

## **INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS DE UM SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA SALOBRA NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL**

Rayssa de Lourdes Marinho Carvalho do Rêgo (1); Karla Luísa Feitosa de Lira (2); Celeide Maria Belmont (3); Vanda Maria de Lira (4)

*(1) Universidade Estadual da Paraíba, rayssamcarvalho@hotmail.com; (2) Universidade Estadual da Paraíba, karlaluisafl@gmail.com ; (3) Universidade Estadual da Paraíba, celeide.sabino@globo.com; (4) (orientadora) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, vandalira@yahoo.com.br.*

As demandas por água em quantidade e qualidade satisfatórias estão cada vez mais difíceis de serem atendidas às populações de zonas urbanas e rurais. Em áreas semiáridas esse problema é intensificado, pois a combinação de altas temperaturas, elevados índices de evapotranspiração e baixos números de pluviometria formam um cenário crítico para obtenção e manutenção dos recursos hídricos. Devido às características da água nos mananciais, existe a necessidade da sua potabilização, porém, muitas vezes a água tem sua qualidade comprometida em outras partes do sistema de abastecimento de água após as ETA's. Com o propósito de conhecer a qualidade físico-química da água de um setor confinado da rede de distribuição de água de Campina Grande, o presente trabalho tem o objetivo de analisar os dados de monitoração de indicadores sentinelas em pontos distribuídos no município. Foram amostrados 9 pontos (P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P9 e P11), nos quais, a escolha destes ocorreu baseado na Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental, sendo analisados os indicadores sentinelas cloro residual livre (CRL) e turbidez no período de março a dezembro de 2013. Os resultados das concentrações do CRL não atenderam à Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde, no entanto, o indicador turbidez foi constatado que em nenhum ponto o padrão estabelecido pela Portaria N° 2914/2011 foi violado. Conclui-se que para sanar o problema da qualidade da água do setor, seria necessário a operação de recloração nos reservatórios para garantir as concentrações mínimas exigidas pela legislação.

Palavras-chave: Semiárido; Dessalinização; Água doce;

## 1 – INTRODUÇÃO

Nos dias atuais existe grande demanda por água de boa qualidade em todo o mundo, no entanto, essa qualidade só pode ser conseguida através do processo de potabilização da água. No Brasil, a Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A referida portaria define água potável como aquela que “atenda ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde”.

Segundo Clark e Haught (2005), a água sofre degradação de sua qualidade no próprio sistema de abastecimento. Um dos aspectos mais sérios de saúde pública com relação à deterioração da qualidade da água na rede de distribuição é a perda de desinfetante residual, ocasionando, conseqüentemente, um enfraquecimento na barreira contra organismos patogênicos. Um fator importante que contribui para as perdas de desinfetante residual no sistema de distribuição relatado no mesmo estudo de Clark e Haught (2005) é referente à corrosão dos materiais dos condutos que passam a construir substratos mais efetivos para biofilmes.

Os termos Controle e Vigilância relacionada à qualidade da água para consumo humano, adotados pela OMS, estão bem definidos na legislação brasileira (BRASIL, 2011). O controle da qualidade da água para consumo humano é definido como conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação do sistema de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição. A vigilância da qualidade da água para consumo humano é definido como o conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar se a água consumida pela população atende a norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana, assumindo caráter rotineiro e preventivo.

Tais definições estabelecem as diferentes responsabilidades e mecanismos, os mais claros e objetivos possíveis, para o exercício eficaz e diferenciado, do controle e da vigilância, da qualidade da água para consumo humano. O primeiro é realizado pela concessionária responsável pela operação do serviço de abastecimento de água, companhia estadual de saneamento, autarquia municipal, prefeitura ou empresa privada. A realização da vigilância cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio das secretarias estaduais, no sentido de verificar se a água distribuída atende às premissas estabelecidas pelo padrão de potabilidade, além de avaliar os riscos à saúde da população

abastecida, e a monitoração deve ser realizada ao mesmo tempo em que a água é captada, distribuída e consumida.

Nesse sentido a legislação brasileira, optou pela busca de um instrumento legal com caráter efetivo e simultâneo de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano: a Portaria Nº 2914/2011.

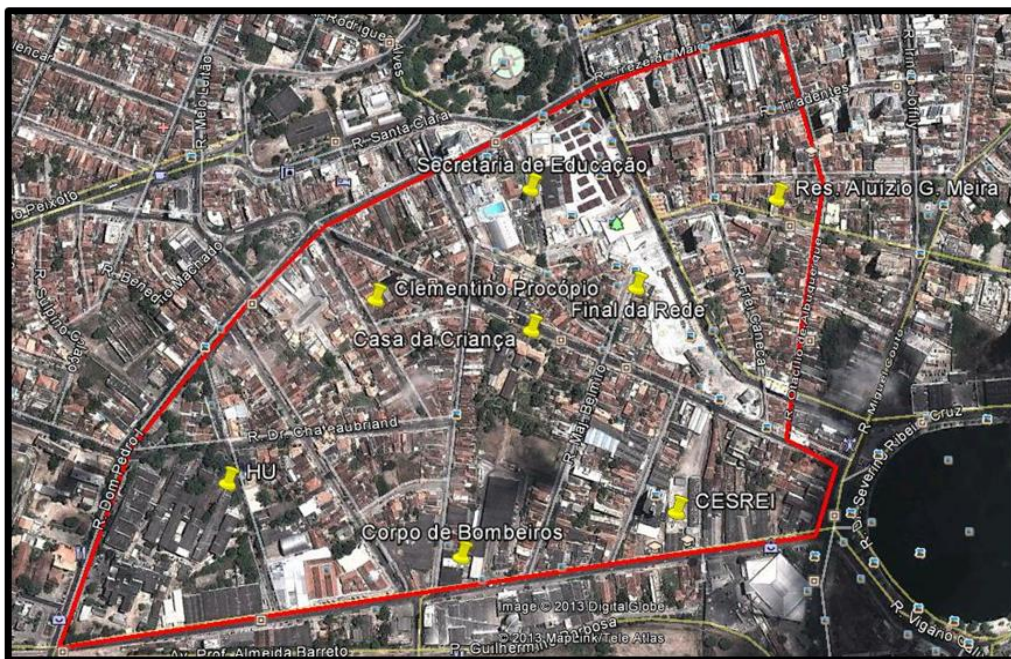
Desta forma o objetivo deste trabalho é, monitorar a indicadores físico-químicos de qualidade da água em um sistema de dessalinização de água subterrânea salobra que abastece uma comunidade periurbana do semiárido do nordeste do Brasil.

## 2 – METODOLOGIA

Esta pesquisa contempla o estudo do sistema de abastecimento de água do município de Campina Grande, situado no estado da Paraíba a 552 m acima do nível do mar ( $7^{\circ}13'50''$  Sul e  $35^{\circ}52'52''$  Oeste), cuja população é de 385.213 habitantes (IBGE, 2010).

A área em estudo está localizada no bairro do São José na zona de pressão B do Sistema de Abastecimento de Água de Campina Grande, mais especificamente na Subzona de pressão B2, que é alimentada pelo reservatório R-2 localizado no centro da cidade (Figura 1). A subzona B2 ocupa uma área de parte do Centro e do Bairro São José.

Figura 1 – Bairro São José em Campina Grande/PB.

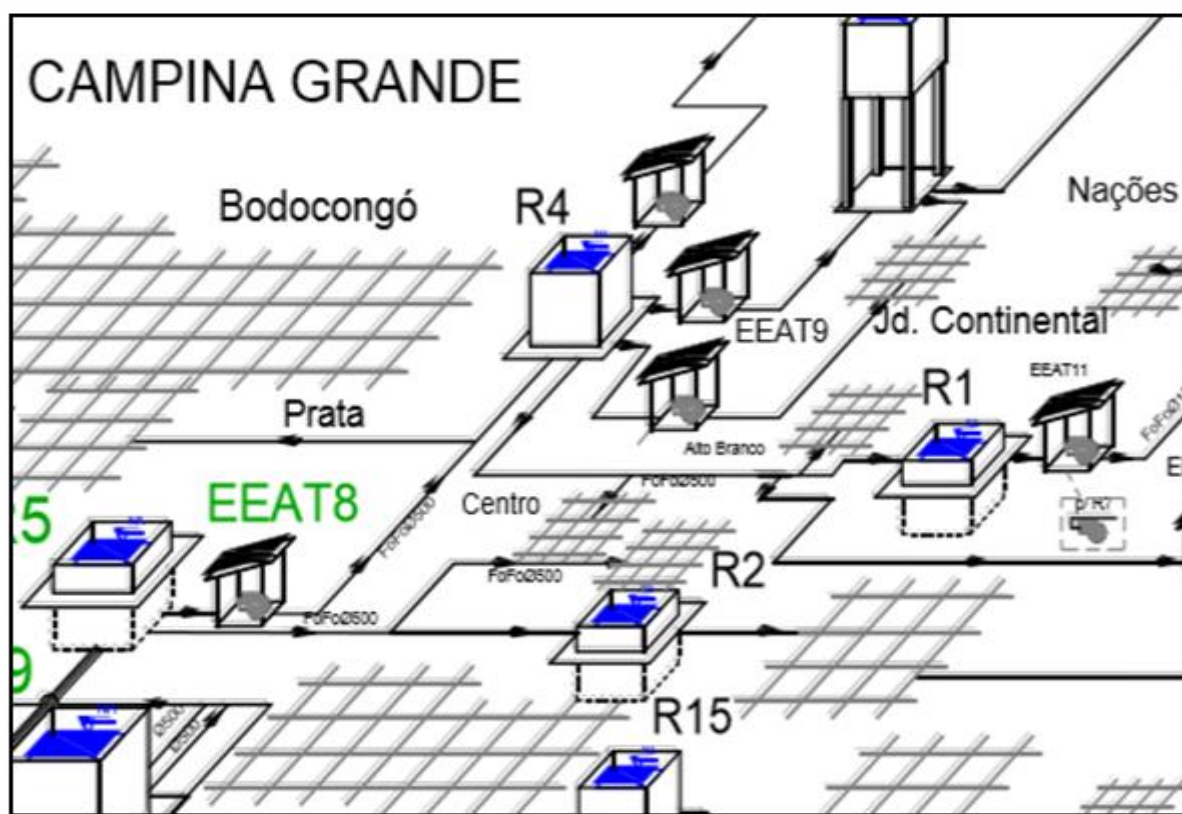


Fonte: Google Earth (2016).

Em 1938, para abastecer a cidade de Campina Grande, foi construído o Açude Vaca Brava, no município de Areia e, na mesma época, foi construído o reservatório R-2 para compor o sistema de distribuição de água da cidade. Hoje, quando a cidade é abastecida pelo açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), este mesmo reservatório continua fazendo parte do sistema de distribuição da cidade (MENESES, 2011).

O reservatório R-2 (Figura 2) é do tipo semi-enterrado, alimentado por gravidade pelo reservatório R-5 e possui capacidade de 2.290 m<sup>3</sup>, sendo os níveis d'água máximo de 554,8 m e mínimo de 552 m. A sub-adutora que interliga o R-5 ao R-2 tem 500 mm de diâmetro e 1.890 m de comprimento e capacidade de adução na ordem de 190 L/s (ACQUAPLAN, 1979).

Figura 2 – Localização do reservatório R2 e a subadutora de 500 mm.



Fonte: Adaptado de Meneses (2011).

As tubulações de distribuição que derivam do R2 (Tabela 1) é de ferro fundido, com diâmetro que varia de 200 mm a 400 mm, de PVC (Policloreto de vinila) com diâmetro variando de 60 mm a 100 mm e, predominantemente, de cimento amianto, material que caiu em desuso pela sua natureza carcinogênica, com diâmetro variando de 50 mm a 150 mm.

**Tabela 1** – Materiais e extensões das tubulações.

<b>Material das Tubulações</b>	<b>Extensão (m)</b>
Ferro	1.527
PVC	611
Cimento amianto	6.663

Fonte: Alves (2014).

## 2.1 Pontos de coleta

As coletas das amostras de água para as análises foram realizadas em 9 pontos, cujos endereços e coordenadas estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2:** Localização dos pontos de coleta das amostras de água de abastecimento.

<b>Ponto</b>	<b>Endereço</b>	<b>Coordenadas</b>
<b>P1</b>	Reservatório R2 Rua Félix Araújo, s/n, Centro.	S 07° 13,473' W 035°53,498'
<b>P2</b>	Residencial Aluízio G. Meira Rua Desembargador Trindade, 722, Centro.	S 07° 13,411' W 035°53,151'
<b>P3</b>	Secretaria Municipal de Educação Rua Paulino Raposo, 347, São José.	S 07°13,493' W 035° 53,188'
<b>P5</b>	Casa da Criança Dr. João Moura Rua Dr. João Moura, 487, São José.	S 07° 13,503' W 035° 53,324'
<b>P6</b>	Centro de Educação Superior Reinaldo Ramos Av. Prof. Almeida Barreto, 242, Centro.	S 07° 13,649' W 035° 53,183'
<b>P7</b>	2º Batalhão de Bombeiro Militar Av. Prof. Almeida Barreto,	S 07° 13,684'

		428, Centro.	W 035° 53,321'
<b>P8</b>	E. E. E. F. M. Clementino Procópio	Rua Felipe Camarão, s/n, São José.	S 07° 13,512' W 035° 53,425'
<b>P9</b>	Ponta de rede	Rua Major. Belmiro, 358, São José.	S 07° 13,499' W 035° 53,257'
<b>P11</b>	Hospital Universitário Alcides Carneiro	Rua Carlos Chagas, s/n, São José.	S 07° 13,673' W 035° 53,491'

Fonte: Alves (2014).

### 2.3 Coleta e preservação das amostras

As amostras coletadas para as análises foram retiradas diretamente do sistema público de distribuição de água. As torneiras eram abertas por um tempo de 2 a 3 minutos para deixar escoar a água estagnada nas canalizações e as amostras eram coletadas em garrafas de 500 mL cobertas com material escuro para evitar incidência de luz sobre a água. Em seguida eram realizadas as análises em triplicata, in loco, de cloro residual livre e turbidez.

### 2.4 Métodos analíticos utilizados

Os métodos analíticos utilizados na pesquisa seguiram as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Waste water (APHA, 2012).

#### a) Cloro residual livre (CRL)

Para as determinações do cloro residual, foi utilizado o método colorimétrico DPD, utilizando-se aparelho medidor de cloro de leitura direta modelo Aquacolor Cloro como é mostrado na Figura 3. Na ausência de íons iodeto o DPD reage com cloro livre, produzindo uma coloração róseo-avermelhada. Proceda-se a medição imediatamente no medidor para obtenção das concentrações de cloro residual livre.

**Figura 3** – Equipamento utilizado para medir o cloro residual livre,



Fonte: Santos (2012).

#### **b) Turbidez**

A turbidez foi determinada pelo método instrumental nefelométrico com a utilização de um turbidímetro portátil, TECNOPON modelo TB-1000, como mostrado na Figura 4.

**Figura 4** – Equipamento utilizado para medir a turbidez.



Fonte: Santos (2012).

## 2.5 Análise estatística dos dados

Para cada conjunto de dados obtidos foi feito um estudo para detecção e posterior remoção de *outliers* (valores atípicos que não são representativos do universo amostral). Para isso foi aplicado o método de Grubbs, com um nível de significância de 0,05 e universo amostral de 30 dados. O método de Grubbs testa a existência de *outliers* num universo amostral baseado na comparação do *outlier* suspeito com o valor estimado no método.

Posteriormente, a todos os conjuntos de dados, de uma mesma variável, foi aplicada a estatística descritiva e em seguida verificado a ocorrência de conformidade e não conformidade com a Portaria Nº 2914/11 do Ministério da Saúde, para os 9 (nove) pontos de coleta.

## 3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, para cada conjunto de dados obtidos foi feita a remoção dos valores atípicos que não são representativos do universo amostral (*outliers*) através da aplicação do método de Grubbs, com um nível de significância de 0,05. Em seguida foi realizada a estatística descritiva dos dados e verificada a ocorrência de conformidade e não conformidade com a Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, para os 9 (nove) pontos de coleta (Tabelas 3 e 4).

Em todos os pontos, o valor mínimo da concentração de cloro residual livre foi de 0,0 mgCl<sub>2</sub>/L e o valor máximo foi de 0,08 mgCl<sub>2</sub>/L. Deste modo, pode-se constatar que, durante todo o período analisado foi verificada violações em relação às concentrações de cloro residual livre preconizadas pela Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, que estabelece uma concentração mínima de 0,2 mgCl<sub>2</sub>/L em qualquer ponto da rede de distribuição. Caracterizando, desta forma, uma situação de potencial risco à saúde da população.



Tabela 2 – Estatística descritiva e frequência de conformidade e não conformidades do indicador sentinela cloro residual livre nos pontos analisados.

Ponto	N	Mediana mgCl <sub>2</sub> /L	Valor (mgCl <sub>2</sub> /L)		Desvio padrão	Conformidade		Não conformidade	
			Mínimo	Máximo		N <sup>0</sup>	%	N <sup>0</sup>	%
<b>P1</b>	25	0,00	0,00	0,07	0,02	0	0,0	25	100,0
<b>P2</b>	28	0,00	0,00	0,06	0,02	0	0,0	28	100,0
<b>P3</b>	30	0,00	0,00	0,07	0,02	0	0,0	30	100,0
<b>P5</b>	30	0,01	0,00	0,07	0,02	0	0,0	30	100,0
<b>P6</b>	29	0,00	0,00	0,04	0,01	0	0,0	29	100,0
<b>P7</b>	30	0,00	0,00	0,03	0,01	0	0,0	30	100,0
<b>P8</b>	28	0,00	0,00	0,07	0,02	0	0,0	28	100,0
<b>P9</b>	30	0,00	0,00	0,08	0,20	0	0,0	30	100,0
<b>P11</b>	30	0,00	0,00	0,03	0,01	0	0,0	30	100,0

O setor estudado possui características de confinamento, em que toda a água fica estagnada nas tubulações e tem que ser consumida pela população, e associado ao fato das canalizações serem antigas, e em sua grande maioria, constituídas de cimento amianto, pode resultar na degradação da qualidade da água, porém a água já chega ao reservatório R-2 (Ponto1) com sua qualidade comprometida em relação ao CRL, que é o principal agente desinfetante para inativação de possíveis agentes patogênicos na água.

Tabela 3 – Estatística descritiva e frequência de conformidade e não conformidades do indicador sentinela turbidez, nos pontos analisados.

Ponto	N	Mediana	Valor		Desvio padrão	Conformidade		Não conformidade	
			Mínimo	Máximo		Nº	%	Nº	%
<b>P1</b>	25	0,00	0,00	0,10	0,03	25	100,0	0	0,0
<b>P2</b>	28	0,40	0,00	0,80	0,25	28	100,0	0	0,0
<b>P3</b>	30	0,40	0,00	1,30	0,42	30	100,0	0	0,0
<b>P5</b>	30	0,45	0,00	1,60	0,45	30	100,0	0	0,0
<b>P6</b>	29	0,40	0,00	1,10	0,31	29	100,0	0	0,0
<b>P7</b>	30	0,25	0,00	0,80	0,22	30	100,0	0	0,0
<b>P8</b>	28	0,40	0,00	1,20	0,37	28	100,0	0	0,0
<b>P9</b>	30	0,40	0,00	1,20	0,35	30	100,0	0	0,0
<b>P11</b>	30	0,30	0,00	0,80	0,23	30	100,0	0	0,0

O padrão estabelecido pela Portaria Nº 2914/2011 estabelece o limite máximo para o indicador turbidez de 5,0 UT para qualquer ponto do sistema de distribuição. Nesta pesquisa foi constatado que em nenhum ponto analisado este valor foi ultrapassado, portanto a turbidez está em padrões aceitáveis para o consumo humano (Tabela 4). Porém, o fato da turbidez se encontrar em conformidade com o padrão de potabilidade não garante que a água esteja livre de contaminação.

#### 4.0 CONCLUSÕES

Em todos os pontos analisados, verifica-se uma alta frequência de concentrações nulas de cloro residual livre, em 100% das amostras analisadas, situaram-se muito abaixo da concentração mínima exigida pela Portaria Nº 2914/2011. Isso implica numa situação de risco para a saúde da população residente no setor.

Com relação à turbidez em nenhuma das medições o padrão máximo de 5,0 UT estabelecido para toda a extensão do sistema de distribuição foi ultrapassado, pelo contrário ficando bem abaixo

do limite máximo admitido, apresentando conformidade dos valores medidos para esse indicador, segundo a Portaria N° 2914/2011.

O setor estudado que possui características de confinamento, associada ao fato das canalizações serem antigas, e maior parte constituída de cimento amianto, que pode resultar na degradação da qualidade da água, porém a água já chega ao reservatório R-2 com sua qualidade comprometida em relação ao cloro residual livre, que é o principal agente desinfetante para inativação de possíveis agentes patogênicos na água. O decaimento da concentração de CRL ocorre no percurso através da sub adutora do R-5 ao R-2.

Por fim, como medida imediata, para sanar o problema da qualidade da água do setor, seria necessária operação de recloração periódica no reservatório R-2 para garantir as concentrações mínimas exigidas pela legislação. Além disso, faz-se necessária a aplicação de plano de manutenção incluindo limpezas regulares de reservatório, descargas de rede e como medida posterior, a substituição das canalizações antigas de cimento amianto por tubulações de PVC que são menos suscetíveis à fadiga, à corrosão e são mais fáceis e rápidas de serem implantadas.

## **5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ACQUAPLAN. **Sistema de abastecimento de água**. Cidade de Campina Grande. Volume III – Tomo I, concepção do sistema de distribuição de Campina Grande. Recife, 1979.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22<sup>th</sup> ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2012. 1600p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 60p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 2914**, de 12 de dezembro de 2011. Disponível na Internet: <http://portal.saude.gov.br>, 2011. Acesso em 10/03/

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2.914, 12 de Dezembro de 2011. **Dispõesobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. 32 p. 2016.

CLARK, R. M.; HAUGHT, R. C. Charactering Pipe Wall Demand: Implications for Water Quality Modeling. **Journal Of Water Resources Planning And Management**. Cincinnati, p. 208-217. 1 de maio 2005.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

MENESES, R. A. **Diagnóstico Operacional de Sistemas de Abastecimento de Água: O Caso de Campina Grande**. 2011. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2011.