

# MAPA DE VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL DE SAIS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Eugenio Antonio de Lima<sup>1</sup>; Dilermando Alves do Nascimento<sup>2</sup>; Selma Chaves Guilera<sup>3</sup>  
& Luiz Carlos Ribeiro Brandão<sup>4</sup>

**Resumo** - O Mapa de Variação da Concentração Total de Sais das Águas Subterrâneas da Região Nordeste reúne um acervo de 13.624 análises físico-químicas completas e delimita domínios quimicamente homogêneos com relação à salinidade das águas subterrâneas, a partir da averiguação dos valores da quantidade total de sais solúveis (resíduo seco). Esses dados servem de base, portanto, à análise e seleção de zonas mais e menos propícias à utilização dos recursos hídricos subterrâneos. Em termos gerais, é nítido o contraste existente entre as águas procedentes de rochas cristalinas (salinas) e as águas extraídas de terrenos sedimentares (potáveis), especialmente nas zonas de maior aridez, que correspondem à porção central da região, localizada no domínio do Polígono das Secas.

**Abstract** - The Map of Variation of Total Concentration in Salts of Northeast Region Underground Waters gather an amount of 13,624 complete physical-chemicals analysis and delimitates chemically homogeneous domains in relation to salinity of the underground waters, from the measurements of the total soluble salt (dry residuals). So, these data are the basis to the analysis and selection of more or less favourable areas to the use of underground hydric resources. In general, the contrast existing between the waters from crystalline (salty) rocks and potable waters extracted from sedimentary terrains is sharp, specially on zones of greater aridity, corresponding to the region central part, located at the domain of the Polígono das Secas (Drought Poligone).

**Palavras-Chave** – Resíduo seco; águas subterrâneas; Região Nordeste

---

<sup>1</sup> Geólogo, Pesquisador em Inf. Geográfica, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 4º andar – Vale de Nazaré; CEP: 40.046-900; Salvador; BA; Brasil; fone: (71) 21058682; fax (71) 21058658; e-mail: eugenioibge@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Geólogo, Tecnologista em Inf. Geográfica, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 4º andar – Vale de Nazaré; CEP: 40.046-900; Salvador; BA; Brasil; fone: (71) 21058682; fax (71) 21058658; e-mail: dilermando@ibge.gov.br.

<sup>3</sup> Analista de Sistemas, Tecnologista em Inf. Geográfica, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 3º andar - Vale de Nazaré; CEP 40.046-900; Salvador; BA; Brasil; fone: (71) 21058674; fax (71) 21058658; e-mail: sel@ibge.gov.br.

<sup>4</sup> Analista de Sistemas, Pesquisador em Inf. Geográfica, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 3º andar - Vale de Nazaré; CEP 40.046-900; Salvador; BA; Brasil; fone: (71) 21058672; fax (71) 21058658; e-mail: lbrandao@ibge.gov.br.

## **1 – INTRODUÇÃO**

A avaliação dos recursos hídricos disponíveis – tanto nos mananciais de superfície quanto nos mananciais de sub-superfície – constitui-se numa preciosa informação para os diversos setores da sociedade, visto que a água representa um recurso fundamental, mormente para a Região Nordeste, face à sua carência e aos graves problemas sociais e econômicos decorrentes da estiagem.

As reservas brasileiras de água doce, que representam aproximadamente 12% do volume total mundial, não estão distribuídas de maneira uniforme: a Região Amazônica, por exemplo – onde reside apenas 7% da população brasileira – detém 78 % das águas superficiais, enquanto que na Região Nordeste (28% da população) se concentram apenas 3% desses recursos.

O gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil tem exigido pesados investimentos dos órgãos setoriais envolvendo projetos, estudos de pesquisa e programas governamentais, visando suprir a infra-estrutura básica dos diferentes segmentos públicos e privados relacionados ao uso da água. No Nordeste este panorama tem como complicador a premente necessidade e a relativa escassez desse recurso no processo de desenvolvimento da região. Historicamente, tem prevalecido a opção por empreendimentos de grande vulto, de eficiência duvidosa com retorno muitas vezes abaixo da expectativa ou – da pior maneira – intervenções emergenciais cujos resultados práticos são bastante contestáveis, principalmente no tocante à redução da pobreza e mitigação dos graves desníveis regionais. Levando em conta que a melhoria e a manutenção da qualidade da água é uma questão que merece ser levada realmente a sério, faz-se mister realizar-se avaliações pormenorizadas das características das águas, cujo conhecimento trará benefícios sociais explícitos nas ações de planejamento, envolvendo custos e benefícios. É, portanto, necessário que essas ações se integrem de vez às políticas e prioridades setoriais e venha produzir resultados significativos. Desta feita, o conhecimento da qualidade da água é parte integral e elemento essencial no processo de desenvolvimento social e econômico da Região Nordeste.

O objetivo geral desta avaliação é oferecer, a partir dos dados de análises físico-químicas de águas – coletadas ao longo do trato de toda a Região Nordeste – , uma visão geral da salinidade das águas subterrâneas deste espaço geográfico, bem como propostas para a utilização racional dos recursos hídricos em escala regional, fundamentadas na avaliação da quantidade total de sais solúveis ou resíduo seco. Esta análise permite apresentar para o conjunto da área um documento cartográfico que traduz, em termos gerais, as possibilidades de exploração das águas subterrâneas, e através do qual são prontamente identificáveis as áreas mais favoráveis para a captação hídrica subterrânea, sob o ponto de vista da qualidade química.

## **2 - ASPECTOS GERAIS DA ÁREA**

A Região Nordeste corresponde à faixa leste-setentrional do território brasileiro, que abrange nove dos vinte e seis estados da federação, localizados entre o Maranhão e a Bahia. Tem seus limites grosseiramente inscritos entre as longitudes 34° 30' e 49° 00' e as latitudes 01° 00' e 18° 30', ocupando uma superfície de 1.554.257 km<sup>2</sup>, dos quais 936.993 km<sup>2</sup> correspondem à região do Polígono das Secas (Lei Nº 1.348, de 10/02/51), caracterizada por condições climáticas semi-áridas, com precipitações pluviométricas escassas e irregulares e grandes períodos de insolação e evaporação, responsáveis por uma acentuada deficiência hídrica anual. Essas irregularidades climáticas se fazem sentir periodicamente tanto por secas como por inundações – que muitas vezes assumem proporções catastróficas.

Toda a porção leste e norte da área é banhada pelo Oceano Atlântico, sendo as capitais de maior destaque Salvador, Recife e Fortaleza. As principais atividades econômicas da região são a extração de petróleo, a indústria petroquímica, a cana-de-açúcar, o cacau, a soja, a exploração de sal marinho, a fruticultura e o turismo.

A localização geográfica da porção central da área – próxima à linha do Equador e localizada sob a influência de diferentes massas de ar – condiciona o predomínio do clima semi-árido, bastante característico da Região Nordeste. Na zona litorânea, o clima quente e úmido condiciona a comum ocorrência de chuvas intensas. No Meio-Norte o clima tropical-úmido caracteriza-se por estações chuvosas e seca bem definidas. Em toda a região as isoietas apresentam grande diversidade, variando desde 400 mm/ano, na porção semi-árida central, chegando a atingir mais de 2.000 mm/ano no litoral. Na região litorânea entre a Bahia e o Ceará o período chuvoso concentra-se nos meses de março a junho (inverno) e os meses de novembro a fevereiro são os mais quentes; em direção à Amazônia o período de inverno sofre variações, sendo os meses de novembro a maio os mais chuvosos. Na zona do sertão as precipitações ocorrem no período novembro-fevereiro (verão-outono), enquanto a estiagem – mais pronunciada – muitas vezes se estende por até oito meses. O potencial de evaporação é bastante elevado e durante quase o ano inteiro as temperaturas permanecem elevadas. A temperatura média anual da região deve ficar em torno de 24 - 27°C e os meses de julho e agosto são normalmente os mais frios do ano. Na maior parte da área a vegetação primitiva – a caatinga, no sertão, e as florestas ombrófilas e semi-decíduas, na zona do litoral – encontra-se em boa parte substituída por pastagens, agroindústrias e agricultura de subsistência

### **3 – METODOLOGIA**

Inicialmente, foi realizado um levantamento das informações hidrogeológicas disponíveis para a área em vários órgãos governamentais. Posteriormente, foram programadas operações de

campo, destinadas a executar estudos de reconhecimento hidrogeológico, incluindo visitas a vários poços tubulares e coletas sistemáticas de águas subterrâneas.

Os dados hidroquímicos, uma vez avaliados, foram incorporados a um banco de dados, desenvolvido no Microsoft Access. Os valores de Resíduos Secos foram agrupados em faixas de potabilidade, de acordo com os parâmetros propostos por Schoeller (*apud* Costa, 1963). Desta feita, foram adotados os intervalos 0 a 500 mg/l (potabilidade boa), 500 a 1.000 mg/l (potabilidade passável), 1.000 a 2.000 mg/l (potabilidade medíocre), 2.000 a 4.000 mg/l (potabilidade má), 4.000 a 8.000 mg/l (potabilidade momentânea) e maior que 8.000 mg/l (não potável).

Os resultados dessa classificação foram migrados e geo-referenciados no MicroStation, viabilizando-se, assim, o estabelecimento de unidades que guardam características mais ou menos similares no âmbito de seus domínios. As características gerais de cada unidade, suas condições adequadas de exploração e aplicabilidade das águas subterrâneas são extensivas ao conjunto de toda a unidade, com limitações devido às variações locais ou pela falta específica de informações.

A maior parte das análises químicas foi obtida em órgãos governamentais, como: SUDENE, DNOCS, CERB(BA), CASAL(AL), CPRM, CAEMA(MA), CDRM(PB), CDM(RN) e FUNCEME(CE). Uma fração considerável dessas amostras vem sendo coletada pelo IBGE, desde 1997, quando iniciou um programa de coleta de águas subterrâneas para atender ao convênio firmado com a SUDENE para elaboração do Mapa de Hidroquímica dos Mananciais Subterrâneos da Região Nordeste. A manipulação dessas análises está a cargo do Laboratório de Análises Minerais, Solos e Água – LAMSA, da Universidade Federal de Pernambuco e são realizadas pela química industrial Sylvia Cristina Costa Pereira. A maior parte dessas análises são completas e apresentam determinações dos seguintes constituintes físico-químicos: Alcalinidade Total, Alcalinidade a Fenolftaleína, Dureza Total, pH, Condutividade Elétrica, Resíduo Seco, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Cloreto, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Ferro, Nitrito e Nitrato. Os resultados são apresentados na unidade mg/l e foram, posteriormente, transformados em meq/l para permitir a classificação dos tipos químicos, a partir da utilização do Diagrama Triangular de Feré e de classes de uso na irrigação, utilizando o Diagrama do *U. S. Salinity Laboratory* (SUDENE, 1972).

No presente estudo, os pontos amostrados foram plotados em mapa planimétrico na escala 1:2.500.000, elaborado pelo IBGE. As áreas de menor densidade de amostragem são a parte ocidental da Bacia do Parnaíba (compreendendo quase todo o Estado do Maranhão), o oeste da Bahia e o sul do Piauí. Nestas áreas, foram necessárias algumas extrapolações, que, embora possam suscitar dúvidas ou constituir motivo de imprecisão, possivelmente, não incorrerão em erro, haja vista o grau de detalhamento exigido na escala do estudo e a grande homogeneidade dos sedimentos que aí ocorrem. Por outro lado, não foi realizado nenhum programa de amostragem periódica

(sazonal) e, assim, a evolução da salinidade ao longo do ano não pode ser avaliada. Com relação à profundidade, as amostras extraídas de rochas do embasamento cristalino provêm de fraturas geralmente localizadas a menos de 70 metros, enquanto que as oriundas de áreas sedimentares apresentam ampla variedade de horizontes produtores: vão desde poucos metros, em áreas sedimentares pouco espessas (aluviões, dunas e Grupo Barreiras), até mais de 500 metros, nas Bacias Sedimentares do Parnaíba, do Recôncavo-Tucano-Jatobá e Potiguar. Por outro lado, a evolução da salinidade em relação à profundidade não foi avaliada, em função de dificuldades decorrentes das possíveis misturas das águas de diferentes níveis aquíferos.

O Mapa de Variação da Concentração Total de Sais da Região Nordeste, elaborado pela Gerência de Recursos Naturais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-GRN/BA), tem como principal objetivo oferecer para o conjunto da região um diagnóstico das possibilidades de exploração dos recursos hídricos subterrâneos, em termos da salinidade das águas, indicando áreas mais e menos favoráveis. Neste mapa são delimitados domínios quimicamente homogêneos com relação aos valores dos Resíduos Secos. Executada ao longo de quatro anos, esta investigação foi baseada nos resultados de 13.624 análises físico-químicas completas, em maior parte oriundas de poços tubulares. O presente estudo visa, sobretudo, contribuir para o conhecimento do comportamento químico das águas subterrâneas do Nordeste – região mais carente de recursos hídricos no Brasil – oferecendo, assim, subsídios para o planejamento e uso racional dos recursos hídricos em escala regional.

A continuidade dos levantamentos vem contribuindo para uma atualização das informações do Banco de Dados. Por outro lado, quanto maior o volume e melhor a qualidade dos dados hidroquímicos específicos, melhor a definição das unidades formuladas, ou seja, o processo de seleção de zonas mais e menos propícias à utilização dos recursos hídricos é dinâmico – função da evolução do conhecimento hidrogeológico. Desta feita, poderá uma certa unidade, no futuro, ser subdividida ou mesmo modificada sempre que surgirem novas informações técnicas interessantes.

#### **4 - PROVÍNCIAS HIDROGEOLÓGICAS**

À luz dos conhecimentos, levando-se em conta o conjunto de fatores que caracterizam os aquíferos e que determinam a vocação hidrogeológica das unidades lito-estratigráficas, pode-se dividir ou agrupar o grande conjunto aquífero da região Nordeste em três grandes províncias ou domínios hidrogeológicos: granular, fissural e cárstico.

A Província Granular reúne rochas sedimentares inconsolidadas a pouco consolidadas, cujo caminho de percolação das águas subterrâneas é estabelecido a partir dos vazios inter-grãos. Fazem parte deste conjunto, na região, as bacias sedimentares do Parnaíba, Recôncavo-Tucano-Jatobá,

Potiguar, Araripe, Pernambuco-Paraíba, Sergipe-Alagoas, Sousa, Iguatu, Fátima e os clásticos da Formação Urucuia, do Grupo Barreiras, das dunas, das aluviões, etc.

A Província Fissural encontra-se representada por rochas meta-sedimentares e, principalmente, por rochas do embasamento cristalino (ígneas e metamórficas), cujas idades vão desde o Neo-Proterozóico ao Arqueano. Todos esses tipos litológicos encerram aquíferos de porosidade intergranular praticamente nula. O meio aquífero está representado pelas fraturas e diáclases interconectadas e abertas e apresenta, em geral, potencial hidrogeológico fraco, seja pelo aspecto quantitativo – devido às condições deficientes de alimentação e circulação –, seja pelo aspecto qualitativo, por apresentarem, via de regra, águas com alto teor salino. Os terrenos cristalinos, face à fraca permeabilidade primária que apresentam, são comumente negligenciados com vistas à exploração de águas subterrâneas. Entretanto, a presença de manchas aluviais determina melhores condições de recarga e maiores possibilidades de exploração das águas subterrâneas, bem como os reservatórios contidos nos mantos de alteração – verdadeiras zonas aquíferas sobrepostas às fraturas – que cumprem um importante papel no contexto hidrogeológico regional, facilitando as recargas provenientes principalmente das precipitações pluviométricas. Em linhas gerais, o sistema cristalino compreende um meio fraturado, heterogêneo, do tipo livre, cujas possibilidades residem principalmente na interceptação de fraturas produtoras. Os fatores climáticos impõem restrições principalmente pelas chuvas escassas e irregulares – a principal fonte de recarga. A circulação em sub-superfície se dá com gradientes em geral baixos, em direção aos cursos d'água – os níveis de base regionais. Parcelas consideráveis destinadas ao armazenamento hídrico subterrâneo sofrem processos de exsudação, principalmente através da evapotranspiração, durante e imediatamente após as chuvas, em virtude das elevadas temperaturas anuais.

Já a Província Cárstica engloba praticamente as rochas carbonáticas do Grupo Bambuí (região central e centro-oriental do Estado da Bahia) e os metacarbonatos da Formação Olhos d'Água (região oeste de Sergipe). Hidrogeologicamente, consiste num sistema de vazios composto por juntas de estratificação e um intenso fraturamento que se encontram ampliados pela dissolução cárstica e por onde migram as águas subterrâneas, havendo, paralelamente, uma dissolução da rocha pelo CO<sub>2</sub>, ampliando os condutos aquíferos. A capacidade de produção dos poços varia amplamente de local a local, denotando a forte anisotropia do meio aquífero, que varia, sobretudo, em função do grau de carstificação e do fendilhamento, em escala local e regional. Os resíduos secos exibem valores geralmente entre 500 e 1.500 mg/l e essas variações devem ser comandadas, principalmente, pela carstificação e pela pluviometria. Quimicamente, tem-se um exemplo típico da influência água/rocha – são predominantemente bicarbonatas-cálcicas.

As águas subterrâneas armazenadas em cada uma dessas províncias hidrogeológicas estão distribuídas numa série de vários sistemas aquíferos, no interior dos quais podem ser considerados os movimentos de água subterrânea independente das condições existentes fora de seus limites.

## 5 - RESULTADOS

Em boa parte da Região Nordeste, observa-se uma diferença marcante entre as salinidades das águas procedentes dos aquíferos sedimentares e a dos aquíferos cristalinos. Os aquíferos sedimentares, por apresentarem melhor poro-permeabilidade, oferecem melhores condições de infiltração e circulação de suas águas subterrâneas, o que influencia de modo decisivo a salinidade. Por outro lado, as rochas cristalinas por possuírem reduzida capacidade de armazenar e circular suas águas subterrâneas, apresentam uma concentração muitas vezes excessiva de sais, especialmente onde são mais deficientes as condições de recarga a partir das precipitações pluviométricas.

As zonas com menor grau de salinização das águas subterrâneas (0 a 500 mg/l) correspondem às bacias sedimentares do Parnaíba, Recôncavo-Tucano-Jatobá, Araripe, Pernambuco-Paraíba, Sergipe-Alagoas, Sousa, Iguatu, Arenitos Urucuia, Dunas-Barreiras, Almada e metassedimentos do Super-Grupo Espinhaço (Grupo Chapada Diamantina). São águas muito moles a moles (quanto à dureza), ácidas a ligeiramente alcalinas, com valores de pH entre 5,5 e 7,0. Em boa parte dessas amostras o Resíduo Seco não ultrapassa 300 mg/l. As águas subterrâneas das aluviões apresentam resíduos secos quase sempre inferiores a 500 mg/l, porém podem ocorrer alterações na salinidade, provocadas pela interferência de outras formações geológicas (em zonas de contato) ou pela proximidade do mar – neste último caso, muito comum nos estuários das maiores bacias hidrográficas da área e decorrentes do avanço da interface salina, por influência das marés, que penetram alguns quilômetros através dos rios.

As águas de salinidade intermediária estão mais associadas aos calcários do Grupo Bambuí (região central da Bahia) e às áreas de rochas cristalinas situadas em zonas de precipitação pluviométrica intermediária (800 a 1.200 mm/ano), como ocorre com as faixas sub-litorâneas localizadas entre a região ao sul de João Pessoa (PB) e Arapiraca(AL) e entre Feira de Santana (BA) e o limite Bahia / Espírito Santo.

No âmbito dos terrenos cristalinos, as águas com maior grau de mineralização ocorrem na porção central da Região Nordeste. São dignas de registro as elevadas salinidades observadas na Região do Seridó (próximo a Jucurutu) e no vale do rio Potengi, no Rio Grande do Norte. No Ceará, a região delimitada pelos municípios de Capistrano, Quixadá e Morada Nova, reúne as águas mais salinas do estado. Na porção situada a noroeste de Campina Grande, na Paraíba, ocorre uma extensa faixa que vai desde Guarabira (PB) e se estende para oeste, passando por Arcoverde (PE), Belém

de São Francisco (PE) e Cabrobó(PE) e, para sul, em direção a Caruaru(PE), Garanhuns (PE), Palmeira dos Índios (AL), Delmiro Gouveia (AL), Propriá (SE), Carira (SE) e Itabaiana (SE). Na Bahia, as ocorrências de águas de elevado teor salino ocorrem desde Juazeiro e se prolongam até Uauá, Macururé, Senhor do Bonfim, Capim Grosso, Itaberaba, Milagres e Jaguaquara.

Ao estudar-se com maior detalhe as águas do embasamento cristalino da Região Nordeste, observa-se nítida influência do clima na qualidade química das águas subterrâneas. As ocorrências de rochas do embasamento cristalino localizadas em zonas próximas ao litoral produzem geralmente águas subterrâneas com resíduos secos entre 500 e 1.000 mg/l, como se observa na faixa sub-litorânea que se estende desde Itambé (PE) e atinge as proximidades de Arapiraca, em Alagoas, e , na Bahia, a porção que se prolonga desde Feira de Santana, em direção sul, até Itabuna. Quando as ocorrências de rochas cristalinas se dão em zonas de menor índice pluviométrico – agreste e sertão dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia – dão origem a águas de teor salino comumente elevados (2.000 a 8.000 mg/l), o que demonstra a intrínseca relação que existe entre o clima (precipitações pluviométricas) e a salinidade das águas subterrâneas das rochas cristalinas. A natureza cristalina desses terrenos e o fato das chuvas serem concentradas e escassas e de ocorrerem geralmente no verão, influenciam negativamente o tempo de permanência (na superfície) das águas de chuvas e, conseqüentemente, na alimentação das fraturas. Essas deficiências são também responsáveis pelo caráter intermitente de boa parte da rede de drenagem regional.

Os aquíferos sedimentares, contrariamente, por apresentarem melhor poro-permeabilidade, oferecem melhores condições de infiltração e circulação em sub-superfície, fugindo aos efeitos da evapotranspiração e, conseqüentemente, aos processos de salinização das águas subterrâneas o que lhes conferem salinidades reduzidas, cujos resíduos secos situam-se geralmente na faixa 0 - 500 mg/l. Essas características vão influenciar também a perenidade e a boa qualidade da águas de algumas bacias hidrográficas como as do rios Parnaíba, Mearim, Pindaré, Itapecuru, Grande e outros tantos rios nordestinos de menor destaque que têm suas áreas de drenagem esculpidas sobre terrenos sedimentares.

De uma maneira geral, as águas subterrâneas dos terrenos cristalinos, cujas salinidades ultrapassam os 4.000 mg/l, apresentam como principal característica uma grande predominância do íon Cloreto, que em mais de 93% das amostras se destaca com ampla vantagem sobre os demais. Nessa faixa de salinidade, as águas **Cloretadas-Sódicas** (48%), **Cloretadas-Mistas** (45%) e **Cloretadas-Magnesianas** (3%) são os tipos químicos dominantes, enquanto que as **Bicarbonatadas** e **Sulfatadas** somam apenas 4%. Com relação ao grau de potabilidade, de acordo com os parâmetros estabelecidos por Schoeller, 65% das amostras estão inseridas na faixa de potabilidade **momentânea** e 31% na faixa **não potável**. Constata-se também uma forte relação



entre os valores dos resíduos secos e as classes de irrigação do *U.S. Salinity Laboratory*: 34% estão incluídas na classe **C6-S4**, 18% na classe **C5-S4**, 15% na classe **C5-S3** e 13% na classe **C5-S2**, ou seja, são águas de salinidades elevadas a muito elevadas e com pronunciado risco de teores nocivos de sódio, que são praticamente impróprias para a irrigação. Com relação à dureza, são águas duras a muito duras, cujos pH geralmente giram em torno 7,0.

Com relação aos aquíferos sedimentares, as águas **Bicarbonatadas-Mistas, Bicarbonatadas-Sódicas e Bicarbonatadas-Cálcicas** (44%) apresentam discreto predomínio sobre as **Cloretadas-Mistas e Cloretadas-Sódicas** (34%). Cerca de 69% destas ocupam a faixa de potabilidade **boa** e 31% estão inseridas no intervalo de águas classificadas como **passáveis**. Quanto ao uso dessas águas na irrigação, observa-se que 38% estão incluídas na classe **C2-S1**, 33% na classe **C3-S1** e 12% na classe **C1-S1**, o que implica em dizer que, em sua grande maioria, são águas de salinidade fraca a moderada e com baixo risco de teores nocivos de sódio e, por conseguinte, podem ser usadas na irrigação. Para os casos de salinidades mais elevadas, devem ser selecionadas plantas de maior resistência salina e são exigidos maiores cuidados com o solo.

## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Corroborando as observações de Cruz (1963), constatou-se também uma associação bastante significativa entre a salinidade e os índices pluviométricos, ou seja: à exceção de algumas bacias sedimentares interiores, das zonas de rochas meta-sedimentares e de pequenas áreas detentoras de umidade – os denominados brejos de altitude – a salinidade das águas cresce, de uma maneira geral, do litoral em direção ao interior, na razão inversa dos índices pluviométricos. Este fato evidencia que o binômio geologia-clima é um fator preponderante no zoneamento da salinidade das águas subterrâneas da região.

Em resumo, os efeitos climáticos no processo de salinização das águas são fortemente influenciados pelas condições de circulação hídrica em sub-superfície. O principal fator de controle da salinidade das águas subterrâneas do Nordeste é provavelmente de origem climática e as águas parecem adquirir sua composição química a partir de progressiva concentração por evaporação e esses efeitos se fazem sentir principalmente nas áreas de rochas cristalinas (Cruz, *op. cit.*). Desta feita, verifica-se que, quanto mais abertas e permeáveis são as fraturas e tanto maior a circulação em sub-superfície, melhor a qualidade química. Daí, é lícito afirmar que o êxito das perfurações em regiões cristalinas depende fundamentalmente de um rigoroso critério de locação, quase sempre conduzido em direção a áreas com fraturas abertas e inter-conectáveis ou – ainda melhor – aos pontos de coincidência fratura-drenagem – os denominados riachos-fendas.

Com relação aos mananciais superficiais situados em zonas de rochas cristalinas na porção semi-árida, o teor salino pode assumir grande intensidade, principalmente onde a alimentação e restituição subterrânea são pouco eficientes ou – no caso dos açudes – quando decorre grandes períodos sem que haja renovação da água. Este fato foi constatado nas análises químicas realizadas no riacho do Baixio, em Irajuba, na Bahia (12.222 mg/l) , no rio Ipojuca, em Sanharó, Pernambuco ( 11.771mg/l), no rio Ribeirão, em Milagres, na Bahia (9.021 mg/l) e no açude da Fazenda Algodão, em Manoel Vitorino, na Bahia (10.210 mg/l). Por razões operacionais, não foram realizadas coletas em diferentes épocas do ano e, assim, a evolução da salinidade em relação ao tempo não foi possível de ser avaliada.

Observa-se que a variação da salinidade influencia, de uma maneira geral, a predominância de determinados tipos químicos, evidenciando o amplo domínio das águas cloretadas. Desta feita, as águas bicarbonatadas (47,8 %) apresentam discreto destaque na faixa de potabilidade entre 0 e 500 mg/l. A partir desse limite observa-se um predomínio das águas cloretadas, que atingem 52 % nas águas com resíduos secos entre 500 e 1.500 mg/l, passando para 90,6 % para a faixa 1.500 a 2.500 mg/l e atingindo 95,3 % nas amostras cujos resíduos secos ultrapassam 3.000 mg/l.

O embasamento cristalino – mesmo levando em conta suas características hidrogeológicas desfavoráveis – tem sua exploração recomendada, uma vez que as condições sócio-econômicas do semi-árido nordestino conduzem à exploração de mananciais localizados que visem, quase sempre, o abastecimento animal. A oferta reduzida de águas subterrâneas é muitas vezes compatível com as demandas, que são geralmente modestas.

A despeito das limitações impostas pela litologia – pouco propícia ao armazenamento e circulação subterrânea – e pelo clima (semi-árido), que induzem a poços com fracas vazões e águas comumente salinas, deve ser julgado o interesse relativo da exploração das águas subterrâneas das rochas do embasamento cristalino da Região Nordeste levando-se em conta sua grande extensão territorial (quase 60% da área estudada) e o fato que a importância da água cresce na medida em que esta se torna mais escassa. O uso de dessalinizadores vem obtendo relativo sucesso na melhor aceitação dessas águas, que têm um forte impeditivo no alto teor de sais que geralmente apresentam.

Há necessidade de adoção e manutenção de políticas públicas voltadas ao aproveitamento racional das reservas hídricas do embasamento cristalino. Neste sentido, o conhecimento da qualidade química das águas subterrâneas, do seu comportamento hidrogeológico e a observância de critérios técnicos relevantes na locação e perfuração dos poços tubulares terão importância decisiva nos resultados obtidos.

## **7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

COSTA,W.D. Hidrogeologia no cristalino região Monteiro-Sumé,PB. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOLOGIA, 17, 1963, Recife. Roteiro de excursão. Recife: SUDENE, 1963. 21p.

CRUZ, W. B. da. Estudo geoquímico preliminar das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. Recife: SUDENE, Divisão de Documentação, 1974. 147p. (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia, 19)

ELEMENTOS de hidrogeologia prática. Recife: SUDENE, 1972. 353p.(Brasil. SUDENE. Hidrogeologia, 13).