

Aspectos qualitativos da água do Rio Poty na região de Teresina, PI¹

Qualitative aspects of the water from Poty River at Teresina, Piauí State, Brazil

Lisânea Mycheline Oliveira Damasceno², Aderson Soares de Andrade Júnior³, Nildo da Silva Dias^{4*}, José Luis Duarte Franco⁵ e Ênio Farias de França e Silva⁶

Resumo - O presente trabalho objetivou monitorar e avaliar a qualidade da água do Rio Poty, em Teresina (PI) para fins agrícolas em períodos extremos de temperatura e de precipitação. Coletaram-se amostras de água no rio em 10 pontos georreferenciados, da curva do conjunto residencial São Paulo (zona sudeste) até sua foz no Rio Parnaíba (zona norte), em um percurso aproximado de 23,7 km, de junho a dezembro de 2004. Determinou-se as variáveis físico-químicas: CE_a , RAS e pH, além das concentrações de Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . Os maiores valores da CE_a ($0,26 \text{ dS m}^{-1}$) e da RAS ($1,90 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$)^{0,5} foram registradas no mês de outubro, devido ao baixo índice pluviométrico, período seco e eventual poluição antrópica. Pelo Teste de Kruskal-Wallis, constataram-se oscilações nas concentrações de HCO_3^- ($1,68$ a $1,91 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) ao longo dos pontos amostrais. O carbonato de sódio residual (CSR) indicou que a água é apropriada para fins agrícolas ($< 1,25 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$).

Palavras-chave - Recursos hídricos. Efluentes Domésticos. Irrigação.

Abstract - The water quality of the Poty River was evaluated to agricultural purposes at Teresina, Piauí State, Brazil in periods of extreme temperatures and precipitation. Samples of water were collected in the river in 10 georeference points, at the São Paulo Residential curve (southeast zone) until the mouth in the Parnaíba River (north zone), in an approximate course of 23.7 km, from June to December 2004. Were determined the physicochemical variable EC_w , SAR and the pH, besides the concentrations of Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Na^+ and Ca^{2+} . The largest values of EC_w (0.26 dS m^{-1}) and the SAR ($1.90 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$)^{0,5} were registered in the month of October, due to the low index of rains, dry period and eventual human pollution. The Kruskal-Wallis test verified oscillations in the concentrations of HCO_3^- (1.68 to $1.91 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) along the sampled points. The RSC indicated that the water is adequate for agricultural purposes ($< 1.25 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$).

Key words - Water resources. Domestic effluent. Irrigation.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 19/10/2008; aprovado em 15/12/2009

Parte da monografia de graduação do primeiro autor apresentada ao CEFET-PI

²Tecnóloga em Meio Ambiente, UFCG, Brasil, lisaneadamasceno@hotmail.com

³Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Brasil, aderson@cpamn.embrapa.com

⁴Departamento de Ciências Ambientais da UFERSA, BR 110 - Km 47, Costa e Silva, Mossoró-RN, Brasil, 59625-900, nildo@ufersa.edu.br

⁵Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI, Brasil

⁶Departamento de Tecnologia Rural, UFRPE, Recife-PE, Brasil, enio.silva@dtr.ufrpe.br

Introdução

Estima-se que 83% da superfície do Piauí encontram-se sobre terrenos sedimentares, onde se podem destacar os aquíferos Serra Grande, Cabeça e Poty-Piauí (SEMAR, 2003). A disponibilidade hídrica superficial na microbacia do Rio Poty é de aproximadamente 3,8 bilhões de m^3 com uma extensão total referente a 52.370 km^2 , sendo 38.797 km^2 localizados no Estado do Piauí. A microbacia é formada, sobretudo, pelo Rio Poty que nasce no Estado do Ceará; sendo um dos maiores efluentes do Rio Parnaíba e possui como principais afluentes pela margem esquerda, os rios Berlangas e Sambito e, pela margem direita, os rios Canudos e Capivara (ANA, 2004). O potencial irrigável é de 92.900,00 ha e a disponibilidade hídrica para esta prática agrícola é da ordem de $771 m^3 s^{-1}$ (MARVEL FILHO, 1995).

O Rio Poty possui uma extensão total de 538 km, sendo considerado de regime perene, apenas 100 km, desde o Município de Prata do Piauí até o seu deságüe no Rio Parnaíba, na região de Teresina. Durante o trimestre mais seco do ano, o Rio Poty apresenta vazão média de $5,6 m^3 s^{-1}$, com um regime intermitente de natureza torrencial, cuja vazão média anual é de $121 m^3 s^{-1}$, com descarga máxima de $3.636 m^3 s^{-1}$ e vazão mínima de $1,30 m^3 s^{-1}$ (DAMASCENO et al., 2008).

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, pois funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos cursos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental (SILVA; EWEN, 2001). Os principais critérios a serem considerados na avaliação e adequabilidade de uma determinada água para fins de irrigação são a salinização e a sodificação, a alcalinização por carbonatos para o solo; além de aspectos tóxicos em relação a cloretos, sódio e boro, bem como, a alta concentração de sais de alta solubilidade que podem ocasionar obstruções no sistema de irrigação localizada (COELHO et al., 2006; DIAS et al., 2004).

Baseando-se no pressuposto acima, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os aspectos qualitativos da água do Rio Poty para fins agrícolas, vista à necessidade para o planejamento da irrigação de diversas culturas no meio urbano e rural de Teresina. Especificamente, procurou-se monitorar as variáveis físico-químicas em 10 pontos amostrais georreferenciados em períodos extremos de temperatura e precipitação no trecho compreendido entre a curva do Residencial São Paulo (zona sudeste) e o encontro dos rios Parnaíba e Poty (zona norte), na região de Teresina.

Material e métodos

O estudo da qualidade da água do manancial foi realizado no trecho compreendido entre o meandro do Rio Poty, na região do conjunto residencial São Paulo (zona sudeste de Teresina) até a sua foz, no Rio Parnaíba (zona Norte), no período de junho a dezembro de 2004, em Teresina, PI.

A cidade de Teresina possui as coordenadas geográficas $05^{\circ}05'21''$ S; $42^{\circ}48'07''$ W e 74 m. Segundo a classificação internacional de Köppen, a região onde está inserida a microbacia do Rio Poty, possui clima do tipo Tropical quente e úmido, com chuvas de verão e outono (Aw'). Além disso, situa-se numa zona de latitude baixa e nos limites da área semi-árida do nordeste brasileiro (LIMA et al., 2002). O principal tipo de solo de Teresina é o Latossolo Amarelo Álico e Distrófico A moderado, de textura média.

Os pontos do monitoramento em um total de 10 (dez) foram distribuídos ao longo do rio e georreferenciados com GPS a fim de se obter as coordenadas geográficas que seriam utilizadas durante o monitoramento (Figura 1).

Analisou-se durante o período de amostragem, a ocorrência de precipitações pluviométricas, as quais poderiam influenciar na qualidade das águas. As amostras de água destinadas para análises físico-químicas foram avaliadas para fins agrícolas. Para o acesso aos trechos do Rio Poty, firmou-se uma parceria com a SEMAR/PI (Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Piauí).

Para a determinação dos parâmetros físico-químicos foram coletadas amostras de água do rio, utilizando-se um coletor de água de PVC com capacidade de 1000 mL, sendo estas armazenadas em garrafas plásticas de 500 mL e conduzidas ao Laboratório de Qualidade de Água da unidade da Embrapa Meio-Norte, na cidade de Parnaíba, PI, conforme procedimento recomendado pela EMBRAPA (1997). As variáveis físico-químicas analisadas foram o pH, Ca^{2+} ($mmol_c L^{-1}$), Ca^{2+} e Mg^{2+} ($mmol_c L^{-1}$), Mg^{2+} ($mmol_c L^{-1}$), Na^+ ($mmol_c L^{-1}$), HCO_3^- ($mmol_c L^{-1}$), CO_3^{2-} ($mmol_c L^{-1}$), Cl^- ($mmol_c L^{-1}$), condutividade elétrica da água - CE_a ($dS m^{-1}$) e a razão de adsorção de sódio - RAS ($mmol_c L^{-1}$)^{0,5}.

O Teste de Kruskal-Wallis a 1% de probabilidade foi aplicado para identificar a existência ou não de variações estatisticamente significativas nas concentrações dos íons, da CE_a e da RAS em períodos extremos de temperatura e de precipitação (SIEGEL; CASTELLAN JÚNIOR, 2006).

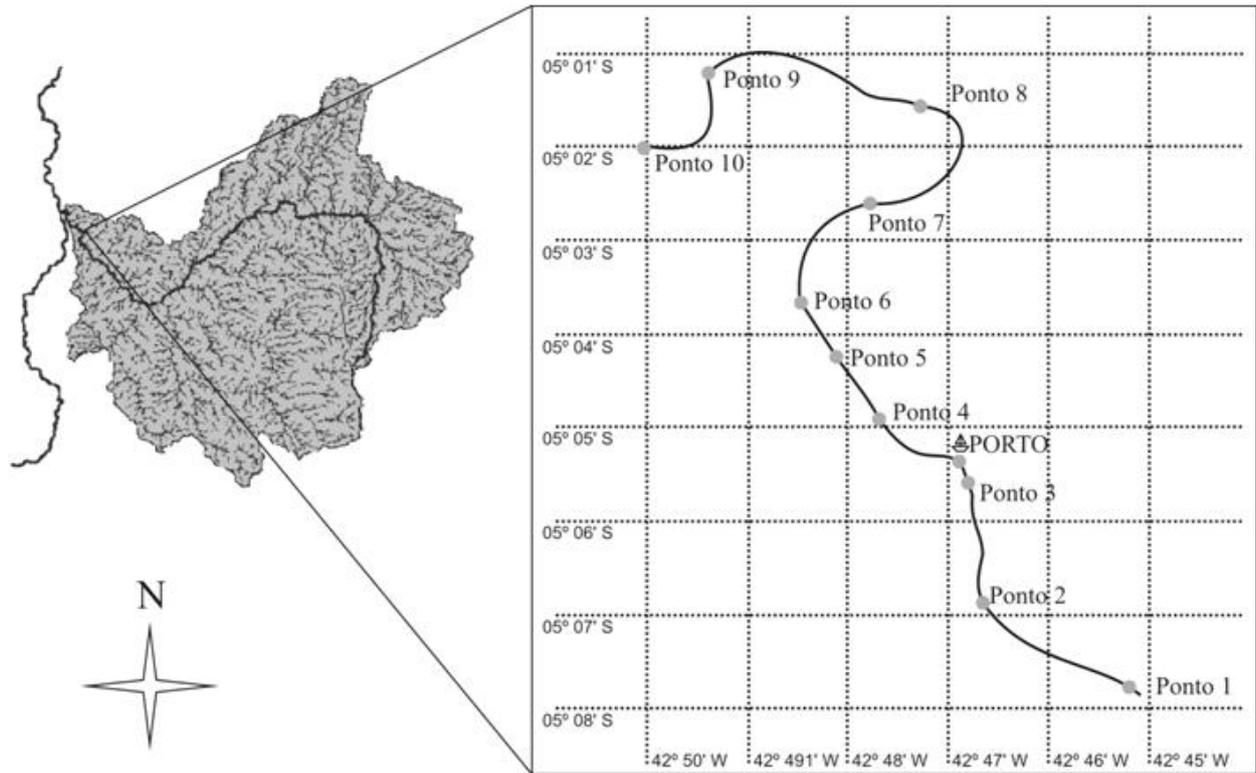


Figura 1 - Região de estudo e pontos de coletas ao longo do rio

Resultados e discussão

Na Figura 2, mostra-se os índices de precipitações pluviométricas durante os meses de coleta de água, fator preponderantes para a diluição de efluentes na água, sobretudo, em novembro e dezembro.

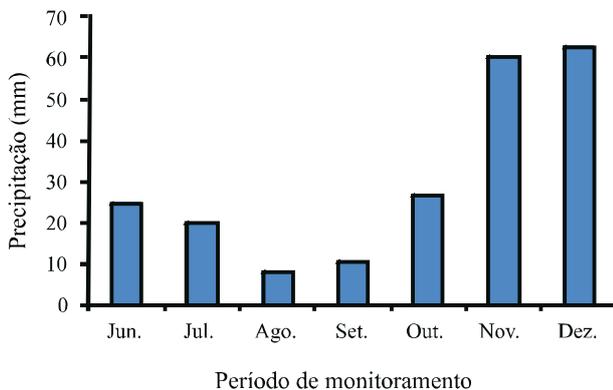


Figura 2 - Médias pluviométricas durante o monitoramento, em Teresina, PI

De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, houve diferenças significativas dos valores do pH entre os meses de coleta, sendo que os valores médios de pH, ao longo do curso do rio variaram de 7,38 a 7,63, sendo este último registrado no ponto P₀₁ (Curva do Residencial São Paulo). No mês de outubro houve maior valor de pH (7,76), sendo que o ponto P₀₁ contribuiu para esta elevação do pH (8,09), entretanto, de forma atípica, devido à ausência de lançamentos de esgotos à montante. Este aumento, provavelmente, ocorreu devido à localização do ponto amostral estar situado em uma área de banco de areia (coroa) que se forma no período seco, assim, sendo este utilizado para pesca e lazer, ações antrópicas que contribuem para o despejo de resíduos sólidos e líquidos no manancial.

Ainda em relação à Tabela 1, o mês de julho apresentou o menor valor de pH (7,26) na água do Rio Poty, seguido desse, aparece o mês de dezembro com baixo valor de pH, em que as precipitações foram maiores, elevando a lâmina d'água, favorecendo, sobretudo, a diluição dos efluentes no manancial (Figura 2). Este parâmetro é muito importante, pois segundo Toledo e Nicolella (2002), o pH em abastecimento de água é significativo, porque

Tabela 1 - Valores mensais e quinzenais do pH na água do Rio Poty, no período de junho a dezembro de 2004, em Teresina, PI

Ponto Amostral	Período de Monitoramento								Médias
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro		Dezembro	
						1ª Quinzena	2ª Quinzena		
P ₀₁	7,58	7,32	7,50	7,93	8,09	7,67	7,48	7,44	7,63
P ₀₂	7,89	7,32	7,54	7,57	7,69	7,55	7,62	7,36	7,57
P ₀₃	7,84	7,27	7,37	7,87	7,67	7,56	7,78	7,34	7,59
P ₀₄	7,80	7,26	7,37	7,86	7,65	7,55	7,69	7,30	7,56
P ₀₅	7,80	7,26	7,38	7,58	8,40	7,53	7,32	7,24	7,56
P ₀₆	7,69	7,21	7,36	7,75	7,68	7,59	7,34	7,24	7,48
P ₀₇	7,70	7,22	7,15	7,42	7,43	7,53	7,45	7,11	7,38
P ₀₈	7,61	7,22	7,34	7,60	7,60	7,49	7,71	7,20	7,47
P ₀₉	7,72	7,27	7,36	7,45	7,84	7,54	7,58	7,27	7,50
P ₁₀	7,77	7,26	7,35	7,73	7,57	7,44	8,00	7,28	7,55
Médias	7,74a	7,26e	7,37cd	7,68a	7,76a	7,55b	7,60cb	7,28de	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis a 1% de probabilidade

afeta o processo de tratamento de água e pode contribuir para a corrosão das estruturas hidráulicas e do sistema de distribuição.

Segundo Ayers e Westcot (1991), os valores do pH observados durante o monitoramento, encontram-se dentro da faixa de normalidade, para fins de irrigação (6,5 a 8,5), ressaltando-se que a água pode ser utilizada, sem restrição em sistemas de irrigação, devido à baixa amplitude desses índices, evitando riscos de desequilíbrio nutricional às culturas. Segundo os autores, não há restrição de uso de águas com pH abaixo de 7,0; entretanto, valores de pH na faixa de 7,0 a 8,0 podem apresentar restrição de uso de ligeira a moderada em irrigação localizada, pois pode causar problemas de obstrução dos emissores por precipitação química. Deve-se ressaltar que, as obstruções causadas pelas precipitações químicas de produtos como sulfato de cálcio se produzem gradualmente, sendo de difícil localização.

Os precipitados químicos podem ser produzidos quando as condições iniciais da água são modificadas, como pH, temperatura, ocorrência de íons incompatíveis e, sobretudo, a evaporação da água nos emissores após cada irrigação, o que aumenta a concentração dos sais dissolvidos que se precipitam ao superar o limite de solubilidade.

Conforme a Tabela 2 observa-se que o teor de sódio variou de 0,91 a 1,21 mmol_c L⁻¹, ao longo do curso do rio; com oscilação de 0,91 a 1,15 mmol_c L⁻¹ nas amostras pontuais das águas na curva do Residencial São Paulo até a ponte Wall Ferraz (P₀₁ a P₀₃), com ligeira queda no ponto

seguinte (1,13 mmol_c L⁻¹), provavelmente em função dos lançamentos de efluentes. As maiores concentrações foram observadas nos pontos P₀₅ e P₀₆, respectivamente, 1,18 e 1,21 mmol_c L⁻¹, decaindo a partir deste, até o ponto final (0,99 mmol_c L⁻¹).

Na Tabela 2, verifica-se que o mês de outubro apresentou maior média do teor de sódio (1,89 mmol_c L⁻¹), destacando-se nos pontos P04 a P06, provavelmente, em função da alta concentração deste íon contida nos lançamentos domésticos nestes pontos, que associado ao período seco da região, dificulta a diluição daqueles compostos na água. As menores concentrações ocorreram nas amostragens da segunda quinzena de novembro e dezembro, respectivamente, 0,68 e 0,74 mmol_c L⁻¹, devido à diluição dos sais no período de maiores precipitações (Figura 2).

Apesar das alterações ocorridas, o teor de sódio na água encontra-se dentro da normalidade para fins de irrigação (0 e 40 mmol_c L⁻¹), podendo ser usada sem problemas de infiltração da água do solo, já que a estrutura deste solo permaneceria inalterada (AYERS; WESTCOT, 1991). Além disto, a água é recomendada às culturas que utilizam sistemas de irrigação por superfície e aspersão.

De acordo com os dados da Tabela 3, os valores de bicarbonato (HCO₃⁻), ao longo do curso do rio variaram de 1,68 a 1,91 mmol_c L⁻¹, sendo verificado que em todos os pontos amostrados, a água encontra-se com grau de restrição de uso, ligeira e moderada para determinadas culturas. Observou-se que houve aumento gradual do HCO₃⁻, de julho até a primeira quinzena de

Tabela 2- Valores mensais e quinzenais de sódio (Na^+) na água do Rio Poty, no período de junho a dezembro de 2004, em Teresina, PI

Ponto Amostral	Período de Monitoramento								Médias
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro		Dezembro	
						1ª Quinzena	2ª Quinzena		
P ₀₁	1,07	0,78	1,07	1,07	1,07	1,07	0,58	0,58	0,91
P ₀₂	0,97	0,78	1,07	1,16	1,75	1,07	0,39	0,68	0,98
P ₀₃	0,97	0,78	1,07	1,16	2,81	1,36	0,49	0,68	1,16
P ₀₄	0,97	0,78	1,07	1,16	2,72	1,16	0,58	0,68	1,14
P ₀₅	1,26	0,78	1,07	1,16	2,72	1,26	0,49	0,68	1,18
P ₀₆	1,26	0,78	1,16	1,26	2,72	1,16	0,58	0,78	1,21
P ₀₇	1,26	0,87	1,26	1,16	1,55	1,46	0,78	0,87	1,15
P ₀₈	1,16	0,87	1,16	1,26	1,46	1,46	0,87	0,87	1,14
P ₀₉	1,26	0,87	1,16	1,36	1,26	1,36	0,97	0,78	1,13
P ₁₀	1,16	0,78	1,07	1,16	0,87	1,07	1,07	0,78	0,99
Médias	1,13b	0,81c	1,12b	1,19b	1,89a	1,24b	0,68d	0,74cd	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis a 1% de probabilidade

Tabela 3 - Valores mensais e quinzenais do bicarbonato (HCO_3^-) na água do Rio Poty, no período de junho a dezembro de 2004, em Teresina, PI

Ponto Amostral	Período de Monitoramento								Médias
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro		Dezembro	
						1ª Quinzena	2ª Quinzena		
P ₀₁	1,66	1,49	1,50	1,67	2,37	2,42	1,82	2,10	1,88
P ₀₂	1,55	1,39	1,49	1,85	2,38	2,29	1,54	1,98	1,81
P ₀₃	1,62	1,47	1,57	1,90	2,36	2,26	2,01	2,12	1,91
P ₀₄	1,49	1,38	1,54	2,46	2,27	2,34	1,30	1,86	1,83
P ₀₅	1,19	1,39	1,56	1,89	2,23	2,26	1,29	1,70	1,69
P ₀₆	1,46	1,38	1,60	2,38	2,24	2,36	1,46	1,81	1,84
P ₀₇	1,60	1,37	1,54	1,84	2,10	2,17	1,68	1,73	1,75
P ₀₈	1,44	1,34	1,52	1,91	2,14	2,23	1,86	1,69	1,77
P ₀₉	1,51	1,38	1,62	1,90	2,19	2,22	2,14	1,74	1,84
P ₁₀	1,58	1,40	1,64	1,68	1,72	1,76	2,07	1,62	1,68
Médias	1,51d	1,40e	1,56d	1,95b	2,20a	2,23a	1,72c	1,83c	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis a 1% de probabilidade

novembro (1,40 a 2,20 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$), sendo registrada a maior concentração na segunda quinzena de novembro (2,23 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$). Esse incremento ocorreu em função do período seco que aumenta a evaporação das águas e reduz a capacidade de diluição dos efluentes lançados. Cabe ressaltar, que no período em que o teor de HCO_3^- , é maior do que $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, a água de irrigação apresenta deficiência de zinco em cultura como o arroz inundado,

embora o HCO_3^- não seja um íon tóxico, conforme afirma Ayers e Westcot (1991).

Ainda na Tabela 3, observa-se que a maior concentração de HCO_3^- , ocorreram no ponto P₀₃ (1,91 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$); enquanto as menores concentrações de HCO_3^- ocorreram, sobretudo, no ponto P₀₆ (após a ponte da Primavera) e P₁₀ (foz do rio), em que ambas apresentaram 1,68 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$. Apenas o mês de

julho apresentou concentração de HCO_3^- menor do que $1,5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, ou seja, sem restrição de uso para fins de irrigação (AYERS; WESTCOT, 1991). Apenas no mês de outubro foi verificada a presença de CO_3^{2-} nos pontos P_{01} e P_{05} ($0,15$ e $0,14 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, respectivamente); sendo estes correlacionados aos valores elevados de pH ($8,09$ e $8,4$ P_{01} e P_{05} , respectivamente) comprovando que em um extrato de saturação ou água, a presença de quantidades tituláveis de carbonato indica que o pH deverá ser maior que $8,0$. As concentrações de CO_3^{2-} e HCO_3^- quando associados com cálcio formam o carbonato de cálcio (CaCO_3), sal de baixa solubilidade, que ao precipitar-se retira da solução do solo parte do cálcio, proporcionando interferência no valor da RAS (ANDRADE JÚNIOR et al., 2006).

Na Tabela 4, observa-se que as concentrações de cloreto variaram de $1,46$ a $1,70 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, não sendo constatado qualquer grau de restrição de uso da água quanto à toxidez de cloreto para os sistemas de irrigação localizado e aspersão (AYERS; WESTCOT, 1991). Entretanto, houve crescimento das concentrações de Cl^- entre P_{04} e P_{08} (da ponte Frei Serafim até após o meandro e pedras submersas), em virtude dos despejos de esgotos lançados nestes trechos. No mês de outubro e na primeira quinzena de novembro houve as maiores concentrações deste elemento ($1,74 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$); isto ocorreu devido o período seco e, conseqüentemente, à maior evaporação das águas que não permitiu a maior diluição dos lançamentos domésticos, concentrando os sais. Verificou-se pequena alteração do Cl^- , nos meses de junho, julho e setembro, respectivamente, ($1,57$; $1,54$ e $1,56 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$). No entanto, foi na segunda quinzena de novembro que ocorreu a menor

concentração ($1,17 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), devido ao aumento das precipitações no período anterior à amostragem.

Os valores de condutividade elétrica da água (CE_a) ao longo do período de coletas são mostrados na Tabela 5. Observa-se que a CE_a no mês de outubro foi a mais elevada do período ($0,26 \text{ dS m}^{-1}$). Além disso, verifica-se que neste mês, o ponto P_{07} contribuiu com o maior teor ($0,29 \text{ dS m}^{-1}$), devido à localização do ponto amostrado está à jusante da ETE Leste. A CE_a aumentou de P_{05} até P_{09} ($0,21$ a $0,24 \text{ dS m}^{-1}$), na área localizada após o lançamento de efluentes do Hospital do Meduna até a área de operação de dragas, no bairro Mocambinho e o menor valor foi observado no ponto P_{02} ($0,20 \text{ dS m}^{-1}$).

Com base no Teste Kruskal-Wallis, pode-se constatar que o maior valor da CE_a foi registrada no mês de setembro ($0,26 \text{ dS m}^{-1}$), seguido dos meses de outubro e novembro (primeira quinzena), diferindo estatisticamente da CE_a observada nos meses de novembro (segunda quinzena) e dezembro, período onde se constataram os menores valores médios de CE_a entre os pontos de coleta ($0,16$ e $0,17 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente) (Tabela 5). A concentração de sais na água é inversamente proporcional à vazão do rio, ou seja, com a redução da lâmina d'água, provocada pelas baixas precipitações, a diluição dos sais é dificultada, elevando-se seu teor. O uso de água com CE_a $0,26 \text{ dS m}^{-1}$ na irrigação das culturas pode prejudicar a permeabilidade do solo, além de retardar o crescimento radicular, se não houver um manejo adequado. Apesar dos baixos níveis de salinidade verificados ao longo dos pontos amostrais, a água utilizada na irrigação pode

Tabela 4 - Valores mensais e quinzenais de cloreto (Cl^-) na água do Rio Poty, no período de junho a dezembro de 2004, em Teresina, PI

Ponto Amostral	Período de Monitoramento								Médias
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro		Dezembro	
						1ª Quinzena	2ª Quinzena		
P_{01}	1,54	1,58	1,72	1,60	1,58	1,66	1,00	1,18	1,48
P_{02}	1,40	1,52	1,68	1,70	1,54	1,70	0,92	1,22	1,46
P_{03}	1,44	1,50	1,74	1,56	1,80	1,78	1,00	1,44	1,53
P_{04}	1,42	1,54	1,72	1,34	1,88	1,72	1,02	1,38	1,50
P_{05}	1,56	1,54	1,74	1,34	1,72	1,64	1,02	1,78	1,54
P_{06}	1,68	1,64	1,76	1,52	1,74	1,74	1,36	1,66	1,64
P_{07}	1,64	1,52	1,72	1,56	1,94	1,76	1,02	1,48	1,58
P_{08}	1,78	1,56	1,80	1,70	1,88	1,96	1,30	1,64	1,70
P_{09}	1,54	1,44	1,66	1,72	1,94	1,74	1,48	1,62	1,64
P_{10}	1,70	1,52	1,70	1,58	1,42	1,66	1,56	1,46	1,58
Médias	1,57c	1,54cd	1,72ab	1,56c	1,74a	1,74b	1,17e	1,49d	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis a 1% de probabilidade

Tabela 5 - Valores mensais e quinzenais de condutividade elétrica (CE_a) do Rio Poty, no período de junho a dezembro de 2004, em Teresina, PI

Ponto Amostral	Período de Monitoramento								Médias
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro		Dezembro	
						1ª Quinzena	2ª Quinzena		
P ₀₁	0,23	0,21	0,19	0,25	0,24	0,22	0,14	0,16	0,21
P ₀₂	0,22	0,2	0,2	0,22	0,25	0,23	0,12	0,16	0,20
P ₀₃	0,22	0,22	0,22	0,24	0,28	0,25	0,15	0,18	0,22
P ₀₄	0,23	0,22	0,22	0,29	0,27	0,25	0,11	0,17	0,22
P ₀₅	0,22	0,22	0,22	0,24	0,27	0,25	0,11	0,18	0,21
P ₀₆	0,23	0,23	0,22	0,28	0,27	0,25	0,12	0,18	0,22
P ₀₇	0,24	0,22	0,22	0,25	0,29	0,26	0,17	0,19	0,23
P ₀₈	0,24	0,22	0,22	0,25	0,28	0,27	0,19	0,18	0,23
P ₀₉	0,24	0,23	0,22	0,25	0,28	0,26	0,22	0,18	0,24
P ₁₀	0,24	0,22	0,22	0,21	0,17	0,19	0,25	0,16	0,21
Médias	0,23c	0,22d	0,22d	0,25b	0,26a	0,24b	0,16f	0,17e	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis a 1% de probabilidade

acarretar um processo de salinização, caso não se promova a lavagem de manutenção de sais no solo (AYERS; WESTCOT, 1991; DIAS et al., 2007; MEDEIROS et al., 2003; MEDEIROS et al., 2007; SILVA et al., 2008).

A CE_a no mês de outubro apresentou-se com grau de restrição de uso moderado para irrigação, ou seja, um ligeiro aumento para 0,26 dS m⁻¹. No entanto, para o restante dos períodos analisados a água pode ser usada normalmente em projeto de irrigação, sem nenhuma restrição. Esta água pode ser utilizada na irrigação de culturas sensíveis aos sais, sem que haja necessidade de práticas de manejo da água ou do solo, como por exemplo, as hortaliças: repolho, tomate, abobrinha e pimentão, além das frutas, como laranja, banana e videira.

Na Tabela 6, observou-se aumento no valor da RAS de P₀₁ a P₀₂ (0,92 a 1,06 mmol_c L⁻¹)^{0,5}, com pequena variação nos demais pontos, exceção a um ligeiro aumento no ponto P₀₆ (1,26 mmol_c L⁻¹)^{0,5}. Verifica-se que o valor de CE_a entre 0,20 e 0,70 e da RAS entre 0 a 3, indicou que ambas, conjuntamente avaliadas, apresentam grau de restrição de uso ligeira e moderada, detectado no período de junho até a primeira quinzena de novembro e, grau de restrição severa, em dezembro (AYERS; WESTCOT, 1991). Valores elevados de RAS, acima de 15 (mmol_c L⁻¹)^{0,5} podem causar problemas de permeabilidade no solo, caso não seja adotado um manejo adequado da irrigação. No presente estudo, a RAS apresentou baixa oscilação no período, exceção

ao mês de outubro (1,90 mmol_c L⁻¹)^{0,5}; sendo os menores valores da RAS registrados no período de maior índice pluviométrico, ou seja, na segunda quinzena de novembro e dezembro respectivamente iguais a 0,71 e 0,79 (mmol_c L⁻¹)^{0,5} não diferindo entre si.

Na Tabela 7, verifica-se que a proporção de (Ca²⁺/Mg²⁺) variou de 0,59 a 0,99, ao longo do curso do rio. No período de junho a agosto, observa-se elevação de 0,84 a 0,92, reduzindo-se significativamente, no seguinte mês (0,71), devido, provavelmente, ao ligeiro aumento no nível da água, que provoca maior diluição dos íons. Verifica-se que a menor relação Ca²⁺/Mg²⁺ ocorreu na segunda quinzena de novembro (0,69), em virtude das elevadas precipitações. O ponto P06 apresentou a maior proporção Ca²⁺/Mg²⁺ dentre os pontos amostrados (0,99), enquanto que de forma temporal, o mês de agosto apresentou maior proporção.

Na Tabela 8, observa-se que o ponto P₁₀ apresentou a menor relação Ca²⁺/Mg²⁺ (0,59), indicando um maior risco na RAS, segundo Ayers e Westcot (1991) que afirma ainda que a baixa proporção Ca²⁺/Mg²⁺ diminui a retirada do cálcio da solução do solo e seu conseqüente transporte, devido ao alto teor de magnésio (1,11 mmol_c L⁻¹) (Tabela 9), ocasionando redução no rendimento de culturas como a cevada, milho e beterraba açucareira.

Segundo Ayers e Westcot (1991), a baixa proporção Ca²⁺/Mg²⁺ indica que a água encontra-se com deficiência

Tabela 6 - Valores mensais e quinzenais da razão de adsorção de sódio (RAS) na água do Rio Poty, no período de junho a dezembro de 2004, em Teresina, PI

Ponto Amostral	Período de Monitoramento								Médias
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro		Dezembro	
						1ª Quinzena	2ª Quinzena		
P ₀₁	1,24	0,85	1,19	0,91	0,97	1,03	0,70	0,60	0,94
P ₀₂	1,16	0,91	1,20	1,30	1,75	1,05	0,42	0,72	1,06
P ₀₃	1,03	0,90	1,17	1,28	2,86	1,31	0,45	0,72	1,21
P ₀₄	1,04	0,88	1,18	1,11	2,64	1,10	0,66	0,70	1,16
P ₀₅	1,22	0,90	1,15	1,27	2,70	1,22	0,53	0,69	1,21
P ₀₆	1,32	0,92	1,29	1,23	2,69	1,09	0,69	0,87	1,26
P ₀₇	1,32	1,04	1,38	1,28	1,58	1,39	0,85	0,92	1,22
P ₀₈	1,22	1,02	1,32	1,41	1,47	1,38	0,90	0,98	1,21
P ₀₉	1,27	1,04	1,26	1,52	1,27	1,34	0,92	0,83	1,18
P ₁₀	1,13	0,91	1,13	1,39	1,04	1,12	0,95	0,85	1,06
Médias	1,20b	0,94c	1,23b	1,27b	1,90a	1,20b	0,71d	0,79d	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis a 1% de probabilidade

Tabela 7 - Média da relação Ca²⁺/Mg²⁺ na água do Rio Poty, no período de junho a dezembro de 2004, em Teresina, PI

Relação Ca ²⁺ /Mg ²⁺	Período de Monitoramento							
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro		Dezembro
						1ª Quinzena	2ª Quinzena	
Médias	0,84	0,90	0,92	0,71	0,87	0,78	0,69	0,80

Tabela 8 - Média da relação Ca²⁺/Mg²⁺ na água do Rio Poty, ao longo do período de monitoramento, para todos os pontos amostrados ao longo do período de monitoramento

Ca ²⁺ /Mg ²⁺	Pontos amostrais									
	P ₀₁	P ₀₂	P ₀₃	P ₀₄	P ₀₅	P ₀₆	P ₀₇	P ₀₈	P ₀₉	P ₁₀
Médias	0,76	0,84	0,91	0,82	0,71	0,99	0,82	0,89	0,79	0,59

de Ca. Isto ocorre porque o Ca está completamente solúvel, variando até atingir o equilíbrio. Além disso, infere que há formação de precipitado como o CO₃⁻ e HCO₃⁻ na água, fato este verificado no monitoramento (Tabela 3).

Para a maioria dos parâmetros analisados, as concentrações para a estação chuvosa (Tabelas 1 a 10) foram inferiores àquelas registradas na estação seca. Essas diferenças se devem à diminuição do nível das

águas do Rio Poty na estação seca, o que confirma os resultados obtidos por Oliveira et al. (1998) e Lobato et al. (2008) nas águas do Rio Mossoró (RN) e na Barragem Santa Rosa (CE), respectivamente. Enquanto que, Brito et al. (2005), não observaram variações significativas nas variáveis de qualidade das águas entre os períodos seco e chuvoso nas águas da bacia hidrográfica do Salitre, BA.

Tabela 9 - Valores mensais e quinzenais de magnésio (Mg^{2+}) na água do Rio Poty, no período de junho a dezembro de 2004, em Teresina, PI

Ponto Amostral	Período de Monitoramento							Médias	
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro			Dezembro
						1ª Quinzena	2ª Quinzena		
P ₀₁	0,68	0,94	0,92	1,73	1,40	1,16	0,75	1,15	1,09
P ₀₂	0,43	0,83	0,86	0,98	1,08	1,09	1,13	1,00	0,93
P ₀₃	0,73	0,80	0,85	1,00	0,94	1,20	1,25	1,01	0,97
P ₀₄	0,74	0,84	0,82	1,23	1,20	1,24	0,96	1,16	1,02
P ₀₅	1,35	0,73	0,91	1,04	1,06	1,19	1,21	1,16	1,08
P ₀₆	0,83	0,71	0,82	1,08	1,10	1,30	0,86	0,51	0,90
P ₀₇	1,03	0,69	0,81	0,98	1,00	1,26	0,93	1,05	0,97
P ₀₈	0,93	0,73	0,73	0,85	1,01	1,26	1,04	0,90	0,93
P ₀₉	1,15	0,73	0,90	0,93	1,05	1,12	1,35	0,97	1,03
P ₁₀	2,00	0,75	1,00	0,85	0,79	1,15	1,43	0,92	1,11
Médias	0,99c	0,78d	0,86cd	1,07bc	1,06b	1,20 ^a	1,09ab	0,98b	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis a 1% de probabilidade

Tabela 10 - Valores mensais e quinzenais de cálcio (Ca^{2+}) na água do Rio Poty, no período de junho a dezembro de 2004, em Teresina, PI

Ponto Amostral	Período de Monitoramento							Médias	
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro			Dezembro
						1ª Quinzena	2ª Quinzena		
P ₀₁	0,81	0,72	0,69	1,04	1,00	0,99	0,63	0,75	0,83
P ₀₂	0,96	0,62	0,72	0,63	0,91	0,99	0,59	0,80	0,78
P ₀₃	1,06	0,69	0,80	0,65	1,00	0,94	1,09	0,78	0,88
P ₀₄	0,99	0,70	0,81	0,97	0,92	1,01	0,58	0,74	0,84
P ₀₅	0,80	0,75	0,80	0,65	0,96	0,94	0,48	0,76	0,77
P ₀₆	1,00	0,70	0,81	1,02	0,94	0,97	0,57	1,07	0,89
P ₀₇	0,80	0,72	0,85	0,68	0,94	0,94	0,73	0,74	0,80
P ₀₈	0,90	0,74	0,82	0,76	0,94	0,95	0,86	0,68	0,83
P ₀₉	0,82	0,69	0,80	0,67	0,92	0,92	0,87	0,77	0,81
P ₁₀	0,12	0,71	0,77	0,55	0,63	0,67	1,09	0,75	0,66
Médias	0,83b	0,70d	0,79bc	0,76d	0,92a	0,93 ^a	0,75d	0,78c	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis a 1% de probabilidade

Conclusões

1. Não houve grau de restrição do uso da água nas variáveis do pH (< 7), RAS, CE_a , Na^+ , Cl^- , entretanto, houve presença de CO_3^{2-} em algumas amostras analisadas, deficiência de Ca^{2+} em relação ao Mg^{2+} e para o HCO_3^- , RAS conjunta com a CE_a , houve grau de restrição de uso, ligeira e moderada para o uso na irrigação.
2. O aumento da salinidade da água ocorreu nos pontos amostrais onde houve intervenção humana ao longo do curso do rio, principalmente pelo lançamento de efluentes domésticos.
3. Os maiores valores de CE e RAS na água ocorreram nas amostragens da segunda quinzena de novembro e dezembro (períodos de maiores precipitações pluviométricas locais), diferindo estatisticamente entre os demais meses de coleta.

Agradecimentos

À FAPEPI / CNPq pela concessão da bolsa e à Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Piauí, pela disponibilidade da lancha e do gentil comandante Sr. Capivara.

Referências

Agência Nacional de Águas - ANA. **Regiões hidrográficas**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/>>. Acesso em: 30 de dez 2004.

ANDRADE JUNIOR, A.S. de. et al. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semi-árido Piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.04, p.873-880, 2006.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Classificação climática e regionalização do semi-árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n. 02, p.143-151, 2005.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 1. ed. Campina Grande: UFCG. Tradução: Gheyi, H.R.; Medeiros, J.F.; Damasceno, F.A.V. 1991, 218p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

BRITO, L.T.L. et al. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n. 04, p. 596-602, 2005.

COELHO, R.D. et al. Entupimento de gotejadores em decorrência de pulsos de partículas sólidas na malha hidráulica. **Revista Irriga**, v.12, n.03, p.108-122, 2006.

DAMASCENO, L.M.O. et al. Qualidade da água do Rio Poty para consumo humano, na região de Teresina, PI. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.3, n. 04, p.116-130, 2008.

DIAS, N.S.; COELHO, R.D.; OLIVEIRA, M.V.A.M. de. Resistência de diferentes tipos de tubos gotejadores ao entupimento por precipitação química de cálcio. **Revista Irriga**, v.9, n.02, p.115-125, 2004.

DIAS, N.S. et al. Salinização do solo por aplicação de fertilizantes em ambiente protegido. **Revista Irriga**, v.12, n.01, p.135 -143, 2007.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 1. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997, 212p.

LIMA, I.M.M.F.; OLIVEIRA, A.L.; FÉ, C.A.M. **A cidade que queremos. Diagnósticos e Cenários: Meio Ambiente**. 1. ed. Teresina: Prefeitura de Teresina, 2002, 121p.

LOBATO, F.A. de O. et al. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.01, p.167-172, 2008.

MARVEL FILHO; P. **Análise de sustentabilidade do Estado do Piauí, quanto aos recursos hídricos**. Política de gestão de recursos hídricos e meio ambiente do Estado do Piauí. Projeto Áridas. Teresina: Governo do estado do PI, 1995. 120 p.

MEDEIROS, S. de S. et al. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberas: efeitos nos componentes de produção. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.27, n.02, p.569-578, 2007.

MEDEIROS, J. F. de. et al. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.03, p.469-472, 2003.

OLIVEIRA, O.; MAIA, C.E. Qualidade físico-química da água para a irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.2, n.01, p.17-21, 1998.

SEMAR. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais do Piauí. **Conferência Nacional do Meio Ambiente**. (Relatório), 2003. 54p.

SIEGEL, S.; CASTELLANI JÚNIOR, N.J. **Estatística não paramétrica para ciências do comportamento**. Porto Alegre: ARTMED, 2006. 448p.

SILVA, L. EWEN, J. Modelagem hidrológica para grandes bacias hidrográficas: a necessidade de novas metodologias, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.04, p.81-92, 2001.

SILVA, S.M.S. et al. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.335-342, 2008.

TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v.59, n.01, p.181-186, 2002.