

## QUALIDADE QUÍMICA E BIOLÓGICA DAS ÁGUAS DOS RIOS SERIDÓ E BARRA NOVA NO PERÍMETRO URBANO DA CIDADE DE CAICÓ, RN

TARCISIO BATISTA DANTAS<sup>1</sup>; MIGUEL FERREIRA NETO<sup>2</sup>; SANDRA MARIA CAMPOS ALVES<sup>2</sup>; JOSÉ SIMPLÍCIO DE HOLANDA<sup>3</sup> e STEFESON BEZERRA DE MELO<sup>4</sup>

Parte da Dissertação do primeiro autor defendido no Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da UFERSA. E-mail: [tarcisioemparn@hotmail.com](mailto:tarcisioemparn@hotmail.com)

<sup>2</sup>Departamento Agrônomo de Ciência do Solo da Universitário Federal Rural do Semi Árido, Mossoró/RN, Brasil, [miguel@ufersa.edu.br](mailto:miguel@ufersa.edu.br), [sandraalves@ufersa.edu.br](mailto:sandraalves@ufersa.edu.br)

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo. Dr. Pesquisador da Embrapa/Emparn. Av. Eliza Branco Pereira dos Santos, S/N Parq. Das Nações – Parnamirim/RN. E-mail: [simplicioemparn@rn.gov.br](mailto:simplicioemparn@rn.gov.br)

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. CEP 59625-900 Mossoró (RN). E-mail: [stefeson@hotmail.com](mailto:stefeson@hotmail.com).

### 1 RESUMO

A qualidade de água residuária constitui-se como uma das principais limitações para produção agrícola. O objetivo deste trabalho foi monitorar a qualidade química e biológica das águas dos rios Seridó e Barra Nova a jusante de Caicó, RN. O presente estudo foi realizado na zona periférica de Caicó, sendo escolhidos quatro pontos de amostragens situados exatamente nos mesmos locais de captação de água para irrigação, denominados de: água de referência (AR) e locais 02, 03 e 04, nos meses de julho, outubro e dezembro de 2010 e em maio e setembro de 2011, totalizando cinco repetições. No rio Seridó coletou-se a água de referência a montante da cidade, livre de esgoto e, a amostra 02, próximo ao lançamento de esgoto. Os locais 03 e 04 situam-se no rio Barra Nova a jusante da cidade. Os parâmetros analisados foram CE e pH *in loco* e Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Zn<sup>+</sup>, Cu<sup>+</sup>, Fe<sup>+</sup>, Mn<sup>+</sup>, Cd<sup>+</sup>, Pb<sup>+</sup>, Cr<sup>+</sup>, Ni<sup>+</sup>, P (total), N (Kjedhal), N-NH<sub>3</sub>, além de DQO, DBO e coliformes fecais e totais. As análises das águas residuárias apresentaram classe de salinidade média, sodicidade e toxicidade de média a alta com baixa concentração de metais pesados e com densidade de DBO e coliformes acima dos padrões recomendados pelo CONAMA. A qualidade das águas residuárias não apresenta impacto negativo ao ambiente se adotado técnicas específicas para reuso agrícola bem como um monitoramento da qualidade das águas.

**Palavras-chaves:** esgoto urbano, metais pesados, salinidade, *Pennisetum purpureum*, *Schum.*

DANTAS, T. B.; FERREIRA NETO, M.; ALVES, S. M. C.; HOLANDA, J. S. de;  
MELO, S. B. de

CHEMICAL AND BIOLOGICAL WATER QUALITY OF RIVER SERIDÓ AND  
RIVER BARRA NOVA IN URBAN PERIMETER OF CAICÓ CITY, RN

### 2 ABSTRACT

Wastewater quality is the primary limitation factor in agricultural production. The objective of this study was to monitor the chemical and biological quality of water from the Seridó and

Barra Nova rivers downstream Caicó, Rio Grande do Norte, Brazil. This experiment was conducted in the outskirts of Caicó. Samples were taken from four sites where irrigation water was captured and labelled reference water (RW) plus sites #2, #3 and #4 in July, October and December 2010 as well as in May and September 2011, with five replications. RW was collected from the Seridó at an upstream from town and sewage free location whereas samples for site #2 were taken close to a sewage disposal point. Sites #3 and #4 were located on the river Barra Nova downstream of town. The analyzed parameters were EC and pH in loco plus Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Zn<sup>+</sup>, Cu<sup>+</sup>, Fe<sup>+</sup>, Mn<sup>+</sup>, Cd<sup>+</sup>, Pb<sup>+</sup>, Cr<sup>+</sup>, Ni<sup>+</sup>, P (total), N (Kjedhal), N-NH<sub>3</sub> as well as COD, BOD and total and fecal coliform. Wastewater analysis showed average salinity, sodicity and toxicity from medium to high with low heavy metal concentration and BOD density and coliform above the values recommended by Brazilian environmental authority's (Conselho Nacional do Meio-Ambiente - CONAMA). Wastewater quality had no negative impact on the environment if adopted specific techniques for agriculture reuse along with monitoring of water quality.

**Keywords:** urban sewage, heavy metals, salinity, *Pennisetum purpureum*, Schum.

### 3 INTRODUÇÃO

Em regiões de clima Semi Árido como no Nordeste brasileiro, a água de boa qualidade é recurso natural limitado que associado aos baixos índices pluviométricos anuais, afetam o desenvolvimento da agricultura, em particular dos pequenos agricultores que não dispõem de fontes alternativas de água para manter sua produção durante a estação seca. O desenvolvimento de tecnologia sustentável que permita atender a demanda por água pela população, indústria e agricultura é um grande desafio da sociedade moderna. O reuso planejado e controlado de efluente na agricultura apresenta-se como alternativa promissora para minimizar o problema da escassez de água em região como nordeste brasileiro (Paganini et al., 2004).

A técnica de disposição controlada e planejada de água residuária no sistema solo planta, além de fornecer água para produção agrícola, supre também parte da demanda nutricional das culturas, reduzindo o uso de fertilizante no solo (Medeiros et al., 2005). Sendo uma forma de destino final de esgoto que tem sua carga poluidora reduzida por processos físicos, químicos e biológicos do solo, diminuindo o impacto ambiental nos corpos de água receptores de esgoto urbano. Todavia, segundo Ayers & Westcot (1999) a principal limitação do reuso na agricultura é o conteúdo de nutrientes, presença em alta concentração de íons específicos como Sódio e ou Cloreto na água e a tolerância das culturas.

A carga de compostos químicos como de metais pesados (Cd, Cr, Pb e Ni) na água que se destina a irrigação é outro parâmetro que merece atenção, em caso de suspeita de contaminação recomenda-se a avaliação da qualidade da água (Holanda et al., 2010). O acúmulo destes compostos no perfil do solo pode propiciar fitotoxicidade as plantas ou constituir em risco a saúde humana, pela introdução na cadeia alimentar dos animais consumidores (Andrade et al., 2006; Paganini., 2004).

As águas residuárias são ricas em substâncias químicas e biológicas de risco potencial a saúde humana. O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA e a Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental – CETESB, estabeleceram limites agrônômicos e ambientais aceitáveis para água de reuso na agricultura. A concentração dos metais pesados,

conteúdo total de sais e biológicos são apontados como parâmetros essenciais na avaliação da qualidade de água residuária destinada à irrigação.

A prática de aplicação superficial de efluente no solo para produção de capim elefante (*Pennisetumpurpureum*, Schum) tem sido demonstrada por vários autores (Marqueset al., 2004; Matos et al., 2010) como excelente alternativa para produção de forrageiras e o destino final de efluente. Vale salientar que essa cultura apresenta características ideais para a irrigação com águas residuárias, sendo ainda recomendada para o uso de efluentes com tratamento primário na sua irrigação (Metcalf & Eddy, 1991).

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo monitorar a qualidade química e biológica das águas dos rios Seridó e Barra Nova a jusante da cidade de Caicó/RN durante estação seca do ano.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na periferia da cidade de Caicó, RN, onde finaliza as edificações urbanas e inicia a zona rural, distribuídas nas margens dos Rios Seridó e Barra Nova pertencentes à bacia hidrográfica do Seridó e Itans. Foram escolhidos quatro pontos de coletas situados exatamente nos mesmos locais de captação de água para irrigação, denominadas de: água de referência (AR) e locais 02, 03 e 04. No primeiro rio (Seridó) coletou-se a água de referência (AR) que fica situado a montante da cidade livre de esgoto urbano e a amostra 02 localizada na Ilha de Santana próximo ao lançamento de esgoto. Os locais 03 e 04 situam-se no rio Barra Nova a jusante da cidade, depois que a água do rio se mistura com os esgotos urbanos. Coordenadas Geográficas: AR (6°28'19"S e 37°03'12"W), 02 (6°27'35"S e 37°05'56"W), 03 (6°27'44"S e 37°06'26"W) e 04 (6°27'31"S e 37°06'22"W).

As amostras foram coletadas nos meses de julho, outubro e dezembro de 2010, e em maio e setembro de 2011, totalizando cinco coletas (repetições). Para realização da coleta adotou-se a metodologia recomendada pelo CONAMA, determinando *in loco* a CE (condutividade elétrica) e pH, através do *kit* portátil medidor de água (Oakton série 600) sendo a amostra posteriormente refrigerada a 25°C.

Em seguida, coletou-se uma alíquota que foi a condicionada em uma garrafa de vidro escuro de 1L e adicionamos 2 ml de Ácido Nítrico concentrado para posterior análise dos seguintes metais pesados: Cd, Pb, Ni, Cr, Zn, Cu, Fe e Mn (APHA, 1998).

Coletaram-se também amostras de água para análise dos riscos de salinidade e contaminação biológica. Para estas análises foram utilizadas a Metodologia proposta por APHA (1998), sendo determinada: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>); Demanda Química de Oxigênio (DQO) sistema aberto; Coliformes totais e fecais, pelo método membrana filtrante.

Quanto a avaliação química, determinou-se os teores de Nitrogênio orgânico total Kjeldhal (NTK), com adição de MgO e Liga de varda em destilador TE 036/1; Nitrogênio amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (método do colorimétrico usando reagente de Nessler); fósforo total (PT) em molibdato de amônio, usando colorímetro fotoelétrico B 340; Potássio (K<sup>+</sup>) e Sódio (Na<sup>+</sup>) por fotometria de chama B462. A razão de adsorção de sódio (RAS) da água, que expressa os riscos de sodificação do solo pelo seu uso, foi estimada pela Eq. (1) recomendada pela CETESB e CONAMA.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}}$$

Onde: Na, Ca e Mg – concentração na água residuária, em mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>

Os metais pesados totais de Cd, Pb, Ni, Cr, Zn, Cu, Fe e Mn foram analisados utilizando o espectrofotômetro de Absorção Atômica modelo Spectr AA 220, segundo metodologia proposta por APHA (1998). A análise estatística foi realizada por análise descritiva, considerando os parâmetros das médias, desvio padrão e comparando-os com o local de referência, Resolução 430 do CONAMA (2011) e CETESB Decreto Estadual 8.468/76. Para classe de salinidade da água foi adotado classificando de risco de salinidade (C) e toxicidade (T); quanto a sodicidade (S) adotou-se os padrões da CETESB (2010) e simbologia sugerida por Holanda et al. (2010).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento da água residuária de origem urbana dos rios Seridó e Barra Nova realizado nos meses de julho, outubro e dezembro de 2010 e maio e setembro de 2011, apresentou concentração de metais pesados satisfatória para o reuso agrícola. De acordo com as médias dos dados (Tabela 1), os elementos químicos de risco a saúde humana, tais como, Cr, Pb, Cd e Ni, da água do efluente urbano, encontram-se em concentração abaixo dos limites de referência estabelecido pelo CONAMA e CETESB Decreto Estadual 8.468/76. Indicando que não há restrições quanto ao reuso na agricultura, tendo em vista que as proporções desses elementos contidos na água de esgoto, de modo geral, não oferecem risco de poluição severa ao ambiente do solo, já que se enquadram dentro das diretrizes químicas apropriadas para reuso agrícola.

De forma semelhante, pode ser observado nas médias dos micronutrientes totais: Zn, Cu, Fe e Mn, presentes nas águas residuárias. Comparando-se os valores das águas residuárias com a água de referência (AR) e com os níveis indicados pelos Órgãos ambientais CONAMA e CETESB (Tabela 1), de modo geral, não se constata valores elevados. Apenas, o local 02, apresentou média e desvio, para o Fe mais elevado quando comparado aos outros locais. Avalia-se, que o uso dessas águas de forma planejada, poderá se dar de modo continuado reutilizada sem maiores danos ao ambiente do solo e forrageira, em vista que esse micronutriente em tal concentração não deve causar toxicidade ao capim elefante. O elemento ferro é largamente controlado pelos óxidos hidratados, bicarbonatos e excesso de fósforo no solo (Abreu et al., 2007), assim como o pH, o qual atua na diminuição da disponibilidade do (Fe<sup>2+</sup>), em aproximadamente mil vezes, a cada unidade do aumento do pH (em faixa de 4 a 9). Dessa forma, ocorre redução da disponibilidade do elemento as plantas.

Rodrigues et al. (2009), determinaram a composição total de micronutrientes em água de esgoto doméstico de 2,45; 0,013; 0,005 e 0,10 mg L<sup>-1</sup> para Fe, Zn, Cu e Mn, respectivamente. Analisando valores próximos aos observados neste estudo que foi de 2,56; 0,20; 0,05 e 0,16 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, para os mesmos elementos supracitados.

**Tabela 1.** Composição total média ( $\text{mg L}^{-1}$ ) de metais pesados na água dos Rios Seridó e Barra Nova.

Parâmetros	CONAMA 430/2011	CETESB DC.8.468/76	Água de Referência	Local 02	Local 03	Local 04
Fósforo	0,15	-	$0,39 \pm 0,29$	$4,86 \pm 1,49$	$1,00 \pm 0,14$	$1,66 \pm 0,22$
Zinco	5,0	2,0	$0,01 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,20$	$0,01 \pm 0,006$	$0,01 \pm 0,007$
Cobre	1,00	0,2	$0,038 \pm 0,037$	$0,05 \pm 0,04$	$0,018 \pm 0,010$	$0,086 \pm 0,085$
Ferro	15,0	5,0	$0,251 \pm 0,062$	$2,56 \pm 2,15$	$0,489 \pm 0,213$	$0,59 \pm 0,26$
Manganês	1,00	0,20	$0,113 \pm 0,065$	$0,160 \pm 0,04$	$0,195 \pm 0,04$	$0,198 \pm 0,039$
Cromo	0,05	0,10	$0,004 \pm 0,001$	$0,005 \pm 0,004$	$0,003 \pm 0,002$	$0,003 \pm 0,003$
Cádmio	0,20	0,01	$0,002 \pm 0,002$	$0,002 \pm 0,002$	$0,004 \pm 0,004$	$0,002 \pm 0,002$
Chumbo	0,50	0,50	$0,025 \pm 0,014$	$0,050 \pm 0,024$	$0,031 \pm 0,023$	$0,025 \pm 0,020$
Níquel	2,00	0,20	$0,008 \pm 0,007$	$0,010 \pm 0,007$	$0,010 \pm 0,008$	$0,006 \pm 0,005$

**Fonte:** Resolução 430/11 CONAMA e CETESB Decreto Estadual 8.468/76

Para o íon fósforo total, os limites da concentração nas águas residuárias, pesquisadas nesse estudo, encontram-se acima dos padrões recomendados pela resolução 430 do CONAMA, até mesmo, a água de referência obteve valores acima dos limites preconizados pelo Órgão, porém inferiores aos demais pontos estudados.

Considerando, o local 02 tem-se a maior média para o elemento fósforo ( $4,86 \pm 1,49$ ) em relação aos outros locais. Esse fato ocorre, provavelmente, devido à sua localização, ou seja, o mesmo se encontra logo após um dos pontos de descargade de esgoto bruto do município. Dessa forma, não há tempo suficiente para permitir a autodepuração natural da água de esgoto no rio.

Valores semelhantes foram identificados por Rodrigues et al. (2009), ao avaliar impactos sobre a fertilidade do solo decorrentes da aplicação de água residuária de origem doméstica; obtiveram valores médios de  $4,60 \text{ mg L}^{-1}$  de P total, contido no esgoto doméstico. Medeiros et al. (2005), estudando a possibilidade do reuso de água, obteve valores médios de  $12,64 \text{ mg L}^{-1}$  de fósforo total em água residuária pós tratamento, relatando que a disposição de lâmina, de  $1.201 \text{ mm ano}^{-1}$  de esgoto filtrado, no solo supriu toda necessidade de fósforo para a cultura do cafeeiro. Esses valores encontram-se acima daqueles encontrados no presente estudo.

Vale considerar que, mesmo a água residuária apresentando valores de P alto, não deve oferecer risco ambiental ao sistema solo-planta, quando considerado o cultivo de forrageiras, pois estas espécies apresentam grande potencial de extração de P do solo. As observações verificadas no presente estudo estão de acordo com os resultados mostrados por Matos et al. (2010), os quais relatam que o capim elefante, em três meses de cultivo, conseguiu remover do solo de  $0,39$  a  $30,17 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo, em rampa de tratamento de água residuária. Brasil et al. (2007) evidenciaram remoção de  $302 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de fósforo em sistema alagados construídos, sendo cultivados com capim elefante durante 3 meses, utilizando águas residuárias de origem da atividade de suinocultura. Favorecendo deste modo o equilíbrio nutricional do sistema solo, diferentemente da concentração de sais.

A qualidade das águas dos Rios Seridó e Barra Nova, quanto aos riscos de salinidade, apresentaram restrições para uso na irrigação (Ayers & Westcot (1999); Holanda et al. (2010); CETESB (2010)). A CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ), que expressa a concentração de sais solúveis na água, apresentou médias e desvio padrão para todos os locais observados (Tabela 2) na faixa de classificação de risco média (classe C2) de salinidade. Comparando a AR com a qualidade da água dos pontos 02,03 e 04, nota-se que a concentração de sais é mais elevada nas águas residuárias, sendo o local 02 com valor superior. Nessas condições, as águas poderão ser

aplicadas em solo, desde que apresente boa capacidade de lixiviação e em culturas com níveis elevados de tolerâncias a sais.

Quanto aos valores médios do pH, nas águas residuárias, encontram-se na faixa preconizada pelo o CONAMA, portanto adequados para irrigação (Tabela 2).

Os íons específicos Sódio e ou Cloreto, elementos considerados mais propensos a causarem toxidez às plantas sensíveis a sais, os níveis de concentração das águas encontram-se acima dos limites propostos pela CETESB que é de 69 mg L<sup>-1</sup> de Cl<sup>-</sup> e 106,5 mg L<sup>-1</sup> de Na<sup>+</sup>. De acordo com a classificação de Ayers & Westcot (1999) e Holanda et al. (2010) as médias dos teores de Sódio e Cloreto das amostras de água analisadas (Tabela 2), apenas para o local 02 de coleta, foram inseridas na classe de toxicidade alta (T<sub>3</sub>), considerada de risco de toxicidade severo às plantas de baixa resistência a sais. Os locais 03 e 04 obtiveram riscos de toxicidade média (T<sub>2</sub>), com problema moderado. Sendo verificado nas amostras do local da água de referência menor conteúdo de sódio e cloreto em relação às águas com lançamento de efluentes.

Mesmo as águas de esgoto apresentando concentração de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> alta não foram observados efeitos fitotóxicos nas folhas do capim elefante, mostrando alta tolerância a sais. Esses dados são corroborados por Rodrigues et al. (2009) reportando que não foi observado efeito fitotóxico no cultivo da mamoneira em razão da aplicação de água residuária no solo com concentração 141,80 mg L<sup>-1</sup> para sódio e de 197,28 mg L<sup>-1</sup> para cloreto.

Ayers & Westcot., (1999) e Holanda et al., (2010) reportam que os efeitos de toxicidade de sódio e ou cloreto nas plantas sensíveis a sais podem ser amenizados, se o método de aplicação da água for dirigida diretamente no solo, preferencialmente durante à noite ou nas horas mais frias do dia.

**Tabela 2.** Concentração média de íons solúveis da água residuária dos Rios Seridó e Barra Nova.

Parâmetros	Água de Referência	Local 02	Local 03	Local 04	CONAM A 430/2011	CETESB DC.8.468/76
CE (dS m <sup>-3</sup> )	0,78 ± 0,12	1,34±0,12	0,91 ±0,13	0,93±0,11	-	2,9
pH (25°C)	8,4 ± 0,4	7,10±0,34	7,0 ± 0,41	7,0±0,33	6,0 a 9,0	-
Cloreto (mgL <sup>-1</sup> )	201,62±79,29	248,0±17,03	203,5±26,7	207,04±21,88	250	106,5
Sódio (mgL <sup>-1</sup> )	129,64±36,14	220,8±51,7	150,4±18,1	153,85±18,42	-	69,0
Potássio (mgL <sup>-1</sup> )	7,53 ± 1,79	17,51±2,61	9,92±0,43	10,15±0,42	-	-
Cálcio (mgL <sup>-1</sup> )	9,83 ± 1,15	32,48±4,46	28,25±1,93	29,63±1,30	-	-
Magnésio(mgL <sup>-1</sup> )	13,33±1,53	20,25±2,06	18,75±2,22	19,25±1,71	-	-
RAS	6,38±2,04	6,70±0,65	5,01±0,22	5,11±0,36	-	9
STD (mgL <sup>-1</sup> )	502±74,8	859±74,6	584±80,3	594±69,3	-	-
Classe das águas	C <sub>2</sub> S <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> S <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	-	-

**Fonte:** Resolução 430/11 do CONAMA e CETESB Decreto Estadual 8.468/76. Risco de Salinidade média  $C_2$ ; risco de Sodicidade  $S_{2(3)}$  crescente e severo; risco de Toxicidade por  $Na^+$  e ou  $Cl^-$   $T_{2(3)}$  média a alta.

De acordo com a CETESB (2010) a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) máxima permitida na água de esgoto destinada à irrigação é de 9; esta deve estar correlacionada com a CE, considerando os riscos de sodificação que poderá ocorrer no solo, levando-o a redução da permeabilidade devido alterações nas propriedades físicas do solo.

Para Ayers & Westcot (1999), água com RAS entre 3 e 6 e CE ( $dS\ m^{-1}$ ) maior que 1,2 e menor que 0,3, poderá ser usada na irrigação sem restrição, assim como RAS entre 6 e 12 com faixa de CE superior à 1,9 e menor que 0,5. As águas que apresentem os mesmos valores de RAS (3 a 6 e 6 a 12) e com leituras de CE ( $dS\ m^{-1}$ ) entre as faixas de 1,2 a 0,3 e 1,9 a 0,5, haverá restrições no uso agrícola, sob pena de causar sodificação, e consequente redução da infiltração de água no solo.

Analisando os resultados das RAS (Tabela 2) e adotando simbologia (S) de classificação sugerida por Holanda et al. (2010) a água de referência e do local 02 se inserem na classe  $S_2$  de risco de sodicidade crescente e os locais 03 e 04 obtiveram risco de problemas de infiltração severos. Entretanto, não haverá problema se a água for reutilizada na irrigação de forrageiras e em solos de boa capacidade de lixiviação como arenoso. Rodrigues et al. (2009) e Medeiros et al., (2005) pesquisando a utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura, determinaram valores de RAS de 3,55 e 3,30 respectivamente, inferiores aos monitorados neste estudo.

Avaliando-se as médias e desvios padrões para o nitrogênio amoniacal e total (Tabela 3), observa-se que os teores das águas residuárias ficaram acima da água de referência, sendo o local 02 com médias ligeiramente superiores aos locais 03 e 04, e o único que condicionou valor de  $N-NH_3$  superior ao referenciado pelo CONAMA e CETESB. A razão provável deste efeito, deve-se a proximidade do local de coleta a um dos pontos de lançamento de esgoto urbano, tendo em vista que o nitrogênio na água de esgoto, no instante inicial de despejo, encontra-se basicamente na forma orgânica N-Org ou  $N-NH_4^+$  e se modifica através da oxidação que se processa ao ar livre. Souza et al. (2006) identificaram  $72,0\ mg\ L^{-1}$  de N total em efluente urbano bruto, caindo para  $58,0\ mg\ L^{-1}$  de N total, após passar no reator anaeróbio, mostrando elevada concentração de N dissolvidos em água de esgoto bruto.

De acordo com Ayers & Westcot (1999), o nitrogênio contido na água de irrigação produz efeito nas plantas similar ao N dos fertilizantes, sendo que a aplicação de quantidades elevadas a partir de efluentes pode favorecer o crescimento vegetativo a ponto de retardar a maturação ou oferecer a obtenção de produtos de baixa qualidade. Sabe-se que o nitrogênio tem grande mobilidade no perfil do solo, podendo lixiviar para camadas inferiores e contaminar a água subterrânea Cantarella et al. (2007). Todavia, estudos revelam (Matos et al. (2009); Queiroz et al. (2004)) que as forrageiras apresentam alta eficiência na capacidade de extração de N do solo. Deste modo, boa parte do nutriente adicionado ao solo via irrigação com águas residuárias, foi removido pelo capim elefante, diminuindo dessa forma sua acumulação no solo.

**Tabela 3.** Composição de Nitrogênio ( $\text{mg L}^{-1}$ ), Demanda Química e Biológica de Oxigênio e densidade de coliformes totais e fecais na água dos rios Seridó e Barra Nova.

Parâmetro	Água de Referência	Local 02	Local 03	Local 04	CONAMA 430/2011	CETESB DC.8.468/76
N-NH <sub>3</sub>	0,34 ± 0,34	29,17±12,03	8,34±3,18	9,52±3,40	13,3pH<7,5	20
N-total	0,84 ± 0,24	29,58±7,92	6,77±2,73	7,69±1,63	-	-
DQO	19,42 ± 5,13	58,25 ± 15,84	58,25 ± 13,08	24,93 ± 8,40	-	-
DBO	7,98 ± 2,45	24,64 ± 9,23	27,87 ± 11,12	11,65 ± 3,58	10	-
Coliformes UFC/100ml						
Totais	1,5x10 <sup>4</sup>	3,4x10 <sup>5</sup>	3,9x10 <sup>5</sup>	4,3x10 <sup>6</sup>	< 2x10 <sup>4</sup>	-
Fecais	4x10 <sup>3</sup>	3,2x10 <sup>5</sup>	3,6x10 <sup>5</sup>	4x10 <sup>6</sup>	< 4x10 <sup>3</sup>	≤ 10 <sup>5</sup>

A matéria orgânica dissolvida na água pode ser expressa indiretamente pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Segundo Hespanhol et al. (2005), a DBO, quando em concentração elevada, pode prejudicar a absorção de nutrientes pelas raízes das plantas. De acordo com as médias de DBO inseridas na Tabela 3, somente a AR apresentou valor abaixo do estabelecido pelo CONAMA, enquanto que os demais locais a DBO ficou ligeiramente acima dos padrões aceitáveis pelo órgão ambiental.

É importante salientar que o CONAMA aceita valores de DBO acima do limite estabelecido, desde que seja definido pelo órgão ambiental estadual ou municipal competente. Portanto, comparado as médias com os valores propostos pela literatura especializadas (Santos et al., 2003; Hespanhol et al, 2005) e o Conselho Estadual do Meio Ambiente do RS/CONSEMA 128, (2006) que recomendam limites de DBO de até  $80 \text{ mg L}^{-1}$ , os valores médios encontrados para DBO nos locais 02, 03 e 04 (Tabela 3), situam-se dentro dos padrões aceitáveis para disposição no solo. Machado et al. (2005), investigando a qualidade das águas do Rio Paraibuna, no trecho urbano de Juiz de Fora, MG, observaram uma concentração de  $15,57 \text{ mg L}^{-1}$  para DBO no ponto mais crítico de seu estudo. Os resultados encontrados pelos autores acima citados estão abaixo dos verificados no presente trabalho, especificamente nos locais 02 e 03 sendo estes  $24,64 \text{ mg L}^{-1}$  e  $27,87 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente. Confirmando com Thebaldiet al., (2010) quando analisava o efeito do lançamento de efluente de abate de bovinos sobre a qualidade da água do Córrego Jurubatuba, onde observaram valores de DBO mais baixos no ponto localizado mais adiante do local de despejo.

Quanto aos parâmetros microbiológicos (Tabela 3) os dados revelam que as médias de coliformes fecais e totais nos pontos 02, 03 e 04 obtiveram valores acima dos limites referenciados pela resolução 430 do CONAMA, exceto para AR. Para a CETESB, que leva em consideração o tipo de cultura, grupo de pessoas exposto e técnica de aplicação, apenas a AR obteve valor abaixo de  $\leq 10^5$  UFC/100 ml, diferente dos locais 02, 03 e 04 cujos valores foram superiores.

Como se trata de irrigação destinada à produção de forrageiras, utilizando como sistema de irrigação a disposição superficial no solo de forma controlada e planejada; o reuso poderá ser realizado sem maiores riscos de contaminação do capim e das pessoas envolvidas.

Os resultados microbiológicos são compatíveis com estudo de efluente realizados por Koniget al., (2005) que observaram concentração (UFC/100 mL) de Coliformes fecais  $6,3 \times 10^5$ ,  $1,1 \times 10^5$  e  $2,9 \times 10^5$  de Nov/95 a fev/96; set a dez/96 e Nov/95 a dez/96 respectivamente. Marques et al. (2004) usando diferentes lâminas de irrigação de água

residuária doméstica tratada, mostraram qualidade microbiológica de  $10^6$  UFC/100 mL, portanto superior ao analisado neste estudo.

## 6 CONCLUSÕES

As águas dos rios Seridó e Barra Nova situadas no perímetro urbano da cidade de Cacó, RN, obtiveram classe de salinidade média ( $C_2$ ), podendo ser reutilizadas na irrigação de culturas tolerantes a sais tais como as plantas forrageiras.

Quanto aos riscos de sodicidade, a água de referência e a observada no local 02 se inserem na classe de risco de problema de infiltração crescente ( $S_2$ ), tendo, os locais 03 e 04 riscos severos de infiltração. Não havendo problema se a água for reutilizada na irrigação de forrageiras e em solos com boa capacidade de lixiviação.

Os íons específicos Sódio e Cloreto, quando avaliados no local 02 de amostragem, apresentaram alto risco de toxicidade ( $T_3$ ) às plantas sensíveis a sais; enquanto os locais: água de referência, 03 e 04 obtiveram níveis médios ( $T_2$ ), sem problemas quanto à irrigação de forrageiras.

A DBO e densidade de coliformes fecais e total das águas residuárias ficaram acima dos padrões estabelecidos pela resolução 430 do CONAMA, propondo assim cautela no manejo e contato da água destinada à irrigação, evitar possíveis problemas de contaminação pelo homem.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. **Fertilidade do Solo**, Novais, R. F. [et al.], SBCS - ISBN 978-85-86504-08-2, 2007. 646 - 736p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; UFPB 1999. 153 p (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, 29 revisado 1).

ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. **Análises químicas de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006. 178p.

APHA - **American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20<sup>a</sup> Edition.ed., Washington DC., 1998. 1015p.

BRASIL, M. S. MATOS, A. T.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos, utilizados no tratamento de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.133-137, 2005.

CANTARELLA, H. **Fertilidade do Solo**, Novais, R. F. [et.al.], SBCS – ISBN 978-85-86504-08-2, 2007. 1017p.

CETESB - Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo - 2005. **Série relatórios São Paulo**. <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/agua geral.asp>. Acessado em 14 de julho /2007.

CETESB - Companhia de Tecnologia em Saneamento. **Norma técnica P 4-002**. Artigo 18 do regulamento da Lei 997/76, aprovado pelo Decreto 8468/76: CETESB, 2010, 11p.

CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente. Lei Estadual nº 10.330, de 27/12/1994. Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. **Resolução Consema n.º 128/2006**. [http://www.proamb.com.br/leis\\_decretos/consema](http://www.proamb.com.br/leis_decretos/consema). Acessado em 26 de Janeiro 2012, 9 p.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Legislação Federal**. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em 12 de Jul. /2011.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. **Legislação Federal**. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acessado 05 de Dez. 2011.

HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O. **Conservação e reuso de água**. Manual de orientações para setor indústria. São Paulo: FIESP, 2005. v.1. 31p.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. A.; NETO, M. F. e HOLANDA, A. C. de. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudo básico e aplicados/( ed.) Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 43 – 59p.

KONIG, A.; CEBALLOS, B. S. O.; SANTOS, A. V. dos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

MACHADO, P. J. O.; VALLE, G. M.; RINCO, L.; CARMO, L. F. Z.; LATUF, M. O. Qualidade das águas do Rio Paraibuna no trecho urbano de Juiz de Fora/MG. **Revista Virtú**, v.1, p.43-57, 2005.

MEDEIROS, S. de; SOARES, A.; FERREIRA, P.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T. e SOUZA, J. A. A. de. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

MARQUES, B. C. D.; HANS, A. K.; BEATRIZ, R. G.; CEBALLOS, S. O. **Aspectos nutritivos e sanitários do capim elefante (*Pennisetumpurpureum*) irrigado com diferentes lâminas de água residuária doméstica**, In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Nova Betânia, 2004. CD Rom.

MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; BORGES, A. C.; MATOS, M. P. Influência da taxa de carga orgânica no desempenho de sistemas alagados construídos cultivados com forrageiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15 n.1, jan/mar 2010.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wasterwater e Engineering**: Treatment disposal and reuse. 3. ed. New York: McGraw-Hill. 1991. 1335p.

PAGANINI, W. S.; SOUZA, A.; BOCCHIGLIERI, M. M. Avaliação do comportamento de metais pesados no Tratamento de esgotos por disposição no solo. **Revista Eng. Sanitária e Ambiental**, Vol. 9 - Nº 3 - jul/set 2004,225-239, 2004.

QUEIROZ, F.M.; MATTOS, A.F.; PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, R.A. **Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras**. Ciência Rural, v. 34, p.1487-1492, 2004.

RODRIGUES, N. L.; NERY, A. R.; FERNANDES P. D.; NAPOLEÃO, E. M. B. Aplicação de água residuária de esgoto doméstico e seus impactos sobre a fertilidade do solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 9, p.55-67, 2009.

SANTOS, H. F.; MANCUSO, P. C. S. **Reúso de água** – Barueri : Manole, 2003. 18p.

SOUSA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.; HENRIQUE, I. N.; DANTAS, J. P.; LIMA, S. M. S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.89–96, 2006.

THEBALDI, M. S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; ROCHA, M. S.; NETO, S. A. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.302–309, 2011.