

IX-041 - QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA BACIA SEDIMENTAR NA REGIÃO DO BAIXO CURSO DO RIO PARAÍBA: ESTUDO PRELIMINAR

Camila Macêdo Medeiros⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG.

Dayse Luna Barbosa⁽²⁾

Professora Adjunta UFCG/Graduação e Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental. Mestre – Engenharia Civil -UFPB - Doutora em Recursos Naturais – UFCG.

Beatriz Susana Ovruski de Ceballos⁽²⁾

Titular UEPB/Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental. Professora Colaboradora UFCG/Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental/Doutorado em Recursos Naturais. Mestre - Escola Paulista de Medicina/EPM - Doutora em Ciências (Microbiologia Ambiental) - USP.

Marcia Maria Rios Ribeiro⁽²⁾

Professora Adjunta UFCG/Graduação/Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental/Doutorado em Recursos Naturais. Mestre – Engenharia Civil -UFPB - Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento - UFRGS.

Endereço⁽¹⁾: Rua Aprigio Veloso, 882 - Bairro Universitário- Campina Grande- Paraíba - CEP: 58429-140 - Brasil - Tel: +55 (83) 2101-1422 - e-mail: **camilamedeirosm@gmail.com**

RESUMO

A qualidade da água é resultante das condições de seu entorno, do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica e de outras variáveis. Diante disto essa pesquisa tem o objetivo de caracterizar a qualidade das águas subterrâneas da Bacia Sedimentar Costeira na Região do Baixo Curso do rio Paraíba, no estado da Paraíba, tendo como subsídio o mapa de uso e ocupação do solo e o mapa da localização das fontes potencialmente poluidoras da região em estudo. Para isto foram selecionados 24 poços distribuídos na Região do Baixo Curso do rio Paraíba, situados nas cidades de Cabedelo e João Pessoa. Foram realizadas duas campanhas de coleta: uma na estiagem e a outra na época de chuvas. As variáveis selecionadas foram: cor aparente, turbidez, pH, condutividade elétrica, salinidade, sólidos dissolvidos totais, alcalinidade e dureza, cálcio, sódio, potássio, cloreto, ferro, magnésio, nitrato, nitrito, N-amoniaco, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e *Escherichia coli*. Para analisar os resultados foi utilizada a classificação das águas de acordo com os íons presentes empregando-se o software QualiGraf (FUNCEME, 2009) para a construção de um diagrama de Piper. Aplicou-se análise estatística básica, e por fim para as discussões, relacionaram-se a qualidade da água dos poços com o mapa de uso e ocupação do solo desenvolvido por Rufino *et al* (2010) e com o mapa de localização de fontes potencialmente poluidoras das águas subterrâneas. Como conclusão observou-se que a caracterização da qualidade da água deve ser analisada de forma integrada com a quantidade e com o uso do solo da bacia. Observou-se uma pior qualidade da água na época de seca, quando os aquíferos apresentam menor disponibilidade hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Água subterrânea, Qualidade da água, Rio Paraíba

INTRODUÇÃO

A qualidade da água é resultante das condições naturais e antrópicas de seu entorno, portanto, reflete o uso e a ocupação de sua bacia hidrográfica. Tal ocupação intensiva, provocada pelo aumento da população, tem provocado a exploração das águas subterrâneas de forma crescente e desordenada para os mais diversos usos de acordo com ANA (2005). O reflexo do uso crescente do recurso hídrico é a estimativa de que existam no país pelo menos 400.000 poços perfurados em funcionamento.

Como consequência do crescente número de poços perfurados e das atividades antrópicas nas zonas de recarga observam-se impactos já severos na qualidade da água dos aquíferos, resultando em prejuízos como problemas à saúde pública. A qualidade da água subterrânea vem se tornando cada vez mais importante no gerenciamento dos recursos hídricos no país, pois uma vez poluídos, os processos de despoluição dos aquíferos são bem mais complexos e onerosos que os das águas superficiais.

A ausência de uma gestão eficaz dos recursos hídricos subterrâneos na Região do Baixo Curso do rio Paraíba, na Paraíba, é revelada pela perfuração desordenada de poços e poderia ser a causa provável da alteração da qualidade das águas dos aquíferos da região.

Essa pesquisa tem o objetivo de caracterizar a qualidade das águas subterrâneas da Bacia Sedimentar Costeira na Região do Baixo Curso do rio Paraíba, tendo como subsídio o mapa de uso e ocupação do solo e o mapa da localização das fontes potencialmente poluidoras da região em estudo (Rufino *et al*, 2010).

METODOLOGIA

Para a caracterização e a análise da qualidade das águas subterrâneas da Bacia Sedimentar Costeira na Região do Baixo Curso do rio Paraíba, foram selecionados 24 poços distribuídos na Região do Baixo Curso do rio Paraíba (Figura 1). Esses poços se situam nas cidades de Cabedelo e João Pessoa, em áreas urbanizadas e industrializadas portanto, mais vulneráveis a impactos que podem alterar a qualidade da água. Foram realizadas duas campanhas de coleta: uma na estiagem, entre fevereiro e março de 2010, e a outra na época de chuvas, entre junho e agosto do mesmo ano. As variáveis selecionadas foram: cor aparente, turbidez, pH, condutividade elétrica, salinidade, sólidos dissolvidos totais, alcalinidade e dureza, cálcio, sódio, potássio, cloreto, ferro, magnésio, nitrato, nitrito, N-amoniaco, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e *Escherichia coli*.

Na análise preliminar dos resultados foi utilizada a classificação das águas de acordo com os íons presentes empregando-se o software QualiGraf (FUNCEME, 2009) para a construção de um diagrama de Piper. Após aplicou-se a análise estatística básica (média, desvio padrão, mediana, valores máximos e mínimos). Para as discussões, relacionaram-se a qualidade da água dos poços com o mapa de uso e ocupação do solo desenvolvido por Rufino *et al* (2010) e com o mapa de localização de fontes potencialmente poluidoras das águas subterrâneas. Para a confecção deste ultimo mapa buscou-se informações no cadastro da Superintendência de Administração do Meio Ambiente- SUDEMA de registros de postos de gasolina, cemitérios e lixões.

ÁREA DE ESTUDO

A Região do Baixo Curso do rio Paraíba (Figura 1), corresponde a uma porção da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. A Região do Baixo Curso do rio Paraíba situa-se na parte litorânea do Estado da Paraíba. A área de estudo é de cerca de 1.129,35 km², abrange total ou parcialmente 10 municípios entre os quais João Pessoa, onde se localiza a capital do estado, com 723.515 habitantes (IBGE, 2010).

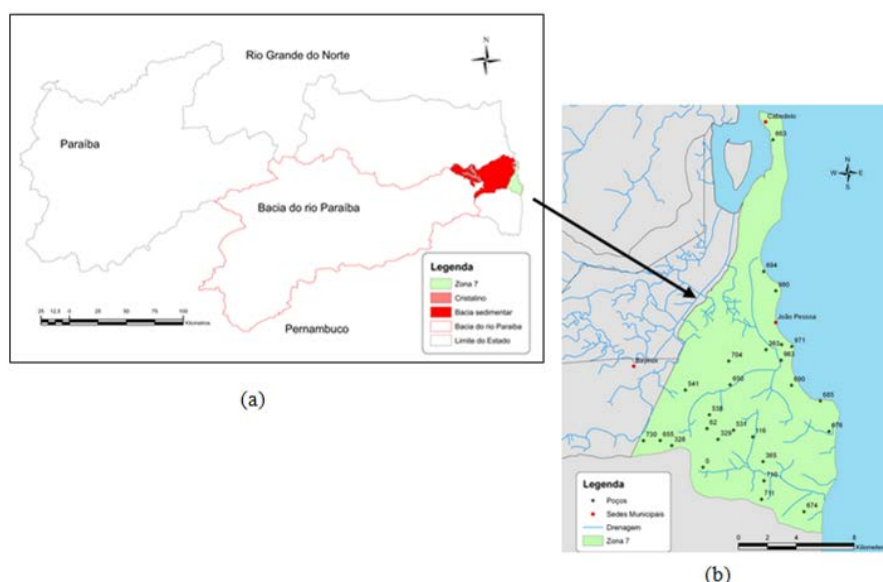


Figura 1 –(a) Localização da porção sedimentar da Região do Baixo Curso do rio Paraíba; (b) Distribuição dos poços estudados.

A Região do Baixo Curso do rio Paraíba apresenta temperatura média mensal anual em torno de 25,6 °C, pluviometria média anual em torno de 1.500 mm, com valores decrescentes para o interior e evaporação anual entre 1.300 a 1.800 mm, decrescendo do interior para o litoral. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Aw'i, tropical úmido com estação seca na primavera (AESA, 2006).

A cidade de João Pessoa situa-se sobre o sistema aquífero Pernambuco-Paraíba. O aquífero é composto pelas formações Beberibe inferior e superior e a formação Barreiras. A formação Beberibe é constituída de arenitos e a presença de rochas carbonáticas na porção superior desse aquífero propicia a acumulação de águas de elevada dureza. Já a formação Barreiras, originada no Terciário, possui sedimentos fluvio-marítimos (areias, calcários conchíferos, etc.), aluviais (areias, siltes e argilas) e de praias (areias finas) (ASUB, 2010).

Dentre os 24 poços selecionados para coleta de água, 9 pertencem à Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA e são destinados ao abastecimento público da cidade de João Pessoa. Dois são de uso industrial (uma gráfica e uma indústria alimentícia) e a água é destinada para diversos usos. Nove poços são de uso comercial (lavajatos, postos de gasolina, hotéis, bares e restaurantes), onde a água é usada para várias finalidades, inclusive o consumo humano e o preparo de alimentos. Quatro poços de propriedades particulares, como chácaras, prédios e vilas de casas são utilizados para o abastecimento humano. Por fim, um poço é destinado para a dessedentação animal em um zoológico. Dos 24 poços, apenas os da CAGEPA tem controle de qualidade da água e é feita desinfecção antes de sua distribuição; um outro poço, localizado em um prédio residencial, recebe apenas cloração simples antes do uso.

O mapa de uso e ocupação do solo e a localização das fontes de poluição (Figura 2 e 3) foram utilizados para confrontar com os resultados das análises dos parâmetros de qualidade. Assim pode-se identificar nos locais de coleta, a proximidade de fontes potencialmente poluidoras, como cemitérios, lixão e postos de gasolina, entre outros.

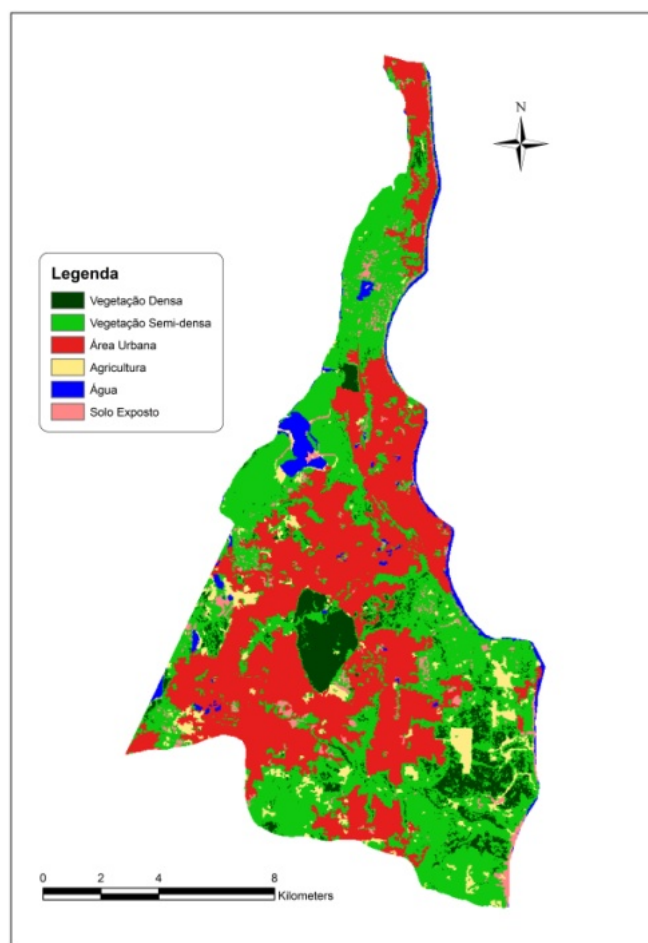


Figura 2- Uso e ocupação do solo (Rufino et al, 2010)

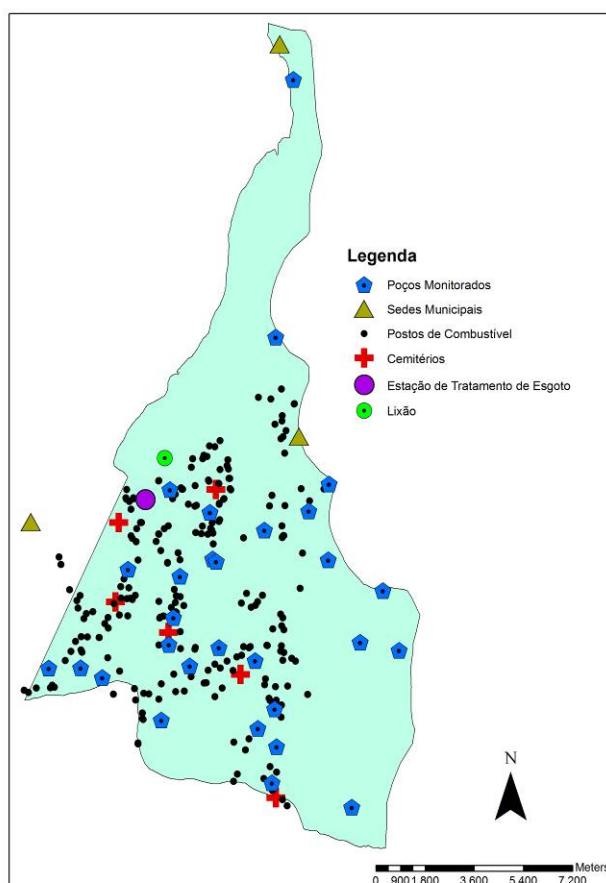


Figura 3 – Fontes Potencialmente poluidoras.

RESULTADOS

O estudo da variação temporal da qualidade das águas subterrâneas nas épocas de seca e de chuva permitiu analisar as flutuações dos parâmetros qualitativos das águas subterrâneas sob diferentes condições ambientais. A seguir, as tabelas mostram os resultados obtidos.

Comparando as Tabelas 1 e 2, observa-se um comportamento diferenciado de alguns dos parâmetros de qualidade (íons e densidade de *E.coli* – contaminação fecal) de acordo com a época do ano, o qual confirma a importância de tratar a qualidade e a quantidade da água de forma associada.

Tabela 1: Estatística básica dos resultados das análises de qualidade da água na época seca.

Número	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Desvio Padrão
Cor Aparente (UC)	52,71	0,50	10,88	6,37	11,91
Turbidez (NTU)	15,41	0,51	3,01	1,83	3,59
pH	8,31	4,82	6,51	6,63	1,07
C.elétrica (µS/ cma)	679,82	62,41	358,87	390,76	177,63
Salinidade (PPM)	1879,48	37,07	262,40	197,86	357,02
SDT (mg/L)	598,00	32,00	200,96	168,00	148,61
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	92,00	2,50	39,90	30,00	35,51
Alcalinidade de bicarbonato (mg [HCO ₃]/L)	112,24	3,05	48,67	36,60	43,32
Alcalinidade de carbonato (mg CO ₃ ²⁻ /L)	55,20	1,50	23,94	18,00	21,30
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	404,00	31,00	150,96	116,50	107,46
Ca ++ (mg/L)	318,00	16,00	101,08	69,50	81,89
Na + (mg/L)	342,00	2,60	69,54	30,52	83,38
K (mg/L)	51,00	0,80	10,95	4,53	12,43
Cl - (mg/l)	190,97	19,25	42,38	28,68	36,74
Ferro (mg/L)	0,42	0,15	0,24	0,23	0,09
Mg(mg/L)	133,32	6,72	36,19	32,70	28,79
Nitrato(NO₃-)(mg/L)	0,79	0,00	0,16	0,03	0,21
Nitrito(NO ₂ -)(mg/L)	0,09	0,00	0,02	0,01	0,02
N-amoniaco (mg /l)	24,59	0,00	1,56	0,04	5,13
OD mgO ₂ /mL	8,94	2,10	5,73	6,00	1,96
Coliformes Totais (NMP/100mL)	2419,00	1,00	345,84	1,00	807,74
E. coli (NMP/100mL)	2419,00	1,00	101,75	1,00	493,57

Tabela 2: Estatística básica dos resultados das análises de qualidade da água na época chuvosa.

Número	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Desvio Padrão
Cor Aparente (UC)	54,5	1,4	10,82	5,06	12,39
Turbidez (NTU)	14,5	0,9	3,16	1,92	3,40
pH	8,04	4,45	6,41	6,64	1,16
C.elétrica (µS/ cma)	564,3	76,2	292,60	328,60	150,79
Salinidade (PPM)	284,6	37,72	154,70	160,85	82,86
SDT (mg/L)	348	48	175,15	192,60	90,10
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	100	2	40,93	43,00	34,90
Alcalinidade de bicarbonato (mg [HCO ₃]/L)	122	2,44	49,93	52,46	42,58
Alcalinidade de carbonato (mg CO ₃ ²⁻ /L)	60	1,2	24,56	25,80	20,94
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	346	28	138,88	107,00	90,81
Ca ++ (mg/L)	168	16	72,08	49,50	49,89
Na + (mg/L)	265,1	1,65	60,18	36,33	65,11
K (mg/L)	38,6	0,63	9,93	5,40	10,53
Cl - (mg/l)	118,54	19,21	39,38	29,52	24,96
Ferro (mg/L)	0,63	0,15	0,34	0,31	0,14
Mg(mg/L)	57,12	4,92	32,02	38,76	18,89
Nitrato(NO₃-)(mg/L)	0,6423	0,0046	0,17	0,03	0,18
Nitrito(NO ₂ -)(mg/L)	0,07	0	0,01	0,00	0,02
N-amoniaco (mg /l)	18,356	0	1,16	0,03	3,84
OD mgO ₂ /mL	7,8	3,24	5,97	6,11	1,43
Coliformes Totais (NMP/100mL)	2419,6	1	489,52	57,65	820,01
E. coli (NMP/100mL)	248,1	1	12,05	1,00	50,41

Os parâmetros destacados nas Tabelas 1 e 2 foram os que apresentaram maior divergência na análise temporal dos dados. Comparando os resultados com os valores da Portaria MS 518/2004, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, observa-se que todos os poços desobedecem, pelo menos, um dos requisitos exigidos na portaria, pois todos apresentaram coliformes termotolerantes em alguma das duas campanhas de coleta, enquanto que a portaria estabelece a ausência dos mesmos. Ressalta-se que, nos casos em que era aplicado algum tipo de tratamento, a coleta era feita antes do tratamento da água, porém, apenas os poços destinados ao abastecimento público da CAGEPA recebem tratamento adequado da água.

Com relação aos parâmetros físicos que apresentaram valores em desconformidade com os limites estabelecidos na Portaria observa-se que para cor aparente 33% e 29%, dos resultados dos período seco e chuvoso respectivamente, apresentaram valores maiores que 15uH, valor este correspondente ao limite estabelecido para a água potável. Destaca-se que a cor é uma característica conferida à água pelas substâncias dissolvidas ou em suspensão.

Na maioria das amostras, o pH teve valores entre básico e neutro sendo que 38% (estiagem) e 33% (chuvoso) foram ácidas e apresentaram valores abaixo do permitido para potabilidade (inferior a 6,0).

Já com relação aos íons, o ferro apresentou o maior número de valores acima do permitido. No período de estiagem, 38% das amostras deram resultados acima de 0,3mg/l de ferro (VMP) e no da estação chuvosa, 54%. O ferro confere à água sabor amargo e coloração amarelada e turva; nas águas subterrâneas altos teores de ferro podem ser associados à ocorrência de ferrobactérias ou até à corrosão do revestimento ou filtro do poço.

Para analisar os íons dominantes da água, na área de estudo, utilizou-se o diagrama de Piper para as duas estações em que foram feitas as coletas (Figuras 4 e 5). Esse tipo de classificação é baseada na sobrepujança de determinado íon sobre os outros.

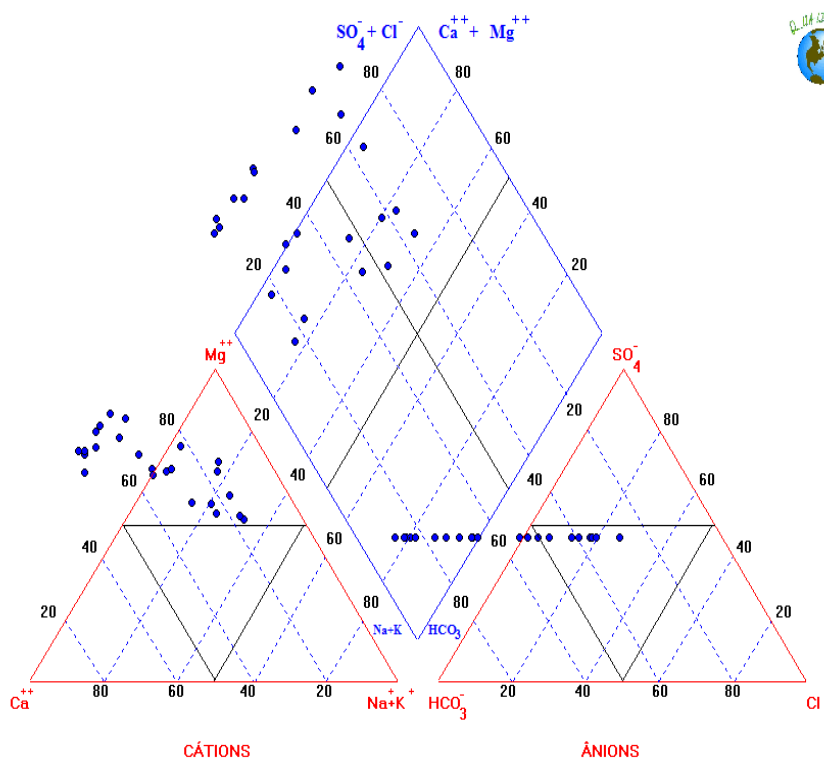


Figura 4- Diagrama de Piper para época de estiagem

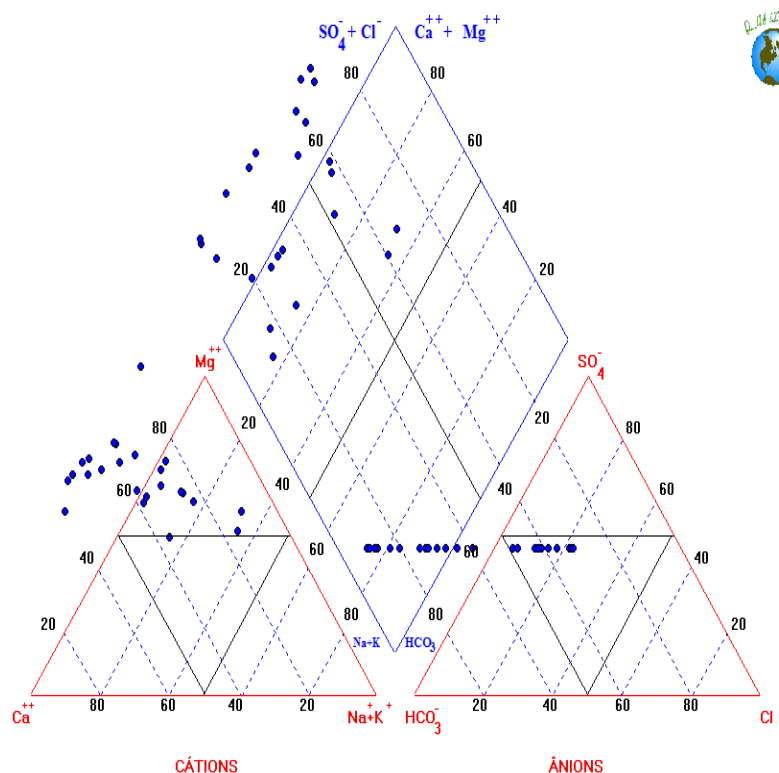


Figura 5- Diagrama de Piper para época chuvosa

Analizando as Figuras 4 e 5, as águas são classificadas como magnesianas, bicarbonatadas sódicas e cálcicas para ambas as estações do ano.

CONCLUSÕES

A caracterização da qualidade da água deve ser analisada de forma integrada com a quantidade e com o uso do solo da bacia. Observou-se, neste trabalho, pior qualidade da água na época de seca, quando os aquíferos apresentam menor disponibilidade hídrica e, portanto, os íons e outras espécies químicas estão mais concentrados. O mapa de uso e ocupação do solo mostra que a maior parte da ocupação é a urbana, salvo a área de vegetação densa que corresponde à Mata do Buraquinho e que é uma área de preservação ambiental permanente, e cujos poços contêm água de excelente qualidade.

Analizando o mapa da localização das fontes potencialmente poluidoras observa-se a proximidade dos poços com essas fontes, podendo ser essa a maior causa da poluição do aquífero. Recomenda-se, para uma gestão mais eficaz da qualidade da água subterrânea, relacionar a vulnerabilidade natural do aquífero segundo suas características físicas (tipo do solo, camadas confinantes, etc.) com a localização das potenciais fontes de contaminação, o qual significa a realização de um zoneamento, a fim de proteger a qualidade dos aquíferos. Também se devem relacionar a qualidade das águas subterrâneas com a qualidade da água de superfície, pois são participantes do ciclo hidrológico e estão intimamente relacionadas: são as águas subterrâneas, na época de estiagem, que alimentam os cursos de água superficiais.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao MCT/FINEP/CT-HIDRO pelo financiamento do projeto “Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para gestão das águas subterrâneas- ASUB”, do qual esta pesquisa faz parte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – Agência Nacional de Águas. Cadernos de Recursos Hídricos. Panorama da qualidade das águas subterrâneas do Brasil. Brasília, 2005.
2. AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Relatório Final (2006). Disponível on-line em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/perh/>>. Acesso em março de 2011.
3. ASUB- Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a Gestão das águas Subterrâneas. Relatório Técnico Parcial nº 1. Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande, 2010.
4. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo 2010. Disponível on-line em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso abril de 2011.
5. FUNCEME; Qualigraf. Disponível on-line em: <http://www.funceme.br/>. 2009
6. Ministério da Saúde- MS Portaria n.º 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.
7. RUFINO, I. A. A.; ALMEIDA FILHO, D. F. de; OLIVEIRA, A. L.; LUGUINHO, R. L.; Geoprocessamento no apoio aos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança na gestão das águas subterrâneas. X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Fortaleza: ABRH, 2010