

## DIAGNÓSTICO HIDROGEOLOGICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA FORMAÇÃO SERGI NO ESTADO DA BAHIA

Maiara Sampaio da COSTA

Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente - UFBA

[mairasampaio42@gmail.com](mailto:mairasampaio42@gmail.com)

### ABSTRACT

This paper presents the results of research carried out in the Sergi Formation, inserted in Recôncavo sedimentary basin, Bahia' state, Brazil. The research proposal to check the waters potability for the human uses and irrigation applicability. Was make analyses of 10 well received by CPRM (SIAGAS) in the Qualigraf (2014) program that enabled the waters classification (Piper (1945) and Stiff diagram), the analytic error calculation, salinity classification and irrigation classification. After, was use the Portaria 2914/2011 with purpose of analyze the water potability. The underground waters were classified as 70% fresh water and sodium a calcium bicarbonate and sodium a mixed chloride. Three well were indicated for irrigation (P-01, P-04 e P-05) and the P- 01, P02, P-03, P-04, P-05, P-07 e P-08 attend required parameters for consume. In this way, Sergi formation was considered one fine aquifer for the human use.

Keyword: Potability; Irrigation; Aquifer.

### RESUMO

O trabalho estudou a Formação Sergi localizada no Estado da Bahia e inserida na Bacia sedimentar do recôncavo, com o objetivo de verificar a potabilidade das águas para o consumo humano e a aplicabilidade na irrigação. Foi realizada análises de 10 poços obtidos pela CPRM (SIAGAS) no programa Qualigraf (2014) que viabilizou a classificação das águas (diagrama de Piper (1945) e Stiff), o cálculo do erro analítico, a caracterização da salinidade e a classificação para irrigação. Após, se utilizou a Portaria 2914/2011 com a finalidade de analisar a potabilidade das águas. As águas subterrâneas foram classificadas como 70% doces e variam entre bicarbonatadas sódico a cálcico e cloretadas sódico a misto. Três poços foram indicados para irrigação (P-01, P-04 e P-05) e os P- 01, P02, P-03, P-04, P-05, P-07 e P-08 atendem os parâmetros necessários para o consumo. Desta forma, a Formação Sergi foi considerada um bom aquífero para consumo humano.

**Palavra- chave:** Potabilidade; Irrigação; Aquífero.

## **1 - INTRODUÇÃO**

A Formação Sergi se localiza no Estado da Bahia e está inserido na bacia sedimentar do Recôncavo classificado como um aulacógeno cuja origem está associada à abertura do oceano Atlântico Sul (DE ROS, 1986).

É composta por arenitos que variam de finos a conglomeráticos, com intercalações de folhelhos avermelhados e cinza esverdeados, que foram depositados por sistemas fluviais entrelaçados e retrabalhados por sistema eólico (SILVA et al., 2007). Essa Formação foi acumulada durante o estágio pré-rift das bacias marginais brasileiras, representando uma longa subsidência e consequente geração de uma ampla bacia intracratônica (PIERINI et al. 2010).

Ela exibe alta permeabilidade e porosidade associado aos depósitos areníticos, além de apresentar grande espessura e ampla ocorrência que lhe confere a classificação de maior reservatório na Bacia do Recôncavo (SCHERER & DE ROS 2009, BONGIOLO & SCHERER 2010).

Este artigo objetiva caracterizar a hidrogeoquímica das águas subterrâneas deste grande reservatório baiano, determinando a qualidade das águas para consumo humano e para irrigação.

## **2 – LOCALIZAÇÃO**

Os 10 poços escolhidos para estudo localizam-se na Bacia do Recôncavo, na Sub-bacia Tucano Sul e são pertencentes à Formação Sergi (Figura 1).

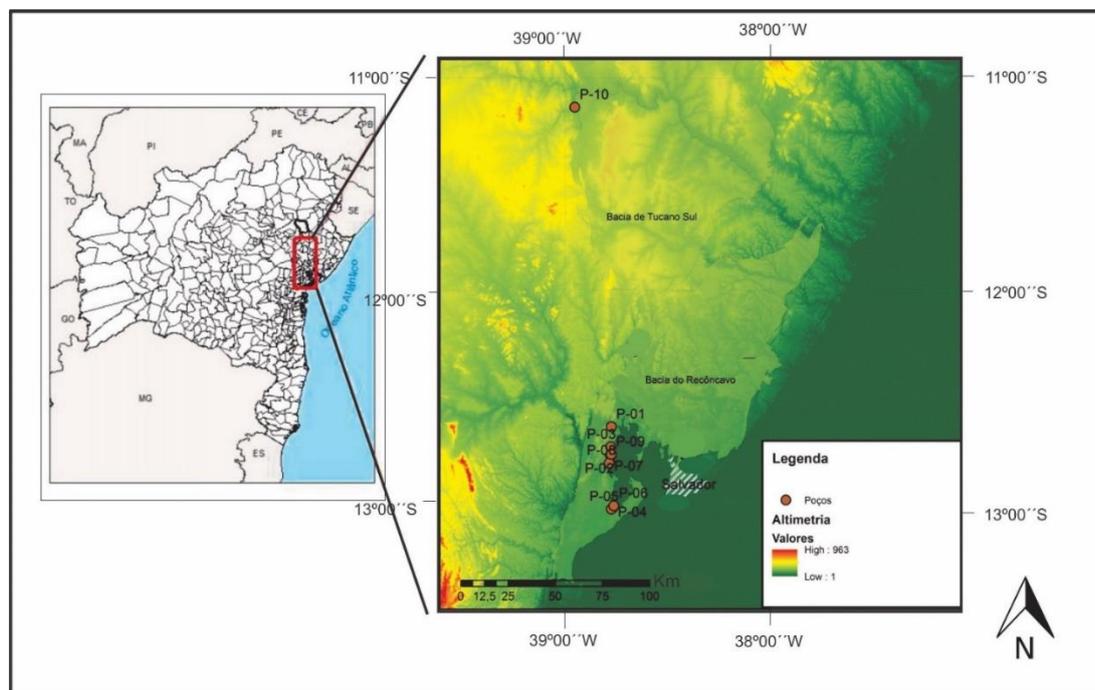
## **3 - MATERIAIS E MÉTODOS**

O banco de dados da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), denominado de SIAGAS, foi utilizado para a escolha dos poços da Formação Sergi contendo os parâmetros necessários para análise (Na, K, Ca, Mg, Cl, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, CE, PH, T, turbidez, STD, OD, DBO, nitrato, nitrito, coliformes fecais). Após a seleção, um total de 10 poços foi utilizado para o desenvolvimento do estudo (Tabela 1).

Os dados foram tratados no programa Excel e exportado para o programa Qualigraf (2014). Foi realizado no Qualigraf (2014) o cálculo do erro analítico, a análise da salinidade das águas, a classificação das águas através do Diagrama de Piper (1945) e de Stiff e classificação para irrigação.

Os parâmetros físicos e químicos foram comparados com a Portaria 2914, publicada em 2011 pelo Ministério da Saúde, para verificar a qualidade das águas da Formação Sergi, caracterizando sua potabilidade.

**Figura 1.** Mapa de localização da Formação Sergi e situação dos poços em estudo.



**Tabela 1.** Coordenadas UTM dos poços utilizados

AMOSTRAS	(X -) UTM	(Y-) UTM
P-01	8602138	524403
P-02	8587187	523938
P-03	8591663	524123
P-04	8560022	525270
P-05	8559193	524396
P-06	8560881	525663
P-07	8583265	523212
P-08	8583277	523211
P-09	8587761	524240
P-10	8768771	505035

## 4 - RESULTADOS

### 4-1 Diagrama de Piper (1945)

As águas subterrâneas da Formação Sergi possuem composição química bastante variada e podem ser divididas em 4 grupos hidroquímicos identificados a partir das fácies e subfácies no diagrama de Piper (1945).

O grupo 1, com maior representatividade, foi classificado como fácies bicarbonatada e subfácies sódica (P-03, P-06 e P-09). O grupo 2, foi identificado como fácies bicarbonatada e subfácies cálcica ou magnesianas (P-02 e P-08). O grupo 3 em fácies cloretada e subfácies sódica (P-04, P-05). O grupo 4 foi classificado como fácies cloretada e subfácies cálcicas ou magnesianas, mistas (P-01 e P-10). (Figura 2).

Na tabela 2 têm-se os parâmetros químicos (Na + K, Ca, Mg,  $\text{CO}_3+\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ) utilizados para o agrupamento dos poços em suas fácies e subfácies. Para as fácies, os ânions são os principais responsáveis pela classificação, para as subfácies são os cátions.

Observa-se que a predominância do parâmetro Na+K é o principal responsável pela classificação das subfácies em sódicas (P-04, P-05, P-06 e P-09). A presença equilibrada entre os parâmetros Na+K e Ca é o que leva a classificação a mista (P-01, P-02, P-10) e a predominância do cátion Ca a classificação em subfácies cálcica (P-07 e P-08).

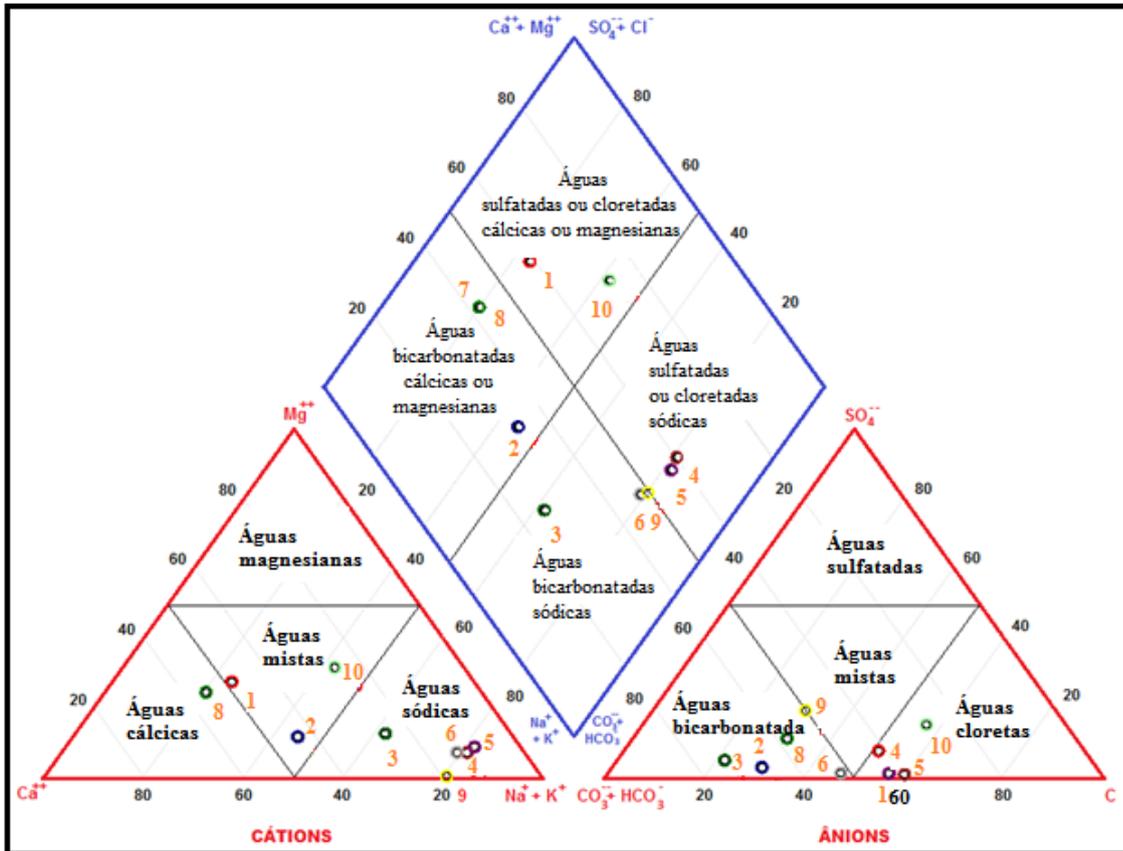
O parâmetro  $\text{CO}_3+\text{HCO}_3$  é encarregado pela classificação das águas em bicarbonatadas (P-02, P-03, P-06, P-07, P-08 e P-09). O ânion Cl é o responsável pela classificação em cloretada (P-01, P-04, P-05 e P-10).

### 4-2 Diagrama de Stiff

O diagrama de Stiff (Figura 3) possui a finalidade de indicar quais cátions e ânions (Na+K, Ca, Mg,  $\text{CO}_3+\text{HCO}_3$  e  $\text{SO}_4$ ) que mais influenciaram na composição das águas, além de indicar a intensidade de concentração desses parâmetros. Nele, formas geométricas crescem em direção aos parâmetros de maior valor.

Nos poços 1, 2 e 3 as concentrações de todos os parâmetros em questão são pequenas e apresentam leve crescimento da forma geométrica para o parâmetro  $\text{CO}_3+\text{HCO}_3$ . Nos poços 4, 5 e 6 observam-se maior intensidade dos parâmetros Na+K e Cl, indicando uma possível salinização. Foi observado também, inclinação da forma geométrica para o parâmetro  $\text{CO}_3+\text{HCO}_3$ , justificando a classificação empregada como bicarbonatada pelo diagrama de Piper.

**Figura 2.** Diagrama Piper (1945) classificando as águas preferencialmente como bicarbonatadas cálcicas a sódicas.



Os poços 7 e 8 apresentam baixas concentrações dos parâmetros estudados em comparação aos anteriores. Além disto, possuem crescimento da forma geométrica em direção aos parâmetros Ca e  $CO_3 + HCO_3$  que corroboram com a classificação anteriormente empregada como bicarbonatada cálcica.

Os poços 9 e 10 apresentam elevadas concentrações de todos os parâmetros apresentados, com ênfase no Na+K e  $CO_3 + HCO_3$  para o poço 9 e Na+K e Cl para o poço 10 que corroboram com a classificação das águas em bicarbonatada cálcica e cloretada sódica respectivamente.

### 4.3 Balanço iônico e erro analítico

O cálculo do erro analítico pode ser estimado a partir do balanço iônico, baseado no fato de que numa análise química a concentração total (expressa em meq/L) dos cátions deve ser aproximadamente igual a dos ânions. A diferença de valores apresentados é classificada como erro analítico (Simões, 2008).

No Qualigraf (2014) foi calculado o balanço iônico N°1 e N°2. O erro prático analisado no N°1 leva-se em consideração o parâmetro da condutividade elétrica dos poços. No N°2, o valor dos íons.

Na tabela 4, observa-se que os poços P- 03, P- 04 e P- 07 atendem aos dois balanços iônicos (Nº1 e Nº2) e estão de acordo em relação ao erro analítico. Os poços P-06 e P-08 só atendem ao balanço iônico Nº2. Os demais poços (P-01, P-02 e P-05, P-09 e P-10) não atendem a nenhum dos dois balanços.

**Tabela 2.** Classificações das águas subterrâneas apresentando as subfácies e fácies respectivamente.

AMOSTRAS (mg/L)	Na+K	Ca	Mg	Cl	CO <sub>3</sub> + HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS
P-01	23,3	36	53	53	74	11,5	Mista cloretada
P-02	26	19,9	15,9	15,9	61,9	2,5	Mista bicabornatada
P-03	30	10,1	10,9	10,9	65,2	3,8	Sódica bicabornatada
P-04	137,8	16,7	160	160	183	5	Sódica cloretada
P-05	107,9	10,3	120	120	146	5	Sódica cloretada
P-06	103,3	15	96	96	175	5	Sódica bicabornatada
P-07	20,6	43,7	19,8	19,8	65,5	10,3	Cálcica bicabornatada
P-08	20,6	43,7	19,8	19,8	64,5	10,3	Cálcica bicabornatada
P-09	214,2	44	130	130	370,8	115	Sódica bicabornatada
P-10	387,8	206,9	465,3	465,3	394,1	174,7	Mista cloretada

#### 4.4 Classificação da salinidade

Os sólidos Totais Dissolvidos (STD) representam o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Na maior parte das águas naturais, a Condutividade Elétrica (CE) da água, multiplicada por um fator que varia entre 0.55 e 0.75, gera uma boa estimativa de STD. A partir dos dados obtidos de STD as águas subterrâneas foram classificadas em Doces, Salobras ou Salgadas (FUNCEME, 2007).

Na tabela, foram classificados os poços P-03, P-09 e P-10 como água salobra. Observa-se que a alta condutividade elétrica favorecida pelo elevado parâmetro Na+K corroboram com esse resultado. Os poços P-01, P-02, P-04, P-05, P-06, P-07 e P-08 foram classificados como águas doces. Nenhum poço foi classificado como água salgada.

Empregando a classificação quanto ao STD em um diagrama de barra, observa-se que as águas doces da Formação Sergi correspondem a 70% dos poços em estudo. As águas salobras correspondem a 30 % dos poços.

#### **4.5 Classificação para irrigação**

Na classificação para irrigação (Figura 6) leva-se em consideração o risco de salinização condicionado pela condutividade elétrica e a razão de absorção de sódio a partir do cálculo da razão do cátion na e o parâmetro Ca+Mg.

Os poços mais indicados para irrigação são classificados com C1-S1, que são águas de baixa salinidade utilizadas para irrigar a maioria das culturas e solos, apresentando baixo risco de salinização e baixo teor de sódio. O C2-S1 consiste em água com salinidade média que possuem baixo teor de sódio. E o C3-S1 e C3-S2 são águas com alta salinidade apresentando baixo a alto teor de sódio.

Os poços P-02, P-03 e P-07 foram classificados como indicados para irrigação, C1-S1. Os poços P-01, P- 05, P- 06 e P-08 foram considerados como possíveis para irrigação e foram classificados como C2-S1. Os poços P-04, P-09 e P-10 foram definidos como pouco indicados para irrigação e foram classificados como C3-S1 e C3-S2.

### **5 -DISCUSSÃO**

#### **Qualidade para o consumo humano**

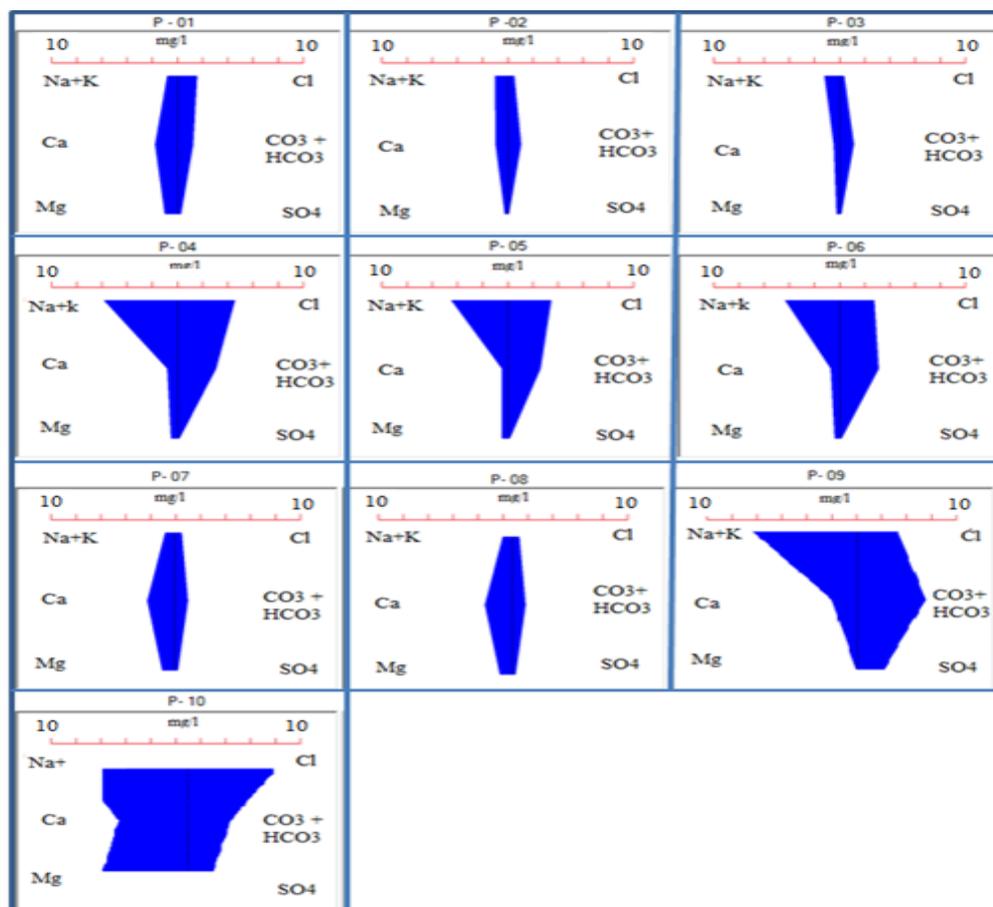
A Portaria MS 2914 do Ministério da Saúde do Brasil publicada em 2011 define o limite dos parâmetros químicos e físicos para que uma determinada água seja classificada como potável e apropriada para o consumo humano. Utilizando-se dessa Portaria, foram selecionados os parâmetros encontrados simultaneamente nela e nas fichas dos poços pesquisados. Os parâmetros escolhidos foram nitrato, nitrito, sódio, sulfato, STD, cloreto e turbidez e seus valores se encontram na tabela 5.

A partir da comparação, se observou que os poços P-06, P-09 e P- 10 não atendem todos os parâmetros necessários estabelecidos (sódio, cloro e turbidez), sendo classificado como impróprio para o consumo humano.

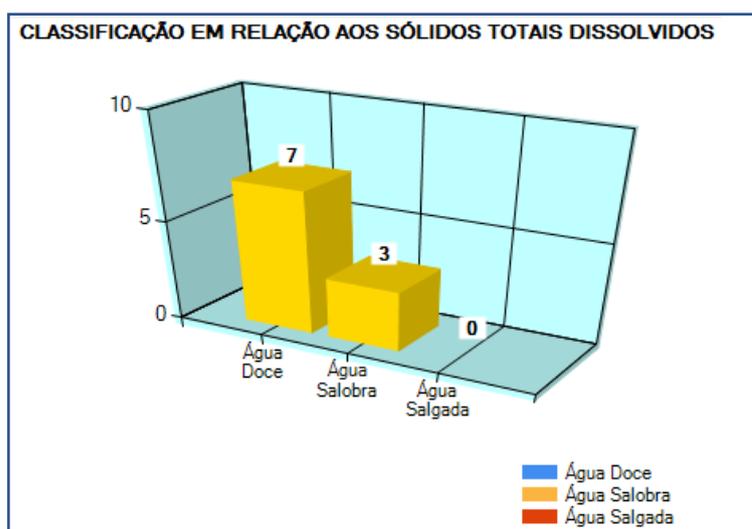
Os demais poços (P- 01, P02, P-03, P-04, P-05, P-07 e P-08) atenderam aos parâmetros estabelecidos pela Portaria e foram classificados como potáveis e próprios para o consumo humano. Desta forma, afirma-se que a Formação Sergi representa um aquífero favorável para o abastecimento humano.

Os poços P-02, P-03 e P-07 foram considerados simultaneamente potáveis e indicados para irrigação, sendo classificado como os melhores poços da Formação Sergi.

**Figura 3.** Diagrama de Stiff indicando os picos de concentrações para os parâmetros.



**Figura 4.** Diagrama de barra sugerindo a porcentagem entre água doce, salobra e salgada



**Tabela 3.** Balanço iônico e erro analítico nos poços em estudo. Parâmetros em meq/L.

AMOSTRA	Na+K	Ca	Mg	Cl	CO <sub>3</sub> + HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	C.E	Cátions	Ânions	B.I.1	B.I.2	Observação
P-01	20,6	43,7	19,8	19,8	65,5	10,3	247	3,9745	73,53	73,5	36,8	NA B.I.1 e 2
P-02	20,6	43,7	19,8	19,8	64,5	10,3	420	3,9745	73,53	73,5	36,8	NA B.I.1 e 2
P-03	214,2	44	130	130	370,8	115	1445	11,1423	5,27	5,27	2,63	OK
P-04	30	10,1	10,9	10,9	65,2	3,8	174	2,27	1,53	30,3	15,2	OK
P-05	26	19,9	15,9	15	61,9	2,5	183	2,27	1,53	39	19,5	NA B.I.1 e 2
P-06	23,3	36	53	53	74	11,5	252	3,725	2,957	23	11,5	NA B.I.1
P-07	107,9	10,3	120	120	146	5	715	6,051	9,01	9,01	4,5	OK
P-08	137,8	16,7	160	160	183	5	848	1,979	1,458	4,45	2,23	NA B.I.1
P-09	103,3	15	96	96	175	5	644	5,516	5,87	5,87	2,94	NA B.I.1 e 2
P-10	387,8	207	465	465	394,1	175	1145	23,2188	52,88	52,9	26,4	NA B.I.1 e 2

**Tabela 4.** Classificação quanto a salinidade das águas subterrâneas

AMOSTRA	Na+K	Ca	Mg	Cl	CO <sub>3</sub> + HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	C.E	STD	CLASSIFICAÇÃO
P-01	23,3	36	53	53	74	11,5	252	163,8	Água doce
P-02	26	19,9	15,9	15,9	61,9	2,5	183	119	Água doce
P-03	30	10,1	10,9	10,9	65,2	3,8	174	113,1	Água doce
P-04	137,8	16,7	160	160	183	5	848	551,2	Água salobra
P-05	107,9	10,3	120	120	146	5	715	464,8	Água doce
P-06	103,3	15	96	96	175	5	644	418,6	Água doce
P-07	20,6	43,7	19,8	19,8	65,5	10,3	247	160,6	Água doce
P-08	20,6	43,7	19,8	19,8	64,5	10,3	420	273	Água doce
P-09	214,2	44	130	130	370,8	115	1445	939,3	Água salobra
P-10	387,8	206,9	465,3	465,3	394,1	174,7	1145	744,3	Água salobra

5. Classificação para irrigação (Diagrama de Lemoine)

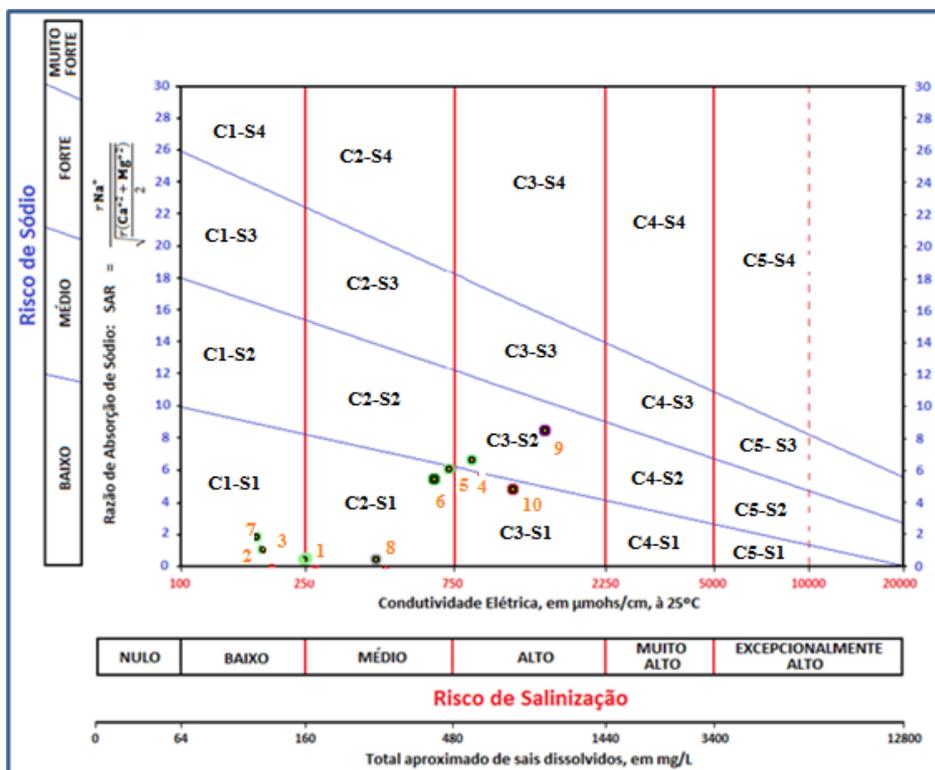


Tabela 5. Parâmetros e seus valores limite definidos pela Portaria 2914/2011

Parâmetros	Valores (mg/L)
Nitrato	10
Nitrito	1
Sódio	200
Ferro	0,3
Sulfato	250
Sólidos dissolvidos totais	1000
Cloreto	250
Turbidez	5

## 6 - CONCLUSÕES

A partir dos resultados e discussões levadas neste artigo é possível concluir que: I – O tipo de água com maior representatividade na Formação Sergi é a bicarbonatada sódica; II- Os poços P-01, P-02, P-03, P-07 e P- 08 apresentaram baixas concentrações dos parâmetros analisados no diagrama de Stiff. Já os poços P-04, P-05, P-06, P-09 e P-10 apresentaram as maiores concentrações dos parâmetros, principalmente Na+K e Cl; III -Os poços P- 03, P- 04 e P- 07 atendem aos dois balanços iônicos (Nº1 e Nº2) e erro analítico; IV - 70% dos poços apresentam água doce e apenas 30% são considerados como salobras. V -Os poços P-02, P-03 e P-07 foram os mais indicados para irrigação e foram classificados como C1-S1. VI Os poços P- 01, P02, P-03, P-04, P-05, P-07 e P-08 (70%) atenderam todos os parâmetros estabelecidos pela Portaria e foram classificados como potáveis e próprios para o consumo humano. VII- Os poços P-02, P-03 e P-07 (30%) são potáveis e indicados para irrigação, sendo considerados os melhores poços da Formação Sergi.

## REFERÊNCIAS

DE ROS, L. F. **Petrologia e características de reservatório da Formação Sergi (Jurássico) no Campo de Sesmária, Bacia do Recôncavo, Brasil**. 1986. f.107. Ciência-Técnica – Petróleo. Seção: Exploração de Petróleo. Dissertação de Mestrado em Geociências. Rio de Janeiro.1986.

QUALIGRAF (2014) FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos., 2007. Disponível: < <http://www3.funceme.br/qualigraf/app/pagina/show/2>>. Acesso em: 25/04/2017.

PIERINI C.; MIZUSAKI A.M.; PIMENTEL N.; FACCINI U.F.; SCHERER C.M.S. Paleoweathering features in the Sergi Formation (Jurassic – Cretaceous), northeastern Brazil, and implications for hydrocarbon exploration. **Journal of South American Earth Sciences**. v. 29. p. 412-426. 2010.

PIPER, A. M. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis. **Transactions American Geophysical Union**, number 25, p.914-923. 1944.

SCHERER, C.M.S. & DE ROS, L.F. Heterogeneidades dos reservatórios flúvio-eólicos da Formação Sergi na Bacia do Recôncavo. **Boletim de Geociências da PETROBRAS** (Impresso), v. 17. p. 249-271. 2009.

SILVA, O.B.; CAIXETA, J.M.; MILHOMEM, P.S.; KOSIN, M.D. Bacia do Recôncavo. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**. Rio de Janeiro. V15. Nº 2. p. 423 - 431. 2007.

SIMÕES, M. Métodos instrumentais para análise química quantitativa de águas subterrâneas e sua aplicação na caracterização do sistema aquífero Cenozóico do baixo Tejo em Almada. P. 07-08. 2008.