



Associação  
Brasileira de  
Irrigação e  
Drenagem



IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING  
XXVI CONIRD - CONGRESSO  
NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM  
III SBS - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE

## CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM ESTUDO COMPARATIVO NO PERÍMETRO IRRIGADO DO BAIXO ACARAÚ - CE

L. L. S. de Carvalho<sup>1</sup>; C. F. de Lacerda<sup>2</sup>; F. B. Lopes<sup>3</sup>; S. L. da Silva<sup>4</sup>;  
S. de O. Feitosa<sup>5</sup>; E. V. de Oliveira<sup>6</sup>

**RESUMO:** Com a presente pesquisa objetivou-se avaliar a classificação hidroquímica das águas subterrâneas e os riscos de salinidade e sodicidade das águas utilizadas para irrigação do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú – CE. Para realização da classificação hidroquímica foram selecionados seis pontos de águas subterrâneas, estabelecidos através de mapas do Perímetro e com visitas em campo, com coletas realizadas em junho de 2011, 2015 e 2016 e em novembro de 2010, 2015 e 2016. As amostras de água foram agrupadas de acordo com seu grau de similaridade utilizando a análise de agrupamento pelo método hierárquico aglomerativo, através do software SPSS 16.0. A classificação hidroquímica das águas e a classificação das águas que têm como uso a irrigação, levando em consideração a  $CE_a$  e a RAS foram realizadas através do software QUALIGRAF versão 1.17. Para a classificação hidroquímica, houve uma predominância da classe sódica quando aos cátions e cloretada quanto aos ânions para os dois grupos. Quanto à classificação das águas utilizadas na irrigação, os grupos apresentaram uma predominância da classe  $C_2S_1$ , apresentando um risco de salinidade média e um baixo risco de sodicidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos hídricos, classificação hidroquímica, qualidade da água.

### CHARACTERIZATION OF SUBTERRANEAN WATERS IN A COMPARATIVE STUDY IN THE IRRIGATED PERIMETER OF THE BAIXO ACARAÚ – CE

**ABSTRACT:** The present study aimed to evaluate the hydrochemical classification of groundwater and the salinity and sodicity risks of the water used for Irrigated Perimeter of the Acaraú - CE. Six groundwater points, established through perimeter maps and field visits, were

<sup>1</sup> Mestranda em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. e-mail: leonarialuna@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Depto Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. e-mail: cfeitosa@ufc.br

<sup>3</sup> Prof. Doutor, Depto Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. e-mail: lopesfb@ufc.br

<sup>4</sup> Mestranda em Recursos Hídricos, UFS, São Cristóvão, SE. e-mail: silvaneide-123@hotmail.com

<sup>5</sup> Mestranda em Recursos Hídricos, UFS, São Cristóvão, SE. e-mail: simone111oliveira@gmail.com

<sup>6</sup> Mestranda em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. e-mail: emanuellevictor@yahoo.com.br

selected with data collected for the accomplishment of the hydrochemical classification in period of June 2011, 2015 and 2016 and in November 2010, 2015 and 2016. Water samples were grouped according to their degree of similarity using clustering analysis by the agglomerative hierarchical method, through software SPSS 16.0. The hydrochemical classification of waters and the classification of waters for irrigation of waters that use irrigation, taking into consideration the  $CE_a$  and RAS were performed using QUALIGRAF software version 1.17. For the hydrochemical classification, there was a predominance of the sodium class when the cations were chlorinated and the anions for the two groups. Regarding the classification of waters used in irrigation, the groups showed a predominance of the  $C_2S_1$  class, presenting a risk of average salinity and a low risk of sodicity.

**KEYWORDS:** Water resources, hydrochemical classification, water quality.

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de fundamental importância para existência da vida no planeta. Apesar disso, no decorrer dos últimos anos esta tem se tornado elemento insuficiente para suprimento das necessidades populacionais, o que é decorrente do aumento populacional, assim como também pelo mau uso dos recursos hídricos (SALES et al., 2014).

Em razão disso a escassez relaciona-se cada vez mais a dois fatores: a disponibilidade e a demanda. A crise hídrica se agrava, em parte, devido ao modelo atual de produção e, consumo desenfreado da água, que é um bem patrimonial e um recurso estratégico essencial ao desenvolvimento socioeconômico de todos os países (BRAGA; FERRÃO, 2015).

A crise de abastecimento dos últimos anos, causada pelos baixos níveis dos reservatórios e lançamentos de esgotos contribuiu para se pensar no uso da água subterrânea como alternativa de suprimento hídrico (VILLAR, 2016). Esta é de extrema importância para o desenvolvimento agrícola, principalmente nas áreas áridas e semiáridas, onde as águas superficiais são escassas ou inexistentes (MONJEREZI; NGONGONDO, 2012).

A água varia de acordo com o espaço e o tempo. A região do semiárido brasileiro é caracterizado por uma distribuição irregular nas precipitações pluviométricas, com grandes variações sazonais e elevadas taxas evapotranspiratórias (FERREIRA et al., 2015). Portanto, é necessário que se realize um monitoramento espaço-temporal, o que envolve múltiplas características, gerando um alto número de informações, porém, apenas uma pequena quantidade pode ser relevante (ANDRADE et al., 2007).

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú (Figura 1), localizado próximo ao litoral norte no estado do Ceará e ao trecho final da bacia do rio Acaraú, abrangendo os municípios de Acaraú, Bela Cruz e Marco, com coordenadas geográficas que delimitam a área de 3°01'00" à 3°09'00" S e 40°01'00" à 40°09'00" W. O estudo foi realizado nos meses de junho e novembro em 2015 e 2016 e comparados com dados de 2010 e 2011 do estudo realizado por Luna (2012) com os mesmos reservatórios.

As precipitações ocorridas no posto meteorológico do Marco para os anos de 2010 (371 mm ano<sup>-1</sup>), 2011 (1262,1 mm ano<sup>-1</sup>), 2015 (740,8 mm ano<sup>-1</sup>) e 2016 (757,3 mm ano<sup>-1</sup>) ocorrem de janeiro a junho, característico da região, e as precipitações não ultrapassaram os 350 mm mês<sup>-1</sup> para o período estudado. Em 2011 houve uma maior e melhor distribuição das precipitações no período chuvoso, quando comparado aos demais anos (Figura 2).

A área tem geologia de formação Terciária, Grupo Barreiras, caracterizada por depósitos de pouca consolidação, geralmente originando solos profundos e bem drenados (MATIAS FILHO et al., 2001). Alves (2006) identificou que as manchas de solo do DIBAU, pela classificação da EMBRAPA (1999), são: Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico (LVAe), Argissolo Acinzentado Distrófico (PAcd), Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe), Neossolo Quartzarênico (RQo) e Planossolo (S) (Figura 3).

A formação dos grupos se deu pela análise de agrupamento utilizando software SPSS 16.0. Posteriormente foi feita a classificação química das águas através do software QUALIGRAF (FUNCEME, 2001), pelo diagrama de Piper, que evidencia a existência de relações entre os íons de uma mesma amostra ou ressalta as variações sazonais existentes.

Ainda pelo software QUALIGRAF (FUNCEME, 2001), foi realizada a classificação das águas para irrigação, levando em consideração a CE<sub>a</sub> e a RAS, pela metodologia do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (USSL). A classificação para irrigação é feita pela concentração de íons, como o sódio, potássio, cloreto e sulfato, e também parâmetros como sais dissolvidos, condutividade elétrica e a concentração total de cátions.

Os pontos utilizados a fim de identificar a influência da seca prolongada (2012 a 2016) foram enumerados e georreferenciados (Tabela 1). Destes, os pontos C32, C34 e C35 são utilizados apenas para consumo humano, já os C8, C36 e C37 são utilizados na irrigação.

Apesar de todos os pontos encontrarem-se localizados na área do DIBAU, os pontos C32 e C35 não estão em lotes irrigados. Já os pontos C8, C34, C36 e C37 se encontram em áreas

irrigadas e são influenciados diretamente pelo manejo da irrigação. O C35 está localizado em uma comunidade nas proximidades da barragem Santa Rosa, que pereniza o rio Acaráu. O C36 situa-se próximo ao canal principal do perímetro. Já o lote do C37 está próximo às margens da rodovia CE 178. O C32 localiza-se em uma comunidade, pertencente à bacia litorânea e está fora da área útil do perímetro. O C8 está inserido em um lote irrigado, encontra-se nas proximidades de uma comunidade e também de área de vegetação nativa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de agrupamento, foi identificado a formação de dois grupos, estes não apresentaram influência da sazonalidade e a formação foi pela influência da variabilidade espacial e composição hidroquímica. O grupo 1 é composto pelas águas dos pontos C8 (novembro/2010 e junho/2011), C32, C34, C35, C36, C37; já o grupo 2 pelas águas do ponto C8 (novembro de 2015 e 2016 e junho de 2015 e 2016).

Pelo Diagrama de Piper (Figura 4) para as águas dos grupos, no geral, 75% foram classificadas como águas sódicas cloretadas, 8% como sódicas bicarbonatadas, 3% como magnesianas cloretadas, 3% como magnesianas bicarbonatadas e 11% como cloretadas mistas, constatando uma grande dispersão nos dados do grupo 1. No triângulo que representa os cátions, 83% foram classificadas como águas sódicas, 6% como águas magnesianas e 11% classificadas como mistas; no triângulo que representa os ânions, 89% foram classificadas como cloretadas e 11% como águas bicarbonatadas.

De maneira geral, o resultado das amostradas desse estudo apresentaram uma predominância quanto aos cátions da classe sódica e quanto aos ânions da classe cloretada, confirmando os resultados encontrados por Andrade et al. (2010) e Luna (2012) na mesma área de estudo. Silva Júnior et al. (2000) cita que as águas do cristalino do Nordeste do Brasil se classificam como cloretadas sódicas, correspondendo a litologia local.

Barroso et al. (2010) estudando as águas subterrâneas do baixo Jaguaribe, no Ceará identificaram predominância da classe de águas bicarbonatas sódicas, apresentando uma predominância do sódio em relação aos demais íons. Souza et al. (2016) analisando a qualidade da água no semiárido encontraram uma predominância (45%) de classe cloretada sódica para água subterrânea. Em estudos realizados por Guedes et al. (2016) foi observado para os cátions a classe sódica e mista e para os ânions da classe cloretada e bicarbonatada. Fernandes et al. (2010) analisando as águas subterrâneas no semiárido cearense, identificaram um predomínio de águas cloretadas independentes da sazonalidade climática.

A ocorrência dessas classes do perímetro irrigado do baixo Acaraú é principalmente pelos fatores edáficos e hidrogeológicos, já que a região se encontra na parte baixa do terço inferior da bacia do Acaraú, onde há predominância de solos aluviais arenosos e derivados do arenito e cristalino. A área é banhada por águas provenientes da drenagem dos solos cristalinos da parte alta da bacia. Os acúmulos de sódio e cloro nas águas dos poços estudados podem ser intensificados pelo tipo de textura do solo, pois os solos arenosos apresentam menor resistência a lixiviações profundas dos sais existentes nestes (ANDRADE et al., 2010).

A classificação das águas para uso na irrigação está descrita na Figura 5, levando em consideração somente os pontos em uso da irrigação (C8, C36 e C37). Os pontos estudados variam entre as classes  $C_1S_1$  no qual equivale a 5,6% do total das amostras (C36 novembro/2010),  $C_2S_1$  representando 44,4% (C8 novembro/2010; C36 junho/2011; P37),  $C_3S_1$  equivalente a 27,8% (C8 junho de 2011; C36 junho/2015 e 2016 e novembro/2015 e 2016) e  $C_3S_2$  que equivale a 22,2% (C8 junho e novembro de 2015 e 2016).

Lobato et al. (2008) estudando a qualidade da água em reservatório no DIBAU observaram que no período chuvoso as classes variaram de  $C_1S_1$  a  $C_2S_1$  e no período seco foi  $C_2S_1$ . Chaves et al. (2010) estudando a qualidade das águas superficiais para irrigação no Ceará encontraram no período seco classes entre  $C_1S_1$ ,  $C_2S_1$ ,  $C_3S_1$  a  $C_3S_2$  já para o período chuvoso variaram de  $C_1S_1$ ,  $C_2S_1$ ,  $C_3S_1$  e  $C_4S_2$ . Branco et al. (2014) analisando a qualidade das águas subterrâneas no município de Frecheirinha encontraram águas classificadas como  $C_3S_1$ .

Freire et al. (2003) alertam para a necessidade de um controle criterioso da água usada na irrigação, principalmente quando a condutividade elétrica e relação de adsorção de sódio apresentam valores baixos como  $C_1S_1$  podem apresentar comportamento semelhante às águas  $C_1S_5$ , quanto à velocidade de infiltração, em decorrência da dispersão dos coloides.

## CONCLUSÕES

Na classificação hidroquímica houve uma predominância das classes sódicas cloretadas para os grupos, isso devido ao tipo de solo presente na área irrigada;

Para a classificação das águas de irrigação nos grupos houve uma predominância das classes  $C_2S_1$  que apresenta risco de salinidade média e baixo risco de sodicidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. B.; BELDERRAIN, M. C. N.; SCARPEL, R. A. Tratamento multivariado de dados por análise de correspondência e análise de agrupamentos. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA – XIII ENCITA, 2006, São José dos Campos, **Anais...** São José dos Campos, 2006.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.

ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; RODRIGUES, J. O.; CHAVES, L. C. G. Similaridade da composição hidroquímica das águas freáticas do perímetro irrigado do Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 4, n. 1, p. 11-19, 2010.

BARROSO, A. de A. F.; NESS, R. L. L.; GOMES FILHO, R. R.; SILVA, F. L. da; CHAVES, M. J. L.; LIMA, C. A. de. Avaliação qualitativa das águas subterrâneas para irrigação na região do baixo Jaguaribe – Ceará. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 3, p. 150-155, 2010.

BRANCO, A. C.; ALBUQUERQUE, C. A. da S.; SABADIA, J. A. B.; SOUTO, M. V. S. Qualidade das águas subterrâneas do município de Frecheirinha – estado do Ceará e caracterização das obras de captação. **Revista de geologia**, v. 27, n. 2, p. 183-200, 2014.

BRAGA, L. M. M.; FERRÃO, A. M. de A. A gestão dos recursos hídricos na França e no Brasil como foco nas bacias hidrográficas e seus sistemas territoriais. **Labor & Engenho**, v. 9, n. 4, p. 19-33, 2015.

CHAVES, L. C. G.; ANDRADE, E. M.; FEITOZA, R. M.; RODRIGUES, J. O.; ALEXANDRE. Distribuição espacial da qualidade da água superficial para irrigação no estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE, 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2010.

FERNANDES, F. B. P.; ANDRADE, E. M. de; FONTENELE, S. de B.; MEIRELES, A. C. M.; RIBEIRO, J. A. Análise de agrupamento como suporte a gestão qualitativa da água subterrânea no semiárido cearense. **Revista Agro@mbiente On-line**, Roraima, v. 4, n. 2, p. 86-95, 2010.

FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SILVA, G. S. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p. 277-286, 2015.

FREIRE, M. B. G. S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A.; ALVAREZ, V. H.; FREIRE, F. J. Estimativa o risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 227-232, 2003.

FUNCEME. **QUALIGRAF**. 2001. Disponível em: < <http://www3.funceme.br/qualigraf/> >. Acesso em: 13 nov 2015.

FUNCEME. **Calendário de chuvas no estado do Ceará**. Disponível em: < <http://www.funceme.br/app/calendario/produto/regioes/media/anual> >. Acesso em: 02 fev 2016.

GUEDES, T. A.; SANTOS, J. R. C. dos; FEITOSA, A. K.; NOGUEIRA, D. H. Qualidade das águas subterrâneas e superficial da comunidade de Barro Vermelho, município de Aurora, Ceará, para fins de irrigação. **Tecnologia e Ciência Aprovecuária**, João Pessoa, v. 10, n. 3, p. 37-44, 2016.

LOBATO, F. A. de O.; ANDRADE, E. M. de; MEIRELES, A. C. M.; CRISOSTOMO, L. A. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 167-172, 2008.

LOPES, F. B. **Índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, Ceará**. 2008, 116 f. Mestrado (Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

LUNA, N. R. de S. **Investigação de mudanças na qualidade das águas subterrâneas do Baixo Acaraú em decorrência do manejo da irrigação**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2012.

MATIAS FILHO, J. COSTA, R. N. T.; MENEZES, J. A. L.; LOIOLA, M. L.; MEIRELES, M.; PEREIRA, A. L. S. **Estudos e Pesquisas para avaliação de riscos potenciais de drenagem e/ou salinidade na área prioritária do projeto de irrigação Baixo Acaraú**. Fortaleza: UFC, 2001, 27 p. (Relatório Técnico).

MONJEREZI, M.; NGONGONDO, C. Quality of Groundwater Resources in Chikhwawa, Lower Shire Valley, Malawi. **Water Quality, Exposure and Health**, v. 4, n. 1, p. 39-53, 2012.

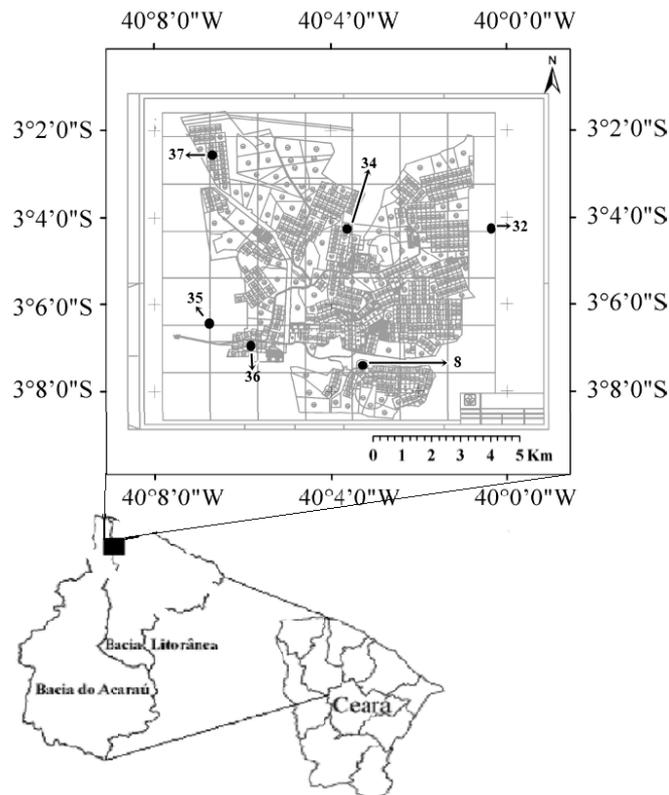
SALES, M. M. de; LOPES, F. B.; MEIRELES, A. C. M.; CHAVES, L. C. G.; ANDRADE, E. M. de. Variabilidade espacial e temporal da qualidade das águas em reservatório da região

semiárida para fins de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 5, p. 411-421, 2014.

SILVA JÚNIOR, J.N; SOUSA, A.R.; SÁ, V.A.L.; LIMA, B.P. Relações entre a concentração de íons e a salinidade de águas subterrâneas e superficiais visando à irrigação no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.189-193, 2000.

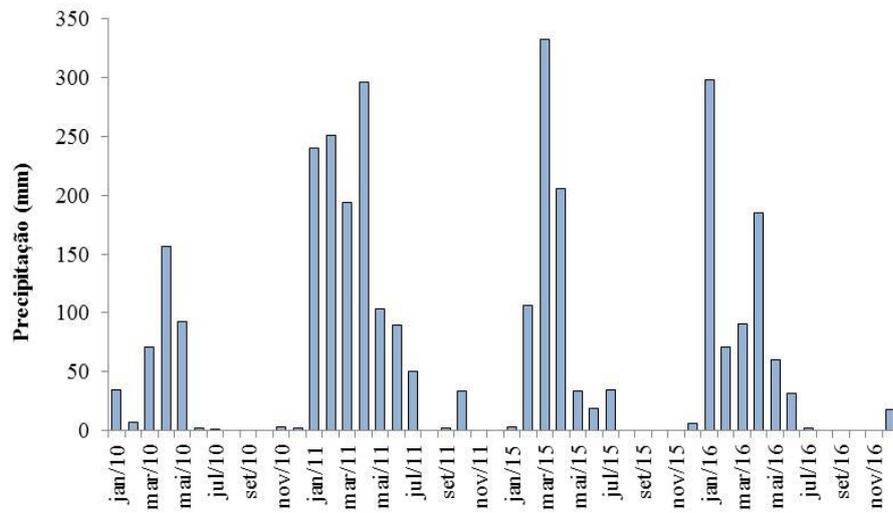
SOUZA, C. A. de; ARAÚJO, Y. R.; ARAÚJO NETO, J. R. de; PALÁCIO, H. A. de Q.; BARROS, B. E. A. Análise comparativa da qualidade de água para irrigação em três sistemas hídricos conectados no semiárido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 6, p. 1011-1022, 2016.

VILLAR, P. C. Em um contexto de crise. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XIX, n. 1, p. 83-102, 2016.

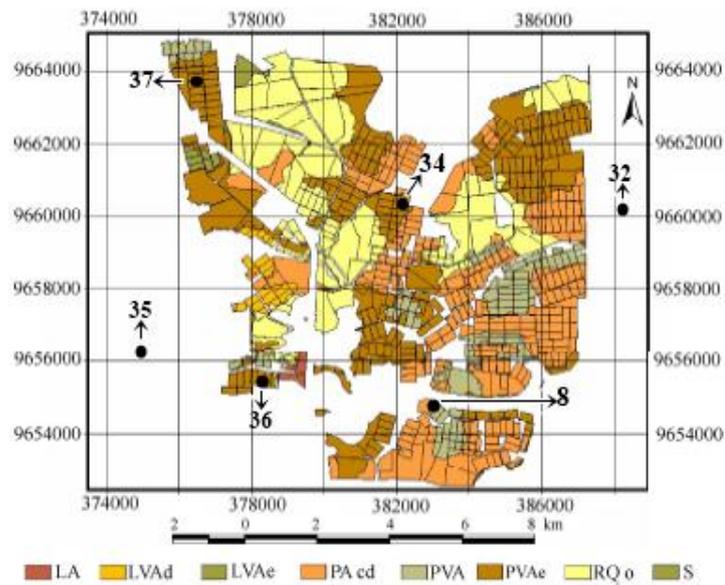


**Figura 1.** Localização do DIBAU

Lopes, 2008



**Figura 2.** Precipitações pluviométricas ocorridas no posto meteorológico do município do Marco nos anos de 2010, 2011, 2015 e 2016  
FUNCEME, 2016



**Figura 3.** Classes de solos presentes no DIBAU  
Alves, 2006

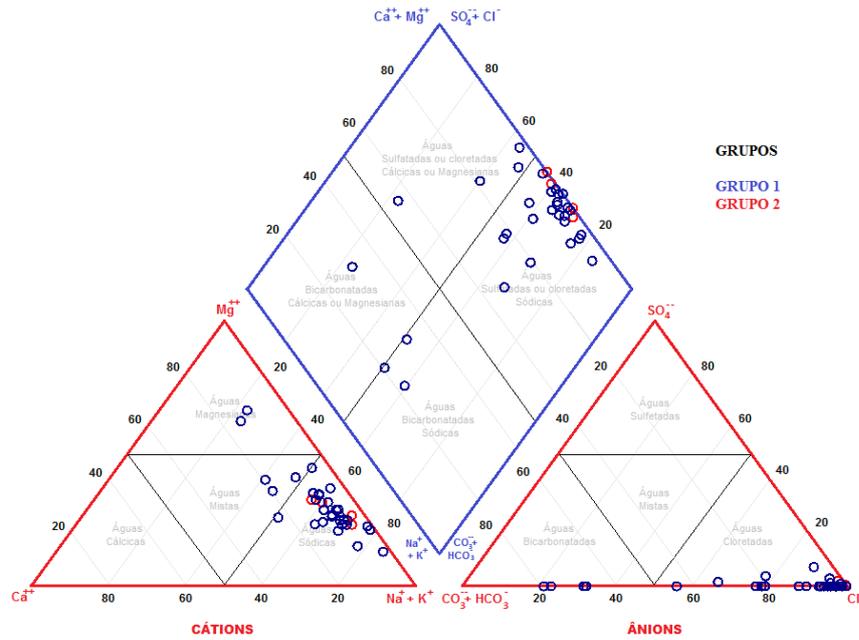


Figura 4. Classificação das águas subterrâneas dos grupos do DIBAU, para fim de comparação

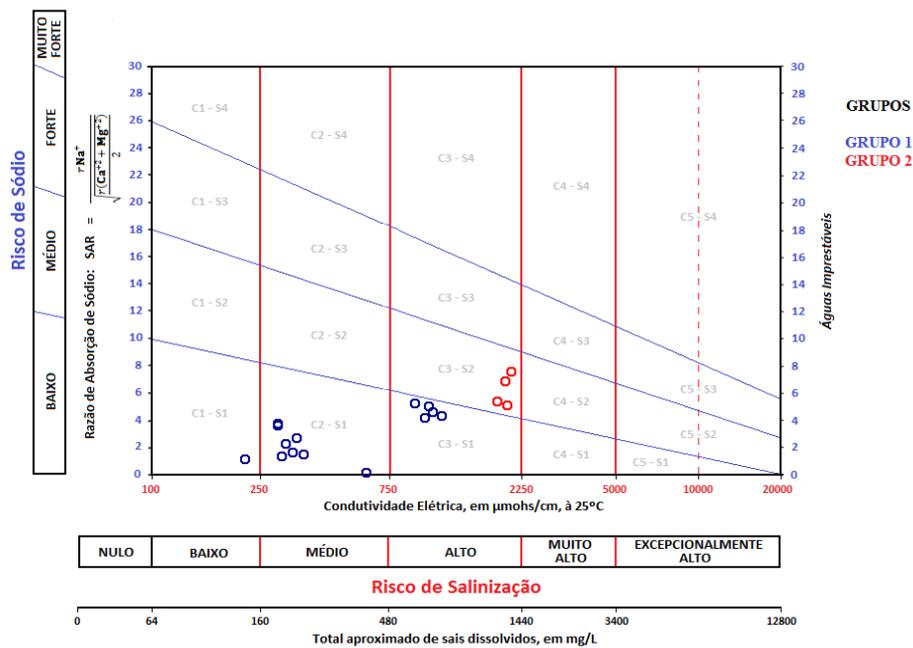


Figura 5. Classificação das águas subterrâneas dos grupos utilizados para irrigação do DIBAU, para fim de comparação

Tabela 1. Pontos estabelecidos para coleta das amostras (SIRGAS 2000)

Pontos	Identificação	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Origem
C8	T4/2/A2	-3,1225	-40,0545	Cacimba
C32	Córrego do Fernando	-3,0679	-40,0069	Cacimba
C34	C17/3	-3,0715	-40,0629	Cacimba
C35	Santa rosa	-3,1073	-40,1232	Cacimba
C36	C7/A1	-3,1149	-40,0963	Cacimba
C37	C70/1	-3,0413	-40,1107	Cacimba