



## I-069 – EFEITO DA MUDANÇA DO MANANCIAL NA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA CIDADE DE ALCÂNTARAS – CE

### **Damille Gondim Leite<sup>(1)</sup>**

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo IFCE – Campus Sobral. Especialista em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pela Uniaméricas.

### **Michael Barbosa Viana<sup>(2)</sup>**

Tecnólogo em Gestão Ambiental pelo IFCE – Campus Fortaleza. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo – São Carlos. Doutorando em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor do IFCE – Campus Quixadá.

### **Marcos Erick Rodrigues da Silva<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela UFC – Campus Fortaleza. Mestre e doutor em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC. Professor do IFCE – Campus Fortaleza.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Odilon Guimarães, 3740 - Fortaleza – CE - CEP: 60831-295 - Brasil - Tel: (88) 99926-9464 - e-mail: [damillegondim@hotmail.com](mailto:damillegondim@hotmail.com)

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Av. José de Freitas Queiroz, 5000 - Bairro Cedro - CEP 63.902-580 - Quixadá – CE – Brasil - Tel: (85) 3412-0111 - e-mail: [viana@ifce.edu.br](mailto:viana@ifce.edu.br)

**Endereço<sup>(3)</sup>:** Rua Lívio Barreto, 94 – Joaquim Távora - CEP: 60.130-110- Fortaleza – CE – Brasil - Tel: (85) 3401-2334 - e-mail: [marcoserick@ifce.edu.br](mailto:marcoserick@ifce.edu.br)

## **RESUMO**

No ano de 2013, a cidade de Alcântaras, no Ceará, sofreu com a escassez de água e teve que mudar o manancial para que o abastecimento de água não entrasse em colapso. Entretanto, as características da água bruta do novo manancial poderiam modificar a qualidade da água de abastecimento e torná-la imprópria para consumo humano. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivos: i) avaliar como a mudança do tipo de manancial (de superficial para subterrâneo) afetou a cor aparente, turbidez, cloro residual, coliformes totais e *Escherichia coli* do abastecimento da cidade de Alcântaras, Ceará; ii) verificar se a água de abastecimento atendeu aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde durante o ano da pesquisa; iii) sugerir alternativas para melhorar a qualidade da água tratada da cidade. Para melhor entendimento, o trabalho foi dividido em dois períodos: quando o manancial era superficial (Período 1) e após a mudança para o manancial subterrâneo (Período 2). Os resultados dos valores médios mensais de cor aparente variaram entre 21,4 e 168,8 uH, ou seja, superiores aos valores máximos permitidos (VMP) pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, que é de 15 uH. Para turbidez, apenas os meses de setembro e outubro ficaram abaixo do VMP. Vale ressaltar que houve melhora nos resultados desses dois parâmetros quando o manancial mudou para os poços. Para cloro residual, os resultados mostraram que em oito meses do ano a média mensal esteve fora do valor máximo permissível (VMP), ou seja, acima de 2 mg/L. No entanto, não ultrapassou o limite para começar a oferecer riscos à saúde (5 mg/L). Além disso, os valores médios estiveram sempre acima do valor mínimo de 0,2 mg/L. Os parâmetros microbiológicos mostraram que a quantidade de coliformes totais sempre estiveram dentro do limite aceitável, enquanto que *Escherichia coli* apresentou presença no mês de dezembro, o que não é permitido para os padrões de potabilidade. Para melhorar a qualidade da água tratada, é indicado proteger o manancial, realizar ensaios de tratabilidade e/ou modificar a tecnologia de tratamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água subterrânea, escassez de água, poços, precipitação, tratamento de água.

## **INTRODUÇÃO**

Muitos corpos d'água encontram-se poluídos devido à contaminação por lançamentos de esgotos, existindo assim a presença de substâncias que comprometem a saúde pública (TELLES *et al.*, 2013). Dados da Organização Mundial de Saúde confirmam que, no Brasil, 80% das doenças e 65% das internações



hospitalares são devido à água contaminada e a falta de saneamento (WHO, 2004). Dentre as doenças são transmitidas pela água, destacam-se amebíase, ascaridíase, cólera e a dengue.

A seca vem constituindo outro agravante em relação a água, pois os açudes estão secando e os poucos que ainda abastecem as cidades estão tendo a sua qualidade comprometida. Nas regiões áridas e semiáridas, a seca ocorre com maior frequência e afeta diretamente a população, pois causa mortes e agrava mais a situação de pobreza (TELLES *et al.*, 2013). Além disso, a disponibilidade hídrica de água doce no Nordeste é de 3%, ou seja, é a região que possui a menor quantidade do Brasil (REBOUÇAS, 1997).

O ano de 2013 foi caracterizado como um período difícil para os açudes cearenses, pois com a falta de chuva, houve baixa recarga dos reservatórios responsáveis por abastecer a população. No Ceará a situação é crítica em mais da metade dos reservatórios. Dos 149 reservatórios que o Ceará possui, mais de 20 estão com capacidade inferior a 10% (CEARÁ, 2013). A realidade é que o Nordeste enfrenta a pior seca dos últimos 50 anos, com mais de 1.400 municípios afetados (CNM, 2013).

O município de Alcântaras, que fica localizado no litoral Norte do estado do Ceará, no final de fevereiro 2013 estava com capacidade de armazenamento inferior a 4% (CEARÁ, 2013) e, para minimizar o impacto, a companhia de abastecimento recorreu à instalação de poços.

As águas subterrâneas vêm se tornando uma alternativa de grande importância para o abastecimento de comunidades rurais e urbanas, tanto para uso agrícola, quanto industrial (CAPUCCI *et al.*, 2001). Porém, da mesma forma que há a contaminação do manancial superficial por atividades antrópicas, o subterrâneo também é passível disso, pois dependendo da localização do poço, o lençol freático pode estar suscetível à contaminação, sendo necessário o controle da qualidade da água de abastecimento público, pois nem sempre o tratamento aplicado é suficiente para torná-la potável.

Os objetivos deste trabalho foram: i) avaliar como a mudança do tipo de manancial (de superficial para subterrâneo) afetou a cor aparente, turbidez, cloro residual, coliformes totais e *Escherichia coli* do abastecimento da cidade de Alcântaras, Ceará; ii) verificar se a água de abastecimento atendeu aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde (BRASIL 2011) durante o ano de 2013.

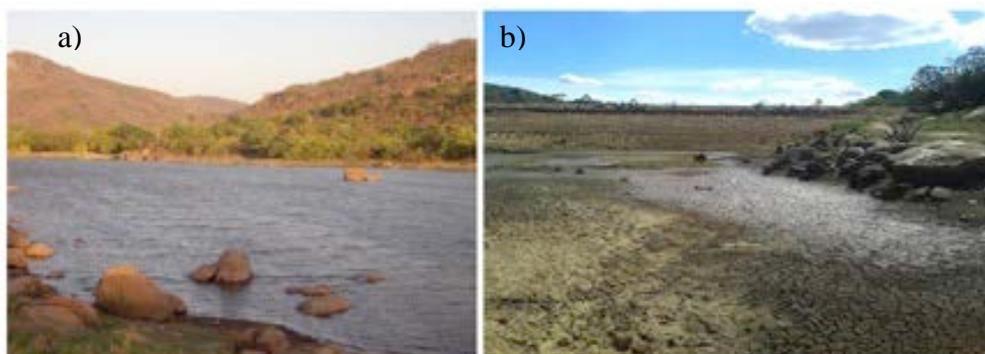
## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na cidade de Alcântaras no estado do Ceará, onde o manancial superficial utilizado para abastecimento público entre janeiro e junho de 2013 foi o açude Pinga. Antes da distribuição, a água bruta passava por tratamento de filtração direta, utilizando PAC (policloreto de alumínio) como agente coagulante e hipoclorito de cálcio na etapa de desinfecção.

Em julho de 2013, devido à falta de chuvas, a cidade teve seu sistema de abastecimento colapsado por exaustão do açude Pinga. A Figura 1 mostra a fotografia do açude Pinga antes e depois do colapso hídrico. Como medida emergencial, a companhia responsável pelo abastecimento de água decidiu utilizar poços para abastecer a população.

Por conta do estado de calamidade pública, inicialmente utilizou-se poços que já estavam instalados e prontos para o uso, sendo 2 pertencentes à prefeitura e 1 de propriedade particular. O tratamento da água desses três poços era realizado utilizando somente desinfecção com pastilhas de cloro. Em agosto, houve a instalação de mais 7 poços pela companhia de abastecimento da cidade nas proximidades do açude Pinga e o tratamento dessa água passou a ser por filtração direta, seguido de desinfecção, da mesma forma que era feito quando o manancial era o do açude Pinga.

Entretanto, a água destes poços possuíam altos valores de ferro e manganês, ou seja, o filtro não conseguia remover o necessário ao longo da carreira de filtração, reduzindo-a e elevando o consumo de água de lavagem. Nessa situação, a companhia de abastecimento aplicou ortopolifosfato para a remoção de ferro e manganês.



**Figura 1:** a) Açude Pinga antes do colapso hídrico, no ano de 2010 (Fonte: adaptado de Visão Norte 2010); b) Açude Pinga após o colapso hídrico, no ano de 2013 (Fonte: os autores).

Mesmo com a instalação de 10 poços, a quantidade de água produzida vinha sendo insatisfatória para atender o município de Alcântaras, pois em janeiro do ano de 2013, durante a utilização do açude Pinga, o volume mensal produzido era em média 10.185,70 m<sup>3</sup>. Já no mês de dezembro do mesmo ano, com a captação da água dos poços para abastecimento, o registro foi de 4.902,91m<sup>3</sup>/mês. Para que toda a população fosse contemplada de forma igualitária, foi realizado o rodízio de abastecimento.

As variáveis analisadas foram cor aparente, turbidez, cloro residual, coliformes totais e *Escherichia coli*. Os métodos utilizados na determinação dessas variáveis estão descritos na Tabela 1, sendo todos baseados Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Todas as foram realizadas no laboratório de análises físico-químicas da companhia de abastecimento da cidade de Alcântaras.

**Tabela 1: Metodologia dos parâmetros analisados.**

Parâmetro	Método	Unidade
Cor Aparente	Comparação Visual	uH
Turbidez	Nefelometria	uT
Cloro Residual	O.T/Colorimetria	mg/L
Coliformes Totais	Substrato Cromogênico	NMP
<i>Escherichia coli</i>	Substrato Cromogênico	NMP

Todas as amostras foram coletadas das torneiras presentes na tubulação de água dos poços após 2 a 3 minutos de água corrente para se ter a certeza que a água coletada tinha sido toda expurgada das tubulações. As amostras coletadas eram mantidas em frascos de 300 mL devidamente fechados e acomodados em refrigeração a 4°C em recipiente térmico e gelo até seu transporte ao laboratório.

Todo o procedimento de coleta de amostras foi realizado utilizando equipamentos de proteção individual (EPI's), como luvas, sapato fechado, blusa de manga e calça jeans. Ao final houve higienização adequada das mãos com álcool 70.

As informações da qualidade de água do manancial e dos poços foram obtidas pela média das amostras (variando entre 9 a 11 por mês) coletadas realizadas durante o período do ano de 2013 para as variáveis de cor aparente, turbidez, cloro residual, coliformes totais e *Escherichia coli*.

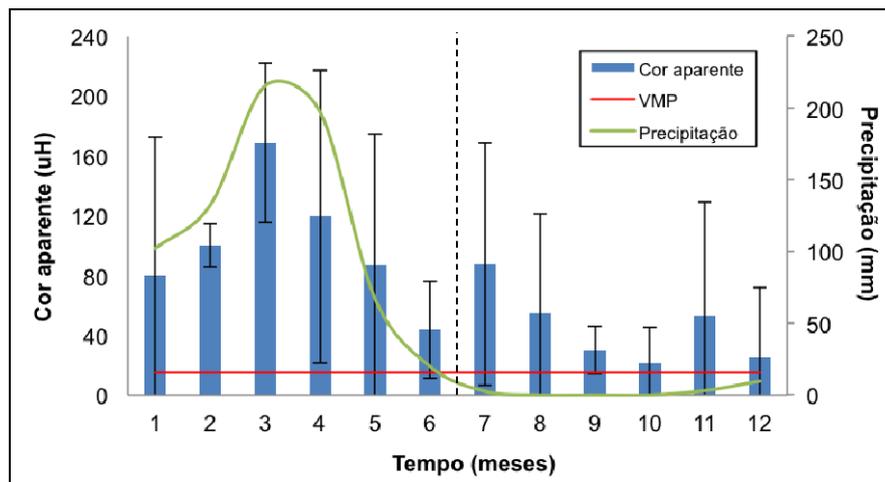
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para facilitar a compreensão, este trabalho foi dividido em dois períodos, de acordo com o tipo de manancial utilizado. O período 1 ocorreu entre janeiro e junho de 2013 e é referente ao uso do açude Pinga como manancial. Já o período 2, representa o intervalo entre julho e dezembro de 2013, onde a fonte de água bruta

passou a ser proveniente dos poços. Os valores das análises foram obtidos através das médias mensais de cada parâmetro.

## COR APARENTE

A Figura 2 apresenta os valores médios mensais do parâmetro da cor aparente durante o ano de 2013, onde a linha tracejada separa os dois períodos da pesquisa. Pode-se notar que os valores mais elevados de cor aparente foram encontrados durante março e abril, justamente os meses em que mais se registrou a ocorrência de chuvas no município de Alcântaras, 215,5 mm e 197 mm, respectivamente.



**Figura 2: Valores médios mensais de cor aparente durante o ano de 2013. A linha tracejada separa os dois períodos de estudo.**

**Fonte: Autor (2016).**

Figuerosa e Nobre (1989) e Angelis e colaboradores (2004) afirmam que o regime de chuva influencia os parâmetros físico-químicos. Durante o período de precipitação há um ambiente propício para a proliferação de algas devido o carreamento de nutrientes para os corpos d'água, comprometendo assim a sua qualidade (FERREIRA *et al.* 2006). Em períodos chuvosos, é recomendado a mudança na forma do tratamento da água, como alterar a dosagem do coagulante, incluir a etapa de filtração caso não tenha (pois através dela ocorre a remoção das partículas em suspensão e substâncias coloidais), e realizar a lavagem do filtro para aumentar a eficiência na remoção dessas impurezas da água (CETESB, 1997).

Após a mudança do manancial para água subterrânea, esperava-se que a cor da água tratada diminuísse consideravelmente, pois águas subterrâneas são menos suscetíveis à poluição por terem o solo como leito filtrante natural (PEDRON *et al.* 2007), diminuindo a carga de sólidos dissolvidos para a estação de tratamento de água (ETA). Entretanto, a Figura 2 mostra que isso só houve uma redução considerável a partir do mês de setembro. Isso aconteceu porque nos meses de julho e agosto não ocorria a limpeza adequada dos poços, devido à urgência do uso dessa água. No entanto, após a empresa responsável pelo abastecimento de água da cidade instalar poços próprios, a cor aparente da água tratada baixou para 30 uH e permaneceu nessa faixa até o mês de dezembro, com pico de 53 uH no mês de novembro. Somado à isso, há de se considerar a tecnologia de tratamento da água, pois a partir de setembro essa água voltou a ser tratada por filtração direta seguida de desinfecção.

Durante o período 2, observou-se baixos índices pluviométricos, que também pode ter contribuído para que o valor da cor aparente tenha diminuído. Um trabalho semelhante realizado na cidade de Belém mostrou que os valores elevados de cor aparente e turbidez aumentaram com o aumento do índice de precipitação. Nessa pesquisa foi explicado que a chuva carrega uma grande quantidade de resíduos sólidos para o manancial, alterando assim a sua qualidade e a eficiência do tratamento (SOUZA *et al.* 2011).

Mesmo com a diminuição da cor aparente da água tratada, a água ainda não atendia aos padrões estabelecidos pela Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde, de 14 de dezembro de 2011, provavelmente por conta de que os poços utilizados ficavam próximos a fossas e atividades de agricultura, sendo necessária uma tecnologia com maior potencial de remoção de sólidos dissolvidos. Segundo essa Portaria, o valor máximo permissível (VMP) para cor aparente é de 15 uH, que mostra que no ano de 2013 a média mensal sempre esteve acima do padrão de potabilidade. Entretanto, é evidente a influência do manancial, pois durante o período 1 houveram meses com valores médios de até 11 vezes o valor estabelecido pela Portaria 2914/11, enquanto que no período 2 o valor da cor diminuiu consideravelmente, registrando valor médio de 21,4 uH no mês de outubro, e chegando a medir 2,50 uH em algumas amostras no mês de dezembro.

Pesquisas indicam que ações antrópicas comprometem a qualidade da água subterrânea (WAICHAMAN *et al.*, 2008) como em um estudo realizado em São Paulo, onde o esgoto doméstico lançado no corpo hídrico foi responsável pela deterioração da qualidade do aquífero (SCARAMUCIIN *et al.*, 1995). A agricultura, sobretudo devido ao uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos, também tem sido responsável pela poluição do solo e da água (PEREIRA, 2004).

As principais fontes de cor elevada na água são compostos provenientes da decomposição da matéria orgânica junto com as substâncias húmicas e a presença de íons metálicos como ferro e manganês (DI BERNARDO *et al.*, 2004). Os poços de Alcântaras possuem cor aparente elevada e turbidez baixa durante o período 2, que são fatores essenciais para justificar a presença de ferro na sua composição (PIVELLI; KATO, 2006).

## TURBIDEZ

A Figura 3 apresenta os valores médios mensais de turbidez da água tratada, onde a linha tracejada separa os dois períodos da pesquisa. Durante todo o período 1 os valores permaneceram bastante elevados (entre 12 uT e 26 uT), consequência da elevada precipitação, pois a chuva carrega material em suspensão do ambiente externo (origem alóctone) e promove a ressuspensão de sedimentos aquáticos (autóctone) (ESTEVES *et al.*, 2011). Além disso, com maior aporte de nutrientes ocorre maior reprodução de microrganismos planctônicos, elevando a turbidez (LEITE, 2003). Os mecanismos de aporte de sólidos em suspensão são basicamente os mesmos descritos para cor aparente. Além disso, mananciais superficiais estão mais suscetíveis à contaminação em comparação com mananciais subterrâneos, justamente por ter ligação direta com o ambiente terrestre. Um estudo realizado na Bahia também observou que o maior índice de turbidez ocorreu durante o período chuvoso (janeiro a março) devido ao fato de que a mistura da terra com a água dificultava a penetração da luz na água, ou seja, elevou-se a turbidez durante um curto período de tempo como no caso de Alcântaras que o mês de março registrou 25,80 uT, o pico mais elevado devido a forte precipitação no valor de 215,5 mm (RAMALHO *et al.*, 2008).

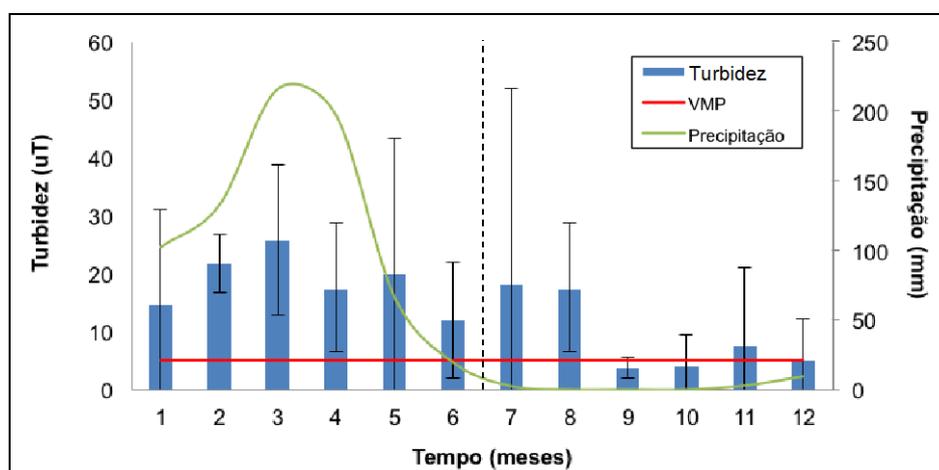


Figura 3: Valores médios mensais de turbidez durante o ano de 2013. A linha tracejada separa os dois períodos de estudo.

Fonte: Autor (2016).

No período 2, os meses de julho e agosto tiveram valores elevados de turbidez (18,1 e 17,5 uT, respectivamente) mesmo com a baixa influência da precipitação. Isso pode ter acontecido por conta da localização dos poços e das condições de limpeza dos mesmos, como relatado anteriormente. A partir do mês de setembro, a turbidez diminuiu para 3,70 uT, chegando a medir valores abaixo do padrão de potabilidade. Além de o solo ser um eficiente filtro natural, essa redução ocorreu porque os poços instalados pela empresa responsável pelo abastecimento de água neste período passava por manutenção adequada e a água era tratada por uma tecnologia mais apropriada para remoção de material suspenso.

## CLORO RESIDUAL

A Figura 4 ilustra a variação média mensal de cloro residual livre durante o ano de 2013, onde a linha tracejada separa os dois períodos da pesquisa. No ano de 2013, a concentração média de cloro residual variou entre 0,95 e 3,6 mg/L. Isso significa que em nenhum mês a média mensal ficou abaixo do limite mínimo estabelecido pela Portaria 2914/11, que é de 0,2 mg/L de cloro residual. Entretanto, essa mesma Portaria também estabelece que o VMP é de 2 mg/L para este parâmetro. Apesar de em alguns meses esse valor ter sido ultrapassado, em nenhum mês a concentração média ultrapassou 5 mg/L, que é a concentração mínima para apresentar riscos à saúde de acordo com o Anexo VII desta Portaria. De acordo com a companhia de abastecimento da cidade, erros na dosagem de hipoclorito de cálcio foram detectados nos períodos em que houveram picos de cloro residual, alterando drasticamente o valor deste parâmetro na água tratada.

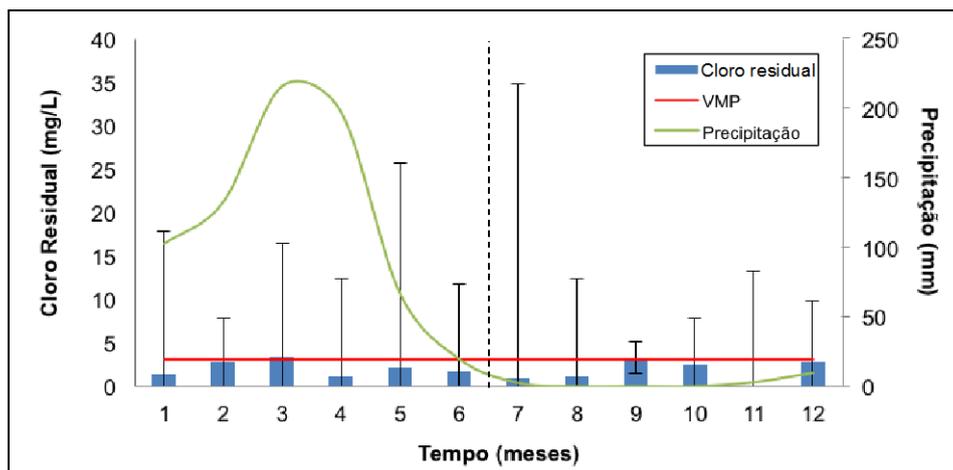


Figura 4: Valores médios mensais de cloro residual durante o ano de 2013. A linha tracejada separa os dois períodos de estudo.

Fonte: Autor (2016).

## COLIFORMES TOTAIS

A Tabela 2 mostra os resultados das análises realizadas para identificar a presença de coliformes totais (CT) durante o ano de 2013. Durante o período 1, houve uma amostra que detectou presença no mês de abril, porém, de acordo com o Anexo I da Portaria 2914/11, sistemas que abastecem cidades inferior a 20.000 habitantes, como é o caso de Alcântaras, poderão ter uma amostra positiva. A presença de CT no mês de abril pode ser atribuída à baixa dosagem de hipoclorito de sódio, pois foi exatamente nesse mês que foi registrado o menor valor médio mensal do período 1, com média de apenas 1,2 mg/L de cloro residual e valores mínimos de 0,5 mg/L. Carneiro *et al.*, (2007) corroboram essa explicação ao observarem em seus experimentos que quando o cloro residual foi inferior a 0,5 mg/L houve o aparecimento de coliformes totais.

No período 2, todas as análises confirmaram a presença de CT, que pode ter sido consequência de problemas nas canalizações de bombeamento da água dos poços, infiltração de fossas ou o possível contato direto com as fezes de animais (MIRIAN *et al.*, 2004). A falta de higienização adequada do operador durante a coleta, bem

como a influencia antrópica (lançamento de dejetos humanos e de animais no solo, por exemplo) podem ter sido as razões dessas alterações.

No trabalho de Cajazeiras (2007), que avaliava a qualidade da água subterrânea dos poços na Região de Crajubar (CE), 62% das análises apresentaram água contaminada por coliformes totais. Apesar de não ter sido constatado contaminação por *E.coli*, em quase todo o tempo de monitoramento, as amostras contaminadas por coliformes totais indicam que a água não está apta para consumo humano (SILVA *et al.*, 2009).

**Tabela 2: Número de presenças e ausências de CT a cada mês do ano de 2013.**  
Fonte: Autor (2014)

Mês	Total de análises	Presença	Ausência	Padrão*	Precipitação
Janeiro	9	0	9	0	102,0
Fevereiro	9	0	9	0	132,3
Março	9	0	9	0	215,5
Abril	9	1	9	0	197,0
Maiο	9	0	9	0	66,9
Junho	10	0	10	0	19,8
Julho	11	2	9	0	2,6
Agosto	11	1	10	0	0,0
Setembro	10	1	9	0	0,0
Outubro	8	1	7	0	0,0
Novembro	10	2	8	0	3,0
Dezembro	11	1	10	0	9,6

\* O anexo A Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde permite uma amostra positiva mensal em sistemas que abastecem cidades com população inferior a 20.000 habitantes.

### *Escherichia coli*

A Tabela 3 mostra o número de presenças e ausências de *E. coli* a cada mês do ano de 2013. De acordo com esta tabela, não foi detectada presença de *E.coli* nas amostras analisadas, com exceção do mês de dezembro, que apresentou uma amostra positiva. Considerando que a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde, de 14 de dezembro de 2011, não permite a presença deste microrganismo nas amostras de água tratada, apenas o último mês ficou fora do padrão.

**Tabela 3: Número de presenças e ausências de *E. coli* a cada mês do ano de 2013.**  
Fonte: Autor (2014)

Mês	Total de análises	Presença	Ausência	Padrão	Precipitação
Janeiro	9	0	9	0	102,0
Fevereiro	9	0	9	0	132,3
Março	9	0	9	0	215,5
Abril	9	0	9	0	197,0
Maiο	9	0	9	0	66,9
Junho	10	0	10	0	19,8
Julho	11	0	11	0	2,6
Agosto	11	0	11	0	0,0
Setembro	10	0	10	0	0,0
Outubro	8	0	8	0	0,0
Novembro	10	0	10	0	3,0
Dezembro	11	1	10	0	9,6



A localização inapropriada da instalação do poço poderia ser a razão da contaminação da amostra no mês de dezembro, mas essa possibilidade é descartada, pois durante o período 2 foram utilizados os poços da companhia de abastecimento da cidade, que estavam localizados longe de fossas e ações antrópicas e passavam por manutenção adequada. É provável que tenha ocorrido falta de cuidados higiênicos do operador no momento da limpeza do reservatório (COLVARA; LIMA; SILVA 2009) ou infiltração de esgoto pelas tubulações da rede de abastecimento.

### **Sugestões de alternativas para tratamento da água de Alcântaras**

Os mananciais são a fonte de água para o abastecimento humano. Os problemas referentes a sua qualidade começaram a surgir com práticas agrícolas, poluição atmosférica, criação de animais e a poluição hídrica (OTTONI 1999). Para a sua conservação é importante não extrair a vegetação no seu entorno, incluindo matas ciliares, evitar despejo de efluentes e resíduos sólidos e respeitar a área de restrição que evitam atividades antrópicas (TELLES *et al.* 2013).

Quando há comprometimento da água do manancial por conta da falta de chuvas (caso da cidade de Alcântaras), a alternativa mais viável é recorrer à utilização das águas subterrâneas. Existem muitos poços que possuem a sua qualidade comprometida devido a problemas construtivos como o revestimento inadequado que impede a sua revitalização (GOFFERMANN *et al.*, 2012).

Na proteção dos poços, vários países têm adotado os *perímetros de proteção* que são áreas delimitadas no seu interior para evitar atividades que possam contaminar a água (TELLES *et al.*, 2013). Há alternativas viáveis para abastecer cidades pequenas como no caso da SABESP que utilizou a filtração lenta seguida por desinfecção para tratar a água dos poços da cidade de Caraguatatuba - SP, pois é um sistema eficiente que evita a presença de CT e *E.coli*, possui baixa quantidade de impurezas suspensas e dissolvidas e não é de alto custo.

No caso da cidade de Alcântaras, uma proposta seria realizar teste de jarro (*jar-test*) para otimizar a etapa de coagulação. Este teste auxilia na escolha do melhor coagulante, bem como sua dosagem ótima, e é recomendado ser feito a cada vez que as características físico-químicas da água bruta variam drasticamente (LIBÂNIO 2008). Outra proposta seria a troca da tecnologia de tratamento de água. A tecnologia de filtração direta, usada na cidade de Alcântaras, é recomendada para águas com cor aparente e turbidez inferiores a 20 uH e 20 uT, respectivamente. A água bruta da cidade de Alcântaras em muitos períodos apresenta valores superiores a esses. Uma das opções seria adotar dupla filtração como tecnologia de tratamento, pois ela consegue funcionar eficientemente com águas de até 50 uH e 50 uT (LIBÂNIO 2008). Em compensação, esta tecnologia tem a desvantagem de utilizar grandes quantidade de água para lavagem dos filtros. Atualmente, a região metropolitana de Fortaleza, Ceará, utiliza tecnologia de dupla filtração em uma das suas duas ETAs. Para reduzir as perdas de água pela lavagem dos filtros, essa ETA possui tecnologia de aproveitamento de água de rejeito dos filtros. Outra possibilidade é o uso do tratamento em ciclo completo, que recebe águas com no máximo 1000 uH e 3000 uT. Entretanto, essa tecnologia utiliza grandes quantidades de coagulante e necessita de uma área de instalação maior que as tecnologias anteriormente mencionadas (LIBÂNIO 2008).

### **CONCLUSÕES**

A mudança do tipo de manancial reduziu a cor aparente e a turbidez da água tratada quando a água bruta passou a ser proveniente de poços.

Não houve grandes mudanças na concentração de cloro residual da água tratada mantendo-se na mesma faixa em ambos os períodos.

Após a mudança do manancial para água subterrânea a água passou a oferecer maior risco de contaminação fecal pois, das amostras mensais analisadas, pelo menos uma amostra detectou presença de CT.

Em todo o período estudado, nenhuma amostra constatou presença de *E. coli*, com exceção do mês de dezembro de 2013, quando apenas uma amostra detectou presença.



Apesar de algumas amostras analisadas terem ficado abaixo do VMP estabelecido pela Portaria 2914/11, conclui-se que a água que abasteceu Alcântaras em 2013 não obedeceu os padrões de potabilidade.

Para melhorar a qualidade da água tratada, é indicado proteger o manancial, realizar ensaios de tratabilidade e/ou modificar a tecnologia de tratamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANGELIS, C.F.; MCGREGOR, G.R.; KIDD, C.A. 3 year climatology of rainfall characteristics over tropical and subtropical South America based on Tropical Rainfall Measuring Mission Precipitation Radar data. *International Journal of Climatology*, 24: 385 – 399, 2004.
2. APHA, AWWA. WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. American Public Health Association. Washington, DC. Part, v. 8000, p. 94-100, 2005.
1. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, 2011.
2. CAJAZEIRAS, CCA. Qualidade e uso das águas subterrâneas e a relação com doenças de veiculação hídrica, Região de CRAJUBAR–CE. Universidade Federal do Ceará. Departamento de Geologia, Fortaleza, 2007.
3. CEARÁ. Relatório de Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água de Alcântaras. Vol.1, 2013.
4. CETESB. Companhia de tecnologia de saneamento ambiental – Indicadores de qualidade. 1997.
5. CNM. Relatório Confederação Nacional de Municípios. Vol 1, 2013.
6. CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. Poços Tubulares e outra captações de águas subterrâneas – orientação aos usuários. Rio de Janeiro, Brasil: SEMADS, SEINPE, 67 p, 2001.
7. COLVARA, J.G., LIMA, A.S., SILVA., W.P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesanais no sul do Rio Grande do Sul. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, II SSA, 2009.
8. DI BERNARDO, L., BENINI, B.D., WIECHETECK, G.K. Remoção de substâncias húmicas utilizando dupla filtração com filtro ascendente de areia grossa ou pedregulho, 2004.
9. ESTEVES, Francisco de Assis. Fundamentos de limnologia. In: Fundamentos de limnologia. Interciência/Finep, 1988.
10. FIGUEROSA, S.N., NOBRE, C.A. Precipitation distribution over Central and Western tropical South America. *Climanalyse*, 5: 36-45, 1989.
11. FERREIRA, R.M.R, USHINORAMA, E., HENRY, R. Fitoplâncton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema em sua desembocadura no reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante um período prolongado de seca, 2006
12. GOFFERMAN, M., VIERO, A.P, TREIN, A.H. Estruturas armazenadoras de água subterrânea na borda sudeste da bacia sedimentar do Parnaíba. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. P1-4, 2012.
13. LEITE, Renata Dominici Ferreira et al. Comunidade zooplânctônica do Lago Paranoá, 2003.
14. LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Átomo, 2008.
15. MIRIAN, SALVADOR, A.V, ZANROSSO, M., COLOMBO, V.D. Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região Nordeste do Rio Grande do Sul, 2004.
16. OTTONI, A.B. A importância da preservação dos mananciais de água para a saúde e sobrevivência do ser humano. Rio de Janeiro, 1999.
17. PEDRON, Fabricio et al. Levantamento e classificação de solos em áreas urbanas: importância, limitações e aplicações. *Current Agricultural Science and Technology*, v. 13, n. 2, 2007.
18. PEREIRA, R.S. Poluição hídrica: causas e consequências. IFSUL, 2004.
19. PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. In: Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. ABES, 2006.
20. RAMALHO, J., SILVA, J., BARROS.E., CORREIA, A. Análise da turbidez da água em diferentes estados de tratamento, 2008 .
21. REBOUÇAS, A.C. 1997. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Universidade de São Paulo, São Paulo. Vol. 11 (29): 127-154.
22. SCARAMUCCINI, J.A., GUERRA, S.M.G., BORDONI, O.R.J. A poluição na Billings: uma análise econômica. *Revista brasileira de energia*, v.4, n.1. 1995.



23. SILVA, R.O.S.; SALVARANI, F.M.; ASSIS, R.A.; MARTINS, N.R.S.; PIRES, P.S.; LOBATO, F.C.F. Antimicrobial susceptibility of *Clostridium perfringens* strains isolated from broiler chickens. Brazilian Journal of Microbiology, v.40, p.262-264, 2009.
24. SOUZA, C.F., VASCONCELOS, V.M., Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil, 2011
25. TELLES, A.D.; GÓIS, J.S. Ciclo ambiental da água da chuva à gestão. 1ª Edição. Editora: Edgard Blucher Ltda. p 43 a 263, 2013.
26. WAICHMAN, A.V., MACHADO, L.A., ANGELIS, C.F., SILVA, A.E. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus, 2008.
27. WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). Guidelines for drinking-water quality: recommendations. World Health Organization, 2004.