

Avaliação do processo de salinização da água na Microbacia do Rio Doce, São João da Barra-RJ, em decorrência do acidente ambiental no Superporto do Açú

Assessing the process of water salinization in the Doce River Watershed, São João da Barra-RJ, due to the environmental accident at the Açú Superport

Rogério da Silva Burla^{*}
Vicente de Paulo Santos de Oliveira^{**}
Luiz Machado da Costa^{***}
Carmen Maria Coimbra Manhães^{****}
Joice Cleide Oliveira Rita Santos^{*****}
Mario Celso Colucci^{*****}
Francisco Maurício Alves Francelino^{*****}

Resumo

A utilização da irrigação nos cultivos agrícolas é fundamental para garantir uma produtividade adequada, em especial nas regiões que apresentam *deficit* hídrico e clima com estações de chuva e seca bem definidas. O presente estudo objetivou fazer uma análise do acidente ambiental ocorrido no Depósito 4 da LLX Açú Operações Portuárias S.A. no mês de novembro de 2012 e avaliar a qualidade da água utilizada na irrigação das propriedades rurais da microbacia do Rio Doce, São João da Barra-RJ, no mês de março de 2013. As amostras foram coletadas no período de 13 a 16 de março de 2013 e as análises foram realizadas no Laboratório Campo, situado em Paracatu-MG. Os seguintes parâmetros foram analisados: condutividade elétrica (CE), cloreto, sódio, cálcio, magnésio e a relação de adsorção de sódio (RAS). Durante o acidente ambiental no Depósito 4, no mês de novembro de 2012, a CE da água do canal Quitungute atingiu o patamar de 42.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No entanto, em março de 2013, a água do canal Quitungute não apresentou restrições quanto à sua utilização na irrigação. Os resultados das análises dos poços freáticos mostraram que aproximadamente 11% das amostras apresentaram CE acima do ideal e que nenhuma amostra apresentou restrições quanto ao perigo de sódio, segundo a classificação da RAS.

Palavras-chaves: Agricultura. Qualidade de água. Irrigação. Riscos ambientais.

^{*} Mestre em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense). Engenheiro do IFFluminense *campus* Campos-Centro, Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: rogerioburla@yahoo.com.br.

^{**} Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFFluminense) *campus* UPEA, Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: vsantos@iff.edu.br.

^{***} Especialista em Gestão Pública pela Universidade Católica Dom Bosco. Assistente em Administração pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFFluminense) *campus* Campos-Centro, Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: lmachadoc@gmail.com.

^{****} Doutora em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Dianópolis/ TO - Brasil. E-mail: carmenmanhaes@yahoo.com.br.

^{*****} Doutora em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Bolsista de Pós-Doutorado pela UENF - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: jcleideoliver@yahoo.com.br.

^{*****} Especialista em Educação do Campo e Pesca, Aquicultura e Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense). Professor do Instituto Superior de Educação Professor Aldo Muylaert (ISEPAM) - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: mcolucci@ig.com.br.

^{*****} Doutorando e Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Bolsista de Doutorado da UENF - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: francelinofma@yahoo.com.br.

Abstract

The use of irrigation in agricultural crops is critical to ensure adequate productivity, especially in regions with water shortage and climate with well-defined rainy and dry seasons. This study aimed at analyzing the environmental accident in Deposit 4 of LLX Açú Operações Portuárias S.A., in November 2012, and assess the quality of water used for irrigation of farms in the Doce River watershed, São João da Barra, RJ, in March 2013. The samples were collected from 13 to 16 March 2013, and the analyses were performed at Laboratório Campo, located in Paracatu-MG. The following parameters were analyzed: electrical conductivity (EC), chloride, sodium, calcium, magnesium and sodium adsorption ratio (SAR). During the environmental accident in Deposit 4, in November 2012, the EC of the Quitungute Water Channel reached the level of 42,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. However, in March 2013, the water of this channel showed no restrictions as to use in irrigation. The results of analyses of groundwater wells showed that approximately 11% of the samples were above the ideal EC and that none had restrictions on sodium danger according to the SAR classification.

Keywords: Agriculture. Water quality. Irrigation. Environmental risks.

1 Introdução

A partir do momento em que o homem deixou de ser nômade e passou a domesticar as espécies, ele aprendeu a lidar com os vegetais e animais, passando a viver em sociedades agrícolas cujos meios de produção pertenciam à comunidade, nas quais cada família administrava um espaço dentro das terras utilizadas pelo grupo.

Com a domesticação das espécies vegetais e animais, o homem passou a ser sedentário, as sociedades começaram a ser construídas e a agricultura inicia seu processo de expansão e modernização (PONS, 1998).

Dados históricos das sociedades antigas mostraram a sua dependência da agricultura irrigada. Grandes civilizações desenvolveram-se nas proximidades de grandes rios como o Nilo, no Egito, por volta de 6000 a.C., Tigre e Eufrates, na Mesopotâmia, por volta de 3500 a.C., e rio Amarelo, na China, por volta de 3000 a.C. Além disso, na Índia, há indícios da prática da irrigação em 2500 a.C. (GASPAR, 2003).

Nas civilizações antigas, a irrigação era praticada fazendo-se represamentos de água cercados por diques. Com o avanço da tecnologia e sua divulgação, a irrigação espalhou-se por várias partes do mundo.

Por meio da irrigação foi possível estabelecer uma fonte mais estável de alimentos, fibras e suportar populações mais densas. O insucesso de civilizações pode ser notado através de aspectos físicos e sociais ligados ao desenvolvimento da irrigação. Entre os aspectos físicos podemos citar a inabilidade em lidar com inundações e salinidade.

Toda água usada na irrigação contém sais dissolvidos. O efeito desses sais sobre as características químicas e físicas dos solos irrigados é de grande importância para a manutenção da sua capacidade produtiva.

Os íons predominantemente encontrados nas águas de irrigação são: Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} ,

HCO_3^- , SO_4^{2-} e Cl^- . A proporção relativa desses íons é muito importante, no que diz respeito a seu uso na água de irrigação, pois, dependendo da textura, estrutura e permeabilidade do solo, determinada água não poderá ser utilizada (ANDRADE et al., 2010; BARROSO et al., 2011; LIYERLY; LONGENECKES, 1962).

Água com alta proporção de sódio em relação ao cálcio e magnésio pode resultar em solo sódico, porque o sódio desloca o cálcio e o magnésio adsorvidos causando a dispersão dos colóides (ALLISON, 1964; FULLER, 1967; MATOS et al., 2014). Na avaliação da qualidade da água para irrigação, em relação ao perigo de sódio, considera-se, a Relação de Adsorção de Sódio (RAS) como principal parâmetro (CORDEIRO, 2001).

Ainda que os diversos métodos propostos para classificação das águas para irrigação apresentem certas diferenças, praticamente todos concordam, de forma razoável com os critérios de classificação e os limites para essa classificação (CORDEIRO, 2001).

Com relação ao conhecimento da qualidade da água para irrigação e conseqüentemente a sua classificação, importantes contribuições têm sido dadas por inúmeros pesquisadores de todo o mundo, especialmente, os do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (CORDEIRO, 2001). Os esquemas de classificação estabelecidos para avaliação da qualidade da água são empíricos e baseados em algumas características químicas da água e fisiologia das plantas. Todavia a classificação mais adotada é a do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, publicada em 1954, a qual apresenta um diagrama de classificação combinando a RAS e a CE, para formar 16 classes de água, variando de C1 a C4 e de S1 a S4 em todas as combinações possíveis (RICHARDS, 1954).

Provavelmente o critério mais importante com respeito à qualidade da água para irrigação seja o da concentração total de sais. Tomando como base o critério da condutividade elétrica (CE), as águas se dividem em quatro classes: salinidade baixa, salinidade média, salinidade alta e salinidade muito alta (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação da água de irrigação quanto à condutividade elétrica

Classificação quanto à condutividade elétrica		
Classificação	Intervalo ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Observação
C1 – salinidade baixa	< 250	Pode ser usada na maior parte dos cultivos em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de desenvolver problemas de salinidade.
C2 – salinidade média	entre 250 e 750	Pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Geralmente plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas.
C3 – salinidade alta	de 750 a 2.250	Não pode ser usada em solos com drenagem deficiente e mesmo com drenagem adequada, podem ser necessárias práticas especiais para controle de salinidade e só deve ser aplicada para irrigação de plantas tolerantes aos sais.
C4 – salinidade muito alta	acima de 2.250	Não pode ser usada em condições normais, apenas ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais, tais como em solos muito permeáveis e plantas altamente tolerantes aos sais.

Fonte: Cordeiro (2001)

Outro parâmetro importante para as águas de irrigação é a RAS, que expressa a atividade relativa dos íons de sódio em reações de intercâmbio catiônico com o solo. Tomando-se como base esse critério de perigo de sódio, as águas se classificam em quatro classes (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação da água de irrigação quanto à relação de adsorção de sódio (RAS)

Classificação	Intervalo	Observação
S1 – baixo teor de sódio	de 0 a 10	Pode ser usada para irrigação em quase todos os tipos de solos, com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação.
S2 – médio teor de sódio	acima de 10 a 18	Só devem ser usadas em solos de textura arenosa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade, uma vez que em solos de textura fina (argilosos) o sódio representa perigo.
S3 – alto teor de sódio	acima de 18 a 26	Pode produzir níveis tóxicos de sódio trocável na maior parte dos solos, necessitando assim de práticas especiais de manejo tais como: drenagem, fácil lavagem, aplicação de matéria orgânica.
S4 – muito alto teor de sódio	acima de 26	É geralmente inadequada para irrigação exceto quando a salinidade for baixa ou média ou o uso de gesso ou outro corretivo torne possível o uso dessa água.

Fonte: Cordeiro (2001); UFRRJ (2013a)

O presente estudo teve por objetivo fazer um levantamento bibliográfico do acidente ambiental ocorrido no Depósito 4 da LLX Açúcar Operações Portuárias S.A. (CNPJ: 08.807.676/0001-01) no mês de novembro de 2012 e avaliar suas consequências sobre a qualidade da água utilizada na irrigação das propriedades rurais da microbacia do Rio Doce, São João da Barra-RJ, no mês de março de 2013.

2 Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

O município de São João da Barra está situado na região norte do estado do Rio de Janeiro e possui uma população de 34.273 habitantes de acordo com a estimativa do IBGE e a área de seu território é de 455,044 km², com uma taxa de 71,96 habitantes/km² (IBGE, 2014).

A área estudada (microbacia do Rio Doce) está no distrito do Açúcar e possui aproximadamente 810 hectares. O clima da região é caracterizado como tropical subúmido seco com influência marinha. Os ventos são intensos com média de 39% de calmaria e predominância

da direção nordeste com velocidade média superior a 4 metros por segundo. A temperatura média anual é de 22,8 °C e a precipitação média anual é de 916,3 mm com *deficit* acumulado no inverno (PROGRAMA RIO RURAL, 2012).

A área de estudo conta com remanescentes de vegetação típica de restinga como, por exemplo, aroeiras, cajueiros, jenipapo, carajuru, guanandi, maçaranduba, abaneiro, cambinha, aberta, pitanga, cactos e bromeliáceas, além de exóticas naturalizadas, como a azeitona (ou jamelão), árvore típica de solos encharcados.

A região carece de cursos d'água espontâneos devido à baixíssima declividade do terreno. A água, quando aflora na superfície, o faz por ação antrópica ou por saturação após intensa pluviosidade. É costume captar a água por meio de poços tubulares ou bombas injetoras com 6 metros de profundidade ou menos ou por canais de irrigação/drenagem (MANSUR et al., 2004).

A maioria das propriedades têm menos de 10 hectares e os pequenos produtores dedicam-se à olericultura, em especial maxixe, quiabo, jiló e batata-doce. Na fruticultura, basicamente são cultivados abacaxi e coco. A cultura da cana-de-açúcar em muitas propriedades é usada para a alimentação animal, principalmente no período de seca prolongada.

Os grandes produtores dedicam-se predominantemente à pecuária mista. Apesar de ser baixo o nível tecnológico, este se mostra bem adaptado às adversidades edáficas e climáticas e a descapitalização dos produtores (PROGRAMA RIO RURAL, 2012).

O solo da microbacia é predominantemente arenoso, o que resulta na facilidade em se contaminar o aquífero com resíduos de atividades antrópicas como efluentes domésticos, agrícolas e industriais. Neste sentido, são necessárias ações preventivas de preservação do ambiente.

A microbacia em questão é formada pelas comunidades de Água Preta e Mato Escuro e contabiliza cerca de 200 propriedades rurais (PROGRAMA RIO RURAL, 2012).

Apesar de a região de estudo ser essencialmente agrícola, este cenário vem mudando nos últimos anos devido à construção do Complexo Industrial do Superporto do Açú. Atualmente em operação, o porto possui 17 km de cais e até 23 m de profundidade, com capacidade para receber até 47 embarcações simultaneamente, incluindo navios de grande porte.

Dentro dos conceitos mais modernos de porto-indústria, o Superporto do Açú contará com um distrito industrial e uma retroárea para armazenamento e movimentação de carga, onde estão previstas atividades nos ramos *offshore*, polo metalmecânico, base de estocagem para granéis líquidos, estaleiros, base para tratamento de petróleo, termoelétricas, pátio logístico, terminal de reparo naval, entre outros (PRUMO LOGÍSTICA GLOBAL, 2015)¹.

2.2 Acidente ambiental no Depósito 4 da LLX Açú Operações Portuárias S.A.

No pátio logístico do Superporto do Açú foram construídos dois depósitos de areia, denominados Depósito 2 e Depósito 4. O projeto executivo dos Depósitos 2 e 4 adotou o uso

¹ A empresa LLX Açú Operações Portuárias S.A. que pertencia ao empresário Eike Batista foi vendida ao grupo norte-americano EIG em outubro de 2013 e passou a se chamar Prumo Logística Global.

da metodologia de aterro hidráulico, com a utilização da areia extraída do canal de acesso que atenderá à unidade de construção naval e outros empreendimentos do Complexo Industrial do Superporto do Açú (Figura 1). O material extraído foi transportado por tubulação junto com água do mar para os locais dos depósitos (ERM, 2013).

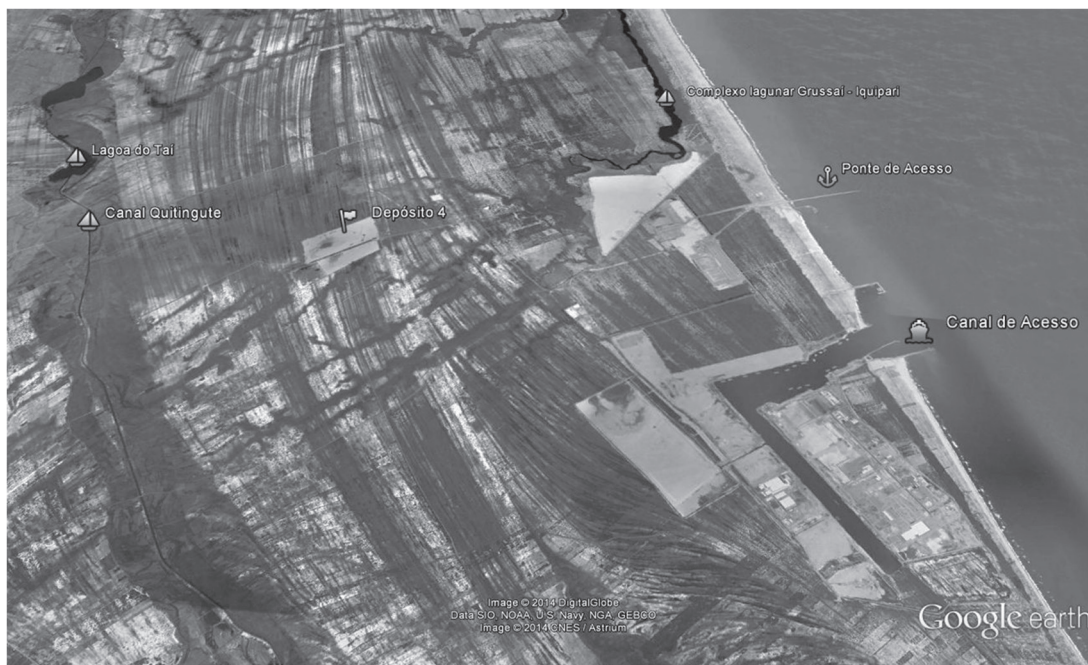


Figura 1: Vista aérea do Superporto do Açú e seu pátio logístico

Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores

A metodologia construtiva desses depósitos contempla a utilização de diques construídos com material do próprio local e a implantação de canais de retorno, escavados no terreno natural, situados no exterior do dique. Essa estrutura possui a função de conduzir a água salgada oriunda do aterro hidráulico à estação de bombeamento e desta de volta ao canal de acesso (ERM, 2013).

Durante a construção do Depósito 4, ocorreu uma falha no processo de drenagem da água do mar que por escoamento superficial atingiu o canal Quitingute. No mês de novembro de 2012 a CE da água do canal Quitingute que atingiu o pico de 42.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 2).

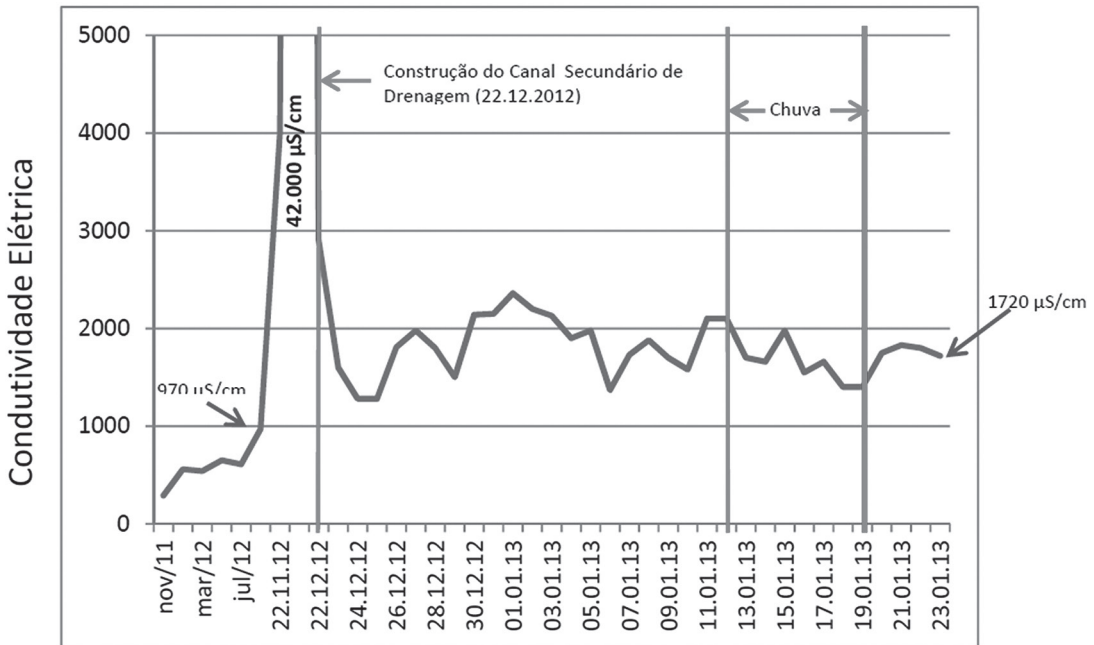


Figura 2: Monitoramento da condutividade elétrica da água do canal Quitungute, São João da Barra-RJ, no período de novembro de 2011 a janeiro de 2013

Fonte: ERM (2013) utilizando dados próprios e os fornecidos pelas empresas OSX e LLX Açú Operações Portuárias S.A.

2.3 Obtenção e preservação das amostras

Na região de estudo o sistema de irrigação² mais utilizado é o uso de mangueira acoplada à bomba centrífuga de ¼ ou ½ cavalo vapor (CV) que capta água de poços freáticos que possuem de 3 a 6 metros de profundidade.

Para a coleta da água, a bomba centrífuga foi acionada para a eliminação da água estagnada no interior da mangueira e da tubulação de sucção (BRANDÃO et al., 2011). Em seguida, foi realizada a tríplex lavagem das garrafas de polietileno de 500 ml para posterior coleta das amostras.

As amostras ficaram protegidas da luz e foram armazenadas em caixas térmicas com gelo de modo que a temperatura oscilasse entre 2 °C a 6 °C (BRANDÃO et al., 2011).

As coletas das amostras foram realizadas no período de 13 a 16 de março de 2013 nas localidades de Mato Escuro e Água Preta, ambas na microbacia do Rio Doce, São João da Barra-RJ. Foram coletadas 42 amostras em poços freáticos, 3 amostras em canais que ligam as propriedades rurais ao canal Quitungute, 5 amostras no canal Quitungute e 2 amostras em poços escavados (Figura 3). Na Figura 3, o ponto de exclamação representa o local onde a água do mar atingiu o canal Quitungute e os demais pontos representam os locais das coletas de água.

² Muitos autores consideram que a mangueira acoplada à bomba centrífuga não é considerada um sistema de irrigação, pois neste método é difícil quantificar o volume de água aplicado no solo.

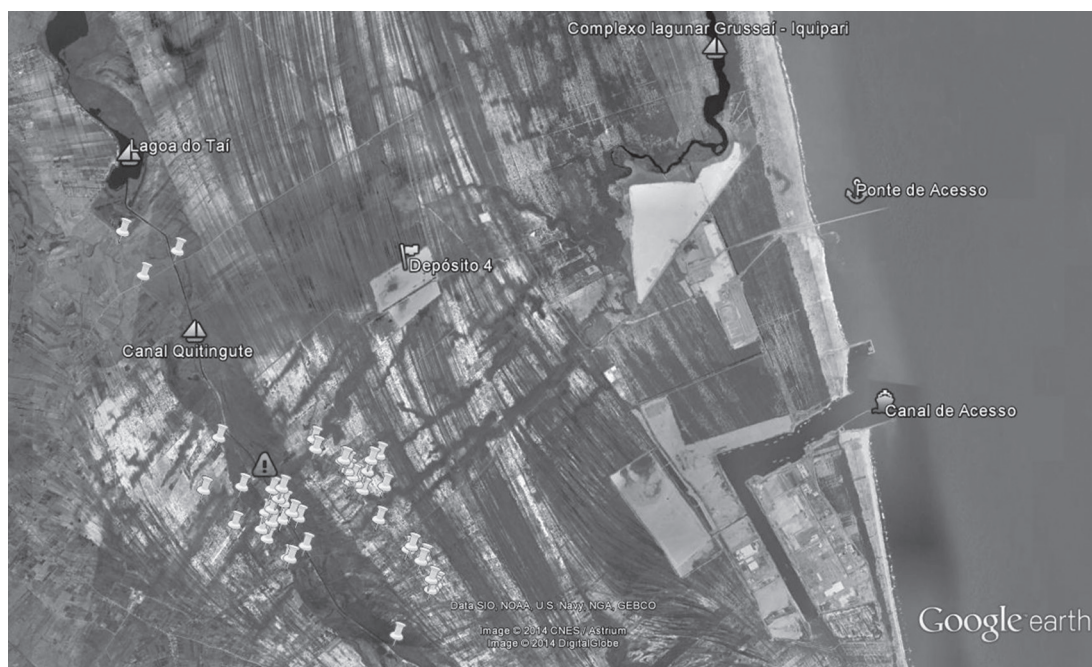


Figura 3: Distribuição espacial dos pontos de coleta de água na microbacia do Rio Doce, São João da Barra-RJ, em março de 2013

Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores

2.4 Análises laboratoriais

As amostras foram enviadas para o Laboratório Campo, localizado no município de Paracatu-MG.

Os parâmetros analisados foram os seguintes: cálcio, magnésio, sódio, cloreto, CE e posteriormente calculada a RAS pela seguinte fórmula: $Na^+ / [(Ca^{++} + Mg^{++}) / 2]^{0,5}$ (SANTOS, 2004).

As determinações analíticas em água foram realizadas em conformidade com a metodologia de Rice et al. (2012). As determinações de CE foram realizadas em um determinador multiparâmetro Hanna HI 9898 e as determinações dos ânions foram realizadas utilizando Cromatografia Iônica em um CI Metrohm, modelo 861.

2.5 Interpretação dos resultados

Os resultados da qualidade da água de irrigação foram classificados de acordo com Richards (1954) (C1 a C4 e de S1 a S4) e quanto ao grau de problema (Tabela 3).

Tabela 3: Parâmetros de qualidade de água analisados nas amostras de água dos produtores rurais da microbacia do Rio Doce, RJ

Parâmetro / efeito considerado	Grau de problema		
	Nenhum	Moderado	Severo
Condutividade elétrica (CE) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	< 750	750 – 3000	> 3000
Relação de adsorção de sódio (RAS)	0 – 10	10 – 18	> 18
Cálcio (meq/L)	Normal: 0 – 20		
Magnésio (meq/L)	Normal: 0 – 5		
Sódio (meq/l)	< 3,0	> 3,0	---
Cloreto (meq/l)	< 4,0	4,0 – 10,0	> 10,0

Fonte: Ayers e Westcot (1985); Ayers e Westcot (1976); UFRRJ (2013a)

3 Resultados e discussão

Durante o pico da CE da água do canal Quitungute ($42.000 \mu\text{S}/\text{cm}$) em novembro de 2012, todas as culturas cultivadas na região de estudo podem ter sofrido danos caso tenham sido irrigadas com a referida água. O coqueiro, por exemplo, que é uma cultura bem tolerante à salinidade da água e suporta o limite de $20.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ de CE (Tabela 4) não toleraria a salinidade da água do canal Quitungute durante o extremo do acidente ambiental.

Tabela 4 - Valores limites de condutividade elétrica da água para evitar efeitos generalizados no desenvolvimento das plantas

Nome comum	Espécie	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Abacaxi	<i>Anananas comosus</i>	3.000
Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i>	1.500
Maxixe	<i>Cucumis anguria</i> L.	2.000
Cana-de-açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	9.150
Coqueiro	<i>Cocos nucifera</i>	20.000

Fonte: Guimarães et al. (2008); Lacerda e Medeiros et al. (2009); Marinho et al. (2005); Marinho et al. (1998); Silva et al. (2001)

3.1 Qualidade da água de irrigação

Com base nas análises de água realizadas em março de 2013 foi verificado que 5,45% das amostras de água foram classificadas quanto à CE como C3 e 5,45% como C4, apresentando CE alta e muito alta, respectivamente, e que quanto ao perigo de sódio (RAS) todas as amostras foram classificadas como S1, ou seja, não apresentando problemas quanto ao sódio (Tabela 5).

Tabela 5: Classificação da água utilizada na irrigação das lavouras dos produtores rurais da microbacia do Rio Doce, São João da Barra-RJ, quanto à condutividade elétrica e ao perigo de sódio em março de 2013

Condutividade elétrica (CE)		Relação de adsorção de sódio (RAS)	
Classes	Quantidade de amostras (%)	Classes	Quantidade de amostras (%)
C1	36,36	S1	100
C2	52,74	S2	0
C3	5,45	S3	0
C4	5,45	S4	0

Fonte: Autores

Quanto ao grau de problema, cerca de 11% das amostras apresentaram problemas moderados ou severos com relação à CE, aproximadamente 10% das amostras apresentaram problemas moderados ou severos com relação ao parâmetro cloreto e 3,64% das amostras apresentaram problemas moderados com relação ao sódio (Tabela 6).

Tabela 6: Classificação das amostras da água de irrigação da microbacia do Rio Doce, São João da Barra-RJ, em março de 2013, quanto ao grau de problema

Parâmetro / efeito considerado	Grau de problema		
	Nenhum	Moderado	Severo
Condutividade elétrica (CE) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	89,10%	5,45%	5,45%
Relação de adsorção de sódio (RAS)	100%	0%	0%
Cálcio (meq/L)	Normal: 100%		Acima do ideal: 0%
Magnésio (meq/L)	Normal: 98,18%		Acima do ideal: 1,82%
Sódio (meq/L)	96,36%	3,64%	0%
Cloreto (meq/L)	90,91%	7,27%	1,82%

Fonte: Autores

Em março de 2013 foi possível observar que a qualidade da água de irrigação dos poços freáticos na região de estudo apresentou baixo número de amostras com restrições ao seu uso na irrigação.

O canal Quitungute que foi diretamente atingido pelo acidente ambiental em novembro de 2012 apresentou parâmetros dentro da normalidade para fins de irrigação em março de 2013. Essa diminuição da CE da água do canal Quitungute, pode estar relacionada às fortes chuvas que atingiram a região.

Dados da UFRRJ *campus* Leonel Miranda mostraram que em março de 2013 a precipitação alcançou aproximadamente 300 mm, enquanto que a média histórica para o mês em questão é de 78,1 mm (Tabela 7), ou seja, precipitação aproximadamente quatro vezes maior que a normal.

Outros fatores que contribuíram para a diminuição do valor da CE da água do canal Quitungute foram as obras de contenção (drenagem) emergenciais e a readequação do projeto de engenharia de construção do Depósito 4. Além disso, a vazão no canal Quitungute foi aumentada por meio da adução da água do rio Paraíba do Sul, contribuindo para a melhoria da qualidade de água do referido canal (Comunicação pessoal do Instituto Estadual do Ambiente, 2013).

Tabela 7: Precipitação mensal observada no posto climatológico da UFRRJ *campus* Leonel Miranda, Campos dos Goytacazes nos anos de 2012 e 2013 e precipitação média no período de 1975 a 2005

Ano(s)	Meses											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2013	193	9	299	57	34	12	53	82	50	30	194	274
2012	176	19	83	50	178	59	3	64	23	8	162	38
1975/2005	110	61	78	72	47	31	33	31	69	81	129	156

Fonte: UFRRJ (2013b)

4 Considerações finais

A região de estudo possui solo altamente arenoso e lençol freático muito próximo à superfície. Essas características fazem com que os acidentes ambientais sejam potencializados devido às altas taxas de infiltração e percolação nesse tipo de solo.

O canal Quitungute possui importância estratégica na irrigação, drenagem e pesca artesanal da região e inúmeras famílias dependem das águas desse canal para garantir seu sustento. O acidente ambiental ocorrido no Depósito 4 da LLX Açú Operações Portuárias S.A. em novembro de 2012 elevou a CE da água do canal, perturbando o equilíbrio desse corpo hídrico.

No entanto, em março de 2013, todas as amostras coletadas no canal Quitungute e aproximadamente 90% das amostras dos poços freáticos apresentaram qualidade de água dentro do recomendado para fins de irrigação, enquanto cerca de 10% das amostras dos poços freáticos exibiram alguma restrição ao seu uso na irrigação.

A melhoria da qualidade da água do canal Quitungute está relacionada à finalização da fonte

contaminante, às fortes chuvas que atingiram a região no mês de março de 2013, e ao aumento da vazão do canal Quitingute por meio do bombeamento das águas do rio Paraíba do Sul.

A alta CE da água do canal Quitingute durante o pico do acidente ambiental pode ter ocasionado perdas aos produtores rurais que porventura tenham irrigado suas lavouras com a água do canal Quitingute durante o período.

Faltaram estudos pretéritos para avaliar se a qualidade da água dos poços freáticos também foi alterada durante o período do extremo do acidente ambiental (novembro de 2012).

Referências

ALLISON, Lowell E. Salinity in relation to irrigation. *Reimpresso de Adelantos in Agronomy*, v. 16, p. 139-180, 1964.

ANDRADE, Eunice Maia de; AQUINO, Deodato Nascimento; CRISOSTOMO, Lindbergue Araújo; RODRIGUES, Joseilson Oliveira; CHAVES, Luiz C. Guerreiro. Similaridade da composição hidroquímica das águas freáticas do perímetro irrigado do baixo Acaraú, Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, Boa Vista, v. 4, n. 1, p. 11-19. 2010.

AYERS, Robert S.; WESTCOT Dennis W. Water Quality for Agriculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, 174 p., 1985.

AYERS, Robert S.; WESTCOT, Dennis W. Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and Drainage Paper 29*, FAO, Rome, 97 p., 1976.

BARROSO, Andreia de A. Freitas; GOMES, Germano Elias; LIMA, Adriano E. de O.; PALÁCIO, Helba A. Queiroz; LIMA, Cleene Agostinho de. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região centro sul no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 588-593, 2011.

BRANDÃO, Carlos Jesus; BOTELHO, Márcia J. Coelho; SATO, Maria I. Zanoli; LAMPARELLI, Marta Condé. (Orgs.) *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. São Paulo: CESTESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

CORDEIRO, Gilberto Gomes *Qualidade de água para fins de irrigação (conceitos básicos e práticas)*. Petrolina, PE: Embrapa Semi Árido, , 2001. 32 p. (Documentos; 167)

ERM.ENVIRONMENTAL RESOURCES MANAGEMENT. *Águas superficiais e subterrâneas na região do Complexo Industrial do Superporto do Açú (RJ)*, 2013. 30 p. Referência: 0183131. Material cedido pela LLX.

FULLER, Wallace H. Water, soil and crop management principles for the control of salts., *Bulletin*, Tucson: The University of Arizona, A-43, 21 p., 1967.

GASPAR, Maria Terezinha Jesus. *Aspectos do desenvolvimento do pensamento geométrico em algumas civilizações e povos e a formação de professores*. Rio Claro: UNESP, 2003. 307 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-graduação em Educação Matemática, Rio Claro, 2003.

GUIMARÃES, Isaias Porfírio; OLIVEIRA, Francisco de Assis; FREITAS, Ana V. Lacerda de; MEDEIROS, Maria Aparecida de; OLIVEIRA, Mychelle K. Teixeira de. Germinação e vigor de sementes de maxixe irrigado com água salina. *Revista Verde*, Mossoró, v. 3, n. 2, p. 50-55, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro Geográfico Estatístico. *IBGE Cidades*, 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330500&search=rio-de-janeiro|sao-joao-da-barra>>. Acesso em: 7 out. 2014.

LACERDA E MEDEIROS, Maria Jaislanny; HERCULANO, Luciana; GRANJA, Manuela M. Cavalcante; SILVA, Luiz Evandro da; AMANCIO, Ana; WILLADINO, Lilia. *Efeito da salinidade em plantas de cana-de-açúcar na fase inicial de crescimento*, 2009. Disponível em: <<http://www.eventosufpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0800-3.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2014.

LYERLY, Paul J.; LONGENECKER, Donald E. Salinity control in irrigation agriculture. *Bulletin*, College station, Texas. Agricultural Experiment Station, 19 p., 1962.

MANSUR, Kátia Leite; MARQUES, Aderson; FIDALGO, Elaine C. Cardoso; PRADO, Rachel. Bardy; FERRAZ, Rodrigo P. Demonte; GONÇALVES, Alexandre Ortega; DANTAS, Marcelo. Diagnóstico do meio físico da Bacia Hidrográfica do Rio Doce / Canal Quitingute (BHRD) – RJ. *Embrapa Solos, Documentos n. 62*, Rio de Janeiro, 59 p., 2004.

MARINHO, Francisco J. Loureiro; GHEYI, Hans Raj; FERNANDES, Pedro Dantas. Germinação e formação de mudas de coqueiro irrigadas com águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 334-340, 2005.

MARINHO, Francisco J. Loureiro; FERNANDES, Pedro Dantas; GHEYI, Hans Raj. Desenvolvimento inicial do abacaxizeiro, cv. Smooth Cayenne, sob diferentes condições de salinidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande -PB, v. 2, n. 1, p. 1-5, 1998.

MATOS, Antonio Teixeira de; NETO, Onofre Barroca de Almeida.; MATOS, Mateus Pimentel de. Saturação do complexo de troca de solos oxidicos com sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande-PB, v. 18, n. 5, p. 501-506, 2014.

PONS, M. A. *História da Agricultura*. Caxias do Sul: Maneco Livraria e Editora, 1998. 240 p.

PROGRAMA RIO RURAL. *Rio Doce*, 2012. Disponível em: <http://www.microbacias.rj.gov.br/microbacia_consulta.jsp?p_idMicrobacia=34>. Acesso em: 7 out. 2014.

PRUMO LOGÍSTICA GLOBAL. *O Empreendimento*. Disponível em: <<http://www.prumologistica.com.br/pt/superporto-do-acu/Paginas/o-empresendimento.aspx>>. Acesso em: 29 abr. 2015.

RICE, Eugene W.; BAIRD, Rodger B.; EATON, Andrew D.; CLESCERI, Lenore S. (Eds) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22nd edition. Amer Public Health Assn, 2012. 1496 p.

RICHARDS, L. A. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*, U. S. *Department of Agriculture Handbook*, v. 60, Washington D. C., USA, 160 p., 1954.

SANTOS, Alex Paulus Ribeiro dos. *Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades físicas e químicas de um argissolo vermelho distrófico cultivado com capim-tifton 85*. Piracicaba: ESALQ, 2004. 79 p. Dissertação (Mestrado) –Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Piracicaba, 2004.

SILVA, Alexandre Paiva da; SANTOS, Clodoaldo J. Oliveira; SANTOS, João Batista dos; CAVALCANTE, Lourival Ferreira. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação. *Revista Irriga*, v. 6, n. 2, p. 81-90, 2001.

UFRRJ.Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro *campus* Leonel Miranda. *Contribuição para o entendimento da questão da salinidade dos solos e lençol freático em São João da Barra*. Relatórios anuais de 2007 a 2013 Campos dos Goytacazes, 2013a. 100 p.

UFRRJ.Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro *campus* Leonel Miranda. *Precipitação pluviométrica*, 2013b. Disponível em: <<http://www.campuscg.ufrrj.br/>>. Acesso em: 13 out. 2014.