

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DO SISTEMA AQUÍFERO PIRABAS NO MUNICÍPIO DE SALINÓPOLIS, ESTADO DO PARÁ.

Manoel Imbiriba Junior

RESUMO – Os estudos hidrogeoquímicos foram realizados em amostras de águas do sistema aquífero Pirabas Inferior e Pirabas Superior nos poços profundos localizados no município de Salinópolis no nordeste do Estado do Pará, objetivando a caracterização química desses sistemas. Foram realizadas quatro campanhas de amostragem: três no período seco (dezembro) dos anos 2016, 2017 e 2018, e uma amostragem no período chuvoso de 2017. A classificação nos diagramas de *Piper*, *Stiff* e *Schoeller*, enquadraram o sistema aquífero Pirabas Inferior como sódico bicarbonatado, com águas de provável origem marinha e inseridas no aquífero através de condutos característicos de aquíferos cársticos através das rochas calcárias da Formação Pirabas que afloram por todo o litoral. O sistema aquífero Pirabas Superior como cálcica bicarbonatada pela relação da fonte carbonática dos calcários da Formação Pirabas. Houve mistura de água entre as rochas da Formação Barreiras e da Formação Pirabas na parte superior, tendo em vista a classificação cálcica mista da água do poço Guaxini Pentágono.

ABSTRACT – Hydrochemical studies were performed on water samples from the Pirabas Inferior and Pirabas Superior aquifer system in deep wells located in Salinópolis region in the northeast of Pará, aiming the chemical characterization of these systems. Four sampling campaigns were carried out: three in the dry season (december) of 2016, 2017 and 2018, and one sampling in the rainy period of 2017. The classification in the Piper, Stiff and Schoeller diagrams classified the Pirabas Inferior aquifer system as sodium bicarbonated, with waters of probable marine origin, inserted into the aquifer through characteristic conduits of karst aquifers through the limestone rocks of the Pirabas Formation that emerge all along the coast. The Pirabas Superior aquifer system as bicarbonated calcium by the relation of the carbonate source of the Pirabas Formation limestones. Water was mixed between the Barreiras Formation and Pirabas Formation rocks at the top, in view of the mixed calcium water classification of the Guaxini Pentagon well.

Palavra-Chave: Água subterrânea; Sistema aquífero Pirabas; Hidrogeoquímica.

INTRODUÇÃO

O sistema aquífero Pirabas representa um dos mais importantes reservatórios de água subterrânea da região equatorial norte do Brasil. Ocorre associado à unidade homônima Pirabas de idade oligo-miocênica (Góes *et al.* 1990; Rossetti *et al.*, 2002; Nogueira & Nogueira, 2018) aflorante na região de Salinópolis e arredores, NE do Estado do Pará. Muito embora esta unidade seja bem estudada do ponto de vista paleoambiental e paleontológico, uma caracterização em detalhe baseada em aspectos estruturais e principalmente hidrogeológicos para esta unidade ainda permanece em aberto.

Além da importância hidrogeológica, este aquífero representa uma das melhores possibilidades de captação de água a baixo custo, de qualidade e a curto prazo. A implementação sistemática de poços de captação de água desse reservatório, dentro do quadro nada satisfatório quanto ao planejamento, gestão e operação do saneamento básico é de extrema necessidade. O município também carece de investimentos na ampliação, modernização e principalmente no abastecimento de água para os munícipes e veranistas.

METODOLOGIA

O método de pesquisa do presente estudo foi dividido em quatro fases: Pesquisa bibliográfica, levantamento de dados, elaboração de mapas e diagramas e interpretação dos dados obtidos.

A pesquisa bibliográfica objetivou a integração, análise e interpretação de dados obtidos em campo e escritório dos poços tubulares abrangendo características construtivas, profundidade de NA, vazão de produção, testes de bombeamento, perfil litológico, para caracterização dos sistemas aquíferos Pirabas Inferior e Pirabas Superior;

O levantamento de dados foi obtido por cadastramento de poços, levantamento altimétrico, coleta de amostras de água e análise *in loco*, e análise hidroquímica laboratorial das águas.

A rede de amostragem contou com pontos de coletas em poços tubulares profundos, sendo três poços dedicados ao monitoramento quali-quantitativo da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas - RIMAS-BE (sem bombeamento), e quatorze poços em regime de

bombeamento, pertencentes ao sistema de abastecimento público da concessionária estadual COSANPA (Companhia de Saneamento do Pará). Estes poços estão localizados na zona urbana central da cidade Salinópolis e exploram água dos aquíferos Pirabas Inferior e Pirabas Superior (Figura 1). Ao todo foram trinta e sete amostras coletadas (três no período seco de 2016; treze no período chuvoso e dezessete no período seco de 2017; e quatro no período seco de 2018).

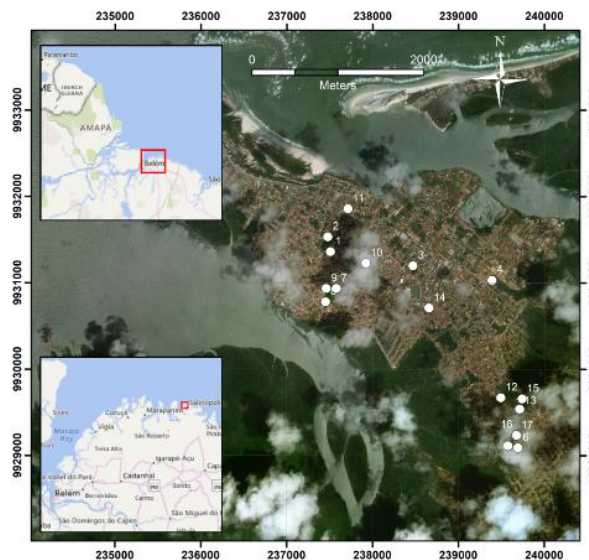


Figura 1 - Mapa de localização da área de trabalho e distribuição dos 17 poços profundos estudados no município de Salinópolis-PA.

O levantamento altimétrico foi realizado em dezembro de 2017, com o apoio do setor de Cartografia do SGB-CPRM utilizando-se 17 poços.

Para a coleta das amostras de água e análise in loco foi utilizado o método *LOW-FLOW* (baixa vazão) para coleta de água, com bomba tipo bexiga; análise in loco por meio de célula de fluxo e aparelho de medição Modelo *HACH* para os parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, condutividade elétrica, Eh).

Em laboratório foram analisados os parâmetros condutividade elétrica (CE) a 20°C em água, dada em $\mu\text{S}/\text{cm}$, com procedimento analítico IT 06-02-02 – *Metrohm 856 Conductivity Module*; Potencial Hidrogeniônico (pH) avaliado com procedimento analítico IT 06-0201 – *Metrohm Titrando*, ambos pelo Método analítico Eletrométrico, e Titulador automático *Metrohm 905 Titrando*; Carbonato (mg/L), bicarbonato (mg/L), hidróxido (mg/L) e alcalinidade total (mgCaCO₃/L), todos pelo Procedimento IT 06-03-05 – Determinação de alcalinidade por carbonato/bicarbonato por titulometria e Método analítico Titulométrico, pelo Equipamento Titulador automático *Metrohm 905 Titrando*; Fluoreto, Cloreto, Nitrito, Brometo, Nitrato, Fosfato e

Sulfato (todos em mg/L). O procedimento analítico foi o IT 06-04-01, com uso do Cromatógrafo de Íons *Metrohm 881 Compact IC pro*, coluna *Super7*, eluente Na_2CO_3 5,4mM, fluxo de 0,7 mL/min, e temperatura de 45°C.

Os dados levantados foram plotados nos diagramas de Piper, Stiff e Schoeller para classificação das águas.

RESULTADOS

A caracterização hidroquímica foi resultante das análises das águas subterrâneas, coletadas em quatro campanhas de amostragens, realizadas pelo projeto RIMAS-BE: Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil-CPRM, no âmbito da Superintendência Regional de Belém (SUREG-BE) - Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial (GEHITE).

O sistema aquífero Pirabas Inferior tem sua representação relacionada aos poços com seções filtrantes abaixo da camada de argila de trinta a quarenta metros de espessura, e corresponde a todos os poços em bombeamento da COSANPA: treze poços coletados no período chuvoso de 2017 (abril e junho) e quatorze poços coletados no período seco de 2017 (dezembro).

O sistema aquífero Pirabas Superior está relacionado aos três poços pertencentes a RIMAS-BE, onde as coletas foram realizadas nas seções filtrantes posicionadas acima da camada de argila (de trinta a quarenta metros), no período seco (mês de dezembro) do anos de 2016, 2017 e 2018.

Os valores de pH variaram, na determinação *in loco*, de 7,3 a 8, apresentando uma média de 7,75 no período chuvoso, e variação de 7 a 8,42 com média de 7,97 para o período seco. A diferença do pH entre os períodos analisados ficou na faixa das duas casas decimais. O sistema aquífero Pirabas apresentou pH acima da neutralidade.

A CE ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) apresentou valores variando de 479 a 521 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$, com média de 502,23 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ no período chuvoso, e valores de 337 a 528 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ e média de 497,2 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ no período seco. Os valores de temperatura - T (°C) praticamente não apresentaram diferenças entre os períodos seco e chuvoso, com variação entre 28 a 30,8°C para ambos.

O bicarbonato (HCO_3^-) foi definido a partir dos valores numéricos da alcalinidade total. Apresentou valor mínimo de 221,9 e valor máximo de 255,3 mg/L, com média de 237,52 mg/L no

período chuvoso. Já para o período seco exibiu valor mínimo de 118,05 e máximo de 340,21, com média de 239,67 mg/L.

O cloreto (Cl^-) variou de 17,2 a 30,52 mg/L com média de 24,50 mg/L no período chuvoso. O valor mínimo atingiu 5,27 (poço Barreiro 1) e máximo de 30,92 mg/L, tendo uma média de 21,43 mg/L no período seco. O nitrato (NO_3^-) variou de um valor $> 0,01$ (Barreiro Femac 3) a 0,95 mg/L (Guaxini 1), apresentando uma média de 0,30 mg/L no período chuvoso. No período seco obteve valor máximo de 6,77 mg/l, com média de 1,06 mg/L.

Os valores de sulfato (SO_4^{2-}) mostraram mínimo de 10,99 e máximo de 17,07 mg/L com média de 13,89 mg/L, para o período chuvoso. O valor mínimo foi de 1,53 e o máximo de 20,7 mg/L, com a média de 12,51 mg/L, para o período seco. O cálcio (Ca^{2+}) apresentou valor mínimo de 11,51 e máximo de 17,08 mg/L, com valor médio de 13,21 mg/L no período chuvoso. Para o período seco o valor mínimo foi de 11,03 e o valor máximo de 91,30 mg/L, com média de 22,78 mg/L.

O magnésio (Mg^{+2}) variou de 10,81 a 12,47 mg/L no período chuvoso e de 4,77 mg/L a 15,16 mg/L no seco. Os valores médios foram de 11,60 e 10,29 mg/L para os períodos chuvoso e seco, respectivamente. Os valores de sódio (Na^+) variaram de 70,11 a 88,07 mg/L no Sistema Aquífero Pirabas Inferior, no período chuvoso, e de 7,21 a 98,08 mg/L, no período seco, com valores médios de 80,70 e 75,36 mg/L para os períodos chuvoso e seco, respectivamente.

Os valores obtidos para o íon potássio (K^+) variaram até o valor máximo de 9,61 mg/L para o sistema aquífero Pirabas Inferior no período chuvoso e de 8,42 mg/L no seco. Seu valor médio no período chuvoso foi de 8,33 mg/L e no seco de 9,22 mg/L.

No sistema aquífero Pirabas o conteúdo de ferro (Fe) variou de 0,013 a 0,43 mg/L no período chuvoso e 0,018 a 0,36 mg/L no período seco. Com médias de 0,03 e 0,05 mg/L nos períodos chuvoso e seco, respectivamente.

A classificação hidroquímica das águas deram-se a partir da plotagem dos respectivos valores de cátions e ânions nos diagramas de *Piper* (Figuras 2 e 5), *Stiff* (Figuras 3 e 6) e *Schoeller* (Figuras 4 e 7), subdividindo em período seco e chuvoso.

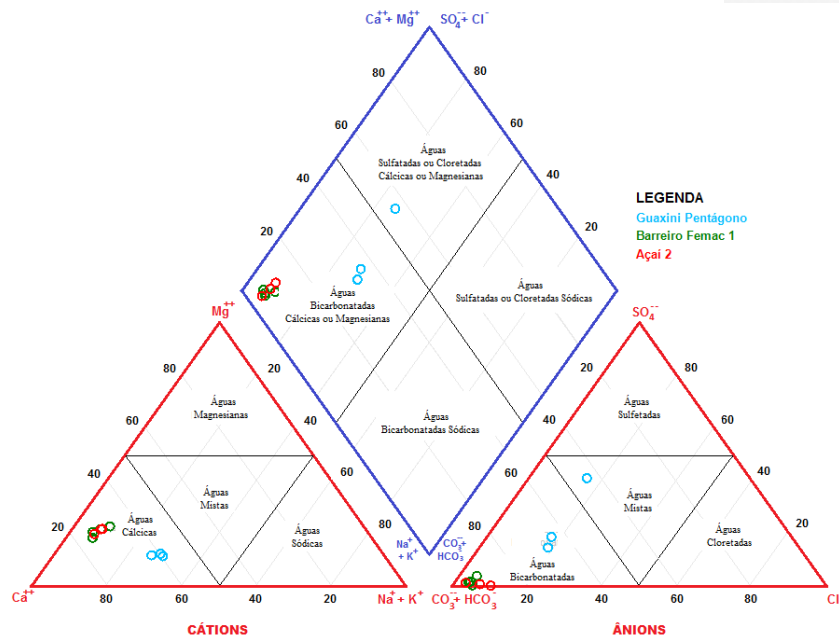


Figura 2 – Diagrama trilinear de *Piper* de amostras da água subterrânea. Período Seco. 1ª, 3ª e 4ª campanha de amostragem. Dezembro de 2016, 2017 e 2018. Classificação Iônica dos 03 poços RIMAS-BE (Salinópolis). Águas predominantemente Cálcica-Bicarbonatadas. Poço Guaxini Pentágono apresentou classificação Cálcica Mista em 2018.

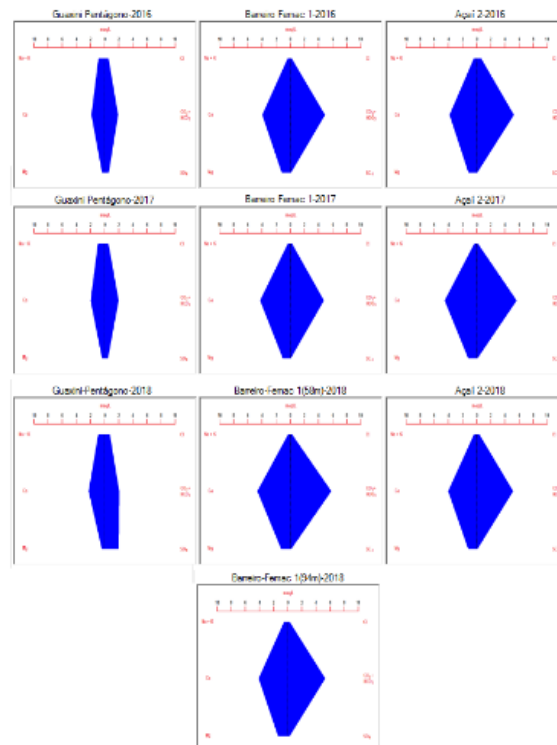


Figura 3 – Diagrama de *Stiff*. Período Seco. 1ª, 3ª e 4ª campanhas de amostragem. Três poços da RIMAS-BE. Salinópolis. Dezembro de 2016, 2017 e 2018. Notar a forma alongada para o poço Guaxini Pentágono; e losangular simétrica para os poços Barreiro1 e Açai2.



Figura 4 – Diagrama de Schoeller. Período seco. 1ª, 3ª e 4ª amostragens. Dezembro de 2016; 2017 e 2018. Salinópolis.
O Ca^{2+} e o $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3^-$ estão enriquecidos e o NO_3^- quase sem presença na amostragem. Na 4ª campanha de amostragem houve acréscimo do valor do SO_4^{2-} no poço Guaxini Pentágono que superou todas as outras amostragens.

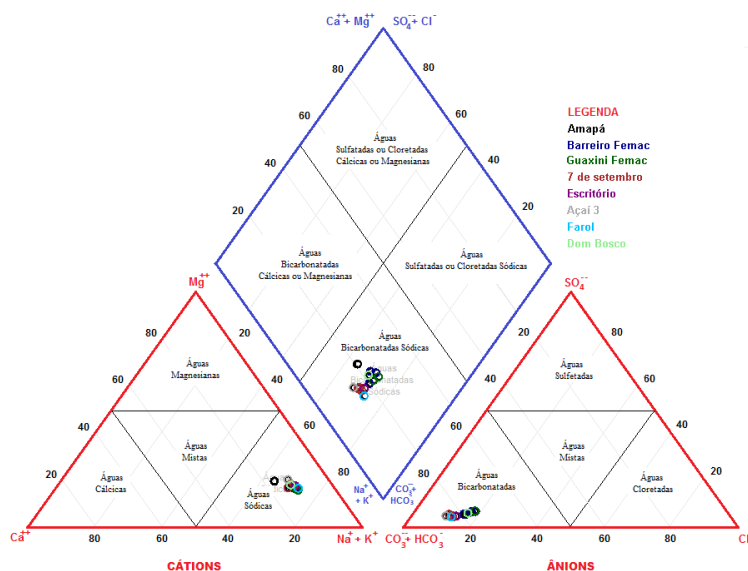


Figura 5 – Diagrama trilinear de Piper de amostras das águas subterrâneas: Classificação Hidroquímica dos treze poços da COSANPA em bombeamento. Salinópolis. Período chuvoso. 2ª campanha de amostragem (abril e junho de 2017).

Águas classificadas como Sódica-Bicarbonatadas.

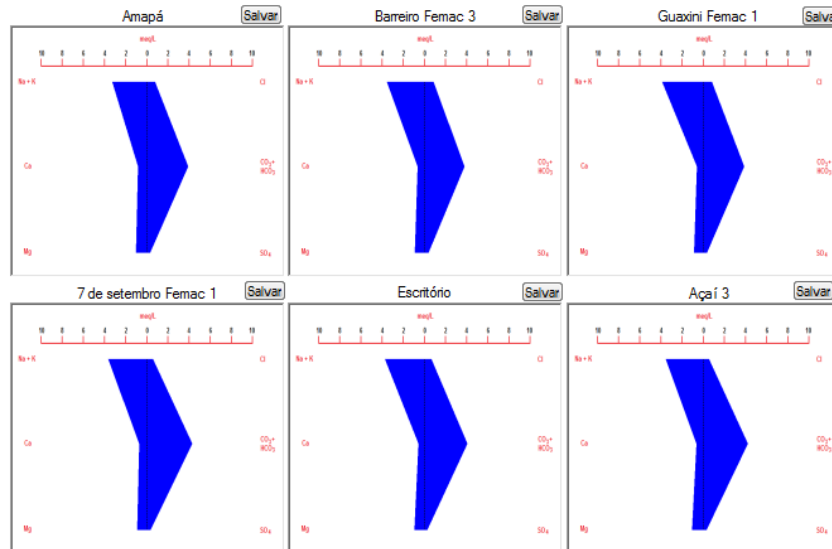


Figura 6 – Diagrama de *Stiff* de amostras da água subterrânea. Período chuvoso. 2ª campanha de amostragem. Classificação Hidroquímica dos poços Amapá, Barreiro 3, Guaxini Femac 1; 7 de setembro Femac 1, Escritório e Açai 3. Abril e Junho de 2017. Representação geométrica de um bumerangue.

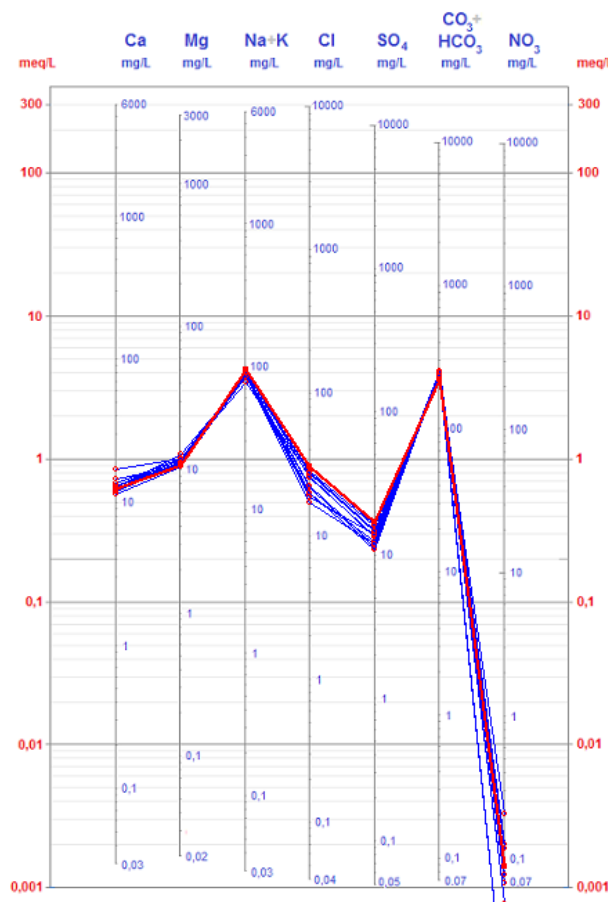


Figura 7 - Diagrama de *Schoeller* de amostras das águas subterrâneas. Período chuvoso. 2ª campanha de amostragem. Classificação Hidroquímica dos treze poços em bombeamento da COSANPA (Salinópolis). Abril e Junho de 2017.

CONCLUSÕES

Os estudos hidrogeoquímicos do sistema aquífero Pirabas na cidade definiram uma subdivisão em sistema aquífero Pirabas Inferior e sistema aquífero Pirabas Superior. Compreende rochas de idade miocênica da Formação Pirabas nos dois sistemas definidos, intercaladas com camadas argilosas que servem de selante, dando um caráter confinado a semi-confinado. Acima estão as rochas da Formação Barreiras e Sedimentos Pós Barreiras e abaixo rochas graníticas do embasamento cristalino.

Os três poços de monitoramento da Rede RIMAS-BE analisados em todos os períodos secos (dezembro de 2016; 2017 e 2018) com suas seções filtrantes acima da camada argilosa selante, representam a parte superior do aquífero Pirabas. Os 14 poços em bombeamento da COSANPA com filtros localizados abaixo da camada argilosa selante, relacionam-se ao sistema aquífero Pirabas Inferior. A profundidade dos poços de abastecimento da COSANPA varia entre 80 a 160 metros, sempre captando água subterrânea da Formação Pirabas.

Através das análises químicas nos diagramas de *Piper*, *Stiff e Schoeller*, o sistema aquífero Pirabas Inferior foi classificado como sódico bicarbonatado, com águas que podem ter origem marinha provavelmente inseridas no aquífero através de condutos característicos de aquíferos cársticos através das rochas calcárias da Formação Pirabas que afloram por todo o litoral, e o sistema aquífero Pirabas Superior como cálcica bicarbonatada pela relação da fonte carbonática dos calcários da Formação Pirabas. Houve mistura de água entre as rochas da Formação Barreiras e da Formação Pirabas na parte superior, tendo em vista a classificação mista bicarbonatada da água do poço Guaxini Pentágono.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P.P. Aspectos gerais da hidrogeologia das regiões costeiras – cidade de Salinópolis. 1998. 11f. Monografia (Especialização em Geociências aplicadas ao meio ambiente – UFPA/CG. Belém, 1998.

BORGES, M. S.; Costa, J. B. S.; Bemerguy, R. L.; Fernandes, J. M. G. Costa, M. L.; Hasui, Y. 1995. Evolução neotectônica da região nordeste do estado do Pará. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 5. Gramado. Anais... Porto Alegre: SBG. p. 421-422

CPRM. Projeto Implantação da Rede de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas. Proposta Técnica. Rio de Janeiro. 2009.

Mobus G. Qualigraf. 2002. Programa para análise da qualidade da água. Fortaleza, FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e recursos Hídricos. Software-CD.

SOUZA, E.L. 1996. Fatores controladores do quimismo de águas subterrâneas da região nordeste do Pará. Programa de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica. Centro de Geociências. UFPA (Tese de Doutorado). Belém.

TANCREDI, A. C. F. N.; Lobato, J.R.B.L; Serra, V. H. 1986. Interpretação das águas subterrâneas da ilha de Marajó. Acta Amazônica.