

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 12/04/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

Marcia Regina Stradioto

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA, ISOTÓPICA E
DIAGENÉTICA DO SISTEMA AQUÍFERO BAURU NO ESTADO DE
SÃO PAULO**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador

Prof. Dr. Chang Hung Kiang

RIO CLARO – SP

2016

551.49 Stradioto, Marcia Regina
S895c Caracterização hidrogeoquímica, isotópica e diagenética
do Sistema Aquífero Bauru no estado de São Paulo / Marcia
Regina Stradioto. - Rio Claro, 2016
279 f. : il., figs., gráfs., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Chang Hung Kiang

1. Águas subterrâneas. 2. Hidroquímica. 3. Isótopos
ambientais. 4. Diagênese. I. Título.

Marcia Regina Stradioto

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DO
SISTEMA AQUÍFERO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Chang Hung Kiang - orientador

Prof. Dr. Alexandre Campana Vidal

Prof. Dr. Osmar Sinelli

Prof. Dr. Didier Gastmans

Prof. Dr. Konrad Ziemowit Miotlinski

Aprovada pela comissão examinadora em Rio Claro/SP em 12 de abril de 2016.

*Dedico este trabalho à minha eterna
dupla Marcelo e a minha mãe
Valdeci pelo amor e carinho.*

*“Tudo aquilo que o homem ignora, não existe para ele. Por isso o universo de cada um, se
resume no tamanho de seu saber.” (Albert Einstein)*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida

Ao meu orientador professor Chang Hung Kiang pela orientação, apoio e oportunidade.

Ao Marcelo Serroni Persike pelo amor, paciência, companheirismo e apoio sempre.

À minha mãe pelo amor incondicional, aos meus irmãos e toda família pelo apoio.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo auxílio concedido para realização deste estudo (Projeto FAPESP nº 2011/23785-8).

À Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo-SABESP, Prefeituras Municipais e proprietários particulares de poços pela autorização e colaboração durante as amostragens, em especial à SABESP dos municípios de Nova Granada, Quintana e Presidente Epitácio.

À professora Maria Rita Caetano Chang pelas correções.

Ao laboratório de Estudo de Bacias (LEBAC) pelo apoio.

Ao Francisco Manuel Garcia Barrera e Diego Garcia pela colaboração imprescindível nos trabalhos de campos e principalmente nas amostragens.

Ao Roger Dias Gonçalves, Nathasia Arruda e Juliana Monteiro pelo auxílio nas descrições das laminais petrográficas.

Ao laboratório de Isótopos Estáveis (DGA – IGCE – UNESP), em especial ao químico Emílio Carlos Bassinello Hespanhol pelas análises.

Aos laboratórios de Hidrogeologia e Hidrogeoquímica do DGA – IGCE – UNESP e do Centro de Estudos Ambientais (CEA – UNESP), em especial à química Mirtis I. A. Malagutti.

Ao Antônio Teruyoshi Yabuki do Laboratório de Microscopia Eletrônica do IB-UNESP, pela colaboração no preparado das amostras para o MEV.

Ao laboratório de isótopos estáveis do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA – USP) pelas análises de ¹³C.

Ao Filipe Alem Hildebrando pela colaboração no preparo das amostras de água para análises de ¹³C.

Ao laboratório de difração de Raios X do Departamento de Petrologia e Metalogenia do IGCE – UNESP pelos ensaios.

À Eliana Martins Pereira Alfaro pela colaboração nas interpretações de difração de Raios X

À pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente – IGCE – UNESP pela oportunidade.

Aos colegas dos laboratórios (LEBAC e RAIH), não citarei nomes para não esquecer alguém e ser injusta.

E finalmente, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O Sistema Aquífero Bauru – SAB – representa uma das principais fontes de exploração de água subterrânea do interior paulista; abastece aproximadamente 70% de seus municípios, sendo alguns supridos exclusivamente por suas águas. Dada a crescente demanda pelo uso de águas subterrâneas, o presente trabalho teve como objetivo principal a caracterização hidroquímica e isotópica das unidades aquíferas do SAB no estado de São Paulo. As águas do SAB são jovens; a maioria das datações obtidas por radiocarbono não ultrapassaram 5000 anos; verifica-se, ainda, que as maiores idades estão relacionadas a maiores profundidades. Essas águas são predominantemente bicarbonatadas cálcicas e, na região sudoeste, bicarbonatadas sódicas. As águas das unidades aquíferas do SAB são em geral pouco mineralizadas; as mais salinas se concentram no Aquífero Santo Anastácio. As análises isotópicas de ^{18}O e ^2H indicam que a maioria das águas tem composição isotópica próxima à da linha meteórica global, corroborando sua origem meteórica. A maioria dos arenitos do SAB foram classificados petrograficamente como subarcóseos. Como resultado da interação rocha-fluido foram identificados dissolução dos minerais detríticos, notadamente feldspatos e piroxênio, e neoformação de argilominerais, oxi-hidróxido de ferro, calcita e analcima; localmente observou-se precipitação de quartzo, feldspato e óxido de titânio. Os resultados hidroquímicos e petrográficos permitiram delimitar três zonas hidrogeoquímicas – I, II, III – para o SAB, que se distinguem pela abundância relativa de sódio, cálcio e salinidade.

Palavras-chave: Sistema Aquífero Bauru, Águas Subterrâneas, Hidroquímica, Isótopos Ambientais, Diagênese.

ABSTRACT

The Bauru Aquifer System – SAB – represents one of the main sources of groundwater exploitation in the State of São Paulo, supplying approximately 70% of the cities, some of these being supplied exclusively by groundwater. Stimulated by increasing use of groundwater, the main objectives of the present study were focused on the hydrochemistry and isotopic characterization of aquifer units of the Bauru Aquifer System in the São Paulo state. SAB waters are young; the majority of radiocarbon dating furnishes ages younger than 5000 years. Ground waters are predominantly calcium bicarbonate and in the southwestern region sodium bicarbonate waters dominate. These waters show predominantly low mineralization, the more saline waters are found in the Santo Anastácio Aquifer. Isotopic analyses of ^{18}O e ^2H show that the majority of waters fall along the Global Meteoric Water Line, corroborating their meteoric origin. The majority of SAB sandstones were petrographically classified as subarkose. As the result of rock-fluid interaction, there were identified detrital mineral dissolution, notably feldspar and pyroxene, and formation of clay minerals, iron oxi-hydroxide, calcite and analcime; locally precipitation of quartz, feldspar and titanium oxide have been observed. Hydrochemical and petrographical results allowed delimitation of three hydrogeochemical zones – I, II, III – for the SAB, which are distinguished by the relative abundance of sodium, calcium and salinity.

Keyword: Bauru Aquifer System, Groundwater, Hydrochemistry, Environmental Isotopes, Diagenesis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.....	20
Figura 2 – Mapa geológico do Grupo Bauru, com detalhe para sua distribuição no estado de São Paulo (modificado de CPRM, 2006).....	22
Figura 3 – Unidades estratigráficas do Grupo Bauru no estado de São Paulo (PAULA E SILVA, 2003; Paula e Silva et al., 2005).....	23
Figura 4 – Localização dos aquíferos na área de estudo (Limites das unidades aquíferas extraídas de DAEE, 2011).....	35
Figura 5 – Intervalos de valores de $\delta^{13}\text{C}$ em compostos naturais (Fonte: CLARK e FRITZ, 1997).....	41
Figura 6 – Localização da área de amostragem desta pesquisa e das áreas amostradas nos trabalhos de Barison (2003) e Stradioto (2007).....	45
Figura 7 – Localização dos poços amostrados nesta pesquisa e dos poços com dados físico-químicos de Barison (2003) e Stradioto (2007) utilizados no presente estudo.....	47
Figura 8 – Perfil geológico e construtivo do poço P1 (92 m) perfurado no município de Nova Granada - SP, para amostragens de rocha e água.	51
Figura 9 – Testemunhos de sondagem extraídos do poço P1 perfurado no município de Nova Granada - SP.....	52
Figura 10 – Localização dos poços selecionados e amostrados nesta pesquisa para análises isotópicas de ^{18}O , ^2H , ^{13}C e ^{14}C	54
Figura 11 – Histogramas do balanço iônico obtido para amostras das águas coletadas nesta pesquisa, por Barison (2003) e Stradioto (2007).	64
Figura 12 – Balanço iônico versus condutividade elétrica das amostras de água coletadas nesta pesquisa, por Barison (2003) e Stradioto (2007).....	65
Figura 13 – Valores de alcalinidade (HCO_3^-) obtidos em laboratório versus valores de alcalinidade (HCO_3^-) obtidos em campo.	66
Figura 14 – (A) pH das águas coletadas nos poços P1, P2, P3 P4 e P5; (B) – Condutividade elétrica das amostras coletadas nesses mesmos poços.....	67
Figura 15 – Concentrações de alcalinidade (CO_3 , HCO_3^- e OH^-) nas amostras de água coletadas nos poços P1, P2, P3 P4 e P5.....	68
Figura 16 – Concentrações de cálcio e sódio nas amostras de água coletadas nos poços P1, P2, P3 P4 e P5.....	68
Figura 17 – Histogramas de pH das amostras de água coletadas nos poços selecionados para esta pesquisa e dos poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	72
Figura 18 – Medianas de pH das amostras de água coletadas nos poços selecionados para esta pesquisa e dos poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	73

Figura 19 – Histogramas condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos poços selecionados para esta pesquisa e dos poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	74
Figura 20 – Medianas de condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos poços selecionados para esta pesquisa e dos poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	75
Figura 21 – Medianas dos principais ânions nas amostras de água coletadas nos poços selecionados para esta pesquisa e dos poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	75
Figura 22 – Medianas dos principais cátions e sílica nas amostras de água coletadas nos poços selecionados para esta pesquisa e dos poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	76
Figura 23 – Localização das amostras de água dos aquíferos Adamantina/porção norte e Santo Anastácio/porções noroeste e sudoeste.	85
Figura 24 – Distribuição dos grupos hidroquímicos identificados pela análise de agrupamentos das amostras de água coletadas nos poços selecionados para esta pesquisa e dos poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007)	90
Figura 25 – Diagrama de Piper das amostras de água do Aquífero Marília coletadas nesta pesquisa e de poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	95
Figura 26 – Diagrama de Piper das amostras de água do Aquífero Adamantina coletadas nesta pesquisa e de poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	95
Figura 27 – Diagrama de Piper das amostras de água do Aquífero Santo Anastácio coletadas nesta pesquisa e de poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	96
Figura 28 – Diagrama de Piper das amostras de água do Aquífero Caiuá coletadas nesta pesquisa e de poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	96
Figura 29 – Diagrama de Piper das amostras de água mistas do SAB coletadas nesta pesquisa e de poços amostrados pelos autores Barison (2003) e Stradioto (2007).	97
Figura 30 – Distribuição dos tipos hidroquímicos das águas das diferentes unidades aquíferas do SAB, no estado de São Paulo.	99
Figura 31 – Distribuição dos Diagramas de Stiff das águas das diferentes unidades aquíferas do SAB no estado de São Paulo.	100
Figura 32 – Mapa de isovalores de Condutividade Elétrica das águas do SAB no estado de São Paulo.	104
Figura 33 – Mapa de isovalores de pH das águas do SAB no estado de São Paulo.	105
Figura 34 – Mapa de isovalores de Alcalinidade (HCO_3) das águas do SAB no estado de São Paulo.	106
Figura 35 – Mapa de isovalores de sódio (Na) das águas do SAB no estado de São Paulo.	107
Figura 36 – Mapa de isovalores de cálcio (Ca) das águas do SAB no estado de São Paulo.	108
Figura 37 – Mapa de isovalores de cloreto (Cl) das águas do SAB no estado de São Paulo.	109

Figura 38 – Mapa de isovalores de nitrato (NO ₃) das águas do SAB no estado de São Paulo.	110
Figura 39 – Mapa de isovalores de sulfato (SO ₄) das águas do SAB no estado de São Paulo.....	111
Figura 40 – Mapa de isovalores de SiO ₂ das águas do SAB no estado de São Paulo.	112
Figura 41 – Mapa de isovalores de Bário (Ba) das águas do SAB no estado de São Paulo.	113
Figura 42 – Mapa de isovalores de Condutividade Elétrica (CE) para os aquíferos Marília, Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá estado de São Paulo.	118
Figura 43 – Mapa de isovalores pH (pH) para os aquíferos Marília, Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá no estado de São Paulo.	119
Figura 44 – Mapa de isovalores de Alcalinidade (HCO ₃) para os aquíferos Marília, Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá no estado de São Paulo.....	120
Figura 45 – Mapa de isovalores de Cálcio (Ca) para os aquíferos Marília, Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá no estado de São Paulo.....	121
Figura 46 – Mapa de isovalores de Sódio (Na) para os aquíferos Marília, Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá no estado de São Paulo.....	122
Figura 47 – Razões rMg ²⁺ /rCa ²⁺ para águas das diferentes unidades aquíferas do SAB no estado de São Paulo.....	124
Figura 48 – Razões rK ⁺ /rNa ⁺ para águas das diferentes unidades aquíferas do SAB no estado de São Paulo.....	126
Figura 49 – Razões rNa ⁺ /rCa ²⁺ para águas das diferentes unidades aquíferas do SAB no estado de São Paulo.....	126
Figura 50 – Razões rNa ⁺ /(rCa ²⁺ +rMg ²⁺) para águas das diferentes unidades aquíferas do SAB no estado de São Paulo.....	127
Figura 51 – Razões rCl ⁻ /rHCO ₃ ⁻ para águas das diferentes unidades aquíferas do SAB no estado de São Paulo.....	128
Figura 52 – Índices de Troca de Bases águas das diferentes unidades aquíferas do SAB no estado de São Paulo.....	129
Figura 53 – Composição dos arenitos da Formação Caiuá – Poços P3 e P5, segundo Critério de Folk (1968).	131
Figura 54 – Composição dos arenitos da Formação Santo Anastácio – Poços P1 e P5, segundo Critério de Folk (1968).....	132
Figura 55 – Composição dos arenitos da Formação Araçatuba – Poços P1 e P5, segundo Critério de Folk (1968).....	133
Figura 56 – Composição dos arenitos da Formação Adamantina – Poços P1 e P5, segundo Critério de Folk (1968).....	134
Figura 57 – Composição dos arenitos da Formação Marília – Poço P4, segundo Critério de Folk (1968).	135

Figura 58 – Fotomicrografias de feldspatos em arenitos do Grupo Bauru (F = Feldspato; nicóis cruzados).....	136
Figura 59 – Fotomicrografias obtidas ao MEV, mostrando grãos de feldspatos em arenitos do poço P1. A) Prof. 44,4 m; B) Prof. 60,1 m.	137
Figura 60 – Fotomicrografias de fragmentos líticos em arenitos do Grupo Bauru (Frag = Fragmento lítico).....	138
Figura 61 – Fotomicrografias de minerais acessórios em arenitos do Grupo Bauru (Ag = Augita; M = Mica; nicóis cruzados).....	139
Figura 62 – Fotomicrografias obtidas ao MEV, mostrando argilominerais. A) Esmectitas na Formação Marília (P4, prof. 126,7 m); B) Caulinitas na Formação Caiuá (P3, prof. 27,9 m).....	141
Figura 63 – Quantidade de matriz versus profundidade das amostras dos poços P1, P3, P4 e P5.....	142
Figura 64 – Profundidade versus porosidade dos poços P1, P3, P4 e P5, com fotomicrografias de microscopia óptica mostrando porosidade e cimentação em arenitos do Grupo Bauru. (A) P5-02 (prof. 27,3 m); (B) P1-GR26 (prof. 52,0 m); (C) P1-GR31 (prof. 62,1 m); (D) P1-GR17 (prof. 32,8 m); (E) P1-GR28 (prof. 53,5 m); (F) P3-PE04 (prof. 101,9 m); (G) P3-PE05 (prof. 98,6 m); (H) P5-40 (prof. 125,7 m); (I) P4-QT10 (prof. 122,4 m); (J) P4-QT01 (prof. 141,9 m); (K) P5-68 (prof. 190,0 m). Espaços intergrãos em azul = porosidade. Cor do círculo envoltório da fotomicrografia identifica unidade aquífera.	146
Figura 65 – Fotomicrografias de microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostrando preenchimento de poros por argilas.	147
Figura 66 – Fotomicrografia de MEV mostrando porosidade móldica (Poço P3 – Formação Caiuá – prof. 27,9 m).....	148
Figura 67 – Fotomicrografias mostrando coatings de argila (indicados por setas vermelhas) envolvendo os grãos do arcabouço (nicóis descruzados).....	151
Figura 68 – Fotomicrografia obtida ao MEV, mostrando coatings de argila envolvendo grãos do arcabouço (Formação Caiuá – poço P3, prof. 27,9 m).....	152
Figura 69 – Fotomicrografias mostrando dissolução de feldspatos (DF) e fragmentos líticos (DL) (nicóis descruzados).....	154
Figura 70 – Fotomicrografias obtidas ao MEV, mostrando dissolução de minerais (AUG = augita; ALB = albita).....	155
Figura 71 – Fotomicrografias mostrando cimentação ferruginosa (CF = cimentação ferruginosa; nc = nicóis cruzados; nd = nicóis descruzados).....	157
Figura 72 – Fotomicrografias mostrando contatos pontuais e planares entre grãos. Notar ocorrência de minerais alinhados, porém sem evidência de deformação (compactação) - Formação Adamantina – amostra – P1 – prof. 32,8 m (nicóis cruzados).....	158
Figura 73 – Fotomicrografias mostrando cimentação por calcita (CA) (nicóis cruzados).....	160
Figura 74 – Fotomicrografias obtidas ao MEV, mostrando cimentação por calcita (CA = calcita).....	161
Figura 75 – Fotomicrografias mostrando crescimento secundário de quartzo (indicado por setas) (nd =nicóis descruzados; nc =nicóis cruzados).....	162

Figura 76 – Fotomicrografia obtida ao MEV, mostrando crescimento secundário de quartzo (QZ) – Formação Caiuá – P5 – prof. 230,5 m.....	163
Figura 77 – Fotomicrografias obtidas ao MEV, mostrando sílica microcristalina (Si) em arenitos da Formação Adamantina. A) Poço P1 – prof. 17,0 m; B) Poço P1 – prof. 18,0 m.	164
Figura 78 – Fotomicrografias obtidas ao MEV, mostrando cimento de TIO ₂ em arenito da Formação Adamantina (P1 – prof. 20,2 m).....	166
Figura 79 – Fotomicrografia obtida ao MEV, mostrando dissolução de augita em arenito da Formação Adamantina (Poço P1 – prof. 20,2 m). (Aug = augita).	167
Figura 80 – Fotomicrografia mostrando augitas (A) em arenito da Formação Adamantina (Poço P1 – prof. 20,2 m) (nicóis descruzados).	167
Figura 81 – Fotomicrografias obtidas ao MEV, mostrando cimento de feldspato potássico (FK).	170
Figura 82 – Fotomicrografia obtidas ao MEV, mostrando paligorsquita em arenito da Formação Adamantina (Poço P1 – prof. 17,8 m).....	172
Figura 83 – Fotomicrografias obtidas ao MEV, mostrando cimento de zeólitas (Analcima) em arenitos do Grupo Bauru. Notar dissolução dos cristais de analcima na fotomicrografia D (An = Analcima; Cal = Calcita).	174
Figura 84 – Mapa de espessuras da Formação Araçatuba com a localização dos poços P1 e P5 (Fonte: modificado de Paula e Silva, 2003).	175
Figura 85 – Seção esquemática com a posição dos poços P1 e P5.	175
Figura 86 – Índice de saturação de calcita vs. condutividade elétrica em águas do SAB. Misto incorpora águas de mais de uma unidade aquífera. Poços: P1 (Formação Santo Anastácio), P2 (Formação Adamantina); P3 (Formação Caiuá); P4 (Formação Marília); P5 (SAB Misto).	180
Figura 87 – Índice de saturação de calcita vs. pH em águas do SAB. Misto incorpora águas de mais de uma unidade aquífera. Poços: P1 (Formação Santo Anastácio), P2 (Formação Adamantina); P3 (Formação Caiuá); P4 (Formação Marília); P5 (SAB Misto).	180
Figura 88 – Mapa de profundidades dos poços amostrados na área de pesquisa e distribuição dos Índices de Saturação de calcita.	181
Figura 89 – Fotomicrografias mostrando cimentação carbonática (Cim.Carb.) em arenitos dos poços P1, P3 e P4 (nicóis cruzados).	181
Figura 90 – Fotomicrografias de microscopia eletrônica de varredura mostrando cimento de calcita (cal). A) P1 – Formação Adamantina – prof. 4 m; B) P4 – Formação Marília – prof. 108,8 m.	182
Figura 91 – Índice de saturação de dolomita vs. Índice de saturação de calcita em águas do SAB. Notar que a amostra do poço P1 está supersaturada em relação à calcita, porém insaturada em relação à dolomita, mas próxima da saturação. Misto incorpora águas de mais de uma unidade aquífera. Poços: P1 (Formação Santo Anastácio), P2 (Formação Adamantina); P3 (Formação Caiuá); P4 (Formação Marília); P5 (SAB Misto).	183
Figura 92 – Índice de saturação em sílica vs. condutividade elétrica em águas do SAB. Misto incorpora águas de mais uma unidade aquífera. Poços: P1 (Formação Santo Anastácio), P2 (Formação Adamantina); P3 (Formação Caiuá); P4 (Formação Marília); P5 (SAB Misto).	185

Figura 93 – Mapa de profundidades dos poços amostrados na área de pesquisa e distribuição dos Índices de Saturação em sílica.	185
Figura 94: Fotomicrografias de microscopia eletrônica de varredura mostrando argilominerais precipitados em arenitos: A) P4 – Formação Marília – prof. 145,9 m; B) P1 – Formação Araçatuba – prof. 52 m.	188
Figura 95 – Diagrama de estabilidade de $\log a (\text{Na}^+/\text{H}^+)$ versus $\log a (\text{H}_4\text{SiO}_4)$ para águas do Sistema Aquífero Bauru (P1 = Formação Santo Anastácio, P2 = Formação Adamantina; P3 = Formação Caiuá; P4 = Formação Marília; P5 = Águas mistas do SAB).	189
Figura 96 – Diagrama de estabilidade de $\log a (\text{Ca}^{2+}/(\text{H}^+)^2)$ versus $\log a (\text{H}_4\text{SiO}_4)$ para águas do Sistema Aquífero Bauru (P1 = Formação Santo Anastácio, P2 = Formação Adamantina; P3 = Formação Caiuá; P4 = Formação Marília; P5 = Águas mistas do SAB).	189
Figura 97 – Diagrama de estabilidade de $\log a (\text{K}^+/\text{H}^+)$ versus $\log a (\text{H}_4\text{SiO}_4)$ para águas do Sistema Aquífero Bauru (P1 = Formação Santo Anastácio, P2 = Formação Adamantina; P3 = Formação Caiuá; P4 = Formação Marília; P5 = Águas mistas do SAB).	190
Figura 98 – Relação entre $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ para as águas dos aquíferos Marília, Adamantina, Santo Anastácio, Caiuá e águas mistas do SAB.	192
Figura 99 – Histogramas de $\delta^{18}\text{O}$ para águas dos aquíferos Marília, Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá.	193
Figura 100 – Histogramas de $\delta^2\text{H}$ para as amostras de água dos aquíferos Marília, Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá.	193
Figura 101 – Distribuição de valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ em águas do SAB.	195
Figura 102 – Profundidade (m) versus ^{14}C (idade BP) das amostras de água coletadas nos poços selecionados para esta pesquisa.	200
Figura 103 – Distribuição de valores de ^{14}C em amostras de água coletadas nos poços selecionados para esta pesquisa.	200
Figura 104 – Localização das zonas geoquímicas para as águas do SAB no estado de São Paulo.	201

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Estatística básica dos resultados de parâmetros físico-químicos das águas do Sistema Aquífero Bauru – Aquíferos Marília, Adamantina, Santo Anastácio, Caiuá e águas mistas	71
Tabela 2 – Matriz de correlação (coeficiente de Pearson) para as amostras SAB	77
Tabela 3 – Matriz de correlação (coeficiente de Pearson) para as amostras do Aquífero Marília	78
Tabela 4 – Matriz de correlação (coeficiente de Pearson) para as amostras do Aquífero Adamantina	78
Tabela 5 – Matriz de correlação (coeficiente de Pearson) para as amostras do Aquífero Santo Anastácio	79
Tabela 6 – Matriz de correlação (coeficiente de Pearson) para as amostras do Aquífero Caiuá.....	79
Tabela 7 – Matriz de correlação (coeficiente de Pearson) para as amostras Mistas (SAB)	80
Tabela 8 – Resultados de p-value para testes de normalidade pelo método de Kolmogorov-Smirnov em parâmetros físico-químicos de amostras provenientes das unidades do SAB.....	82
Tabela 9 – Análise comparativa (teste de Mann-Whitney) de parâmetros físico-químicos entre diferentes unidades aquíferas do SAB	84
Tabela 10 – Resultados de p-value para testes de normalidade pelo método de Kolmogorov-Smirnov em parâmetros físico-químicos de amostras provenientes dos aquíferos Adamantina/porção norte e Santo Anastácio/porções noroeste e sudoeste	86
Tabela 11 – Análise comparativa (teste de Mann-Whitney) de parâmetros físico-químicos entre os aquíferos Adamantina/porção norte e Santo Anastácio/porção noroeste e Aquífero Santo Anastácio/porções noroeste e sudoeste	87
Tabela 12 – Autovalores da Análise das Componentes Principais (ACP).....	91
Tabela 13 – Autovetores e contribuição das variáveis para parâmetros analisados na Análise das Componentes Principais (ACP).	92
Tabela 14 – Concentração média dos parâmetros químicos, em cada um dos grupos hidroquímicos..	93
Tabela 15 – Autovalores e peso das variáveis na constituição dos autovetores pela Análise Discriminante (AD).....	93
Tabela 16 - Resultados de p-value para testes de normalidade pelo método de Kolmogorov-Smirnov aplicados ao conteúdo mineralógico (Q, F, L) das unidades estudadas	143
Tabela 17 – Resultados de p-value para o teste de t de Student aplicado ao conteúdo mineralógico das formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá.....	144
Tabela 18 – Valores máximos, mínimos e médios de quartzo, feldspatos e líticos nas unidades estudadas	145
Tabela 19 – Fases diagenéticas identificadas nos arenitos extraídas dos poços P1, P2, P3, P4 e P5..	176
Tabela 20 – Valores máximos, mínimos e médios dos isótopos de $\delta^{18}\text{O}$ (‰ VSMOW) e $\delta^2\text{H}$ (‰ VSMOW) nos aquíferos estudados	192

Tabela 21 – Resultados de p-value para testes de normalidade pelo método de Kolmogorov-Smirnov aplicados aos dados isotópicos dos aquíferos estudados.....	196
Tabela 22 – Resultados de p-value para o teste de t de Student aplicado às médias dos valores isotópicos detectados nos aquíferos estudados.....	197
Tabela 23 – Resultados das análises de ^{14}C em amostras de água selecionadas nesta pesquisa	199
Tabela 24 – Principais reações químicas ocorridas no SAB na área de pesquisa	205

LISTA DE ANEXOS

Anexo I – Parâmetros físico-químicos das amostras de águas subterrâneas coletadas nesta pesquisa.	219
Anexo II – Parâmetros físico-químicos das amostras de águas subterrâneas coletadas por Barison (2003).....	229
Anexo III – Parâmetros físico-químicos das amostras de águas subterrâneas coletadas por Stradioto (2007).....	233
Anexo IV – Balanço iônico – poços amostrados nesta pesquisa	235
Anexo V – Análise de Agrupamentos (Cluster Analysis).....	240
Anexo VI – Razões iônicas – Poços amostrados nesta pesquisa, por Barison (2003) e Stradioto (2007) e dos poços perfurados (P1-P2-P3-P4-P5).	243
Anexo VII – Descrições das análises petrográficas dos arenitos do Grupo Bauru – Poços P1, P3, P4 e P5 (entre parênteses = frequência rara).	248
Anexo VIII – Minerais identificados nas análises por difração de raios-X (Poço P1).....	257
Anexo IX – Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ das amostras de águas subterrâneas dos poços amostrados e perfurados (P1, P2, P3, P4 e P5) nesta pesquisa.	278

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1 – OBJETIVOS	19
1.2 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA	19
2. GEOLOGIA DO GRUPO BAURU	21
2.1 – FORMAÇÃO CAIUÁ	24
2.2 – FORMAÇÃO PIRAPOZINHO	25
2.3 – FORMAÇÃO SANTO ANASTÁCIO	26
2.4 – FORMAÇÃO BIRIGUI	27
2.5 – FORMAÇÃO ARAÇATUBA	27
2.6 – FORMAÇÃO ADAMANTINA	28
2.7 – FORMAÇÃO MARÍLIA	29
3. SISTEMA AQUÍFERO BAURU	31
3.1 – HIDROGEOLOGIA	31
3.2 – HIDROGEOQUÍMICA	36
4. ISÓTOPOS AMBIENTAIS	38
4.1 – OXIGÊNIO 18 (¹⁸ O) E DEUTÉRIO (² H OU D)	38
4.2 – CARBONO 13 (¹³ C)	39
4.3 – CARBONO 14 (¹⁴ C)	41
5. MATERIAIS E MÉTODOS	44
5.1 – LEVANTAMENTOS DE DADOS	44
5.2 – PERFURAÇÃO DE POÇOS E EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS	48
5.3 – PROCEDIMENTOS E MEDIÇÕES EM CAMPO	52
5.3.1 – ALCALINIDADE EM CAMPO	55
5.4 – ANÁLISES QUÍMICAS	56
5.5 – ANÁLISES ISOTÓPICAS	57
5.5.1 – OXIGÊNIO 18(¹⁸ O) E DEUTÉRIO (² H OU D)	57
5.5.2 – CARBONO 13 (¹³ C) E CARBONO 14 (¹⁴ C)	58
5.6 – AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE ROCHAS	59
5.6.1 – MICROSCOPIA ÓPTICA	60
5.6.2 – MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	60
5.6.3 – DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X	61
5.7 – TRATAMENTOS DOS DADOS	62

6. HIDROQUÍMICA DO SISTEMA AQUÍFERO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO 63

6.1 – REPRESENTATIVIDADE DOS RESULTADOS OBTIDOS	63
6.2 – HIDROQUÍMICA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS DOS POÇOS P1, P2, P3, P4 E P5	66
6.3 – ANÁLISES ESTATÍSTICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DE PESQUISA.....	69
6.3.1 – ESTATÍSTICA BÁSICA DE DADOS AMOSTRAIS PROVENIENTES DOS RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS	69
6.3.2 – DISTRIBUIÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NAS UNIDADES AQUÍFERAS	81
6.3.3 –ANÁLISE COMPARATIVA DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS PROVENIENTES DAS DIFERENTES UNIDADES AQUÍFERAS	82
6.3.4 – ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA (ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS).....	88
6.3.5 – ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) E ANÁLISE DISCRIMINANTE (AD)	91
6.4 – HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	94
6.4.1 – CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DE PESQUISA	94
6.4.2 – MAPAS DE ZONEAMENTO HIDROQUÍMICO	101
6.4.2.1 – MAPAS DE ZONEAMENTO HIDROQUÍMICO DO SISTEMA AQUÍFERO BAURU.....	101
6.4.2.2 –MAPAS DE ZONEAMENTO HIDROQUÍMICO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS PARA OS AQUÍFEROS MARÍLIA, ADAMANTINA, SANTO ANASTÁCIO E CAIUÁ.....	114
6.4.3 – RAZÕES IÔNICAS.....	123

7. PETROGRAFIA DO ARCABOUÇO ROCHOSO DAS UNIDADES AQUÍFERAS DO SAB.....130

7.1 – COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA E TEXTURA DOS ARENITOS	130
7.1.1 – FORMAÇÃO CAIUÁ	130
7.1.2 – FORMAÇÃO SANTO ANASTÁCIO.....	131
7.1.3 – FORMAÇÃO ARAÇATUBA	132
7.1.4 – FORMAÇÃO ADAMANTINA	133
7.1.5 – FORMAÇÃO MARÍLIA.....	134
7.1.6 – CONSTITUIÇÃO MINERALÓGICA PRINCIPAL DOS ARENITOS	135
7.2 – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS UNIDADES DO GRUPO BAURU COM BASE NA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA (QUARTZO, FELDSPATO E LÍTICO).....	143
7.3 – POROSIDADE DOS ARENITOS	145
7.4 – CARACTERIZAÇÃO DIAGENÉTICA DOS ARENITOS DO GRUPO BAURU	149
7.4.1 – PROCESSOS DIAGENÉTICOS.....	149
7.4.1.1 – INFILTRAÇÃO MECÂNICA DE ARGILAS.....	150
7.4.1.2– DISSOLUÇÃO DE ALUMINOSSILICATOS, MINERAIS PESADOS, FRAGMENTOS LÍTICOS E GERAÇÃO DE POROSIDADE SECUNDÁRIA	152
7.4.1.3 – PRECIPITAÇÃO DE CIMENTO FERRUGINOSO.....	156
7.4.1.4 – COMPACTAÇÃO MECÂNICA	157
7.4.1.5 – PRECIPITAÇÃO DE CALCITA.....	158

7.4.1.6 – CRESCIMENTO SECUNDÁRIO DE QUARTZO (OVERGROWTH).....	162
7.4.1.7 – PRECIPITAÇÃO DE ÓXIDO DE TITÂNIO.....	165
7.4.1.8 – PRECIPITAÇÃO DE FELDSPATOS.....	168
7.4.1.9 – ARGILOMINERAIS AUTIGÊNICOS.....	171
7.4.1.10 – ZEÓLITAS.....	172
7.4.2 – SEQUÊNCIA DIAGENÉTICA.....	176
8. INTERAÇÃO ROCHA-FLUIDO.....	177
8.1 – EQUILÍBRIO EM CARBONATOS.....	178
8.2 – EQUILÍBRIO EM SÍLICA.....	184
8.3 – ARGILOMINERAIS.....	186
9. ISÓTOPOS AMBIENTAIS EM ÁGUAS DO SISTEMA AQUÍFERO BAURU.....	191
9.1 – ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE OXIGÊNIO 18 ($\delta^{18}\text{O}$) E DEUTÉRIO ($\delta^2\text{H}$) EM ÁGUAS DO SAB.....	191
9.2 –ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS AQUÍFEROS DO SAB COM BASE EM DADOS ISOTÓPICOS (^{18}O E ^2H).....	196
9.3 – ISÓTOPO RADIOATIVO DE CARBONO 14 (^{14}C) EM ÁGUAS DO SAB.....	198
10. MODELO HIDROGEQUÍMICO CONCEITUAL DO SISTEMA AQUIFERO BAURU	201
11. CONCLUSÃO.....	206
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	208

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Bauru (SAB), composto pelos aquíferos Marília, Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá, representa uma das principais fontes de exploração de águas subterrâneas no estado de São Paulo. Distribui-se por cinco estados brasileiros, abrangendo uma área de aproximadamente 370 000 km², dos quais aproximadamente 31,6% no interior paulista.

As águas do Sistema Aquífero Bauru são pouco mineralizadas, com predomínio das bicarbonatadas que se dividem entre cálcicas e sódicas. Devido ser predominantemente livre, o SAB é muito susceptível a contaminações, e uma das principais preocupações é a possibilidade de contaminação antrópica.

Devido a sua importância, o SAB tem sido alvo de diversos trabalhos de pesquisa; contudo, as investigações hidroquímicas realizadas envolveram, em sua maioria, o estudo conjunto de todas suas unidades, sem o enfoque individualizado das diferentes unidades aquíferas que compõem esse sistema.

Dado o interesse crescente no conhecimento e utilização de águas subterrâneas, e sendo o SAB um dos sistemas aquíferos mais utilizados no estado de São Paulo, em grande parte devido à facilidade de exploração, a presente pesquisa buscou aprimorar o conhecimento hidrogeoquímico das diferentes unidades do sistema. Este estudo envolveu a caracterização química e isotópica das águas subterrâneas do SAB e o estudo petrográfico e diagenético de suas diferentes unidades aquíferas.

Para essa finalidade, foram realizadas amostragens de águas subterrâneas em 345 poços na área de ocorrência do SAB no estado de São Paulo; além disso, foram utilizados os dados hidroquímicos de Barison (2003) e Stradioto (2007). Para os estudos petrográficos e diagenéticos foram extraídos testemunhos de sondagens de três poços perfurados nos municípios de Nova Granada, Presidente Epitácio e Quintana, reunindo amostras das diferentes unidades do Grupo Bauru (Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília); foram também utilizadas amostras coletadas de poço perfurado em 2005, no município de Pirapozinho. Em todos esses poços foram coletadas amostras de água para o estudo hidrogeoquímico.

11. CONCLUSÃO

Os aquíferos Marília e Adamantina possuem águas predominantemente bicarbonatadas cálcicas (mais de 70% de suas amostras), enquanto que para os aquíferos Santo Anastácio e Caiuá, embora também predominem as águas bicarbonatadas cálcicas, encontra-se uma quantidade relativamente maior de águas bicarbonatadas sódicas, particularmente na região sudoeste paulista.

Métodos estatísticos de comparação mostraram que os aquíferos Marília e Adamantina são estaticamente iguais, fato que pode estar relacionado à proximidade estratigráfica dessas unidades. O Aquífero Santo Anastácio mostra características estaticamente iguais às de poços que captam águas mistas do SAB, resultado explicado pela quantidade maior de seções filtrantes, nesses poços, no Aquífero Santo Anastácio. Entre as demais unidades aquíferas do SAB, os resultados não indicam proximidade estatística, o que pode estar relacionado às diferenças do conteúdo mineralógico do arcabouço rochoso dessas unidades aquíferas.

A análise de agrupamentos evidenciou a separação em três grupos, distinguidos basicamente por diferenças de salinidade; ainda, alguns contaminantes antrópicos, como o nitrato, interferem na separação desses agrupamentos.

A maioria das amostras são subsaturadas em relação à calcita, fato que se deve às condições da maioria das unidades do SAB, constituírem em sistemas abertos e com grande percolação de águas de chuva. Quanto à sílica, a maioria das amostras é supersaturada.

Os arenitos da Formação Marília são, em sua maioria, sublitarenitos e quartzarenitos, enquanto que os arenitos das formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá são geralmente subarcóseos, com maior quantidade de feldspato em relação às amostras do Aquífero Marília. Feldspatos, em processos de dissolução, são responsáveis, em grande parte das vezes, pela porosidade intragranular e pela precipitação de minerais autigênicos nos arenitos. Os minerais acessórios encontrados em maior quantidade são as augitas e micas, geralmente bastante alteradas. Os argilominerais são em maioria esmecticas, em menor quantidade aparecem também as caulinitas, geralmente em amostras de arenitos retiradas em pequena profundidade, e rara paligorsquita.

Os arenitos do Grupo Bauru foram submetidos a diagênese rasa e de baixa intensidade (eodiagênese). Algumas fases ocorreram em todas as unidades do SAB, como a

infiltração de argila; dissolução de silicatos, minerais pesados e geração de porosidade secundária; precipitação de cimento ferruginoso; cimentação por calcita, formação de argilominerais. Outras fases foram exclusivas de algumas unidades, como precipitação de óxido de titânio (Formação Adamantina), precipitação de feldspatos (Formação Santo Anastácio) e precipitação de analcimas (formações Caiuá, Pirapozinho e Santo Anastácio).

As águas do SAB mostraram em geral composição de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ próxima à da linha meteórica global (LMG), confirmando, assim, sua origem meteórica. As águas do Aquífero Caiuá são geralmente mais enriquecidas em isótopos ^{18}O e deutério que as dos demais aquíferos estudados, e essas diferenças podem estar associadas com os regimes de chuvas locais ou, ainda, com variações climáticas ocorridas ao tempo da recarga. Na análise estatística, esta diferença do Aquífero Caiuá em relação às outras unidades também foi confirmada.

As análises de carbono 14 indicam que as águas das diferentes unidades aquíferas do SAB são jovens. A maior idade observada foi de 23.483 anos, para amostra do Aquífero Marília; no entanto, a maioria das amostras analisadas não ultrapassa 5.000 anos. Verificou-se, ainda, que as maiores idades estão relacionadas à maior profundidade das amostras coletadas.

Três zonas hidrogeoquímicas – zona I (predominante, exceto na região sudoeste), zona 2 (porção restrita na região sudoeste paulista) e zona 3 (extremo sudoeste paulista) – foram delimitadas no Sistema Aquífero Bauru no estado de São Paulo. As zonas I e III possuem águas predominantemente bicarbonatadas cálcicas e características semelhantes, sendo as águas da zona III menos evoluídas e com menor tempo de residência; a zona II possui geralmente águas bicarbonatadas sódicas, mais alcalinas e mais salinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.A.; STEIN, D.P.; MELO, M.S.; BISTRICHI, C.A.; PONÇANO, W.L.; HASUI, Y. E ALMEIDA, F.F.M. Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos estados do Mato Grosso do Sul e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário de Camboriú. **Anais...** Balneário de Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980. v.5, p. 2799-2812.

ALMEIDA, M. A.; FERNANDES, L. A.; DANTAS, A. S. L.; SAKATE, M. T.; GIMENEZ, A. F.; TEIXEIRA, A. L.; BISTRICHI, C. A. E ALMEIDA, F. F. M. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Bauru na região do Pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. **Atas...**Curitiba Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v.1, p.77-89.

APPELO, C.A. J.; POSTMA, D. **Geochemistry, groundwater and pollution**. 2ed. Amsterdam: Balkema Publishers, 2005. 650p.

BARCHA, S.F. **Aspectos geológicos e províncias hidrogeológicas da Formação Bauru na região Norte-Occidental do Estado de São Paulo, São José do Rio Preto**. 1980. 209f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

BARCHA, S.F. Nitratos em água subterrânea no meio urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37.1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1992. v.2, p. 200-201.

BARCHA, S. F.; ARID, F. M.; MEZZALIRA, S. Sub-províncias hidrogeológicas do Grupo Bauru na região norte-occidental do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico-IG**, São Paulo – SP, 2(2), p.17-33, 1981.

BARISON, M.R. **Estudo hidroquímico da porção meridional do Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo**. 2003, 153f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2003.

BATEZELLI, A.; GOMES, N.S.; PERINOTTO, J.A.J. Petrográfica e evolução diagenética dos arenitos da porção norte e nordeste da Bacia Bauru (Cretáceo Superior). **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo. v. 35 (n. 3): 311-322, 2005.

BATEZELLI, A.; PERINOTTO, J.A.J.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; FULFARO, V.J. E SAAD, A.R. Redefinição litoestratigráfica da unidade Araçatuba e da sua extensão regional na Bacia Bauru, Estado de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5 E SIMPÓSIO SOBRE EL CRETÁCEO DE AMÉRICA DEL SUR, 1., 1999, Serra Negra, **Boletim...** Serra Negra – SP, 1999. p.195-200.

BATEZELLI, A.; SAAD, A.R.; ETCHEBEHERE, PERINOTTO, J.A.J.; M.L.C.; FULFARO, V.J. E. Análise estratigráfica aplicada à Formação Araçatuba (Grupo Bauru – K_s) no centro-oeste do Estado de São Paulo. **Geociências**, São Paulo, v.22, n° especial, p.5-19, 2003.

BATTILANI, G.A.; GOMES, N.S.; GUERRA, W.J. Evolução diagenética dos arenitos da Formação Morro do Chapéu, Grupo Chapada Diamantina, na Região Morro do Chapéu, Bahia. **Geonomos**. Minas Gerais. v,4 (n.2). 81-89, 1996.

BENDASSOLLI, J.B. Métodos de preparo de amostras para determinação de ³⁴S. Apostila do curso de pós-graduação em Energia Nuclear na Agricultura, CENA/USP. Piracicaba. 2006.

BJORLYKKE, K.; EGEBERG, P. K. Quartz cementation in Sedimentary Basins. **AAPG Bulletin**, v.77, p.1538-1548, 1993.

BLATT, H. **Sedimentary petrology**. San Francisco: W.H. Freeman, 1992, 564p.

BRANDT NETO, M. **O Grupo Bauru na região centro-norte do Estado de São Paulo**. 1984, 115f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociência, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 1984.

BRANDT NETO, M.; YAMAMOTO, J.K.; TACHIBANA, J. E; MATO, L.F. Sedimentos quaternários associados ao baixo vale do Rio Tietê. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1., 1977, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1977. p.248-266.

BRANDT NETO, M.; BARELLI, N.; BARCHA, S.F.; COIMBRA A.M. Ocorrência de analcima em sedimentos da Formação Adamantina em Macedônia (Estado de São Paulo), uma evidência de hidrotermalismo no Grupo Bauru. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6. **Atas...** Rio Claro: SBG/SP, 1987. v.1, p.113-121

CAMPOS, G. M. Estatística prática para docentes e pós-graduandos. Notas de aula, 2002. Disponível em: http://www.forp.usp.br/restauradora/gmc/gmc_livro/gmc_livro.html. Acesso em 15 de jun 2015.

CAMPOS, H. Estatística experimental não paramétrica. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz - USP”, São Paulo, 343p., 1979.

CAMPOS, H.C.S. **Contribuição ao estudo hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo**. 1987. 158f. Dissertação (Mestrado em Geologia Geral e de Aplicação) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

CAMPOS, J.O.; BLAKE, E.H.T.; ROMANO, O. Arenitos Caiuá: notas sobre as ocorrências. **Geociências**, São Paulo, v.1, p.29-47, 1982.

CASTRO, S.C.S.; ARID, F.M.; SANTOS, C.C.M.; SILVA, R.A; CUNHA, L.P. Contaminação na água subterrânea em São José do Rio Preto (SP) - contaminação por nitratos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7., 1992, Belo

Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1992. p. 103-106.

CELLIGOI, A.; DUARTE, U. Considerações hidroquímicas da Formação Caiuá no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1998. v.1, p.7.

CELLIGOI, A.; DUARTE, U. Hidrogeoquímica do Aquífero Caiuá no Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 51, p. 19-32, 2002. Editora UFPR - 2002.

CESERO, P.; MAURO, L.M. E DE ROS, L.F. Técnicas de preparação de lâminas petrográficas e de moldes de poros na PETROBRÁS. **Boletim Geociências Petrobrás**, 3, Rio de Janeiro, p.105-116, 1989.

CLARK, I.D.; FRITZ, P. **Environmental Isotopes in Hydrogeology**, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1997.

COELHO, R.O. **Estudo hidroquímico e isotópico do Aquífero Bauru, Sudoeste do Estado de São Paulo**. 1996, 103f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 264p., 1977.

CRAIG, H. Isotopic variations in meteoric waters. **Science**, 1961. 133, p.1702-1703.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M.R. **Hidrologia subterrânea**. Barcelona: Ediciones Omega, 1983.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M.R. **Hidrologia subterrânea**. 2ªed. Barcelona: Ediciones Omega, 1996. 2v. 2350 p.

DANSGAARD, W. **Stable isotope in Precipitation**. Tellus. XVI (4): 436-468, 1964.

DE ROS, L.F.; MORAES, M.A.S. Sequência diagenética em arenitos: uma discussão. In: CONGRESSOS BRASILEIROS DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1984. v.2, p. 894-904.

DEDAVID, B.A.; GOMES, C.I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura. Aplicações e preparação de amostras**. EDIPUCRS, Porto Alegre. 2007. 60p.

DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. **Rock-Forming Minerals. Framework Silicates: Feldspars**. The Geological Society. London. Vol. 4A, 2ª edição. 2001. 973p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Estudo de águas subterrâneas: região administrativa 6**, Ribeirão Preto - SP, São Paulo: Geopesquisadora - Tahal, 2v., 1974.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Estudo de águas subterrâneas, regiões administrativas 7, 8 e 9:** Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba. São Paulo: v.1 e v.2, 1976.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Estudo de águas subterrâneas, regiões administrativas 10 e 11:** Presidente Prudente e Marília. São Paulo: v.1 e v.2, 1979.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. **Plano estadual de recursos hídricos:** Primeiro plano do Estado - Síntese. São Paulo - SP: 97 p., 1990.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Sistema de informações para gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo,** São Paulo - SP, 2000.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Regionalização de diretrizes de utilização e proteção das águas subterrâneas: Bacia do Oeste.** Execução: Fundunesp/Unesp/Lebac. Rio Claro - SP, 51p., 2011.

DONAHUE, D.J; LINICK, T.W.; JULL, A.J.T. Isotope-ratio and background corrections for accelerator mass spectrometry radiocarbon measurements. **Radiocarbon**, Arizona, USA. v.32 (n.2), p.135-142, 1990.

DROZINSKI, V.S. **Caracterização petrológica e geoquímica dos argilominerais esmectíticos na área do Campo de Fazenda Alegre, Bacia do Espírito Santo.** 2003, 59f. Trabalho de conclusão de Curso - Geologia, Universidade Federal do rio Grande do Sul/ Agência Nacional do Petróleo, Porto Alegre - RS, 2003.

ESTEBAN, M.; KLAPPA, C.F. Subaerial exposure environment. In: Scholle, P.A.; Bebout, D.G.; Moore, C.H (eds.). **Carbonate depositional environments.** Tulsa, American Association of Petroleum Geologists, p. 1-95. (Memoir 33), 1983.

FERNANDES, L. A. **Cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os Grupos Bauru e Caiuá.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo - USP, São Paulo. 129p., 1992.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil).** 1998. 216f. Tese (Doutoramento) – Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 1998.

FERNANDES, L.A.; COIMBRA, A.M. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.24 (n.3), p.164-176, 1994.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências.** 1996. v.68 (n. 2), p.195-205.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M.; BRANDT NETO, M.; GESICKI, A.L.D. Argilominerais do Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo. v.24 (n.2), p.90-96, 1994.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M.; BRANDT NETO, M. Silicificação hidrotermal Neocretácea na porção meridional da Bacia Bauru. **Revista IG**, São Paulo. v.14 (n.1), p.19-26, 1993.

FOLK, R.L. **Petrology of sedimentary rocks**. Austin: Hemphill's, 1968. 182p.

GAT, J.R. Oxygen and hydrogen isotopes in the hydrologic cycle. **Revista Earth Planet**, v.24, p.225-262, 1996.

GODWIN, H. Half life of radiocarbon. **Nature**, 195, 984p., 1962.

HEM, J. D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. Alexandria: U.S.G.S., U.S. Geological Survey Water Supply Paper p. 2254. 272, 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoadevida/pnsb/abastecimento_de_a_gua/abagua43.shtm. Acessado em 10/01/2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**, escala 1:500.000. São Paulo - SP, IPT: vol. 1 e Vol. 2., 1981.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Isotope methods for dating old groundwater**. IAEA, Vienna, 357p., 2013.

LANDIM, P.M.B.; SOARES, P.C. Estratigrafia da Formação Caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., 1976, Ouro Preto: **Anais...** Sociedade Brasileira de Geologia, 1976. v.2, p.195-206.

LANDIM, P. M. B. Análise estatística de dados geológicos multivariados. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Texto Didático 03, 120p., 2000. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/multivariados.pdf>. Acesso em: 10 de jun 2015.

LANDIM, P. M. B. Introdução à análise estatística de dados geológicos multivariados. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Texto Didático 15, 229p., 2010. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/MULTIVAR.pdf>. Acesso em: 10 de jun 2015.

LEDEER, M.R. Pedogenic carbonates and flood sediment accretion rates: a quantitative model for alluvial arid-zone lithofacies. **Geological Magazine**, 112(1-3E): p.257-270, 1975.

LIBBY, W.F. Radiocarbon Dating. University of Chicago Press, Chicago, 124p., 1952. (Also published in Phoenix Science Series, second ed., 1965).

MELO, M.S.; STEIN, D.P.; ALMEIDA, M.A. Aspectos litoestratigráficos do Grupo Bauru. In: Encontro de Geologia e Hidrogeologia, 1982, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia/Associação Brasileira de Água subterrâneas, 1982. n.9, p.01-19.

MEZZALIRA, S. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo - SP. 51: 162p., 1974.

MIALL, A.D. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: Mial, A.D. (ed.). **Fluvial Sedimentology**. Canadian Society of Petroleum Geologists, p. 597-604. (Memoir 5), 1978.

MOOK, W.G. Carbon-14 in hydrogeological studies. In: Handbook of environmental isotope geochemistry (Fritz, P, and Fontes, J.C., editors), Vol 1, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, 49-74p, 1980.

MOORE, C.H. **Carbonate diagenesis and porosity**. Developments in Sedimentology (Elsevier, Amsterdam) 46, 1989, 338p.

MORAD, S. **Diagenesis of clastic sedimentary rocks**. Uppsala: Department of Mineralogy and Petrology. Institute of Geology, Uppsala University, 1991. 287p.

MORAD, S.; ALDAHAN, A. A. Diagenetic “replacement” of feldspars by titanium oxides in sandstones. **Sedimentary Geology**, v.51, p.147-153, 1987.

MORAD, S., KETZER, J.M., DE ROS, L.F.. Spatial and temporal distribution of diagenetic alterations in siliciclastic rocks: implications for mass transfer in sedimentary basin. **Sedimentology**, 47, p.1-27, 2000.

MORAD, S., MARFIL, R.; DE LA PENA J.A. Diagenetic K-feldspar pseudomorphs in the Triassic Buntsandstein sandstones of the Iberian Range, Spain. **Sedimentology**, 36, p.635-650, 1989.

MORAES, M.A.S.; DE ROS L. F. Caracterização e Influência das argilas de infiltração mecânica em reservatório fluviais da Bacia do Recôncavo, nordeste do Brasil. **Boletim de Geociências Petrobrás**, Rio de Janeiro, v.2 (n.1), p.13-26, 1988.

NIER, A.O. A redetermination of the relative abundances of the isotopes of carbon, nitrogen, oxygen, argon and potassium, **Phys. Rev.**, 77 p.789-793, 1950.

NOBREGA, V. A.; LIMA FILHO, M. Estudo diagenético da sucessão de rochas siliciclásticas do poço 2CP-1PE: uma contribuição aos reservatórios da Formação Cabo. **Estudos Geológicos**, v.13, p. 71-88, 2003.

NORDSTROM, D.K.; MUNOZ, J.L. *Geochemical Thermodynamics*. Menlo Park, California. The Benjamin/Cummings Co., Inc. 477p., 1985.

PARKHURST D.L. *User's Guide to PHREEQC – a computer program for speciation, reactive path, advective transport, and inverse geochemical calculations*: Denver: USGS, 104p. 1995. **Water Resources Investigations Report**. USGS 95-4227.

PARKHURST D.L.; APPELO, C.A.J. *User's guide to PHREEQC (version 2)--A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations*: **U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report**, 99-4259, 312p. 1999.

PAULA E SILVA, F. **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo**. 2003. 166f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

PAULA E SILVA, F.; CAVAGUTI, N. Nova caracterização estratigráfica e tectônica do Mesozóico na cidade de Bauru - SP. In: **SIMPÓSIO SOBRE BACIAS CRETÁCIAS BRASILEIRAS**, 2., 1992, Rio Claro, **Atas...** Rio Claro: p.141-144.

PAULA E SILVA, F.; CAVAGUTI, N. Nova caracterização estratigráfica e tectônica do Mesozóico na cidade de Bauru – SP. **Geociências**, UNESP, p.83-99, 1994.

PAULA E SILVA, F.; CHANG, H. K.; CAETANO-CHANG, M. R. Caracterização das unidades neocretáceas da Bacia do Paraná na região de São José do Rio Preto (SP) com base na análise de perfis geofísicos e suas implicações estratigráficas. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL**, 6., **SIMPÓSIO SOBRE EL CRETÁCEO DE AMERICA DEL SUR**, 2., 2002, São Pedro, **Boletim...** São Pedro: 2002. p.345-349.

PAULA E SILVA, F.; CHANG, H.K.; CAETANO-CHANG, M.R. Perfis de referência do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. **Geociências**, Rio Claro, v.22 (n.1), p.127-139, 2003.

PAULA E SILVA, F.; CHANG, H.K.; CAETANO-CHANG, M.R. Estratigrafia de subsuperfície do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 1, p.77-88, 2005.

PAULA E SILVA, F.; CHANG, H.K.; CAETANO-CHANG, M. R.; STRADIOTO, M. R. Sucessão Sedimentar do Grupo Bauru na Região de Pirapozinho (SP). **Revista Geociências**, Rio Claro, v.25 (n.1), p.17-26, 2006.

PAULA E SILVA, F.; CHANG, H.K.; CAETANO-CHANG, M. R.. Sedimentation of the Cretaceous Bauru Group in São Paulo, Paraná Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v.28, p.25-39, 2009.

PORTARIA 2914 DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011 – MINISTÉRIO DA SAÚDE. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RIBEIRO, D. T. P. Diagênese das rochas do Membro Serra da Galga, Formação Marília, Grupo Bauru (Cretáceo da Bacia do Paraná), na região de Uberaba, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v.31 (n.1), p. 7-12, 2001.

RICOMINI, C.; GIMENEZ FILHO, A.; STEIN, D.P.; ALMEIDA, F.F.M.; PIRES NETO, A.G.; DEHIRA, L.K.; MELO, M.S. de; BRAGA, T.de O.; PONÇANO, W.L. Características da porção basal da Formação Caiuá no Noroeste do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3.. 1981, Curitiba. **Atas...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v.2, p.34-48.

ROCHA G.A.; GIANCURSI, F.D.; PERRONI, J.C.A.; SOBREIRO NETO, A.F.; BERTACHINI, A.C.; CORREA, W.A.G.; CAMPOS, H.C.N.S.; DIOGO, A.; ROSA, R.B.G.S; CASTRO, C.G.J. Hidrogeologia das bacias dos rios Aguapei, Peixe e Paranapanema no Estado de São Paulo. In: SIMPOSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. **Atas...** Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1979. v.2, p. 85-100.

ROCHA, G.A.; BERTACHINI, C.; CAMPOS, H.C.N.S.; CAIXETA, J.B. Tentativa de zoneamento das características hidráulicas e hidroquímicas do Aquífero Bauru. In: ENCONTRO DE GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA: O Grupo Bauru no Estado de São Paulo, 1., 1982, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia /Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1982. p.38-56.

SAAD, A.R.; CAMPANHA, V.A.; CABRAL JR., M.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; PULEGHINI FILHO, P. Cenários do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, v.2, p. 894-904.

SALAMUNI, K; LANDIM, P.M.B.; SLONGO, T.T.; SOBREIRO NETO, A.F.; PAIVA FILHO, A. Observações sobre o ambiente de deposição da Formação Caiuá no Nordeste do Estado do Paraná. In: SIMPOSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. **Atas...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v.2, p. 25-33.

SILVA, I. T. DA. **Evolução diagenética e caracterização dos reservatórios da seção devoniana na Bacia do Rio do Peixe – nordeste do Brasil** 2014. 130f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J., AMARAL, G.; SUGUIO, K; COIMBRA, A. M.; SOBREIRO NETO, A. F.; GIANCURSI, F.; CORREA, W. A. G. E CASTRO, C.G.J. Geologia da região sudoeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, 1979. Rio Claro - SP, **Boletim de resumos...** p. 307-319.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.10 (n.3), p.177-185, 1980.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater is a joint publication of the American Public Health Association (APHA), the American Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF). 1368 pages. 2012

STRADIOTO, M.R. **Hidroquímica e aspectos diagenéticos do sistema Aquífero Bauru na região sudeste do Estado de São Paulo**. 2007. 103f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2007.

STRADIOTO, M. R.; CHANG, H.K.; CAETANO-CHANG, M. R.. Caracterização petrográfica e aspectos diagenéticos dos arenitos do Grupo Bauru na região sudoeste do Estado de São Paulo. **Revista Escola de Minas-REM**, Ouro Preto, v.61 (n.4), p.433-441, 2008.

STUIVER, M.; POLACH, H. Discussion: Reporting of ^{14}C data. **Radiocarbon**, 19(3), p.355-363, 1977.

STUMM, W. **Chemistry of the solid-water interface: processes at the mineral-water and particle-water interface in natural systems**. Wiley-Interscience publication, USA. 448p., 1992.

SUGUIO, K. Fatores paleoambientais e paleoclimáticos e subdivisão estratigráfica do Grupo Bauru. In: Mesa redonda: a Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes, 1981, São Paulo. **Coletâneas de trabalhos e debates...** Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo SP. 1981. p.15-26.

SUGUIO, K.; BARCELOS, J.H. Significado paleoambiental de estrutura “boudinóide” e outras feições presentes na Seção Tipo da Formação Santo Anastácio do Grupo Bauru, Estado de São Paulo. **Boletim IG**, São Paulo, v.14, p. 49-54, 1983a.

SUGUIO, K.; BARCELOS, J.H. Calcretes of the Bauru Group (Cretaceous), Brazil: Petrology and Geological Significance. **Boletim IG**, São Paulo, v.14, p. 31-47, 1983b.

SUGUIO, K.; FULFARO, V. J.; AMARAL, G. E GUIDORZI, L. A. Comportamentos estratigráfico e estrutural da Formação Bauru nas regiões administrativas 7 (Bauru), 8 (São José do Rio Preto) e 9 (Araçatuba) no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1, 1977, São Paulo. **Atas...** p. 231-247.

TUCKER, M. E. **Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks**. 2th ed., Oxford: Blackwell. 260 p, 1991.

VIEIRA, P. C. Sugestão para estudo de captação de água subterrânea no Grupo Bauru: considerações tectônicas. **Revista do Instituto Geológico – IG**, São Paulo – SP, 2(2), p.5-16, 1981.

WALKER T. R.; WAUGH B.; CRONE A. J. Diagenesis in first cycle desert alluvium of /Cenozoic age, southwestern United States and northwestern Mexico. **GSA Bull.**, 89:19.32, 1978.

WIGLEY, T.M.L.; PLUMMER, L.N.; PEARSON Jr, F.J. Mass transfer and Carbon Isotope Evolution in Natural Water Systems. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.42, p.1117-1139, 1978.