

IV-228 - VULNERABILIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE UMA ÁREA LOCALIZADA ENTRE OS MUNICÍPIOS DE LIMOEIRO DO NORTE E MORADA NOVA (CEARÁ), A PARTIR DA APLICAÇÃO DO ÍNDICE DRASTIC

João Paulo Machado Guerra⁽¹⁾

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

Francisco Maurício de Sá Barreto

Geólogo. Doutor em Saneamento Ambiental. Prof. do Departamento da Construção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará-IFCE.

Mariano da Franca Alencar Neto

Engenheiro Civil. Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental. Prof. do Departamento da Construção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará-IFCE.

Ana Bárbara de Araújo Nunes

Engenheira Sanitarista. Doutora Recursos Hídricos. Profa. do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará-UFC.

Endereço⁽¹⁾: Rua Professor Vicente Silveira, 654/Apto. 100. Bairro Vila União. Fortaleza-Ceará. CEP: 60410-672 – Brasil – Tel.: (85) 88520381 – e-mail: jompamg@gmail.com

RESUMO

Tendo em vista a crescente preocupação com a preservação da qualidade da água subterrânea, o presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de alertar as entidades responsáveis pelo gerenciamento deste recurso, bem como orientar o poder público na determinação das atividades a serem desenvolvidas com base nos programas de uso e ocupação do solo, em áreas classificadas com risco potencial de contaminação. A área de estudo está inserida no Perímetro Irrigado de Morada Nova, compreendendo uma faixa que vai de Morada Nova até o município de Limoeiro do Norte (Ceará), com aproximadamente 64 km². Para calcular a vulnerabilidade da área de estudo foi aplicada a metodologia do Índice DRASTIC, que permite mapear a vulnerabilidade da área a partir de uma carga contaminante. Para a aplicação do índice foi utilizado um conjunto de programas computacionais, tais como: ArcGis 9.3, AutoCAD 2007, AutoCAD Civil 3D e Google Earth, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os resultados obtidos, a partir do índice DRASTIC, identificaram sete classes de vulnerabilidade na área de estudo, quais sejam: insignificante, muito baixa, baixa, moderada, alta, muito alta e extrema. A classe de vulnerabilidade insignificante foi a que predominou, ocupando 19,0 km² (ou, 30%) da área de estudo. As classes de vulnerabilidade de insignificante a baixa representaram 46,0 km² (ou, 72%). A classe moderada ocupou 7,0 km² (ou, 11%) e as classes de alta a extrema representaram 11,0 km² (ou, 17%). Os parâmetros: material do aquífero, tipo de solo e impacto da zona de vadosa contribuíram para elevar o risco potencial de contaminação do aquífero. Os parâmetros profundidade do aquífero, recarga e condutividade hidráulica minimizaram risco potencial de contaminação do aquífero e o parâmetro topografia implicou risco moderado.

PALAVRAS-CHAVE: Água subterrânea, vulnerabilidade, DRASTIC.

INTRODUÇÃO

Água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada.

As águas subterrâneas não estão a salvo das fontes de poluição e seu aproveitamento envolve um planejamento técnico criterioso, com base no conhecimento de cada ambiente onde se localizam e de suas condições de circulação. Atividades humanas como agricultura, atividades industriais e urbanização podem degradá-la consideravelmente.

A crescente utilização das águas subterrâneas, a desordenada ocupação e uso do solo, a ausência de infraestrutura de saneamento, entre outras fontes de contaminação, trouxeram a ameaça da poluição e depleção da água subterrânea.

Neste contexto, uma maior atuação em hidrogeologia vem se impondo como necessidade cada vez maior, visando evitar a degradação deste valioso recurso e o comprometimento do seu uso à atual e às futuras gerações (MARTINS, 2007).

Dentre as principais fontes de contaminação dos recursos subterrâneos, podemos destacar: a construção de poços em locais inadequados e sem critérios técnicos pode colocar em risco a qualidade da água subterrânea à medida que as águas mais rasas (mais vulneráveis à contaminação) se misturem com as águas mais profundas (menos vulneráveis); a falta de saneamento nos grandes centros urbanos também pode aumentar o risco de contaminação das águas subterrâneas, visto que estas não possuem o tratamento adequado antes de serem lançadas nos corpos receptores.

Tradicionalmente considerada como potável e de baixo custo, a água subterrânea tem sofrido ameaças sérias de contaminação comprometendo sua qualidade (SOUZA, 2007). As práticas agrícolas se destacam como uma das principais fontes de contaminação das águas subterrâneas nas últimas décadas. O crescimento da agricultura nos últimos tempos acarreta o proporcional aumento do uso de fertilizantes e agrotóxicos, o que contamina ainda mais as águas subterrâneas.

Localizado no nordeste do estado do Ceará, às margens do rio Banabuiú, o Perímetro Irrigado de Morada Nova é abastecido, essencialmente, com a água dos açudes de Banabuiú e de Pedras Brancas. Porém, em época de estiagem, esse abastecimento é feito através de reservas em poços profundos localizados em torno dessa região.

A vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas é definida como a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga de um determinado poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero. Vários métodos para avaliar a vulnerabilidade de aquíferos à poluição têm sido pesquisados e aplicados para promover o desenvolvimento sustentado e integrado dos recursos hídricos subterrâneos (BARRETO, 2006).

Além de vários problemas de saúde relacionados à utilização e manipulação de agrotóxicos, as aplicações irregulares desses compostos em áreas de intensa atividade agrícola, na maioria das vezes, resultam em graves processos de contaminação das águas subterrâneas. Uma das principais atividades praticadas na região de estudo é a plantação de arroz na modalidade de agricultura irrigada, o que implica alto uso da água proveniente dos poços. O uso de defensivos agrícolas, nas atividades de agricultura, pode contribuir diretamente para a qualidade da água captada nesses poços.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no perímetro irrigado do município de Morada Nova, cerca de 172 km da capital, Fortaleza, Estado do Ceará, na microrregião do Baixo Jaguaribe. Limita-se ao sul, uma pequena porção, com o município de Tabuleiro do Norte (IPECE, 2007). O acesso ao município é feito através de trechos da BR 116 e CE 140, partindo de Fortaleza. Sua sede está localizada a 89 m de altitude em relação ao nível do mar. Situa-se a 05° 06' 24" de latitude Sul e 38° 22' 21" de longitude Sul. Compreende uma área de 64,0 km². A Figura 1 apresenta o mapa de localização da área de estudo.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

A região na qual a área de estudo está inserida é constituída por uma planície, com relevo bastante plano na zona de aluviões. Com relação à litoestratigrafia, a área é representada pelo Complexo Jaguaretama, Formação Santarém, intrusões graníticas, Formação faceira e depósitos aluvionares (CPRM, 2003).

A área estudada é formada apenas por depósitos aluvionares. Estes compõem a maior parte do Perímetro Irrigado, se estendendo desde o município de Morada Nova, porção oeste da área, até o município de Limoeiro do Norte, porção leste, formando uma planície de 63,6 km². Em geral, estas formações geológicas são representadas por sedimentos arenoargilosos recentes (Holoceno), que ocorrem margeando as calhas dos rios e

riachos que banham esta área. Na região do Perímetro Irrigado de Morada Nova, a composição litológica varia de argila a areias grossas (puras) e areias argilosas.

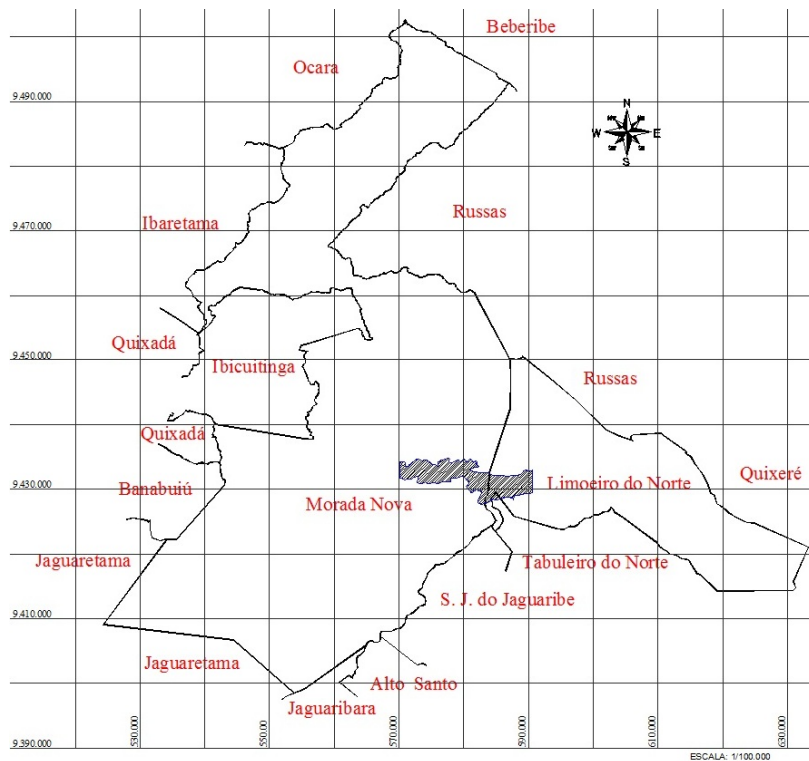


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo no perímetro irrigado de Morada Nova, Ceará.

METODOLOGIA

O Índice DRASTIC é um método qualitativo de se avaliar a vulnerabilidade de águas subterrâneas com relação a cargas poluentes, empregando variáveis hidrogeológicas. Para a aplicação deste índice os seguintes critérios devem ser atendidos (ALLER *et al.*, 1987): um determinado contaminante é introduzido a partir da superfície do terreno; um contaminante pode ser transportado na água; um contaminante é transportado verticalmente ao aquífero pela água de infiltração; para se aplicar o índice DRASTIC é necessária uma área mínima de 0,4 km².

A vulnerabilidade da área de estudo foi obtida através do índice DRASTIC e calculada por meio da seguinte equação:

$$\text{Índice DRASTIC} = Dp \times Di + Rp \times Ri + Ap \times Ai + Sp \times Si + Tp \times Ti + Ip \times Ii + Cp \times Ci$$

equação (1)

em que:

Di; Ri; Ai; Si; Ti; Ii; Ci = índice de avaliação atribuído para cada parâmetro;

Dp; Rp; Ap; Sp; Tp; Ip; Cp = peso correspondente ao parâmetro em questão.

Cada parâmetro que compõe o índice DRASTIC tem o seu peso fixo, variando de um a cinco. Este peso irá indicar a relevância de cada parâmetro na quantificação da vulnerabilidade. A tabela 1 mostra os pesos atribuídos a cada um dos parâmetros:

Tabela 1: Peso relativo a cada parâmetro do índice DRASTIC (ALLER *et al.*, 1987).

Parâmetro	D	R	A	S	T	I	C
Peso	5	4	3	2	1	5	3

De acordo com Aller et al. (1987), o índice DRASTIC corresponde a soma de sete valores que correspondem, cada um, a um parâmetro ou a um indicador hidrogeológico:

Parâmetro D – Profundidade do nível estático;

Parâmetro R – recarga do aquífero;

Parâmetro A – Material do aquífero;

Parâmetro S – Tipo de solo;

Parâmetro T – Topografia;

Parâmetro I – Impacto da zona de vadosa;

Parâmetro C – Condutividade hidráulica do aquífero.

De acordo com esses pesos, o valor final da vulnerabilidade poderá atingir valor mínimo de 23 e máximo de 226, porém é mais comum valores maiores que 50. A tabela 2 apresenta os valores de vulnerabilidade ao índice DRASTIC e seus respectivos intervalos:

Tabela 2: Intervalos de valores e a classificação correspondente (ALLER *et al.*, 1987)

Intervalo de Valores	Classificação da Vulnerabilidade
< 100	Insignificante
101 a 119	Muito Baixa
120 a 139	Baixa
140 a 159	Moderada
160 a 179	Alta
180 a 199	Muito Alta
> 200	Extrema

Para construir o mapa da profundidade do aquífero (D) da área de estudo, foram utilizados os valores médios das medidas dos níveis estáticos (NE) de cada um dos 36 poços distribuídos na área estudada. As medidas dos NE foram realizadas por Barroso (2008), a partir da utilização de medidor de nível com sinal sonoro do tipo Altronic com 100 m de comprimento no período de março de 2006 a março de 2008, totalizando oito campanhas, com frequência de três a quatro meses.

De acordo com a Figura 2, pode-se observar que na porção leste da área de estudo estão distribuídos os poços com profundidades no intervalo de 4,6 a 9,1m. Já na região próxima à margem esquerda do rio Banabuiú estão localizados os poços mais profundos, com níveis estáticos variando entre 9,1 e 22,9m.

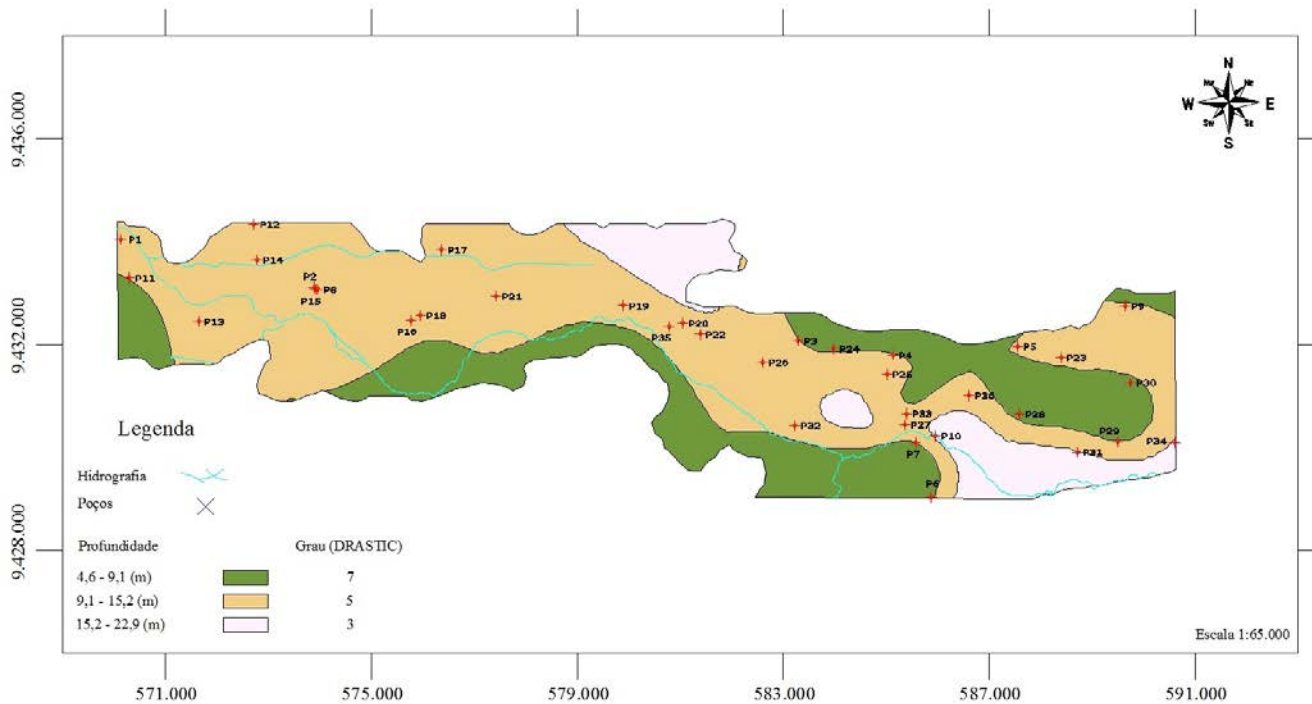


Figura 2: Mapa de profundidade do nível estático na área de estudo, Índice DRASTIC (ALLER *et al.*, 1987)

A Recarga do aquífero (R) da área da pesquisa foi estimada através da seguinte equação, proposta por Silva (2008):

$$R_i = \left(\frac{R}{P \times A} \right) \times 100$$

equação (2)

Em que:

R_i é a taxa de recarga infiltrada (%); R é a recarga anual (m^3/ano); P é a precipitação média anual (m/ano); A é a área de estudo (m^2). O valor para a recarga anual foi baseado em Barroso (2008), assim como a precipitação média anual, que considerou o período de um ano.

Para calcular a recarga do aquífero foram utilizados os seguintes dados obtidos por Barroso (2008):

- precipitação média anual (P) de 721,5 mm/ano (0,72 m/ano);
- recarga (R) de $4,46 \times 10^6 m^3/ano$;
- área da região, ou seja, $63,60 \times 10^6 m^2$.

O valor deste parâmetro, para a área de estudo, resultou em 9,74% , o que significa que a recarga do aquífero é 9,74% da precipitação média anual (P), ou seja, 0,07 m/ano, ou 70,27 mm/ano.

A recarga do aquífero se faz importante porque ela determina a capacidade de dispersão e diluição de contaminantes no aquífero. Na área de estudo foi encontrado apenas um valor para a recarga, que está situado no intervalo de 51 a 102 mm/ano, um valor considerado baixo, o que contribuiu para minimizar o risco de contaminação do aquífero. A Figura 3 mostra o mapa do parâmetro recarga do aquífero.

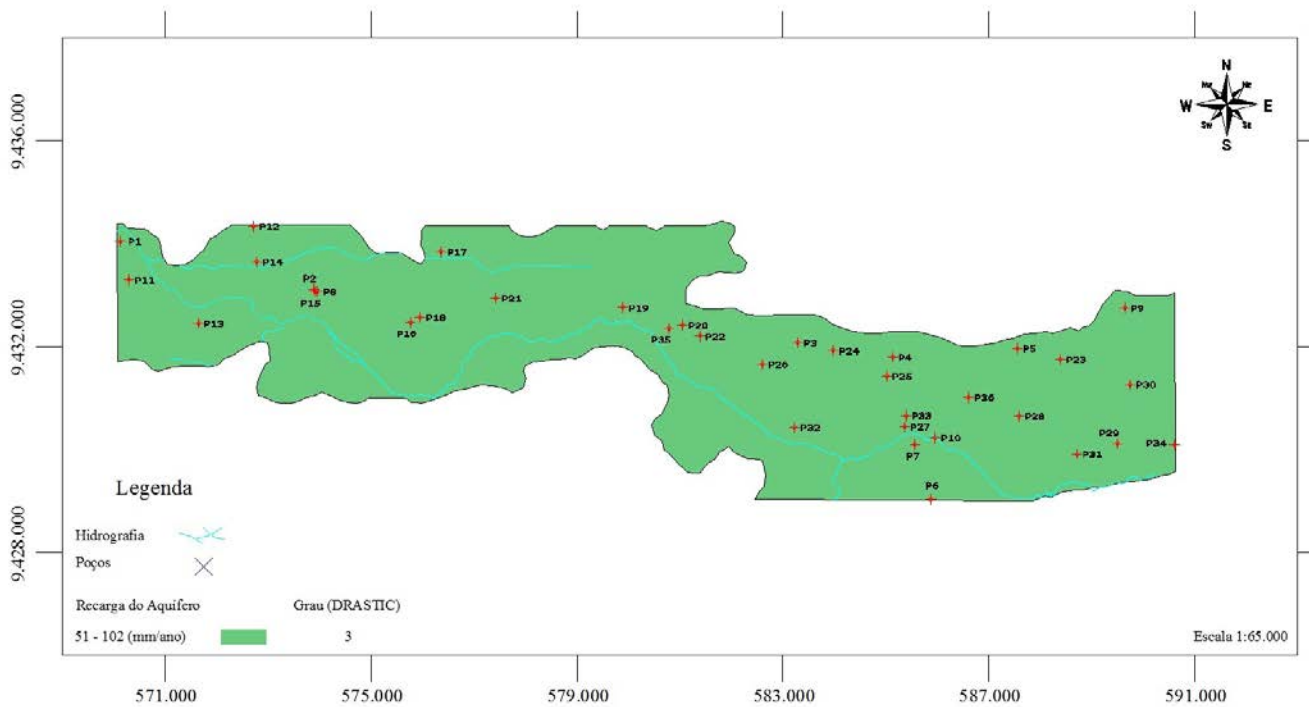


Figura 3: Mapa de recarga do aquífero na área de estudo, Índice DRASTIC (ALLER *et al.*, 1987)

Os dados referentes ao material do aquífero (A) foram obtidos através de informações nas fichas dos perfis dos poços distribuídos na área de estudo, conforme estudo realizado por Barroso (2008), e foi identificado o tipo aluvião, que é composto por areia e cascalho.

A área em estudo está situada sobre a aluvião do rio Banabuiú o qual é composto, predominantemente, por areia e cascalho. De acordo com a metodologia do Índice DRASTIC o peso deste parâmetro é 3 e grau de avaliação 8, conforme pode ser observado no mapa da Figura 4.

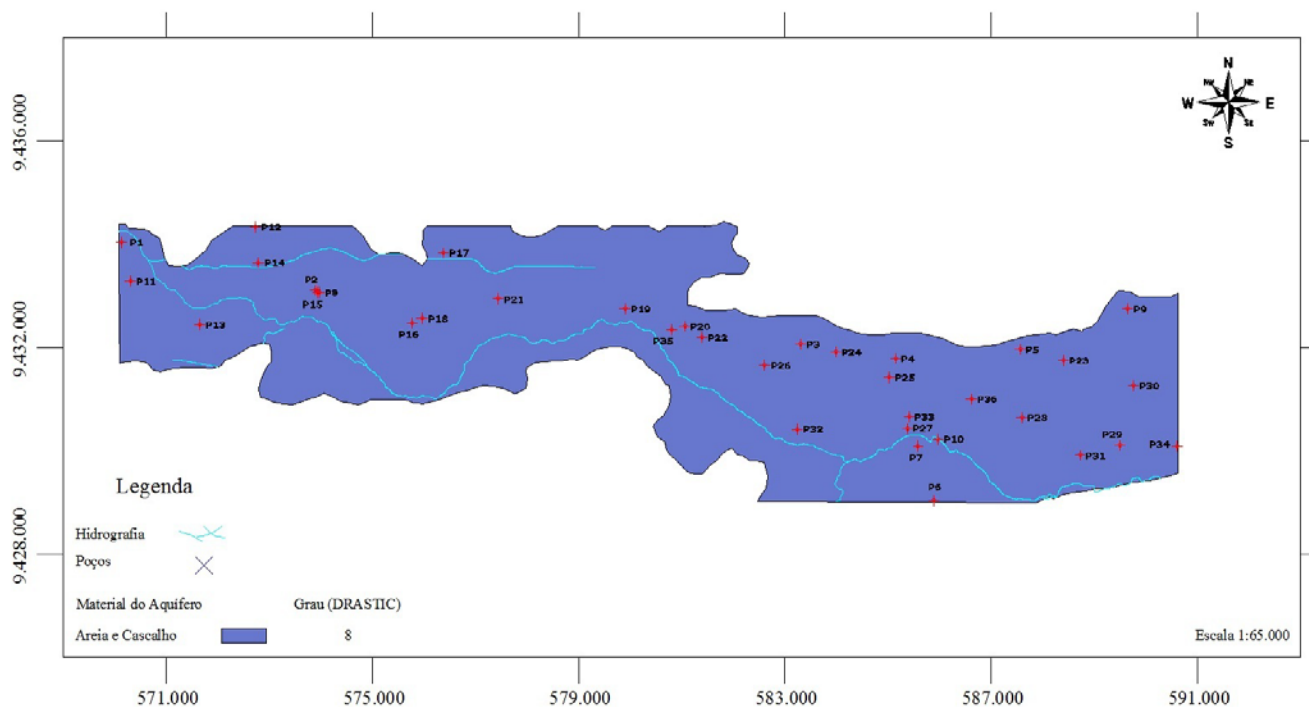


Figura 4: Mapa do tipo de material do aquífero na área de estudo, Índice DRASTIC (ALLER *et al.*, 1987)

A composição do material do aquífero, da área de estudo, contribuiu para elevar o risco de contaminação da água subterrânea, como consequência das características naturais, tendo em vista que este tipo de material pode influenciar diretamente para elevar o risco de poluição dos recursos subterrâneos.

Os dados para a elaboração do mapa de solos (S) foram obtidos a partir do mapa de solos do estado do Ceará (IPECE, 2007). Segundo a classificação da EMBRAPA (2007) o solo do tipo neossolo é composto por areia e argila agregada ou não expansível. Considerando que a metodologia do índice DRASTIC não classifica dois materiais separadamente adotou-se, neste trabalho, a média entre os dois valores. Segundo Aller et. al. (1987), o valor de avaliação para areia é 1 e para argila não agregada ou não expansível é 9. Deste modo, o valor obtido para a avaliação para o neossolo foi de 5. Este tipo de solo foi encontrado apenas em uma pequena porção da região nordeste na área de estudo, como mostra a Figura 5.

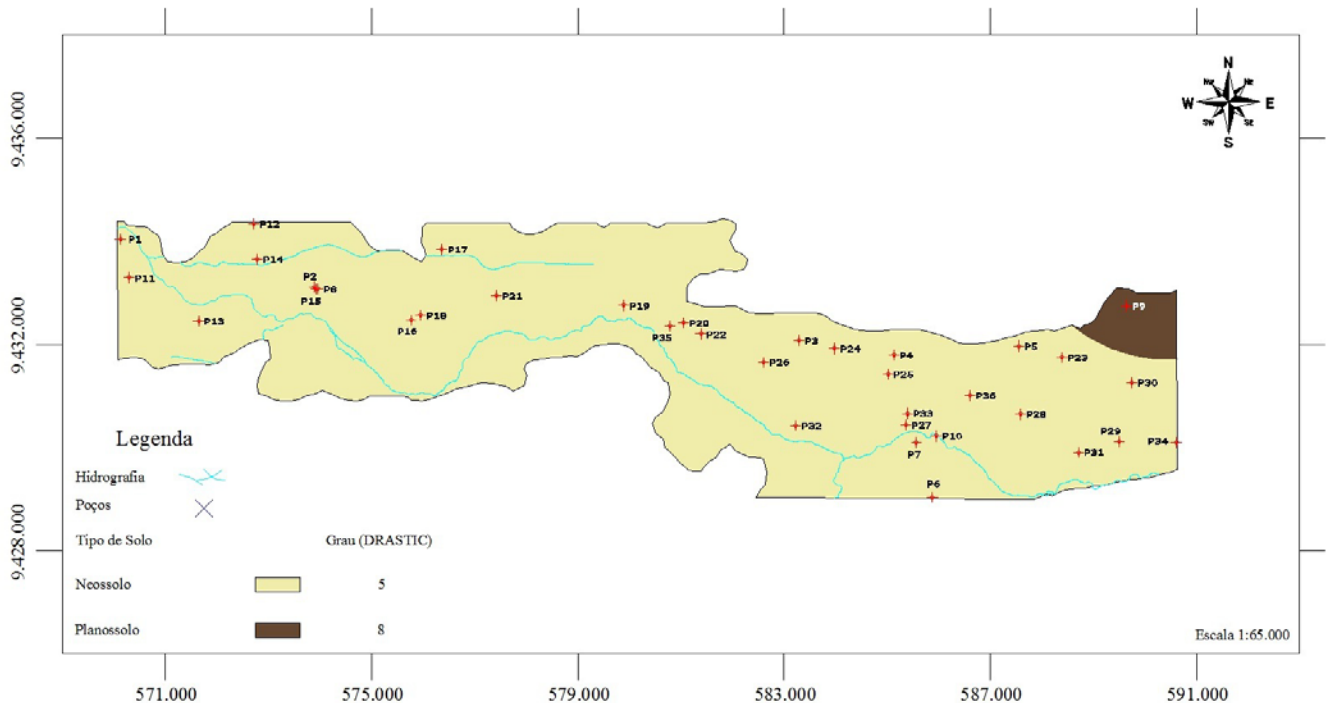


Figura 5: Mapa do tipo de solo na área de estudo, Índice DRASTIC (ALLER et al., 1987)

Na área de estudo predominam duas classes de solo: neossolo e planossolo. Solos do tipo neossolo são compostos por areia e argila não agregada ou não expansível. Essas características implicaram, de acordo com o Índice DRASTIC, valor médio (adotado) de avaliação 5 para este tipo de solo. O solo tipo planossolo é constituído por areia e argila agregada ou expansível, o qual resultou no valor de avaliação médio (adotado) 8, de acordo com a metodologia do Índice DRASTIC.

No mapa da Figura 5, pode-se observar que quase toda a área de estudo apresenta solo do tipo neossolo, com exceção de uma pequena porção na região nordeste que é constituída pelo solo do tipo planossolo. Ambos contribuíram para elevar o risco de contaminação do aquífero, entretanto o planossolo, segundo a metodologia do índice DRASTIC, impõe risco de poluição maior em relação ao neossolo, dada as características naturais deste solo.

Para a construção do mapa de declividade (T) foram utilizados dados coletados a partir do software Google Earth Pro. As curvas de níveis foram importadas e georreferenciadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) no programa AutoCAD Civil 3D para que pudessem ser retiradas as cotas de cada poço. As cotas foram plotadas no Excel 2007, de maneira que foi possível exportar os dados para o programa ArcGis 9.3 e gerar o mapa deste parâmetro, que está apresentado na Figura 6.

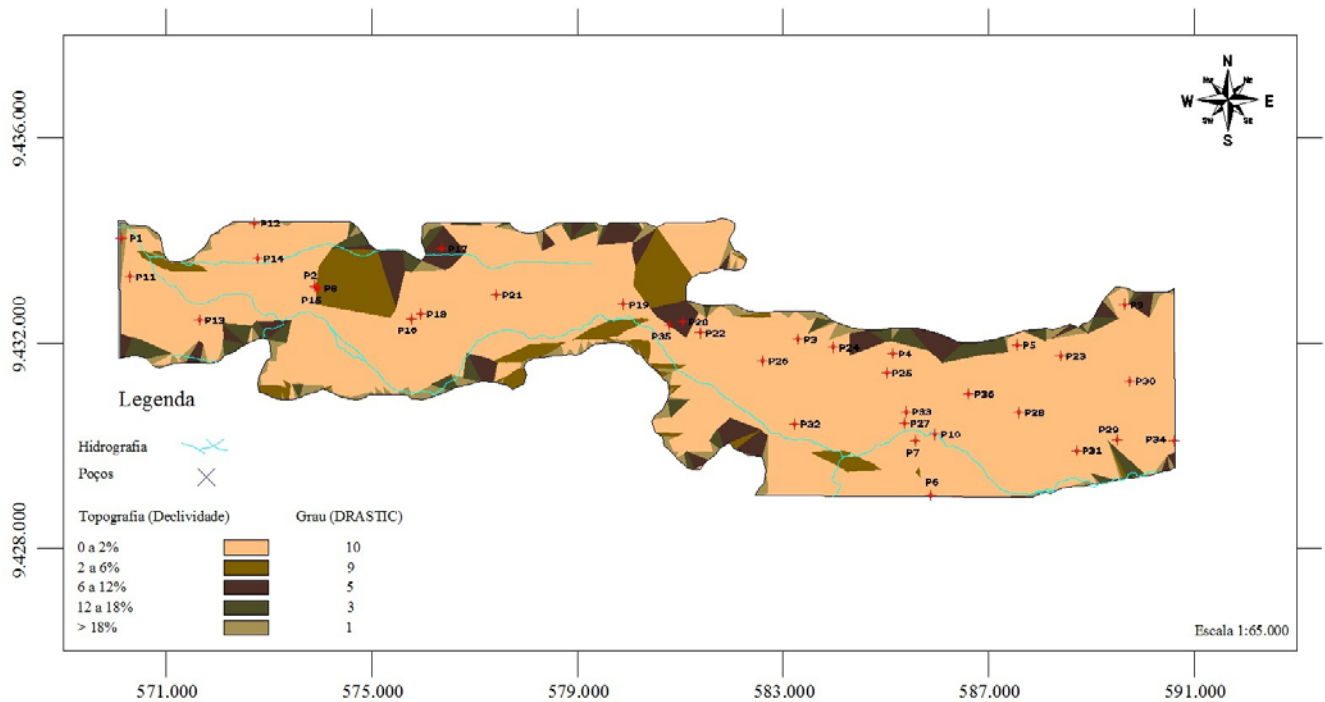


Figura 6: Mapa de declividade na área de estudo, Índice DRASTIC (ALLER *et al.*, 1987)

A região central (Figura 6) da área estudada foi a que apresentou menor declividade (inferior ou igual a 2%), além de ocupar quase toda a área de estudo. Nesta área o risco potencial de contaminação do aquífero é maior, tendo em vista que em terrenos com pouca declividade (plano) a infiltração da água é favorecida, possibilitando o lixiviamento de contaminantes presentes no solo até o domínio subterrâneo. É importante perceber que na região noroeste e nordeste da área o risco potencial de contaminação do aquífero também é elevado, uma vez que a classe de declividade de 2 a 6% é significativa nessa porção.

As áreas menos vulneráveis se distribuem nas bordas da região (principalmente nas porções sudoeste e sudeste) da área de estudo, com intervalos de declividades variando entre 6 e 18%, conforme mapa da Figura 6. Nessas regiões, o risco potencial de contaminação do aquífero, comparado às outras regiões, é menor, uma vez que a possibilidade de formação de poças d'água é reduzida em decorrência do relevo mais acidentado, diminuindo a quantidade de água infiltrada em detrimento de um maior escoamento superficial.

Na área da pesquisa, o material da zona de vadosa (I) coincide com o do material do aquífero, ou seja, aluvião. Baseado nesta informação o mapa deste parâmetro, representado pela Figura 7, foi gerado e georeferenciado no AutoCAD 2007.

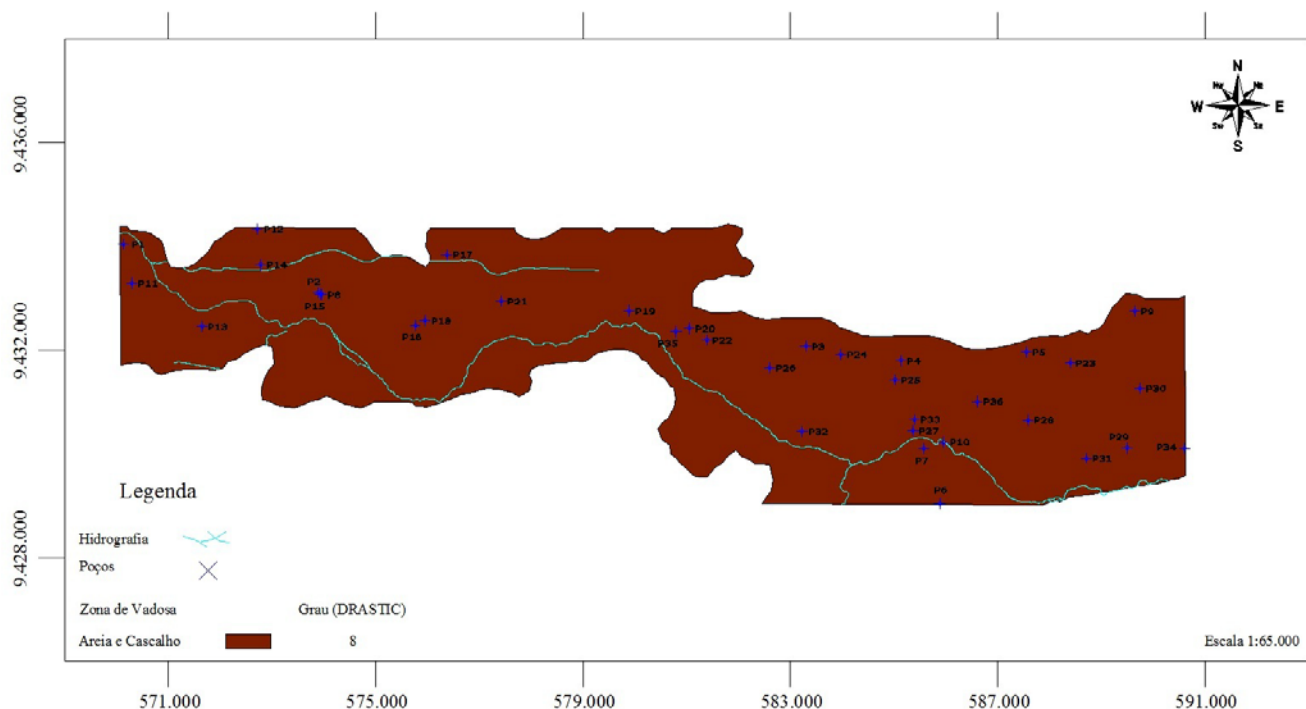


Figura 7: Mapa do impacto da zona de vadosa na área de estudo, Índice DRASTIC (ALLER *et al.*, 1987)

O material da zona de vadosa, que é constituído na área de estudo por areia e cascalho e semelhante ao material do aquífero, recebeu grau 8 de acordo com a classificação do Índice DRASTIC, indicando risco potencial elevado de contaminação da água subterrânea. Por suas características naturais, a composição dos extratos litológicos que representam essa zona contribui para a mobilidade dos contaminantes ao longo do perfil vertical, podendo vir a atingir a zona saturada.

Para a construção do mapa de condutividade hidráulica (C) foi utilizado o valor médio de 19,35 m/d de condutividade, obtido por Maia (2009), que resultou no intervalo de 12,2 a 28,5 (m/d), de acordo com a metodologia proposta pelo Índice DRASTIC. O mapa deste parâmetro está representado pela Figura 8.

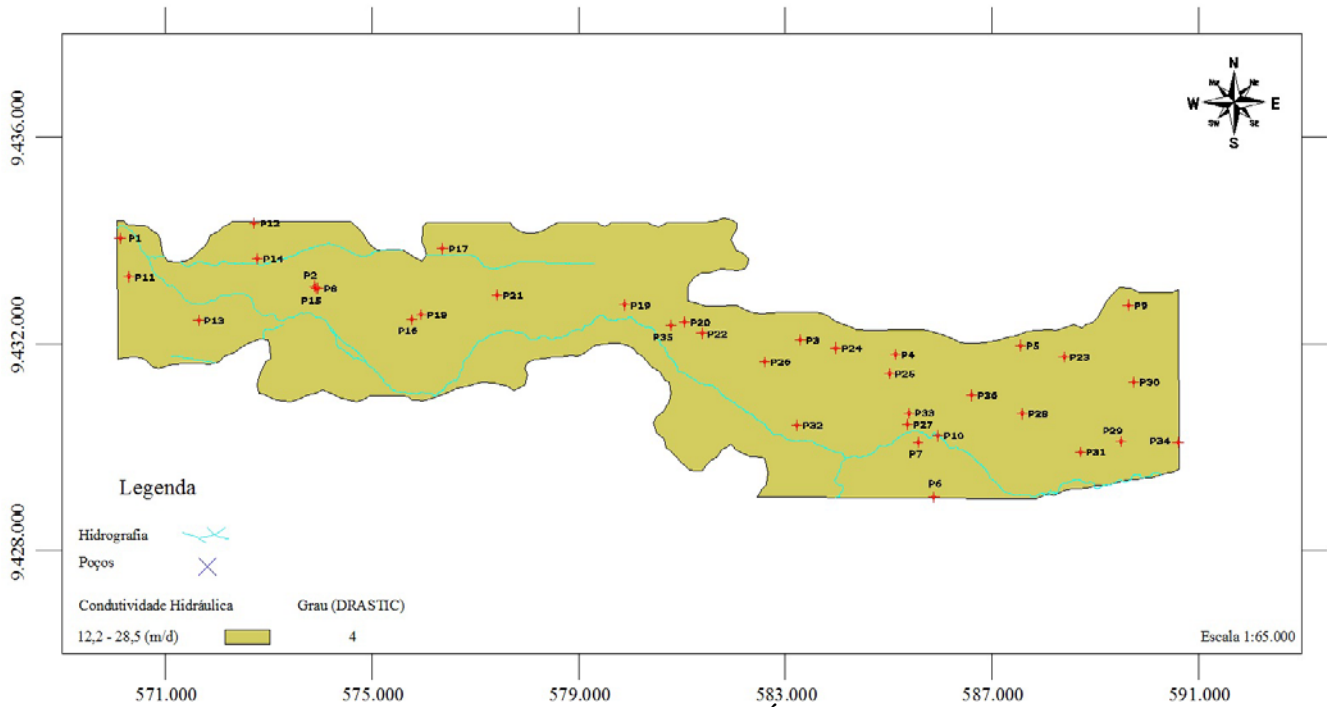


Figura 8: Mapa de condutividade hidráulica na área de estudo, Índice DRASTIC (ALLER *et al.*, 1987)

Segundo a metodologia do índice DRASTIC este valor enquadrou-se somente em um intervalo, ou seja, entre 12,2 e 28,5 m/d, correspondendo ao grau de avaliação 4, o que contribuiu para reduzir o risco de contaminação do aquífero.

O mapa de vulnerabilidade da área de estudo (Figura 9) delineou sete classes de vulnerabilidade, ou seja: insignificante, muito baixa, baixa, moderada, alta, muito alta e extrema; os valores de vulnerabilidade variaram de 0 (mínimo) a 315 (máximo).

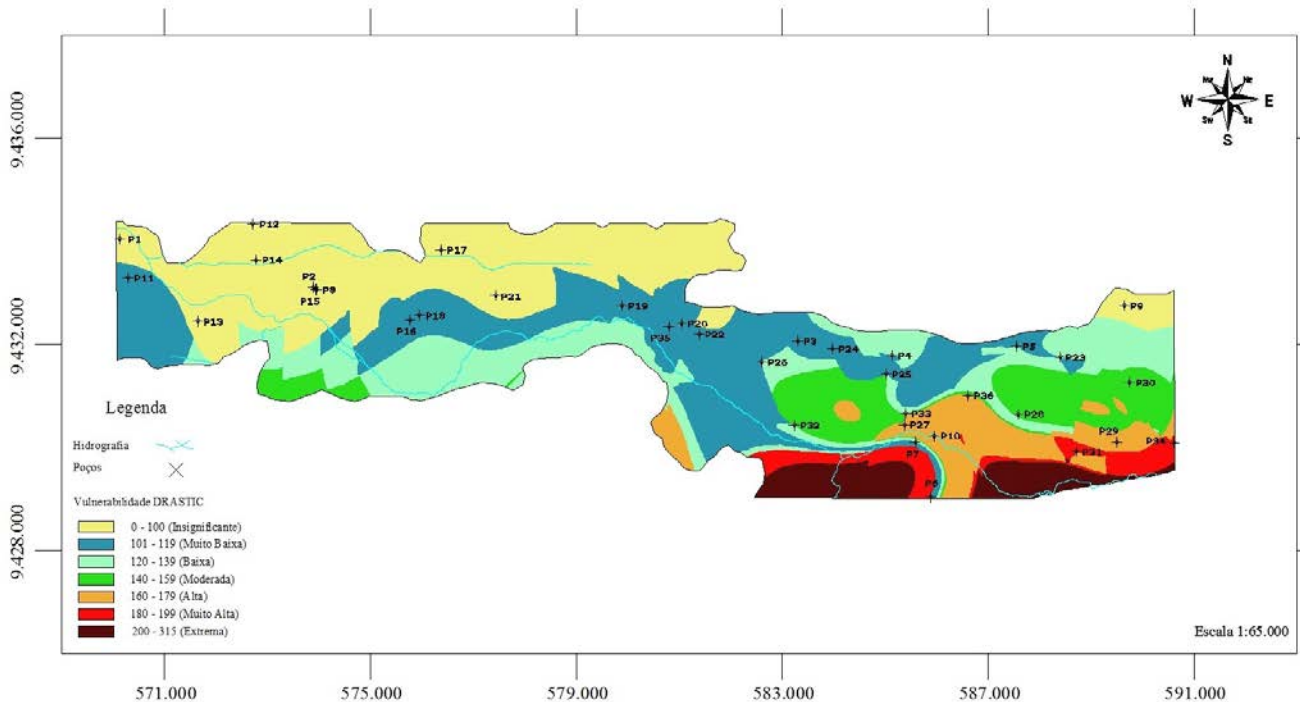


Figura 9: Mapa de vulnerabilidade DRASTIC na área de estudo, com a distribuição dos poços.

A tabela 3 sintetiza as informações extraídas do mapa de vulnerabilidade em relação às classes (grau de vulnerabilidade, área e percentual) distribuídas na área de estudo.

Tabela 3 – Classes de vulnerabilidade DRASTIC para a área de estudo.

Classe	Intervalo	Área (km ²)	%
Insignificante	0 - 100	19	30
Muito Baixa	101 - 119	16	25
Baixa	120 - 139	11	17
Moderada	140 - 159	7	11
Alta	160 - 179	5	7
Muito Alta	180 - 199	2	4
Extrema	200 - 315	4	6
Total		64	100

De acordo com o mapa da Figura 9 e com a tabela 3 a classe insignificante (19 km² ou 30%), foi a que predominou, ocorrendo (em grande parte) na borda superior da região noroeste da área de estudo. A classe muito baixa representa 25% do total da área de estudo, ou seja, 16 km². Esta classe está mais distribuída em relação às outras, localizando-se na região oeste bem como no centro e na porção leste, conforme pode ser observado no mapa de vulnerabilidade (Figura 10). A classe baixa ocupa uma área de 11 km² correspondendo a 17% do total da área de estudo. No mapa de vulnerabilidade (Figura 9) esta classe encontra-se distribuída, preferencialmente, na região sudoeste da área de estudo. A classe moderada, que representa 11% (7 km²) da área de estudo, encontra-se distribuída na região sudoeste, na região central e na região leste da área de estudo, de acordo com o mapa de vulnerabilidade (Figura 10). As classes alta (5 km² ou 7%), muito alta (2 km² ou 4%) e extrema (4 km² ou 6%) compreendem a maior parte da região sudeste da área estudada, conforme mapa de vulnerabilidade (Figura 9).

Os resultados mostraram que na área de estudo predominou vulnerabilidade baixa, uma vez que as classes de insignificante a baixa corresponderam a 46 km² (72% da área total), contra 18 km² (28%) representadas pelas classes moderada a extrema.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos da aplicação do Índice DRASTIC apontaram as seguintes conclusões:

A aplicação do Índice DRASTIC resultou em um mapa que classificou a vulnerabilidade da área estudada em sete classes: insignificante, muito baixa, baixa, moderada, alta, muito alta e extrema com valores entre 0 e 315.

A classe de vulnerabilidade insignificante foi a que predominou, ocupando 19,0 km² (ou, 30%) da área de estudo. As classes de vulnerabilidade de insignificante a baixa representaram 46,0 km² (ou, 72%). A classe moderada ocupou 7,0 km² (ou, 11%) e as classes de alta a extrema representaram 11,0 km² (ou, 17%).

Os parâmetros: material do aquífero, tipo de solo e impacto da zona de vadosa contribuíram para elevar o risco potencial de contaminação do aquífero. Os parâmetros profundidade do aquífero, recarga e condutividade hidráulica minimizaram risco potencial de contaminação do aquífero e o parâmetro topografia implicou risco moderado.

As áreas com risco moderado, alto, muito alto e extremo devem ser monitoradas com maior rigor por parte dos órgãos responsáveis, no que se refere às atividades praticadas nestas áreas de modo a minimizar o risco de contaminação do aquífero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLER, L.; BENNETT, T.; LEHER, J. H.; PETTY, R. J. (1987). **DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using Hydrogeologic settings**. US EPA Report 600/2 – 85/018 Ada, Oklahoma.
2. BARRETO, Francisco Maurício de Sá. **Contaminação da água subterrânea por pesticidas e nitrato no município de Tianguá, Ceará**. 2006. 166 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará; Fortaleza, 2006.
3. BARROSO, Idembergue. **Aspectos hidrogeológicos do aluvião do rio Banabuiú no trecho entre Morada Nova e Limoeiro do Norte - CE**. 2008. 154 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará; Fortaleza, 2008.
4. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM / Serviço Geológico do Brasil. **Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará – Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Águas Subterrâneas do Ceará – diagnóstico Municipal de Limoeiro do Norte**. Fortaleza, 2003.
5. IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2007. **Ceará em Mapas**. Fortaleza, CE. 2007.
6. MAIA, J. T.V. 2009. **Caracterização Hidrogeológica do Aluvião do rio Banabuiú – Ceará. Dissertação de Mestrado**. Curso de Pós- Graduação em Geologia. Centro de Ciências. Universidade Federal do Ceará. 2009.
7. MARTINS, A. M. ; CARVALHO, L. G. ; VIANNA, P. J. A. ; MACIEL, C. S. . **Estudo de Vulnerabilidade pelo Método DRASTIC em Área de Ocorrência de Aquíferos Livres na Baixada Campista**. 2007. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).
8. NEOSSOLO FLÚVICO – Disponível em: <http://www.bndes.cnpm.embrapa.br/textos/neossoolos1.htm>
9. SOUZA, Elexander Amaral de; BRANDÃO, Kleber dos Santos. **Proposta para análise de vulnerabilidade na gestão de aquíferos**. 2007.