

ESTRATÉGIAS PARA AMPLIAR A OFERTA DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BAIANO

Paulo Henrique Prates MAIA¹
Ricardo de Souza RODRIGUES²
Nielsen SOUZA³

¹ Geólogo, Mestre em Geoquímica e Meio Ambiente, Doutor em Geologia. Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ, Bahia. phpmaia@gmail.com

² Meteorologista, Mestre em Meteorologia, aluno do Doutorado em Geofísica, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – IGEO/UFBA. Professor da Universidade Salvador - UNIFACS e da Faculdade Area1. rsr.ambiental@gmail.com

³ Geógrafo, Aluno do curso de Especialização em Geotecnologias da Faculdade Escola de Engenharia de Agrimensura da Bahia - EEMBA. Analista de Geoprocessamento Pleno da EDZA Consultoria e Planejamento. nielsensoouza@gmail.com

RESUMO. Inicialmente descrevem-se os sistemas meteorológicos que atuam no Nordeste com destaque para o Estado da Bahia. Os índices de Frequência, Grau de Severidade e Riscos de Seca foram utilizados para hierarquizar a vulnerabilidade dos municípios com a finalidade de orientar o planejamento das intervenções para ampliar a oferta de água. Também foi elaborado um diagnóstico da qualidade da água subterrânea com base nos mapas de concentração de cloretos, nitratos e fluoretos, considerando os limites de restrição para o consumo humano para orientar a prospecção. A partir do diagnóstico da qualidade da água subterrânea, vulnerabilidade dos municípios e vocação da região; são estabelecidas as estratégias e identificadas alternativas para criar pontos permanentes de água com a construção de obras estruturantes em todo o Estado. O resultado permitiu identificar, com base nas condições ambientais, a natureza adequada das intervenções para cada região, porém cada município será alvo de avaliação das potencialidades locais.

Palavras chave: seca; água subterrânea; qualidade; diagnóstico

ABSTRACT. *Strategies to increase the supply of water in the semiarid of Bahia State, Brazil.* Initially we describe the weather systems that operate in the Northeast highlighting the state of Bahia. Indexes Frequency, Severity Level and Drought Risks were used to rank the vulnerability of municipalities in order to guide the planning of interventions to increase the supply of water. We was also prepared an analysis of the groundwater quality based on maps of concentration of chlorides, nitrates and fluorides, considering the limits of restriction for human consumption, and guide the exploration. From the diagnostic quality of the groundwater vulnerability of municipalities and the region vocation, are established and identified alternative strategies to create permanent water points with the construction of structural works throughout the state. The result identified, based on the environmental conditions, the nature of the interventions appropriate for each region, however each municipality will be subject to evaluation of potential sites.

Keywords: drought; groundwater; water quality; diagnosis

INTRODUÇÃO

A seca é uma característica normal e recorrente do clima semi-árido, predominante em boa parte do Estado da Bahia. Em virtude de suas grandes dimensões e a atuação de diversos sistemas meteorológicos, são raros os anos que não acontece uma seca, pelo menos em uma parte do Estado (CEI/SEPLANTEC, 1991).

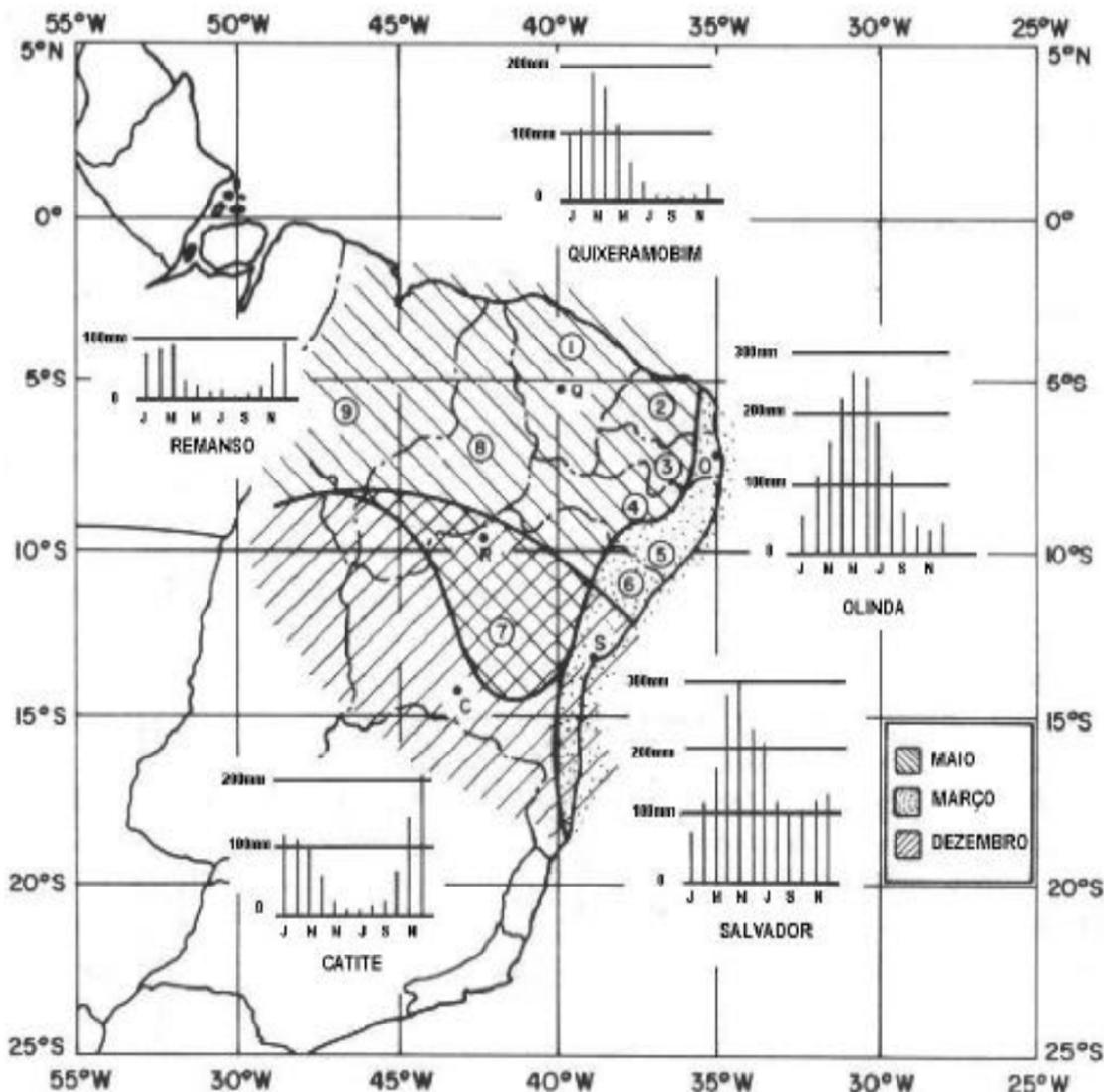
Verifica-se na análise do problema que existe um quadro de enorme variabilidade no espaço e no tempo. Observa-se então que não existe uma “seca”, mas inúmeras secas, cada uma com suas características peculiares que devem ser tratadas de forma individualizada. A consequência principal da seca é um desequilíbrio entre a oferta e a demanda por recursos hídricos durante um período de tempo.

Os riscos de seca, as frequências elevadas e as maiores severidades ocorrem dentro dos limites do semiárido, coincidentes com as áreas de baixas

pluviosidades. Os dados climáticos foram utilizados para criar um índice de vulnerabilidade climática e caracterizar os municípios mais susceptíveis a ocorrência de eventos extremos possibilitando hierarquizar as intervenções governamentais (CEI/SEPLANTEC, 1991).

A grande variabilidade climática observada no Nordeste brasileiro (NEB), onde se inclui o Estado da Bahia, provém de efeitos combinados da ação de vários sistemas meteorológicos e das variações na intensidade e posição das circulações Hadley e Walker. Os ramos ascendentes dessas circulações sobre a Amazônia e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) produzem ramos descendentes sobre o NEB e adjacências e sobre a Alta Subtropical do Atlântico Sul. (NOBRE ; MOLION, 1988). Quando presente, o movimento descendente sobre o NEB, responsável pela aridez, impede a formação de nuvens e precipitação, além de provocar um grande contraste climático com a Amazônia e o leste do NEB na mesma faixa de latitudes (Figura 1).

Figura 1- Sistemas meteorológicos que atuam no nordeste



Fonte: Kousky (1979)

No sul do Nordeste brasileiro, mais especificamente no Estado da Bahia, atuam sistemas meteorológicos como: a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); o Vórtice Ciclônico de altos Níveis (VCAN); Brisas Terrestres; Ondas de Leste e Sistemas Frontais ou seus vestígios que são responsáveis por toda a precipitação sobre essa região. A atuação desses sistemas determina períodos chuvosos bem definidos nas sub-regiões do Estado (NOBRE; MOLION, 1988; CHAVES, 1999; MOLION; BERNARDO, 2002).

O principal período chuvoso sobre extremo sul e o semiárido do Estado da Bahia ocorre nos meses de novembro a janeiro, com máximo climatológico em dezembro (KOUSKY; CHU, 1978; RAO; HADA, 1990). A precipitação nesse período está associada à penetração de sistemas frontais ou seus vestígios (KOUSKY, 1979). A precipitação é modulada, principalmente, pela variabilidade da precipitação da Amazônia, pela posição da ZCAS, pela posição dos VCANs, pelas anomalias da

temperatura da superfície do mar e pela variabilidade da alta subtropical do Atlântico Sul (CHAVES; NOBRE, 2004).

Na parte leste do NEB, incluindo praticamente todo o litoral da Bahia, o principal período chuvoso ocorre nos meses de abril a junho. Este período chuvoso é em grande parte explicado pela interação de circulação de brisa terrestre com os ventos alísios predominantes de leste e sudeste. A interação entre o sistema de brisa local e os alísios impõe um pico de precipitação noturno (KOUSKY, CHU, 1978). As chuvas no litoral são ainda explicadas pela modulação dos alísios e da Alta Subtropical, pelos vestígios de sistemas frontais e pela posição dos VCANs.

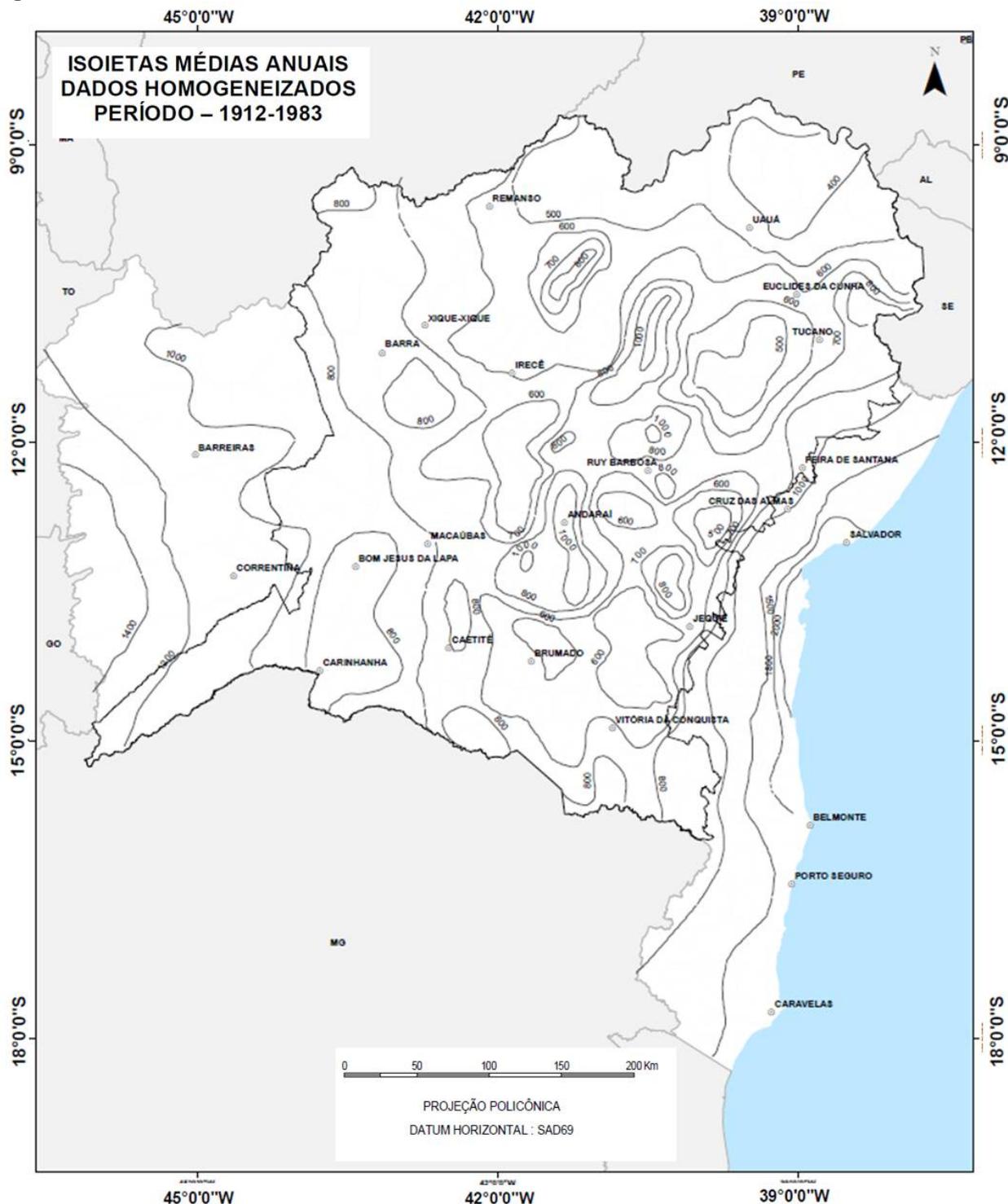
Na região central dos VCANs há na verdade movimento descendente do ar e ausência de nuvens e precipitação, mas na sua periferia há movimento ascendente que excita a convecção (KOUSKY, 1979; RAO et al., 1993). De junho a agosto, as chuvas no leste do NEB são frequentemente produzidas por perturbações

ondulatórias dos ventos alísios. Essas perturbações, comumente chamadas de ondas de leste ou distúrbios ondulatórios de leste, são provocadas pela interação de ventos de sul – associados com sistemas frontais – com os alísios (RAO; HADA, 1990).

A precipitação no NEB, incluída a Bahia, é fortemente influenciada por variabilidade Inter-anual, particularmente pelo El Niño/Oscilação Sul (ENOS) (KOUSKY; CHU, 1978) e pelo dipolo do Atlântico (e.g., SOUZA; NOBRE, 1998).

Particularmente, o semiárido baiano é uma região bastante vulnerável a essa variabilidade, pois se as chuvas no período chuvoso são fracas, há um alongamento do período de estiagem com fortes secas e grandes impactos na população, que muitas vezes depende de lavoura de subsistência (AMBRIZZI et al., 2007). O resultado da atuação desses sistemas pode ser observado no mapa de isoietas médias anuais, construído com dados homogeneizados de mais de 70 anos (Figura 2).

Figura 2- Isoietas médias anuais no Estado da Bahia



Fonte : Bahia (1991)

Os estudos regionais permitiram identificar diversas soluções: uma extensa região do semiárido, de direção aproximada N-S, onde uma transposição de águas poderá beneficiar dezenas de municípios; outras regiões onde a implantação de adutoras adentrando o semiárido a partir das margens do rio São Francisco é uma boa alternativa; as áreas que bordejam as serras úmidas do semiárido, relacionadas a chuvas orográficas, podem ser abastecidas por barramentos associados a adutoras e criar condições para o desenvolvimento sustentável nas áreas baixas; áreas localizadas no entorno da Bacia Sedimentar do Recôncavo/Tucano podem ser abastecidas por poços tubulares e adutoras. Todas essas obras estruturantes, associadas a técnicas aproveitamento de água das chuvas, apresentam-se como soluções viáveis para criar as condições de convivência com a seca em todo o Estado.

Avaliações mais detalhadas do meio ambiente e das vocações existentes nos municípios irão, na sequência, permitir entender as causas reais do desequilíbrio entre a oferta e a demanda para subsidiar a elaboração de projetos específicos para ampliar a oferta de água no âmbito do programa.

Uma intervenção governamental centrada no aumento da disponibilidade hídrica por município, considerando a vocação de cada um deles, complementada com a preservação da vegetação natural da caatinga e no desenvolvimento de cultivares transgênicos resistentes, possibilitará o desenvolvimento regional em bases sustentáveis, refletindo em benefícios para toda a sociedade, principalmente para a população carente mais vulnerável.

Trata-se de um planejamento que envolve a diversificação dos processos de captação, transporte e armazenamento das águas pluviais, superficiais e subterrâneas, aliadas e técnicas de racionalização de sua utilização com a finalidade de converter alguns dos problemas climáticos da região em vantagens competitivas para o seu desenvolvimento.

Conhecimento do problema

A oferta de água no semiárido depende de diversos fatores como as precipitações baixas, irregulares tanto no tempo como no espaço e concentradas em poucos meses do ano. A ocorrência de precipitações pesadas seguidas de largos períodos secos tem sido a tendência dominante em muitas regiões.

A análise das águas dos poços perfurados no Estado revela uma distribuição de águas salinizadas, com concentração de cloretos acima dos limites permitidos para o consumo humano na direção N-S, coincidente com os afloramentos das rochas cristalinas em ambientes de baixas pluviosidades, onde os aquíferos possuem capacidade de armazenamento limitada, baixa circulação e a água é mais escassa.

À exceção do rio São Francisco, na região predomina a ausência de rios perenes, evapotranspiração potencial muito intensa, os solos, em sua maior parte, são pouco espessos e manejados de forma inadequada pelos produtores rurais, o que amplia sua exposição ao sol e ao vento que resulta em uma capacidade de retenção da umidade baixa.

O embasamento cristalino predomina na região, onde o modesto armazenamento das águas subterrâneas, quase sempre salinizadas, ocorre em fendas e fraturas localizadas com circulação restrita em locais de baixa pluviosidade. A região possui raras ocorrências de nascentes, localizadas geralmente no pé de serras ou nas chapadas. Os poços rasos em coberturas e aluviões são construídos de forma incorreta e apresentam vazões limitadas para o uso produtivo.

Também é importante salientar que a vegetação natural da caatinga, adaptada às condições climáticas extremas da região, possui espécies nativas que poderiam alimentar os rebanhos nos períodos críticos, esta vegetação tem sido devastada para o plantio de cultivares que só dão bons resultados nos raros períodos chuvosos.

A água de uso agrícola em 90% dos casos é da chuva, armazenada diretamente no solo. Em alguns casos emprega-se irrigação, com água reservada em açudes, barreiros, poços, cacimbas ou rios e transportada até as plantas com baldes, regadores e pequenas bombas.

Açudes de pequeno e médio porte, com capacidade de armazenamento até um milhão de m³ de água, foram construídos para o consumo humano e animal, ignorando a possibilidade do uso agrícola. Além disso, a falta de critérios na escolha dos locais, nas técnicas de construção, no dimensionamento e na localização da obra, levou à construção de açudes com perdas exageradas de água por infiltração, evaporação, salinização e assoreamento.

Grandes açudes públicos foram construídos com a finalidade de armazenar maiores quantidades de água sem planejamento e, muitas vezes sem considerar a situação dos usuários da água. Sua principal vantagem, a perenidade, é reduzida pela centralização das reservas que afasta a água da maioria dos usuários. Por fim, a lógica de construir grandes reservatórios, acabou levando a subutilização dos corpos d'água. Numa segunda fase tentou-se reverter esta situação através da piscicultura e da irrigação com resultados limitados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente descrevem-se os sistemas meteorológicos que atuam no Nordeste do Brasil, com destaque para o Estado da Bahia, são mostrados pluviogramas típicos de cada sistema e suas respectivas áreas de atuação. Também é

apresentado o resultado da atuação desses sistemas no mapa de Isoietas Médias Anuais.

Os índices de Frequência, Grau de Severidade e Riscos de Seca, determinados pela CEI/SEPLANTEC em 1991, foram utilizados para criar um índice de vulnerabilidade climática e caracterizar os municípios mais susceptíveis a ocorrência de eventos extremos com a finalidade de orientar o planejamento e hierarquizar as intervenções governamentais na ampliação da oferta de água.

Foi elaborado um diagnóstico da qualidade da água subterrânea com base na construção de mapas de concentração de cloretos, nitratos e fluoretos, considerando os limites de restrição para o consumo com base na Portaria MS n. 2.914, 12/12/2011.

A partir do diagnóstico da qualidade da água subterrânea, da vulnerabilidade dos municípios e da vocação de cada região são sugeridos programas de obras estruturantes para criar pontos permanentes de água nas regiões mais afetadas.

O principal objetivo do trabalho é avaliar as potencialidades dos aquíferos, a qualidade da água subterrânea e a vulnerabilidade ambiental para auxiliar o planejamento da ampliação da oferta de água na região, considerando a vocação natural do meio físico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Frequência de ocorrência de secas

A frequência do fenômeno foi avaliada utilizando o índice de intensidade das secas aplicado a todos os postos pluviométricos e cada ano foi classificado em função da ocorrência de seca severa, moderada ou ausência de seca (CEI/SEPLANTEC, 1991). Os dados mostram uma distribuição de estações com alta frequência de secas, concentradas no Nordeste do Estado e outras disseminadas pelo Semiárido, com a frequência gradando de valores mais elevados, em torno de 56% e, valores percentuais mais baixos, variando de 5% a 25% (Figura 3).

Grau de severidade das secas

Observa-se no mapa de graus de severidade das secas que as mais severas, com graus 5 e 6, ocorreram nos limites do semiárido, exceto nos locais onde as chuvas orográficas produzem um microclima que ameniza a ocorrência das secas e suas severidades (Figura 4).

Riscos de Seca

Adotou-se nos estudos realizados pela SEI um índice que avalia a seca meteorológica, relacionada ao limite crítico da precipitação pluviométrica. Para definir o risco de seca foi realizado o cruzamento de três atributos: pluviometria média anual, coeficiente de variação interanual e a frequência de secas, de acordo com a equação 1.

$$RS = PMA + CVI + FOS \quad (\text{Eq. 1})$$

onde: RS → Riscos de Seca; PMA → Precipitação Média Anual; CVI → Coeficiente de Variação Interanual; FOS → Frequência de Ocorrência de

Observa-se que os riscos de seca variam: de médio a alto nas regiões de baixas pluviosidades do semiárido, baixo a médio na região oeste e na parte central do estado sujeitas a chuvas orográficas e, risco baixo a nulo no litoral do baixo sul, local com altas pluviosidades (Figura 5).

Vulnerabilidade dos municípios

Os valores da Frequência, Grau de severidade e Riscos de Seca (CEI/SEPLANTEC, 1991), foram utilizados para hierarquizar a vulnerabilidade dos municípios do semiárido baiano com a finalidade de priorizar o planejamento das intervenções para ampliação da oferta de água.

A partir dessa hierarquização e da vocação da região, devem ser iniciados os estudos de detalhe, priorizando os municípios mais vulneráveis para elaboração de projetos para construção de obras estruturantes para convivência com a seca.

O módulo dos valores das frequência de secas adicionados ao grau de severidade e ao risco de seca se constituiu no índice utilizado para definir os municípios mais vulneráveis. O resultado da hierarquização encontra-se no mapa (Figura 6).

O estudo revela que a duração dos períodos de seca no Estado da Bahia pode atingir 2,3 e até 10 anos consecutivos, embora a maioria das secas seja de curta duração, não ultrapassando um ano (SEI, 1991).

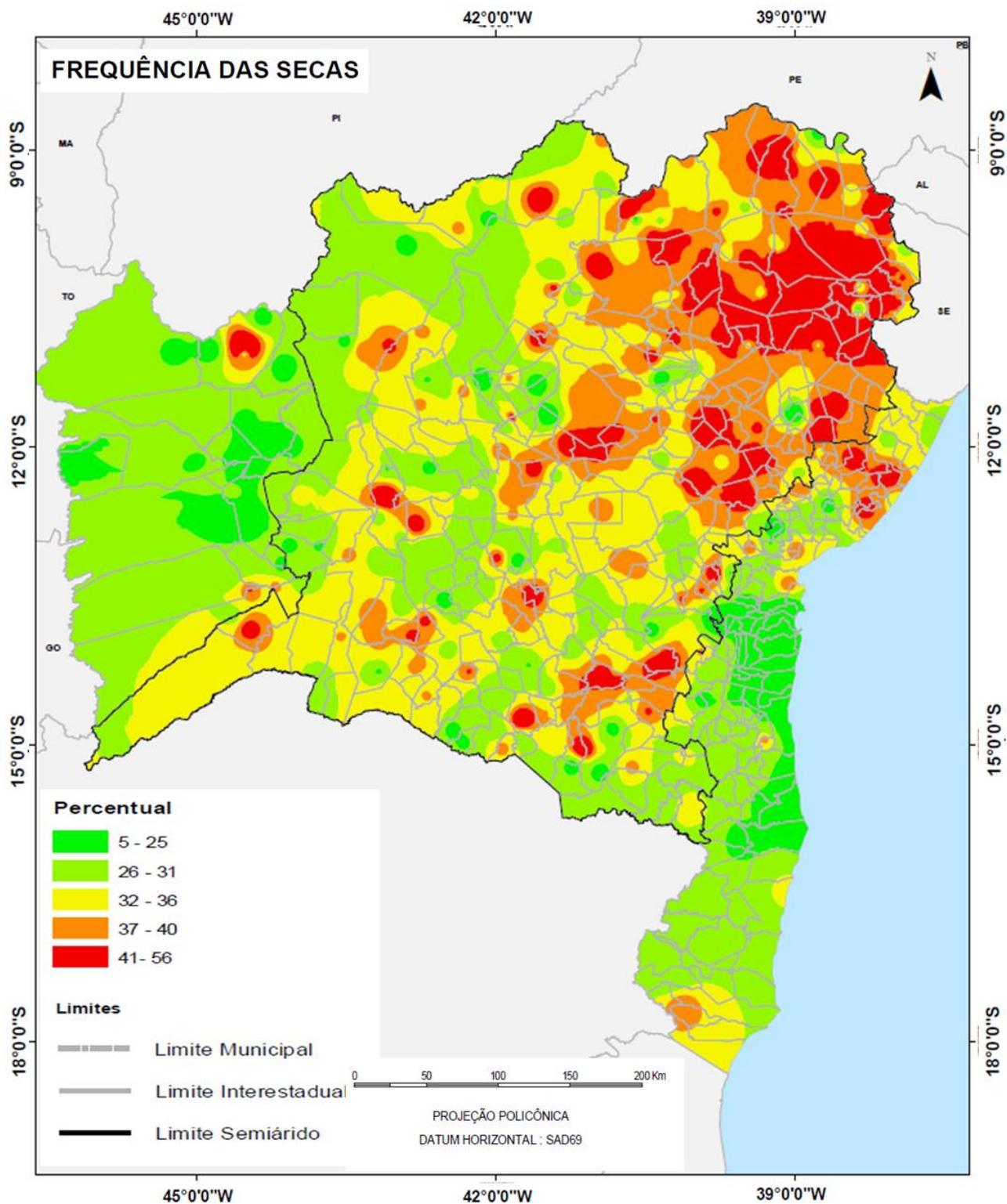
Qualidade da água subterrânea

Foram utilizados dados de cerca de 20.000 poços tubulares para elaborar um diagnóstico da qualidade da água subterrânea do Estado utilizando as variáveis; cloretos, nitratos e fluoretos, que impõe restrições ao seu uso quando os teores excedem os limites permitidos.

Os aquíferos são formações geológicas, rochas que contêm água nos poros e/ou fraturas e podem transmitir esta água. Considerando a litologia o tipo de porosidade, os aquíferos se dividem em: Granulares, aqueles constituídos por espaços intergranulares de sedimentos e rochas; Cársticos, compostos por fraturas e estruturas de dissolução em rochas carbonáticas e Fissurais, formados por fendas e fraturas, sendo que os últimos se subdividem em: Cristalinos e Metassedimentares a depender da litologia.

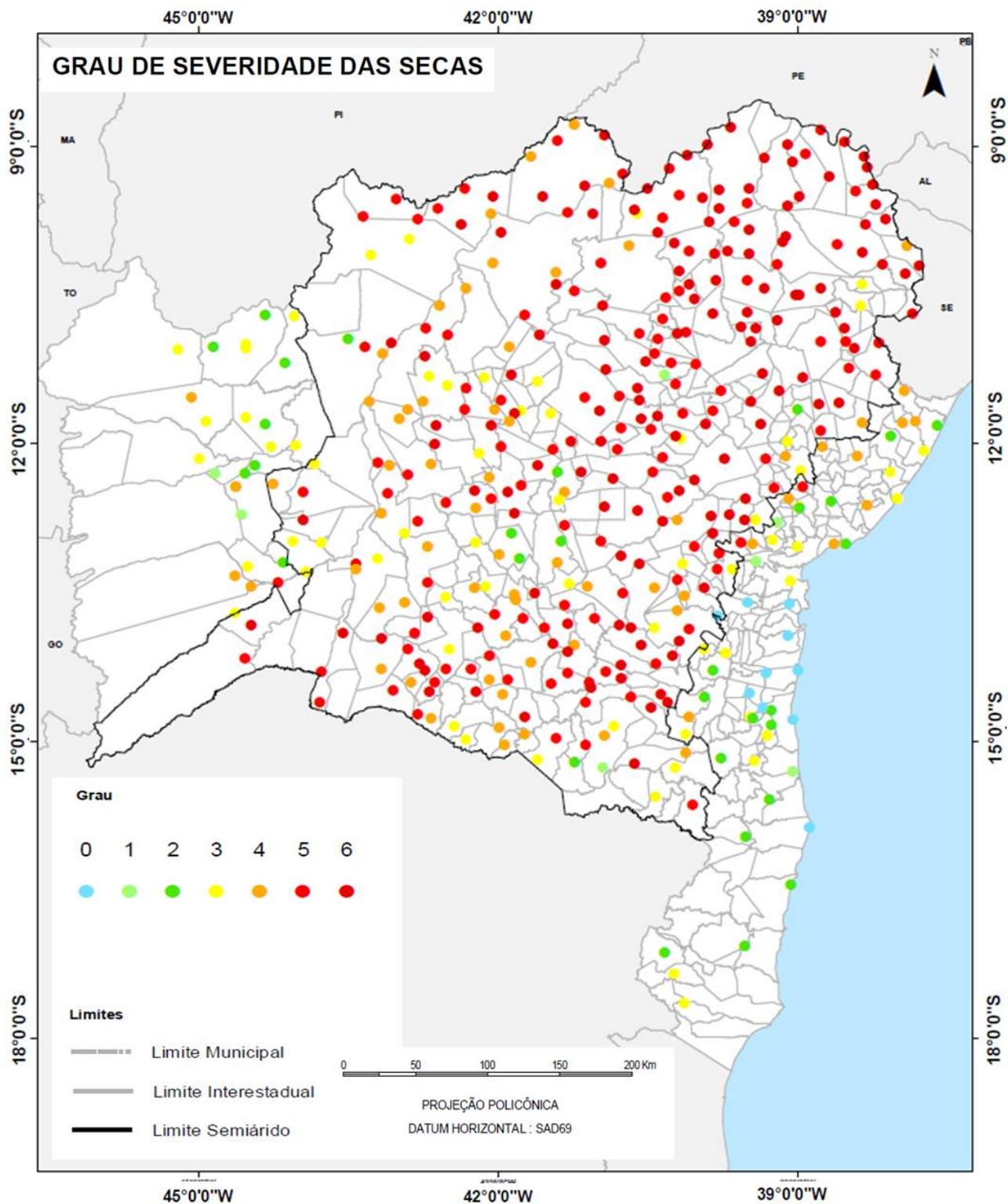
As rochas representadas no Mapa Geológico do Estado da Bahia foram classificadas, com base na litologia, comportamento hidrogeológico e no tipo de porosidade, em Classes de Aquíferos: Granulares, Carsticos, Metassedimentares e Cristalinos. Gerando o mapa onde estão representados todos os sistemas aquíferos do Estado da Bahia (Figura 7) (MAIA et al., 2009).

Figura 3 - Frequência de secas no Estado da Bahia



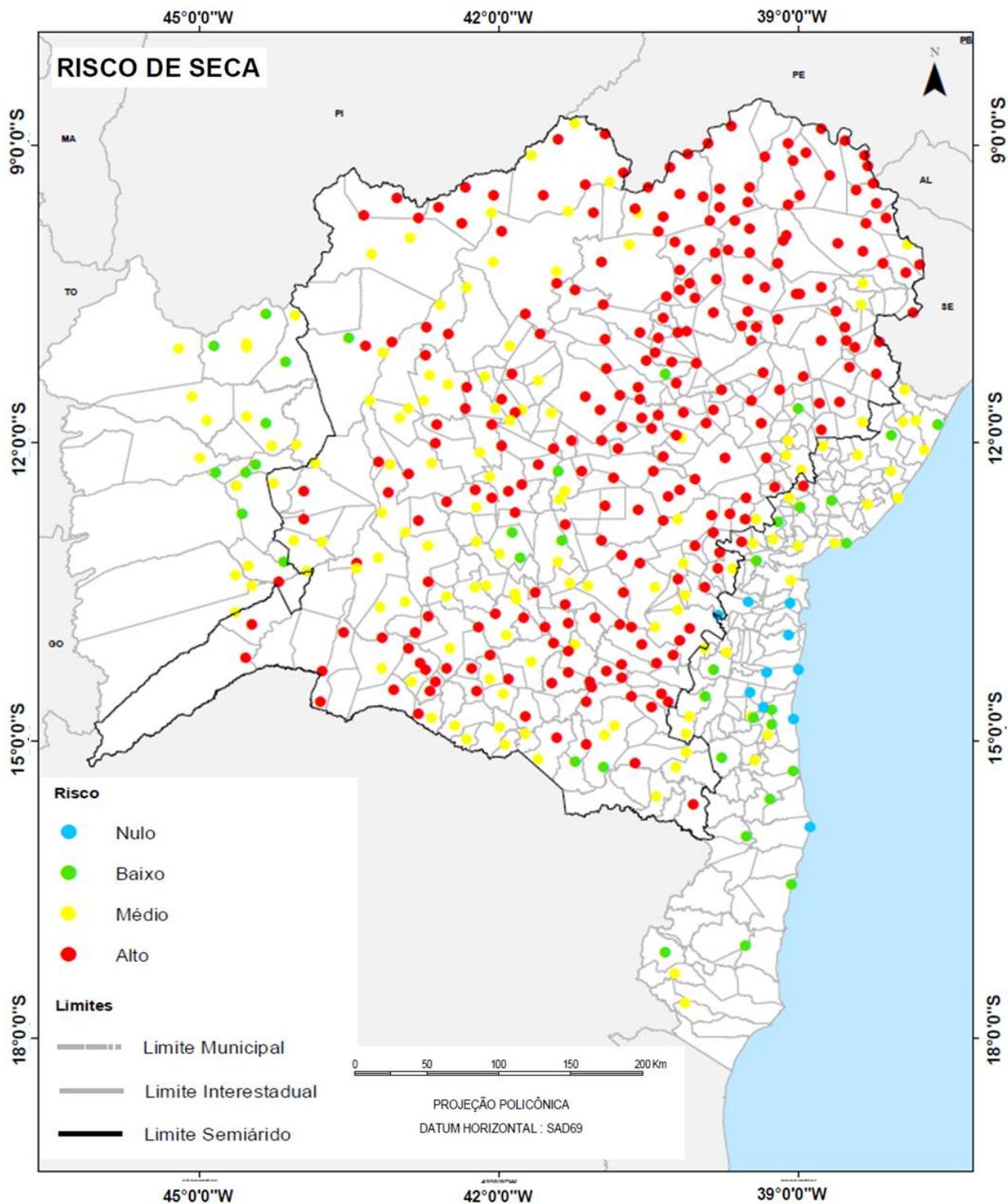
Fonte : Bahia (1991)

Figura 4 - Grau de severidade das secas



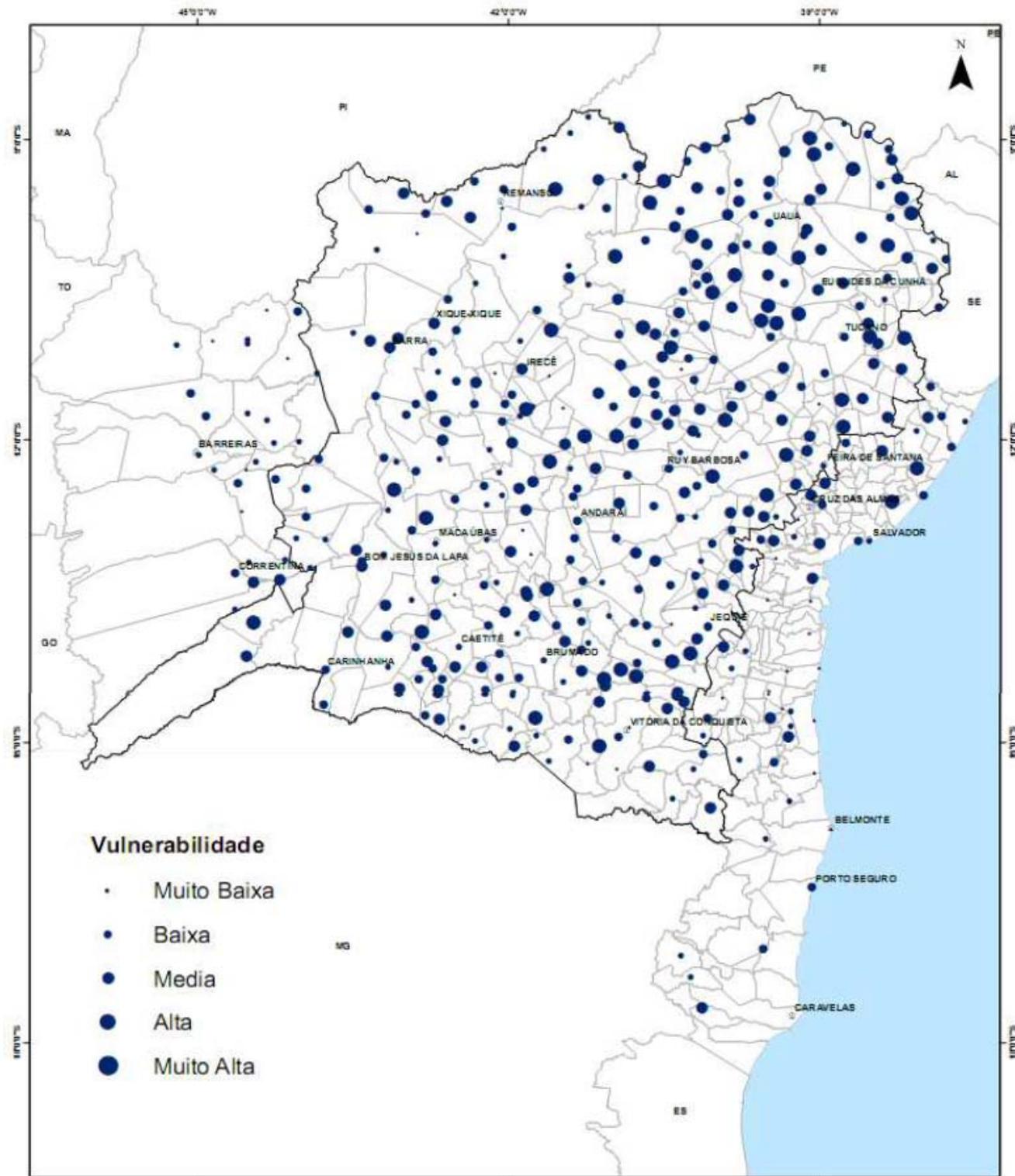
Fonte : Bahia (1991)

Figura 5 - Riscos de seca no Estado da Bahia



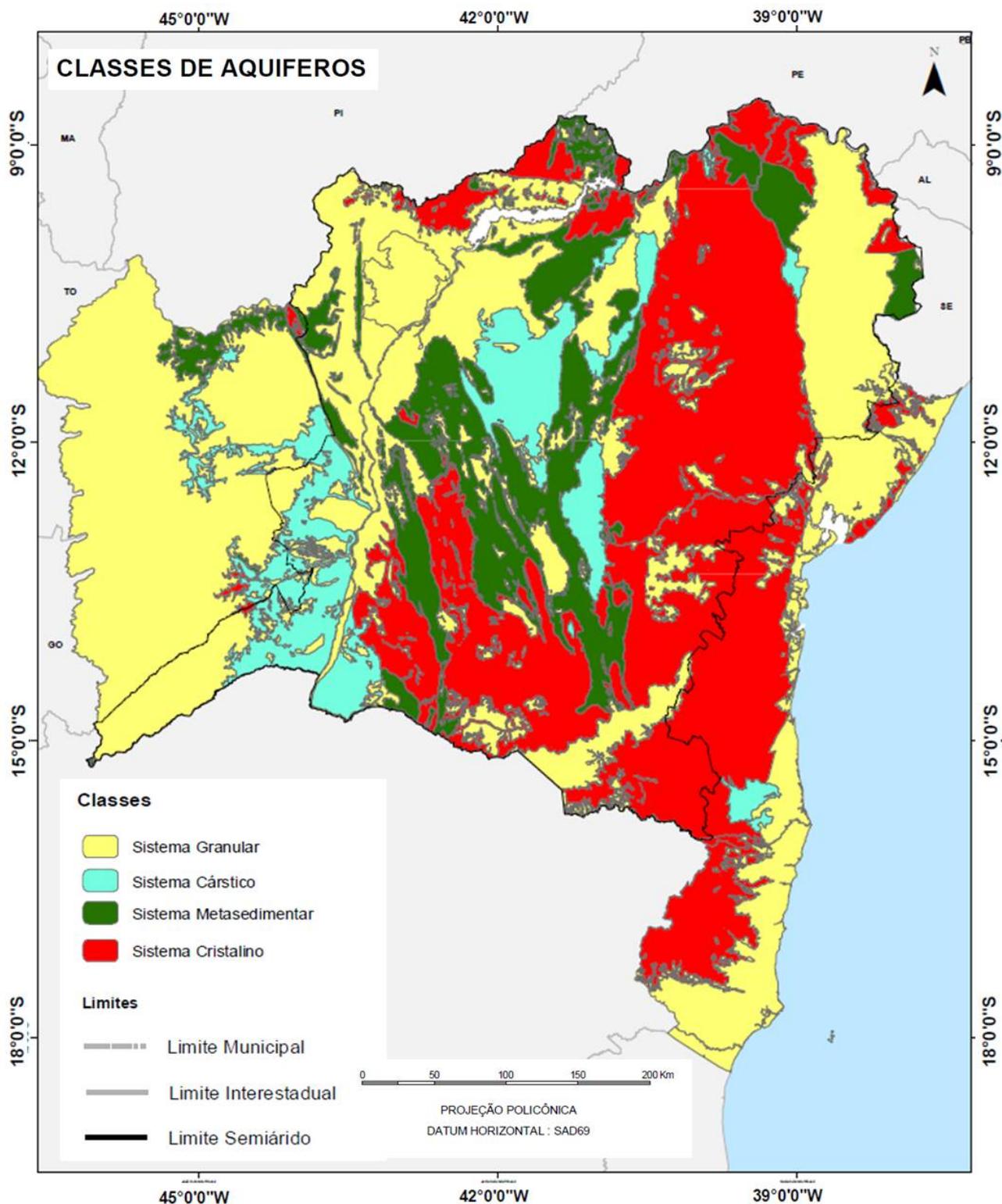
Fonte : Bahia (1991)

Figura 6 - Municípios prioritários para as intervenções governamentais



Fonte : Bahia (1991)

Figura 7 - Sistemas aquíferos do Estado da Bahia



Fonte: Mapa tectônico do estado da Bahia (DELGADO et al., 2003) e Classes de Aquíferos (MAIA, 2009).

Os limites utilizados para determinar restrições à potabilidade e subsidiar a elaboração dos mapas, foram obtidos na Portaria do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011): cloretos: 0- 500 mg L⁻¹ (água doce); 501 - 1000 mg L⁻¹ (água salobra); > 1000 mg L⁻¹ (água salgada); nitratos: 10 mg L⁻¹; fluoretos: 1,5 mg L⁻¹.

Cloretos

O mapa de concentração de cloretos nas águas subterrâneas do Estado da Bahia revela a existência de uma boa correlação entre a da salinidade das águas com os tipos de aquífero. As poligonais que delimitam as águas doces coincidem com os contornos dos aquíferos granulares e metassedi-

mentares e, a poligonal que contém as águas salgadas coincide com os contornos dos aquíferos cristalinos. (Figura 7 e Figura 8).

Além do controle litológico verifica-se também a existência de um controle pluviométrico que explica o fato das águas dos aquíferos Cársticos das margens do rio São Francisco, locais com pluviosidade regular a boa, apresentar salinidades variando de média a baixa e, os aquíferos cársticos da região de Irecê, onde a pluviosidade é baixa e irregular, apresentarem águas salgadas.

Esse controle também pode ser observado na baixa salinidade da água dos aquíferos metassedimentares em decorrência da pluviosidade mais elevada das chuvas orográficas e, nos aquíferos cristalinos do litoral, onde os índices pluviométricos são mais elevados e fazem com que essas águas sejam mais doces (Figura 7 e Figura 8).

Nitrato

O mapa de nitratos revela que a contaminação ocorre disseminada pelo semiárido, principalmente nos contornos dos aquíferos cristalinos em regiões com baixas pluviosidades, onde não ocorre muita circulação das águas em subsuperfície.

Vale ressaltar que os aquíferos cársticos de Irecê se destacam com elevadas concentrações por sofrer grandes impactos com a falta de esgotamento sanitário e pela prática de intensas atividades agrícolas (Figura 9).

Fluoretos

O flúor é o halogênio mais abundante da crosta terrestre, com uma concentração de 950 ppm. Na água do mar se encontra numa proporção de aproximadamente 1,3 ppm. Os minerais mais importantes no qual está presente são a fluorita, CaF_2 , a fluorapatita, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ e a criolita, Na_3AlF_6 . Este parâmetro é objeto de análise neste trabalho por impor restrições ao uso da água para o consumo humano quando os teores na água encontram-se acima de 1,5 mg/L. (Figura 10). A ocorrência de fluoretos está relacionada à litologia do aquífero, isso ocorre em função da afinidade geoquímica do flúor com alguns tipos de rocha, determinado por um contexto geológico favorável.

RECOMENDAÇÕES

Inicialmente a abordagem regional é importante para entender os controles, climáticos, pluviométricos e litológicos sobre a qualidade da água subterrânea com o objetivo de identificar as estratégias, estabelecer a natureza das intervenções, antes de avaliar as alternativas para as soluções locais.

Os municípios cujas águas subterrâneas apresentam concentrações de cloreto acima dos valores máximos permitidos só devem ser indica-

dos para programas de perfuração de poços, quando as condições geológicas forem favoráveis e, com a utilização dos métodos de prospecção geofísicos. Estas localidades devem ser priorizadas por um intenso programa de aproveitamento de águas de chuva, por um programa de construção de adutoras que garantam o suprimento de água nos períodos críticos.

Os municípios contidos na faixa do semiárido baiano, alinhada no sentido Nordeste-Sudoeste, localizadas a leste da Chapada, coincidente com os afloramentos de rochas cristalinas, cujos aquíferos apresentam águas de baixa qualidade em quantidades modestas, podem ser abastecidos por um eixo de transposição com início a jusante da Barragem de Paulo Afonso. A água captada pode ser aduzida para uma elevação, localizada na direção sudoeste, e de lá, por gravidade, cortaria a faixa mais crítica do semiárido, tanto em termos climáticos, quanto em quantidade e qualidade da água existente. A partir desse eixo principal é que deverão ter início as derivações laterais para atender os diversos municípios respeitando as prioridades de cada um deles (Figura 11).

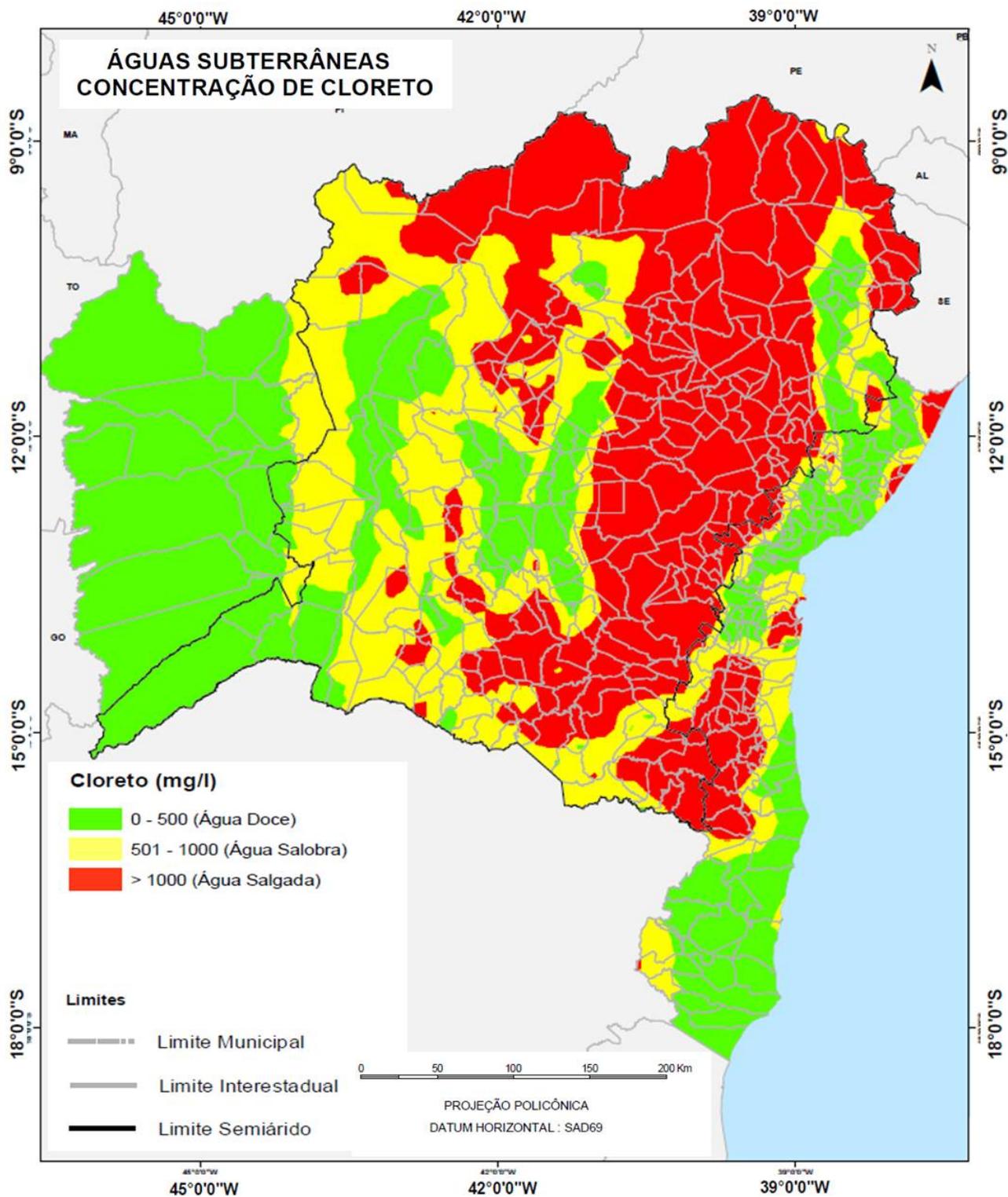
A perfuração de poços na Bacia Sedimentar do Recôncavo com a finalidade de aduzir as águas para os municípios localizados na borda leste e nordeste da Bacia, onde os aquíferos cristalinos possuem águas subterrâneas salinas, pode resolver uma parte dos problemas de falta de água e criar condições para desenvolver atividades econômicas sustentáveis nessas regiões.

As serras e chapadas no interior do semiárido, cujos efeitos orográficos refletem em pluviosidades mais elevadas e as tornam mais úmidas, fazem com que estas regiões funcionem como verdadeiras "caixas d'água do sertão" (Figura 2). Esta configuração também produz, em níveis topográficos intermediários, condições propícias para construção de pequenos e médios barramentos, cujas águas podem ser conduzidas por gravidade para as terras mais baixas, onde afloram rochas cristalinas e as águas subterrâneas são de baixa qualidade (MAIA, 2005).

As áreas adjacentes que margeiam o Lago de Sobradinho, cujas águas subterrâneas também são salinizadas, podem ser abastecidas por adutoras radiais ao reservatório para conduzir as águas para os municípios, tanto da margem direita e da margem esquerda (Figura 11).

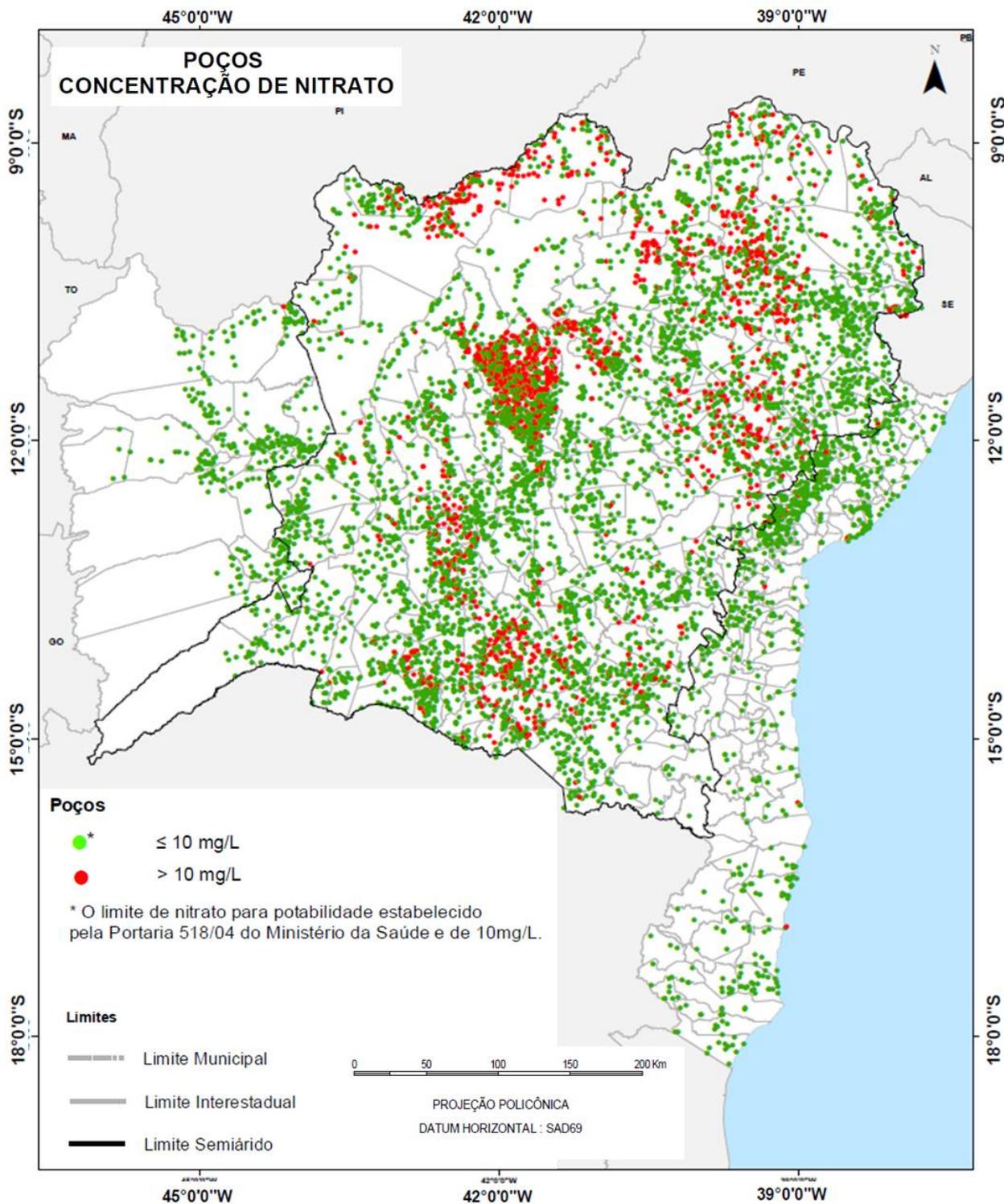
Os aluviões existentes em algumas bacias hidrográficas do semiárido apresentam condições para construção de barragens subterrâneas, uma delas é a bacia hidrográfica do rio Paramirim, local onde a pesquisa, por meio de sondagens, para investigar as dimensões e a capacidade de armazenamento de trechos da bacia cobertos por depósitos aluvionares indicados para obras desse tipo.

Figura 8 - Concentração de cloretos nas águas subterrâneas do Estado da Bahia



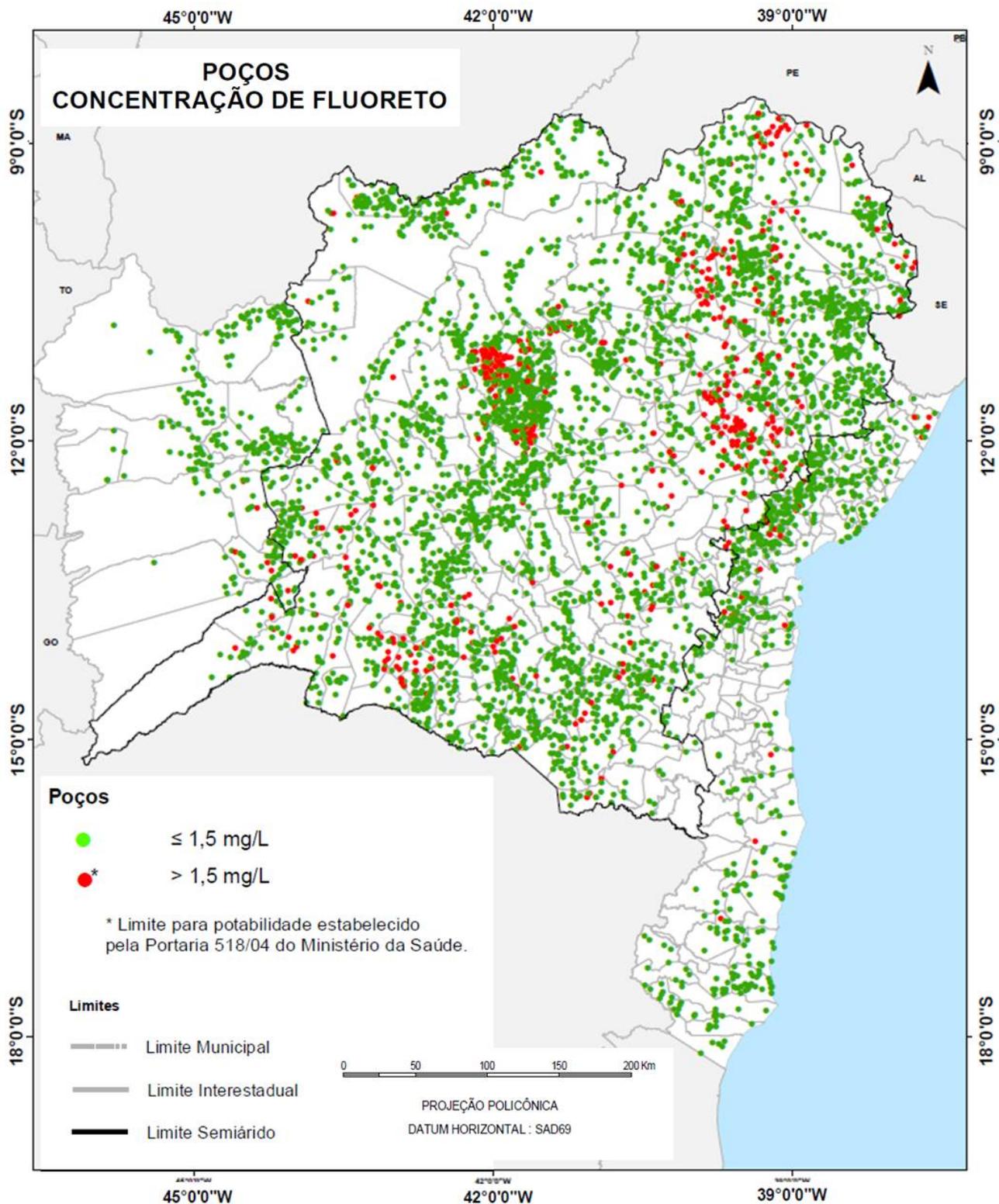
Fonte : Base de poços (CERB, 2004)

Figura 9 - Concentração de nitratos nas águas subterrâneas do Estado da Bahia



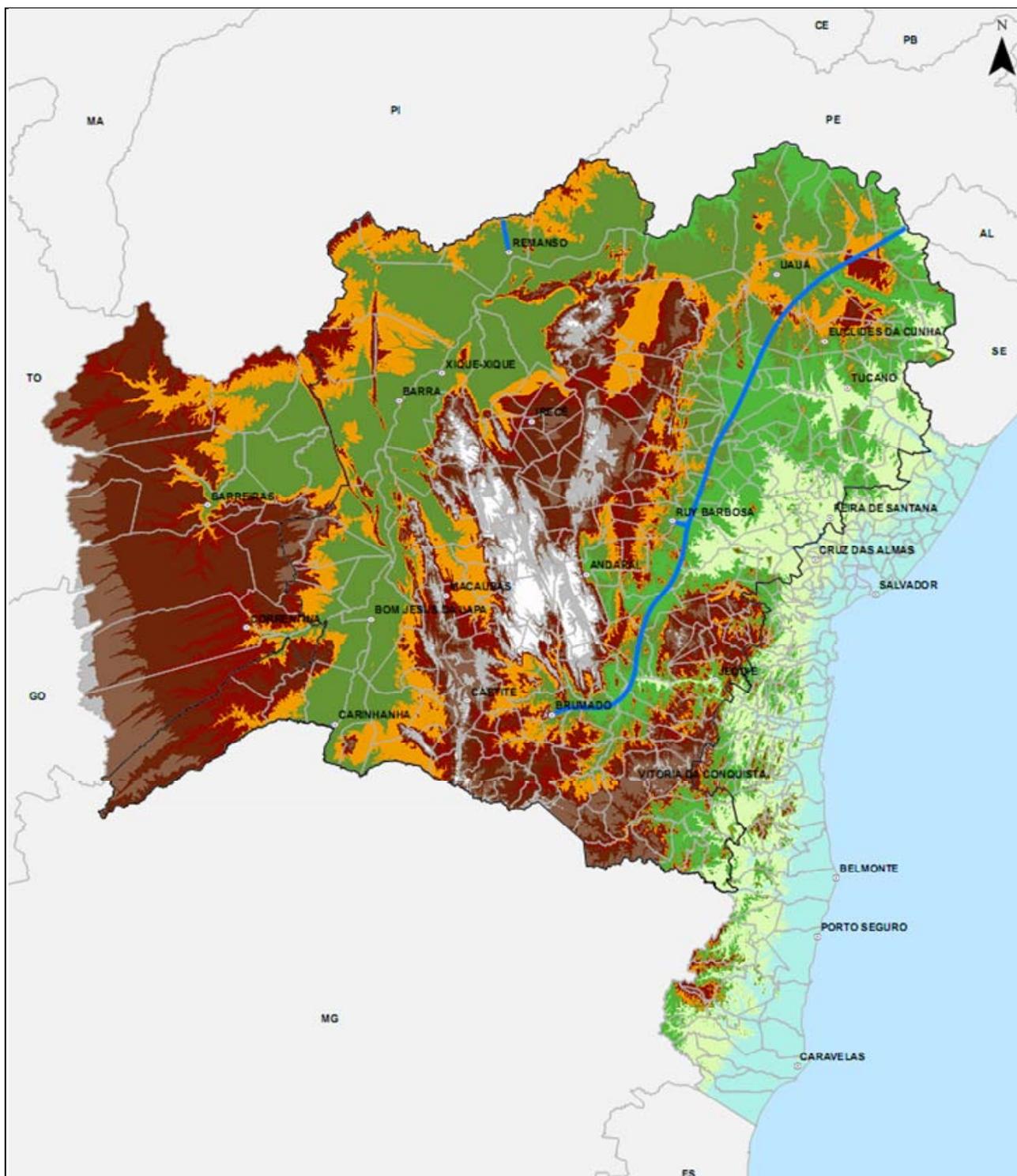
Fonte : Base de poços (CERB, 2004)

Figura 10- Concentração de fluoretos nas águas subterrâneas do Estado da Bahia



Fonte : Base de poços (CERB, 2004)

Figura 11- Mapa hipsométrico do Estado da Bahia



Fonte: Miranda (2003)

Um intenso programa perfuração de poços deve ser implementado na faixa litorânea a leste e na região oeste do Estado, áreas mais claras, onde as águas subterrâneas são doces e salobras. Essa alternativa para criação de pontos permanentes de água, de maneira geral deve ser evitada nas áreas representadas pela cor escura, cujas águas apresentam salinidades elevadas, exceto nos locais com condições geológicas favoráveis, após a aplicação de métodos de prospecção geofísicos (Figura 8).

O nosso semiárido possui uma excelente rede filamentar de rios e riachos intermitentes favoráveis a implantação de um imenso programa de açudagem, cuja acumulação de água poderá salvar os rebanhos e permitir que a população tenha condições de atravessar os períodos secos.

Aproveitamento de água de chuvas se constitui em uma alternativa transversal que pode ser aplicado em todos os ambientes do Estado, tanto no campo como na cidade, independente do substrato, do clima ou da disponibilidade. Entre os

diversos sistemas que podem ser aplicados de destacam as metodologias que permitem o armazenamento de quantidades razoáveis de água, como os impluvios de superfície, utilizados para dessedentação de um pequeno rebanho ou uma irrigação por gotejamento.

O recolhimento direto da água da chuva por calhas nos telhados é comum, apesar de ser limitado pelo tamanho da captação e pelos reservatórios. Sua aplicação e deve ser feita em todo o Estado, e os resultados obtidos tem sido de grande valia para as comunidades rurais. Este tipo

de obra é extremamente importante para o armazenamento de água potável e complementa os programas emergenciais.

Os principais ambientes aquíferos granulares do Estado, tais como: o Sistema Aquífero Uruçuia, os Sistemas Aquíferos da Bacia do Recôncavo e o Sistema Aquífero Barreiras portadores de águas de excelente potabilidade a solução de captação de água por meio de poços tubulares é uma prática constante com excelentes resultados. Abaixo apresentamos a síntese do programa proposto (Quadro 1)

Quadro 1 – Proposta para programa de ampliação da oferta de água no Estado da Bahia

Tipo de Intervenção	Locais Favoráveis
1 - Eixo de transposição das águas do São Francisco	Faixa de rochas cristalinas com direção N-S que hospedam aquíferos com águas salinas e baixa capacidade de produção
2 - Construção de impluvios de Superfície	Áreas de rochas cristalinas e aquíferos com águas salinas e capacidade de produção baixa
3 - Construção de adutoras	Áreas de rochas cristalinas em aquíferos de baixa capacidade com águas salinas que ocorrem próximo ao rio São Francisco
4 - Perfuração de poços	Áreas favoráveis portadoras de águas doces e salobras, concentradas no leste, oeste ou disseminadas no interior do semiárido
5 - Adução das águas subterrâneas do Recôncavo-Tucano	Áreas localizadas nas bordas da bacia sedimentar em aquíferos com capacidade baixa, portadores de águas salinas
6 - Barragens subterrâneas	Em bacias hidrográficas com aluviões propícios para o armazenamento de água
7 - Barramentos associados a adutoras	Áreas de topografia mais acentuadas sujeitas as chuvas orográficas no interior do semiárido
8 - Açudagem em microbacias hidrográficas	Em todas as regiões sujeita a secas recorrentes
9 - Água de chuva para uso residencial	Em todo Estado, independente dos índices de pluviosidade

A inexistência de estudos que definam a potencialidade hídrica dos municípios, bem como o quadro atual de sua utilização, dificulta a implantação de qualquer solução específica local para a problemática da seca. Os aspectos vocacionais de cada município exigem que as respostas sejam diversificadas, sob pena de não apresentar a eficácia pretendida. Para tanto requer o conhecimento das condições ambientais e da realidade do local, condição básica para o desenvolvimento de um método bem afinado com o problema, no enfoque específico do problema da água.

Em outra etapa do programa será identificada e quantificada a “falta d’água”, suas causas e consequências em cada município. Em seguida elaborar soluções que eliminem ou pelo menos minimizem o problema. Estas pesquisas e estudos deverão ser subsidiados por informações hidrológicas, hidrogeológicas e topográficas confiáveis, pois os mesmos visam a identificar e equacionar a problemática do aproveitamento dos recursos hídricos de cada município do semiárido baiano.

Para se equacionar o problema é necessário considerar os diferentes enfoques, como a perspectiva das famílias, das unidades produtivas, das comunidades e dos municípios. As alternativas propostas deverão adequar-se à disponibilidade de água passível de ser armazenada em cada município, evitando a aplicação de técnicas inadequadas, afinal muito foi desperdiçado em tentativas mal sucedidas.

Pequenos sistemas de irrigação podem assumir um papel fundamental na unidade produtiva, mas em geral apresentam um consumo de água elevado, superior a todos os outros consumos descritos anteriormente. Algumas técnicas alternativas, como a de plantar na vazante dos açudes e das barragens subterrâneas, aproveitando a umidade do solo à medida que os mananciais vão secando também são utilizadas com sucesso, apesar dos riscos de salinização.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos ao deputado Carlos Brasileiro, coordenador da Subcomissão do Lençol Freático do Semiárido pela oportunidade de participar dos estudos para o diagnóstico das águas subterrâneas do Estado da Bahia, cujos dados permitiram a elaboração desse trabalho.

REFERÊNCIAS

- AMBRIZZI, T., ROCHA, R.P., MARENGO, J.A., PISNITCHENCO, I., NUNES, L.A., FERNANDEZ, J.P.R. **Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: projeções de clima futuro usando três modelos regionais**. Relatório 3. São Paulo, 2007.
- BAHIA. CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES. **Riscos de seca na Bahia**. Salvador: CEI, 1991.
- BRASIL, Ministério da Saúde, PORTARIA Nº 2.914 DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011, Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, 2011.
- CERB - Companhia de Engenharia Rural da Bahia. **Banco de dados de poços tubulares perfurados no Estado da Bahia**. Salvador: CERB, 2006. (digital)
- CPTEC/INPE; IAG/USP; FBDS. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria de Conservação da Biodiversidade. 108 p.
- CEI/SEPLANTEC - Centro de Estatística e Informações (BA). **Riscos de seca na Bahia**. Séries especiais CEI 2, Governo do Estado da Bahia. SEPLANTEC, Salvador, 1991.
- CHAVES, R. R.; P. NOBRE. Interactions between sea surface temperature over the South Atlantic Ocean and the South Atlantic Convergence Zone. **Geophys. Res. Lett.**, v. 31, L03204, 2004.
- CHAVES, R. R. **Variabilidade da precipitação na região sul do Nordeste do Brasil e sua associação com padrões atmosféricos**. Tese de M.Sc. São José dos Campos, INPE, 1999. 159 p.
- DANIEL, M. H B.. **Caracterização do perfil do nitrato na água para consumo humano do município de Natal-RN. 2007**. Monografia-Universidade de Brasília. 2008.
- DELGADO, I. M. in SOUZA, D. et al. **Mapa geológico na escala 1:1.000.000**. Salvador: CBPM-CPRM, 2003. (Convênio de Cooperação Técnico-Científica).
- KOUSKY, V. E.; CHU, P. S. Fluctuations in annual rainfall for northeast Brazil. **Journal Meteorological Society Japan**, v. 56 p., 457-465 p., 1978.
- KOUSKY, V. E. **Frontal influences on Northeast Brazil**. Monthly Weather on Review, 107 p., 1140-1153, 1979
- MAIA P. H. P. **Meio ambiente e Potencialidades Hídricas na Região de Aracatu - Sudoeste da Bahia**. 2005, 127 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente. Instituto de Geociências da **Universidade Federal da Bahia, 2005**.
- MAIA, P.H.P., CRUZ, M.J.M. ; SAMPAIO, M.C.- Zoneamento dos aquíferos do Estado da Bahia. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology - BJUST**, v.13, n. 1, p. 45-52, 2009.
- MIN - Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido Brasileiro (Cartilha)**. Brasília, DF: Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional/MIN, 2005. 35p.
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 3 dez. 2012.
- MOLLE, F., CADIER E. **Manual do pequeno açude**. Recife, SUDENE-DPG-PRN-DPP-APR, 1992.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.
- NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B. The climatology of drought and drought prediction. The Impact of Variations on Agriculture, **Rev. Brasileira de Meteorol.**, v.25, n. 3, p. 305-323, 1988.
- RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the southern oscillation. **Theoretical and applied climatology**, v. 42, p., 81-91, 1990.
- RAO, V. B.; LIMA, M. C.; FRANCHITO; S. H. seasonal and interannual variations of rainfall over Eastern Northeast Brazil. **Journal of Climatology**, v. 6, p. 1754-1763, 1993.
- SOUZA, E.; NOBRE, P. Uma revisão sobre o padrão de dipolo do Oceano Atlântico tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, p. 31-44, 1998.