimento aos órgãos responsáveis pela saúde pública, visando ações coordenadas para que não ocorram alardes desnecessários.

Convém destacar neste programa de geoquímica a importância da homogeneização de procedimentos pelas instituições e pesquisadores, de forma a alimentar o banco de dados de todo o Brasil disponível e acessível na internet para toda a comunidade científica e pública em geral.

# OS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Mara Akie IRITANI

Instituto Geológico - IG, Avenida Miguel Stéfano, 3.900. CEP 04301-903. São Paulo, SP.  
Endereço eletrônico: mara.iritani@igeologico.sp.gov.br

A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA) definiu suas diretrizes de atuação prioritária levando em consideração:

- As mudanças climáticas e os reflexos do aquecimento global na biodiversidade e na economia;
- conceito de desenvolvimento sustentável e as prioridades da sociedade paulista;
- A gestão eficiente do meio ambiente com resultados efetivos e transparência da ação.

Este plano de trabalho está baseado no estabelecimento dos Projetos Ambientais Estratégicos (PAEs), que tem caráter de programas de Governo, não sendo apenas uma ação isolada da SMA, mas um trabalho conjunto e de co-responsabilidade dos órgãos estaduais e seus parceiros.

Foram definidos 21 PAEs ([www.ambiente.sp.gov.br](http://www.ambiente.sp.gov.br)) e um destes é o Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos (PAE Aquíferos) que surgiu da preocupação em proteger os aquíferos mais vulneráveis e mais utilizados do Estado de São Paulo, através da melhoria dos instrumentos de gestão e aprofundamento do conhecimento.

Os aquíferos do Estado de São Paulo podem ser classificados em sedimentares e fraturados, sendo eles: Furnas, Tubarão, Guarani, Bauru, São Paulo, Taubaté e Litorâneo no primeiro grupo, e Cristalino, Serra Geral e Diabásio, no segundo. Informações mais detalhadas sobre estes aquíferos e sua vulnerabilidade podem ser obtidas nas publicações “Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo” (DAEE/IG/IPT/CPRM 2005) e “Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo” (IG/CETESB/DAEE, 1997).

A intensificação da exploração da água subterrânea, observada nas últimas décadas, tende a persistir em decorrência do crescimento econômico e do comprometimento da qualidade das águas superficiais. Atualmente, cerca de 80% dos municípios paulistas são total ou parcialmente abastecidos por água subterrânea (CETESB 2007), principalmente aqueles localizados no oeste do Estado onde ocorrem aquíferos

de fácil exploração e/ou boa produtividade como o Bauru e Guarani. Ainda, é crescente o uso deste recurso pelo setor industrial e pela agricultura na irrigação.

Devido à exploração sem o devido planejamento, problemas de abatimento dos níveis da água subterrânea por adensamento de poços e ameaça de contaminação são observados pontualmente e principalmente nos aquíferos sedimentares, mais explorados devido a sua maior produtividade em relação aos aquíferos fraturados.

Nos aquíferos Bauru, Guarani aflorante e Taubaté, as vazões recomendadas podem chegar a valores entre 80 e 120 m<sup>3</sup>/h por poço (DAEE/IG/IPT/CPRM 2005).

O Estado de São Paulo é dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs), cada qual com seu Comitê da Bacia Hidrográfica, responsável pela gestão regional dos recursos hídricos. Quando avaliado o Estado de São Paulo, de forma geral, as reservas exploráveis são bem maiores que a atual demanda, mas em algumas UGRHIs, como do Pardo e Alto Tietê, este recurso já se encontra comprometido em níveis preocupantes.

De forma geral, a qualidade natural da água subterrânea é muito boa, mas ocorrem alguns locais com excesso de cromo e flúor como nas UGRHI de São José dos Dourados e Turvo Grande. O monitoramento realizado pela CETESB alerta para o constante aumento do teor de nitrato na água subterrânea nesta última década (CETESB 2007), especialmente nos poços que exploram o Aquífero Bauru, caracterizado por seu comportamento livre e alta vulnerabilidade (IG/CETESB/DAEE 1997). Além disso, em novembro de 2007, a CETESB tinha em seu cadastro, 2.272 áreas contaminadas, concentradas principalmente nas UGRHIs Alto Tietê (52%) e Piracicaba/Capivari/Jundiaí (15%), tendo como principal atividade contaminante, os postos de combustíveis (77%) ([www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)).

Assim, com este panorama, a despeito da existência de legislação específica e de normas técnicas que disciplinem a utilização e proteção dos recursos hídricos subterrâneos, considerou-se necessária uma

ação governamental coesa no sentido de coibir práticas predatórias, garantir o uso sustentável da água subterrânea e adotar medidas de proteção dos aquíferos, levando, então, à consolidação do PAE Aquíferos.

A concepção deste PAE é o resultado do esforço conjunto dos órgãos e entidades do governo, sob a coordenação da Secretaria do Meio Ambiente, e foi orientado pelas seguintes estratégias:

- buscar adesão dos usuários e da sociedade para o uso racional e a proteção dos aquíferos;
- efetuar o zoneamento do uso do solo e definir as medidas preventivas de proteção nas áreas em que os aquíferos são essenciais ao abastecimento das populações; e
- reforçar a ação dos órgãos gestores e dos comitês de bacia no controle da perfuração de poços.

O objetivo principal é promover a proteção dos aquíferos do Estado de São Paulo, identificando as áreas críticas e sensíveis em termos de quantidade e qualidade e criando mecanismos de controle e restrição para propiciar condições de uso sustentável da água subterrânea, em especial nas áreas de afloramento dos Aquíferos Guarani e Bauru.

Os principais eixos do PAE Aquíferos são a definição de políticas, diretrizes ao planejamento e consolidação e ampliação do monitoramento associados ao aprofundamento do conhecimento, à divulgação de informações e à capacitação, que são a base para a melhoria da gestão.

O estabelecimento de diretrizes regionais de gestão, uso e proteção das águas subterrâneas visa:

- realizar o levantamento regional e estudos básicos em 15 UGRHIs onde a água subterrânea tem relevância no abastecimento público;
- realizar estudos específicos em áreas consideradas críticas visando a implantação de áreas de restrição e controle;
- realizar o zoneamento e definição de diretrizes de proteção para a área de afloramento do Aquífero Guarani; e
- criar ou melhorar os procedimentos e normas com diretrizes regionais específicas de gestão, utilização e proteção das águas subterrâneas, que resultarão dos trabalhos atualmente em andamento.

A rede integrada de monitoramento de qualidade e quantidade de águas subterrâneas está em implan-

tação, sendo que será operada conjuntamente pelo DAEE e pela CETESB. Além dos 184 pontos monitorados pela CETESB quanto à qualidade, somar-se-ão 50 poços em 2008, em construção pelo DAEE, para medição diária do nível da água. A meta é ampliar a rede integrada de monitoramento, com a construção de 200 poços em um período de 4 anos.

Outro eixo do PAE Aquíferos é a divulgação de informações através de elaboração de cartilhas e manuais, reimpressão de publicações existentes e criação de um portal para disponibilização de informações. Atualmente já foram reimpressas pelo DAEE as seguintes publicações “Águas subterrâneas: um valioso recurso que requer proteção” e o “Manual de operação e manutenção de poços”. Em 2008, a SMA publicará o Caderno de Educação Ambiental “As águas subterrâneas do Estado de São Paulo”, elaborado pelo Instituto Geológico e também se encontra em elaboração, em parceria com o DAEE, o “Guia do usuário de água subterrânea”.

Outro eixo do projeto é instituir um programa de pesquisa que contemple e fomente o desenvolvimento de estudos aplicados, segundo linhas prioritárias que sejam fundamentais para subsidiar a proteção e gestão dos aquíferos, viabilizando sua implantação por meio da articulação dos núcleos de pesquisa e de um sistema de acompanhamento. Em discussões preliminares foram traçadas as seguintes linhas de pesquisa: avaliação de aquíferos e cartografia hidrogeológica; hidrogeoquímica e qualidade das águas; proteção dos aquíferos; e contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Finalmente, a capacitação de recursos humanos é primordial para difusão dos conhecimentos e, voltada aos agentes gestores, profissionais da área tecnológica da administração estadual e municipal e difusores de informação, reflete diretamente na melhoria da aplicação dos procedimentos e, conseqüentemente, na gestão dos recursos hídricos. O PAE Aquíferos busca fortalecer os programas de cursos e treinamentos já existentes e fomentar a realização de outros.

O PAE Aquíferos vem, então, consolidando a articulação interinstitucional e as ações previstas até o momento são apenas os primeiros passos para a melhoria da gestão. Este projeto está em constante avaliação, e sempre aberto para incorporar novos parceiros e novas atividades voltadas ao cumprimento das metas.

# ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: SOLUÇÕES PARA UMA SOCIEDADE EM CRISE

Everton de OLIVEIRA

Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS. Rua Dr. Cândido Espinheira, 560, cj. 32.  
CEP 05004-000. São Paulo, SP. Endereço eletrônico: info@abas.org.br

Água hoje em dia é assunto. Há até conjecturas sobre possíveis guerras futuras para o acesso à água. Hoje água é pauta para várias discussões. E 97% da água disponível para consumo humano no planeta é subterrânea. Logo, a pauta deverá inexoravelmente caminhar para o entendimento desta como parte de nosso dia a dia. Todos nós vimos um poço um dia em nossas vidas, mas poucos de nós parou para pensar em como a água chega ao seu interior, se sua quantidade varia com o passar do tempo, se a qualidade também varia com o passar do tempo. As respostas simples para estas questões indicam permitem-nos organizar nossas ações visando a preservação da água subterrânea e, por extensão, das águas como um todo. Por serem subterrâneas, esses 97% nos são praticamente invisíveis, somente aparecendo em nascentes e lembradas quando vemos um poço.

Em primeiro lugar, as águas subterrâneas são armazenadas nos poros do material geológico que compõe os chamados aquíferos, cuja etimologia remete a um material com capacidade de armazenar e transmitir água em quantidades apreciáveis. As águas de chuva, ao atingirem a superfície do solo dividem-se em uma parte que escoar superficialmente, indo alimentar diretamente os rios e lagos e outra parte que se infiltra, indo alimentar os aquíferos. Esse fenômeno chama-se recarga e é o responsável pela realimentação da água que aparece nos poços e, em grande parte, das águas que fluem nos rios e drenagens superficiais. Muitos rios do nordeste do Brasil são alimentados quase que exclusivamente por água subterrânea. Logo, a quantidade de água de um poço depende de sua recarga. Longos períodos de estiagem irão corresponder a uma menor disponibilidade hídrica subterrânea. Por outro lado, a qualidade da água subterrânea depende, em princípio, da interação com o material geológico que compõe o aquífero e de possíveis alterações causadas pela introdução de compostos estranhos à sua composição: poluição. Ao contrário de rios e lagos, onde a poluição é imediata pois o acesso à água é direto, nos aquíferos a poluição é muito mais lenta, pois o fluxo das águas subterrâneas também é

lento, tipicamente variando entre 1 m por dia a 1 m por ano. Nos aquíferos, a água encontra-se mais abrigada tanto da evaporação quanto de potencial contaminação. Logo os aquíferos são mais protegidos, mas não são imunes a contaminações e devem ser remediados (termo técnico) quando tiverem sua qualidade alterada. Inúmeras são as possibilidades de se poluir as águas em geral, e as águas subterrâneas em particular, mas o elemento poluidor mais onipresente é o esgoto doméstico. Como somos um país ainda mal servido pela coleta de esgotos, este se infiltra no solo, indo eventualmente parar nos aquíferos. Uma fossa nada mais é do que um sistema de infiltração. Preocupante, não? Devemos nos lembrar que o problema água hoje é pauta mais por estarmos sujando a água que posteriormente iremos utilizar, do que pela sua escassez, uma vez que a quantidade de água do planeta é praticamente invariável. Esgoto doméstico é um vilão, sem dúvida.

No Brasil temos uma tradição muito forte de uso de águas superficiais. Quando se fala em água, sempre são mencionados os mananciais de superfície: represas, lagos, rios, córregos. Entretanto, para surpresa de muitos, no Estado de São Paulo, o mais desenvolvido da federação, aproximadamente 50% dos municípios são abastecidos exclusivamente por águas subterrâneas. Sim, água de poço. Além disso, outros 25% são parcialmente abastecidos por águas subterrâneas. Somente 25% do total são abastecidos exclusivamente por águas superficiais. Parece paradoxal a água subterrânea ser sempre mencionada como fonte alternativa. Mesmo regiões áridas, como o nordeste brasileiro, dispõem de recursos hídricos subterrâneos que podem e devem ser utilizados. As águas nesses reservatórios podem apresentar uma maior dificuldade relativa para serem explotadas, afinal é preciso construir um poço. Entretanto isso é um problema menor quando se compara com a qualidade superior da água, que vai requerer menor tratamento, quando isso for necessário. Ou ainda se considerarmos a distribuição de água subterrânea, muito mais otimizada, uma vez que os poços são localizados próximos aos consumidores.

Temos na região Sudeste do Brasil o maior sistema aquífero do mundo, o Sistema Aquífero Guarani, que armazena um total de 45.000 km<sup>3</sup> como reserva permanente, isto é, reserva que pode ser utilizada e que é recomposta pela infiltração das águas de chuva. Se lembrarmos que um cidadão precisa de 200 litros por dia, e que 1 km<sup>3</sup> corresponde a 1 bilhão de litros... Bons poços no Guarani produzem mais de 400 milhões de litros por hora. Números fantásticos e animadores.

Claro que nem todo aquífero é o Guarani, assim como nem toda água superficial é um rio Amazonas. Mas há abundância no país e a gestão integrada dos recursos hídricos deve orientar o uso racional desta imensidão de recursos que o país dispõe.

Nosso país deve orientar-se claramente pelo uso da água subterrânea em toda sua potencialidade. Os estados precisam estar equipados com leis adequadas para permitirem que técnicas corretas de perfuração de poços, de exploração de quantidades que não superem a capacidade de reposição de água pela recarga, enfim, de gestão correta do uso deste recurso, além de se equiparem para sua preservação, uma vez que o esgoto doméstico é o principal poluente potencial de nossos aquíferos e é função do estado de fazer sua coleta.

Água vai continuar a ser assunto, e as águas subterrâneas virão cada vez mais à superfície das discussões em torno do uso racional dos recursos hídricos.

# ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREAS URBANAS: POTENCIALIDADE, PROBLEMAS E DESAFIOS

Mateus SIMONATO

SERVMAR. Avenida Fagundes Filho, 252, 16º. Andar – Vila Monte Alegre. CEP 04304-000. São Paulo, SP

A temática em torno da gestão dos recursos hídricos vem assumindo lugar de destaque nas agendas das reuniões políticas mundiais e, nesse tema, os recursos hídricos subterrâneos tornam-se a cada dia o alvo das discussões, uma vez que representam 96% do volume da água doce líquida da Terra.

Desde os primórdios da civilização, a disponibilidade de água esteve no cerne das migrações, ocupações, disputas e conflitos. Atualmente não é diferente. A partir da revolução industrial, as áreas urbanas expandiram-se e, continuam em expansão, em todas as regiões do Planeta, provocando aumentos progressivos da demanda por água, tanto pela concentração de pessoas como pela atividade industrial.

A forte demanda por água nas regiões urbanas impulsiona a necessidade do gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos e, nesse aspecto, a necessidade de se responder questões simples, porém importantes, como:

- Por que proteger a água subterrânea?
- Contra o que se deve proteger a água subterrânea?
- Como proteger a água subterrânea?

A necessidade em se explicar as razões de proteger a água subterrânea e disso não estar totalmente compreendido na sociedade, talvez esteja relacionado ao histórico de larga utilização das águas superficiais ou pelo desconhecimento do potencial de utilização das águas subterrâneas ou ainda pela inobservância da atual abrangência de utilização das águas subterrâneas.

A civilização moderna já é refém da água subterrânea. Dados da Organização Mundial de Saúde indicam que na América Latina cerca de 175 milhões de pessoas dependem da água subterrânea, e, no Brasil, cerca de 40% da população, de acordo com levantamento do IBGE. No Estado de São Paulo, dados do DAEE indicam que 73% dos municípios são total ou parcialmente abastecidos pelo recurso hídrico subterrâneo. Montantes como os indicados acima, podem demonstrar a importância na proteção desse recurso.

Podem ainda serem acrescidos à lista de justificativas pela proteção da água subterrânea: os baixos custos de utilização deste recurso; a qualidade constan-

te; o baixo índice de susceptibilidade à contaminação e a facilidade no controle de qualidade, se comparado às águas superficiais e, principalmente, a disponibilidade.

O crescente aumento pela demanda do recurso hídrico subterrâneo e a ocupação da superfície pela urbanização criaram condições adversas à proteção das águas subterrâneas. Tais condições adversas comprometem tanto a quantidade como a qualidade, sendo agravadas pela impossibilidade de uma observação direta à ocorrência do problema.

Os problemas mais comuns que comprometem a disponibilidade do recurso hídrico subterrâneo são a superexploração e a contaminação. A falta de gerenciamento na utilização do recurso hídrico subterrâneo não permite evitar a ocorrência destes problemas, sendo detectados somente em condições muito críticas de comprometimento.

A superexploração caracteriza-se pela demanda superior à disponibilidade e é refletida através da diminuição dos níveis potenciométricos dos poços e queda na produção de água. As consequências associadas a este problema podem ser, entre outros:

1. Econômicas – maior custo de exploração, devido à maior profundidade do nível de água; perda de poços por tornarem-se secos ou com baixíssima produção; necessidade de trazer água de local mais distante;
2. Ambientais – alteração na qualidade da água devido a desequilíbrios físico-químicos causados pelo bombeamento excessivo do aquífero; e
3. Estruturais – acomodações de solo que podem provocar desabamentos de relevo, bem como de edificações, em decorrência de alívios de pressão ocasionados pela remoção de grandes volumes de água.

A contaminação dos aquíferos é um problema ainda mais comum que os de superexploração, pois, invariavelmente, ocorre nas áreas urbanas, seja associada à ocupação residencial ou pelas atividades produtivas (indústrias, comércios e serviços).

A carga de contaminante da ocupação residencial está associada, sobretudo, ao esgoto e, com isso, a

contaminações por nitrato e microrganismos e à disposição dos resíduos sólidos urbanos que, nos países menos desenvolvidos são depositados em locais inadequados, sem qualquer tipo de confinamento, nos denominados lixões.

As atividades produtivas podem provocar contaminações com índices de toxicidade mais elevados, relacionados ao uso de produtos químicos que podem causar somente intoxicações agudas, o que já é grave, mas também, câncer e mutações genéticas. Se por um lado, são contaminações mais agressivas, por outro lado, as contaminações do setor produtivo são mais localizadas que às de origem residencial.

Independente da origem da contaminação, o controle e a proteção em relação a este problema devem ser considerados, pois os custos associados aos projetos de remediação ambiental de água subterrânea são muito elevados, podendo eventualmente inviabilizar a utilização do recurso hídrico subterrâneo para finalidades mais nobres como, por exemplo, consumo humano.

No Brasil, podem ser verificados todos os elementos que condicionam a necessidade do gerenciamento da exploração do recurso hídrico. Em muitos centros urbanos que dependem da água subterrânea já foram constatados problemas de superexploração e/ou contaminação e, em tantos outros nem sequer foram avaliadas a potencialidade destes problemas ocorrerem.

No sentido de alcançar o objetivo de proteger os recursos hídricos subterrâneos são necessárias ações integradas, entre as quais podem ser destacadas: o desenvolvimento de um arcabouço legal consistente; melhor aparelhamento dos gestores públicos na fiscalização das leis; a conscientização dos usuários, o fortalecimento dos comitês de bacias, através da participação de todos os setores da sociedade, entre outras.

No entanto, todas as ações, independentemente da esfera que ocorram, devem ser embasadas no conhecimento técnico. Não será possível o adequado gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos sem conhecer aspectos como: a dinâmica dos aquíferos de interesse; os perímetros de proteção dos poços; a disponibilidade hídrica subterrânea; os índices de vulnerabilidade dos aquíferos; a caracterização química natural das águas subterrâneas.

Todo este entendimento deverá ainda ser contrastado aos aspectos de ordem socioeconômicas que diretamente influenciam no modelo de uso e ocupação do solo, nos perfis de consumo e na potencialidade de cargas contaminantes.

A partir do conhecimento técnico é que poderão ser adotadas medidas de controle para proteção das águas subterrâneas em busca do desafio de prover à sociedade os recursos hídricos subterrâneos.

# ÁGUA: USO E GESTÃO NO SÉCULO XXI – ÁGUAS SUBTERRÂNEAS RESERVAS DE OPORTUNIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO SOCIAL E ECONÔMICO

Paulo Lopes VARELLA NETO

Agência Nacional de Águas – ANA. Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Blocos “B”, “L” e “M”.  
CEP 70610-200. Brasília, DF. Endereço eletrônico: paulovarella@ana.gov.br

A água literalmente permeou a história da civilização humana, condicionando a ocupação do homem, seja na nucleação de aglomerados humanos que deram origem as primeiras cidades, seja na ocupação de terrenos para o desenvolvimento de práticas agrícolas e de criação de animais, entre outras. A localização das principais civilizações foi inteiramente condicionada pela presença da água.

Estima-se que a terra tenha cerca de 1,4 bilhão de km<sup>3</sup> de água, entretanto, desse espetacular volume 97% se referem a água salgada dos mares e oceanos. Dos 3% restantes, a quase totalidade encontra-se disposta como geleiras nas calotas polares; restando, assim uma ínfima parcela de 0,001 do total, como água doce utilizável, sendo que desse montante grande parte é constituído por águas subterrâneas.

As águas estão distribuídas de forma desigual, há regiões com grandes contingentes populacionais, como a África, Ásia e Europa e baixa disponibilidade hídrica superficial. Os dados da ONU indicam que metade da população mundial em 2025, cerca de 4 bilhões de pessoas, poderá ter sérios problemas de escassez de recursos hídricos.

O Brasil, com suas dimensões continentais, é detentor de cerca de 12% dos recursos hídricos superficiais do planeta, considerando nesse montante, naturalmente a contribuição das águas subterrâneas, via o fluxo de base desses mananciais superficiais. A distribuição populacional em nosso país é diametralmente oposta à disponibilidade hídrica. A região amazônica é ocupada por cerca de 7% da população, mas concentra cerca de 70% das águas superficiais. Por outro lado, as regiões nordeste e sudeste têm juntas, por volta de 70% da população e dispõem somente de 9% dos recursos hídricos superficiais.

A concentração populacional brasileira ao longo da faixa litorânea, justamente onde a disponibilidade hídrica é menor, associada ao elevado contingente de migração interna, onde o país passou de uma população predominantemente rural nos anos 50 (63%) para os dias atuais onde a zona urbana concentra 81% da população,

acarretou substancial degradação da qualidade da água, advindo da insuficiente cobertura da rede de coleta e tratamento de esgotos do país.

Para o enfrentamento das grandes questões relativas à gestão dos recursos hídricos no Brasil foi concebida a Lei 9433/97-Lei das Águas que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esse diploma legal, considerado um dos mais avançados do mundo no que tange a gestão de recursos hídricos, impõe ao País um modelo de gestão descentralizado e participativo.

A Lei das Águas tem o seu foco voltado para a proclamação dos princípios básicos do setor de recursos hídricos (a bacia hidrográfica como unidade de planejamento; água é um recurso natural e limitado, dotado de valor econômico e é bem de domínio público; o uso prioritário para o consumo humano e dessedentação animal, em casos de escassez; a gestão deve ser descentralizada, participativa, e proporcionar o uso múltiplo), no estabelecimento dos instrumentos de gestão (plano de recursos hídricos, enquadramento dos corpos de água, cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o sistema de informações sobre recursos hídricos); e na criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A água subterrânea tem grande importância estratégica e como fonte atual de suprimento hídrico. Os usos múltiplos das águas subterrâneas são crescentes: além do abastecimento, há uso para irrigação, indústria, engarrafamento de águas minerais, balneoterapia, entre outros.

Embora o uso do manancial subterrâneo seja complementar ao superficial em muitas regiões do Brasil, em outras áreas a água subterrânea representa a principal fonte hídrica. Ela desempenha importante papel no desenvolvimento socioeconômico do país. Entre 70-90% do abastecimento dos municípios brasileiros é, pelo menos, parcialmente feito por água subterrânea. Já cerca de 95% das indústrias fazem uso dessa fonte.

As águas subterrâneas têm grande alcance social, pois os poços tubulares, quando bem construídos e protegidos, garantem a sobrevivência e a saúde da população. Os dados do último Censo (2000) revelam que 15,6% dos domicílios brasileiros utilizam exclusivamente água subterrânea para o abastecimento. No Estado de São Paulo, 72 % dos municípios são total ou parcialmente abastecidos por água subterrânea sendo que 48% são totalmente abastecidos por esse manancial, a exemplo da cidade de Ribeirão Preto, com população por volta de 600 mil habitantes. A agricultura irrigada, por ocupar quase 4 milhões de hectares e apresentar grande demanda unitária de água, responde por cerca de 46% da retirada de água no país, sendo o maior usuário desse recurso.

Cerca de 90% dos rios brasileiros tem a sua perenidade dependente do fluxo de base- provenientes da contribuição dos aquíferos, de forma que existe uma estreita dependência entre águas superficiais e subterrâneas. Nesse sentido, a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos é vital. Ela deve ser holística e sistêmica, com risco de, no médio prazo, os órgãos gestores de recursos hídricos estaduais e federais possam utilizar balanços hídricos pouco representativos, uma vez que tratam separadamente cada componente do ciclo hidrológico.

A Agência Nacional de Águas executa, desde maio/2007, o seu Plano Estratégico de Águas Subterrâneas, o qual tem como macro objetivo à implementação da efetiva gestão integrada de recursos

hídricos subterrâneos e superficiais no País. O contorno jurídico do Plano está em consonância com os ditames da Constituição Federal, a indelével dominialidade das águas subterrâneas dos Estados e, naturalmente nos preceitos legais (Lei 9433/97 e 9984/00) e infralegais (Resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos) que impõem uma gestão integrada de recursos hídricos.

O Plano tem a sua diretriz basilar voltada para dotar os órgãos gestores de recursos hídricos estaduais de conhecimento hidrogeológico, técnico-gerecncial e de capacitação, específica em águas subterrâneas, para que possam realizar adequadamente a gestão sistêmica e integrada dos recursos hídricos. Contempla quatro grandes objetivos:

- Apoiar a gestão das águas subterrâneas nos Estados;
- Ampliar o conhecimento hidrogeológico nacional;
- Promover a aplicação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos nas águas subterrâneas;
- Apoiar a gestão compartilhada de aquíferos interestaduais e transfronteiriços.

A gestão integrada dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais transcende a questão da dominialidade, deve ter abrangência nacional e não se ater às esferas estadual ou federal. É um desafio que perpassa a todos os integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

# DESASTRES NATURAIS: CAUSAS E CONSEQÜÊNCIAS

Eduardo Soares de MACEDO

Centro de Tecnologias Ambientais e Energéticas, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT.  
Avenida Professor Almeida Prado, 532 – Cidade Universitária. CEP 05508-901. São Paulo, SP. Endereço eletrônico: esmacedo@ipt.br

Nas últimas décadas da história contemporânea, observa-se um aumento no número de desastres, sejam naturais, sejam provocados pelo homem, com importantes resultados em termos de perdas humanas e danos materiais. Estes podem levar a graves crises socioeconômicas as regiões e até países menos preparados para a resposta a esses desastres.

Preocupa a comunidade internacional o aumento da vulnerabilidade das populações em grande parte do planeta.

Os principais desastres naturais são: vulcanismo, terremotos, escorregamentos, tsunamis, inundações,

tempestades (furacões, ciclones, tornados etc.), secas/desertificação. Estes apresentam efeitos diversos à população, sendo observado, principalmente, a fome e as doenças.

A frequência destes eventos mais do que duplicou entre os anos de 1500 e 2008. As grandes catástrofes naturais que ocorreram neste período são atribuídas, em proporções semelhantes, aos terremotos, erupções vulcânicas, tempestades e inundações. Ressalta-se que os desastres que resultaram em mais da metade das perdas humanas correspondem aos terremotos e as erupções vulcânicas, conforme Quadro a seguir.

PRINCIPAIS DESASTRES NATURAIS ENTRE 2297 AC – 2008			
Tipo de Desastre	Ano	Local	Número de Vítimas
Inundação	2297 AC	Rio Amarelo e Rio Yang-Tsé (China)	Milhões
Erupção Vulcânica	79	Vesúvio (Pompéia, Itália)	20 mil
Terremoto	526	Antioquia (Síria)	250 mil
Surto epidêmico, fome e seca	1333-1347	China	Mais de 9 milhões
Terremoto	1556	Shensi (China)	800 mil
Erupção Vulcânica	1631	Nápoles (Itália)	3 mil
Terremoto	1668	Turquia	8 mil
Terremoto	1730	Hokkaido (Japão)	140 mil
Terremoto e Tsunami	1775	Lisboa (Portugal)	30 mil
Terremoto	1737	Calcutá (Índia)	300 mil
Tsunami	1775	Índia	60 mil
Terremoto	1780	Irã	200 mil
Furacão	1780	Caribe	22 mil
Erupção Vulcânica	1815	Sumbawa (Indonésia)	90 mil
Tsunami	1826	Japão	27 mil
Terremoto	1857	Nápoles (Itália)	11 mil
Ciclone	1864	Índia	70 mil
Ciclone	1876	Bangladesh	200 mil
Secas	1876-1878	China	9 milhões
Tufão	1881	China	300 mil
Tsunami	1883	Indonésia	36 mil
Inundação	1887	Huayan Kou (China)	1 milhão
Terremoto	1891	Mino-Owari (Japão)	7 mil
Tsunami	1896	Sanriku (Japão)	27 mil
Terremoto	1897	Índia	1,5 mil
Furacão	1900	Galveston (U.S.A)	8 mil
Erupção Vulcânica	1902	Martinica	38 mil
Terremoto	1906	São Francisco (U.S.A)	3 mil
Terremoto	1906	Chile	20 mil
Terremoto	1908	Messina (Itália)	70 mil
Terremoto	1920	Gansu (China)	200 mil
Terremoto	1923	Yokohama (Japão)	143 mil
Terremoto	1927	Nanshan (China)	200 mil

Furacão	1928	Flórida (U.S.A)	1,8 mil
Enchentes	1931	China	3,7 milhões
Terremoto	1932	Gansu (China)	70 mil
Terremoto	1933	Sanriku (Japão)	3 mil
Terremoto	1934	Bihar (Índia)	10,7 mil
Terremoto	1935	Quetta (Paquistão)	60 mil
Inundações	1938	Nova York (E.U.A)	600
Terremoto	1939	Erzican (Turquia)	33 mil
Terremoto	1944	Tononkai (Japão)	1,2 mil
Terremoto	1946	Nankaido (Japão)	1,3 mil
Terremoto	1948	Turcomenistão	100 mil
Terremoto	1950	Assam (Índia)	1,5 mil
Inundação	1953	Holanda	1,7 mil
Inundação	1953	Irã	10 mil
Tufão	1958	Japão	5 mil
Terremoto	1960	Marrocos	10 mil
Terremoto	1960	Chile	5,7 mil
Erupção Vulcânica	1962	Peru	3 mil
Terremoto e deslizamentos	1970	Peru	66 mil
Ciclone	1970	Bangladesh	300 mil
Inundação	1971	Vietnã	100 mil
Terremoto e Inundação	1972	Nicarágua	10 mil
Inundação	1974	Bangladesh	28 mil
Terremoto	1975	Haicheng (China)	10 mil
Terremoto	1976	Tangshan (China)	750 mil
Terremoto	1976	Guatemala	23 mil
Ciclone	1977	Andhra Pradesh (Índia)	10 mil
Furacão	1979	Caribe	2 mil
Erupção Vulcânica	1982	México	1,8 mil
Terremoto	1982	Iêmen	3 mil
Terremoto	1985	Cidade do México	9,5 mil
Corrida de lama	1985	Colômbia	23 mil
Terremoto	1988	Armênia	55 mil
Inundação	1988	Bangladesh	1,3 mil
Terremoto	1990	Gilan e Zanjan (Irã)	35 mil
Tsunami	1991	Bangladesh	138 mil
Terremoto	1993	Latur (Índia)	22 mil
Terremoto	1995	Kobe (Japão)	5,5 mil
Tsunami	1998	Papua (Nova Guiné)	2,2 mil
Inundação	1998	China	3,6 mil
Furacão e Inundação	1998	América Central	12 mil
Terremoto	1998	Afganistão	10 mil
Terremoto	1999	Colômbia	1,1 mil
Terremoto	1999	Izmit (Turquia)	17 mil
Terremoto	1999	Taiwan	2,4 mil
Ciclone	1999	Orissa (Índia)	7,6 mil
Inundação	1999	Venezuela	20 mil
Terremoto	2001	Gujarat	20 mil
Terremoto	2001	El Salvador	850
Terremoto	2002	Afganistão	2,5 mil
Terremoto	2003	Argélia	2,2 mil
Onda de calor	2003	Andhra Pradesh	1,3 mil
Onda de calor	2003	França, Espanha, Itália	50 mil
Terremoto	2003	Bam (Irã)	26,3 mil
Terremoto	2004	Al-Hoceima (Marrocos)	571
Inundação	2004	Haiti	2,4 mil
Tufão	2004	Filipinas	1 mil
Inundação	2004	China	1,3 mil
Tsunami	2004	Sudeste da Ásia	158 mil
Terremoto	2005	Zarand (Irã)	500
Terremoto	2005	Nias (Indonésia)	1 mil
Inundações	2005	China	567
Furacão	2005	Louisiana e Mississippi	1 mil
Terremoto	2005	Paquistão e Índia	80,5 mil
Inundação	2005	América Central	1,4 mil
Chuvas	2006	Filipinas	200
Terremoto	2006	Indonésia	6,2 mil
Tsunami	2006	Indonésia	540
Onda de calor	2007	Hungria	500
Terremoto	2007	Peru	510
Ciclone	2008	Mianmar	78 mil
Terremoto	2008	China	Mais de 80 mil

No Brasil, os principais processos do meio físico que ocorrem são: inundação, deslizamento; seca e erosão. Outros processos também ocorrem, mas com menor incidência, tais como terremotos, tornados e subsidências. Destes, as inundações causam os maiores prejuízos econômicos e os deslizamentos a maior quantidade de vítimas fatais. Levantamentos do IPT mostram que de 1988 a 2008 mais de 1700 pessoas foram vitimadas por deslizamentos no Brasil.

Como existe uma estreita relação entre a urbanização descontrolada, sem critérios técnicos e com alta participação das camadas mais pobres da população, o planejamento urbano, as políticas habitacionais e educacionais, as informações públicas e treinamento de agentes públicos estão entre as medidas mais eficazes para a prevenção e controle dos prejuízos socioeconômicos.

No entanto, todas as medidas preconizadas e que estão em aplicação devem sofrer avaliação dado o novo paradigma que regerá as relações homem/meio ambiente: as mudanças climáticas. Espera-se, por exemplo, que no sudeste brasileiro haverá aumento de

temperatura, aumento de umidade e, portanto, aumento das chuvas, o que pode vir a aumentar a ocorrência de eventos extremos, responsáveis pelas inundações e parte dos deslizamentos.

Desta forma, o foco dos trabalhos em desastres deverá ser o da adaptação das nossas ações e da realidade de nossas cidades às mudanças climáticas. Adaptação deve ser entendida como avanço e melhoria nas medidas adotadas para minimizar os efeitos adversos na economia, saúde pública e na qualidade ambiental. No caso dos processos que afetam as áreas urbanas, principalmente inundações e deslizamentos, está se falando em adaptações no ambiente construído e na infraestrutura das nossas cidades.

De qualquer forma, com ou sem mudanças climáticas, a tendência é de aumento da ocupação desordenada, com maior número de áreas de risco e maior quantidade de vítimas.

Um processo de mudanças nas políticas urbana, econômica, habitacional e educacional pode indicar um caminho para que nossas cidades se tornem mais seguras.



# REGISTROS RECENTES DE SISMICIDADE NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

João Carlos DOURADO

Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista,  
Campus Rio Claro. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP.  
Endereço eletrônico: jdourado@rc.unesp.br

Dentre os agentes dos desastres naturais, os terremotos são, sem dúvida, um dos mais catastróficos.

O Brasil, por se situar no meio da Placa Tectônica Sul-Americana, possui baixo risco de ocorrência de eventos sísmicos capazes de gerar grandes perdas materiais e perda de vidas humanas. Porém ocorreram nos últimos seis meses dois eventos que de certa maneira causaram preocupações na população em geral, na comunidade científica e em órgãos ligados governamentais ligados ao monitoramento e prevenção de desastres naturais.

Os eventos são: sismo de São Vicente, SP e sismo de Itacarambi, MG.

O evento de São Vicente ocorreu aproximadamente às 21:00 horas do dia 22/04/2008, teve magnitude de 5,2 na Escala Richter e foi sentido em pelo menos 4 estados: São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Paraná, sendo que as maiores intensidades foram sentidas no Estado de São Paulo, notadamente no litoral e na Capital.

O segundo evento aconteceu nos primeiros minutos do dia 09/12/2007 no povoado de Caraíbas, no município mineiro de Itacarambi, perto da divisa com o Estado da Bahia. Este evento causou danos severos em várias construções residenciais, causando inclusive desmoronamentos parciais de algumas casas e a destruição total de, pelo menos, uma delas. Infelizmente este evento também causou ferimentos em seis pessoas e uma vítima fatal, constituindo-se no primeiro terremoto que ocorreu em território brasileiro a causar uma fatalidade.

Devido à preocupação causada por estes eventos é necessário que a comunidade científica de respostas que expliquem estes fenômenos, para que a população e o governo saibam como proceder. E uma dos estudos que devem ser feito é sobre a sismicidade das regiões onde ocorreram os sismos, pois desta forma pode-se entender como eles são gerados e de certa forma prever, pelos menos de forma bastante geral, a ocorrência espacial e temporal de novos episódios.

Os dois eventos podem ser classificados como originados de sismicidade intraplaca.

Como na maioria das regiões onde ocorrem eventos ligados à sismicidade intraplaca é muito difícil determinar qual o tectonismo gerador destes eventos.

Quanto ao sismo de São Vicente existem pelos menos três hipóteses que devem ser melhores estudadas visando explicar esta sismicidade:

- Resposta de esforços locais de flexura (devido à carga de sedimentos da plataforma) associados com uma menor resistência da crosta causada pelo grande estiramento crustal ocorrido durante a fase de separação entre a América do Sul e África (Assumpção, 1998).
- A ruptura e afundamento da litosfera oceânica devido ao processo de envelhecimento e aumento de densidade.
- Regimes compressivos existentes no interior da Placa Sul Americana, devido à convergência entre as placas de Nazca e América do Sul combinado com o empurrão da dorsal meso-oceânica, causando acúmulos de tensões compressivas em determinadas regiões como nas plataformas continentais.

Com relação ao Sismo de Itacarambi, a hipótese mais provável é que ele tenha sido originado através de movimentações de uma falha existente na região.

Considerando-se os dois eventos podem-se fazer as seguintes apreciações:

- A solução adotada para Itacarambi pelos órgãos governamentais, ou seja, transferir a população do povoado para outra localidade, não é apropriada, pois não existe garantia de que esta outra localidade estará isenta de terremotos e caso ocorra eventos semelhantes em localidades maiores, não será possível adotar a mesma prática.
- Pelos dados acumulados pelo Boletim Sísmico Brasileiro, não existem evidências que a sismicidade no Brasil esteja aumentando, mas sim que o

aumento da ocupação do território e dos equipamentos de detecção (sismógrafos) possibilita um maior registros do evento.

Ressalta-se que o número de estações sismoló-

gicas no Brasil é muito pequeno, impossibilitando o estudo mais aprofundado da sismicidade, como a determinação do mecanismo focal dos sismos regionais ou locais que ocorrem no país.

---

ASSUMPCÃO, M. Seismicity and stresses in the Brazilian Passive Margin. *Bulletin of Seismological Society of America*, v. 88, n. 1, p. 160-169, 1998.

# PANORAMA DOS RECURSOS ENERGÉTICOS BRASILEIROS

Paulo METRI

Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Rua General Severiano, 90. CEP 22294-900.  
Rio de Janeiro, RJ. Endereço eletrônico: pmetri@cnen.gov.br

De forma simplificada, pode-se dizer que “reservas” correspondem aos recursos minerais ou aos potenciais hidráulicos que já foram avaliados e dimensionados. Os recursos e reservas energéticas brasileiras conhecidas em 31/12/06, segundo o Balanço Energético Nacional de 2007, nos tranquilizam com relação ao suprimento energético do país. Com os recursos existentes, a sociedade brasileira não terá que depender do fornecimento externo de energia. Outros países, possuidores de alguns dos maiores PIB do mundo, são dependentes do suprimento externo, principalmente, de petróleo e urânio. Os Estados Unidos importam cerca de 65% da sua necessidade de petróleo. A França e o Japão, com dois dos maiores programas nucleares, não têm urânio, além de não terem petróleo. A Alemanha e a Itália não têm petróleo, nem urânio, mas não têm programas nucleares vigorosos. Ou seja, a garantia de suprimento energético é um dos maiores problemas de muitos dos países desenvolvidos.

A invejável posição brasileira deve-se, em parte, à premiação concedida pela natureza aos brasileiros, mas, é também devido à nossa capacidade de interpretar dados geológicos e geofísicos, de resolver problemas tecnológicos e de engenharia, e de gerenciar empreendimentos de difícil nível de execução. Provamos que o carro a álcool era viável, temos um alto índice de produtividade para obtenção de álcool a partir da cana, sabemos descobrir e retirar o petróleo que ocorre no subsolo da costa brasileira, conhecemos a tecnologia de geração elétrica a partir do urânio, já construímos muitas hidroelétricas e ainda temos algumas a construir, respeitando o meio ambiente e as comunidades locais. Temos reservas consideráveis de petróleo, gás natural, urânio e energia hidráulica. Poucos países congregam tantas opções de suprimento energético, além de possuírem as respectivas tecnologias de produção, transporte, processamento, distribuição e consumo da energia.

As reservas brasileiras oficiais de petróleo, no presente momento, estão acima da cifra de 13 bilhões de barris, o que permite o abastecimento do país por

cerca de 17 anos. No entanto, o país deverá adicionar quantidade substancial de petróleo às suas reservas graças às descobertas do pré-sal, algo entre 30 e 80 bilhões de barris. Na melhor das hipóteses, o Brasil passará a ter reservas de cerca de 90 bilhões de barris, o que o leva à condição de sexto país do mundo em reservas de petróleo, ultrapassando até a Venezuela e a Rússia. Se confirmada esta cifra de 90 bilhões de barris, ela representa um lucro líquido, após o pagamento de impostos, de US\$ 9 trilhões.

A atual reserva brasileira de urânio é de 309.000 toneladas de U3O8 e é a sexta do mundo. Este valor foi obtido com a pesquisa em somente 30% do território nacional, significando que, se a pesquisa for ampliada, podemos encontrar novas jazidas. A reserva de urânio conhecida hoje é suficiente para que 16 usinas iguais à de Angra 2 funcionem durante suas vidas úteis, cerca de 60 anos. Ao preço de mercado de US\$ 90 por libra de U3O8, esta reserva vale aproximadamente US\$ 56 bilhões.

O potencial hidráulico brasileiro, incluindo os aproveitamentos já construídos e os a construir, é de 144 GW ano, o que corresponde a cerca de 1.260 TWh por ano. Em 2006, o Brasil gerou 377.644 GWh, através de diversas tecnologias, que utilizam diferentes fontes: hidroelétricas, termoeletricas a gás natural, a óleo diesel, a óleo combustível, a carvão vapor, nucleoeletricas e outras, mas a principal fonte para geração elétrica, no nosso país, é a energia hidráulica, responsável por 335.761 GWh em 2006.

A garantia de suprimento de petróleo tem sido responsável, por exemplo, pela aproximação entre a Rússia e a Alemanha e entre a Rússia e a China, a invasão militar do Afeganistão e do Iraque pelos americanos, uma maior disposição ao diálogo entre a França e países árabes, a invasão comercial do continente africano pelos chineses, o tolhimento do avanço do liberalismo na Ucrânia etc.

Desta forma, um país possuir grandes reservas de petróleo, no mundo atual, acima das necessidades de sua população, significa ter a possibilidade de reter para esta população, a maior parte do lucro colossal

conseqüente da exportação de petróleo e de poder agir como ator geopolítico.

Infelizmente, a nossa atual lei do petróleo (nº 9.478/97) entrega para a empresa que o descobre e produz, a sua propriedade, deixando para a sociedade somente a taxaço sobre a produço. Como a fixaço da alíquota da taxaço passa por um processo político, grupos de poder econômico sempre saem beneficiados.

Melhor seria para a sociedade se a propriedade do petróleo produzido fosse da União, podendo esta subcontratar firmas para explorar e produzir petróleo sem serem remuneradas com o próprio petróleo produzido. Desta forma, o Brasil não estaria doando imensa parcela do seu patrimônio para grupos privados e não estaria abdicando de exercer o poder geopolítico que a natureza lhe concedeu.

# ENERGIA NUCLEAR

Paulo METRI

Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Rua General Severiano, 90.  
CEP 22294-900. Rio de Janeiro, RJ. Endereço eletrônico: pmetri@cnen.gov.br

A energia nuclear tem aplicações em diversas áreas, a saber: geração de energia elétrica; utilização de radioisótopos e radiofármacos na área de saúde, como nas tomografias por emissão de pósitrons (PET) ou nos tratamentos radioterápicos; aplicação de radiação em indústrias, como em esterilização de materiais de uso médico e industrial; aplicação de radiação na agricultura, para, por exemplo, irradiação de alimentos, especialmente frutas, ou esterilização de agentes de pragas; aplicação de radiação em monitoramento do meio-ambiente, para identificação de aquíferos; e, o mais recente uso, em um novo processo de dessalinização da água do mar.

Na história do desenvolvimento da energia nuclear, aparecem, com frequência, as preocupações de diversos atores, inclusive os cientistas dos primórdios destas pesquisas, com o uso bélico desta fonte de energia. O argumento do uso dual da tecnologia nuclear, apesar de ser uma preocupação válida, é também utilizado pelos países desenvolvidos para tolher o avanço desta tecnologia em países emergentes, pois não há interesse que eles cresçam como concorrentes do oligopólio estabelecido, em um mercado de produtos e serviços nucleares, que movimenta no mundo cerca de US\$ 50 bilhões por ano. A história da energia nuclear no Brasil repete a de outros setores vitais para a nossa sociedade, onde grupos econômicos, muitos deles estrangeiros, estão em constante ação pela posse das nossas riquezas para auferirem lucros e os tomadores de decisões nacionais, via de regra, esquecem o interesse coletivo, permitindo a transferência destas riquezas.

Em 2006, 15,2 % da energia elétrica gerada no mundo foi de origem nuclear, só perdendo das térmicas a carvão (40,3%) e das térmicas a gás natural (19,7%), e praticamente igualando a geração das hidroelétricas (16,0%). Cerca de 78% da energia elétrica gerada na França, em 2005, foi de origem nuclear e, apesar de nos Estados Unidos, só 19,9% da eletricidade gerada, neste mesmo ano, ter sido de fonte nuclear, esta

percentagem correspondeu a aproximadamente a 780 TWh. Para efeito de comparação, a oferta interna de energia elétrica no Brasil, neste ano, foi de 442 TWh, obtida a partir de todas formas de geração existentes aqui e incluindo a parcela importada de Itaipu. Existiam, em 2005, 441 usinas nucleares operando no mundo e 25 estavam em construção, sendo que, dentre as 441 que estavam em funcionamento, 215 utilizavam a tecnologia PWR. Só os Estados Unidos tinham 104 usinas nucleares, neste ano. No Brasil, a participação nuclear foi, em 2006, somente 3% da geração elétrica total.

O Brasil possui a sexta reserva mundial de urânio, 309.000 t de U3O8, tendo sido pesquisado somente 30% do território nacional. Possui, também, praticamente todas as tecnologias do ciclo do combustível nuclear. Se compararmos a lista dos países com grandes reservas de urânio e a lista dos países que dominam todas as tecnologias do ciclo do combustível nuclear, veremos que só o Brasil e os Estados Unidos estão nas duas. Assim, se o Brasil vier a ser exportador de urânio, deverá exportar urânio enriquecido ou elementos combustíveis, produtos com imenso valor agregado. Por outro lado, se buscarmos os países que têm grandes programas nucleares e não têm urânio que sirva para atender às suas necessidades, vamos encontrar a França, o Japão, a China e a Índia. O interessante é que todos estes têm plantas de enriquecimento isotópico, sem terem urânio.

Assim como existe, atualmente, a geopolítica do petróleo, a geopolítica do urânio irá prevalecer em anos futuros e as ações dos países poderosos serão no sentido de garantir o suprimento do insumo que lhes permite a geração nucleoeleétrica. O país, que possuir urânio em quantidade tal que seja possível sua exportação, desde que este urânio não tenha sido entregue a empresas privadas, poderá condicionar o abastecimento de outros países a trocas de interesse para sua sociedade ou a apoios em votações em órgãos multilaterais etc.



# O PETRÓLEO NO ATUAL QUADRO ENERGÉTICO BRASILEIRO

Pedro Victor ZALÁN

Petróleo Brasileiro S/A - PETROBRAS. Avenida República do Chile, 65 – 14º andar, sala 1401.  
CEP 20031-912. Rio de Janeiro, RJ. Endereço eletrônico: zalan@petrobras.com.br

A indústria petrolífera brasileira atravessa um *boom* de resultados positivos sem precedentes em sua curta história. Independentemente dos atuais preços recordes que o barril de petróleo tem alcançado nos últimos meses, os níveis de reservas provadas, de novas descobertas e de produção têm apresentado crescimentos significativos contínuos, ano após ano, especialmente nos últimos 6 anos. E suas tendências, metas e previsões para os próximos 10, ou até 20 anos, são similarmente de incrementos ininterruptos.

Muito embora o mercado petrolífero brasileiro esteja aberto para todas as companhias nacionais e estrangeiras atuarem livremente desde 1997, quando o monopólio estatal do petróleo foi encerrado no Brasil, a história e o espelho atual da indústria no país ainda refletem quase que integralmente a trajetória da Petrobras. Criada formalmente em 3 de Outubro de 1953, a Petrobras iniciou suas atividades 95 anos após a perfuração do famoso poço do Coronel Drake, primeiro poço a descobrir petróleo no mundo, em 1859, na Pensilvânia, USA. É extremamente importante frisar que quando a Petrobras começou as suas atividades exploratórias e de produção de petróleo, a indústria mundial já contava com um século de atividades, experiência e tecnologia. Em meio século apenas, a empresa que começou praticamente do zero alçou-se para o seleto grupo de grandes empresas petrolíferas internacionais, tornou-se líder mundial, reconhecida e premiada, em tecnologias sofisticadíssimas de exploração, e principalmente de produção, em águas profundas e ultra-profundas. Atualmente, destaca-se como uma das maiores detentoras de reservas e uma das maiores produtoras de petróleo do mundo.

Quando a Petrobras iniciou suas atividades em 01 de Maio de 1954 sua produção era de apenas 2180 bopd, contra um consumo nacional de 137.000 bopd (a produção equivalia a apenas 1,6% das necessidades do país). A refinaria de Mataripe (a primeira do Brasil) encontrava-se ainda em construção. Suas reservas provadas eram de cerca de 16,8 milhões de barris de óleo equivalente (boe, óleo e gás juntos, gás convertido para barril de óleo equivalente). Já haviam sido descobertos os campos de Pojuca, Candeias, Água

Grande e D. João, na Bacia do Recôncavo. Ao final de 2007 sua produção era de 1.792.000 bopd de petróleo e de 2.065.000 boepd (óleo e gás juntos, gás convertido para barril de óleo equivalente), oriundos de 312 concessões de produção, situadas em 11 bacias sedimentares diferentes, do Amazonas até Santa Catarina. Um crescimento de 1000 vezes em apenas 54 anos. Hoje em dia, o Brasil é auto-suficiente em petróleo, isto é, produz aproximadamente o mesmo volume que consome de petróleo. Ao final de 2007 suas reservas provadas eram de 13,92 Gboe (pelo critério da *Society of Petroleum Engineers*) (crescimento de 829 vezes). Ao final de 2007 a Petrobras era a 15ª companhia de petróleo do mundo (segundo a *Petroleum Intelligence Weekly*), detentora da 17ª maior reserva de petróleo do mundo, sendo a 10ª maior produtora de petróleo. A Petrobras conta no presente com 14 refinarias (3 no exterior). Desde 11 de Março de 2007, a Petrobras tem sido considerada como uma das Sete Novas Irmãs (*Financial Times*), grupo das sete companhias estatais mais importantes do mundo, ao lado da Saudi Aramco (Arábia Saudita), GAZPROM (Rússia) e NIOC (Irã). Ao final de 2007, em termos de valor de mercado, a Petrobras era a sexta mais valiosa companhia petrolífera do mundo (*ranking* da PFC), à frente de gigantes multinacionais como a British Petroleum, Total e Chevron. No dia 16 de maio de 2008, impulsionado pela alta dos preços do petróleo e pelas notícias de descobertas significativas no pré-sal da Bacia de Santos, o valor da Petrobras chegou a U\$ 287,711 bilhões de dólares, sendo considerada a sexta companhia de capital aberto mais valiosa do mundo, entre todos os ramos da indústria.

A Petrobras começou com equipe própria de geólogos, geofísicos e engenheiros, com intenso treinamento no exterior, a pesquisar petróleo em bacias terrestres. Entre 1954 e 1968 (Ciclo de Terra) realizou descobertas importantes, mas modestas em termos de volume, nas Bacias do Recôncavo e Sergipe-Alagoas. Em 23 de junho de 1968 a Petrobras perfurou seu primeiro poço (1-ESS-1) na plataforma continental brasileira, nas águas rasas do Espírito Santo. Muito

embora este poço tenha resultado seco, o segundo perfurado nas águas rasas de Sergipe descobriu o campo de Guaricema, produtor até os dias de hoje de petróleo de boa qualidade. Entre 1968 e 1984 (Ciclo de Águas Rasas) a Petrobras contabilizou uma série impressionante de descobertas de óleo na plataforma continental brasileira, desde a Bacia do Ceará até a Bacia de Santos.

A Petrobras destacou-se no cenário mundial pelas descobertas de óleo nas águas profundas da Bacia de Campos, para onde, quebrando paradigmas vigentes na indústria mundial na década de 80, partiu corajosamente para a exploração de rochas-reservatório do tipo turbiditos (arenitos depositados por correntes de turbidez, em antigos mares profundos). Entre 1984 e 1998 (Ciclo de Águas Profundas) volumes da ordem de dezenas de bilhões de barris de óleo *in place* foram descobertos pelos geólogos e geofísicos da Petrobras, empregando conceitos exploratórios desenvolvidos *in house*, inéditos no mundo, em arenitos turbidíticos com idades variando do Cenomaniano ao Mioceno. Estas descobertas rendem até hoje uma produção de 1.500.000 bopd na Bacia de Campos. A criatividade, a sofisticação e a capacidade demonstrada pelos engenheiros da Petrobras em colocar em produção campos de óleo situados entre 700 e 1800 m de lâmina d'água, neste ciclo, valeram para a companhia dois prêmios de reconhecimento outorgados pela prestigiosa *Offshore Technology Conference* em 1992 e 2000.

Entre 2002 e 2007 (em pleno Ciclo de Águas Profundas e Ultra-Profundas, 1998-Presente), mais 13 bilhões de barris de óleo equivalente foram descobertos, novamente em águas profundas e ultra-profundas da margem continental brasileira. Entretanto, diferentemente da fase anterior, estas descobertas notabilizaram-se pela variedade de situações geológicas (*plays* petrolíferos) em que este volume de petróleo foi descoberto. Carbonatos de tipos e idades variadas, vulcões, hiperpicnitos, turbiditos associados a rochas vulcânicas, astroblemas etc., são alguns dos exemplos onde a criatividade dos geólogos e geofísicos da Petrobras foi capaz de encontrar óleo pesado, óleo leve e gás.

O petróleo nacional caracterizava-se por ser predominantemente líquido (85%, óleo + LNG) e

subordinadamente gás (15%). A fração óleo pode ser decomposta em 74% de tipos pesados a intermediários e apenas 11% de tipo leve. Consequentemente, o valor de mercado do petróleo nacional sempre sofreu por causa desta qualidade, e, seus produtos refinados não supriam adequadamente o parque petroquímico nacional, forçando à importação de petróleo leve capaz de gerar todos os produtos petroquímicos necessários ao parque industrial brasileiro. Assim sendo, as notícias de descobertas de volumes significativos de petróleo do tipo leve, no ambiente geológico denominado de Pré-Sal, principalmente na Bacia de Santos, encheu a Petrobras e o Brasil de orgulho e de esperança, de poder o país, finalmente, se juntar ao seletivo e pequeno grupo de países portadores de grandes reservas de petróleo de alto valor comercial. Este *play* geológico se estende por grandes áreas da margem continental do sudeste do Brasil e promete a adição de vários bilhões de barris de óleo leve às reservas provadas do país.

Na matriz energética atual do Brasil, o petróleo e gás figuram como constituintes de 47% da oferta energética do país (em toneladas equivalentes de petróleo). Curiosamente, energias renováveis tais como hidroeletricidade, biomassa e biocombustíveis apresentam exatamente o mesmo valor. Isto confere ao Brasil uma confortável posição no quadro mundial de energia, exatamente no momento em que o petróleo no mundo atinge os seus níveis mais altos de preço ao longo de toda a sua história de 149 anos. Além de contar com reservas suficientes para 20 anos de produção ininterrupta aos níveis atuais, o país conta ainda com descobertas de alto potencial volumétrico e econômico que podem, inclusive, levá-lo a ser um exportador significativo de petróleo. Curiosamente, sua dependência energética de derivados de petróleo tenderá a diminuir drasticamente pelos próximos vinte anos para 28%, sendo sua parcela substituída pelo maior uso de gás (energia menos poluente) e de energia derivada de biomassa. Esta estratégia permitirá ao Brasil usufruir economicamente das últimas décadas de apogeu deste combustível não-renovável e finito, sem ficar energeticamente dependente e vulnerável ao mesmo.