

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DRASTIC NA ANÁLISE DE VULNERABILIDADE NATURAL DO COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM – FORTALEZA/CEARÁ

Edenise M. Puerari¹; Celme Tórres Costa²; Marco Aurélio Holanda de Castro³

RESUMO

O estudo de vulnerabilidade de aquíferos é definido sobre vários aspectos, no geral, este estudo está relacionado com a susceptibilidade que um sistema aquífero tem de vir a ser degradado por atividades antrópicas, o que implica na maior ou menor probabilidade de alteração negativa da qualidade da água em consequência das atividades humanas, de forma que seja possível determinar a sensibilidade de um aquífero a um contaminante externo. O objetivo deste trabalho é analisar o risco potencial existente na área do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, devido as grandes mudanças que irão ocorrer no local com a implantação do mesmo. Nesta análise de risco, a avaliação da vulnerabilidade do aquífero será baseada na suscetibilidade da área à contaminação, ou seja, como o sistema aquífero irá se comportar mediante a ocorrência de uma contaminação. Será utilizado o método DRASTIC para a avaliação do risco potencial. Este método considera e atribui valores a sete parâmetros: profundidade do lençol freático (D), recarga do aquífero (R), litologia do aquífero (A), tipo de solo (S), topografia da área (T), impacto da zona não saturada (I) e permeabilidade do aquífero (C).

PALAVRAS-CHAVE

vulnerabilidade, água subterrânea, índice DRASTIC.

INTRODUÇÃO

O Porto do Pecém (Complexo Industrial e Portuário Governador Mário Covas), está situado no município de São Gonçalo do Amarante a aproximadamente 40 km a oeste de Fortaleza. Situa-se na porção norte do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Trairi, Paraipaba, Caucaia, Paracuru, São Luís do Curu e Pentecoste e é banhado pelo oceano Atlântico. Compreende uma área irregular de 782 km² localizada nas cartas topográficas de São Luís do Curu (SA 24-Y-D-VI) e Fortaleza (SA 24-Z-C-IV).

1) Geóloga; Doutoranda em Engenharia Civil/Recursos Hídricos; Universidade Federal do Ceará – UFC; Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental; Bloco 713; Campus do Pici; CEP. 60.451-970; Fortaleza; CE; Brasil; Telefone (85) 288.9589; Fax (85) 288.9589; ede.anp@ufc.br

2) Engenheira Civil; Doutoranda em Engenharia Civil/Recursos Hídricos; Universidade Federal do Ceará – UFC; Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental; Bloco 713; Campus do Pici; CEP. 60.451-970; Fortaleza; CE; Brasil; Telefone (85) 288.9589; Fax (85) 288.9589; celmeanp@ufc.br

3) Prof. Dr. Universidade Federal do Ceará – UFC; Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental; Bloco 713; Campus do Pici; CEP. 60.451-970; Fortaleza; CE; Brasil; Telefone (85) 288.9623; marco@ufc.br

O atual contexto de crescimento da região, em virtude da construção do Porto do Pecém e da implantação de outras unidades reestruturantes tais como o pólo metal mecânico, indústria siderúrgica, pólo petroquímico, refinaria de petróleo, estocagem de derivados de petróleo e de gás natural, dentre outros, certamente impulsionarão a expansão urbana da área e, conseqüentemente, a ação antrópica tende a crescer, acelerando os processos de potencial poluidor dos recursos hídricos e de degradação do meio ambiente.

O objetivo deste trabalho é analisar o risco potencial existente na área do complexo portuário do Pecém, devido as grandes mudanças que irão ocorrer no local com a implantação do mesmo. Nesta análise de risco, a avaliação da vulnerabilidade do aquífero será baseada na suscetibilidade da área à contaminação, ou seja, como o sistema aquífero irá se comportar mediante a ocorrência de uma contaminação por derivados de petróleo e seus derivados.

Será utilizado o método **DRASTIC** para a avaliação do risco potencial. Este método considera e atribui valores a sete parâmetros: profundidade do lençol freático (**D**), recarga do aquífero (**R**), litologia do aquífero (**A**), tipo de solo (**S**), topografia da área (**T**), impacto da zona não saturada (**I**) e permeabilidade do aquífero (**C**).

RECURSOS HÍDRICOS

Nas duas últimas décadas tem-se acentuado o desenvolvimento da exploração de águas subterrâneas no Brasil. Estima-se hoje a existência de milhares poços tubulares ativos e poços rasos, escavados, que fornecem água para os diversos fins, sobretudo para abastecimento urbano. Centenas de núcleos urbanos de porte variado são hoje abastecidos exclusivamente por água subterrânea, e numerosos pólos agro-industriais e agro-pecuários têm a água subterrânea como manancial prioritário para atendimento da demanda de água.

A crescente utilização dos recursos hídricos subterrâneos tende a aumentar nos próximos anos, tanto pelas necessidades decorrentes da concentração demográfica e da expansão econômica, como por suas vantagens relativas sobre as águas superficiais. Todavia, a situação atual da exploração é marcada por uma visão imediatista de uso do recurso, prevalecendo o descontrole e a falta de mecanismos legais e normativos. Nestas condições, os aquíferos, em diferentes áreas do território nacional, estão sujeitos aos impactos da extração descontrolada por poços e da ocupação indisciplinada do solo, que põem em risco a qualidade das águas.

O reconhecimento de que as águas subterrâneas constituem uma reserva estratégica e vital para o abastecimento público, remete a uma especial preocupação com a proteção dos aquíferos por causa dos seguintes aspectos envolvidos: (i) o aumento e a diversificação de produtos químicos, potencialmente poluidores da água subterrânea, sobretudo nas três últimas décadas; (ii) o lançamento *in natura* de esgotos e efluentes industriais, em larga escala; (iii) o grande aumento na aplicação de fertilizantes e pesticidas na agricultura; (iv) os efeitos potencialmente nocivos à saúde, associados à poluição de captações de água subterrânea, acarretando concentrações baixas mas persistentes de certos contaminantes de toxicologia pouco conhecida; (v) a dificuldade e a impraticabilidade de se promover a remoção de poluentes em um grande número de fontes pontuais de captação (poços);

O fato de que a reabilitação de um aquífero poluído requerer custo muito elevados, implicando muitas vezes no simples abandono da área de captação. Apesar disso, existe uma atitude generalizada de subestimação dos riscos de poluição das águas subterrâneas, traduzida pela falta de políticas e de ações voltadas para a proteção dos aquíferos.

Numa estratégia de defesa da qualidade das águas subterrâneas, propõe-se, como passo inicial, uma avaliação regional, a nível de reconhecimento e com base em dados disponíveis, que consiste em mapear os graus de vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos e caracterizar os riscos potenciais de poluição associados à carga contaminante. A base técnica resultante constituirá um instrumento para o planejamento das políticas e ações de proteção das águas subterrâneas.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA

Na área costeira do Ceará predomina o clima quente estável com temperaturas elevadas porém de pequena amplitude e forte evaporação. A precipitação pluviométrica tem distribuição espacial e temporal extremamente irregular. Os índices pluviométricos superam a faixa média de 1.000 mm/ano; a taxa média de evaporação situa-se em torno de 2.3000 mm/ano e o regime térmico é caracterizado por temperatura média anual de 26° C.

No município de São Gonçalo do Amarante pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, coberturas sedimentares e depósitos aluvionares.

As rochas cristalinas predominam totalmente na área e representam o que é denominado de aquífero fissural. Como não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada pela porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que torna os reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semi-árido é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem.

As coberturas sedimentares compreendem manchas isoladas de sedimentos detríticos que, em função das espessuras reduzidas, têm pouca expressão como mananciais para captação de água subterrânea.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semi-áridas com predomínio de rochas cristalinas. Normalmente, a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.

A Figura 01 mostra as formações geológicas existentes na área em estudo e a localização do Porto do Pecém.

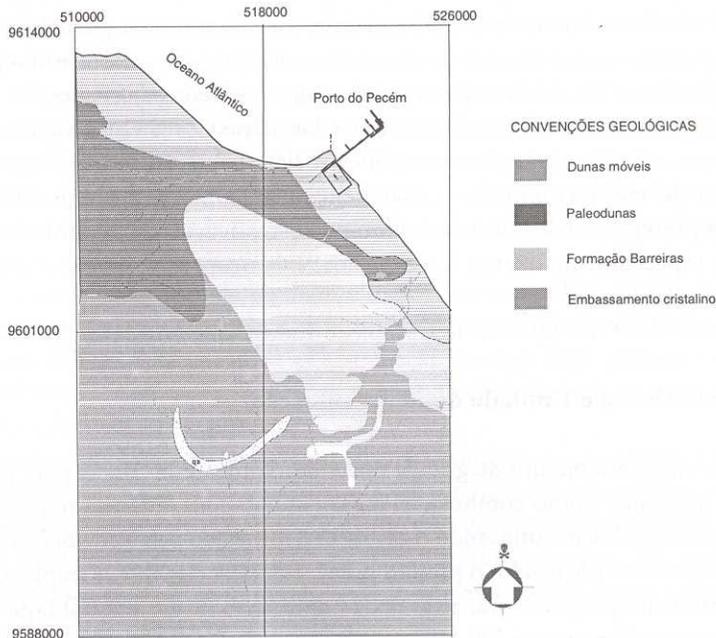


Figura 01 – Mapa geológico e localização do Porto do Pecém

CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Normalmente as atividades portuárias e industriais degradam o meio ambiente. No caso do Complexo Portuário do Pecém não deverá ser diferente, onde dunas, lagoas, mangues e mananciais subterrâneos sofrerão intensa degradação e estarão sob risco de contaminação.

Em virtude da predominância de terrenos arenosos por toda a região e das atividades industriais a serem implementadas, a área do empreendimento portuário do Pecém pode ser considerada como um área de grande potencial à poluição. Atualmente, a região já mostra alguns problemas ambientais, relacionados com a falta de infra-estrutura de saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, micro drenagem e limpeza urbana).

Na Praia do Pecém, Taíba e na sede do município (São Gonçalo do Amarante), o lixo é coletado regularmente, sendo que estes resíduos são descartados em lixões localizados em áreas inadequadas para este fim.

Na instalação das unidades do complexo portuário e no parcelamento imobiliário para construção de casas e/ou conjunto habitacionais, será necessário definir as áreas de preservação ambiental conformadas pelos recursos hídricos, cordões de dunas, mangues, para que o uso e ocupação do solo sejam feitos de forma menos agressiva, considerando sempre o maior ou menos grau de vulnerabilidade à poluição.

COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO GOVERNADOR MÁRIO COVAS

A implantação do Complexo Industrial e Portuário Governador Mário Covas, resultado da parceria do Governo do Estado do Ceará com o Governo Federal e a iniciativa privada, tem o objetivo de fortalecer e dar sustentabilidade ao crescimento do Parque Industrial do Ceará e do Nordeste, possibilitando a promoção de atividades industriais integradas, de modo a constituir um núcleo de irradiação do desenvolvimento, geração de emprego e renda e integração regional.

É dotado da infra-estrutura necessária para garantir condições de sustentabilidade do parque industrial metal-mecânico e petroquímico, especialmente do terminal portuário, em condições de propiciar operações portuárias eficientes, com tarifas competitivas, acessos rodoviários e ferroviários livres e independentes de confinamentos provocados por centros urbanos.

O Complexo Industrial e Portuário Governador Mário Covas visa propiciar condições para o desenvolvimento econômico da região com justiça social e proteção ao meio ambiente, sendo valores permanentes do empreendimento a manutenção de condições adequadas de equilíbrio do ecossistema e de preservação dos recursos naturais não-renováveis e a garantia da qualidade de vida das populações, especialmente quanto à racionalidade da ocupação espacial e utilização dos recursos naturais da região.

Fazem parte do Plano Diretor do Complexo Industrial e Portuário do Pecém:

Industria Termoelétrica e Unidade de Regaseificação

Primeiro empreendimento de grande porte no Nordeste do Brasil para geração própria de energia elétrica utilizando como combustível o gás natural, com potência nominal de 250 MW em sua primeira etapa. Inicialmente utilizando o gás natural fornecido pela Petrobrás, através do gasoduto GASFOR recentemente construído, o projeto prevê, na etapa seguinte, a implantação de uma Unidade de Regaseificação que permitirá, através da importação de gás natural liquefeito, a ampliação na geração de energia elétrica para 520 MW e o atendimento à demanda por gás natural para mercado do Estado do Ceará e do Nordeste.

A Companhia Siderúrgica do Ceará

A ser implantada em uma área total de 300 ha, produzirá laminados planos a quente, laminados a frio e revestidos, com capacidade nominal de produção de 1,5 Mt/ano.

A Refinaria do Nordeste (RENOR)

Será construída em área de 500 ha, distante aproximadamente 6 Km do Terminal Portuário do Pecém. Em sua primeira fase a Refinaria terá capacidade de 110.000 barris/dia de processamento de óleo cru, devendo produzir GLP, querosene, óleo diesel, gasolina, óleos combustíveis, dentre outros produtos. Na segunda etapa, a capacidade será elevada para 200.000 barris/dia.

Centro de Tancagem

A necessidade imperiosa de segurança para a população, da preservação ambiental e do adequado uso do solo urbano na área do Mucuripe em Fortaleza motivaram a decisão governamental de incentivar a transferência das bases de armazenagem de derivados de petróleo ali existentes para o Complexo Industrial e Portuário do Pecém. A Petrobrás e as demais Companhias Distribuidoras estão desenvolvendo os projetos.

A Figura 02 representa o Plano Diretor do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, o qual está sendo instalado em uma área total de aproximadamente 320 km².

VULNERABILIDADE

O conceito de vulnerabilidade natural das formações aquíferas, aplicado desde a década de 60, começou a ter uma propagação maior no princípio da década de 80. Entende-se que este conceito de vulnerabilidade esteja relacionado à qualidade da água e da incorporação de substâncias nocivas à saúde, mas é necessário considerar a perda de recursos perante uma estiagem ou a uma super-exploração com a mesma importância, ou seja, a vulnerabilidade em relação a quantidade (Custodio, 1994).

A vulnerabilidade de aquíferos pode ser definida em relação à susceptibilidade que um sistema aquífero tem de vir a ser degradado por atividades antrópicas (Foster et al., 1988), definido por uma probabilidade maior ou menor de alteração negativa da qualidade da água em consequência das atividades humanas. É uma propriedade relativa, adimensional e sua avaliação ocorre admitindo-se que a contaminação é um processo dinâmico e interativo. A vulnerabilidade pode ser intrínseca (condicionada pelas características hidrogeológicas da área) e específica (quando se consideram fatores externos como o clima e o próprio contaminante).

O grau de vulnerabilidade pode ser expresso mediante um índice. Um dos índices mais utilizados é o DRASTIC (Aller et al., 1987), que considera as características físicas próprias do meio hidrogeológico que afetam o potencial de contaminação da área. Este método classifica e atribui valores a sete parâmetros intrínsecos, que refletem as condições naturais do meio e é utilizado para determinar a vulnerabilidade dos aquíferos.

A idéia de risco de poluição de água subterrânea consiste na associação e interação entre a vulnerabilidade natural do aquífero e a carga contaminante aplicada no solo ou em subsuperfície. Na metodologia utilizada, pode-se configurar uma situação de alta vulnerabilidade, porém sem risco de poluição pela ausência de carga poluidora significativa, ou vice-versa. Do mesmo modo que a carga poluidora pode ser controlada ou modificada; o que não ocorre, com a vulnerabilidade natural, que é uma propriedade intrínseca do aquífero.

APLICAÇÃO DO MÉTODO DRASTIC

Neste trabalho, a metodologia utilizada baseia-se no modelo DRASTIC que foi desenvolvida pela National Ground Water Association e é empregado pela Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (US – EPA). Este modelo avalia a vulnerabilidade natural de aquíferos através de um sistema padronizado, a partir de dados decodificados em planos de informações (Leite & Möbus, 1998). Foi desenvolvido para avaliar áreas maiores que 0,4 km². É um modelo qualitativo utilizado para avaliar a poluição potencial das águas subterrâneas usando variáveis hidrogeológicas da região em estudo (Aller et al, 1987).

Para a aplicação do método deve-se:

1. obter uma representação detalhada da área em escala apropriada;
2. analisar as informações disponíveis para caracterizar hidrogeologicamente o meio;
3. atribuir valores aos parâmetros, utilizando informações existentes, geológicas e hidrogeológicas, bases de dados e eventuais poços presentes no aquífero;
4. fazer um reconhecimento de campo, e
5. calcular o índice de vulnerabilidade aplicando os índices de ponderação.

Na aplicação do método DRASTIC, admite-se que o possível contaminante seja incorporado às águas subterrâneas mediante a recarga do aquífero e tem a mesma mobilidade que a água. Pode ser aplicado a aquíferos livres e confinados. Aquíferos semiconfinados devem ser adaptados a um dos tipos definidos.

A cada um dos parâmetros considerados por este método se atribui um valor em função dos diferentes tipos e faixas de valores (variação). Além disso, ao valor de cada parâmetro se aplica um índice de ponderação entre 1 e 5, que quantifica a importância relativa entre eles. Estes índices de ponderação podem ser modificados em função do contaminante. O índice de vulnerabilidade obtido é o resultado do somatório do produto dos diferentes parâmetros por seu índice de ponderação:

$$\text{Índice de Vulnerabilidade} = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

onde “r” é o valor obtido para cada parâmetro e “w” é o índice de ponderação.

Os possíveis valores do índice DRASTIC situam-se entre 23 e 226, sendo mais freqüentes os valores entre 50 e 200. Os intervalos de vulnerabilidade do método DRASTIC:

- < 100 – Vulnerabilidade insignificante
- 101-119 – Vulnerabilidade muito baixa
- 120-139 – Vulnerabilidade baixa
- 140-159 – Vulnerabilidade moderada
- 160-179 – Vulnerabilidade alta
- 180-199 – Vulnerabilidade muito alta
- > 200 – Vulnerabilidade extrema

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DRASTIC

Sete são os parâmetros utilizados no modelo: profundidade do lençol freático (D), recarga do aquífero (R), litologia do aquífero (A), tipo de solo (S), topografia da área (T), impacto da zona não saturada (I) e permeabilidade do aquífero (C).

PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO (D)

Considera a profundidade do nível piezométrico. A vulnerabilidade diminui com a profundidade. No caso de se dispor de uma série de evoluções piezométricas convém considerar o nível mais alto, por este o cenário mais favorável à contaminação, principalmente quando se trata de aquíferos livres. No caso em estudo o sistema é constituído de um aquífero livre sedimentar (Formação Barreiras, dunas e paleodunas) com nível estático médio de 12,4 metros, e de um aquífero fissural (rochas pré-cambrianas) com nível estático variando de 3,0 a 18 metros. Como média para a região do complexo industrial e portuário, adotou-se um valor de 8,5 metros.

RECARGA DO AQUIFERO (R)

A recarga anual pode ser determinada por métodos convencionais de balanço hídrico ou através de dados já existentes da área. Os valores de recarga são da ordem de 10 a 16 % da infiltração eficaz, para as formações de Dunas e Paleodunas, determinada pelo balanço hídrico (Vasconcelos, 1999), o que nós fornece uma recarga aproximada entre 150 e 240 mm. Para a Formação Barreiras e Embasamento Pré-Cambriano não existem dados de balanço hídrico, uma vez que é uma área de estudos recentes. Por esta razão o parâmetro recarga do aquífero não será considerado nas áreas de Formação Barreiras e Embasamento Pré-Cambriano.

LITOLOGIA DO AQUIFERO (A)

Relaciona uma maior granulometria, densidade de fraturas e permeabilidade do solo, com um grau de vulnerabilidade mais elevado. A área em estudo está localizada nas formações geológicas de Dunas/Paleodunas, Formação Barreiras e rochas do embasamento cristalino.

TIPO DE SOLO (S)

O tipo de solo influencia o deslocamento vertical do contaminante. A área em estudo compreende as areias quartzosas distróficas (associados a dunas e paleodunas), solos podzólico vermelho-amarelo eutrófico/distrófico (associados à Formação Barreiras), e planossolo solodico, solonetz solodizado e solos litólicos eutróficos (associados ao embasamento cristalino).

TOPOGRAFIA DA ÁREA (T)

A área em estudo apresenta relevo pouco acidentado e declividades da ordem de 5 a 25%.

IMPACTO DA ZONA NÃO SATURADA (I)

Este parâmetro está relacionado à natureza do aquífero e ao tipo de material que compõe a zona não saturada. No caso de um aquífero livre, o parâmetro corresponde à própria litologia do aquífero. No caso de aquíferos confinados ou semi-confinados o parâmetro é relacionado a camada que está acima do aquífero e que caracteriza a zona não saturada.

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO AQÜÍFERO (C).

A condutividade hidráulica refere-se a facilidade da formação aquífera de exercer a função de um condutor hidráulico. É um coeficiente de proporcionalidade que leva em consideração as características do meio, incluindo porosidade, tamanho e distribuição das partículas, bem como as características do fluido que está escoando.

O sistema Dunas e Paleodunas possuem uma condutividade hidráulica de 21,6 m/dia ($2,5 \times 10^{-4}$ m/s) e transmisividade de 2,4 a 7,0 m²/h.

A Formação Barreiras apresenta expressiva variação litológica, representada por intercalações de níveis arenosos, silticos e siltico-argilosos que refletem diferentes condutividades hidráulica, tanto vertical quanto horizontal (Cavalcante, 1998). Bianchi et al (1984) estimaram para a condutividade hidráulica um valor de 0,156 m/d ($1,8 \times 10^{-6}$ m/s).

No Embasamento Cristalino sem manto de alteração a porosidade e a condutividade hidráulica são secundárias, oriundas do fraturamento e denominadas de porosidade e condutividade hidráulica secundária, ou de fraturas, possuindo valores extremamente pequenos quando comparados ao domínio sedimentar. A porosidade normalmente é inferior a 1 % e a condutividade hidráulica é menor do que 0,864 m/d (10^{-5} m/s) (Cavalcante, 1997).

O valor do índice DRASTIC obtido foi de 140 para o Sistema de Dunas e de 129 para o Sistema de Paleodunas, na região litorânea, o que caracteriza a área de Dunas como sendo de vulnerabilidade moderada, e o sistema Paleodunas possui vulnerabilidade baixa a contaminação.

Na região sob o domínio sedimentar (Formação Barreiras), o índice DRASTIC obtido foi de 112, caracterizando a área como de vulnerabilidade muito baixa. Mesmo que seja considerado o parâmetro de recarga, o que aumentaria o valor do índice, este aumento seria pouco significativo e, no máximo, tornaria a área como sendo de vulnerabilidade moderada.

Na área do Embasamento Cristalino (distante ± 6 km do Pier), o índice obtido foi de 83 caracterizando esta área como sendo de vulnerabilidade insignificante. As mesmas considerações feitas para a Formação Barreiras quanto ao parâmetro recarga, também podem ser estendidas para esta área.

A Tabela 01 apresenta os índices de ponderação e os valores dos parâmetros utilizados na análise de vulnerabilidade através do método DRASTIC realizada na área do Complexo Industrial e Portuário Governador Mário Covas, para as diferentes formações geológicas.

Em função da possibilidade futura de disposição de grande quantidade de produtos derivados de petróleo na área destinada a refinaria, e de todo o complexo industrial projetado para esta região, bem como a expansão urbana prevista, pode-se dizer que os índices de vulnerabilidade obtidos mostram que a área do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, possui grau de vulnerabilidade a contaminação variando de baixa a moderada. Levando em consideração a localização geográfica da região propícia a reações de oxidação-redução, existe um risco potencial de contaminação das águas subterrâneas que deve ser monitorado para garantir a qualidade da água subterrânea na área.

Tabela 01 - Parâmetros e Índices de Ponderação utilizados no método DRASTIC

Parâmetros	Índice de ponderação (w)	Valor do parâmetro (r)
Sistema Dunas		
Profundidade do lençol (D)	5	5
Recarga do aquífero (R)	4	8
Litologia do aquífero (A)	3	7
Tipo de solo (S)	2	9
Topografia da área (T),	1	2
Impacto da zona não saturada (I)	5	6
Condutividade hidráulica do aquífero (C).	3	4
Sistema Paleodunas		
Profundidade do lençol freático (D)	5	5
Recarga do aquífero (R)	4	8
Litologia do aquífero (A)	3	6
Tipo de solo (S)	2	9
Topografia da área (T),	1	2
Impacto da zona não saturada (I)	5	8
Condutividade hidráulica do aquífero (C).	3	4
Formação Barreiras		
Profundidade do lençol freático (D)	5	5
Recarga do aquífero (R)	4	Não considerado
Litologia do aquífero (A)	3	8
Tipo de solo (S)	2	9
Topografia da área (T),	1	2
Impacto da zona não saturada (I)	5	8
Condutividade hidráulica do aquífero (C).	3	1
Embasamento Cristalino		
Profundidade do lençol freático (D)	5	7
Recarga do aquífero (R)	4	Não considerado
Litologia do aquífero (A)	3	3
Tipo de solo (S)	2	7
Topografia da área (T),	1	2
Impacto da zona não saturada (I)	5	4
Condutividade hidráulica do aquífero (C).	3	1

CONCLUSÕES

A aplicação do método DRASTIC é uma metodologia para a caracterização hidrogeológica e estimação da vulnerabilidade dos aquíferos e tem uma importância relevante nos estudos de impacto ambiental.

A valoração dos parâmetros considerados se realiza com base em pesquisas, relatórios, dados de campo disponíveis e do conhecimento hidrogeológico do meio. Sabendo que a vulnerabilidade é um processo dinâmico e iterativo extremamente relacionado com as atividades suscetíveis a contaminação, o risco dependerá da própria ação e das medidas preventivas a tomar.

Vale ressaltar que o índice de vulnerabilidade, a rigor, não compreende o estudo da probabilidade de ocorrência de um evento, mas o potencial de contaminação existente. Este tipo de índice constitui um apoio valioso às tomadas de decisão, em termos de planejamento da gestão dos recursos hídricos, em geral, e das águas subterrâneas, em particular.

Os resultados obtidos com este estudo de vulnerabilidade à contaminação, respeitada as limitações de escala e método utilizados, permite concluir que o Complexo Industrial e Portuário do Pecém encontra-se localizado em uma área de grau vulnerabilidade variado que vão desde áreas de vulnerabilidade insignificante, como é o caso da área que compreende o Embasamento Cristalino, até áreas de vulnerabilidade moderada, como é o caso do Sistema Dunas.

No sentido de controlar o grave problema da contaminação das águas subterrâneas, recomenda-se que sejam realizados, para essa região, novos e mais detalhados estudos. A melhoria e a atualização dessas informações permitirá definir com maior precisão quais medidas deverão ser tomadas, onde e como, no caso da ocorrência de possíveis acidentes ambientais, fortalecendo assim o gerenciamento e a proteção dos mananciais de água subterrânea na região do Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R.B. e CORDEIRO, W. Monitoramento/Gestão de água subterrânea em micro-áreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis/SC. 2002.
- ALLER, L., BENNET, T., LEHR, J. H., PETTY, R. J., HACKET, G. DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater using hydrological settings. Preparado por National Water Well Associat para US EPA Office of Research and Development, Ada, USA, 1987.
- BIANCHI, L.; PADILHA, M.W.M.; TEIXEIRA, J.E.M. Recursos de água subterrânea da RMF. Fatores Condicionantes. In: Plano de aproveitamento dos Recursos Hídricos na RMF – Fase I. Fortaleza. SEPLAN – AUMEF, V.1. 1984.
- CAVALCANTE, I.N. Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese de Doutorado – Instituto de Geociência. Universidade de São Paulo. 1998.
- CAVALCANTE, I.N. Hidrogeologia de meios fissurados. III Curso de Especialização em Hidrogeologia Aplicada – CEHA. IG/UFGA. 1997.
- CEARÁ PORTOS – Companhia de Integração Portuária – www.cearaportos.ce.gov.br
- VASCONCELOS, S. M. S. Recarga do Aquífero Dunas/Paleodunas, Fortaleza-CE. Tese de Doutorado; Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo. 1999.