

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
INTEGRADOS DA FOLHA RIO SÃO FRANCISCO - SC. 23  
POR

M.J.G. Barros  
E.A. Lima

INTRODUÇÃO

Este trabalho de avaliação dos recursos hídricos integrados da Folha Rio São Francisco - SC.23 foi executado através de metodologia própria da equipe de Recursos Hídricos do Projeto RADAMBRASIL, e teve por base todos os levantamentos dos recursos naturais (solo, geologia, relevo, vegetação, climatologia, etc) efetuados pelas divisões técnicas do órgão, assim como os dados disponíveis em empresas públicas e privadas, de trabalhos efetuados anteriormente.

Todo o levantamento foi baseado no estudo das bacias hidrográficas contidas na área de estudo, mais especificamente as bacias dos rios Tocantins, Paranaíba e São Francisco, onde a unidade mapeada consistiu da unidade geológica (camada, complexo, grupo, etc).

O potencial hídrico foi avaliado de maneira integrada, pois os dados climatológicos, das diversas séries históricas, assim como os dados fluviométricos disponíveis, foram utilizados para se alcançar, dentro de cada bacia, os diferentes volumes de água disponíveis, assim como a sua distribuição durante o ano.

Além do potencial de águas superficiais, foi avaliado o potencial de água subterrâneo de cada unidade geológica, estudando-se todos os elementos naturais que influem na capacidade de infiltração e de armazenamento de água em sub-superfície, assim como os parâmetros hidrodinâmicos conhecidos a partir de trabalhos anteriores.

Cada bacia hidrográfica apresenta, ao final do trabalho, um volume de água disponível em superfície, assim como as unidades geológicas trazem o seu potencial hídrico subterrâneo, consideradas as escalas de trabalho e de publicação, 1:250.000 e 1:1.000.000 respectivamente.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOCANTINS

Ocupa uma área de aproximadamente 75.580 km<sup>2</sup>, distribuídos integralmente dentro do Estado de Goiás, e correspondendo a 25,3% da folha estudada.

A rede hidrográfica compreende pequena parcela de toda a bacia, e o rio Tocantins aparece em curto trecho no canto noroeste de mosaico. O rio mais importante da área é o rio do Sono, sendo o rio das Balsas seu principal tributário.

Algumas rochas cristalofílicas mais resistentes à erosão e ao intemperismo constituem pequenas serras no canto sudoeste da bacia.

Potencial hídrico de superfície

A avaliação do potencial hídrico de superfície estima, como uma média para anos normais, um volume da ordem de  $25,5 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, de água disponível ao escoamento superficial e à recarga dos aquíferos, podendo alcançar 38,9 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano nos anos mais chuvosos, ou diminuir para  $12,1 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano nos anos mais secos.

A análise do potencial hídrico de superfície revelou as seguintes áreas homogêneas nesta bacia:

Distribuição subomogênea/Potencial bom (2b) – Compreende cerca de 2% da área total, em seu setor sudoeste e representa um volume que varia de  $0,8 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano a  $1,47 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (entre o ano mais seco e o mais chuvoso) de água disponível. A capacidade de armazenamento e de restituição dos aquíferos livres existentes na área, faz com que a disponibilidade de águas superficiais seja constante durante o ano todo, exceto naqueles anos mais secos; nos meses de estio os rios sofrem grande rebaixamento, acarretando grande variação ao longo do ano, tornando necessárias algumas medidas de proteção e de adaptação.

Distribuição subomogênea/Potencial médio (2c) – Abrange cerca de 13% da área da bacia, ocupando parte do seu setor sudoeste, e tem capacidade de gerar um volume de água que varia entre  $4,99 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais chuvosos) e  $1,42 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (para os anos mais secos).

Os cursos d'água são perenes, porém com grande variação de nível, sendo realimentados durante o período seco pelos aquíferos subterrâneos. A regularização das vazões pode ser obtida através da açudagem. Considerando-se o relevo caracterizado por extensas chapadas, com baixa densidade de drenagem, a utilização da água subterrânea é recomendada, como manancial para utilização pelo gado e para necessidades domésticas humanas, durante o período seco.

Distribuição concentrada/Potencial bom (3b) – Ocupa uma área no setor sudoeste da bacia que corresponde a 4% da superfície da bacia e tem capacidade de gerar um volume de água entre  $2,9 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano e  $1,5 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (respectivamente ano mais chuvoso e ano mais seco).

A elevada concentração pluvial sobre esta área recomenda, em primeiro lugar, cuidados especiais em relação à conservação do solo e desmatamentos em relevos com declividade superior a 25%. A açudagem é necessária nos altos cursos, no sentido de perenizar os rios menores, que podem secar durante até três meses, o que torna a utilização dos aquíferos subterrâneos necessária, principalmente nas áreas mais altas.

Distribuição concentrada/Potencial médio (3c) – Envolve cerca de 75%, ocupando praticamente todo o setor leste da folha, com capacidade de gerar um volume entre  $28,9 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais chuvosos) e  $8,2 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais secos).

Os pequenos córregos e riachos podem secar até durante quatro meses por ano, nos anos mais secos, mas em geral são perenes, sofrendo no entanto, uma grande variação de nível entre a estação das chuvas e a estiagem, o mesmo ocorrendo com rios de maior porte. Aconselha-se açudagem nos pequenos cursos d'água, no sentido de garantir suprimento hídrico estável para o gado, criado extensivamente na área, com o suporte das pastagens naturais dos cerrados. Na impossibilidade da açudagem, torna-se necessária a utilização dos aquíferos subterrâneos a partir de poços profundos.

Distribuição concentrada/Potencial fraco – Esta área homogênea ocupa cerca de 3% da superfície da bacia, no setor norte-noroeste, e apresenta capacidade de gerar um volume que oscila entre  $0,37 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano e  $0,03 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, respectivamente entre anos mais chuvosos e anos mais secos.

Trata-se de área próxima ao divisor de águas, com pequenos córregos e riachos, que podem secar até durante seis meses por ano, nos anos mais secos,

o que torna a açudagem necessária e o uso das águas subterrâneas um imperativo.

Distribuição superconcentrada/Potencial fraco (4d) – Envolve cerca de 3% da área total da bacia, no seu setor noroeste, com capacidade de gerar um volume de água da ordem de  $0,28 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano para os anos mais chuvosos e de  $0,02 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, para os anos mais secos.

Os cursos d'água podem secar até durante nove meses por ano, sendo necessária a açudagem nestes riachos intermitentes, assim como é identicamente necessária a utilização dos aquíferos subterrâneos.

#### Potencial hídrico subterrâneo

De acordo com as matrizes de caracterização e as de determinação numérica estudadas nesta bacia, várias unidades geológicas tiveram o seu potencial subterrâneo enquadrado no conceito BOM (B), em virtude das características inerentes a cada uma, no que diz respeito a litologia, solo, vegetação, relevo, volume de precipitação, excedente hídrico, etc.

As unidades que alcançaram tal conceito foram: aluviões, Formação Uruçuaia, Formação Poti, Formação Cabeças, Formação Serra Grande e Grupo Natividade de.

Aluviões – Distribuem-se segundo faixas irregulares ao longo dos rios Tocantins, do Sono, das Balsas e Manoel Alves Grande, preenchendo suas calhas em vales abertos e rasos, discordantemente sobrepostos e sedimentos mais antigos. O relevo é geralmente plano, com ligeira declividade, no sentido do curso d'água cuja calha ocupam. A vegetação predominante é arbustiva, pouco densa a densa, com ocorrências de culturas cíclicas. O solo é predominantemente arenoso, e a litologia das aluviões é caracterizada por sedimentação detrítica, variando de areias a argilas; sendo as areias grosseiramente selecionadas, com intercalações de seixos e calhaus, com cores cinza e amarronzadas.

A espessura destes depósitos é muito variável, assim como as variações na composição granulométrica e alternâncias de níveis argilosos e silticos.

Este sistema aquífero é praticamente inexplorado na área, principalmente pela presença de despoluídos (geralmente) mananciais de superfície, frequentemente perenes, de águas límpidas e de ótimo paladar.

Formação Uruçuaia – Unidade sedimentar que ocorre na porção sudeste da bacia, com ampla área de exposição. Sua forma é grosseiramente triangular, com um apêndice irregular na sua porção meridional. Destaca-se topograficamente por formar as maiores elevações da área, constituindo vastos e notáveis platôs ou chapadões tabuliformes de topos aplainados.

A litologia da Formação Uruçuaia se compõe de uma sequência sub-horizantal de arenitos finos, fino-médios, em geral bem selecionados, esbranquiçados, creme a róseos, algo argilosos, friáveis, apresentando ligeiras variações granulométricas segundo os planos de sedimentação. A sua espessura é muito variável, oscilando na área entre 100 e 200 metros.

Formação Poti – Ocupa área de aproximadamente 13.000 km<sup>2</sup> conforme faixa irregular de comprimento maior na direção N-S. A topografia apresenta modela

dos que variam com a litologia, pois quando predomina a arenosa é comum a presença de relevo plano-ondulado, com extensos areiais; quando a litologia é pelítica, o relevo apresenta-se dissecado, com morros abaulados.

A litologia da Formação Poti se compõe de arenitos finos a grosseiros, argilosos, friável; são comuns as intercalações de leitos siltico-argilosos, e há níveis de arenito conglomerático, dispersos e descontínuos. A espessura média pode ser considerada como sendo da ordem de 200 metros e de mergulho relativamente suave para oeste.

Formação Cabeças - Esta formação sedimentar de idade Devoniana, ocupa nesta bacia uma área de aproximadamente 5.000 km<sup>2</sup>. Sua área de afloramento se estende de NO para SE, de modo muito irregular.

A litologia da Formação Cabeças compreende arenitos de granulação média a grosseira, mal selecionados, com intercalações das camadas mais finas, bem selecionadas. Ocorrem arenitos com variação da granulação de fina a grosseira, mal selecionados, friáveis, e com pontuações caulínicas; há intercalações de níveis silticos e de folhelhos. A espessura aproximada para esta unidade é da ordem de 250 metros.

As formações que envolvem a Formação Cabeças, Longá e Pimenteiras, dão boas condições de confinamento por suas baixas permeabilidades, e estas condições vão se refletir bem para este, no vale do Gurguéia, na Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba, onde existem vários poços artesianos.

Formação Serra Grande - Com reduzida área de afloramento, cerca de 430 km<sup>2</sup>, esta unidade aflora na região ao Norte de Pindorama de Goiás (GO) e na calha do rio das Balsas.

A topografia, em geral, é bastante ondulada, sendo a litologia exposta através de escarpas abruptas, sem entretanto apresentar destaque no relevo regional.

Esta formação se compõe de um pacote clástico predominantemente arenoso, fino a conglomerático, que apresenta níveis com seixos de quartzo, de arenito e de quartzito (com até 30 cm de diâmetro); os horizontes conglomeráticos se situam na porção inferior, enquanto na porção superior se localizam os níveis pelíticos; ocorrem níveis lenticulares de folhelhos silticos; a espessura aproximada desta unidade oscila em torno de 200 metros.

Apesar de se comportar como um aquífero livre, à medida que vai sendo recoberta pela Formação Pimenteiras, adentrando para a Sinéclise do Parnaíba, vai adquirindo condições de artesianismo potencialmente maior.

Grupo Natividade - Este grupo, posicionado na porção centro-meridional da bacia, ocupa uma área de aproximadamente 2.050 km<sup>2</sup>, segundo faixa de direção NE deste Natividade a Pindorama de Goiás (GO), além de manchas de tamanhos variados, localizadas mais a este.

Este grupo parece fazer discordantemente sobre as rochas gnáissicas-migmáticas do Complexo Goiano, e na sua porção nordestina é recoberto pelos sedimentos paleozóicos de Sinéclise do Parnaíba.

As unidades restantes desta bacia, em número de treze, apresentam um po-

tencial médio, e não são consideradas detalhadamente neste trabalho, desde que estará sendo publicado o volume do Projeto RADAMBRASIL, sobre esta área nos próximos meses.

A parte de hidroquímica, para classificação e qualificação das águas, poderá ser vista no relatório retroreferido.

#### BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARNAÍBA

Na área da folha estudada, SC.23 - Rio São Francisco, esta bacia corresponde a região do alto curso do rio Parnaíba, na porção central da área, com extensão para NE. Compreende uma superfície, com cerca de 118.000 km<sup>2</sup>, de formato irregular, correspondendo a porção meridional dos Estados do Piauí e Maranhão. A área corresponde a 40,1% da área da folha.

Existem cinco cursos d'água que se destacam nesta região, compreendendo os rios: Parnaíba, Gurguéia, Uruçui Preto, das Balsas e Piauí. De modo geral, o padrão de drenagem apresenta configurações dendrítica e paralela, ocorrendo localmente arranjos diferentes.

O relevo se apresenta variando do forte ondulado, com escarpas abruptas, ao plano ondulado, com destaque para os grandes chapadões. As cotas altimétricas variam de 200 a 800 metros.

#### Potencial hídrico de superfície

A avaliação do potencial de água de superfície estima, em média, para anos normais, um volume de  $8,6 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano de água disponível ao escoamento superficial, podendo alcançar  $14,8 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano nos anos mais chuvosos, e também baixar para um volume de  $2,8 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano nos anos mais secos.

Como áreas homogêneas de potencial hídrico, foram determinadas as seguintes:

Distribuição concentrada/Potencial médio (3c) - Ocupa área de 14.150 km<sup>2</sup>, cerca de 12% da superfície total da bacia, situada nos setores SO e NO, com capacidade de gerar um volume de água, durante quatro a seis meses por ano, variando de  $7,4 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais chuvosos) a  $2,1 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais secos) e com um volume médio de  $4,8 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos normais).

Assim, os cursos d'água menores podem ser intermitentes, secando até durante quatro meses por ano, principalmente quando não abastecidos pelos aquíferos subterrâneos.

A açudagem torna-se necessária nos pequenos cursos d'água, para assegurar o abastecimento de água durante a estiagem; sendo interessante ainda, a perfuração de poços tubulares para o abastecimento de comunidades situadas nos interflúvios.

Distribuição concentrada/Potencial fraco (3d) - Com uma área de 7.100 km<sup>2</sup> aproximadamente, ou 6,0% do total, ocorre em faixa no sentido NO-SE, alargando-se no centro-oeste da bacia, podendo gerar um volume total de  $1,1 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais chuvosos) diminuindo até  $0,07 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais secos), com um valor médio de  $0,6 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos normais).

Os pequenos cursos d'água, intermitentes, podem secar até durante seis

meses por ano, tornando-se necessária a sua açudagem, de preferência através de barragens sucessivas (podem ser subterrâneas). A utilização de aquíferos subterrâneos, através de poços tubulares, é necessária.

Distribuição superconcentrada/Potencial médio (4c) - Abrange uma área de 1.400 km<sup>2</sup> (cerca de 1% da bacia), no setor norte-noroeste da folha, com capacidade de gerar um volume hídrico (durante até três meses por ano) que pode alcançar 0,7 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano nos anos mais chuvosos, ou 0,5 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano nos anos normais, e diminuir para 0,2 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano, nos anos mais secos.

A torrencialidade do regime hidrológico, induzida pela concentração pluvial, coloca os cursos d'água em situação de intermitência, podendo secar até durante oito meses por ano. Assim, torna-se necessária a açudagem, além de cuidados específicos de conservação do solo, no sentido de evitar, entre outros prejuízos, o assorimento dos leitos fluviais e dos próprios açudes a serem construídos. Aconselha-se a utilização dos aquíferos subterrâneos.

Distribuição superconcentrada/Potencial fraco (4d) - Ocupa uma área de 32.730 km<sup>2</sup>, aproximadamente 28% da superfície total de bacia, sob a forma de uma faixa no sentido NO-SE, com mais largura no setor N. Tem capacidade de gerar um volume de água que oscila entre 4,9 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano (anos mais chuvosos) e 0,3 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano (para os anos mais secos), com um valor médio de 2,6 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano, nos anos normais.

Os cursos d'água que não são abastecidos pelos aquíferos subterrâneos podem secar até durante nove meses por ano, tornando necessária a açudagem, no sentido de armazenar o produto do escoamento superficial. São aconselháveis as barragens sucessivas, preferencialmente subterrâneas. É necessária a utilização dos aquíferos subterrâneos, assim como cuidados adequados de conservação do solo, em virtude do impacto pluvial concentrado.

Distribuição superconcentrada/Potencial muito fraco (4e) - Trata-se da pior área, no que tange a capacidade específica de gerar água em superfície, em função do baixo volume de precipitação e sua excessiva concentração, que corresponde a 53% do total, ou sejam 62.800 km<sup>2</sup>, que se distribuem no setor centro-leste da bacia. O potencial de água superficial varia de 0,6 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano a 0,06 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano, com um valor médio de 0,2 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano para os anos normais.

Nesta área, onde a escassez e a concentração das chuvas é acentuada, o papel regulador dos aquíferos livres é considerável; a açudagem é necessária, assim como a utilização do potencial subterrâneo. Os rios maiores, como o Guruguéia, apresentam grandes variações de nível, tornando indispensáveis as medidas de proteção em suas margens.

#### Potencial hídrico subterrâneo

De acordo com a avaliação das matrizes de caracterização e de determinação numérica, sete unidades geológicas tiveram um potencial hídrico subterrâneo conceituado como bom, ou sejam: Aluviões, Coberturas Detríticas, Formação Urucuia, Formação Sambaíba, Formação Poti, Formação Cabeças, Formação Serra Grande.

Aluviões - Totalizam uma área de 1.080 km<sup>2</sup> aproximadamente, e as aluviões se estendem, principalmente, ao longo dos rios Guruguéia, Parnaíba, Piauí,

Urucui-Preto e das Balsas, além de outras ocorrências menores.

Ao longo dos rios, as aluviões apresentam topografia plana, ligeiramente inclinada em direção ao leito, e ocasionalmente escalonada em degraus (os mais antigos são os mais elevados).

O solo é predominantemente arenoso a argilo-arenoso, com níveis argilosos e de matéria orgânica, e espessura muito variável. A vegetação predominante é arbustiva, com gramíneas, e frequentemente com "culturas de vazante".

Como realimentação principal desta unidade, destaca-se a precipitação pluviométrica e ainda a rede hidrográfica, mormente na época das enchentes.

Como exutórios principais aparecem a evapotranspiração e as perdas para a rede hidrográfica, na estiagem.

Os depósitos aluvionares são bastante explorados nesta área, pois fomentam a água de boa qualidade, a partir de poços amazonas, escavados manualmente.

Coberturas Detríticas - Esta unidade tem a maior expressão areal da bacia em pauta, com superfície aproximada de 47.580 km<sup>2</sup>, cerca de 40% do total, espalhando-se por toda a região estudada.

Morfologicamente, esta unidade apresenta um relevo suave ondulado, acompanhando e suavizando o relevo das rochas que estão sotopostas. O solo é bastante diversificado, ocorrendo tipos como: litólicos, concrecionários, podzólicos, latossolos, areias quartzosas, etc. A vegetação predominante é a caatinga, variando de arbórea aberta a arbórea densa, com árvores de porte médio, comumente xenófitas, entremeadas por cactáceas e palmáceas; ocorrem ainda culturas cíclicas e de subsistência.

Estas unidades detríticas constituem o resultado das diversas fases de aplainamento e retrabalhamento das rochas cristalofílicas ou sedimentos desta região, que atuaram desde o Cretáceo e continuam atuando.

A litologia destes depósitos compreende arenitos, siltitos e argilitos, por vezes conglomeráticos; são rochas comumente friáveis e de diagênese muito fraca; localmente se acham laterizadas, dando origem a crostas superficiais de limonita.

Formação Urucuia - Esta formação recobre uma superfície de 6.630 km<sup>2</sup>, no limite sudoeste da bacia, constituindo a Chapada das Mangabeiras, fronteira natural do Maranhão e Piauí com Goiás e Bahia.

A coluna litológica compõe-se de uma seqüência sub-horizontal de arenitos finos e fino-médios, em geral bem selecionados, esbranquiçados, cremes, alvos argilosos e siltosos, friáveis, apresentando ligeiras variações granulométricas segundo os planos de aleitamento. São comuns na parte superior da unidade, níveis de siltitos e argilitos, pouco ferruginosos, por vezes silicificados.

As perdas para a rede hidrográfica, na época da estiagem, são muito elevadas, pois os rios mantêm seus níveis de base através das chamadas reservas reguladoras.

Formação Sambaíba - Esta unidade ocorre na região sudoeste da bacia, des

de Barreiras do Piauí (PI) até a região de Lizarda (GO), aflorando de forma irregular, e truncada em vários locais pelos derrames básicos da Formação Orozimbo. Com uma superfície de 2.020 km<sup>2</sup>, esta formação se caracteriza por uma litologia monótona, constituída por uma sequência de arenitos avermelhados, róseos e cremes, bem classificados, finos a médios, com níveis mais grosseiros. Comumente friáveis e pouco consolidados, tornam-se silicificados e escuros no topo (efeito térmico dos derrames).

O maior aporte de água subterrânea provém da precipitação pluviométrica direta, ocorrendo ainda, na época das chuvas, contribuições a partir da rede de drenagem superficial. As recargas através de unidades estratigraficamente sobrepostas têm maior significado nos trechos de recobrimento pela Formação Uruçuaia.

Formação Poti – Ocupando uma área de 9.150 km<sup>2</sup>, ocorre em vários trechos da bacia, ora no setor centro-leste, ora ocupando as calhas de drenagem do rio Uruçui-Preto e outros riachos.

Litologicamente, caracteriza-se esta unidade por bancos de arenitos finos a médios, coloração creme a esbranquiçada, bem selecionado, algo argiloso, friável, geralmente com intercalações de camadas ou leitos de folhelho siltico ou siltito avermelhado, e níveis microconglomeráticos dispersos e descontínuos.

A espessura da Formação Poti, na borda sudeste da Sinéclise do Parnaíba, oscila entre 20 e 100 metros, aumentando gradativamente na direção NO.

A alimentação das reservas deste aquífero é realizada, principalmente, a partir das precipitações pluviométricas e ainda, através da rede de drenagem e das contribuições verticais ascendentes ou descendentes, a partir das camadas que a envolvem.

Formação Cabeças – Esta unidade apresenta amplo domínio na porção oriental da bacia, acompanhando o contorno estrutural da Bacia Sedimentar do Parnaíba. A sua área de afloramento perfaz um total de 7.870 km<sup>2</sup>.

Esta formação se caracteriza por uma acumulação de material terrígeno arenoso, constituído por arenitos de grã média a grosseira, com termos finos ou conglomeráticos intercalados, friáveis a medianamente endurecidos, porosos, com raras intercalações de siltitos e folhelhos avermelhados e róseos. Sua espessura deve situar-se, nas áreas de ocorrência, em torno dos 150 metros, aumentando gradativamente em direção à parte central da bacia, chegando a atingir possança superior a 300 metros na região do vale do Gurguêia.

Os processos de recarga desta unidade consistem principalmente de: infiltração direta das precipitações pluviométricas, a partir da rede hidrográfica e filtrações verticais ascendentes e descendentes, respectivamente, das camadas das sotopostas e sobrepostas.

As curvas piezométricas do lençol freático, conhecidas na área, indicam um sentido geral de escoamento das águas deste aquífero, em direção à parte central da bacia sedimentar.

Formação Serra Grande – A área de ocorrência desta unidade tem cerca de 1.600 km<sup>2</sup>, consistindo numa estreita faixa disposta segundo a direção NE-SO,

bordejando o flanco sudeste da Bacia do Parnaíba com uma largura oscilando entre 2 e 5 quilômetros, além de manchas remanescentes espalhadas aqui e ali.

A litologia da unidade se compõe de arenitos médios, grosseiros e conglomeráticos, com conglomerados intercalados em vários níveis; friáveis a medianamente consolidados, de cores creme, branca e cinza azulada, com estratificação cruzada e plano-paralela.

Sua espessura na área de afloramento oscila em torno dos 50 metros, embora tenham sido observadas espessuras de 300 metros, na serra do Bom Jesus do Gurguêia e de 150 metros na região de Parnaçuá (PI). Para noroeste, em direção a parte central da bacia, as espessuras aumentam gradativamente, chegando aos 250 metros no poço Violeta (Cristino Castro, PI), com penetração apenas parcial na formação. Foram registradas espessuras superiores ao 1.000 metros na região próximo à calha do rio Uruçui-Preto.

A infiltração direta, a partir das precipitações pluviométricas sobre sua área aflorante constitui a principal realimentação. Nas áreas onde há recobrimento pela Formação Pimenteiras, deve haver contribuição decorrente de fenômenos de drenança vertical descendente.

Além destas unidades geológicas referidas anteriormente, com um conceito de potencial hídrico subterrâneo bom, foram avaliadas e estudadas outras treze unidades, que apresentaram potencial médio e fraco, e estão consideradas e detalhadas no volume a ser publicado pelo Projeto RADAMBRASIL, sobre a Folha SC.23 – Rio São Francisco. Da mesma forma, a qualificação e classificação química das águas das diversas unidades e das águas superficiais, estão no relatório deste volume.

#### BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Situada no quadrante sudeste da Folha SC.23 – Rio São Francisco, a bacia hidrográfica homônima ocupa uma área de aproximadamente 99.120 km<sup>2</sup>, cerca de 34% do total da folha, com uma forma grosseiramente retangular.

A rede hidrográfica apresenta configuração predominantemente dendrítica, com áreas onde se evidencia o padrão paralelo, o retangular e similares, e estas últimas geralmente controladas pela estrutura. Como destaque hidrológico aparece ao lago da represa de Sobradinho, cujo trecho maior situa-se nesta folha, com cerca de 1.520 km<sup>2</sup> ou 1,5% da área da bacia. Este volume de água modifica sensivelmente os parâmetros hidrogeológicos das unidades mais próximas, e os efeitos da evaporação desta lâmina d'água, cujos valores não são aqui avaliados, podem ser notáveis.

Além do rio São Francisco, que flui por cerca de 110 quilômetros na área, aparece o rio Grande, importante curso d'água, pelo seu volume, juntamente com o rio Preto.

O relevo é muito variado, com áreas arrasadas, suavemente onduladas e áreas forte onduladas, com cotas de até 1.400 metros, e um conjunto de chapadas com cotas oscilando em torno dos 750 metros.

#### Potencial hídrico de superfície

O rio São Francisco atravessa o setor sudeste da folha, com variadas fei

ções orográficas, que possibilitam uma compartimentação climática responsável pela variedade de padrões do comportamento das águas superficiais, neste setor da bacia hidrográfica.

A avaliação global do potencial de geração de água na bacia estima, em média, para os anos normais, um volume de  $10,1 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, nos anos mais secos este volume baixa para  $3,2 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, enquanto nos anos mais chuvosos pode alcançar  $17,2 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano.

A compartimentação climática desta área se reflete na distribuição das chuvas ao longo do ano, proporcionando um gradiente pluviométrico entre 500 e 1.100 mm, com excedentes hídricos que podem durar de zero a nove meses, estando as áreas deprimidas mais sujeitas aos déficits de umidade.

A análise do potencial hídrico de superfície revelou as seguintes áreas homogêneas, nesta bacia:

Distribuição subhomogênea/Potencial médio (2c) - Ocupa uma área de 4.830 km<sup>2</sup> (4,9% da área desta bacia), em seu setor sul-sudoeste, com capacidade de gerar um volume entre sete a nove meses por ano, que oscila de  $2,5 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais chuvosos) a  $0,7 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais secos), com um volume de  $1,6 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, para os anos normais. Apresenta cursos d'água perenes, com grande variação de nível, realimentados pelos aquíferos subterrâneos. Recomenda-se a utilização dos aquíferos subterrâneos, somente nos interflúvios tabulares, distantes dos talvegues.

Distribuição concentrada/Potencial bom (3b) - Ocupa apenas 104 km<sup>2</sup> (0,1% da área da bacia) e sua contribuição efetiva para o escoamento superficial na bacia é de  $0,1 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, para os anos mais chuvosos,  $0,8 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, para os anos normais e  $0,05 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, para os anos mais secos.

O volume elevado de água disponível apresenta a desvantagem da torrencialidade, pois o período chuvoso vai de 4 a 6 meses por ano, que leva a recomendar cuidados especiais de conservação do solo.

Distribuição concentrada/Potencial médio (3c) - Com uma área de 12.490 km<sup>2</sup>, cerca de 12,6% da área da bacia, no setor sul-sudoeste, nos limites com bacia do rio Tocantins, onde se encontram os formadores do rio Preto e do rio Grande, inclusive o Rio de Janeiro, com a portentosa cachoeira do Acaba-Vidas. Possui capacidade de gerar um volume, durante quatro a seis meses por ano, que pode alcançar os  $6,6 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, nos anos mais chuvosos, ou  $1,8 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano para os anos mais secos, com uma média de  $4,2 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, para os anos normais.

Os excedentes hídricos são suficientes, apesar da concentração, para perenizar toda a drenagem desta área, independente de seu porte, tornando desnecessária a açudagem e sendo recomendada a perfuração de poços apenas nos locais mais distantes dos cursos d'água. Também são necessários cuidados especiais de conservação do solo, no sentido de evitar a erosão e o assoreamento dos cursos d'água perenes.

Distribuição concentrada/Potencial fraco (3d) - Abrangendo uma área de 22.680 km<sup>2</sup> (cerca de 22,9% do total da bacia), está em vários setores distintos, que se aglutinam em dois grupos mais amplos, em cada lado do rio São Francisco. Possuem, conjuntamente, a capacidade de gerar, durante quatro a

seis meses por ano, uma produção média de  $3,4 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, para os anos mais chuvosos, de  $1,8 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, para os anos normais e  $0,2 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano para os anos mais secos.

As áreas à esquerda do rio São Francisco são similares aquela do item anterior, sendo idênticas as recomendações. Para as áreas do lado direito do rio, aconselha-se a açudagem, além da perfuração de poços tabulares.

Distribuição superconcentrada/Potencial fraco - Ocupa área de 28.860 km<sup>2</sup>, ou cerca de 29,1% da área total, situada em faixa paralela ao rio São Francisco, em sua margem esquerda. Possui capacidade de gerar, durante menos de três meses por ano, um volume total de água de  $4,3 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, para os anos mais chuvosos, ou  $2,2 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano para os anos normais, ou ainda  $0,3 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano para os anos mais secos.

Os cursos d'água perenes que provêm das chapadas sedimentares, situadas a oeste desta faixa, amenizam a agressividade do longo período seco que se abate sobre ela. Riachos podem secar até durante nove meses por ano e a açudagem é necessária para conservação das águas pluviais. Também é recomendada a utilização dos aquíferos, principalmente nas localidades distantes dos cursos d'água.

Distribuição superconcentrada/Potencial muito fraco (4e) - A área tem insignificante capacidade unitária de produção hídrica, pois suporta reduções totais pluviométricas, além de estarem muito concentrados no tempo. Ocupa cerca de 30.150 km<sup>2</sup> (30,4% da área da bacia, na folha), em faixa ao longo do rio São Francisco, o que torna menos problemática o abastecimento d'água em área tão ínvia. O potencial total do volume que pode se dispor varia entre  $0,3 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais chuvosos) e  $0,3 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano (anos mais secos), com uma média de  $0,1 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano, para os anos normais.

A açudagem é necessária nos pequenos córregos, distante das margens do rio São Francisco e de lago de Sobradinho, e a perfuração de poços é recomendada nas áreas mais distantes das fontes perenes e onde os açudes não são praticáveis.

#### Potencial hídrico subterrâneo

Avaliando-se a matriz de caracterização e a de determinação numérica, foram consideradas várias unidades geológicas com um potencial hídrico subterrâneo bom, entre elas: Aluviões; Dunas; Coberturas Detríticas; Formação Uruçuia; Formação Cabeças; Formação Serra Grande.

Aluviões - Com uma superfície de ocorrência medindo cerca de 5.150 km<sup>2</sup> depositados geralmente nas calhas dos rios São Francisco, Grande e Preto, estendendo-se por algumas vezes dezenas ou centenas de metros além de suas margens, formando os terraços mais antigos. As áreas de mais expressão aluvionária ocorrem no médio curso do rio São Francisco. Sua litologia compõe-se de areias, siltes, argilas e cascalhos; as areias são finas ou grosseiras, por vezes com glomeráticas, entremeadas por material orgânico; níveis cascalhantes e níveis argilosos são comumente intercalados.

A alimentação desta unidade se realiza diretamente a partir das precipitações havendo a contribuição lateral por parte da rede de drenagem, principalmente na época da enchente. Como exutórios principais aparecem a evaporação

transpiração e evaporação e as perdas para a rede de drenagem.

Dunas - consistem de uma sequência de areais eólicas, com uma superfície de 6.160 km<sup>2</sup> de área de afloramento, com suas maiores expressões areais situadas na margem esquerda do rio São Francisco, e outra área menor, no lado direito. De maneira geral depositados sobre terrenos de coberturas ou sobre depressões de embasamento cristalino, formando uma superfície topográfica suavemente ondulada, com solos de areia quartzosa, e estão fixadas, comumente, por vegetação arbustiva, rarefeita, de pequeno porte.

A litologia das dunas compreende areia quartzosa fina a média, ocasionalmente grosseira, seleção regular, bem classificadas, com um pouco de argila e silte; muito pouco consolidados, estes depósitos ficam ao sabor dos ventos, caso a vegetação, mesmo que de gramíneas, não os fixe ao solo.

Coberturas detríticas - Traba-se da maior unidade, em superfície de ocorrência, pois cobre, na bacia, uma área com cerca de 38.250 km<sup>2</sup>, ou 38% do total, espalhando-se indiscriminadamente pela área.

Compõe-se de estruturas tabulares, constituindo platôs, terraços e pediplanos, mais ou menos extensos, desenvolvidos sobre as diversas unidades na bacia. Os solos são argilo-arenosos, com teor de argila e areia muito variáveis, de cor amarelada, com árvores de pequeno porte, entremeadas por cactáceas e palmáceas; há pastos e áreas de culturas cíclicas, intercaladas na vegetação nativa.

A realimentação é direta, a partir das chuvas e indireta a partir das restituições laterais dos rios. Como exutório principal se destaca a evapotranspiração, além das fontes de contato que ocorrem em bom número, nesta unidade.

Formação Urucuia - Esta unidade ocorre sob a forma de extensa faixa, com largura máxima de 160 km, direção leste-oeste e um comprimento de 200 km, segundo a direção sul-norte. Tem contornos irregulares e constitui a Chapada das Mangabeiras e a Serra Geral de Goiás. A sua extensão superficial é da ordem de 21.690 km<sup>2</sup>.

Ocorre formando extensos chapadões, conferindo altas escarpas de erosão, de uma topografia plana a suave ondulada, onde existe um solo essencialmente arenoso, com teores baixos de silte e argila. A vegetação predominante é o cerrado, com árvores de pequeno porte, aleatoriamente espalhadas, entremeadas por um tapete de gramíneas. Há extensas áreas com culturas de arroz, feijão e soja.

Litologicamente esta unidade se constitui de arenitos esbranquiçados a creme-acinzentados, médios a grosseiros, mal selecionados, às vezes argilosos. Há níveis localizados, levemente silicificados, com fraca diagênese. Intercalações de leitos conglomeráticos, de siltitos e argilitos, são comuns. Os conglomerados são pilimictos, com grãos sub-arredondados de quartzo, quartzito, calcários e ardósias, distribuídos numa matriz argilosa.

Ainda é muito pouco explorado este manancial e principalmente por meio de poços amazons.

Formação Cabeças - Ocupando área de 120 km<sup>2</sup>, esta unidade ocorre se

gundo estreita faixa de direção SO-NE, no extremo norte da bacia. A área de ocorrência é caracterizada por uma topografia de pilares e chapadões de escarpas abruptas, com uma superfície suavemente ondulada e rede de drenagem incipiente.

A litologia se compõe de arenitos brancos, amarelos e cinza, de granulação fina a média, quartzosas, bem selecionadas, micáceas; silicificações locais são comuns, assim como intercalações de siltitos e de folhelhos. Mais para o topo ocorrem arenitos grosseiros, mal classificados, de cimento argiloso e óxido de ferro. As camadas são, em geral, maciças, com mergulhos suaves em direção ao centro da bacia sedimentar. São características as feições rítmicas, desta unidade, sob ação da erosão.

Este aquífero é praticamente inexplorado, nesta bacia, principalmente por sua discreta expressão cartográfica.

A alimentação das reservas se faz a partir das precipitações, ainda da rede de drenagem (enchentes) e por drenança vertical. O sentido de escoamento do manancial subterrâneo é de sudeste para noroeste.

Formação Serra Grande - Esta unidade, que corresponde a um dos melhores sistemas aquíferos da Folha SC.23 - Rio São Francisco, tem área de ocorrência, nesta bacia, muito limitada, pois ocupa uma superfície de menos 95 km<sup>2</sup>. De modo que as considerações desenvolvidas para esta formação, na bacia hidrográfica anterior, podem ser estendidas para esta bacia em pauta.

Além destas unidades, com conceito de potencial hídrico bom, foram avaliadas e estudadas quinze outras unidades geológicas, que apresentam potencial médio e potencial fraco, cujas considerações estão detalhadas no relatório do Projeto RADAMBRASIL, da Folha SC.23 - Rio São Francisco, a ser publicada nos próximos meses. Da mesma forma, a classificação e qualificação química das águas de superfície e subterrâneas, amostradas e analisadas, estão no referido relatório.

## CONCLUSÕES

### Água disponível em superfície

As três bacias analisadas na folha em estudo compreendem, em virtude dos elementos litológicos, de solo, do relevo, da vegetação e do clima, três unidades básicas de estudo que se interrelacionam sob diferentes aspectos.

Cada bacia apresenta um aspecto morfológico distinto, por constituírem parcelas de bacias, limitadas que estão pelos paralelos e meridianos que delimitam a área de estudos. A Bacia do Tocantins, nesta folha, abrange apenas pequena parte de seu médio curso, lado direito, com afluentes perenes e com grande volume de água, atuando como exutórios naturais dos aquíferos subterrâneos. O volume médio de sua disponibilidade hídrica se situa na faixa dos 25,9 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano.

A Bacia do Rio Parnaíba, nesta folha, compreende a região do seu alto curso, com muitos rios de porte médio, como o Medonho, o Balsas, o Gurgueia, formadores do rio Parnaíba, que têm sua alimentação suprida pelas precipitações e pelas exsudações dos aquíferos subterrâneos. Com área bem superior à bacia anteriormente mencionada, dispõe de apenas 8,0 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano, de poten

cial hídrico superficial, o que mostra cabalmente que esta área deverá usar como suporte hídrico a conjunção dos potenciais de superfície e subterrâneo.

A Bacia do São Francisco, com uma área mediana entre as duas já citadas, dispõe de um volume superficial médio apreciável, da ordem de  $44,0 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano; grande parte deste volume recebe um reforço da área à montante, pois a estudada compreende uma parcela do médio curso da bacia.

#### Água disponível em subsuperfície

O potencial hídrico da área estudada é bastante grande, e considerando-se apenas os valores dos mananciais subterrâneos, o volume de reservas potencialmente exploráveis/ano é bastante significativo.

Somadas as três bacias hidrográficas, atinge-se um montante de aproximadamente 1.800 milhões de metros cúbicos de água, que podem ser explorados anualmente sem riscos de esgotamento das reservas.

Não é de estranhar que a bacia hidrográfica do rio Parnaíba contribua com 40% de toda a reserva armazenada, pois é a bacia que apresenta maior expressão areal de rochas sedimentares, sendo composta por aquíferos muito importantes, sendo mais conspícuos o Serra Grande e o Cabeças que, inclusive, oferecem áreas de artesianismo em alguns pontos de sua área.

Como já foi referido, mais de 80% do total de reservas subterrâneas estão nas rochas sedimentares, com aquíferos muito importantes e adrede conhecidos, podendo-se extrapolar de uma bacia a outra os parâmetros hidrodinâmicos de uma mesma unidade geológica, sem incorrer em erros de monta.

Por outro lado, as rochas cristalofilianas deverão ser estudadas com maior detalhe, principalmente no que tange a estruturas (falhas e dobramentos), para que se possa explorar estes mananciais com maior racionalidade e com obtenção de maiores vazões.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, G.A. de. Revisão geológica da bacia paleozóica do Maranhão. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25. São Paulo, 1971. *Anais*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, v.3, p.113-22.
- BARBOSA, O. & MOUTINHO DA COSTA, L.A. *Projeto leste do Tocantins/oeste do rio São Francisco*; 2ª etapa de campo, fase 4. Rio de Janeiro. DNPM / CPRM / PROSPEC, 1973. 8v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2028) v.1A.
- BARROS, M.J.G. et al. Potencial dos recursos hídricos. IN: PROJETO RADAMBRASIL. *Folhas SB.24/25 Jaguaribe/Natal*. Rio de Janeiro, 1981. 728p. (Levantamento de Recursos Naturais, 23) p.198-300.
- BRITO NEVES, B.B. de. Notas preliminares sobre a hidrogeologia do calcário Bambuí. *Água Subterrânea*, Recife 1(3):3-12, 1965.
- BRITO NEVES, B.B. de et al. *Notas preliminares da geologia e hidrogeologia da Série Bambuí na região central da Bahia*. Recife, CONESP, s.d., 43 p. (Relatório, 13).

KREYSING, K; LENZ, R; RIBEIRO, G.F. *Salinização das águas subterrâneas no centro do polígono das secas do Nordeste Brasileiro*; estudo hidrogeológico no oeste de Pernambuco e norte da Bahia. Recife, SUDENE. 1973. 72p. (Brasil SUDENE. Ser. Hidrogeologia, 46) v.1.

STAMFORD, W.J.P. et al. Potencial dos recursos hídricos: In: PROJETO RADAMBRASIL. *Folha SA.24 Fortaleza*. Rio de Janeiro, 1981. 475 p. (Levantamento dos Recursos Naturais, 21) p.163-96.

SUDENE. Departamento de Recursos Naturais. *Levantamento básico dos recursos naturais da bacia do rio Parnaíba nos Estados do Piauí, Maranhão e Ceará. Parte I. Inventário dos recursos naturais*. Recife, 1975. v.11.

#### AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DOS RECURSOS HÍDRICOS INTEGRADOS DA FOLHA RIO SÃO FRANCISCO - SC.23

#### ABSTRACT

This work of evaluation of underground and superficial hydric resources potential has being accomplished by Geology Division of RADAMBRASIL Project since 1978 through an own methodology and using all hydrogeological and hydrological data available.

On the Rio São Francisco sheet specific case were studied three hydrographical basins: Tocantins, Parnaíba and São Francisco. It were being quantified the underground and superficial potentials of each basin and by geological unit, besides has being done an hydrochemical evaluation of this water with samples that were collected in field work and analyzed in laboratory.

This paper presents a brief summary of that was realized in the referred area, since all the details and a great quantity of information evaluated are included in the final report of SC.23-sheet (Rio São Francisco) that shall be published by RADAMBRASIL Project on the next months.