

# POTENCIAIS IMPACTOS CAUSADOS POR OBRAS CIVIS EM AQUÍFEROS COSTEIROS: ESTUDO DE CASO

Josuely Cristainy da Silva Souza (josuely@gmail.com)<sup>1</sup>, Jonathan Tenório de Lima<sup>2</sup>  
(jonathantenorio88@gmail.com), José Rafael de Albuquerque Cavalcanti<sup>2</sup>  
(rafaelcavalcantii@gmail.com), Karoline Tenório da Costa (karol.tenorio@hotmail.com)<sup>1</sup>, Maria  
Elisa Leite Costa (mariaelisaleitecosta@gmail.com)<sup>1</sup>, Pedro Paulo Cardoso Tenorio<sup>1</sup>  
(pedro\_tenorio\_656@hotmail.com), Cleuda Custodio Freire<sup>3</sup>(ccf@ctec.ufal.br)

1- Graduando em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas;

2- Graduando em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Alagoas;

3- Professora da Universidade Federal de Alagoas.

## Resumo

O desenvolvimento das cidades está associado a um aumento na procura por água. A utilização das águas subterrâneas pode acontecer de forma direta, como fonte de abastecimento, ou de forma indireta, como é o caso do rebaixamento do lençol freático para a construção de obras civis subterrâneas. A estas atividades estão relacionados potenciais impactos cujas conseqüências podem variar de praticamente insignificantes, mais aplicados quando essas atividades ocorrem isoladamente, a irreversíveis, quando ocorrem de forma conjunta e em regiões costeiras. A cidade de Maceió, localizada no litoral nordeste do Brasil, tem aproximadamente 80% de sua população abastecida por água subterrânea (Nobre, 2006) e uma acentuada especulação imobiliária, especialmente nos bairros localizados próximos à praia. Além disso, o Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió (2007) limita a altura máxima dos edifícios localizados nas regiões próximas ao mar em nove pavimentos, impulsionando a realização de obras civis subterrâneas. Assim sendo, os empreendimentos têm feito uso de construções subterrâneas, com o intuito de aumentar a área construída, sem, no entanto, ferir às normas municipais. Com este trabalho, pretende-se discutir os potenciais impactos dos rebaixamentos do lençol freático na orla maceioense sob o ponto de vista da gestão das águas subterrâneas.

## Abstract

The development of cities is associated with an increased demand for water. The groundwater use may be given in a direct way, as a source of supply, or an indirect, such as lowering the water table for construction of civil works underground. These activities are related to potential impacts whose consequences can vary from almost negligible, most applied when these activities occur in isolation, to irreversible, when they occur in combination and in coastal regions. The city of Maceió, located on the northeast coast of Brazil, has approximately 80% of its population served by

groundwater (Nobre, 2006) and a sharp real estate speculation, especially in neighborhoods located near the beach. Furthermore, the Code of Urban Buildings and the city of Maceió (2007) limits the maximum height of buildings located on regions close to the sea on 9 floors, boosting the execution of civil works groundwater in the lower part of the city. Therefore, the enterprises have made use of underground constructions in order to increase the built area, without, however, hurt the local standards. This paper, therefore, discuss the potential impact of lowering the water table on the edge from Maceió under the terms of the management of groundwater.

### **Palavras-Chave**

Rebaixamento do lençol freático; Gestão de águas subterrâneas

## **1- INTRODUÇÃO**

A gestão dos recursos hídricos, formatada nacionalmente através de dispositivo legal pela Lei 9.433/97, visa compatibilizar o desenvolvimento social com a proteção e/ou preservação dos corpos hídricos, de forma que os impactos negativos sejam mínimos.

O Estado de Alagoas, a quem cabe o domínio e, conseqüentemente, a gestão dos corpos hídricos subterrâneos subjacentes ao seu território, instituiu a Lei 5965/97 que trata da Política Estadual de Recursos Hídricos. Esta Lei visa assegurar o controle do uso da água e sua utilização, em quantidade, qualidade e regime satisfatórios, por seus usuários atuais e futuros e tem como um dos princípios fundamentais o reconhecimento da água como um recurso natural limitado.

Neste sentido a outorga de direito de uso dos recursos hídricos é um dos instrumentos de gestão adotado, devendo ser solicitada pelo usuário sempre que o uso acarrete alterações do regime, da quantidade ou da qualidade da água existente.

Tendo como pressuposto as normas vigentes, os usos dos recursos hídricos subterrâneos de que tratam as legislações não são direcionados apenas para o setor de abastecimento, mas sim para todos aqueles usos que alterem, nas formas especificadas na Lei, as condições dos corpos hídricos.

Atualmente na orla da cidade de Maceió o crescente aumento do uso da água subterrânea está relacionado não só ao abastecimento humano, forma mais comumente encontrada em outras localidades, mas também à realização de obras civis subterrâneas, através do rebaixamento do lençol freático.

Além dos potenciais impactos negativos associados ao rebaixamento do lençol freático, como subsidência do solo ou intrusão salina, essa prática se destaca no aspecto da gestão de recursos

hídricos pela falta de planejamento para reaproveitamento da água retirada e, em alguns casos, pela necessidade da outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

O presente trabalho visa discutir as decorrências da exploração da água subterrânea provenientes da prática do rebaixamento do lençol freático em construções civis na orla maceioense, abordando não só o aspecto estrutural ou patológico da obra nas regiões circunvizinhas, como os recalques e as fissuras, mas dando enfoque principal aos aspectos relacionados à gestão dos recursos hídricos.

## **2- REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

A construção de subsolos de edifícios, barragens, túneis e galerias, ou seja, diversas obras civis requerem escavações abaixo do lençol freático. Quando as escavações das construções atingem o nível do lençol, trazendo como consequência o afloramento das águas subterrâneas, é necessário o rebaixamento da mesma para que o local mantenha-se seco para a execução das obras. Esta ação proporciona melhor condição de serviço durante a construção, evitando, assim, a instabilidade do solo com o umedecimento saturado e o consequente desmoronamento dos taludes das valas.

Gaioto (1980) [1] destaca que o rebaixamento faz com que o nível da água seja reduzido, possibilitando assim a execução das fundações da obra, melhorando as condições de estabilidade de taludes, evitando escorregamento e reduzindo as dimensões da área requerida para a obra, garantindo que o solo no fundo da escavação mantenha sua densidade e características de compactação, pois a presença da água influencia nos valores desses parâmetros, reduzindo os empuxos de terra sobre paredes de escoramento, para que não ocorra desmoronamento no canteiro de obras influenciando na segurança dos operários.

A magnitude, os custos e a definição do tipo de sistema de rebaixamento a ser adotado dependem principalmente: a) da permeabilidade do solo, podendo ser muito variável em regiões próximas; b) da profundidade de escavação; c) da posição natural do lençol freático, regiões localizadas em áreas de descarga requer um estudo mais rico de informações para a retirada da água; d) das condições das obras situadas próximas ao rebaixamento e das suas fundações, para não causar nenhum dano aos vizinhos, podendo vir a ser necessário o uso de técnicas mais adequadas; e) da área e da profundidade da escavação requerida; f) do tempo em que será necessário manter a condição de rebaixamento.

Para realizar tal atividade existem vários tipos de técnicas, dentre elas: rebaixamento com bombeamento direto, com utilização de bombas e o rebaixamento com o uso de ponteiros filtrantes a vácuo.

Dos sistemas de rebaixamento de lençol freático, o mais simples é o de ponteiros filtrantes, observados na Figura 01. Sua utilização ocorre quando o nível d'água é mais raso. A cada bomba de sucção podem ser ligadas até 50 ponteiros. Para rebaixar níveis d'água a profundidades maiores que 6 metros, um novo sistema de ponteiros filtrantes era acoplado, aumentando a capacidade de sucção. O sistema de injetores, mais recente, é útil para poços profundos e sua aplicação é viável apenas quando o volume de água a ser retirado é baixo e por um curto período de tempo. Cada bomba poderá ser empregada, em média, para quatro a dez poços com injetores. Quando essas condições não são atendidas, recorre-se ao sistema de bombas submersas. [2]



**Figura 1 - Detalhe das ponteiros utilizadas para rebaixamento do lençol na construção de um edifício na Ponta Verde.**  
(FONTE: Arquivo pessoal)

Assim, o rebaixamento do lençol freático é uma técnica muito empregada na construção de obras que necessitem de subsolos, podendo reduzir tanto o nível da água ao ponto de que regiões mais distantes do local tenham conseqüências com essa atividade. Essas implicações podem ser caracterizadas como a redução da umidade nos terrenos circunvizinhos, o aparecimento de crateras

nas ruas, ou rachaduras em piscinas ou espelhos d'águas, causados pela diminuição da pressão neutra do sub-solo, além do aparecimento de recalques, dentre outras patologias.

Para qualquer que seja o sistema de rebaixamento utilizado, o mesmo confere uma diminuição das pressões neutras do solo devido à retirada de água e, conseqüentemente, um aumento nas pressões efetivas causando muitas vezes recalques nas estruturas situadas no raio de influência do rebaixamento, recalques estes que acontecem devido à acomodação (adensamento) do solo após a saída de água. Estes recalques tornam-se mais intensos principalmente se tais estruturas estiverem sobre solos do tipo argila mole ou areia fofa.

“Para verificar a existência da possibilidade de recalques, provenientes do rebaixamento do lençol freático, o engenheiro civil geotécnico deve inicialmente conhecer as diferentes camadas, espessuras, distribuição e comportamento dos diversos solos afetados pelo provável ou possível rebaixamento do lençol freático. Estas circunstâncias devem ser consideradas no projeto de rebaixamento do lençol, raras vezes efetuadas pelos responsáveis. A quantidade de água retirada do subsolo e não repostada pelo homem ou pela natureza (infiltração das águas de chuvas) criará um déficit hídrico deprimindo o lençol freático, com aumento da predisposição para o efeito de recalques.” [3]

Para evitar recalques, a realização do projeto de solos e das fundações deve ser precedida de meticulosa investigação geológico-geotécnica da área. "É necessária uma avaliação técnica das condições em que se encontram os imóveis da vizinhança, procurando-se conhecer o histórico da área, em termos de patologias e ocorrências de obras. Simulações dos eventuais efeitos da execução das escavações e fundações também podem contribuir para a escolha da melhor alternativa para o projeto.” [4]

As conseqüências devido ao rebaixamento atingem as áreas circunvizinhas ao terreno em que vai ser construída a fundação da construção, principalmente se forem em áreas litorâneas. Os problemas mais comuns que acontecem devido a tal fato é o aparecimento de trincas nas residências vizinhas e o afundamento dos pisos, devido ao fenômeno de subsidência. Fenômeno este que ocorre devido à compactação de camadas subjacentes porosas, decorrente da extração de águas em quantidade superior à recarga do aquífero. A Tabela 01 apresenta um resumo dos grandes problemas de subsidência em todo mundo provocados pela exploração das águas subterrâneas, como o caso de alguns edifícios na cidade do México gravemente danificados por assentamentos diferenciais. [5]

Tabela 1- Casos de Subsidiência [6]

PAÍS	LOCAL	SUBSIDÊNCIA		DESCIDA DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO (m)	DATA DO ESTUDO
		ASSENTAMENTO MÉDIO (m)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )		
Estados Unidos da América	Vale de S. Joaquim	8,8	13500	90	1972
	Vale de Santa Clara	4,0	650	25	1972
	Houston-Galveston	2,3	12200	100	1974
	Eley-Picacho	1,1	-	30-60	1972
	Las Vegas	0,75	518	30	1972
	Baton Rouge	0,3	648	60	1970
	New Orleans	0,5	-	20	1968
Japão	Savannah	0,1	49	27	1963
	Tóquio	4,6	200	30	1972
	Nagoya	1,5	98	-	1976
México	Cidade do México	8,5	150	20	1964
Taiwan	Taipé	1,35	124	20	1969
Reino Unido	Londres	0,1	-	90	1942
Itália	Veneza	0,14	7	5	1974

Para minimizar tais problemas de trincas e subsidiência o engenheiro geotécnico deve proceder à aplicação de todos os conhecimentos disponíveis de forma que nem as obras deixem de ser realizadas e nem as águas subterrâneas sejam sacrificadas em prol do desenvolvimento. Uma das alternativas para diminuir estes efeitos indesejáveis é a realização da escavação à base de cortinas. Paredes moldadas, ensecadeiras de estacas prancha permitem escavações de reduzida largura em comparação com as áreas de construção, evitando perturbações significativas nos terrenos adjacentes e anulando o movimento da água subterrânea através deles.

As consequências do rebaixamento do lençol freático em relação à subsidiência, recalques, e o ocasionamento de fissuras já são bastante estudadas, mas um ponto o qual ainda não é comentado no estado de Alagoas e também no Brasil é o desperdício das águas subterrâneas com essa atividade, pois milhares de litros de água dos aquíferos estão sendo lançadas, principalmenete na drenagem pluvial, não havendo qualquer aproveitamento da mesma. Assim, mais adiante, serão discutidos os aspectos jurídicos dessa água extraída, para que seja oficializado os responsáveis e que eles sejam obrigados a conseguir um destino mais aceitável e proveitoso para essa água através de uma política de gestão, evitando assim que a extrapolação seja perdida.

### **3- ASPECTOS LEGAIS RELACIONADOS AO USO DA AGUA SUBTERRÂNEA ATRAVÉS DO REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO**

O rebaixamento do lençol freático nas construções civis subterrâneas pode ser considerado um uso da água subterrânea, quando se leva em conta o fato de que a sua prática altera a quantidade da água existente no corpo d'água, conforme institui a lei 5965/97.

Assim sendo, esta atividade deve atender não apenas às legislações que dispõem sobre as técnicas de rebaixamento, tratadas em normas que regulamentam o projeto e execução de fundações, mas também às normas que disciplinam o uso da água subterrânea. A aplicação da gestão envolve a proteção e conservação de mananciais subterrâneos, permitindo o aproveitamento sustentável e garantindo a sustentabilidade desses sistemas.

#### **3.1- Regulamentação do uso da água subterrânea no Estado de Alagoas**

##### *NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações*

A norma brasileira NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações recomenda que seja feita uma avaliação dos efeitos que o rebaixamento pode causar nas áreas vizinhas ao local onde ele será executado. No entanto, não há uma norma geral que regule o uso das diversas técnicas de rebaixamento do nível d'água, nem como aproveitar a água que é retirada do subsolo.

##### *Resolução CONAMA 396/2008*

No Brasil existe a Resolução CONAMA 396, de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Nesta resolução são apresentadas as classificações das águas subterrâneas através de padrões de qualidade estabelecidos. Os padrões adotados são similares àqueles utilizados na classificação de águas superficiais (Resolução CONAMA 357/2005). As águas são divididas em seis classes com parâmetros variados, dos mais exigentes, no caso da classe especial, até águas pouco nobres sem exigência, caso da classe V.

Essa resolução surge como uma ferramenta poderosa para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos no país. Suas disposições implicam em maior vigilância e cobrança pela qualidade das águas, contribuindo para a conservação desses recursos.

##### *Lei 5.965/97-Política Estadual de Recursos Hídricos*

Sendo a água subterrânea de domínio do Estado (Constituição Federal 1988), a Lei que dispõe sobre a gestão dos recursos hídricos em Alagoas é, portanto, o principal arcabouço legal que rege os mananciais subterrâneos. Esta Lei, além de estabelecer a água como um recurso limitado, institui a outorga de direito de uso como um de seus instrumentos.

#### *Decreto Nº. 06 – Regulamenta a outorga*

De acordo com este instrumento legal, a outorga é um ato administrativo, emitido pelo poder outorgante, por prazo determinado e não excedente a trinta e cinco anos. A mesma norma estabelece que são considerados insignificantes e, conseqüentemente, independem de outorga, os usos de recursos hídricos para o atendimento das necessidades básicas, tais como higiene, alimentação e produção de subsistência, em uma unidade residencial uni-familiar, em local onde não haja sistema de abastecimento público.

Ainda é considerado como base quantitativa para outorga de direito de uso de água sobre águas subterrâneas aqueles poços cuja vazão de exploração recomendada seja superior a mil litros por hora. Abaixo desse valor indicado o uso é também considerado insignificante, exceto se a exploração estiver localizada em zona de formação sedimentar que venha a ser considerada como aquífero estratégico.

A disponibilidade hídrica será observada, para a concessão da outorga, tendo como diretriz, além de outros elementos técnicos relevantes, a capacidade de recarga do aquífero fundamentada em estudo hidrogeológico específico, bem como a interferência provocada pelo poço ou poços circunvizinhos.

#### *Minuta de Lei de Águas Subterrâneas - Alagoas*

Uma minuta para normatizar especificamente as águas subterrâneas vem sendo atualmente discutida em Alagoas. Esta proposta reza em um de seus artigos que a implantação ou ampliação de empreendimentos industriais, agropecuários, agroindustriais, aterros sanitários, cemitérios, obras civis subterrâneas ou qualquer outra fonte potencialmente impactante nas águas subterrâneas, que tragam periculosidade e risco à saúde pública e às características de quantidade e qualidade dos aquíferos deverão conter caracterização da hidrogeologia local e regional, assim como medidas de proteção, emergenciais e de recuperação a serem adotados pelo órgão ambiental e pelo órgão gestor de recursos hídricos.

#### 4- ESTUDO DE CASO

A cidade de Maceió está situada na região costeira do estado de Alagoas, com população aproximada de 900 mil habitantes (Figura 2). Há tempos a capital alagoana vem enfrentando problemas com o abastecimento de água. De acordo com NOBRE (2006) Maceió tem hoje cerca de 80% de seu suprimento com origem nos recursos hídricos subterrâneos através de mais de 500 poços profundos. Esses mananciais, entretanto, vêm sofrendo um processo contínuo de degradação e diminuição de suas reservas, decorrente da perfuração não controlada de poços tubulares. [7]

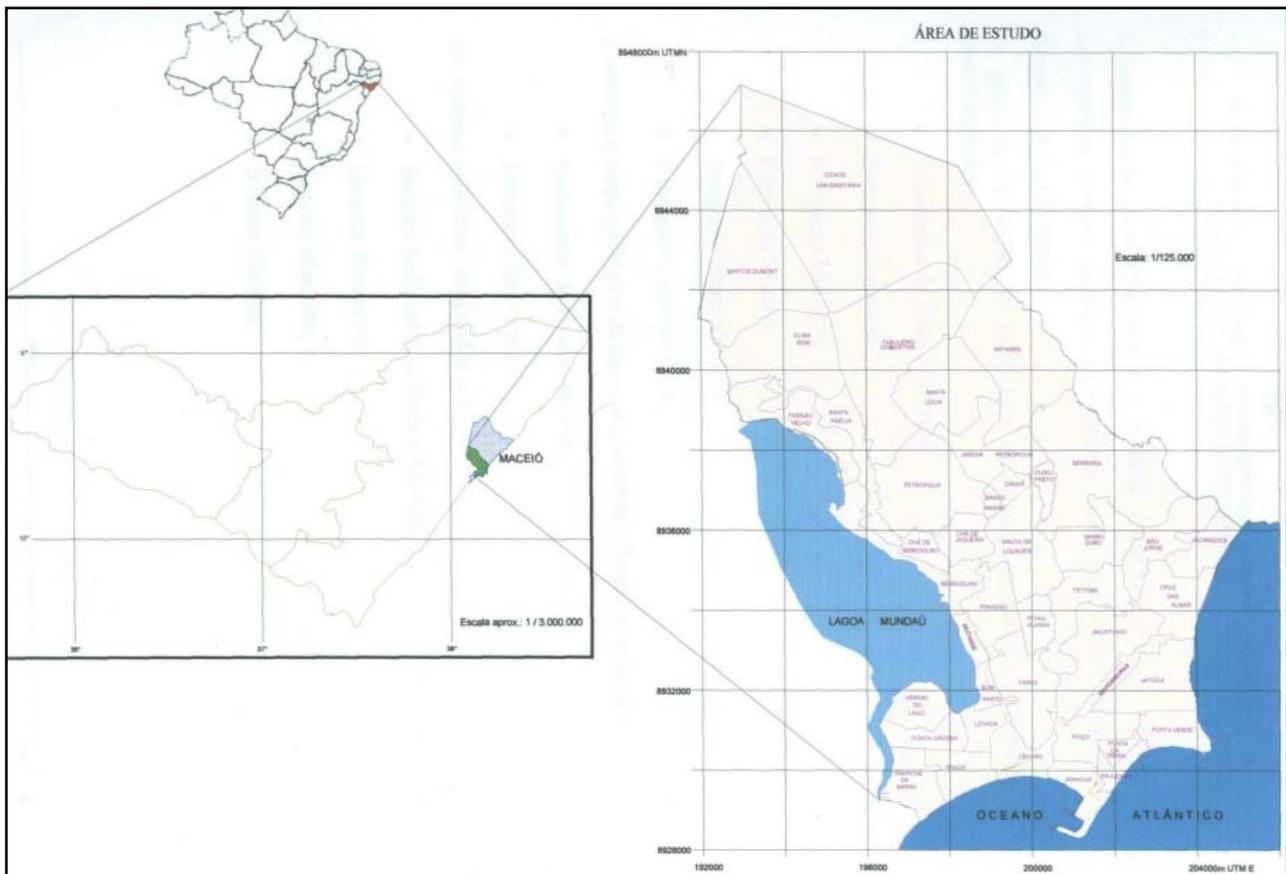


Figura 2- Localização de Maceió. [8]

Com a crescente demanda dos recursos hídricos subterrâneos, crescem também os problemas de abastecimento e contaminação, além do fenômeno da intrusão de água marinha nesses aquíferos. Esse excesso descontrolado de bombeamento pode ser responsável pelo avanço da cunha salina marinha no aquífero. Segundo Ferreira Neto (2008) medidas preventivas são urgentes e emergentes, caso contrário Maceió poderá sofrer um colapso já em 2015. [9]

#### **4.1- Características Hidrogeológicas**

Segundo MARQUES (1997) caracterizou geotecnicamente o subsolo de toda área praieira de Maceió, numa extensão de aproximadamente 20 km. De acordo com o autor, o subsolo é composto por quatro camadas. Inicia com areia fina a média, fofa a medianamente compacta, espessura média de 3 m, seguida de outra camada de areia com textura igual à primeira, às vezes pouco siltosa de média compactidade a muito compacta, e espessura que pode variar de 1 a 10 m. Essa camada pode ocorrer concomitantemente com o calcário arenítico. Sotoposta a esta, aparece uma areia fina siltosa com fragmentos de conchas, eventualmente pouco argilosa, fofa, espessura variável entre 1 a 12 m. A quarta camada, que ocorre em profundidades superiores a 10 m, é constituída de areia fina a grossa, de média compactidade a muito compacta ou arenito. O lençol freático tem profundidade variável entre 1 e 3 m. A cor predominante é o cinza. [10]

Na profundidade média de 25m ocorrem folhelhos cinzas esverdeados calcíferos, pedregulhos médios a grossos, arenitos, siltitos e argilitos. Ainda na Formação Maceió, ocorrem também salgema, gesso, anidrita, e sedimentos grossos e finos, tipo cascalheiros, e calhaus graníticos. Também ocorrem intercalações de folhelhos com petróleo ou gás. Na Formação Ponta Verde tem-se a predominância maciça do folhelho verde acicular. [10]

#### **4.2- A problemática**

A verticalização contínua da cidade de Maceió ocorreu no início da década de 80. Esse crescimento vertical se deu nas regiões praieiras com destaque para o bairro de Ponta Verde (Figura 3), que foi inicialmente o mais especulado pelo setor imobiliário. Porém, em função do Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió (2007), que limita o gabarito dos prédios naquele bairro em aproximadamente 25 metros, e considerando o elevado custo das obras, já que se trata de uma região que, em média, possui o metro quadrado mais valorizado da cidade, as obras civis subterrâneas foram impulsionadas.



**Figura 3 - Bairro de Ponta Verde em Maceió, com destaque para a densidade e altura padronizada dos prédios [11]**

Assim sendo, a maioria dessas obras necessita, ou necessitou, rebaixar o nível da água para realizar as escavações e fundações. Como mencionado previamente existem diversos problemas que podem ser causados na região onde estão sendo erguidas essas novas obras. Além disso, vale ressaltar que a água que é retirada do subsolo raramente é reutilizada, o que pode ser considerado desperdício considerando o contexto atual de escassez desse recurso.

As estacas estavam presentes nas áreas que possuíam camada de areia compacta próxima à cota de arrasamento das mesmas, já que praticamente todos os edifícios eram e, alguns ainda permanecem, sendo projetados com meio subsolo (-1,50m em relação ao nível do meio fio).

Contudo, neste bairro os empreendimentos são considerados, em geral, de alto luxo ocupando áreas com variadas dimensões, incentivando a prática do subsolo duplo na região. O propósito desta alternativa é um melhor aproveitamento da área visível (superficial), não “desperdiçando” este espaço com construções como garagens, que são unidades importantes para os compradores, mas não necessitam *a priori* de boa localização. Esta alternativa decorre em função da particularidade que diferencia a capital alagoana de outras cidades litorâneas, pois se a altura é limitada, optou-se por escavar.

As fundações profundas, solução encontrada para sustentar essas estruturas, aconteceram mais intensamente, no Estado de Alagoas, a partir do desenvolvimento de um novo tipo de estaca denominada de estaca Rotativa-Injetada e o bloco-sapata. Com a utilização do bloco-sapata, transmitindo parte da carga do pilar àquela camada de areia compacta, em profundidade variável entre 2,50 e 3,00 metros do meio-fio, passou-se a ter projetos de fundações profundas extremamente econômicos. [10]

### 4.3 - Obras em Maceio

A prática do rebaixamento do lençol freático não é recente na orla maceioense, em função das condições que estimulam a sua ocorrência, conforme mencionado previamente. Inicialmente se recorreu à execução de meio subsolo na parte subterrânea para a construção de garagens. Desde aquele momento já não havia um planejamento prévio para o reuso e a destinação das águas retiradas, então o lançamento era feito nas ruas, galerias e calçadas, conforme mostra a Figura 4.



Figura 4 - (a) A seta indica onde está o lançamento da água na rua e a sinalização de onde está sendo lançada a água na rede pluvial, enquanto que na figura (b) observa-se a continuidade da trajetória da água até a sarjeta onde está sendo despejada a água. (FONTE: Arquivo pessoal)

Os estudos de caso apresentados a seguir mostram a evolução do problema em destaque em função da execução de subsolo duplo atualmente empregado nas obras civis da orla maceioense.

#### 4.3.1 - Comparação entre dois Empreendimentos

O Empreendimento 01 possui uma área total de 13000 m<sup>2</sup> e o Empreendimento 02, 3100m<sup>2</sup>, conforme mostra a Figura 5, com destaque para a distância entre as duas obras. As semelhanças construtivas provêm do nível econômico investido nos empreendimentos, direcionados às classes mais elevadas, a necessidade do uso do subsolo duplo em ambas e, conseqüentemente, acentuado rebaixamento do lençol freático.



Figura 5 – (a) Vista aérea do empreendimento 01. [12] (b) Vista aérea do empreendimento 02, destacando a distância entre os dois empreendimentos. [11]

Com o aumento do volume de água proveniente do rebaixamento do lençol freático para a construção do subsolo duplo, um problema que já existia passou a ser ainda mais grave: aonde lançar as águas retiradas do solo devido à realização do rebaixamento do lençol freático?

A primeira solução, utilizada pelo empreendimento 01, consistia lançar essas águas diretamente no mar, devido à proximidade (Figura 6). Porém, por apresentar uma coloração avermelhada, devido à presença de alguns elementos químicos em grandes concentrações, as águas do rebaixamento formaram uma mancha na praia da Jatiúca que chamou a atenção de banhistas. A alternativa adotada foi exaustivamente discutida, com grande repercussão na mídia local, e rejeitada.



Figura 6 - Lançamento da água resultante do rebaixamento do lençol freático na praia de jatiúca. [13]

Como forma de solucionar esse problema a Empresa, em acordo com os órgãos locais competentes, adotou como solução o despejo da água na lagoa da Anta, próxima ao local da obra (Figura7). Uma outra opção, empregada anteriormente por outros empreendimentos, seria o lançamento na rede de drenagem pluvial. Porém, a vazão é alta, em função do rebaixamento para a construção do subsolo duplo, e poderia danificar as tubulações da rede, portanto, esta opção foi descartada. Devido a proximidade da obra com a praia, a tubulação foi escavada na própria areia do mar e levada até a lagoa, conforme observado na figura 7.



**Figura 7 – (a) Distância entre o ponto onde está ocorrendo o rebaixamento do lençol e a lagoa onde a água está sendo lançada. [11] (b) Tubulação condutora da água de rebaixamento. (FONTE: Arquivo Pessoal)**

Entretanto, não se conhece o impacto que esse lançamento pode causar na lagoa considerando os aspectos qualitativos e quantitativos. Vale ressaltar o desconforto da população em relação a solução adotada. Na Figura 8 observa-se o ponto de lançamento das águas na lagoa numa vista frontal e superior. Percebe-se o a passagem de pedestres que caminham pela pista bem acima do local de lançamento.



**Figura 8 - Ponto de lançamento da água de rebaixamento do lençol freático na lagoa. (FONTE: Arquivo pessoal)**

Embora a área do Empreendimento 02 seja menor que a do Empreendimento 01, a vazão de lançamento chega a ser cerca de três vezes maior. Isto se justifica pelas características hidrogeológicas diferenciadas entre os dois locais, especialmente no que diz respeito ao coeficiente de condutividade hidráulica. Assim, devido a grande quantidade de água a ser despejada, foi implantado pela Empresa em acordo com os órgãos municipais competentes, um plano de desvio dessas águas do local de origem a um córrego localizado a 1,1km do local, conforme pode ser observado nas Figuras 9 e 10.



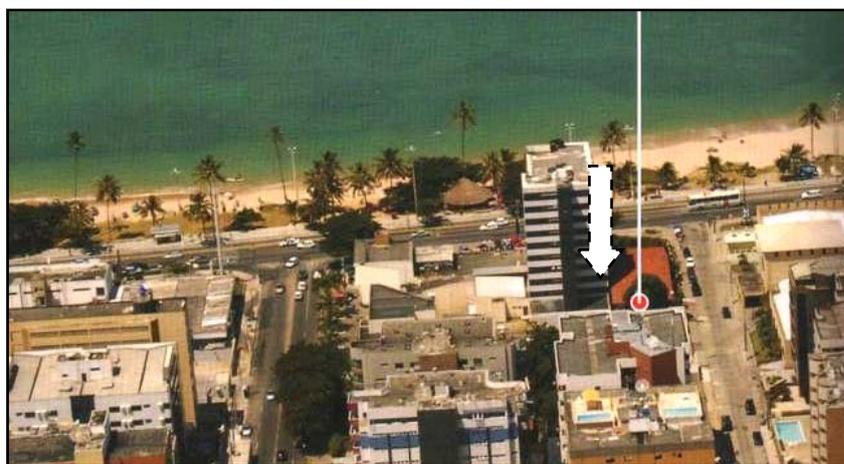
**Figura 9 - Local da passagem da tubulação ainda visível no asfalto da avenida antes do riacho. (FONTE: Arquivo pessoal)**



**Figura 10 – (a) Águas provenientes do rebaixamento do lençol lançadas no Riacho do Sapo. (b) Detalhe do lançamento.**  
(FONTE: Arquivo pessoal)

## 5.2- Empreendimento 03

Na apresentação dessa obra, localizada na primeira quadra após a beira-mar (Figura 11), é anunciada a possibilidade de aquisição de apartamentos com 2, 3 ou 4 vagas de garagens. Destaca-se, mais uma vez, a necessidade de subsolo duplo para atender às condições do projeto e o rebaixamento do lençol freático, que se encontra próximo à superfície, consequentemente.



**Figura 11 - Localização do edifício: na primeira quadra depois da praia [14]**

Durante o rebaixamento foi instalado um sistema de coleta que acumulava toda a água em uma caixa d'água com ligação subterrânea direto à rede pluvial sendo possível visualizar a água sendo despejada através da sarjeta, conforme pode ser observado na Figura 12.



**Figura 12 - Coleta e lançamento da água subterrânea proveniente de rebaixamento de aquífero (FONTE: Arquivo pessoal)**

Já no fim do mês de março de 2009, algumas construtoras foram notificadas por continuarem lançando as águas extraídas do freático em galeria pluvial, o que já havia sido proibido. Na figura 12, mostra o flagra de empresas que ainda continuam praticando essa atividade.

## **5- CONCLUSÕES**

Temas relativos à proteção e uso de água subterrânea são pouco discutidos nas legislações brasileiras. As questões de gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos subterrâneos não são tratados com todas as peculiaridades que o tema merece.

Em Alagoas, as legislações em vigor não definem claramente qual destino deve ser dado para as águas provenientes do rebaixamento do lençol freático. Há, porém, em tramitação uma minuta de lei específica para as águas subterrâneas que contempla o tema, ainda que de forma discreta.

Contudo, a Lei Estadual 5965 que trata da Política Estadual de Recursos Hídricos, destina-se aos corpos d'água superficiais e subterrâneos e os instrumentos intituídos pela mesma devem ser aplicados nos casos nela previstos. A outorga de direito de uso da água, instrumento da Lei 5965 e regulamentado pelo Decreto N°. 6/2001, deve ser solicitada sempre que o uso cause alteração no

regime, na quantidade ou na qualidade da água existente no corpo de água. Ainda, de acordo com o aludido Decreto, as extrações de água subterrânea cuja vazão de exploração recomendada não exceda mil litros por hora necessitam de outorga. Além do já exposto a disponibilidade hídrica para exploração será avaliada em função das características hidrológicas ou hidrogeológicas da bacia superficial ou subterrânea onde incida a outorga.

Em janeiro de 2009, o Ministério Público Federal em Alagoas (MPF/AL) recomendou que quando houver autorização para rebaixamento do lençol freático, deve-se exigir que o projeto preveja uma destinação específica para as águas oriundas do mesmo. Até aquele momento, as águas resultantes do rebaixamento do lençol freático para construção civil eram lançadas na rede de esgoto e galerias de águas pluviais.

As águas subterrâneas em geral apresentam melhor qualidade que as águas superficiais devido a sua natureza, pois estas são mais expostas e, assim, facilmente degradáveis. Por outro lado, o uso da água está associado a sua qualidade, sendo necessário que obedeça a uma série de padrões de qualidade em cada um deles, sobretudo, o consumo humano, que exige altos padrões de qualidade.

As águas subterrâneas extraídas em decorrência das obras civis subterrâneas podem ser consideradas um uso da água devendo obedecer às legislações vigentes no Estado.

Com a inovação do subsolo duplo, os problemas ficaram mais visíveis e algumas questões vieram à tona: a) Não há possibilidade de reuso das águas retiradas para fins compatíveis com a sua qualidade? b) Antes da retirada da água, não se faz necessário um planejamento e projeto prévio de local para o lançamento, com estudos baseados nos impactos do agente receptor? c) Está sendo verificada a necessidade de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, uma vez que a exploração a ser realizada bem como o lançamento em corpo hídrico podem estar fora das condições que caracterizam o uso como isento de outorga?

Desde que o uso seja passível de outorga perante a lei vigente é necessário que se tenha autorização, tipo de outorga emitida atualmente pelo órgão gestor alagoano, a idéia é que os usuários que exploram a água para rebaixamento do lençol freático a solicitem para que sejam analisadas as condições dos corpos de extração e lançamento dessas águas, além de um plano de reaproveitamento da água retirada, caso isso se mostre possível.

## **5- AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Abel Galindo Marques (CTEC/UFAL) pelos conhecimentos transmitidos para melhor apresentação do problema e aos colegas estagiários, Luiz Henrique Vasconcelos e Fernando Péricles, que foram de inteira disposição para a realização das visitas de campo.

## 6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Marangon, M. Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra. Pg 90.
- [2] Faria, Renato. Revista Tecnhe. Artigo: Rebaixamento seguro. Edição 119. Pg 48-51. Fevereiro de 2007.
- [3] Lozano, M. H. Recalques por rebaixamento do lençol freático. Disponível em: <> <http://www.forumdaconstrucao.com.br> <>. Acessado em: 8 de Abril de 2009.
- [4] Medeiros, H. Revista Techne. Artigo: Recalques Indesejáveis. Edição 130. Pg 36-37. Outubro de 2008.
- [5] Medeiros, A. L. C. Universidade Nova de Lisboa. Rebaixamentos do Nível Aquífero em Obras de Engenharia.
- [6] Domenico, P.A., F.W. Schwartz, F.W. 1997. Physical and Chemical Hydrogeology, 2ª edição, John Wiley & Sons.
- [7] Nobre, R. C. M. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Avaliação de risco para o uso e proteção de aquíferos. Estudo de caso: região metropolitana de Maceió. Pg 129.
- [8] SEMARHN - Secretaria Executiva do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais – Convênio ANA/SEMARHN – Maceió – Alagoas- Gerenciamento Integrado dos recursos Hídricos Subterrâneos do Estado de Alagoas – Etapa III – 2004.
- [9] Neto, José Vicente Ferreira. Disponível em: <> <http://www.ufal.edu.br/ufal/noticias/2008/12/maceio-corre-risco-de-sofrer-colapso-no-abastecimento-de-agua/> <> Acessado em: 1 de Abril de 2009.
- [10] Marques, A. G., Marques J. A. F., Prática De Fundações No Estado De Alagoas (2005).
- [11] Skyscraper. Skyscraper Group Inc. Disponível em: <> <http://www.skyscraper.com>>. São Francisco, EUA. Acessado em: 8 de Abril de 2009.
- [12] Google. Google Earth. Disponível em: <> <http://earth.google.com.br/intl/pt-BR/>>. Maceió, Brasil. Acessado em: 18 de Março de 2009.
- [13] ID5 Soluções WEB. Alagoas 24 horas. Disponível em: <> <http://www.alagoas24horas.com.br/>. Maceió, Brasil. Acessado em: 19 de Março de 2009.
- [14] ID5 Soluções WEB. Marroquim Engenharia. Disponível em; <> <http://www.marroquim.com.br/>. Maceió, Brasil. Acessado em: 20 de Março de 2009.