

Considerações Sobre Aspectos Físicos E Hidráulicos Da Formação Guabiro tuba Na Região Nordeste de Curitiba

Characterization of the hidrogeological potential of the Guabiro tuba Formation in the Northeastern region in Curitiba

*Ermani F. da Rosa Filho**
*Antonio C. Paranhos Filho***
*Hélcio J. dos Prazeres Filho****
*Zuleika F. Valaski****

RESUMO

Testes de bombeamento executados em poços tubulares perfurados na Formação Guabiro tuba, na região delimitada pela Bacia Hidrográfica do Irai, indicam vazões da ordem de até 80.000 l/h/poço. Os arenitos arcoseanos da Formação Guabiro tuba, nesta região, ocorrem de forma contínua e suas espessuras variam de 4 a 15 m. As camadas mais espessas estão condicionadas a um "graben" cuja extensão longitudinal, com direção SE-NW, coincide com a direção de escoamento das águas subterrâneas. A capacidade de campo do solo, calculada através da transformação da umidade gravimétrica das amostras em unidades volumétricas, é da ordem de 100 a 150 mm. As porosidades total e efetiva dos arenitos arcoseanos, calculadas através de perfil sônico, giram em torno de 38-39% e 28-30%, respectivamente. Os coeficientes de transmissividade, permeabilidade e de armazenamento, calculados através do Método de Theis, variam de 1×10^{-3} m²/s a 2×10^{-3} m²/s, de $1,22 \times 10^{-4}$ m/s a $1,96 \times 10^{-4}$ m/s e de $5,4 \times 10^{-3}$ a $9,2 \times 10^{-4}$, respectivamente.

ABSTRACT

This paper is part of a research project named "Characterization of the hidrogeological potential of the Guabiro tuba Formation in the Northeastern region of Curitiba". It has the financial support from the "Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ)", from the "Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD)" and from the "Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)", and also from the technical and scientific support of the University Wuerzburg-Germany, through Prof. Dr. P. Udluft and Geol. G. Heinrich.

It contains information about the hydraulic and physical parameters of the arcoseic sands of the Guabiro tuba Formation, mainly in the area limited by the hydrographic basin of the Irai River. The above mentioned region is located about at 15 km northeast from Curitiba, in the vicinities of Castelo Branco Park, municipality of Pinhais-PR, Brazil (figure 1).

The Guabiro tuba Formation was originally described by Bigarella and Salamuni (1962), as a sequence of Pleistocene clays and irregular lenticular bodies of arkoses (or arkosic sands). Alluvial ones probably represented a system of alluvial fans, according to those authors (1962), as well as an anastomosed drainage pattern in a playa environment. The maximum thickness of sediments is about 80m. Several tectonic lineations, including horst and graben, were mapped in Curitiba Basin.

*Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

**Pós-graduando do Curso de Geologia Ambiental, Universidade Federal do Paraná.

***Graduando do Curso de Geologia, Universidade Federal do Paraná.

The arcose sediments of the above mentioned region occur apparently as continuous layers, with thickness from 4 to 18 meters, normally underlying the pelitic sediments. The hydraulic coefficients of the arcose sandstones were determined by means of the Theis method; concerning the permeability values from $1,22 \times 10^{-4}$ m/s to $1,96 \times 10^{-4}$ m/s, to the transmissivity the values stand at about 1×10^{-3} m²/s to 2×10^{-3} m²/s. Storage coefficient values of the order of $5,4 \times 10^{-3}$ a $9,2 \times 10^{-4}$ were obtained. The hydraulic behavior of the aquifer is sometimes as a confined one, and sometimes semi-confined, receiving in some areas the contribution of the phreatic sheet. The total and effective porosity of the sandstones calculated by means of the sonic perfil is about 38-39% and 28-29%, respectively.

The field capacity of the soil calculated by means of the transformation of the gravimetric humidity into volumetric humidity, is about 100 to 150 mm. The general underground flow direction is from southeast to northwest, with hydraulic gradients of the order of 6×10^{-3} , which in terms of flow velocities reflect values of approximately 3×10^{-6} m/s. Pumping tests performed in many wells of the region indicate up to 22 l/s. Such results are important to show that the arkose sandstones may be considered important aquifers, including a capacity production able to minimize the present storage of fresh water of Curitiba city (set.95), of about 700 l/s.

INTRODUÇÃO

A limitação na capacidade de tratamento das águas captadas nos rios e um aumento de consumo de aproximadamente 20%, resultaram num processo de racionamento de água, iniciado em janeiro de 1995, jamais registrado na história da cidade de Curitiba. Foi estimado pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) um período não inferior a três anos para que o abastecimento de água possa ser novamente normalizado (*Jornal Gazeta do Povo*, 26/2/95).

As águas subterrâneas armazenadas na Formação Guabirota, nas imediações do Parque Castelo Branco, assim como nas rochas carstificadas do Grupo Açungui, representam uma alternativa concreta para minimizar os problemas de abastecimento de água da Região Metropolitana de Curitiba. A captação desses mananciais e o estabelecimento de um regime de exploração sustentado exigem, imprescindivelmente, conhecimentos sobre as características hidráulicas e físicas dos aquíferos, bem como sobre a sua recarga e as implicações causadas pelo homem na qualidade das águas.

O presente trabalho fornece informações sobre os parâmetros hidráulicos e físicos das areias arcoseanas da Formação Guabirota, especificamente na região delimitada pela Bacia Hidrográfica do Iraí.

LOCALIZAÇÃO

A região sobre a qual foram desenvolvidas as investigações ora apresentadas está localizada a aproximadamente 15 km ao norte da cidade de Curitiba, nas proximidades do Parque de Exposição Castelo Branco, no município de Piraquara-PR. A principal estrada de acesso é a Rodovia Regis Bittencout (BR 166), sentido Curitiba-São Paulo. A partir do trevo de acesso à cidade de Quatro Barras, na BR-116, percorrem-se aproximadamente dois quilômetros até a propriedade do IAPAR, a partir da qual pode ser utilizada a estrada que permite o acesso à Fazenda Canguiri da UFPR e ao Manicômio Judiciário do Estado do Paraná. O mapa de localização, inclusive com a delimitação da Bacia Hidrográfica do Iraí, é apresentado na figura 1.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA

As primeiras considerações sobre a litologia, espessura, idade, rocha-fonte e origem dos sedimentos da Bacia de Curitiba foram referenciadas por OLIVEIRA (1927). De acordo com CARVALHO (1936), nas bordas da bacia predominam cascalhos grosseiros e na sua parte central, sedimentos argilosos com

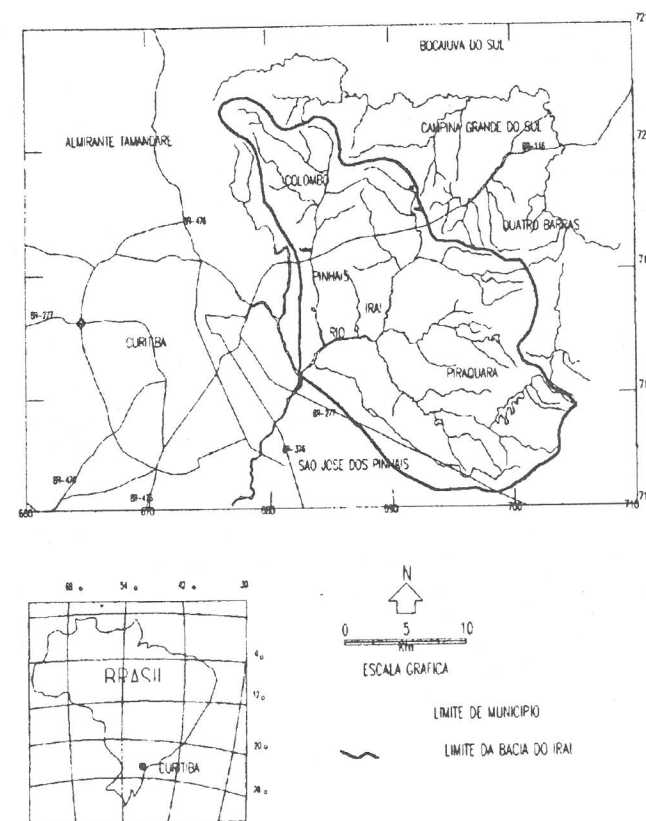


Fig. 1

Mapa de localização da Bacia do Iraí. Localization of the Iraí Basin.

intercalações de areia grossa; este autor interpreta essas ocorrências como consequência de uma deposição em ambiente fluvial meandrante com sucessivos ciclos recorrentes de regime de baixa e elevada energia. Dentre outros trabalhos igualmente relevantes sobre a Bacia de Curitiba, destacam-se OLIVEIRA & LEONARDOS (1946); MAACK (1947); ALMEIDA (1955); COUTINHO (1955 b); BIGARELLA & SALAMUNI (1958 a,b,c; 1959; 1961; 1962); AB SABER & BIGARELLA (1961; 1965 a,b; 1966; 1967 a,b); BIGARELLA (1964; 1971); MOUSINHO & BIGARELLA (1965); BIGARELLA, MOUSINHO & SILVA, (1965); LOPES (1966); MURATORI (1966; 1982); MARINI (1966); FUCH (1966; 1967 a,b; 1969); TREIN (1969); BERG & LOURENÇO (1973); BATOLLA & RODRIGUES (1977 a,b); FUJIMORI (1981); SVIERO & MASCARENHAS (1981); CANALI & MURATORI (1981); BECKER (1982); PETRI & FULFARO (1983); COIMBRA & RICOMINI (1985); RICOMINI & COIMBRA (1988) e COUTINHO, COIMBRA & ATENCIO (1989).

Os sedimentos da Bacia de Curitiba, excetuando-se os depósitos aluvionares recentes, constituem a Formação Guabirota. BECKER (1982), com base em critérios geomorfológicos, propôs a subdivisão desta formação em três unidades distintas, a saber: a) Formação Tinguis (seqüência superior); b) Formação Guabirota; e c) Formação Boqueirão (sedimentos arenáceos, discordantes dos migmatitos). Segundo esta autora, a Formação Boqueirão, especificamente, teria sido depositada durante o Pleistoceno Superior, num ambiente de amplos vales com canais anastomosados prevalecentes sob condições climáticas mais severas, as quais precederam o clima atual, responsável pela deposição dos aluviões

modernos. Segundo suposições formuladas verbalmente por M.L. ASSINE, Depto. de Geologia-UFPR, 1994, parte dos depósitos desta formação foi sedimentada em leques aluvionares coalescentes, bem como num sistema de drenagem anastomosado ao lado de extensas playas.

MURATORI *et al.* (1982), com base em estudos gravimétricos, acrescentam que a paleogeografia da região esteve sob a ação de uma tectônica recente, o que teria influenciado de forma significativa no represamento dos sedimentos. A maior parte dos depósitos aluvionares da região, os quais encontram-se inclusive orientados segundo drenagens condicionadas às direções de fraturamentos do embasamento cristalino, aliados à existência de pequenas falhas geológicas na Formação Guabirota, permitem sugerir a ação de neotectonismo na Bacia de Curitiba (E. SALAMUNI, Depto. de Geologia-UFPR, 1994, comun. pessoal).

Os sedimentos da Formação Guabirota atingem espessuras máximas da ordem de 60 a 80 m na porção central da Bacia de Curitiba. Os sedimentos pelíticos são predominantes, sendo que as camadas arcoseanas, com estratificações incipientes, ocorrem sob a forma tabular e não raramente lenticular. Tal condicionamento pode ser constatado através dos perfis litológicos de dezenas de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea, especialmente aqueles localizados na parte central da Bacia de Curitiba (Cadastro de Poços do Instituto Ambiental do Paraná – IAP, antigamente ARH, SUREHMA, 1995).

Resultados de várias análises granulométricas de amostras de superfície realizadas por ARCHELA (1986) confirmam a predominância da fração argilosa sobre a fração com granulometria superior a 0,062 mm. Esses sedimentos são armazenadores de água mas não se caracterizam como aquíferos devido a sua baixa permeabilidade. Com referência ao material arenoso, predomina a fração grossa, na faixa de 57%, enquanto cerca de 37% apresentam diâmetro médio correspondente a areia média e apenas 6% areia fina. Adotando a classificação de SHEPARD (1954), ARCHELA (1986) destaca dois grupos granulométricos podem ser distintos na Formação Guabirota; um de granulação mais grossa, constituído por areias, areias silticas e areias silticas-argilosas, e outro de granulação mais fina, constituído por argilas silticas e silte argiloso. É destacado, neste mesmo estudo, que as porcentagens de feldspatos em relação aos minerais de quartzo, chegam a atingir valores superiores.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A HIDROGEOLOGIA DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA

A Formação Guabirota, embora extensivamente estudada nos seus vários aspectos geológicos, nunca mereceu maiores considerações como reservatório capaz de armazenar volumes significativos de águas subterrâneas. Num dos poucos trabalhos sobre a hidrogeologia da Formação Guabirota, é mencionado que as vazões médias obtidas nesta formação giram em torno de 2.000 a 8.000 l/h/poço (SALAMUNI, 1981).

Poços perfurados recentemente pela SANEPAR na região próxima do Parque Castelo Branco, município de Quatro Barras, produziram nos testes de bombeamentos vazões de até 78.000 l/h. Na região em apreço, percebe-se através dos perfis litológicos dos referidos poços (IAPAR n^o 03-09) que as camadas arenosas intercaladas nos sedimentos pelíticos apresentam variações quanto à espessura, mas ocorrem de forma relativamente contínua. A espessura máxima da Formação Guabirota, nesta área, atinge 80 m, sendo que as camadas arenosas, depositadas na parte basal da formação, apresentam, via de regra, espessuras que variam de 4 a 18 m.

Estudos fotogeológicos desenvolvidos por E. SALAMUNI (Depto. de Geologia-UFPR, 1994, comun. pessoal) indicam que o rio Canguiri está condicionado a uma falha geológica. A correlação estratigráfica obtida através dos perfis dos poços acima citados destaca a existência de estruturas do tipo "horst" e "graben" com direção preferencial SE-NW. A extensão transversal do "graben", contendo um acúmulo maior de sedimentos, está limitada entre os poços IAPAR n^o 4 e n^o 9.

O sentido geral de escoamento das águas subterrâneas é de sudeste para noroeste, com gradientes hidráulicos da ordem de 6×10^{-3} , o que em termos de velocidades de fluxo representam valores de aproximadamente 3×10^{-6} m/s. Os poços localizados na faixa de abrangência da estrutura tectônica

seccionam arenitos mais espessos e produzem as vazões mais elevadas, entre 18 e 22 l/s/poço. Os gradientes hidráulicos e as velocidades de fluxo na região mais ao norte são da ordem de 1×10^{-2} e 5×10^{-6} m/s, respectivamente.

As águas do lençol freático escoam segundo a conformação do terreno, no sentido dos rios Canguiri e Iraí, em cotas piezométricas mais elevadas do que as do aquífero Guabirota. Sob o ponto de vista hidráulico, o aquífero superior contribui como fonte de recarga para o aquífero Guabirota.

PARÂMETROS FUNDAMENTAIS À OCORRÊNCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Os elementos constituintes da litosfera apresentam diferentes possibilidades de armazenamento e circulação de água ou de qualquer outro fluido, em função das características hidrodinâmicas intrínsecas da matriz e do fluido. As águas das chuvas representam a principal fonte de recarga do aquífero Guabirota; elas infiltram-se através dos solos até alcançarem os reservatórios subterrâneos. As propriedades da matriz enfocadas neste trabalho, incluindo análises relativas à capacidade de campo do solo, são representadas pela porosidade total e efetiva, pelo coeficiente de permeabilidade e pelos coeficientes de transmissividade e de armazenamento.

CAPACIDADE DE CAMPO DO SOLO

É definida como sendo a quantidade de água retida em uma amostra de solo, depois de drenado o excesso da água gravitativa (DNP, 1983). Este parâmetro pode ser expresso em porcentagem de volume ou em altura de água. A infiltração somente é efetiva depois que ocorre um acréscimo no volume de água contida no solo, respectiva à sua capacidade de retenção.

Procedimento de Determinação

A capacidade de campo do solo foi determinada com amostras indeformadas, extraídas através de um anel extrator com volume conhecido (diâmetro de 5,5 cm e altura de 4 cm), de uma trincheira com 1,2 m de profundidade, e com amostras deformadas, extraídas com o auxílio de um trado tipo "holandês". As análises granulométricas do solo, foram interpretadas pelo método descrito por SUGUIO (1973), obedecendo a escala de WENTWORTH (1922). Para a determinação do teor de matéria orgânica foi utilizada a metodologia descrita por CARVER (1971), a qual utiliza o ataque à matéria orgânica com água oxigenada.

Com as amostras indeformadas obteve-se os valores da massa específica do solo, e com as amostras deformadas os valores da umidade gravimétrica (U), com os quais determinaram-se os valores da umidade volumétrica do solo (θ). As amostras, tanto indeformadas como deformadas, foram coletadas aos 10, 30, 50, 70 e 90 cm de profundidade.

Para o cálculo da massa específica do solo, utilizando amostras indeformadas, foi aplicada a seguinte equação:

$$\rho_s = \frac{m_s}{v_t} \cdot \left[\frac{g}{cm^3} \right] \quad 1$$

onde, g_s = massa específica do solo
 m_s = massa do solo seco a 105-110°C.
 v_t = volume total interno do anel.

Para o cálculo da umidade gravimétrica do solo, utilizando amostras deformadas, foi aplicada a seguinte equação: aplicada a

$$U = \frac{m_u - m_s}{m_s} \left[\frac{g}{g} \right] \text{ ou } [\%] \quad 2$$

onde, U = unidade gravimétrica
 m_u = massa úmida
 m_s = massa do solo seco a 105-110°C

Para o cálculo da unidade volumétrica do solo, a partir da determinação da unidade gravimétrica, foi aplicada a seguinte equação:

$$\theta = \frac{U \cdot \rho_s}{\rho_{\text{água}}} \left[\frac{1g}{cm^3} \right] \quad 3$$

ou

$$\theta = U \cdot \rho_s \left[\frac{cm^3 \text{ de água}}{cm^3 \text{ de solo}} \right] \text{ ou } \% \quad 4$$

onde, θ = unidade volumétrica
 ρ_s = massa específica do solo
 U = unidade gravimétrica
 $\rho_{\text{água}}$ = massa específica da água (1g/cm³)

O valor da capacidade de campo (Cc) corresponde ao produto da unidade volumétrica e da altura z. O fator z é caracterizado pela profundidade média das raízes da vegetação predominante na área investigada, sendo que o valor que representa a unidade volumétrica corresponde à média das amostras analisadas.

O procedimento de preparo e de coleta das amostras no campo para as análises laboratoriais, foram desenvolvidos da seguinte forma:

1º) a vegetação da parte superior do solo foi removida para a cravação de um anel com diâmetro de 40 cm e altura de 12 cm;

2º) após a cravação do anel, o mesmo foi preenchido com água até a sua borda e monitorada a variação do nível (N₁) em função de um tempo t₀. A taxa de variação, T₁, foi controlada através da relação (N₁ - N₂)/t;

3º) o anel foi coberto com uma lona de plástico, junto à superfície do terreno, para evitar perdas devido a evaporação da água;

4º) a coleta das amostras deformadas, nas profundidades acima especificadas, foi feita 72 horas depois que a superfície do terreno (anel) foi coberta com a lona de plástico;

5º) com as amostras coletadas (acondicionadas em latas de alumínio) e analisadas em laboratório, foram feitas as determinações da massa úmida (mu) e da massa seca (ms), a 110 e 105°C.

Resultados Obtidos

Os valores obtidos com as equações 1, 2 e 3, relativos, respectivamente, à massa específica do solo, à unidade gravimétrica e à unidade volumétrica, são apresentados na tabela 1. Os resultados das análises granulométricas das amostras indeformadas e deformadas são apresentados nas tabelas 2 e 3.

A profundidade média das raízes da vegetação que predomina na região, o campo nativo, varia de 20 a 30 cm. Este fator, descrito anteriormente como fator "z", multiplicado pelo valor médio da

umidade volumétrica do solo, da ordem de 0,508 g/cm³ de solo por g/cm³ de água, resulta num valor de capacidade útil de campo do solo, entre 100 a 150 mm.

Tabela 1 - Resultados das determinações da massa específica, da unidade gravimétrica e da unidade volumétrica do solo.
 Table 1 - Results of specific mass, gravimetric humidity and soil volumetric humidity determinations.

Amos.	Local	Massa esp.	Umidade gravim.	Umidade volum.
10 cm	P	0,751	0,524	0,393
	C	—	0,396	—
30 cm	P	0,735	0,534	0,389
	C	—	0,495	—
50 cm	P	0,784	0,683	0,533
	C	—	0,444	—
70 cm	P	0,763	0,777	0,590
	C	—	0,528	—
90 cm	P	0,902	0,707	0,636
	C	—	0,539	—

P = Penitenciária; C = F. Canguiri.

Tabela 2 - Resultado das análises granulométricas executadas nas amostras indeformadas (local "Penitenciária").
 Table 2 - Results of granulometric analysis of unchanged samples (place: "Penitenciária").

	10 (cm)	30 (cm)	50 (cm)	70 (cm)	90 (cm)
1	234,90	244,15	225,37	249,61	267,34
2	202,41	194,06	198,25	196,61	211,29
3	128,40	121,63	121,04	121,39	122,40
4	69,49	59,12	74,01	58,66	61,33
5	30,51	40,88	25,99	41,34	38,67
6	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00

1 = peso total úmido; 2 = peso total seco; 3 = peso do anel; 4 = % peso do solo; 5 = % peso da água; 6 = matéria orgânica.

Tabela 3 - Resultado das análises granulométricas executadas nas amostras deformadas (local "Penitenciária").
 Table 3 - Results of granulometric analysis of deformed samples (place: "Penitenciária").

	10 (cm)	30 (cm)	50 (cm)	70 (cm)	90 (cm)
1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2	65,62	65,15	59,42	56,27	58,57
4	65,62	65,15	59,42	56,27	58,57
5	34,38	34,85	40,58	43,73	41,43

1 = peso total úmido; 2 = peso total seco; 4 = % peso do solo; 5 = % peso da água.

POROSIDADE (P)

O volume total (V_t) de uma rocha é constituído pelo volume dos poros (V_p) e pelo volume do material sólido (V_s): V_t = V_p + V_s. A porosidade de uma amostra de rocha é definida como o volume de espaço poroso da amostra expresso em partes ou porcentagens do volume total, ou seja:

$$P = \frac{V_p}{V_t} \text{ ou } \frac{V_p}{V_t} \cdot 100(\%) \quad 5$$

onde, P = Porosidade total

V_p = Volume de poros

V_t = Volume total da rocha

A porosidade total é a porcentagem total dos espaços vazios, enquanto que a porosidade efetiva está ligada aos espaços porosos interligados e corresponde ao volume de água que é obtido por drenagem gravitacional de uma amostra de material permeável inicialmente saturado em relação ao volume total da amostra. Segundo LEVORSEN (1954), o valor da porosidade efetiva pode ser 5 a 10% menor do que a porosidade total. De acordo com PETTIBOHN (1957), têm-se, em média, os seguintes valores de porosidade, conforme a variação de granulção: areia grossa - 39 a 41%; areia média - 41 a 48%; areia fina - 44 a

49%; e silte - 50 a 54%. Quanto maior o grau de inconsolidação dos sedimentos, mais próximos são os valores entre a porosidade total e a porosidade efetiva.

Procedimento de Determinação

A porosidade total e a porosidade efetiva foram determinadas através de um perfil sônico, realizado pela HIDROLOG - Serviços de Perfilagens Ltda., corrido no poço nº 2 da Estação Experimental de Pesquisas Hidrogeológicas da UFPR, na Fazenda Canguiri (ver figura 1). O referido perfil sônico corresponde apenas ao intervalo composto por areias arcoseanas, entre 34 e 41 m de profundidade.

De acordo com GIRAO NERY (1983), as equações que permitem a determinação da porosidade total e da porosidade efetiva, através de perfis sônicos, podem ser representadas da seguinte forma, respectivamente:

$$P = \frac{(t - t_{ma})}{(t_f - t_{ma})} \cdot \frac{(100)}{(t_{sh})} \quad (6)$$

$$\Phi = \Phi_e - VSH \cdot \frac{\Delta t_{sh} - \Delta t_{sm}}{\Delta t_s - \Delta t_m} \quad (7)$$

sendo,

P = porosidade total percentual calculada com sônico

Φ_e = porosidade efetiva calculada com sônico.

t = tempo do som lido defronte ao aquífero (em $\mu s/pé$)

Δt_{ma} = tempo do som nos grãos ou matriz do aquífero (arenito = 55,5 $\mu s/pé$).

Δt_f = tempo do som no fluido intersticial do aquífero (água doce = 200 $\mu s/pé$).

VSH = argilosidade.

Δt_{sh} = tempo do som nos siltitos (valor razoável para a área = 180 $\mu s/pé$).

Resultados Obtidos

O tempo de trânsito registrado no intervalo entre 34 e 41 m corresponde a 155-156 microsegundos/pé (GIRAO NERY & ROSA FILHO, 1994). A aplicação destes valores nas equações 6 e 7 apresenta uma porosidade total da ordem de 38-39% e uma porosidade efetiva de aproximadamente 28%. De acordo com a hipótese de LEVORSEN (1954), a porosidade efetiva corresponde a um valor em torno de 35%. O elevado índice de infiltração profunda, da ordem de 300 a 400 mm/ano (ROSA FILHO, 1994) e a recarga artificial proveniente da barragem do Iraí, cujo início da obra está previsto para o ano de 1996, caracteriza o aquífero Guabirota como um manancial que pode ser explotado de forma constante e segura.

COEFICIENTE DE TRANSMISSIVIDADE (T)

A transmissividade representa a vazão que escoar através de uma faixa vertical de largura unitária e espessura igual à da camada saturada, com gradiente hidráulico igual a 1. A transmissividade é representada pela seguinte relação:

$$T = K \cdot b \quad (7)$$

sendo,

K = permeabilidade

b = espessura do aquífero.

Dimensão:

$$T = \frac{(m^3)}{(m \cdot s)} = \frac{m^2}{s}$$

Procedimento de Determinação

O coeficiente de transmissividade do aquífero foi calculado através da fórmula de THEIS (1935), desenvolvida para condição de regime de bombeamento não-estabilizado. A referida fórmula é apresentada do seguinte modo:

$$s = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot W(u) = \frac{0,0795 \cdot Q}{T} \cdot W(u) \quad (8)$$

sendo,

s = rebaixamento em metros, em qualquer ponto nas proximidades do poço bombeado com vazão constante.

Q = Vazão do poço, em m^3/h .

T = Coeficiente de transmissividade.

W(u) = "função u do poço", provém da integral abaixo.

$$W(u) = \int_u^{-\alpha} (e^{-\alpha}) / (u) \cdot du = -0,5772 - \log_e u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^n}{n \cdot n!} \quad (9)$$

Nesta expressão,

$$u = \frac{r^2 \cdot S}{4 \cdot T \cdot t} \quad (10)$$

em que:

r = distância do centro do poço bombeado ao ponto onde é medido o rebaixamento em metros.

S = coeficiente de armazenamento (adimensional).

T = coeficiente de transmissividade, m^3/h por metro de rebaixamento.

t = tempo a partir do início do bombeamento, em horas.

A dedução da fórmula (9) é baseada nas seguintes hipóteses: a) a formação que contém água apresenta características uniformes e permeabilidade igual nas direções horizontal e vertical; b) a formação tem espessura uniforme; c) a formação apresenta área infinita; d) a formação não recebe recarga, de qualquer proveniência; e) o poço bombeado penetra e recebe água em toda a espessura da formação aquífera; d) a água proveniente do armazenamento é descarregada instantaneamente, com redução da carga.

Resultados Obtidos

Os poços e os respectivos piezômetros com os quais foram desenvolvidos os ensaios de aquífero, são os seguintes:

	Poço	Piez.	Vazão	Dur.	Dist.
1 ^o)	n ^o 7	n ^o 5	31,7 m ³ /h	26 h	15 m
2 ^o)	n ^o 7	n ^o 5	18,4 m ³ /h	4 h	15 m
3 ^o)	n ^o 3	n ^o 5	28,8 m ³ /h	24 h	164 m
4 ^o)	n ^o 8	n ^o 4	19,8 m ³ /h	20 h	350 m
5 ^o)	n ^o 8	n ^o 9	19,8 m ³ /h	20 h	320 m

Os valores de transmissividade, obtidos através da superposição das curvas respectivas aos rebaixamentos observados nos piezômetros em relação a "Curva de Theis", variam entre $1,1 \times 10^{-3}$ a $2,3 \times 10^{-3}$ m²/s.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE (K)

A permeabilidade é a propriedade de uma rocha permitir a passagem de fluidos através dela sem se deformar estruturalmente ou ocasionar o deslocamento relativo de suas partes (SUGUIO, 1973). Uma rocha é considerada permeável quando permite a passagem de uma apreciável quantidade de fluido e impermeável se a razão de fluxo for insignificante. A razão de descarga de fluidos, através de uma dada seção transversal, depende não somente da rocha em si mas também da natureza do fluido e do gradiente de pressão hidrostática. A permeabilidade ou condutividade hidráulica (K) representa o fator de proporcionalidade da lei de DARCY e é igual a vazão Q que sai de um aquífero em uma determinada área A retangular ao fluxo da água com um determinado gradiente hidráulico i, ou seja:

$$K = \frac{Q}{A \cdot i} \quad (11)$$

Unidade:

$$K = \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dimensão:

$$K = \frac{T}{b}$$

sendo

T = transmissividade;

b = espessura do aquífero.

O coeficiente de permeabilidade dos sedimentos arenosos foi determinado através de análises granulométricas executadas nas amostras coletadas nas perfurações dos poços executados para a SANEPAR e através de ensaios de bombeamento. O primeiro método permite uma visualização puntual, a nível de ordem de magnitude da permeabilidade, enquanto o segundo, obtido a partir da determinação do coeficiente de transmissividade do aquífero, representa a permeabilidade horizontal do meio.

DETERMINAÇÃO DE K ATRAVÉS DE ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

Procedimento de Determinação

Utilizando a metodologia de GIANNINI (1993), as análises granulométricas foram desenvolvidas através do método de peneiramento. As amostras de calha, todas com massas iniciais secas com cerca

de 50 g, foram dispersas com pirofosfato de sódio trihidratado ($\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) sob agitação mecânica de duração padronizada (10 a 15 min) e elutriadas através de fluxo de água ascendente em funil liso, para eliminação do sobrenadante pelítico. O resíduo de elutriação de todas as amostras foi na seqüência submetido a peneiramento. A preferência pelo uso do peneiramento, neste trabalho, é em razão de que quase a totalidade das amostras correspondem a areias puras, contendo finos pedogênicos. O peneiramento foi realizado em todos os intervalos compreendidos entre 0,062 mm (limite silte/areia) e 2,8 mm (limite areia/grânulo), precedido por vibração mecânica *rot up* por tempo padronizado de 10 min. A título de exemplo, é apresentada a análise granulométrica executada com uma amostra do nível aquífero do Poço-Escola II (intervalo 35-39 m de profundidade).

As análises granulométricas foram precedidas por uma descrição com uso de lupa para caracterizar e selecionar as amostras para posterior análise. Durante essa descrição, observaram-se quantidades variáveis de feldspato (de 0 a 35%). Segundo a classificação de FOLK (1961), o que era tido como arcóseos, classifica-se como quartzo-arenito, subarcóseos e arcóseos propriamente ditos. Além disso, verificou-se que os grânulos de areias apresentam-se, via de regra, subangulares e subarredados.

De acordo com a escala de WENTWORTH (1922), as análises sedimentológicas efetuadas nos níveis arenosos respectivos aos intervalos de ocorrências das camadas aquíferas, apresentam as seguintes variações granulométricas: de 4 a 71% de areias com granulação fina a média (de 0,125 a 0,5 mm); de 23 a 75% de areias com granulação grosseira (de 0,5 a 1,0 mm); de 3 a 60% de areias muito grossas (de 1 a 2 mm).

Resultados Obtidos

As camadas aquíferas, representadas pelos sedimentos arenosos, quando comparadas à tabela de Silin-Beckchurin (em Harr, 1928) e às Curvas de Bredding (BREDDING, 1963), teriam como ordem de grandeza para o coeficiente de permeabilidade valores entre 1×10^{-5} e 5×10^{-4} m/s. De acordo com a fórmula experimental de Hazen (HAZEN, 1892; eq.12), o valor do coeficiente de permeabilidade varia de 4×10^{-4} a $3,3 \times 10^{-3}$ m/s.

$$K = c \cdot d_e^2 \quad (12)$$

onde, d_e = diâmetro efetivo (d_{90}) da curva granulométrica (retido acumulado);

C = $(0,7 + 0,03 t)/86,4$.

DETERMINAÇÃO DE K ATRAVÉS DE ENSAIOS DE BOMBEAMENTOS

Procedimento de Determinação

O valor do coeficiente de permeabilidade através de ensaios de bombeamento foi obtido a partir da determinação do coeficiente de transmissividade (fórmula de THEIS, equação 8).

Resultados Obtidos

A espessura das camadas aquíferas (b) foi considerada como sendo igual à extensão dos filtros (h_e) instalados em cada poço, sob o pressuposto de que esta extensão corresponde à espessura máxima das camadas saturadas em água. Com base nos poços analisados, as espessuras do aquífero na região e seus correspondentes coeficientes de transmissividade são os seguintes:

Poço	b = h _s	K(m/s)
n ^o 7	12	1,22 x 10 ⁻⁴
n ^o 8	12	1,96 x 10 ⁻⁴
n ^o 3	16	1,32 x 10 ⁻⁴

COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO (S)

O coeficiente de armazenamento (S) é definido como sendo o volume de água liberado por uma coluna do aquífero de altura igual à espessura do mesmo e de seção unitária, ao diminuir-se a pressão em uma unidade. Em aquíferos livres, o coeficiente de armazenamento coincide com a porosidade eficaz e seu valor oscila entre 0,01 e 0,4; o intervalo mais freqüente, nestes casos, gira em torno de 0,1 a 0,3. Em aquíferos confinados e semiconfinados, o coeficiente de armazenamento representa o resultado de dois efeitos elásticos, quais sejam: a) expansão da água causada pelo alívio de pressão e b) compressão do aquífero causada pelo pacote de rochas sobrepostas, após a liberação da água causada pelo primeiro efeito. Os valores dos coeficientes de armazenamento de aquíferos confinados e semiconfinados variam de 10⁻⁴ à 10⁻⁶ e 10⁻³, respectivamente. O intervalo mais freqüente para aquíferos confinados é da ordem de 10⁻⁴ e para semiconfinados 10⁻³.

O significado da capacidade do aquífero em receber ou ceder água pode ser representado pela seguinte relação:

$$S = \frac{\text{volume (m}^3\text{)}}{\text{rebaixamento (m) . área da seção vertical (m}^2\text{)}}$$

Procedimento de Determinação

O valor do coeficiente de armazenamento foi igualmente calculado com a fórmula de THEIS (eq. 8), a partir do rearranjo da função "u", tal como apresentada a seguir.

$$S = \frac{4 \cdot u \cdot T \cdot t}{r^2} \quad (15)$$

Resultados Obtidos

Os valores dos coeficientes de armazenamento calculados, os quais foram obtidos a partir dos testes de aquífero realizados na região, são apresentados a seguir.

	Poço	Piez.	S
1 ^o)	n ^o 7	n ^o 5	7,8 x 10 ⁻⁴
2 ^o)	n ^o 7	n ^o 5	5,4 x 10 ⁻³
3 ^o)	n ^o 3	n ^o 5	1,6 x 10 ⁻⁵
4 ^o)	n ^o 8	n ^o 4	9,2 x 10 ⁻⁴
5 ^o)	n ^o 8	n ^o 9	2,0 x 10 ⁻⁴

CONCLUSÕES

Os valores da porosidade efetiva, da ordem de 28 a 35%, e da permeabilidade, de 1,22 x 10⁻⁴ a 1,96 x 10⁻⁴ m/s, caracterizam os arenitos arcoseanos da Formação Guabirota na região norte de Curitiba como um aquífero de elevada capacidade de armazenamento e de circulação da água. As vazões extraídas nos testes de bombeamento dos poços IAPAR n^o 3-9 (até 22 l/s; poço n^o 9), embora com baixa eficiência

relativa, refletem o potencial hidrogeológico da referida formação geológica. Os valores dos coeficientes de armazenamento, com variações de grandeza de 10⁻³ a 10⁻⁵, indicam que o aquífero encontra-se confinado e, em algumas áreas, semiconfinado.

O sentido do movimento das águas subterrâneas é de sudeste para noroeste. A descarga do aquífero ocorre na região norte de Curitiba e o processo de recarga, através das chuvas, é efetivo em toda a sua área de ocorrência. As alturas piezométricas do aquífero Guabirota estão distribuídas em cotas inferiores às alturas do lençol freático; esta relação, sob o ponto de vista hidráulico, indica a ocorrência de contribuições do aquífero freático para o aquífero subjacente.

Os perfis litológicos dos poços da SANEPAR (IAPAR n^o 1-9; ARAÇATUBA 1-4) são carentes de informações fidedignas. Por este motivo, a distribuição espacial dos arenitos na região ainda é imprecisa. Para a obtenção destas informações, imprescindíveis à caracterização do potencial hidrogeológico da Formação Guabirota na Bacia Hidrográfica do Iraí, torna-se necessária a aplicação da perfilagem elétrica nos poços a serem executados na região.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho corresponde a uma parte do Projeto denominado "Caracterização do Potencial Hidrogeológico da Formação Guabirota na Região Norte de Curitiba". Os agradecimentos ao Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD), à Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), à Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo aporte de recursos financeiros, sem os quais não teria sido possível executar o trabalho.

Ao Geólogo Alvaro Amoretti Lisboa, da Superintendência do Controle da Erosão e Saneamento Ambiental (SUCEAM), pelas importantes sugestões e participação nos trabalhos de campo.

Ao Engenheiro Civil Eugênio Meister, da SUCEAM, por ter executado o levantamento plani-altimétrico dos poços na região.

Ao Prof. Celso Prevedelo, do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, pelas orientações sobre os métodos de determinação das capacidades de campo.

Aos Geólogos João H. Pereira, Jurema Feldrim e Esther Mendes, da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), por terem fornecido todos os dados e informações sobre os poços existentes na região.

Aos Professores Dr. Paulo C. Giannini e Dr. Riad Salamuni, colegas do Departamento de Geologia da UFPR, pelas sugestões e revisão relativa à apresentação do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. Notas a respeito do sítio urbano de Curitiba, PR. *Geomorfologia*, São Paulo, n. 3, 1966.
- _____.; BIGARELLA, J.J. Superfícies aplainadas no primeiro planalto do Paraná. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, v.13, n. 4, p.116-125, 1961.
- ALMEIDA, F.F.M. Novas ocorrências de camadas supostas pliocênicas nos Estados de São Paulo e Paraná. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, São Paulo, v.1, n. 1, p.53-58, 1952.
- ARCHELA, E. *Faciologia e ambientes de sedimentação da Bacia de Curitiba*, São Paulo, 1986. Projeto de pesquisa - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Inédito.
- BATOLLA JR. (Coord). Geologia da Folha de Curitiba. Curitiba: Projeto Leste do Paraná. *Relatório Final*. p.150-177. 1977a. Inédito.
- _____. (Coord). *Mapa Geológico Folha de Curitiba*. São Paulo: Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais [1977b]. Projeto Leste do Paraná. Comissão da Carta Geológica do Paraná. 1 mapa: color 55 x 50 cm. Escala 1:100.000.
- BECKER, R.D. *Distribuição dos Sedimentos Cenozóicos na Região Metropolitana de Curitiba e sua Relação com a Estrutura Geológica e Morfológica Regional*, Porto Alegre, 1982. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- BERG, E.A.T.; LOURENÇO, O.B. Sobre a composição mineralógica de argilas dos solos do Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, n. 31, p. 13-30, 1973.
- BIGARELLA, J.J. Variações climáticas no Quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, n. 10/15, p. 211-231, 1964.
- _____. Variações climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do Carbono 14. *Paleoclimas*, São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, n. 1, p. 1-22, 1971.
- _____. (Coord). *Folha Geológica de Curitiba*. Curitiba: Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná - CODEPAR, Comissão da Carta Geológica do Paraná [1965a]. 1 mapa: preto e branco; dimensões 55 x 50 cm., Escala 1:50.000.
- _____. (Coord). *Folha Geológica de Campo Largo*. Curitiba: Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná-CODEPAR, Comissão da Carta Geológica do Paraná [1965b]. 1 mapa: preto e branco; dimensões 55 x 50 cm., Escala 1:50.000.
- _____. (Coord). *Folha Geológica de Araucária*. Curitiba: Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná-CODEPAR, Comissão da Carta Geológica do Paraná [1966]. 1 mapa: preto e branco; dimensões 55 x 50 cm., Escala 1:50.000.
- _____. (Coord). *Folha Geológica de Piraquara*. Curitiba: Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná-CODEPAR, Comissão da Carta Geológica do Paraná [1967a]. 1 mapa: preto e branco; dimensões 55 x 50 cm., Escala 1:50.000.
- _____. (Coord). *Folha Geológica de São José dos Pinhais*. Curitiba: Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná-CODEPAR, Comissão da Carta Geológica do Paraná [1967b]. 1 mapa: preto e branco; dimensões 55 x 50 cm., Escala 1:50.000.
- _____.; SALAMUNI, R. Considerações sobre o paleoclima da Bacia de Curitiba. *Boletim do Instituto de História Natural da Universidade Federal do Paraná*, Curitiba, n. 1, p. 1-10, 1958a.
- _____.; _____. Notas sobre o significado paleoclimático da Bacia de Curitiba. *Notícias Geomorfológicas*, Campinas, n. 1, v. 1, p. 14-17, 1958b.
- _____.; _____. Sinopse da geologia do Estado do Paraná. *Boletim do Instituto Histórico Geográfico e Etnográfico Paranaense*, Curitiba, n. 7, p. 5-21, 1958c.
- _____.; _____. Notas complementares à planta geológica da cidade de Curitiba e arredores. *Boletim do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas*, Curitiba, n. 40, p. 1-14, 1959.
- _____.; _____. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. *Boletim da Universidade Federal do Paraná*, Curitiba, n. 7, p. 1-164, 1962.
- _____.; _____.; AB'SABER, A.N. Origem e ambiente de deposição da Bacia de Curitiba. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, n. 415, p. 71-81, 1961.
- _____.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X da. Pediplanos pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, n. 16/17, p. 117-151, 1965.
- BREDDING, H. Die grundrisskarten kartenwerkes der wasserwirtschaftsverwaltung von Nordhein-Westphalen. *Geologische Mitteilungen*, Aachen, v.2, p. 393-416, 1963.
- CANALI, N.E.; MURATORI, A.M. Síntese da evolução geomorfológica da Bacia sedimentar de Curitiba. In: ATAS DO 3º SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA -(Curitiba:1981). *Atas*. Curitiba: SBG, Sociedade Brasileira de Geologia, 1981, v.1, p. 363-371.
- CARVALHO, P.F. Geologia do Município de Curitiba. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, DNPM, Rio de Janeiro, nº 82, p. 1-37, 1936.
- CARVER, R.E. *Procedures in sedimentary petrology*, 1. ed, New York: Wiley Interscience, 1971.
- CETESB. *Água subterrânea e poços tubulares*. São Paulo: Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas, 1974.
- COIMBRA, A.M.; RICCOMINI, C. Considerações paleoambientais sobre as ocorrências de caliche nas Bacias de Curitiba (PR), Taubaté (SP) e Resende (RJ). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.4, n. 13, p. 119-126, 1985.
- COUTINHO, J.M.V. Lantanita de Curitiba, PR. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade Estadual de São Paulo*, São Paulo, n. 13, p. 119-126, 1955.
- _____.; ATENCIO, D.; COIMBRA, A.M. Lanthanite (Nd) from Santa Isabel, State of São Paulo: Second Brazilian and world occurrence. *Journal of Mineralogical Association of Canada*, Ottawa, v.27, n. 1, 1989.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solos*. Ed. Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1979.
- FERRIS, J.G. Ground water hydraulics as a geophysical aid. State of Michigan *Technical Report*, Lansing, n. 1, 1948.
- FOLK, R.L. *Petrology of sedimentary rocks*, 154p. 1961.
- _____.; WARD, W.C. Brazos river bar. A study in the significance of grain size parameter. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.37, p. 514-529, 1957.
- FUCK, R.A. Nota explicativa de folha geológica de Quero-Quero. *Boletim da Universidade Federal do Paraná*, Curitiba, n. 19, p. 1-21, 1966.
- _____. Mapa Geológico preliminar do litoral, da Serra do Mar e parte do primeiro planalto no Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, n. 27, p.123-157, 1969.
- FUJIMORI, K. "Lantanita" de Curitiba, novo mineral de Lantânio. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.1, n. 53, p. 147-152.
- GIANNINI, P.C.F. *Sistemas deposicionais do Quaternário costeiro entre Juagaruna e Imbituba, SC*. Tese de doutoramento. Instituto de Geociências da USP. 2 vol., 439 p. 1993.
- GIRAO NERY, G. *Perfilagem geofísica de poços*. Relatório interno da PETROBRÁS-CENOR. Salvador-BA, 1983.
- _____. *Geofísica em poço tubular para água*. HYDROLOG, Salvador, 57p. 1994.
- _____.; ROSA FILHO, E.F da. Hidrogeofísica do poço da Fazenda Canguiri - PR. In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. (1994: Recife). *Anais*. Recife: ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. 1994, v.1, p.363-371.
- HAZEN, A. Some physical properties of sands and gravels with special reference to their use in filtration - Annual rep. of health Mass. Boston. n. 24, p. 541-556, 1892.
- JACOB, C.E. Recovery method for determining the coefficient of transmissibility. *U.S. Geological Survey*. Water Supply Paper 15361, Washington, 963.
- LEVORSEN, A.I. *Geology of Petroleum*. W.H.Freeman and Co. San Francisco. 1954.
- LOPES, J.A.V. Nota explicativa da folha geológica de Curitiba. *Boletim da Universidade Federal do Paraná*, Curitiba, n. 20, p. 1-20, 1966.
- MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, n. 2, p. 142-158, 1947.
- MAILLET, E. *Mecanique et physique du Globe; Essai d'hydraulique souterraine fluviale*. 1. ed, Paris: A. Hermann, 1905.
- MARINI, O.J. Geologia da folha de Araucária. *Boletim da Universidade Federal do Paraná*, Curitiba, n. 24, p. 1-22, 1967.
- MÉTODOS PARA QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM MEIOS POROSOS. Curso de extensão universitária - UFPR, Curitiba, 75p. 1992.
- MOUSINHO, M.R.; BIGARELLA, J.J. Movimento de massa no transporte dos detritos da meteorização das rochas. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, n. 16/17, p. 43-84, 1965.
- MURATORI, A. Nota explicativa da folha de Campo Largo. *Boletim da Universidade Federal do Paraná*, Curitiba, n. 21, p. 1-31, 1966.
- MURATORI, A.M.; GIUST, D.A.; CANALI, N.E. Interpretação gravimétrica preliminar da configuração topográfica do Embasamento Cristalino no Município de Curitiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA (32.: 1982: Salvador). *Anais*. Salvador: SBG. Sociedade Brasileira de Geologia, 1982, v.4, p. 1576-1580.
- OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O.H. *Geologia do Brasil*. 2. ed, Rio Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1933.
- OLIVEIRA, A.I. Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná. *Indústria e Comércio*, Rio de Janeiro, n. 6, p. 98-99.
- PETRI, S.; FÚLFARO, V.J. Neocenozóico. In: *Geologia do Brasil*. 1. ed, São Paulo. EDUSP, 1983. p.432-470.
- PETTIJOHN, F.J. *Sedimentary rocks*. 2. ed. New York: Harper and Brothers, 1957.
- PIPER, A.M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *Trans. Amer. Geophys. Union*, n. 25, p. 914-923, 1944.
- RICCOMINI, C.; COIMBRA, A.M. São Paulo and Curitiba Basins. In: 7th GONDWANA SYMPOSIUM. (1988: São Paulo). *Anais*. São Paulo. 1988.
- ROSA FILHO, E.F da. *Balanço hídrico da Bacia do Iraí*. 1994 (Inédito).
- SALAMUNI, R. 1981. Geologia das águas subterrâneas na região metropolitana de Curitiba. In: 3º SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA. (1981: Curitiba). *Atas*. Curitiba, SBG. Sociedade Brasileira de Geologia, 1981, v.1, p. 372-389.
- SANEPAR. *Relatório sobre o aproveitamento do aquífero cárstico a norte de Curitiba 1992*. Curitiba, 1992.
- SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. 1. ed. São Paulo: E. Bluecher, 1973.
- SVISERO, D.P.; MASCARENHAS, Y. Dados químicos e cristalográficos da "lantanita" de Curitiba - PR. In: 3º SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA. (1981: Curitiba). *Atas*. Curitiba, SBG. Sociedade Brasileira de Geologia, 1981, v.1, p. 295-304.
- THEIS, C.V. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground water storage. *Trans. Am. Geophysical Union*, v. 4, p.519-524. 1935.

- TREIN, E.(Coord). *Folha Geológica de Tijucas do Sul*. Curitiba: Banco de desenvolvimento do Paraná S/A Comissão da Carta Geológica do Paraná [1969]. 1 mapa: preto e branco; dimensões 55 x 50 cm. Escala 1:70.000.
- UDLUFT, P. 1982. bilmen - Bilanzmenü zur Berechnung der grundwasserneubildung mit verschiedenen methoden. Vers. 3.1 - unverö. Computerprogramm. Universität Würzburg; Würzburg Deutschland.
- WENTWORTH, C.K. A scale of grade and terms for elastic sediments. *Journal of Geology*, n. 30, p.377-392, 1922.

Problemas Na Terminologia De Ambientes E Subambientes Litorâneos Clásticos Dominados Por Ondas

*Problems for clastic coastal environments
terminology and sub-environments
dominated by waves*

*Rodolfo José Angulo**

RESUMO

Quando se trata de definir os ambientes e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas, um dos problemas encontrados refere-se à terminologia utilizada para designá-los. Na bibliografia observam-se discrepâncias que refletem divergências e imprecisões conceituais. Após análise dos dados apresentados por diversos autores foi composto um perfil hipotético de ambiente litorâneo com os termos em inglês, posteriormente traduzidos, considerando propostas brasileiras. No trabalho são discutidas as denominações dos subambientes, suas definições e limites, com o objetivo de contribuir para melhor compreensão deste ambiente.

ABSTRACT

When defining the sedimentation environments and sub-environments of the clastic shore deposits in wave action dominated environments, one problem is the terminology employed to name them. In the bibliography, it can be observed that there are discrepancies which reflect conceptual divergences and imprecise concepts. They exist in the foreign language literature, and sometimes, they are even more significant when the terms are translated into Portuguese. The names take into account morphologic, location or geographic, compositional and dynamic aspects, referring to agents and processes acting in each sub-environment. This multiplicity of factors implies a certain complexity in the definition of sub-environments and their limits. It can also be observed that there is some asymmetry in relation to details and criteria used to define and to limit the sub-environments with sub aerial exposition and the ones permanently submerged. From the data presented by various authors, a hypothetical profile of the shore environment was devised, in English (figure 1), whose terms were later translated taking the Brazilian propositions into account (figure 2). In the definition, delimitation and characterization of environments and sub-environments, aspects referring to variations relative to the sea level at short periods of time originated by tides and storms; processes originated by waves; morphology and sedimentologic characteristics were taken into consideration.

INTRODUÇÃO

Quando se trata de definir os ambientes e subambientes de sedimentação dos depósitos litorâneos clásticos em meios dominados pela ação das ondas, um dos problemas encontrados refere-se à terminologia utilizada para designá-los. Na bibliografia, observam-se discrepâncias que refletem divergências

*Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná. Pesquisador do CNPq.