

**GEOLOGIA, CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA DA BACIA DO RIO ARAÇUAÍ, ESTADO DE MINAS GERAIS - BRASIL.**

**H.N. Diniz (\*)**  
**P.R.B. Pereira (\*)**  
**M.R. Gutjahr (\*)**  
**L.N. Menegasse (\*\*)**  
**F.R. Oliveira (\*\*)**  
**U. Duarte (\*\*\*)**

**RESUMO** - O rio Araçuaí, com uma extensão aproximada de 250 km e área total de 16.343 km<sup>2</sup>, é o principal afluente da margem direita do rio Jequitinhonha, cuja bacia localiza-se na região nordeste do Estado de Minas Gerais, Brasil. A região norte desse estado, como um todo, apresenta condições climáticas adversas. Na porção sul e oeste da bacia, na região das nascentes, a precipitação média anual oscila entre 700 e 1400 mm e a evapotranspiração oscila entre 900 e 1300 mm. O déficit hídrico resultante e o solo pouco fértil tornam difíceis as condições de sobrevivência no meio rural. Devido a baixa disponibilidade recursos hídricos superficiais, as reservas subterrâneas são a principal fonte de suprimento de água. Na bacia do rio Araçuaí predominam coberturas detriticas cenozoicas, sobrepostas a rochas graníticas intrusivas nos metamorfitos proterozoicos do Grupo Macaúbas. Nessas rochas, a água subterrânea está contida principalmente nas fraturas, em geral formadas por um sistema com direções principais NE e NW.

No escoamento do rio Araçuaí, em anos de intensa estiagem, somente há contribuição do *runoff* no período entre novembro e janeiro. No restante dos meses, entre fevereiro e outubro, a descarga dos rios provém exclusivamente da contribuição das nascentes, nos locais de descarga dos aquíferos freáticos. Nesses anos anômalos, extremamente secos, a descarga dos aquíferos freáticos, cujo máximo situa-se em torno de 155 m<sup>3</sup>/s para toda a bacia hidrográfica, decresce paulatinamente até 15 m<sup>3</sup>/s. Mesmo baixa, esta descarga é suficiente para que o rio seja perene. Comparativamente, em anos chuvosos, a descarga total do rio atinge, em curtos períodos, vazões de 1.000 m<sup>3</sup>/s. A descarga máxima dos aquíferos freáticos da bacia do rio Araçuaí, por km<sup>2</sup> de área da bacia é em torno de 1 x 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/s ou 36 m<sup>3</sup>/h. Nos anos muito secos, no final do mês de setembro e início de outubro a descarga diminui muito, atingindo apenas 3,3 m<sup>3</sup>/h por km<sup>2</sup> de área da bacia.

**ABSTRACT** - The paper describes the geology, climatology and hydrological processes occurring in the basin of the river Araçuaí. This river, of about 250 km, is the main tributary stream on the right bank of river Jequitinhonha, localised in the NE of Minas Gerais State, in Brazil. The North of Minas Gerais State, in general, presents adverse climatic conditions. In the South and West of river Araçuaí basin, in the fountainheads region, the mean annual rainfall is 1134 mm and the evapotranspiration is 965 mm whereas in the central and East portions of the basin the mean annual rainfall is 998 mm and evapotranspiration is 1091 mm. The resulting hydrological deficit and the soil of low fertility make the survival in the rural environment quite difficult. Given to the low index of surface drainage, underground water is the main source of water supply. In the basin area there is a predominance of cenozoic debris covering superposed on intrusive granitic rocks over metamorphic proterozoic rocks of the Macaúbas Group. In these rocks the underground water is contained mainly in fractures, which are in general formed by a system with main directions NE and NW.

In the drainage of river Araçuaí, in years of extreme draught, the contribution of runoff occurs only between November and January. The discharge of the tributaries during the other months of the years is supplied exclusively by fountainheads at the discharge point of phreatic aquifers. In those anomalous years, the discharge of phreatic aquifers, which maximum level for all basin (16343 km<sup>2</sup>) is around 155 the Araçuaí to be permanent. Comparatively, in rainy years, the total discharge of the river reaches in short periods the value of 1000 m<sup>3</sup>/s. The maximum discharge of phreatic aquifers in the Araçuaí basin is around 1 x 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/s or 36 m<sup>3</sup>/s per km<sup>2</sup>. In the very dry years, at the end of September beginning of October there is a great discharge decrease reaching only 3,3 m<sup>3</sup>/h per km<sup>2</sup> in the basin area.

---

(\*) Secretaria do Meio Ambiente do Est. de São Paulo (SMA/SP-Brasil)

(\*\*) Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG-Brasil)

(\*\*\*) Universidade de São Paulo (USP-Brasil)

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha situa-se no nordeste do Estado de Minas Gerais, região sudeste do Brasil. Está localizada entre as coordenadas de latitude 15° 30' S e 18° 30' S e de longitude 38° 50' W e 43° 50' W.Gr. Nas nascentes do rio Jequitinhonha as altitudes situam-se em torno de 1.700 m e, após um percurso aproximado de 500 km deságua em um delta no Oceano Atlântico, conhecido como delta do Jequitinhonha.

O rio Araçuaí é o principal afluente da margem direita do rio Jequitinhonha. Tem uma extensão aproximada de 250 km. A bacia do rio Araçuaí possui uma área total de 16.343 km<sup>2</sup> (Fig. 1) mas, neste trabalho será considerada a área da bacia situada a montante do posto fluviométrico do DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, de número 54500000, que perfaz 14.621 km<sup>2</sup>.

O relevo da bacia do rio Araçuaí é caracterizado por quatro feições geomorfológicas distintas: as serras, os planaltos, as chapadas e as depressões.

A região das serras situa-se no limite sul, onde ergue-se a Serra do Espinhaço, nascente dos principais afluentes do rio Araçuaí e um dos mais antigos peneplanos sul-americanos (KING, 1956). A Serra do Espinhaço, nessa região, se constitui no divisor de águas entre as bacias dos rios Jequitinhonha e Doce. As suas cotas altimétricas situam-se, em geral, entre 1000 e 1300 m, mas ao sul, em Diamantina, frequentemente ultrapassam 1400 m.

A Serra do Espinhaço é formada, predominantemente, por quartzitos do Supergrupo Espinhaço e, subordinadamente, filitos, xistos e anfíbolitos. É datada como sendo do Paleó e Mesoproterozóico. O Supergrupo Espinhaço apresenta extensos e importantes aquíferos fraturados que contribuem para a formação das fontes onde nascem os rios Jequitinhonha e Araçuaí.

No limite sudeste, as serras são bordejadas por planaltos constituídos por granitos e gnaisses da faixa de dobramento brasileiro, datadas como sendo do Arqueano. Nessa faixa localizam-se as nascentes de diversos afluentes do rio Araçuaí em cotas altimétricas entre 600 e 800 m

As chapadas são as formas predominantes do relevo da margem esquerda do rio Araçuaí. As chapadas que constituem a Formação São Domingos correspondem a peneplanação sul-americana e são cobertas por sedimentos detríticos cenozóicos. Apresentam altitudes entre 800 e 1200 m.

Nas chapadas, a cobertura cenozóica formada por sedimentos detríticos laterizados, porosos e permeáveis, constitui importantes aquíferos freáticos. Estes sedimentos estão sobrepostos às rochas do Grupo Macaúbas, do Supergrupo São Francisco, datadas como sendo do Neoproterozóico, e constituídas por quartzitos, quartzo-xistos, meta-diamictitos, filitos e xistos verdes.

As depressões são constituídas por rochas metamórficas neoproterozóicas do Grupo Macaúbas. As cotas altimétricas situam-se, em geral, entre 300 e 600 m

A vegetação natural, na bacia do rio Araçuaí, é dividida em três tipos principais: floresta tropical subcaducifólia, representada por matas pluviais, hospedada sobre solos do tipo podzol vermelho-amarelo no alto curso; floresta tropical caducifólia não espinhosa, representada pelas matas de cipós, sobre solos do tipo podzol e latossolo nas altas vertentes da Serra do Espinhaço ao sul da Bacia; e a caatinga, sobre solos podzólicos vermelho-amarelos no baixo e médio curso (PLANVALE, 1994).

No nordeste do Estado de Minas Gerais, grande parte da floresta caducifólia foi devastada pelas carvoarias que se instalaram na região para atender à demanda das siderúrgicas que beneficiam o mineral extraído do quadrilátero ferrífero, situado na porção central do Estado.

As áreas anteriormente ocupadas pelas florestas hoje estão sendo reflorestadas por eucaliptos, de forma que continuam a suprir as carvoarias anteriormente instaladas.



## 1. GEOLOGIA

A bacia do rio Araçuaí situa-se na borda do Cráton do São Francisco possuindo uma pequena parte, a sudeste, contida na Província Costeira (ALMEIDA, 1977). O Cráton do São Francisco tem a maior parte de sua área coberta por metassedimentos com idades que vão do Paleoproterozóico (Supergrupo Espinhaço) ao Neoproterozóico (Supergrupo São Francisco) e sedimentos de idade Cenozóica (UHLEIN, 1991). Na bacia hidrográfica do rio Araçuaí, a maior parte da cobertura proterozóica apresenta-se dobrada sob o efeito da zona de deformação da orogênese brasileira, que margeia o Cráton e define o seu contorno.

Na área predominam xistos, quartzitos e rochas calco-silicatadas, granitos, gnaisses e pegmatitos pertencentes à Formação Salinas do Grupo Macaúbas, Supergrupo São Francisco (COMIG, 1964; PEDROSA-SOARES, 1996) e coberturas detriticas cenozóicas da Formação São Domingos (PEDROSA SOARES & SAADI, 1989).

O Grupo Macaúbas, de idade Neoproterozóica, aflora principalmente nos vales e depressões do rio Araçuaí e dos seus principais afluentes. Segundo PEDROSA-SOARES (1996) é constituído, da base para o topo, pela Formações Salinas, Chapada Acauã e Nova Aurora. Na área, a Formação Salinas é constituída por um pacote de quartzo-mica xistos com intercalações de rochas cálcio-silicatadas, biotita-quartzitos, xistos grafitosos e metaconglomerados (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

## 3. CLIMATOLOGIA

A bacia do rio Araçuaí, segundo PEREIRA *et al* (2000), está inserida no Clima Tropical Continental de Transição (Úmido a Semi-árido), Úmido nas nascentes do rio e tendendo a Semi-árido na foz. A pluviosidade média anual, de longo período, oscila entre 700 e 1400 mm. O trimestre mais chuvoso é novembro, dezembro e janeiro com valores entre 400 e 750 mm, concentrando entre 49 e 59 % do total precipitado. O trimestre mais seco é junho, julho e agosto, com valores entre 08 e 100 mm, concentrando entre 01 a 25 % das chuvas.

Este mesmo autor (Op. cit) calculou que, para a área da bacia do rio Aracuaí, a evapotranspiração possui valores entre 900 e 1300 mm (na foz do rio e nas nascentes, respectivamente), as deficiências possuem valores entre 100 e 700 mm (nas nascentes e na foz, respectivamente), ocorrendo entre fevereiro e setembro. Os excedentes possuem valores entre 0 (próximo a foz do rio), e 300 mm (nas áreas das nascentes), ocorrendo em dezembro e janeiro.

## 4. HIDROLOGIA

O escoamento dos rios pode ser representado gráficamente pela hidrografia. Como cada rio possui a sua hidrografia, ela é considerada como a assinatura do rio. Segundo DAVIS & DE WIEST (1966) as hidrografas são constituídas por quatro tipos de escoamento, que possuem origens distintas: hipodérmico, de base ou básico, superficial (*runoff*) e das precipitações que caem diretamente no talvegue. Em geral, o escoamento hipodérmico e das precipitações que caem no canal do rio são pouco expressivos, sendo que são mais significativos os escoamentos superficial (*runoff*) e de base (ou básico).

Atualmente estão disponíveis alguns métodos para separação de hidrografas. O mais difundido é o HYSEP (SLOTO & CROUSE, 1996) que o Serviço Geológico Americano, USGS, utiliza. O programa está disponível na Internet na página <http://water.usgs.gov/software/hysep.html>.

Na bacia hidrográfica do rio Araçuaí, ocorrem dois períodos hidrológicos bastante distintos e que permitem a separação da hidrografia em duas componentes principais: a da vazão básica, advinda da descarga dos aquíferos freáticos, e a do escoamento superficial (*runoff*), proveniente da água precipitada na bacia e que não sofre infiltração ou evapotranspiração.

Nessa região, o ano hidrológico tem início em 1 de outubro. Na primeira metade do ano hidrológico, entre outubro e março, ocorre o período de chuvas e, na segunda metade, entre abril e setembro, ocorre o período seco. Somente no primeiro período, entre outubro e março, a descarga dos rios recebe contribuição do *runoff*. A descarga dos aquíferos freáticos sustentam o fluxo do rios, de forma exclusiva, entre abril e setembro. As raras chuvas que ocorrem nesse período são desprezíveis como contribuição para o *runoff*, pois o solo seco e aquecido pela insolação, favorece a infiltração e evapotranspiração dessas águas.

Na bacia do rio Araçuaí, o aquífero freático e que contribui para o escoamento de base, está situado quase exclusivamente nos sedimentos detríticos cenozóicos das chapadas. Nas chapadas, no contato dos sedimentos detríticos cenozóicos, porosos e permeáveis, com os metamorfitos do Grupo Macaúbas, tais como filitos e xistos verdes, a água subterrânea do aquífero freático encontra uma superfície impermeável e é impedida de infiltrar verticalmente. Passa a fluir, então, subhorizontalmente ao longo do contato pouco permeável e escoar nas múltiplas fontes existentes nas encostas dos vales cavados pelos rios. Esta água, proveniente do aquífero detrítico cenozóico é que mantém perene o rio Araçuaí e afluentes, mesmo nos longos períodos de estiagem.

DINIZ *et al.* (1998) apresentaram um método para calcular a descarga de água subterrânea nos aquíferos freáticos de uma bacia hidrográfica através da análise das curvas de depleção do rio principal. Utilizaram como exemplo a bacia hidrográfica do rio Capivari, no Estado de São Paulo, Brasil. Para a bacia do rio Araçuaí, no nordeste do Estado de Minas Gerais, o método é bastante apropriado, pois o aquífero freático é constituído, predominantemente, por aquíferos livres existentes nas coberturas detríticas cenozóicas e que descarregam o fluxo da água subterrânea nas nascentes existentes nas encostas das chapadas ao longo do contato geológico com as rochas metamórficas neoproterozóicas do Grupo Macaúbas.

No método desenvolvido, DINIZ *et al.* (1998) comparam a curva de recessão do rio principal (que é produzida pelas descargas dos aquíferos freáticos existentes na bacia) com o modelo de rebaixamento de um poço inteiramente penetrante em um aquífero livre, isotrópico e homogêneo, sujeito à uma descarga constante. No método desenvolvido, a descarga do rio principal durante a recessão (em m<sup>3</sup>/s), decrescente, é comparada com o nível d'água do poço (em m), decrescente (rebaixando durante o bombeamento à vazão constante) e, a área da bacia hidrográfica é comparada com a área de influência do poço (em m<sup>2</sup>).

A função da curva de recessão, vazão x tempo, é plotada em papel bilogarítmico e, de forma semelhante à função da curva de rebaixamento do poço, superposta à curva determinada por THEIS (1935) para os aquíferos confinados. Embora o método de Theis tenha sido desenvolvido para aquíferos confinados, para os aquíferos livres, freáticos, o método é válido, desde que o Coeficiente de Armazenamento determinado pela equação de Theis, seja corrigido por um fator que leve em conta a diminuição da espessura saturada do aquífero devido ao rebaixamento produzido pelo bombeamento do poço, ou seja, que o Coeficiente de Armazenamento seja multiplicado pela expressão  $(m - s)/m$ , onde  $m$  = espessura saturada do aquífero e  $s$  = rebaixamento produzido pelo bombeamento do poço (KOVÁCS, 1981).

A função de Theis é dada pela expressão:  $s = Q.W(u)/4\pi T$ , onde  $s$  = rebaixamento do poço bombeado (em m),  $Q$  = vazão de descarga constante (em m<sup>3</sup>/s),  $T$  = transmissividade do aquífero (em m<sup>2</sup>/s). A expressão  $W(u)$  é dada pela integral de  $u$  até infinito de  $e^{-u} \cdot \partial(u)/u$ , onde  $u = r^2 \cdot S/4T \cdot t$  (eq. 1), sendo  $r$  = distância do ponto de observação até o centro do poço bombeado (em m),  $S$  = Coeficiente de Armazenamento (adimensional) e  $t$  = tempo de bombeamento.

Os valores da função  $W(u)$  para diversos valores de  $1/u$  foram tabelados por vários autores (CUSTODIO & LLAMAS, 1983; DAWSON & ISTOK, 1991; DRISCOLL, 1989; FETTER, 1988), tornando tarefa simples a construção do gráfico da função de Theis (curva padrão) que é utilizado para a aplicação do método da superposição entre a curva padrão e a curva de dados rebaixamento ( $s$ ) x tempo ( $t$ ). Os parâmetros do aquífero  $T$  (transmissividade) e  $S$  (Coeficiente de Armazenamento) são obtidos a partir de um ponto coincidente, que pertença à curva de dados e a curva padrão.

Para facilitar os cálculos envolvidos no modelo que desenvolveram, DINIZ *et al.* (1998), utilizaram a simplificação que JACOB (1940) introduziu na função de Theis.

O desenvolvimento da expressão de Theis,  $W(u) = \text{integral de } u \text{ até infinito de } e^{-u} \cdot \partial(u)/u$ , é uma série infinita dada por:

$$W(u) = -0,5772 - \ln u + u - u^2/2.2! + u^3/3.3! + u^4/4.4! + \dots$$

O valor de  $u$  diminui proporcionalmente a  $t$ , de forma que, após pouco tempo de bombeamento, somente são significativos os dois primeiros termos da expressão acima  $(-0,5773 - \ln u)$ . Assim a simplificação de JACOB (1940), fica sendo:

$$s = Q \cdot (-0,5773 - \ln u) / 4\pi T$$

ou seja,

$$s = - Q \cdot [\log (2,25T \cdot t / r^2 \cdot S)] / 4\pi T$$

O valor negativo indica que o nível d'água decresce à medida que o rebaixamento aumenta, já que o plano horizontal de referência está na superfície do terreno, acima do nível d'água.

O modelo de DINIZ *et al.* (1998), por semelhança com o modelo de Theis, utiliza a curva padrão e a curva de dados  $q \times t$ , onde  $q$  é a descarga em um determinado tempo  $t$  após o início da recessão. Os parâmetros que podem ser determinados são  $q_0$  (valor da descarga limite abaixo do qual toda descarga é considerada como fluxo de base e acima do qual toda descarga é considerada como proveniente do escoamento superficial) e  $T/S$  (que foi chamado de fator da bacia).

Por semelhança com a expressão de JACOB (1940), a curva de recessão fica sendo (DINIZ *et al.*, 1998):

$$s.T = q_0.[\log(2,25T.t/r^2.S)]/4\pi$$

Mas,  $s.T = q$ , valor da descarga no tempo  $t$  a partir do início da recessão e,  $r^2 = A/\pi$ , onde  $A$  é a área da bacia hidrográfica acima do ponto onde  $q$  está sendo medido. Assim:

$$q = q_0.[\log(2,25\pi T.t/A.S)]/4\pi$$

Os pares  $q$  e  $t$  são obtidos a partir do gráfico da curva de recessão, e  $A$  (área da bacia) é conhecida. Os parâmetros  $q_0$  e  $T/S$  serão determinados a partir do método de DINIZ *et al.* (1998). O restante da interpretação dos dados de descarga será feito a partir dos valores encontrados para esses parâmetros.

Neste trabalho, foram interpretadas os dados de descarga do rio Araçuaí, obtidos no Posto nº 54500000, do DNAEE, situado no Município de Araçuaí, no local de latitude  $16^\circ 51' 01''$  e longitude  $42^\circ 03' 03''$ . A área da bacia a montante do posto é de  $14.621 \text{ km}^2$ . O período analisado vai de 1 de outubro de 1972 a 30 de setembro de 1976.

Na parte superior da Figura 2 é mostrado o gráfico monologarítmico das vazões diárias do rio Araçuaí, no posto considerado, no ano hidrológico 1972/73. O período de recessão considerado vai de 03 de abril a 22 de setembro de 1973.

Na parte inferior da Figura 2 é mostrado o gráfico das precipitações diárias no Posto nº 01742008, situado na parte central da bacia hidrográfica do rio Araçuaí, no Município de Carbonita, altitude 552 m, no local de latitude  $17^\circ 31' 57''$  e longitude  $43^\circ 00' 00''$ .

Na Figura 3 é mostrado a plotagem das vazões de recessão do rio Araçuaí, no período de 03 de abril a 22 de setembro de 1973, superposto coincidindo com o gráfico da função de Theis. Como referência (datum) foi adotada a vazão de  $110 \text{ m}^3/\text{s}$ , e os valores plotados são iguais a este valor de referência subtraído dos dados diários de vazões de descarga.

Na Figura 3, foi tomado o ponto coincidente, com os valores  $W(u) = 1$ ,  $1/u = 1000$ ,  $t = 277$  dias e  $q = 14 \text{ m}^3/\text{s}$ . Estes valores foram substituídos na equação de Theis,  $T.s = Q.W(u)/4\pi$ , onde, conforme o método proposto por (DINIZ *et al.*, 1998),  $T.s =$  vazão de descarga da recessão no tempo  $t$  ( $14 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e  $Q =$  vazão inicial de descarga da recessão (valor máximo =  $q_0$ ).

Assim,  $T.s = Q.W(u)/4\pi$ , ou seja:

$$q = q_0.W(u)/4\pi$$

Substituindo,

$$14 \text{ m}^3/\text{s} = q_0.1/4\pi \Rightarrow q_0 = 176 \text{ m}^3/\text{s}$$

Figura 2. Gráfico das vazões diárias do rio Araçuaí, em Araçuaí, superposto ao gráfico das precipitações diárias em Carbonita. [Fig2.jpg]

Figura 3. Gráfico da curva de recessão do rio Araçuaí, em Araçuaí, superposto ao gráfico da função de Theis. [Fig3.jpg]

A equação (eq. 1) pode ser reescrita:  $1/u = 4\pi T.t/A.S$ . Substituindo os valores encontrados para  $t$  e  $1/u$ , e considerando que a área da bacia hidrográfica do rio Araçuaí é de  $14621 \text{ km}^2$ , temos:

$$1000 = 4\pi T.277 \text{ dias}/14621 \text{ km}^2.S \text{ ou seja,}$$

$$T/S = 4200 \text{ km}^2/\text{dia}.$$

Durante o ano hidrológico 72/73, o escoamento do rio Araçuaí totalizou  $3.10^9 \text{ m}^3$ . O escoamento básico totalizou  $2,3.10^9 \text{ m}^3$ , ou seja, o escoamento básico correspondeu a 76,7% do escoamento total. Este percentual mostra a importância da água subterrânea, dos aquíferos freáticos, na manutenção das descargas dos rios no nordeste do Estado de Minas Gerais, onde imperam condições climáticas de semi-aridez.

Na Tabela 1, abaixo, são mostrados os valores encontrados para  $q_0$ ,  $T/S$ , e porcentagem do escoamento básico em relação ao escoamento total para a bacia hidrográfica do rio Araçuaí, em 4 anos hidrológicos consecutivos.

TABELA 1. Parâmetros hidrológicos obtidos na bacia do rio Araçuaí.

Ano hidrológico	Máxima vazão básica ( $q_0$ ) em $m^3/s$	Fator da bacia ( $T/S$ ) em $m^2/dia$	Descarga total ( $m^3$ )	Descarga básica ( $m^3$ )	fluxo de base/fluxo total, em %
72/73	176	4200	$3 \cdot 10^9$	$2,3 \cdot 10^9$	76,7
73/74	143	29000	$2,43 \cdot 10^9$	$2,13 \cdot 10^9$	87,9
74/75	138	58175	$1,87 \cdot 10^9$	$1,34 \cdot 10^9$	71,6
75/76	163	83107	$1,44 \cdot 10^9$	$1,32 \cdot 10^9$	91,7
MÉDIA	155	42620,5	$2,185 \cdot 10^9$	$2,01 \cdot 10^9$	92

## CONCLUSÕES

A descarga máxima dos fluxo de base do rio Araçuaí é de  $155 m^3/s$ . A descarga total (média de 4 anos consecutivos) é de  $2,185 \cdot 10^9$  (*runoff* mais fluxo de base) e a descarga básica (média de 4 anos consecutivos) é de  $2,01 \cdot 10^9$ . Em média 92% da descarga do rio Araçuaí provém do fluxo de base, proveniente dos aquíferos freáticos existentes principalmente nas coberturas cenozóicas.

As descargas do rio Araçuaí, somente apresentam contribuições do *runoff* entre meados do mês de outubro até o mês de março, durante o período em que ocorrem precipitações com mais frequência. Mesmo assim, as contribuições do *runoff* são pequenas e não excedem períodos contínuos superiores a 15 dias.

Devido às características geológicas das coberturas cenozóicas, a infiltração, durante o período de chuvas, é intensa e permite o acúmulo da água nos aquíferos freáticos.

As coberturas lateríticas são as principais áreas de infiltração dos aquíferos freáticos. As descargas se dão nas fontes situadas nas encostas dos chapadões que contém essas coberturas.

Em alguns anos de intensa estiagem somente há contribuição do *runoff* nas descargas do rio Araçuaí, no período entre novembro e janeiro. No restante desses anos, entre fevereiro e outubro, a descarga do rio Araçuaí provém exclusivamente da contribuição dos aquíferos freáticos.

Nesses anos anômalos, extremamente secos, a descarga dos aquíferos freáticos, cujo máximo situa-se em torno de  $155 m^3/s$  para toda a bacia hidrográfica do rio Araçuaí (área de  $16.343 m^2$ ), decresce paulatinamente até  $15 m^3/s$ . Mesmo baixa, esta descarga é suficiente para que o rio seja perene.

Comparando-se, em alguns anos chuvosos, a descarga total do rio Araçuaí atinge, em curtos períodos (com duração entre 1 a 3 dias), quantias de até de  $1.000 m^3/s$ .

A descarga máxima dos aquíferos freáticos da bacia do rio Araçuaí, por  $km^2$  de área da bacia é em torno de  $1 \times 10^{-2} m^3/s$  ou  $36 m^3/h$ . Nos anos muito secos, no final do mês de setembro e início de outubro a descarga diminui muito, atingindo apenas  $9 \times 10^{-4} m^3/s$  ou  $3,24 m^3/h$  por  $km^2$  de área da bacia.

O método desenvolvido por DINIZ *et al.* (1998) para interpretação das curvas de recessão dos rios difere do método proposto por HORTON (1926) e de uso corrente em hidrologia.

O método de Horton preconiza que a descarga de recessão é dada pela expressão:  $q = q_0 \cdot e^{-kt}$ , onde  $q$  = vazão num determinado instante  $t$  após o início da recessão,  $q_0$  = descarga no início da recessão e  $k$  = constante que depende das características da bacia (LINSLEY *et al.*, 1949; WARD, 1967).

A análise da equação de Horton mostra que a descarga de recessão, provenientes dos aquíferos freáticos, nunca chegarão a zero por maior que seja o tempo  $t$  desde o início da recessão, pois  $e^{-kt}$  embora tenda assintoticamente a zero quando  $t$  é grande, jamais atinge este valor limite.

No método desenvolvido por DINIZ *et al.* (1998), a equação da recessão tem a forma  $q = q_0 \cdot [\log(2,25\pi T \cdot t / A \cdot S)] / 4\pi$ . Quando, após um determinado tempo  $t$  de recessão, a equação  $(2,25\pi T \cdot t / A \cdot S)$  se iguala a 1, a descarga atinge o valor zero pois,  $\log 1 = 0$ . É, portanto, um método mais preciso.

Para o rio Araçuaí, em Araçuaí, a equação  $q = q_0 \cdot [\log(2,25\pi T \cdot t / A \cdot S)] / 4\pi$ , fica sendo:

$$q = 155 \text{ m}^3/\text{s} \cdot [\log(7,068.42620,5 \text{ m}^2/\text{dia} \cdot t) / 14,621 \cdot 10^9 \text{ m}^2] / 4\pi.$$

Para um período de estiagem de 6 meses (183 dias), após uma temporada de chuvas que mantenha os aquíferos freáticos recarregados, teremos:  $t = 183$ , ou seja  $q = 57,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para um Ou seja, seria necessário um período de estiagem de 13,3 anos para que o rio Araçuaí secasse completamente.

O método proposto por DINIZ *et al.* (1998), permite que se calcule as reservas dos aquíferos freáticos através da interpretação da curva de recessão.

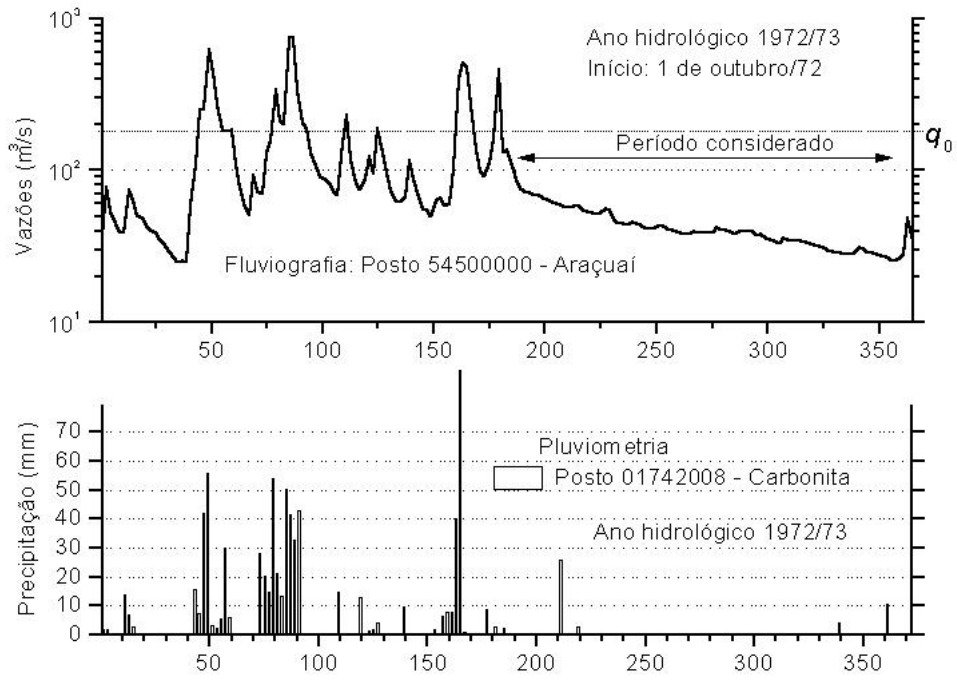
## BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F. F. M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 7:349-364.
- COMIG, 1964. *Mapa geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1: 1.000.000*. Texto explicativo, Companhia Mineradora de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CUSTODIO, E.; LLAMAS, M.R. 1983. *Hidrologia Subterranea*. Ed. Omega, Tomo I, Barcelona, 1157p.
- DAVIS, S. N.; DE WIEST, R. J. M. 1966. *Hydrogeology*. John Wiley & Sons, New York, 463 p.
- DAWSON, K. J.; ISTOK, J. D. 1991. *Aquifer testing - Design and analysis of pumping and slug tests*. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Michigan, 344p.
- DINIZ, H.N.; PEREIRA, P.R.B.; PEREIRA, S. Y.; GUTJAHR, M.R.; TORRIGO, M. 1998. Utilização de curvas de depleção de rios para estimativa de parâmetros hidrodinâmicos de aquíferos freáticos: exemplo da bacia do rio Capivari, Centro-Sul do Estado de São Paulo, Brasil. *Memórias... 4º Congr. Latino-americano de Hidrologia Subterranea, ALHSUD*, v.3, Montevideu, Uruguai, p.1123 - 1139.
- DRISCOLL, F. G. 1989. *Groundwater and wells*. 2ª Edição, Ed. Johnson Filtration Systems Inc., St. Paul, Minnesota, 1089 p.
- FETTER, C. W. 1988. *Applied hidrogeology*. 2ª Ed., Macmillan Publ. Comp., New York, 592p.
- HORTON, R. E. 1926. Discussion of Paper, Flood Flow Characteristics, by C.S. Jawis. *ASCE Transactions*, Washington, v. 89, p.1081-1086.
- JACOB, C. E. 1940. On the flow of water in an elastic artesian aquifer. *American Geophysical Union Transactions*, Washington, 72 (Part II): 574-586.
- KING, L. C. 1956. Geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, São Paulo, 18(2):147-266.
- KOVÁCS, G. 1981. *Seepage hydraulics*. Developments in water science, 10 (Translation of A szivárgás hidraulikáya), Elsevier Scientific Publishing Company, Budapeste, 730p.
- LINSLEY JR, R. K.; KOHLERAN, M. A., PAULHUS, J. L. H. 1949. *Applied hydrology*. Mc Graw – Hill, New York, 689 p.
- OLIVEIRA, F. R.; MENEGASSE, L. N.; DUARTE, U. 2000. Hidrogeologia da região de Araçuaí, no Médio Vale do Rio Jequitinhonha-MG. 10º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 5º Congresso Latino Americano de Águas Subterrâneas, ABAS / ALHSUD, Fortaleza, Ago. 2000, CD-ROM, trabalho 16, 22 p.
- PEDROSA SOARES, A. C. 1996. Geologia da Folha de Araçuaí, Minas Gerais. In: Projeto Espinhaço, Secretaria de Estado de Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos e Companhia Mineradora de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- PEDROSA SOARES, A. C.; SAADI, A. 1989. O segmento meridional da Falha de Taiobeiras, MG. Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 5, *Anais...*, SBG-MG, Belo Horizonte, (10):161-165.
- PEREIRA, P. R. B.; DINIZ, H. N.; GUTJAHR, M. R.; MENEGASSE, L. N.; OLIVEIRA, F. R.; DUARTE, U. 2000. O zoneamento climático na bacia do rio Jequitinhonha, Estado de Minas Gerais, Brasil. VIII Encuentro de Geógrafos de América Latina, Santiago, Chile (*no prelo*).



- PLANVALE, 1994. *Relatório de diagnóstico R1, an. B - Hidrogeologia*. Plano Diretor de Recursos Hídricos para os Vales do Rio Jequitinhonha e Pardo, Governos dos Estados de Minas Gerais e Bahia/ Geotécnica/Consultants, Belo Horizonte.
- THEIS, C. V. 1935. The relation between the lowering of piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage. *American Geophysical Union Transactions*, Part II, Washington, p.519-524.
- UFMG, 2000. *Vale do Jequitinhonha: reestruturação sócio-espacial e desenvolvimento regional*. Relatório de Pesquisa, Projeto FINEP 2504, Ralfo Matos - Coordenador, Vol. 2, Instituto de Geociências/ Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, texto e ilustrações.
- SLOTO, R. A.; CROUSE, M. Y. 1996. *HYSEP: A computer program for streamflow hydrograph separation and analysis*. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 96-4040, USGS, Reston, VA, USA, 46 p.
- UHLEIN, A. 1991. *A transição cráton – faixa dobrada: um exemplo do Cráton São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais*. Tese de doutoramento (inédita), Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 295 p.
- WARD, R. C. 1967. *Principles of Hydrology*. Mc Graw – Hill, London, 403 p.

ANEXO



Ano hidrológico de 1972/73

