

XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII
ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS

**ALTERNATIVA DE REUTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS DESCARTADAS PROVENIENTE
DO REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Josuelly Cristainy da Silva Souza¹; Maria Elisa Leite Costa¹; José Rafael de Albuquerque Cavalcanti²; Alline Gomes Lamenha e Silva¹; Cleuda Custodio Freire³ & Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira³

Resumo – À crescente urbanização da região costeira da cidade de Maceió – AL, e conseqüente verticalização da mesma, atribui-se a necessidade de rebaixamento do lençol freático para a realização das escavações e fundações previstas para a construção dos edifícios. Todavia, apesar de significativo, esse volume de água raramente apresenta uma destinação adequada: a fim de consolidar alternativas para seu reuso, o trabalho propõe um zoneamento das regiões onde a prática do rebaixamento do lençol freático para construção civil é constante, baseado em critérios ambientais, paisagísticos, econômicos e legais. Atrelado a isso, desenvolve-se o estudo qualitativo e quantitativo dessas águas subterrâneas através de análises físico-químicas e exames microbiológicos. Desta maneira é possível elaborar alternativas para os órgãos públicos responsáveis, visando o reuso da água para fins não potáveis e compatíveis com a qualidade da água analisada, bem como o mecanismo para que possam colocar essa solução em prática.

Abstract – In the coastal city of Maceió-AL, lowering the water table to build the foundation of buildings is due to increasing of the urbanization. However, although significantly, the volume of water rarely presents an appropriate destination: to consolidate alternatives for reuse, this present article proposes the zoning of areas where the lowering of water table is habitual, based on environmental, social, economic and legal terms. It was proposed the qualitative and quantitative study of waters through physical-chemical and microbiological tests. It was developed alternatives to the responsible public agencies in order to reuse water for non-potable and compatible with water quality examined, as well as the mechanism so that they can put this solution into practice.

Palavras-Chave – Água Subterrânea, Reuso da Água, Zoneamento.

¹ Graduando em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas: josuelly@gmail.com; mariaelisaleitecosta@gmail.com, allinelamenna@gmail.com.

² Graduando em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Alagoas: rafaelcavalcantii@gmail.com.

³ Professora da Universidade Federal de Alagoas: ccf@ctec.ufal.br; ivetelopes@uol.com.br.

1 – INTRODUÇÃO

O rebaixamento do lençol freático na cidade de Maceió-AL acontece desde a década de 80. Essa prática foi adotada a fim de reduzir o nível da água para a realização das escavações e fundações previstas para os novos edifícios. As regiões pioneiras são os bairros de Ponta Verde, Pajuçara e Jatiúca que se situam a beira mar.

Notou-se, então, que a água extraída do subsolo raramente é reutilizada, o que pode ser considerado desperdício tanto considerando a questão da quantidade como da qualidade das águas, sendo estas, em alguns casos, lançadas em ruas, galerias pluviais, calçadas e até outros corpos hídricos como riachos, lagoas e diretamente no mar.

Tendo em vista a atual situação, deseja-se, com o desenvolvimento desse trabalho, propor uma solução para a destinação dessas águas: um zoneamento em classes, de acordo com as características das águas de rebaixamento, nas regiões onde essa prática está ocorrendo, de forma que as águas lançadas possam ser reutilizadas. Para isso se fez o estudo da qualidade dessas águas através de sua análise físico-químicas e exames microbiológicos e sugerem-se alternativas para os órgãos responsáveis possam colocar essa solução em prática.

1.1- Reuso de água para fins urbanos não potáveis

A crescente preocupação ambiental, atrelada ao fato de que as reservas de água potável estão se esvaindo, criam nova percepção sobre a utilização e reutilização da nossa água.

Sempre que possível as águas para fins não potáveis, devem ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. Para a UNIÁGUA (2001, *apud* COSTA, 2007) o conceito de substituição de fontes mostra-se como a alternativa mais plausível para satisfazer as demandas menos restritivas, reservando a água de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

Algumas atividades têm maior potencial para reuso não potável, por envolver riscos menores, e devem ser consideradas como a primeira opção de reuso na área urbana, respeitando os cuidados a serem tomados quando envolver contato humano direto. São eles Mancuso (2003, *apud* COSTA, 2007):

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndios;

- Controle de poeira em movimentos de terra;
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de trens e ônibus públicos.

Em Maceió é comum a prática de irrigação de área verde da orla marítima com água potável, através de carros pipas. Ao se aproveitar as águas oriundas do rebaixamento do freático a prefeitura municipal terá não só uma redução no custo desse procedimento, mas também a preservação do meio ambiente, pois ao se empregar um litro de água de reuso é racionalizado um litro de água potável que estará disponível para o consumo humano futuramente.

2 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Segundo a Resolução N° 396 do CONAMA instituída em 2008 é possível classificar as águas subterrâneas em seis classes diferentes, são elas: Classe Especial e Classes I, II, III, IV e V. Em relação a sua utilização, a água pode ser enquadrada de acordo com o uso preponderante como: consumo humano, irrigação, dessedentação de animais e recreação. Uma visão mais ampla pode ser obtida na Tabela 1, em que são apresentados os Valores Máximos Permitidos (VMP) de cada parâmetro para cada tipo de uso.

Tabela 1 – Limites de referência para usos de águas subterrâneas

Parâmetros	Usos preponderantes da água			
	Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação
µg/L				
Cloreto	250.000	-	100.000 – 700.000	400.000
Nitrato (Expresso em N)	10.000	90.000	-	10.000
Nitrito (Expresso em N)	1.000	10.000	1.000	1.000
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	1.000.000	-	-	-
Sulfato	250.000	1.000.000		400.000
Microorganismos				
<i>E. Coli</i>	Ausentes em 100 mL	200/100 mL	-	800/100 mL

Coliformes Totais	Ausentes em 100 mL	200/100 mL	-	1000/100 mL
-------------------	--------------------	------------	---	-------------

Para a divisão em classes, a mesma Resolução define limites para os parâmetros mínimos especificados: Sólidos Totais Dissolvidos, Coliformes Termotolerantes e Nitrato (Tabela 2).

Tabela 2 – Padrões de qualidade por classe

Motivação da Inclusão	Parâmetros selecionados passíveis de ser de origem natural	Padrões por classe – concentração ($\mu\text{g.L}^{-1}$)		
		Classes 1 e 2 (VRQ)	Classe 3	Classe 4
Parâmetros mínimos obrigatórios	Sólidos Totais Dissolvidos	Se VRQ < 1.000.000 Classe 1	1.000.000	1.000.000
		Se VRQ > 1.000.000 Classe 2		
	Coliformes Termotolerantes	Ausentes em 100 mL	Ausentes em 100 mL	4000 em 100 mL
	Nitrato (Expresso em N)	Se VRQ < 10.000 Classe 1	10.000	90.000
Se VRQ > 10.000 Classe 2				

*VRQ: Valor de referência de qualidade.

Percebe-se que para caracterizar uma água, são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da sua qualidade e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso.

3 – ZONEAMENTO

O zoneamento é uma medida não-estrutural, ou seja, uma ação sem que seja necessária a implantação de alguma obra, com objetivo de prevenção, redução de riscos, ou que possam afetar qualquer atividade socioeconômica.

Griffith (1995) ampliou o conceito para o Zoneamento Ambiental que pode ser “uma simples classificação técnico-científica dos espaços a partir de um ou mais parâmetros, sem prescrição normativa de como as classes definidas devam ou não ser utilizadas; ou uma divisão de uma área geográfica em setores nos quais, após devida deliberação, certas atividades de uso e ocupação destes setores são permitidas ou não, de maneira que as necessidades antrópicas de alterações físicas e biológicas dos recursos naturais se harmonizem com as de conservação do meio ambiente.”

Com base nesses significados acima citados, optou-se por sugerir para a utilização das águas do rebaixamento do lençol freático através de um zoneamento, onde serão estabelecidos critérios a fim de que sua realização seja viável. Assim, as obras, que ao reduzir o nível do lençol freático, liberam as águas do aquífero com uma determinada qualidade, num certo volume, em um tempo previsto serão cadastradas e incluídas como possíveis fontes de águas.

3.1- Maceió e suas águas subterrâneas

Maceió é uma cidade costeira, situada no nordeste brasileiro, e supre parcialmente seu abastecimento urbano com a ajuda das águas subterrâneas, estando assim esse recurso vulnerável a problemas ambientais como a contaminação e a superexploração dos aquíferos, sendo este último uma das motivações para esse estudo.

De acordo com o Programa Nacional de Águas Subterrâneas (2009), que está incluso no Plano Nacional de Recursos Hídricos (2008), a superexploração é a extração das águas subterrâneas que ultrapassa os limites de produção das reservas reguladoras ou ativas do aquífero, e que pode iniciar um processo de rebaixamento do nível potenciométrico. Esse fato pode provocar danos para o próprio recurso e ao meio ambiente, como a subsidência do solo, a redução do volume de água que abastece os rios, causar seca nas nascentes, o esgotamento dos reservatórios, a intrusão salina, entre outros.

O Estado de Alagoas, a quem cabe o domínio e a gestão dos corpos hídricos subterrâneos subjacentes ao seu território, pela Lei 5965/97 que trata da Política Estadual de Recursos Hídricos, deve garantir o controle do uso da água em quantidade, qualidade e regime satisfatórios, por seus usuários atuais e futuros. Essa Lei tem como um dos princípios fundamentais o reconhecimento da água como um recurso natural limitado e institui a outorga de direito de uso como um de seus instrumentos.

Há também o Decreto Nº. 06 que regulamenta a outorga, recomendando que para o uso das águas subterrâneas a vazão de exploração não seja superior a mil litros por hora.

Já a Lei 7.094/2009 regulamenta a gestão e o gerenciamento das águas subterrâneas sob domínio do Estado de Alagoas, de maneira a considerar as particularidades de utilização do aquífero, estabelecendo critérios não apenas de conservação e proteção em termos qualitativos e quantitativos, mas também cobrindo questões como o licenciamento, a outorga de direito de uso da água e o cadastramento das captações de água subterrâneas.

Assim, com base nos aspectos legais, estudou-se a prática do rebaixamento do lençol freático na construção civil e constatou-se, através dos dados obtidos, que as obras necessitavam de outorga

para fazer o rebaixamento, seja pelo volume de água extraído ou pelo local onde estava ocorrendo o lançamento.

Foi também verificado que é necessário que o rebaixamento continue sendo utilizado para que as técnicas de fundação e escavação não sejam prejudicadas podendo provocar comprometimentos às construções. Então, especulou-se o zoneamento dessas obras para que as águas, que antes eram desperdiçadas, tenham um fim mais nobre.

Essa tática baseia-se em investigar a qualidade da água, classificá-la, e associá-la a um reuso adequado, acionando as entidades que estariam dispostas a captar essa água e fazer um bom uso da mesma.

Em Maceió, um dos projetos que atualmente está em vigor é o “Maceió mais Verde”, realizado pela Secretaria Municipal de Proteção ao Meio Ambiente (SEMPMA), que realiza plantios em vários pontos da cidade, como vias públicas, condomínios, escolas, praças e residências, com objetivo de melhorar o Índice de Área Verde de Maceió. Pretende-se plantar um milhão de árvores até 2012 e aumentar o índice de área verde, de 3 para 12 metros quadrados, que é o recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), para uma melhor qualidade de vida da população.

Para alcançar esse objetivo também é necessário que haja a manutenção dessas áreas, através da irrigação diária. A presença de caminhões-pipa irrigando jardins centrais e canteiros é uma constante para quem utiliza as vias mais movimentadas da cidade, como é possível visualizar na Figura 1.



Figura 1. Irrigação de área verde na orla de Maceió

Para a irrigação os caminhões-pipa são abastecidos com água potável, adquirida em empresas privadas, que captam e fornecem água de poços, ou com água de rios da região, com a devida permissão do órgão responsável.

Durante o período quente, são utilizados dez caminhões-pipa, com capacidade de cerca de 6 mil litros, para a aguagem de canteiros, praças, etc. Conforme o planejamento da Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió (SLUM), nessa época os veículos devem trabalhar em três turnos diários.

Dadas as dimensões da utilização da água para irrigação dos jardins públicos da cidade, torna-se perceptível a importância do desenvolvimento de alternativas que viabilizem seu reuso para fins não potáveis como este.

Assim, uma proposta para o zoneamento se baseia na obtenção de águas de irrigação a partir do rebaixamento do lençol freático, proporcionando uma gestão sustentável dos recursos hídricos. Uma observação importante é que um pouco dessa água já é reutilizado dentro da obra, mas o volume desperdiçado ainda é bastante alto, o que justifica a utilização do excedente na irrigação de jardins.

5 – METODOLOGIA

5.1 - Águas

Foram realizadas campanhas de campo, para coleta e posterior análise e classificação da água, em locais onde a prática do rebaixamento do lençol freático estava acontecendo, conforme Figura 2, buscando distribuir espacialmente os pontos na área em estudo. Enfatiza-se que em alguns pontos houve coleta apenas uma vez, pois o período de rebaixamento do lençol freático já estava em andamento e em coletas posteriores essa etapa na construção já havia sido concluída.

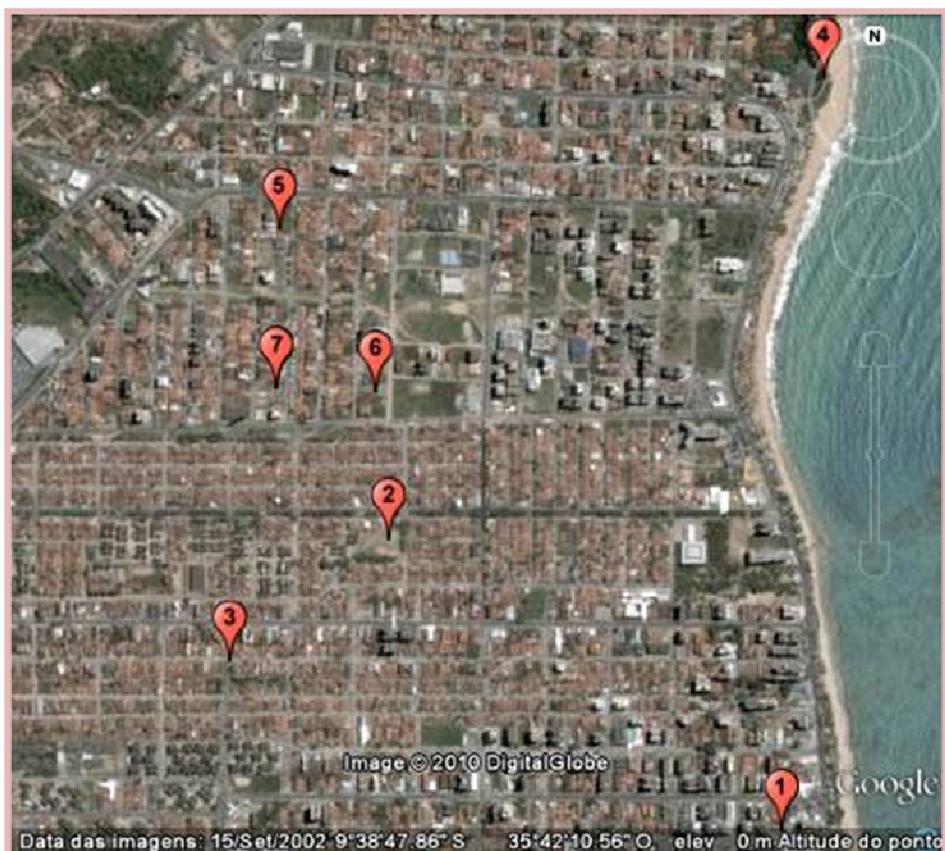


Figura 2 - Pontos onde foram realizadas as coletas de amostras de água. Fonte: GoogleEarth.

As amostras foram coletadas no período de setembro 2009 a dezembro de 2009, fase posterior ao período chuvoso. As análises para caracterização físico-química e os exames microbiológicos das águas de rebaixamento foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental do Centro de Tecnologia da UFAL (LSA/UFAL). Os parâmetros físico-químicos foram avaliados conforme a metodologia estabelecida no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998), descritos na Tabela 3. Algumas metodologias desta referência sofreram variações em virtude dos recursos disponíveis no laboratório.

Tabela 3 - Parâmetros analisados

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉTODO
Temperatura do ar	(°C)	Determinação direta
Temperatura da água	(°C)	Determinação direta
pH	---	Potenciométrico
Cor	(u.C)	Determinação direta
Turbidez	(NTU)	Nefelométrico
Condutividade	(mS)	Potenciométrico
Cloretos	(mg/L)	Titulométrico(Método de Mohr)

Nitrito	(mg/L)	Método Colorimétrico da Diazotização
Nitrato	(mg/L)	Método Colorimétrico. Redução de cádmio
Sulfatos	(mg/L)	Turbidimétrico
SDT	(mg/L)	Gravimétrico

Os indicadores microbiológicos de contaminação avaliados foram os coliformes totais e *Escherichia coli*. A enumeração de coliformes foi realizada por meio da técnica de filtração em membrana, utilizando como meio de cultura o Chomocult Coliformen Agar com substrato cromogênico.

5.2 - Critérios do zoneamento

5.2.1 - Critérios estabelecidos

Para que a idéia de reutilização dessas águas obtenha êxito é necessária a análise sobre diferentes pontos de vista sejam eles ambientais, paisagísticos, sociais e econômicos, sendo necessária a busca da integração entres eles.

5.2.2 – Ambientais

Devem ser realizadas, antes da adoção da obra no zoneamento, análises da qualidade da água, que deve ser realizada periodicamente, enquanto houver o rebaixamento, e conseqüente captação dessas águas para outro fim. Assim, estuda-se se é possível utilizá-la para irrigação de jardins ou para limpeza de calçadas, outra sugestão, visto que ambas podem ser realizadas pela prefeitura. Dessa forma, preza-se pela conservação dessas águas que seriam desperdiçadas.

5.2.3 - Paisagístico

O critério paisagístico está relacionado com a avaliação visual incluindo o grau de qualidade ambiental, levando-se em consideração a integração dos os elementos naturais e dos construídos, que no caso seriam relacionados ao processo de captação e distribuição das águas.

A esse item não será disponibilizado muita atenção visto o caráter temporário do processo. Pois, a presença de veículos ou reservatórios não afetará a sociedade de maneira significativa, e transtornos quanto a problemas no trânsito de carros e pedestres tentarão ser minimizados visando à exclusão.

5.2.3 – Social

Está vinculado a maneira como o zoneamento afetará população envolvida ou nos arredores das zonas, no caso, das obras. Pois as classes estão situadas em bairros residenciais, normalmente no horário das sete horas da manhã até às cinco horas da tarde. Assim, quando for realizado o itinerário dos veículos responsáveis pela captação deve ser analisada a poluição sonora produzida, podendo esse fator ser prioridade em algumas regiões. Assim, onde houver uma maior densidade populacional, os horários de coleta devem ser mais flexíveis e a população deve estar informada sobre a medida, apoiando-a.

5.2.4 – Econômico

Sob esse critério é necessário analisar a rentabilidade do processo. A localização das obras, a qualidade da água, e conseqüentemente onde ela poderá ser reutilizada, o volume disponível e principalmente a forma de captação, armazenamento e transporte. Assim, deve haver parcerias com as empresas envolvidas: tanto as construtoras, como as empresas que oferecem serviços de transporte de água, e os órgãos públicos, pois haverá vantagens financeiras envolvidas.

Essa água pode ser utilizada também pela vizinhança para limpeza de suas calçadas e para irrigação de jardins particulares. Essa harmonia com a sociedade deve ser assegurada: a satisfação desta parte com a possibilidade de uma cidade mais limpa é fundamental para bom desempenho do processo proposto.

6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 - Águas

A qualidade da água é função de diversos fatores intervenientes numa bacia hidrográfica. A urbanização acelera o processo de degradação através de suas fontes de poluição e contaminação. Aquíferos costeiros são especialmente vulneráveis a contaminação por serem, em grande parte, freáticos.

O reuso da água é uma alternativa sustentável à exploração de mananciais subterrâneos costeiros. Dadas às características indesejáveis da água como alta salinidade, concentração de nitrato e/ou compostos orgânicos, tornam limitadas as opções para a reutilização da água. No entanto, a dessedentação de animais e a irrigação de espaços verdes surgem como boas propostas, inclusive citadas na Resolução CONAMA 396/2008 como usos preponderantes da água.

O gráfico 1 apresenta as concentrações de nitrito para os sete pontos de coleta utilizados neste trabalho.

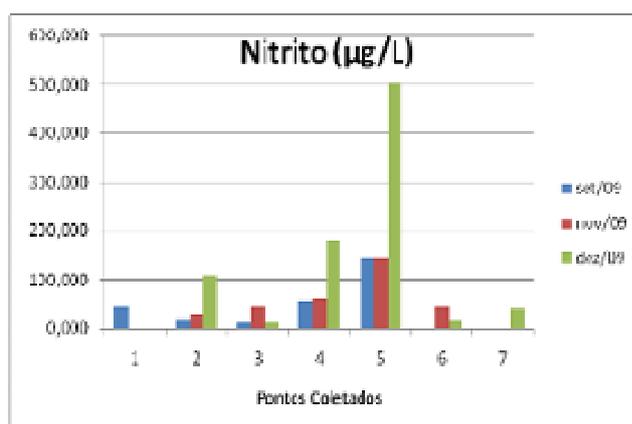


Gráfico 1. Concentração de Nitrito.

A presença de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica. A presença de nitrito em concentração elevada indica que a fonte de matéria orgânica presente na água encontra-se a pouca distância do ponto onde foi feita a amostragem para análise e a sua persistência mostra despejo contínuo de matéria orgânica. A formação de húmus, ou decomposição de restos vegetais, leva igualmente à formação de nitrito (Laboratório São Camilo, s/d).

Já o gráfico 2 apresenta as concentrações de nitrato nos pontos coletados. De acordo com a Resolução CONAMA 396/2008 todas as amostras estão dentro dos padrões para os usos preponderantes da água e isso inclui a atividade de irrigação.

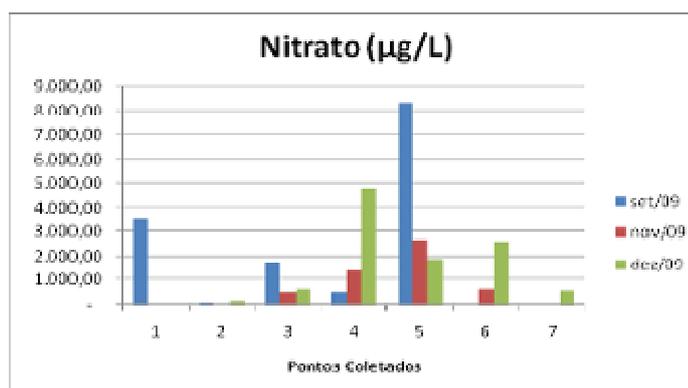


Gráfico 2. Concentração de Nitrato.

A presença de nitrato e sulfato nas águas subterrâneas é indicativa de potenciais fontes de poluição por esgoto doméstico. Atualmente, vários trabalhos discutem a relação da contaminação das águas subterrâneas por nitrato com casos de câncer gástrico.

O sulfato (Gráfico 3) aparece em concentrações razoavelmente inferiores às apresentadas na legislação para usos preponderantes, ou seja, permite todos os usos.

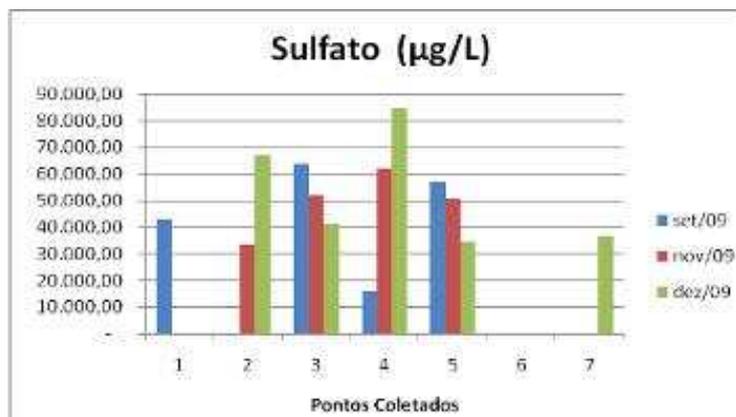


Gráfico 3. Concentração de sulfato.

Os cloretos (Gráfico 4) também aparecem em concentrações compatíveis com os usos preponderantes, pois o limite permitido para o consumo humano corresponde a 250.000. Observa-se, na série apresentada, que o valor máximo obtido foi de pouco menos de 240.000, no ponto 05.

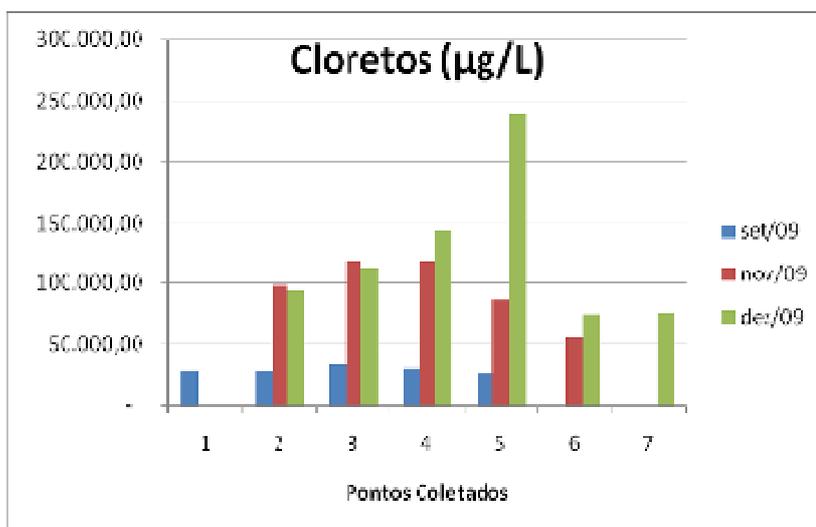


Gráfico 4. Concentração de cloretos.

Segundo Libânio (2008), flutuações nas concentrações de cloretos nas águas subterrâneas são comuns. Porém, os cloretos são introduzidos na água devido à presença de resíduos líquidos domésticos e industriais e também pela intrusão salina.

Quanto aos sólidos totais dissolvidos (STD) (Gráfico 5), segundo o padrão de potabilidade da OMS, o limite máximo permissível na água é de 1000 mg/L. Para o STD existem referências de valores apenas quando se trata de consumo humano, sendo, portanto viáveis as concentrações para os demais usos.

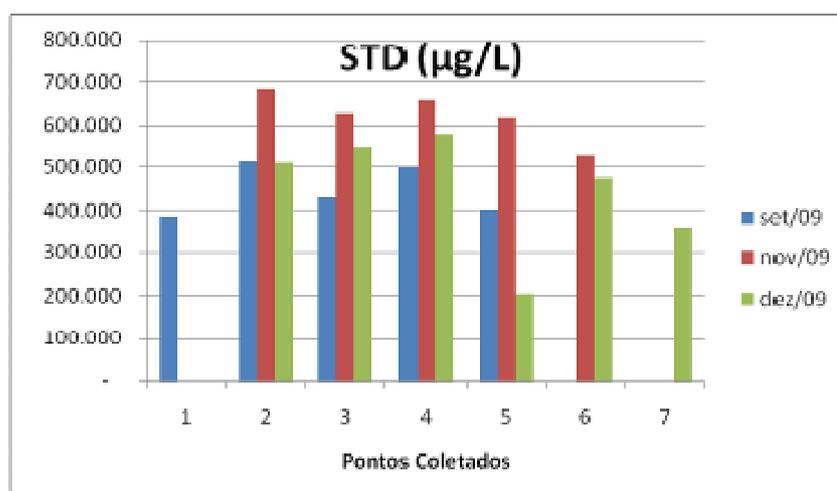


Gráfico 5. Concentração dos sólidos dissolvidos totais (STD).

Algumas propriedades físicas estão apresentadas nas Tabelas 4, 5 e 6. Desperta a atenção a cor das águas, bastante elevadas e também sua turbidez, ambas as características evidenciam a presença de sólidos (dissolvidos e suspensos) nas amostras. Observou-se, *in situ*, a coloração amarelada das águas, provavelmente devido à presença de ácidos húmicos.

Tabela 4. Resultados de Cor e Turbidez.

PONTOS	PARÂMETROS					
	Cor (u.C.)			Turbidez (NTU)		
	set	nov	dez	set	nov	dez
P 01	14,6	-	-	26,6	-	-
P 02	335,1	343,9	386,5	69,2	61,1	42,7
P 03	159,7	829,0	125,5	12,2	73,4	44
P 04	160,4	195,4	153,3	28,8	34	27
P 05	345,6	222,9	63,3	22,5	31,8	135
P 06	-	383,9	332,8	-	31,8	20,4
P 07	-	-	490	-	-	50

A condutividade indica a presença de sais na água. Não obstante, esse é um fato interessante, pois os pontos de coleta estão situados muito próximos ao mar e alguns trabalhos sugerem a ocorrência de intrusão salina na região. Segundo Wilson Rocha (2005) o bombeamento intensivo dos poços vem provocando um rebaixamento da superfície potenciométrica entre 20 e 40m, caracterizando a superexploração dos aquíferos em Maceió e provocando provavelmente a salinização das águas subterrâneas.

Tabela 5. Resultados de pH e Condutividade.

PONTOS	PARÂMETROS					
	pH			Condutividade (mS/cm)		
	set	nov	dez	set	nov	dez
P 01	8,53	-	-	0,467	-	-
P 02	7,91	8,6	8,88	0,937	0,527	0,273
P 03	7,76	7,53	7,86	0,500	0,577	0,335
P 04	8,57	8,00	7,90	0,512	0,534	0,330
P 05	7,83	8,03	12,07	0,509	0,406	0,7
P 06	-	8,63	10,20	-	0,315	0,195
P 07	-	-	8,84	-	-	0,133

A medida de pH é uma das determinações de qualidade da água mais frequentemente executadas. É importante no controle da corrosão e de incrustações, visto que a solubilidade de muitos materiais presentes na água varia com o pH do meio. A maior preocupação com os valores de pH é como eles afetam outras substâncias, incluindo nitrito e amônia (Micronal, s/d).

A temperatura é um importante parâmetro que é influenciado por diversos fatores potencialmente ambientais que o fazem variar constantemente. Ela interfere na absorção de oxigênio na filtração, na precipitação de compostos, na aceleração e retardamento da atividade biológica, etc. Sabe-se que o oxigênio se dissolve nas águas naturais proveniente da atmosfera, devido à diferença de pressão parcial e que a solubilidade de oxigênio varia de acordo com a temperatura: a solubilidade de oxigênio aumenta a baixas temperaturas.

Tabela 6. Resultados das temperaturas do ar e da água.

PONTOS	PARÂMETROS					
	Temperatura do ar (°C)			Temperatura da água (°C)		
	set	nov	dez	set	nov	dez
P 01	30	-	-	29	-	-
P 02	30	29	34	29	30,4	29,9
P 03	30	31	35	29	31	30,9
P 04	30	31	35	29	30,2	32,75
P 05	30	32	34	28	31,5	32,5
P 06	-	31,5	35	-	28,9	30,5
P 07	-	-	34	-	-	30,4

Os exames microbiológicos (tabela 7) apresentam dados que convergem para a limitação dos usos possíveis para as águas de subsolo. Dentre os usos preponderantes, apenas a irrigação não apresenta valores de referências para microrganismos e, por isso, esta é a alternativa mais viável. A presença de seres vivos na água, sobretudo esses analisados, é variável, podendo ocorrer em diferentes momentos. Assim, só seria possível o uso da água para outros fins, que não irrigação,

quando do monitoramento contínuo e, conseqüentemente da intervenção nos períodos de menor qualidade.

Tabela 7. Resultados dos exames microbiológicos.

Exames Microbiológicos						
PONTOS	E. coli (UFC/100 mL)			Coliformes Totais (UFC/100 mL)		
	set	out	nov	set	out	nov
Ponto 01	Ausente	-	-	5	-	-
Ponto 02	2	4	8 x 10 ¹	Ausente	5	18 x 10 ¹
Ponto 03	10	98	55 x 10 ¹	25	325 x 10 ¹	497 x 10 ¹
Ponto 04	Ausente	11	27 x 10 ¹	151	313	96 x 10 ¹
Ponto 05	81	9 x 10 ²	71 x 10 ²	189	487 x 10 ²	132 x 10 ²
Ponto 06	-	3 x 10 ¹	5 x 10 ¹	-	244 x 10 ¹	398 x 10 ¹
Ponto 07	-	-	7 x 10 ¹	-	-	18 x 10 ¹

Para a divisão em classes, a Resolução CONAMA 396/2008 define limites para os parâmetros mínimos especificados, são eles: Sólidos Totais Dissolvidos, Coliformes Termotolerantes e Nitrato. Com os resultados obtidos através das análises foi possível classificar as amostra na classe IV. É importante observar que os resultados de amostragem de água retirada do subsolo, e que vem sendo lançada em outros corpos d'água e galerias de águas pluviais, mostraram que, de acordo com a mesma Resolução, a água pode ser utilizada, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo.

6.2 - Critérios do Zoneamento

Os resultados do zoneamento ainda estão sendo obtidos, por isso ainda são preliminares. Mas já é possível citar alguns exemplos de como e onde poderia estar ocorrendo o reuso das águas provenientes do rebaixamento do lençol freático das obras civis. Na figura 03 é possível observar o ponto 4, local onde está sendo lançadas águas de um rebaixamento cuja vazão estimada é cerca de 90m³/h há pelo menos 18 meses sem data exata de conclusão. Assim, há menos de 500 m encontra-se uma área de convivência, denominada Corredor Vera Arruda (destacado na figura 03), onde há irrigação dos jardins diariamente. Como resultado das análises é possível utilizar essa água para este fim.

No entorno do local de lançamento, Lagoa da Anta, também há um gramado que é irrigado com frequência pela manhã por carros-pipas. Assim, a água que está sendo direcionada para a lagoa poderia estar servindo para a manutenção dessas áreas verdes.



Figura 03. Áreas verdes localizadas próximas a um local de lançamento das águas do rebaixamento.

Outro exemplo, esta relacionado ao ponto 02, observado na figura 04, onde o rebaixamento estava previsto para durar 7 meses, mas já ultrapassou essa espera, e a vazão correspondia a aproximadamente $150\text{m}^3/\text{h}$. A obra se localizava em frente há um dos canteiros centrais mais arborizados da cidade, na rua Antonio Gomes de Barros, onde é necessário uma constante irrigação das árvores lá existentes, como em destaque na imagem abaixo, e as águas estavam sendo desviadas para um córrego que se encontrava há 1Km de distancia da obra.

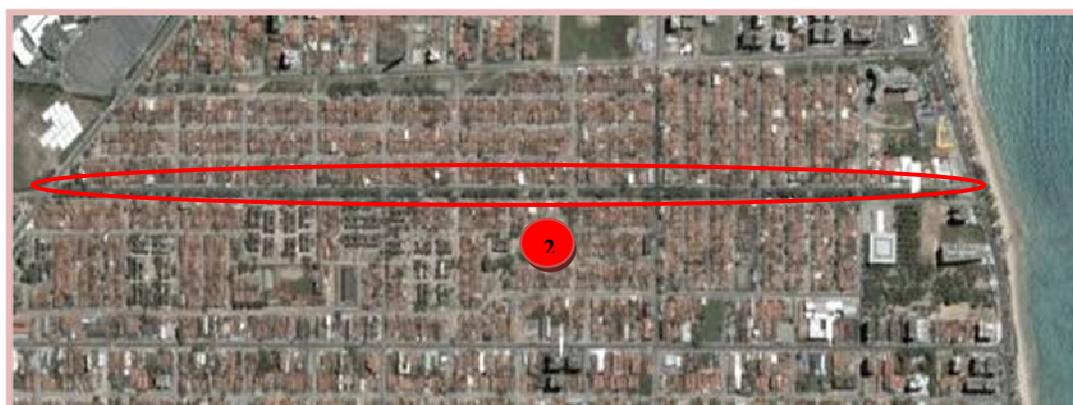


Figura 04. Obra onde que está situada na Avenida Antonio Gomes de Barros.

7 – CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento desse trabalho percebe-se que as águas subterrâneas devem apresentar qualidade compatível com o uso proposto: caso elas não apresentem qualidade

adequada para o consumo humano não significa o seu descarte, e sim a sua utilização para outros fins.

Pois, nas amostras analisadas os níveis elevados de nitratos indicam ainda contaminação por disposição inadequada de dejetos humanos, industriais ou de indústrias alimentícias, além do uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura. Enquanto que, no geral, a água de rebaixamento do lençol freático geralmente apresenta boa qualidade química, podendo ser, portanto, aproveitada em várias situações, como irrigação, refrigeração, caldeiras, diluições, lavagens etc.

Com isso são várias as possibilidades de reuso destas águas no meio urbano, como por exemplo, irrigação de parques, jardins, vegetação de praças, área verde de cemitérios, canteiros centrais de autovias, limpeza de vias públicas, controle de poeira – compactação do solo, em corpo de bombeiros, etc.

O uso de águas de rebaixamento do freático para a irrigação de canteiros em via pública apresenta uma importante alternativa de reuso não potável de água em meio urbano. Um aspecto interessante a ser evidenciado na utilização desta água é a redução de custos por parte dos órgãos gestores municipais, visto que essas águas não possuem uma utilização produtiva e seu uso implica na economia de água potável. Por isso o zoneamento das obras apresenta-se com uma alternativa, pois conhecendo as características das águas nas construções e as peculiaridades do local, é mais fácil remanejá-la e destiná-la para um uso.

É importante destacar que há um número considerável de empreendimento que utilização essa prática distribuída pela cidade. Este aspecto diminui os custos com o transporte da água, uma vez que quase sempre elas estarão próximas a área de utilização.

O aproveitamento dessas águas, além de ser uma ação importante para o uso racional de água, também diminui o impacto causado à drenagem urbana da cidade, como havia em alguns casos em que o lançamento dessas águas era direto nas galerias pluviais.

8 – AGRADECIMENTOS

Aos amigos estagiários Fernando Péricles, Luiz Henrique Vasconcelos e Flávio Bonfim, que foram de inteira disposição para a realização das visitas de campo.

Ao LSA – UFAL (Laboratório de Saneamento Ambiental), que disponibilizou o espaço físico para a realização das análises, a técnica Florilda Vieira e ao bolsista Henrique que sempre nos receberam de forma tão prestativa. Ao Laboratório de Hidráulica e aos relacionados ao projeto ASUB – AL (Geiza Gomes, Abelronaldo Alves, Rafael Oliveira, Leonardo Araújo e Simone) que ajudaram de diversas maneiras na concretização das visitas de campo, seja acompanhando, seja fornecendo o material necessário.

9 - REFERÊNCIAS

ALAGOAS. Lei 5.965, de 10 de novembro de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Alagoas, Maceió, AL, 11 de nov. 1997.

APHA, AWWA, WPCF. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 20th edition. Washington.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Diário Oficial da União, nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, p. 64-68.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Recursos Hídricos (2008) – síntese executiva*. Brasília-DF. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretária de Recursos Hídricos e Ambiente urbano. *Programa Nacional de Águas Subterrâneas*. Brasília-DF. 2009.

CETESB. http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/gesta_reuso.asp. Disponível: 28 de março de 2010 às 21:54.

COSTA, R. H. P. G. Reúso. In: Dirceu D'Alkmin Telles e Regina Helena Pacca Guimarães Costa. (Org.). *Reúso da água: conceitos, teorias e práticas*. São Paulo: Blucher, 2007. p. 93-140.

GRIFITTI, J. J. *et al. Roteiro Metodológico Para o Zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: 1995. 37p.

HESPANHOL, I. & MIERZWA, J. C. *Água na Indústria: Uso racional e reúso*. São Paulo: Oficina de Texto, 2005.

Laboratório São Camilo. <http://saocamilolab.com.br/exames/?indice=N&id=3580>. Disponível: 15 de abril de 2010 às 00:13

LIBÂNIO, M. *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água*. Editora Átomo, 2ª Ed., 444p. 2008.

MICRONAL. Boletim de aplicação: a saúde da água. http://www.micronal.com.br/artigostecnicos/saude_agua.htm. Disponível em 12 de abril as 22:12

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Comentários sobre a Portaria MS n.º 518/2004: subsídios para implementação. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental, Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 92 p. 2005.