

# TIPOS HIDROQUÍMICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS BACIAS DOS RIOS DE ONDAS, FÊMEAS E GRANDE NA REGIÃO OESTE DA BAHIA

Villar, Paulo Cesar Carvalho Machado<sup>1</sup>; Silva, Cristiane Neres<sup>1</sup>; Santos, Cristovaldo Bispo dos<sup>1</sup>;  
Costa, Juliana Mascarenhas da<sup>1</sup>; Negrão, Francisco Inácio<sup>1</sup>; Oliveira, Iara Brandão<sup>2</sup>; Alves, Dário  
Silva<sup>1</sup>

## Resumo

Este trabalho apresenta resultados preliminares das análises físico-químicas de 38 (trinta e oito) poços de monitoramento no Sistema Aquífero Urucuia - SAU, Estado da Bahia, com objetivo de identificar os impactos às águas subterrâneas em decorrência da exploração desse recurso. O SAU é um sistema de significativo interesse econômico devido ao grande potencial hídrico para diversos fins: abastecimento público, culturas irrigadas e para o agronegócio, usos que demandam grandes quantidades de água superficial e subterrânea. O trabalho é coordenado pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, que planejou, implantou e executa a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas – RIMAS, devido à necessidade de ampliar o conhecimento hidrogeológico e a identificação de impactos às águas subterrâneas dos principais aquíferos do país. O monitoramento permitirá, dentre outros, acompanhar as alterações na qualidade das águas subterrâneas da região. Os resultados deste trabalho, na área pesquisada, mostraram que não há contaminação do aquífero. Pelo contrário, características particulares da água subterrânea, como condutividade elétrica muito baixa, assemelhando-se às águas das chuvas, denotam uma grande interação das águas subterrâneas com as águas superficiais, como demonstram os diagramas de Stiff e Piper apresentados neste trabalho.

**Palavras-Chave:** Qualidade, Hidroquímica, RIMAS.

## Abstract

This paper presents preliminary results of physicochemical analyzes of 38 (thirty eight) monitoring wells in Aquifer System Urucuia - SAU, State of Bahia, in order to identify the impacts to groundwater due to the exploitation of this resource. The SAU is a system of significant economic interest due to the large hydro potential for various purposes: public water supply, irrigated crops and agribusiness, uses that require large amounts of surface water and groundwater.

---

<sup>1</sup> Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM <Superintendência Regional de Salvador / tel.: (71) 2101-7300>

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica <Depto. de Engenharia Ambiental /tel.: (71) 3203-9795>

The work is coordinated by the Geological Survey of Brazil - SGB / CPRM, who planned, implemented and runs the Integrated Monitoring Network of Groundwater - RIMAS, due to the need to expand the hydrogeological knowledge and identification of impacts to groundwater from major aquifers of the country. Monitoring will allow, among others, to follow changes in groundwater quality in the region. The results of this work in the area surveyed, showed that no contamination of the aquifer. Rather, particular characteristics of groundwater, as very low electrical conductivity, resembling the rainwater, denote a large interaction of groundwater with surface water, as shown by Stiff and Piper diagrams presented in this paper.

**Keywords:** Quality, Hydrochemistry, RIMAS.

## 1 – INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Urucua (GASPAR, 2006[1]) ocorre principalmente na região do oeste do Estado da Bahia, estendendo-se desde o extremo sul do Maranhão e Piauí, até o extremo noroeste de Minas Gerais. Seus limites meridionais são balizados a oeste pelo limite da Serra Geral de Goiás, desde a região nordeste de Goiás até o sudeste de Tocantins; e a leste na altura das sedes dos municípios como Barreiras (BA), Correntina (BA), Cocos (BA), Formosa do Rio Preto (BA) e Gilbués (PI).

A região é caracterizada por duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa, que vai de outubro a abril com os meses de novembro, dezembro e janeiro de maior precipitação, e outra seca, que vai de maio a setembro. Toda região do Chapadão está submetida a um regime climático tropical quente e úmido com taxas pluviométricas variando entre as isoietas de 800 a 1.700 mm/ano, mantendo uma intensa rede de drenagem de padrão retilíneo que corre em direção ao Rio São Francisco, perenizada através da restituição subterrânea.

Já a área da pesquisa abrange as sub-bacias dos rios de Ondas, Fêmeas e rio Grande, o que representa 25% da área total do Sistema Aquífero Urucua no Estado da Bahia. Nestas sub-bacias foram perfurados 38 (trinta e oito) poços, cuja localização está mostrada na Figura 1, com profundidade média de 80 m.

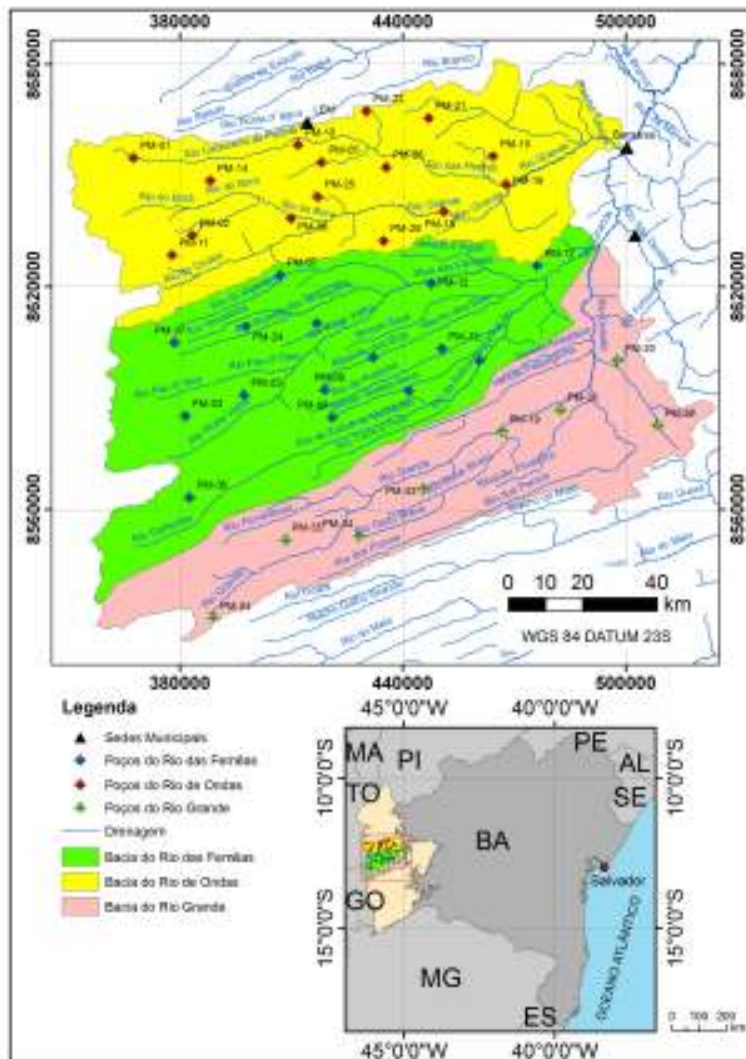


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

O principal objetivo deste trabalho é apresentar os resultados do monitoramento de 38 (trinta e oito) poços da RIMAS, na área de estudo, associados à utilização dos diagramas de classificação hidroquímica que permitem o acompanhamento das alterações na qualidade das águas subterrâneas das sub-bacias.

Tradicionalmente se faz a classificação da qualidade química das águas subterrâneas através de diagramas, os quais descrevem a concentração relativa dos íons principais como  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$  e parâmetros secundários como  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Dentre os vários diagramas propostos na literatura, destacam-se os colunares, triangulares e lineares. Os mais utilizados são os de Collins (1923[2]), Piper (1944[3]), Stiff (1951[4]) e de Shoeller (1955[5]), apresentados na Figura 2.

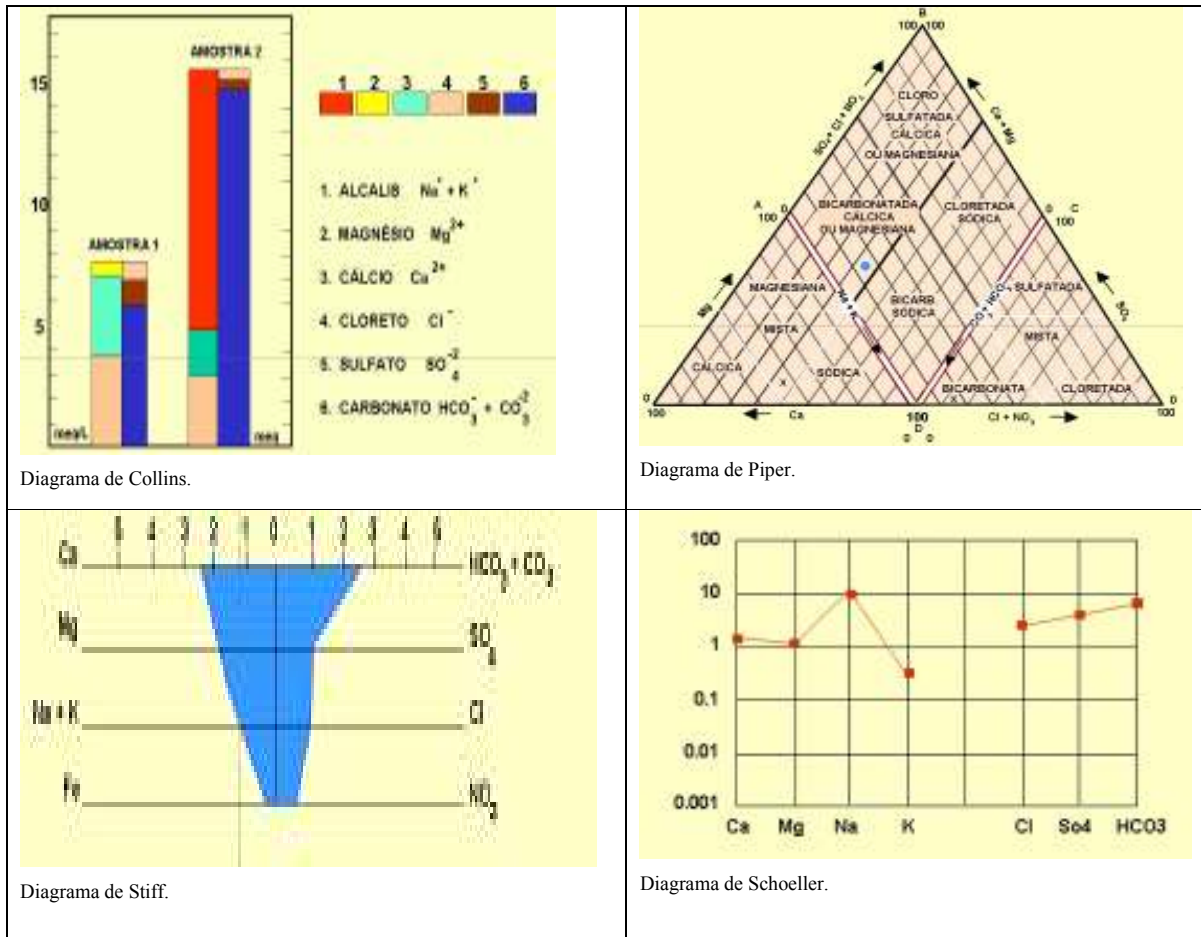


Figura 2. Principais Diagramas de Qualidade da Água Subterrânea.

### 3 – ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 – Sub-bacia do rio de Ondas

Possui uma superfície de 5.529 km<sup>2</sup> com 15 (quinze) poços e densidade de 1 (hum) poço por cada 368,60 km<sup>2</sup>. Esta sub-bacia pertence à bacia do rio Grande, abrangendo os municípios de Barreiras e Luiz Eduardo Magalhães. Seus limites são: ao norte, a bacia do rio de Janeiro; ao sul, a bacia do rio das Fêmeas; ao leste, a bacia do rio Grande, que comporta 32 (trinta e dois) rios perenes ao longo de seu curso, todos pertencentes à bacia hidrográfica do São Francisco; e ao oeste, o rio Tocantins. Através do método de Strahler (1952[6]) a bacia possui hierarquia de quarta ordem com altitudes variando de 400 a 900 m, tendo como tributários os seguintes afluentes: rio das Pedras, Rio Borá e rio Veredas das Lages. Segundo a Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia – AIBA, a bacia do rio de Ondas apresenta uma vazão de 35,5m<sup>3</sup>/s.

#### 3.2 – Sub-bacia do rio das Fêmeas

Possui uma superfície de 5.825 km<sup>2</sup>, com 15 (quinze) poços e densidade de 1(hum) poço por cada 388,33 km<sup>2</sup>. Esta sub-bacia faz parte da bacia do rio Grande, e abrange o município de São Desidério. Seus limites são: ao norte, a bacia do rio de Ondas; ao sul e ao leste, a bacia do rio Grande; e ao oeste, bacia do rio Tocantins. A vazão média anual do rio das Fêmeas é de 52,17 m<sup>3</sup>/s, com 214m<sup>3</sup>/s e 29,9m<sup>3</sup>/s para as vazões diárias máximas e mínimas registradas respectivamente.

### 3.3 – Sub-bacia do rio Grande

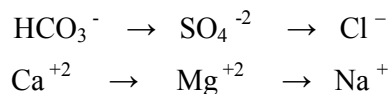
Possui uma superfície, na área estudada, de aproximadamente de 4.510 km<sup>2</sup> com 8 (oito) poços e densidade de 1 (hum) poço por cada 563,75 km<sup>2</sup>, abrangendo o município de São Desidério. Seus limites são: ao norte, a bacia do rio das Fêmeas; ao sul a bacia do rio Guará; ao leste a sub-bacia do rio São Desidério; e ao oeste a serra Geral de Goiás.

## 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se o mapa geológico do Estado da Bahia na escala 1:1.000.000 e o mapa de Isoietas da região, para a classificação preliminar dos tipos hidroquímicos e qualidade das águas subterrâneas das sub-bacias dos rios de Ondas, das Fêmeas e Grande já que, por princípio, essas águas são subordinadas, em termos de qualidade e potencial, às condições geológicas e climáticas locais.

Do acervo de dados hidrogeológicos do Projeto RIMAS, armazenados no SIAGAS/SGB/CPRM, coletaram-se as informações relativas à composição química dos 38 (trinta e oito) poços perfurados na área de estudo. Devido à presença de alguns resultados abaixo do Limite de Detecção do Método de análise (LDM), denominados, dados censurados à esquerda (Helsel, 2005[7]) foi realizada a consistência dos dados, com a substituição dos valores criticados pela metade do limite de detecção. Esta metodologia é amplamente utilizada em estudos ambientais pela simplicidade (Helsel, 2005[7]).

Em seguida utilizou-se o programa Arcview 10 para a delimitação das sub-bacias, e espacialização dos poços. Os dados das análises consistidos foram tabelados e subdivididos por bacias, através do *Microsoft Office Excel* e transferidos para o programa *Qualigraf* (2009[8]), onde se processou os gráficos de Piper e Stiff, para a determinação dos tipos hidroquímicos. Além dos tipos hidroquímicos deduzidos dos diagramas de Piper e Stiff, outro parâmetro hidrogeológico importante que pode ser determinado através desses gráficos é o caminho do fluxo da água subterrânea no aquífero. Segundo Custodio e Llhamas (1976[9]), sabe-se que na evolução normal das águas de circulação regional, dominam sucessivamente os seguintes ions:



Também foi utilizado o mapa de Isoietas do Estado da Bahia, pois a pluviosidade é outro fator importante que influencia decisivamente na classificação, bem como na interpretação do caráter químico das águas subterrâneas. O mapa de Isoietas do Estado da Bahia mostra que as chuvas progredam de oeste para leste em um intervalo desde 1700 mm/ano, próximo a Serra Geral de Goiás, até 800 mm/ano nas proximidades da cidade de Barreiras.

## 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 – Tipos Hidroquímicos da Sub-Bacia do rio de Ondas

Da análise da amostra de 15 (quinze) poços nesta bacia, observa-se no diagrama de Piper que a grande maioria das águas são classificadas como bicarbonatada sódica; três amostras do tipo sulfatadas ou cloretadas sódicas; e duas amostras sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas. Os diagramas de Stiff, mostram que os poços associados aos terrenos do Urucuia possuem menor carga de material dissolvido, e que a evolução do fluxo subterrâneo parece dar-se de oeste para leste como mostra a Figura 3.

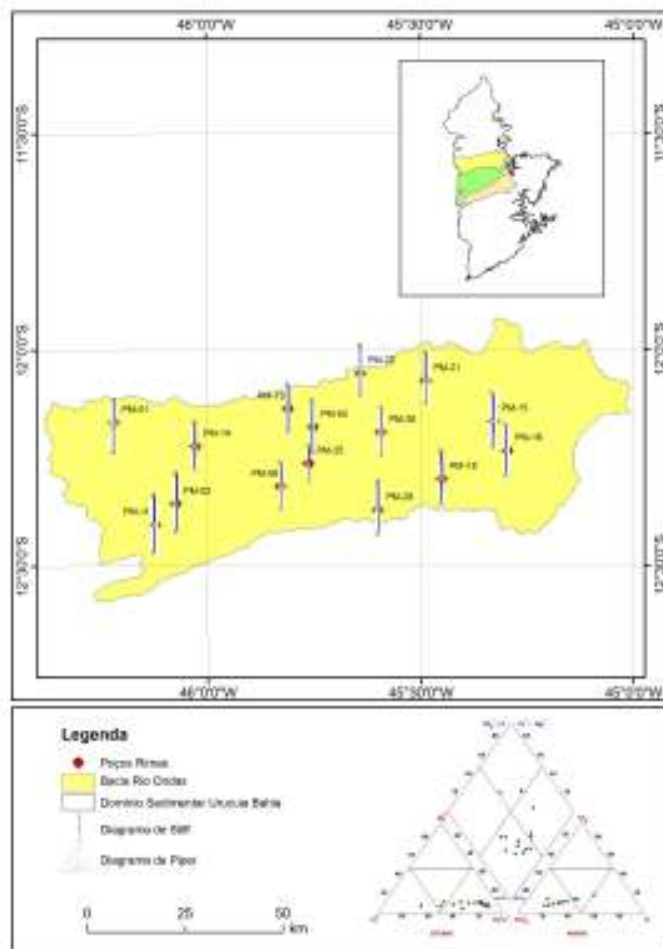


Figura 3. Qualidade Química: Sub-Bacia do rio de Ondas.

## 5.2 – Tipos Hidroquímicos da Sub-Bacia do rio das Fêmeas

Da análise da amostra de 15 (quinze) poços nesta bacia, observam-se no diagrama de Piper, que a grande maioria das águas são classificadas como do tipo sulfatadas ou cloretadas sódicas, quatro amostras do tipo bicarbonatada sódica, duas amostras sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas e uma amostra, bicarbonatada cálcica ou magnesiana. Os diagramas de Stiff mostram que os poços associados aos terrenos do Urucuia possuem menor carga de material dissolvido, e que a evolução do fluxo subterrâneo parece dar-se de oeste para leste. Entretanto existe uma anomalia de cloretos na análise da água do poço PM-03, ainda sem causa definida (Figura 4).

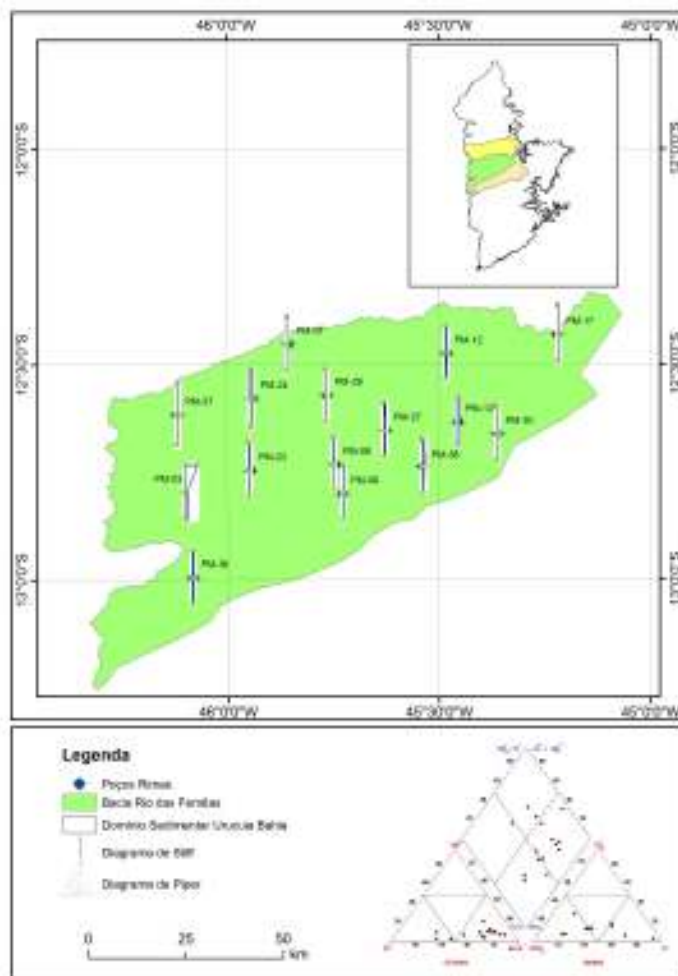


Figura 4. Qualidade Química: Sub-Bacia do rio das Fêmeas.

## 5.2 – Tipos Hidroquímicos da Sub-Bacia do rio Grande

Da análise da amostra de 8 (oito) poços nesta bacia, observa-se no diagrama de Piper, que a grande maioria das águas são classificadas como bicarbonatadas sódicas, e apenas uma amostra é sulfatada ou cloretada sódica. Os diagramas de Stiff mostram que os poços associados aos terrenos do Urucuia possuem menor carga de material dissolvido, e que a evolução do fluxo subterrâneo parece dar-se de sudoeste para nordeste (Figura 5).

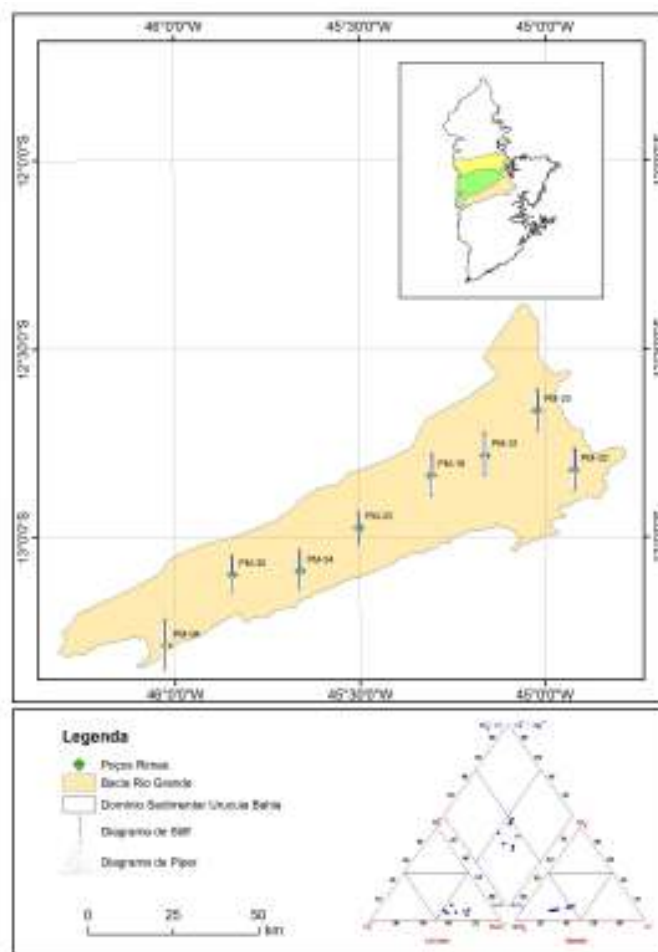


Figura 5. Qualidade Química: Sub-Bacia do rio Grande.

#### 4 – CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho mostraram que se associando a geologia, as precipitações pluviométricas e, o uso dos diagramas de Piper e Stiff os tipos hidroquímicos das águas subterrâneas das sub-bacias dos rios de Ondas, das Fêmeas e, Grande, são muito pobres em teores de sais dissolvidos sugerindo uma forte influência da pluviosidade sobre o reservatório aquífero, constituído, predominante, de arenitos quartzosos pouco susceptíveis à dissolução. Além disso, encontrou-se que o fluxo subterrâneo dá-se aproximadamente de oeste para leste.

#### 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COLLINS, W. D. Graphic Representation of Analyses. **Industrial and Engineering Chemistry**. 1923, v. 15, 394 p.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterrânea**. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1976, v. 2, 1157 p.



GASPAR, M.T.P. **Sistema Aquífero Urucua: Caracterização Regional e Propostas de Gestão**. 2006. 158 f. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. 2006.

HELSEL, D. R. **Non detects and data analysis: Statistics for censored environmental data**. New York: Wiley, 2005. 250 p.

MOBUS, G. **Programa para Análise da Qualidade da Água – QUALIGRAF**. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/software/qualigraf>. Acesso em 20 de fevereiro de 2014.

PIPER, A. M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. **American Geophysics Union**. 1944, v. 25, pp 914 – 923.

SCHOELLER, H. Geochemic des eaux souterraines. **Revue de Línstitute Façais due Petrole**, 1955, v. 10, pp 230-244.

STRAHLER, A.N. Hypsometric analysis of erosional topography. **Geological Society American Bulletin**, 1952, v. 63, pp 1117-1141.

STIFF, H. A. Jr. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. **Journal Petroleum Technology**, 1951, v. 3, n. 10, pp15 – 17.