

# VARIAÇÃO SAZONAL E INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO NA SALINIDADE DA ÁGUA DE AQUÍFERO ALUVIAL NO SEMI-ÁRIDO

Suzana Maria Gico Lima Montenegro<sup>(1)</sup>; Abelardo Antônio de Assunção Montenegro<sup>(2)</sup>;  
Othon Fialho de Oliveira<sup>(3)</sup>; Felipe Tavares<sup>(4)</sup> & Isaac Leal<sup>(5)</sup>

**Resumo**--Estudo vem sendo desenvolvido em área aluvial irrigada no semi-árido de Pernambuco, visando investigar a sazonalidade das águas subterrâneas, bem como a influência da irrigação sobre os recursos hídricos. A água dos aquíferos aluvionares é susceptível à salinização. Em particular, a salinização secundária decorre da prática da irrigação sem o manejo adequado, associada às condições naturais de solo e de clima. Investiga-se a variação temporal da condutividade elétrica e da RAS (Razão de Adsorção de Sódio) de quatro poços. Os poços estão dispostos aproximadamente no eixo longitudinal do aluvião, na seguinte ordem, de montante para jusante: P4, P3, P2, e P1. Os dois últimos poços estão instalados às margens do riacho principal (Riacho Mimoso), afluente do Rio Ipanema. As águas dos poços mantêm sua classificação quanto ao risco de salinização e de sodificação, para o período anterior à implementação da irrigação (Novembro de 1989) até o mês de Janeiro de 2002. Com exceção do poço P4 (com água de classe C2S1), os demais poços mantêm a qualidade da água com predominância da classe C3S1. Pode-se então concluir que a irrigação não promoveu alterações significativas de salinidade e sodicidade das águas subterrâneas disponíveis.

Palavras-chave: Aluvião; salinidade; sodicidade; semi-árido

**Abstract**--Field monitoring programme has been developed in an irrigated alluvial area in the semi-arid zone of Pernambuco State. The aim is to investigate the seasonal variation in groundwater salinity, and to analyse the impact of irrigation practices on groundwater quality and quantity. The study site is located in Pesqueira, 220km west from Recife. About 50 families live there and develop small scale irrigated agriculture. Groundwater in the brazilian semi-arid zone is under threat of salinization, in particular secondary salinization from poorly managed irrigation practices, associated to soil and climate conditions. Variability in time of electrical conductivity and SAR (Sodium Adsorption Ratio) has been investigated at four public wells in the farm supplying irrigation. The wells are located at the main longitudinal aquifer transect. The location sequence is

---

<sup>1</sup> Prof Adjunto. Universidade Federal de Pernambuco; Departamento de Engenharia Civil; Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária; CEP 50000; Recife-PE; 81. 32718709; [suzanam@npd.ufpe.br](mailto:suzanam@npd.ufpe.br)

<sup>2</sup> Prof Adjunto. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de tecnologia Rural. Av. Dom Manoel de Medeiros. Casa Forte. Recife, PE. [Monte@hotmail.com.br](mailto:Monte@hotmail.com.br).

<sup>3</sup> Bolsista PIBIC CNPq/UFPE. Departamento de Engenharia Civil.

<sup>4</sup> Bolsista PIBIC CNPq/UFRPE. Departamento de Tecnologia Rural.

<sup>5</sup> Aluno de Graduação em Agronomia. UFRPE.

the following (from ustream to downstream in the valley): P4, P3, P2 and P1. The latter two wells are located by the main rivulet (Mimoso Rivulet), which flows to the Ipanema River. Groundwater classification to salinization and sodification risks has not changed since irrigation implementation (November, 1989), until January 2002. Except for P4 well (in which groundwater is at C2S1 class), groundwater quality has not changed due to irrigation during the studied period.

Keywords: Alluvial aquifer; salinity; sodicity; semi-arid.

## INTRODUÇÃO

Os aquíferos aluvionares representam importante reserva explorável em regiões de cristalino. A pequena agricultura ou a agricultura familiar em regiões com escassez hídrica utiliza os recursos hídricos de pequenos açudes e de aquíferos aluviais. Esses últimos têm a vantagem em relação ao primeiro tipo de fonte de serem menos susceptíveis ao fenômeno da evaporação, que em períodos sem precipitação, tende a exaurir as reservas hídricas. Esses aquíferos, embora em geral de restrita capacidade de armazenamento, com espessura limitada a cerca de 10m, são facilmente recarregáveis pelo efeito da precipitação. Costa Filho e Costa (2000) estimaram em  $0,1 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/ano o potencial dos aquíferos aluvionares no Estado de Pernambuco. No Nordeste, estima-se como reserva explorável dos aquíferos aluvionares de 1 a 2 bilhões m<sup>3</sup>/ano (DNAEE/DCRH, 1983/1985). Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos sobre esse tipo de sistema, investigando suas potencialidades e disponibilidades (e.g. Borges et al., 2000), dinâmica da recarga (Carter & Alkali, 1996), dentre outros aspectos.

A água dos aquíferos aluvionares, assim como outras fontes de água em regiões semi-áridas, é susceptível à salinização. Rebouças (1999) destaca que o mecanismo de concentração cíclica por evaporação dos componentes dissolvidos nas águas constitui o principal fator de salinização das águas superficiais, subterrâneas e do binômio água/solo na zona semi-árida do Nordeste. Além das condições climáticas desfavoráveis, pelas altas taxas de evaporação potencial, e as condições de solo, que por suas características de retenção e condução da água favorece a ascensão de sais a partir do lençol freático e seu acúmulo na superfície, os aquíferos aluviais que são utilizados para fins de produção agrícola através da prática da irrigação, se apresentam susceptíveis à chamada salinização secundária (Ghassemi et al., 1991). A salinização secundária decorre da prática da irrigação sem o manejo adequado, associada às condições naturais de solo e de clima. A água de irrigação tende a elevar o nível do aquífero freático, podendo favorecer a ascensão capilar, que contribui para o acréscimo de umidade nas camadas de solo mais próximas da superfície. O efeito da evapotranspiração dessa umidade é o incremento na concentração de sais no solo. Esses sais acumulados próximos à superfície do solo são eventualmente carregados para o aquífero freático pelo efeito da chuva ou de irrigação, incrementando a concentração da água

subterrânea, que pode eventualmente ascender para as camadas superiores. O ciclo que incrementa a concentração salina do solo e da água subterrânea pode torna-los inadequados para a agricultura. O manejo adequado inclui a aplicação de lâminas de irrigação corretas, avaliadas pelo balanço hídrico no sistema solo- planta- atmosfera, e o controle da profundidade do lençol freático, através da drenagem subterrâneas.

A maioria das culturas de interesse econômico tem sua produção afetada quando cultivadas em solos salinos, devido à diminuição do potencial osmótico da solução do solo e/ou dos efeitos tóxicos de íons específicos. Este excesso de sais pode ser ocasionado por processos pedogenéticos ou por manejo inadequado da irrigação e drenagem insuficiente.

A susceptibilidade à degradação por salinização de aquíferos aluvionares em região semi-árida e sob condições de uso agrícola motivou a investigação dos aspectos relacionados à variação sazonal e à influência da prática da irrigação na salinidade da água subterrânea desses sistemas.

A pesquisa foi desenvolvida em uma área de assentamento do Governo do Estado de Pernambuco, a Fazenda Nossa Senhora do Rosário, no município de Pesqueira, região agreste. A área total da fazenda é de aproximadamente 628ha. O projeto de irrigação (CISAGRO, 1989) considerou como irrigáveis cerca de 110ha da área total, que corresponde a parcela da área total sobre aquífero aluvial. A área irrigável da fazenda foi segmentada em pequenos lotes de 1 a 2ha. A área em estudo está localizada sobre um aquífero aluvial, de onde é captada água para o desenvolvimento de agricultura em pequena escala, nos lotes sob responsabilidade de famílias residentes na área.

Em razão das características climáticas e de solos da região, a prática da irrigação sem o manejo adequado, aumenta o risco de salinização natural da água e do solo, podendo torná-los impróprios para o desenvolvimento da agricultura. A importância do estudo desse sistema em particular é justificada por ser o mesmo representativo de diversos outros sistemas existentes no Agreste e Sertão de diversos estados do Nordeste do Brasil.

## **ÁREA DE ESTUDO**

A Fazenda Nossa Senhora do Rosário situa-se no município de Pesqueira, a 220 Km do Recife, capital do Estado de Pernambuco. A Fazenda localiza-se na bacia do rio Ipanema, sobreposta a um aquífero aluvial que constitui a fonte de suprimento de água para o desenvolvimento da agricultura irrigada.

A agricultura irrigada vem sendo desenvolvida desde 1991 utilizando água do aquífero aluvial do vale fluvial formado pelos riachos temporários Mimoso, Jatobá e Ipaneminha. Um assentamento na área foi implementado pelo Governo do Estado de Pernambuco, promovendo a divisão da área com potencial para agricultura irrigada em lotes com aproximadamente 2 hectares, para famílias

locais. O projeto da comunidade da Fazenda Nossa Senhora do Rosário envolveu investimentos públicos para a instalação de poços de bombeamento e aquisição de aspersores para irrigação. O aquífero apresenta um declive topográfico natural de aproximadamente 0,3%, apresentando em suas margens granito e gnaiss de sua formação cristalina. A Figura 1 apresenta a localização da fazenda e delimitação de bacias hidrográficas contribuintes.

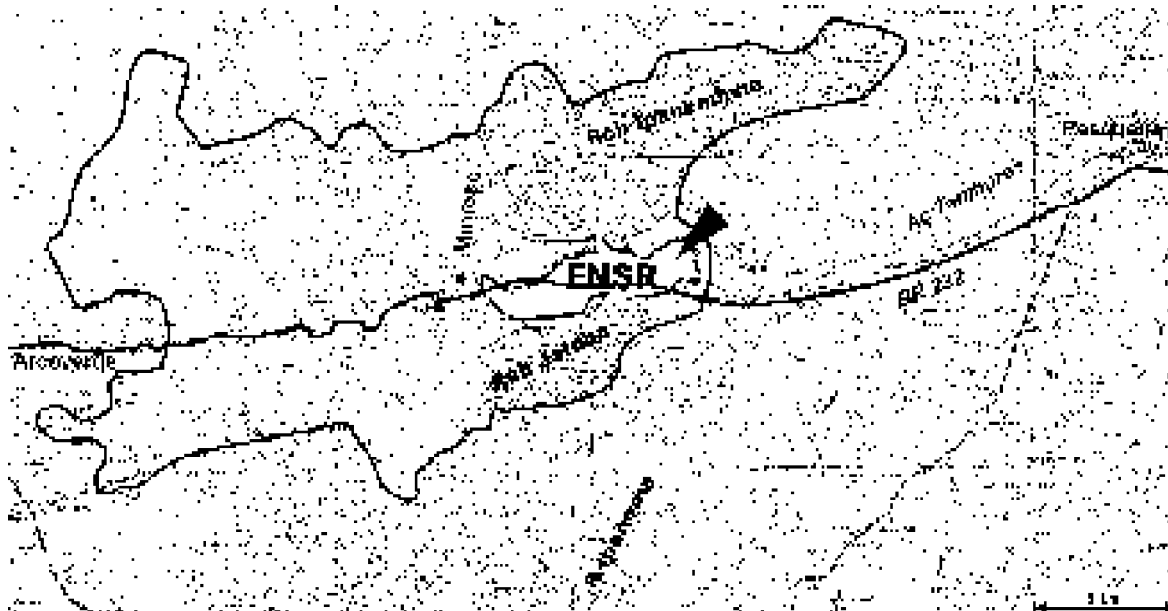


Figura 1 - Área da Carta Planialtimétrica (Esc. original de 1:100.000) indicando principais Bacias Hidrográficas contribuintes do aluvião e área da Fazenda Nossa Senhora do Rosário (FNSR). (SUDENE: Dep de Recursos Naturais).

Nos 110ha (60 irrigados), a comunidade de 50 famílias desenvolve pequena agricultura irrigada. O aquífero é relativamente raso (10 m de profundidade) e explorado através de 4 poços públicos (Amazonas, com ponteiras radiais) e 14 cacimbões. A predominância é de solos aluviais (AQUA-PLAN, 1985), de boa drenagem natural e condutividade hidráulica saturada de média à elevada (areia e silte).

Cultiva-se, principalmente, pimenta, cenoura, beterraba, repolho, pimentão e tomate, com irrigação por sulcos de superfície ou aspersão em rodízio (Figura 2). Algumas áreas da fazenda já estão salinizadas ou em processo de salinização (Figura 3). Lotes experimentais vem sendo implantados para agricultura através de irrigação localizada, com sistema simplificado (xique-xique) e convencional (micro-aspersão) (Figura 4). O regime de bombeamento nos quatro poços públicos pode ser estimado indiretamente através de consumo elétrico, conforme dados da Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) que apresenta bombeamento reduzido de Maio a Julho (Montenegro e Monteiro, 2000) (Figura 5).



Figura 2. Captação de água do aquífero aluvial para suprimento da irrigação (aspersão).



Figura 3. Região salinizada na área em estudo.



Figura 4. Lote experimental com irrigação por micro-aspersão na área em estudo.

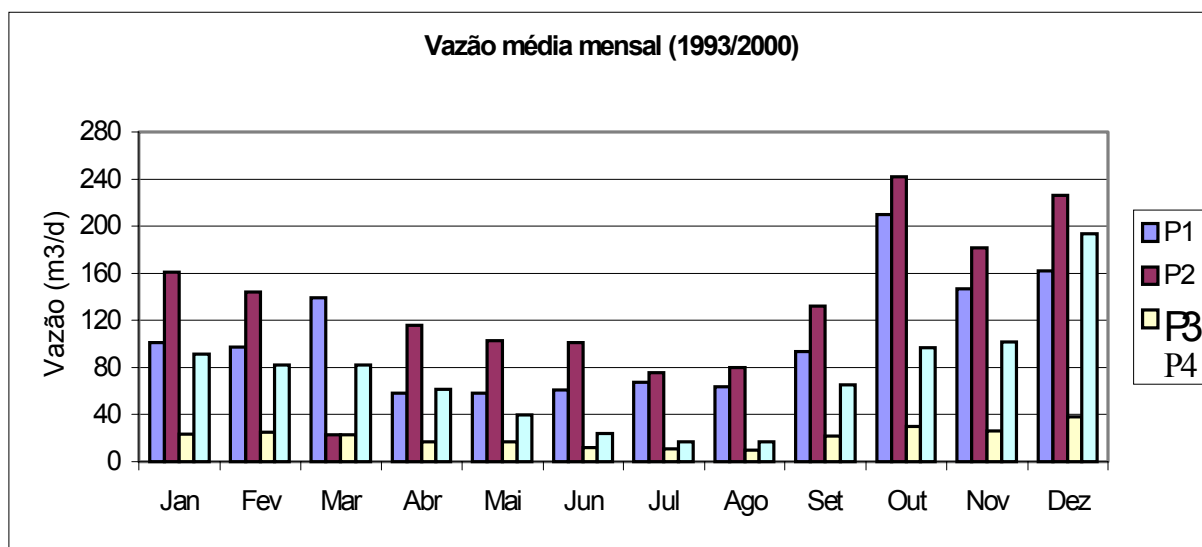


Figura 5- Consumo médio de energia elétrica nos poços públicos

A área é localizada na zona fisiográfica do Agreste. O período chuvoso na região tem uma duração de 5 a 6 meses. De acordo com os dados registrados na estação climatológica de Pesqueira, a precipitação média anual é de cerca de 730 mm, enquanto que a evapotranspiração potencial, medida em Tanque Classe “A”, apresenta valor médio anual de 1638 mm.

## MONITORAMENTO DA QUALIDADE E DO NÍVEL D'ÁGUA NO AQUÍFERO ALUVIAL

Foram instalados na área 80 piezômetros com o objetivo da caracterização hidro-salina do aquífero aluvial (Mackay e Montenegro, 1996). Os piezômetros possuem profundidades que oscilam entre 5 e 8 metros. Alguns desses piezômetros encontravam-se danificados e foram recuperados e outros foram instalados em locais selecionados. As locações dos piezômetros e dos quatro poços públicos e cacimbões são indicadas na Figura 6. Com uma periodicidade mensal, a exceção de alguns períodos de interrupção, vem-se avaliando o nível d'água nos piezômetros desde sua instalação em 1995. O monitoramento da qualidade da água subterrânea compreende a coleta de amostras nos piezômetros, poços e cacimbões, em períodos coincidentes à determinação dos níveis piezométricos, e medição da condutividade elétrica. Algumas análises da constituição iônica das amostras foram realizadas no período de monitoramento, visando a determinação da RAS (Razão de Adsorção de Sódio).

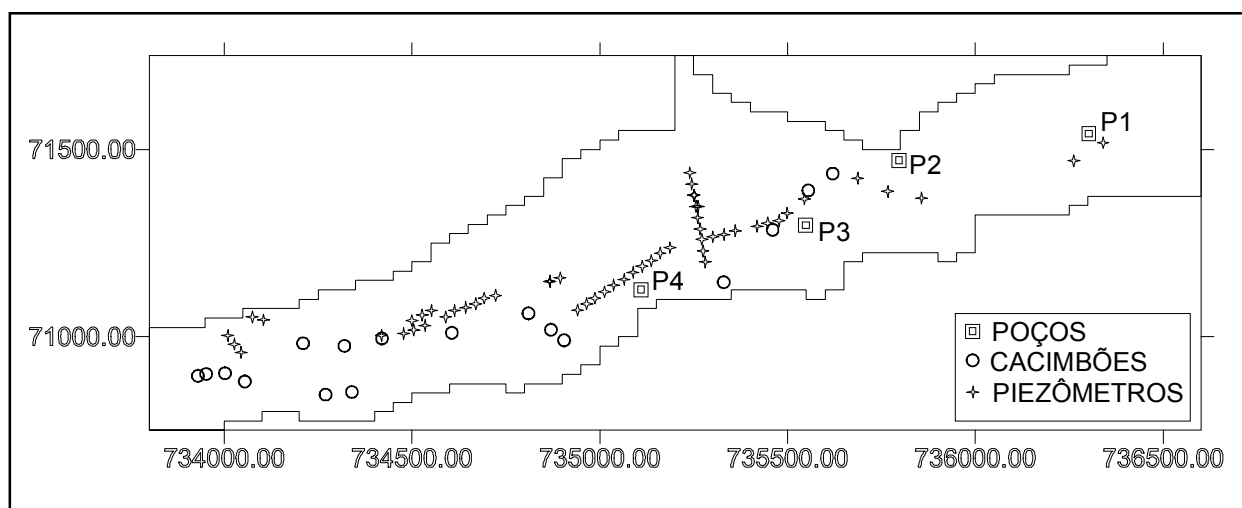


Figura 6. Mapa esquemático da Fazenda, com os quatro poços públicos, os cacimbões e piezômetros.

## VARIAÇÃO SAZONAL DA SALINIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A Figura 7 exibe a variação sazonal da salinidade da água subterrânea, expressa através da condutividade elétrica, nos quatro poços públicos, em conjunto com a precipitação para um período selecionado do monitoramento que se desenvolve desde Julho de 1995.

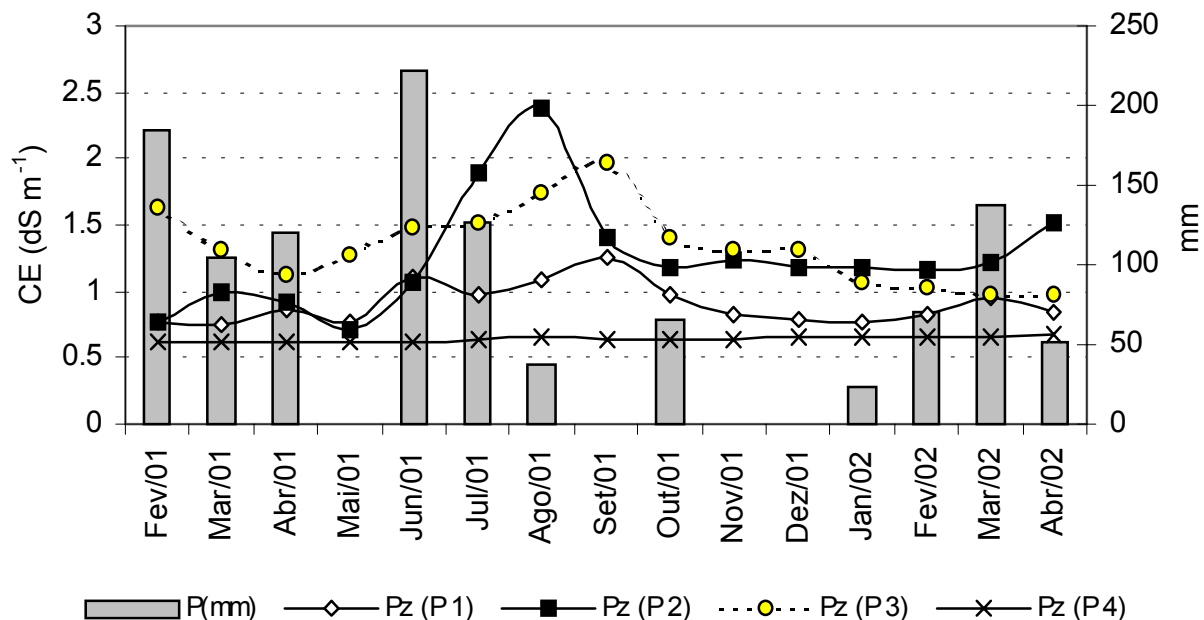


Figura 7. Variação sazonal da condutividade elétrica em quatro poços e da precipitação.

Observa-se da Figura 7 que o poço P4 exibe uma variação muito pequena da condutividade elétrica, praticamente não sofrendo alteração pelo efeito da diluição pela recarga da precipitação. A salinidade desse poço é notadamente inferior aos demais analisados. Os poços P1, P2 e P3 sofrem notável influência da precipitação.

A Tabela 1 apresenta as estatísticas dos quatro poços analisados durante todo o período. Observa-se pelos valores da média e variância que de fato o poço P4 é o de menor salinidade e exibe menor variação sazonal. Os poços P2 e P3 exibem comportamento semelhante de salinidade em termos de média, mas o poço P2 é o que apresenta maior variação sazonal, constatado pelo valor da variância. O poço P4, que exibe melhor qualidade global dentre os quatro, está localizado à montante do transecto de piezômetros na seção com maior nível de salinidade do solo (Figura 6). Os poços P1, P2 e P3 localizam-se à jusante dessa seção, que parece caracterizar uma transição hidroquímica no aluvião.



Tabela 1. Estatística da condutividade elétrica dos quatro poços-amazonas no período de julho/1995 a Maio de 2002.

<i>Estatística</i>	<i>Fonte</i>			
	P1	P2	P3	P4
Média	1,17	1,53	1,52	0,81
Mediana	1,10	1,51	1,59	0,88
Variância	0,102	0,296	0,124	0,029
No de amostras	50	51	52	53

### **INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO NA SALINIDADE DA AGUA SUBTERRANEA**

Análises de qualidade da água nos quatro poços públicos instalados na área da Fazenda foram realizadas anteriormente ao início da irrigação em novembro de 1989 e julho de 1990 (CISAGRO, 1991). De acordo com essas análises, baseado em CE (condutividade elétrica) e RAS (razão de adsorção de sódio), a concentração de sódio nessa área foi classificada no período como baixa (classes S1 e S2), e o risco de salinização avaliado como moderado a médio (C2 e C3). A coleta de novembro de 1989 é característica de período seco, enquanto a de julho de 1990 insere-se no período chuvoso. Outras análises da constituição iônica foram realizadas nesses mesmos poços após a implementação da irrigação e uso intensificado da água do aquífero, nos períodos indicados na Tabela 2. Os resultados demonstram o efeito da sazonalidade nos índices de salinidade e sodicidade da água subterrânea, sem contudo evidenciar qualquer tendência de alteração em função do uso intenso da água do aquífero para irrigação da área sobrejacente.

O poço P4, que exhibe melhor qualidade global dentre os quatro, está localizado à montante do transecto de piezômetros na seção com maior nível de salinidade do solo. Os poços P1, P2 e P3 localizam-se à jusante dessa seção, que parece caracterizar uma transição hidroquímica no aluvião. A Tabela 2 apresenta as estatísticas da condutividade elétrica dos quatro poços no período de julho/1995 a fevereiro/2001. Os poços P2 e P3 apresentam os maiores índices de salinidade dentre os quatro, observados pela média e mediana. A salinidade do poço P2 é a que apresenta maior coeficiente de variação no período observado, sendo esse poço o mais intensamente bombeado (Figura 5).

Tabela 2. Valores de CE e RAS, para diferentes períodos, nos poços públicos P1, P2, P3, P4 e Classificação quanto ao risco de salinização e sodificação\*.

		Nov/89	Jul/90	Out/93	Fev/94	Jul/00	Fev/01	Jan 02
P1	CE	1.35	0.65	1.50	1.50	0.87	0,76	0.76
	RAS	3.84	2.50	4.14	6.37	2.61	3,22	2,76
		C3S1	C2S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1
P2	CE	1.05	1.00	1.60	1.20	0.95	0,77	1.18
	RAS	4.18	4.88	6.18	7.78	3.87	4,1	4,80
		C3S1	C3S1	C3S2	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1
P3	CE	1.05	0.95	1.30	1.80	0.75	1,63	1,07
	RAS	5.89	4.19	4.03	6.25	2.32	4,31	4.29
		C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1
P4	CE	1.10	0.70	1.20	1.10	0.58	0,62	0.66
	RAS	5.38	2.96	4.06	6.95	1.54	2,22	2.59
		C2S1	C2S1	C3S1	C3S1	C2S1	C2S1	C2S1

\*Classificação segundo Richards (1954).

## CONCLUSOES

O resultado do monitoramento da salinidade da água em aquífero aluvial no semi-árido do Nordeste sob condições de risco de salinização indica que

- a salinidade é influenciada pela recarga promovida pela precipitação;
- o tipo de solo produz diferenciações na salinidade em poços, em diferentes locações no aquífero;
- o uso da área para irrigação não promoveu alterações significativas do ponto de vista de salinidade e sodicidade
- o bombeamento não influi decisivamente na salinidade da água

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo vem sendo monitorada não só nos aspectos relacionados à qualidade da água. A salinidade do solo, a piezometria do aquífero também vêm sendo monitoradas ao logo do tempo para que sejam avaliadas as condições de degradação do sistema e formuladas propostas de manejo. Nesse sentido, os elementos climáticos também vêm sendo monitorados através de medidas de evaporação e precipitação, dentre outras. Ainda, as características hidrodinâmicas do aquífero vêm sendo investigadas.

Regiões degradadas na Fazenda Nossa senhora do Rosário vêm sendo objeto de experimentos de recuperação através do cultivo de halófitas da espécie *Atriplex nummularia*. Sistemas de irrigação de menor consumo de água também vêm sendo implementados em caráter

experimental na área, assim como sistemas de drenagem. Os agricultores locais vem sendo capacitados para exercerem diretamente o manejo da irrigação. Enfim, a área estudada vem sendo usada como demonstrativa da importância da investigação desse tipo de sistema para a sua conservação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUA- PLAN. Estudo de aproveitamento hidroagrícola da área de Nossa Senhora do Rosário, Pesqueira. Recife, Pernambuco. 1985.

BORGES, G. V. L., ALBUQUERQUE, J. do P. T., REGO, J. C., GÓIS, R. S. S., VIEIRA, L. J. dos S. Avaliação da disponibilidade hídrica subterrânea do perímetro irrigado do Açude Público de Custódia, Município de Custódia, PE. In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000. Natal, RN. *Anais...* ABRH. p. 24-31. 2000.

CARTER, R. C., ALKALI, A. G. Shallow groundwater in the northeast arid zone of Nigéria. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 29: 341- 355. 1996.

CISAGRO (Companhia Integrada de Serviços Agropecuários). Projeto de Irrigação da Fazenda Nossa Senhora do Rosário- Pesqueira- PE. 1990.

COSTA FILHO, W. D., COSTA, W. D. Caracterização hidrogeológica do Estado de Pernambuco. In: Join World Congress on Groundwater, 2000, Fortaleza. *Anais....* Fortaleza. ABAS/ALHSUD/IAH. CD-ROM. 13p. 2000.

DNAEE-DCRH. *Transposição das águas do São Francisco e Tocantins para o semi- árido nordestino: Avaliação preliminar*. MME/DNAEE- DCRH. Brasília. 1983- 1985. 72p.

GHASSEMI, F.; JAKEMAN, A. J.; NIX, H. A. Human induced salinisation and the use of quantitative methods. *Environment International*, Vol. 17: 581- 594. 1991.

MACKAY, R. & MONTENEGRO, A. A. A. Salinity control for sustainable small scale agriculture. Relatório Final a Overseas Development Administration (ODA). Newcastle. Inglaterra. 1996.

MONTENEGRO, A. A. DE A., MONTEIRO, A. N. Avaliação hídrica de aquífero aluvial através de simulação computacional. In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000. Natal, RN. *Anais....* p.137- 144. 2000.

REBOUÇAS, A. DA C. Águas Subterrâneas. In: A. da C. Rebouças, B. Braga, J. G. Tundisi (orgs.). *Águas Doces no Brasil*. Escrituras Editora. São Paulo, SP. Pp. 117- 150. 1999.

RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. Washington D. C. USDA, 1954. 160p.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o apoio financeiro da FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco), do CNPq e do UNISOL, além do apoio institucional da UFRPE (Universidade Federal Rural de Pernambuco), UFPE (Universidade Federal de Pernambuco) e EBAPE (Empresa de Extensão Rural- Pernambuco).