

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM AMBIENTES URBANOS – O CASO DA CIDADE DE NATAL/ RN

José Geraldo de Melo¹

RESUMO

O grande incremento populacional urbano no decorrer do século XX, principalmente nos países em desenvolvimento, tem resultado em problemas de natureza diversa, especificamente no que diz respeito ao suprimento hídrico das populações com água potável. As cidades não estão adequadamente dimensionadas em termos de suprimento d'água e saneamento para comportarem as populações adicionadas. Com efeito, os recursos hídricos em muitos casos tornam-se insuficientes para o atendimento às demandas elevadas e os sistemas de saneamento com disposição local de efluentes contribuem de forma cada vez mais acentuada para a contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Nesse contexto, é discutido a influência da ocupação e impermeabilização do terreno nos componentes principais do ciclo hidrológico: escoamento superficial, evapotranspiração e infiltração. Também, a influência da recarga urbana no balanço hídrico geral. Esta recarga, é produzida pelo descargas de efluentes domésticos, vazamentos nas tubulações de suprimento d'água e nas tubulações de rede de esgotos, infiltração dos excedentes d'água de irrigação de áreas de lazer e outras áreas públicas. Em conclusão, é apresentado o exemplo da cidade de Natal, onde a recarga natural pelas precipitações pluviométricas tem sido afetada de forma bastante acentuada com a criação de novos mecanismos de recarga, com efeitos adversos sobre os recursos hídricos subterrâneos.

INTRODUÇÃO

Mundialmente, nas últimas décadas do século XX verificou-se em grande escala a migração de populações rurais para os domínios urbanos, onde as condições de vida se apresentaram mais atrativas, principalmente nos países em desenvolvimento, Em conseqüência, ocorreu em muitos casos, a super - povoação de cidades. Estima-se que atualmente cerca de 50% da população mundial esteja distribuída em centros urbanos. O grande incremento populacional tem resultado em demandas d'água muito elevadas, pondo em questão o abastecimento atual e futuro das populações com água potável, haja vista que nestas situações os recursos hídricos explotáveis já são ou podem se tornar insuficientes para o atendimento às necessidades sempre crescentes.

A preocupação mundial em torno do abastecimento de centros urbanos teve início ainda na década de 90. No Brasil já em 1996 foi realizado um Workshop Internacional na cidade de Belo Horizonte/ MG, sob tema “Água potável para grandes metrópolis – Estratégia para o próximo século”, onde foi discutido o futuro do abastecimento de 7 cidades,

1) Professor do Departamento de Geologia e do Mestrado em Geociências da UFRN. E-mail: jgmelo@ufrnet.br

inclusive a cidade de Natal (Melo e Queiroz, 1996). Em Setembro de 1997, no XXVII congresso da Associação Internacional de Hidrogeólogos, na Inglaterra, foi focado o tema “Água subterrânea em Ambiente urbano”.

O abastecimento d'água das cidades em muitos casos é feito total ou parcialmente por águas subterrâneas situadas sob os seus domínios urbanos. Os recursos d'água subterrâneas e também os superficiais podem ser bastante afetados pelo desenvolvimento das atividades urbanas, quais sejam: o processo de impermeabilização do terreno com obras de engenharia, tais como edificações e pavimentações; o sistema de saneamento com disposição local de efluentes e a drenagem de águas pluviais. No caso em que o manancial captado é do tipo livre, os impactos ambientais são mais elevados, haja vista a elevada vulnerabilidade deste tipo aquífero de ser afetado por atividades contaminantes. No caso de aquíferos semi confinados os riscos também existem, notadamente, quando a camada semi – confinante é de pequena espessura e de condutividade hidráulica elevada.

Em países desenvolvidos, geralmente, a estrutura urbana é planejada e adequadamente dimensionada, de forma que os componentes da urbanização são implantados ou ampliados com uma maior atenção quanto aos possíveis impactos ambientais. Nos países em desenvolvimento, tal como ocorre na América Latina e Ásia, esses elementos são instalados com atrasos, um com relação ao outro, sem uma visão adequada do crescimento urbano e das demandas hídricas, gerando com isto conflitos e problemas com os recursos hídricos, quais sejam: **Super exploração de aquíferos**, com riscos de colapso dos sistemas públicos de abastecimento, intrusão de água do mar no caso de aquíferos costeiros e contaminação e ou salinização das águas subterrâneas, no caso de aquíferos semiconfinados, onde existem aquíferos superiores contaminados; **Contaminação das águas subterrâneas**, em grande parte atribuída ao sistema de disposição local de efluentes, mediante o uso de fossas e sumidouros.

Os efeitos integrados da urbanização serão discutidos e avaliados, com a apresentação de resultados obtidos para a cidade de Natal. São apresentados dados físicos que dizem respeito a importância das águas subterrâneas, estrutura hidrogeológica, contaminação, potencialidades e uso das águas, seguido de informações sobre os principais parâmetros da urbanização e de estimativas da recarga urbana. Ao final são apresentadas conclusões e recomendações visando a adoção de medidas que levem ao gerenciamento, proteção e uso adequado das águas subterrâneas.

IMPERMEABILIZAÇÃO DO TERRENO

A ocupação do terreno com obras de engenharia, tais como edificações e pavimentações, resulta na impermeabilização do solo. As situações de maior efeito são em geral as áreas residenciais de elevada densidade urbana. As pavimentações de maior destaque, incluem rodovias, estacionamentos, pátios industriais e avaral de aeroportos. Desde que a superfície do terreno é impermeabilizada, os escoamentos superficiais aumentam provocando em muitos casos escoamentos torrenciais e alagamentos, afetando desta feita a infra-estrutura urbana e causando transtornos à população. A área de recarga do aquífero é reduzida, e, assim sendo, a taxa de infiltração d'água proveniente das chuvas também diminui. Com relação a evapotranspiração, tem-se verificado que a mesma também tende a diminuir (Foster, 1999). A infiltração em ambientes urbanos, frequentemente ocorre em torno das margens das áreas pavimentadas ou no interior das superfícies pavimentadas com baixo a moderado grau de

impermeabilização, como é caso de superfícies com tijolo, brita e asfalto poroso. Há referências de superfícies em ambientes urbanos não pavimentadas, porém, muito compactadas, que tem a sua capacidade de infiltração reduzida.

Assim sendo, o processo de impermeabilização do terreno provoca mudanças nos componentes principais do ciclo hidrológico, afetando por conseguinte o balanço hídrico.

SUPRIMENTO DE ÁGUA

É o recurso básico para o desenvolvimento de uma cidade e qualidade de vida de uma população.

As tubulações de suprimento d'água estão em sua maior parte pressurizadas, e, assim sendo, são bastante propensas a vazamentos (Fig.1.a). Estes, em solos permeáveis constituídos predominantemente de areias, não se manifestam na superfície do terreno ou seja se infiltram no mesmo e vão em direção as águas subterrâneas, constituindo-se em muitos casos numa importante fonte de recarga para as mesmas. No caso de aquíferos freáticos com nível d'água pouco profundo verifica-se em geral uma elevação no nível das águas podendo aflorar à superfície do terreno, com o conseguinte escoamento superficial. No primeiro caso, as perdas d'água são difíceis de serem detectadas e muito menos avaliadas. Estimativas tem sido feitas pelas companhias de água baseadas em testes noturnos, comparando o volume d'água distribuído à população com que é efetivamente consumido. Os vazamentos nas tubulações são em média da ordem de 30% do suprimento (Simmers, 1997), havendo referências de casos de vazamentos de 45%, e, casos extremos, de até 65%. Os vazamentos nas tubulações de suprimento constituem uma importante parcela da recarga urbana, tendo sido referido, em média, como equivalente a 30% desta recarga.

SANEAMENTO

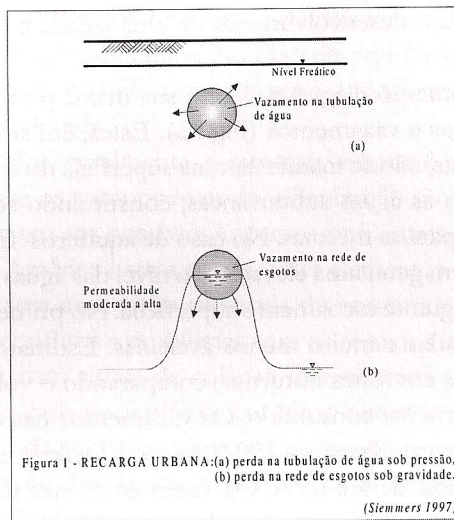
O suprimento hídrico de uma cidade com água potável sempre tem influência positiva na melhoria da saúde e qualidade de vida da população que as habita. Por outro lado, os efluentes gerados após o uso dessas águas constituem muitas vezes uma ameaça a saúde humana por conterem matéria orgânica e matéria fecal. Estes efluentes, por conseguinte, requerem tratamento e disposição final adequados para o controle de vetores transmissores de doenças e preservação do meio ambiente.

São identificados dois sistemas principais de saneamento: o saneamento com disposição local dos efluentes domésticos mediante o uso de fossas e sumidouros e os sistema de saneamento com rede de esgotos. Em cidades de nações em desenvolvimento, em geral, apenas uma parcela dos domínios urbanos dispõe de rede de esgotos.

O uso 'consumptivo' de água para fins domésticos é de no máximo 10% do suprimento. Assim sendo, mais de 90% do suprimento d'água fornecido vai terminar como recarga das águas subterrâneas. Estes efluentes, por conseguinte, vão contribuir para a contaminação das águas subterrâneas por micro-organismos patogênicos e produtos da biodegradação dos excrementos humanos, como são os nitratos. Outros contaminantes podem estar associados ao nitrato, como é o caso de hidrocarbonetos, orgânicos sintéticos e metais pesados, os quais não serão considerados no âmbito deste trabalho.

No caso de aquíferos livres pouco profundos, se não há retiradas excessivas, a recarga proveniente dos efluentes domésticos certamente elevará o nível d'água subterrânea, podendo, inclusive, aflorar à superfície e afetar a infra-estrutura urbana e qualidade das águas superficiais.

As tubulações de esgotos, embora não estejam sob pressão, podem sofrer vazamentos como resultado da deterioração de juntas e ao redor de estruturas, sob ação gravitacional conforme apresentado na Fig. 1.b. Estima-se taxas de vazamento média de até 5% do fluxo bruto (Foster, 1999). Estes vazamentos por sua vez podem contaminar tanto as águas subterrâneas como superficiais.



DRENAGEM URBANA

Neste contexto duas situações podem ser avaliadas: se existe dispositivo de drenagem ou se não existe dispositivo de drenagem. No primeiro caso, é possível que ocorra uma das seguintes possibilidades: os escoamentos vão infiltrar nas áreas passíveis de infiltração (terrenos arenosos); os escoamentos vão se acumular nas depressões ou ainda podem escoar em direção a rios e riachos, nesta situação com riscos de contaminação dos mesmos. No segundo caso ou seja se existe dispositivo de drenagem, as águas dos escoamentos superficiais vão ser descarregadas para os canais superficiais ou para o mar ou serão descarregadas em bacias de infiltração.

A drenagem pluvial para bacias de infiltração pode se constituir numa importante fonte de recarga para as águas subterrâneas. Um estudo feito em New York, Estados Unidos (Ku, 1992), apresentou os seguintes resultados para uma área com taxa de impermeabilização de 20 a 30%: Aumento de 12% na recarga e 1,5 m de elevação do nível d'água considerando a drenagem para bacias de recarga e redução de 10% na recarga e 0,9 m de queda do nível d'água admitindo a drenagem para o mar.

IRRIGAÇÃO DE ÁREAS DE LASER E OUTRAS ÁREAS PÚBLICAS

Esta é um tipo de atividade bastante comum em regiões semi-áridas. A irrigação de parques, jardins e outras dependências públicas pode se constituir numa fonte de recarga

urbana, cuja importância é função da volume d'água utilizado, estrutura hidrogeológica do terreno e método de irrigação utilizado.

AVALIAÇÃO GLOBAL DA URBANIZAÇÃO

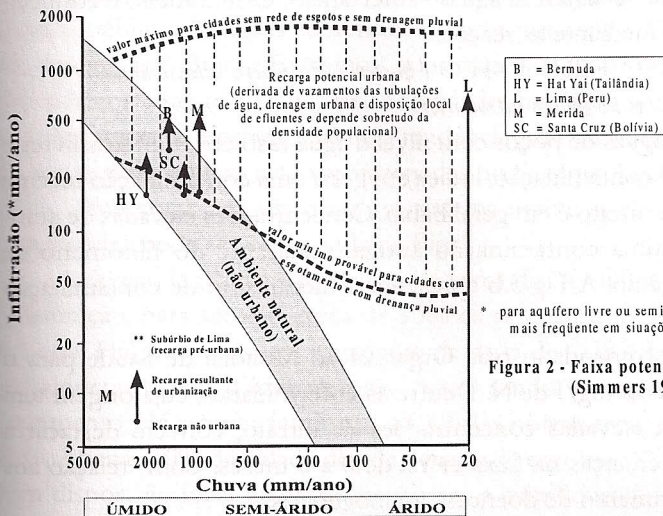
A análise conjunta dos vários elementos envolvidos no processo de urbanização de uma cidade permitem as seguintes considerações no que diz respeito aos recursos hídricos subterrâneos e superficiais:

A urbanização modifica os mecanismos naturais de recarga existentes e cria novos mecanismos; A recarga urbana é constituída fundamentalmente pelos vazamentos nas tubulações de suprimento d'água e descargas de efluentes de fossas e sumidouros, reconhecendo-se ainda que a drenagem pluvial para bacias de infiltração pode se constituir numa importante fonte de recarga para as águas subterrâneas;

As descargas de fossas e sumidouros é a principal fonte de contaminação das águas subterrâneas;

O aumento acentuado das demandas hídricas pode levar à captação do aquífero à níveis superiores as suas reservas explotáveis, e, assim sendo, provocar abaixamentos acentuados do nível potenciométrico o que pode levar sistemas públicos de abastecimento ao colapso. No caso de aquíferos costeiros, convém ressaltar os riscos de inversão do fluxo subterrâneo e o consequente risco de salinização das águas do aquífero pela intrusão de água do mar. A super exploração de aquíferos pode levar também à contaminação de aquíferos semi – confinados pela drenança vertical descendente de aquíferos superiores contaminados ou salinizados, através do aquíard. Isto, pode ocorrer com mais facilidade nas situações onde a camada semi confinante é de pequena espessura e de elevada condutividade hidráulica.

A faixa potencial de aumento na recarga devido a urbanização pode ser visualizada na Fig.2, para condições de clima úmido, semi – árido e arido. As recargas urbanas mais elevadas ocorrem em cidades sem rede de esgotos e sem tubulações de drenagem. Enquanto que os valores mínimos prováveis correspondem à cidades com rede de esgotos e com tubulações de drenagem (para rios ou para o mar). A referida figura também apresenta uma faixa de variação das taxas de infiltração no caso de ambientes naturais ou não urbanos.



* para aquífero livre ou semi-confinado reconhecendo que o escoamento superficial torna-se mais frequente em situações de chuvas elevadas, sem fazer qualquer referência para a evapotranspiração do freático.

Figura 2 - Faixa potencial de aumento da recarga devido à urbanização (Simmers 1997).

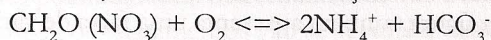
SISTEMA DE SANEAMENTO COM DISPOSIÇÃO LOCAL DE EFLUENTES

A matéria fecal contém microorganismos patogênicos representados por ovos de helmintos, protozoários e por bactérias e vírus. Durante o processo de penetração dos efluentes no terreno esses microorganismos são eliminados total ou parcialmente pelos fenômenos de filtração e adsorção. A eficácia desta purificação, depende fundamentalmente das características do meio poroso insaturado com relação a sua litologia e profundidade das águas subterrâneas.

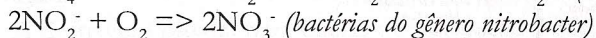
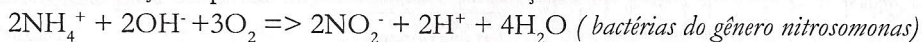
Os helmintos e protozoários são de dimensões relativamente grandes (superior a 25 micros), sendo facilmente filtrados através do solo e geralmente não oferecem riscos para as águas subterrâneas.

As bactérias e vírus por serem muito pequenos podem ser transportados, através da percolação dos efluentes, desde os sistemas sanitários locais até as águas subterrâneas, contaminando-as e pondo em risco a saúde da população que as consume. Isto, entretanto, só ocorre em função da vulnerabilidade do sistema aquífero no qual prevaleçam condições de terrenos predominantemente arenosos e nível d'água raso (Fig. 3.a). No caso de terrenos argilosos e nível d'água profundo o tempo de permanência dos efluentes na zona não saturada é muito maior, propiciando desta feita as ações efetivas de eliminação dos contaminantes. Tem-se verificado que em geral o risco de contaminação de origem fecal sobre as águas subterrâneas é mínimo quando a espessura dos substratos não saturados abaixo da base das fossas é superior a 2 m ou quando as cargas hidráulicas que provêm destes sistemas de deposição local de efluentes não excedam 30 mm/dia e as partículas do solo são inferiores a 1mm (Lewis et al, 1998). Ver Fig 3.b. Os efeitos nocivos à saúde relacionados a ingestão de águas contaminadas por microorganismos patogênicos é a contração de doenças como cólera, febre tifóide, diarreia e enfermidades infecciosas.

A matéria orgânica existente nos esgotos produzem o amoníaco ou o íon amônio através do processo de decomposição da matéria orgânica e mediante a participação de bactérias especializadas, de acordo com a reação:



O composto liberado é em seguida oxidado biologicamente por bactérias para formar nitritos e posteriormente nitratos que chegam às águas subterrâneas. O fenômeno é conhecido como nitrificação e processa-se mediante as reações:



A presença do amoníaco nas águas de poços com nível d'água raso em aquíferos livres e situados nas imediações da fonte de contaminação, indica em geral uma contaminação recente (Fig. 3.a). Nestas situação, o teor de nitrato é em geral baixo. Concentrações elevadas de amoníaco pode também representar uma contaminação antiga, resultante do fenômeno de desnitrificação na ausência de oxigênio. A Fig 3.b apresenta o mecanismo de contaminação das águas subterrâneas por nitrato.

O teor máximo de nitrato recomendado pela Organização Mundial de Saúde para o consumo humano é de 45 mg/l ou 10 mg/l de N. Dentre as enfermidades, cuja origem tem relação com as águas que contém elevadas concentrações de nitrato, convém destacar a metahemoglobinemia que afeta as crianças na faixa etária de 0 a 6 meses. Com relação aos adultos, existe o risco de desenvolvimento de doenças carcinogênicas.

