

# OCUPAÇÃO DO SOLO E VULNERABILIDADE AMBIENTAL NATURAL DO AQUÍFERO AÇU NA BORDA SUL DA BACIA POTIGUAR, RN

Mickaelon Belchior Vasconcelos<sup>1</sup>, José Geraldo de Melo<sup>2</sup>, Franklin de Moraes<sup>3</sup>

**RESUMO-** A determinação das unidades de uso e ocupação do solo é uma ferramenta essencial para subsidiar estudos de avaliação da vulnerabilidade dos recursos hídricos. Elaborou-se um mapeamento das unidades de uso e ocupação do solo na região de afloramento da Formação Açú, borda sudoeste no Estado do RN. A área de estudo abrange uma superfície de 1.600 km<sup>2</sup> apresentando um clima semi-árido. Sua infra-estrutura hídrica é composta pelas lagoas do Piató e Ponta Grande, e 527 poços. Foram identificados as seguintes unidades de ocupação do solo com seu respectivo percentual areal: área de manejo agrícola intensivo 9%; área de manejo agrícola ou pecuária de pequena intensidade 28%; área de vegetação *caatinga* 61%; zona urbana 1% e corpos d'água de superfície 1%. Foi utilizado o método *GOD* para a determinação da vulnerabilidade natural do aquífero Açú. Este, é um aquífero livre com semi-confinamentos localizados. As áreas com índice de vulnerabilidade alta são restritas as planícies aluviais sendo as atividades agrícolas intensivas as principais fontes potenciais de contaminação.

**Palavras chave:** vulnerabilidade, aquífero Açú, semi-árido

**ABSTRACT-** The determination of the land use units is an essential tool to subsidize studies of evaluation of the water resources vulnerability. In this work was performed a land use and a contamination potential source mapping of the Açú Formation outcrop area, Southwestern edge in the Rio Grande do Norte State. The study area is approximately 600 km<sup>2</sup>. It has the following land use units: Area of intensive agricultural handling 9%, Area of agricultural or cattle handling of small intensity 28%, Area of vegetation *caatinga* 61%, urban zone 1% and waters surface bodies 1%. The vulnerability of the Açú aquifer was evaluated through GOD Methodology. The Açú aquifer is unconfined system, but in some case its semi-confined. The areas with higher vulnerability are restricted the aluvial plains with the intensive agricultural activities. Its represent the main potential sources of contamination.

**Keywords:** vulnerability, Açú aquifer, semi-arid

---

<sup>1</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, mickavasconcelos@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Grupo de Pesquisas em Águas Subterrâneas(GPAS), Depto de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, jgmelo@ufrnet.br

<sup>3</sup> CPRM- Serviço Geológico do Brasil. Recife- PE franklin@cprm.br

## 1. INTRODUÇÃO

A área de estudo (fig. 01) está inserida no contexto de clima semi-árido do nordeste do Brasil, sendo a geologia composta essencialmente por arenitos da Formação Açú. Possui no seu limite Sul o embasamento cristalino, e no limite Norte, calcários da Formação Jandaíra. As águas subterrâneas do aquífero Açú representam a principal fonte de suprimento de cidades como Upanema, Ipanguaçu e Afonso Bezerra, e comunidades rurais localizadas nesses municípios. Diante desta representatividade das águas subterrâneas no abastecimento, foi realizado um zoneamento do uso do solo, identificando as fontes potenciais de contaminação, e também foi elaborado o mapa de vulnerabilidade ambiental natural do aquífero Açú. Estes mapas temáticos são ferramentas úteis para a definição de estratégias de proteção dos recursos hídricos subterrâneos.

Este trabalho tem o objetivo de elaborar o mapa de ocupação do solo e fontes potenciais de contaminação e gerar uma integração com o mapa de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas.

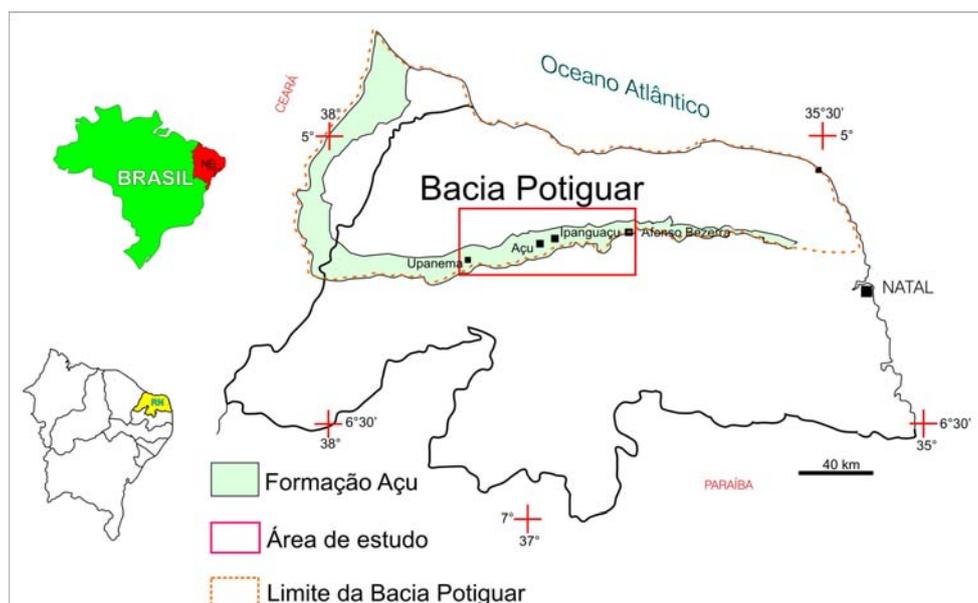


Figura 1. Localização da área de estudo, com a delimitação da zona de afloramento da Formação Açú.

As pluviosidades médias para os municípios inseridos na área de estudo são apresentadas na tabela 1, baseada em dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). O município de Upanema apresenta uma maior pluviosidade, com 666 mm anuais e o que apresenta uma menor pluviosidade é o município de Angicos, com 530 mm.

O balanço hídrico foi estabelecido pelo método de Thornthwaite para o período 1910-1990. A tabela 1 apresenta os parâmetros hidroclimatológicos considerados no balanço e os respectivos

valores obtidos com base nos dados de P e ETp mensais. Verificou-se a ocorrência de “déficit” hídrico na maioria dos meses (9 meses) com um total anual de 593,6 mm, e, não houve excedente hídrico.

Tabela 1. Média pluviométrica anual na região de estudo(EMPARN, 2005)

<b>Município</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Série histórica</b>	<b>Dados incompletos</b>
Upanema	666	1931-2004	1978-1992;1994;1997-1999; 2001; 2002; 2004.
Ipanguaçu	595	1992-2004	1992
Assu	585	1910-2004	1910;1961;1962;1976;1986-1990.
Afonso Bezerra	536	1934-2004	1990-1995.
Angicos	530	1911-2004	1988-1994;1996;2001;2002.

A temperatura média mínima é de 20,7 °C, a temperatura média máxima é de 34,9 °C e a temperatura média geral é de 27,7°C. As maiores temperaturas são observadas no mês de dezembro com 36,5°C, e a menor no mês de agosto com 18,9°C.

## 2. INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA

### 2.1. Águas superficiais

A área é cortada pelos cursos dos Rios principais no sentido de sul para norte segundo um trajeto de 25 a 30 km no domínio da Formação Açú. A Lagoa do Piató está situada ao norte no município de Açú, distanciada cerca de 6 km desta cidade, e a Lagoa da Ponta Grande situada no município de Ipanguaçu, distanciada de 6 km a oeste de sua sede municipal, ambas na parte central da área de estudo. Ao sul, no domínio das rochas cristalinas está situada Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves com capacidade de acumulação de água de 2,4 bilhões de m<sup>3</sup> com uma provável influência no contexto hidrogeológico. Em situação similar, porém com dimensões reduzidas está o açude Mendubim com capacidade de 76.349.000 m<sup>3</sup> no município do Assu.

### 2.2. Águas Subterrâneas

A área de estudo possui 527 poços(CPRM, 2005 como modificações) sendo 82 no município de Afonso Bezerra, 8 em Angicos, 80 em Ipanguaçu, 280 em Assu e 77 no município de Upanema. As vazões médias dos poços (tabela 2)da área de estudo variam de 11.000 L/h no município de Upanema a 15.000 L/h no município de Afonso Bezerra, com máximas variando de 24.000 L/h em Upanema a 60.000 L/h em Afonso Bezerra. Dos 527 poços cadastrados na área de estudo apenas 199 (37%) possuem informação de vazão, sendo a maioria destes dados informados.

Tabela 2. Vazões médias e máximas por município

	Média (L/h)	Máxima (L/h)	Nº de poços com informações
Afonso Bezerra	15.151	60.000	52
Angicos	-	-	-
Ipanguaçu	10.621	25.000	53
Assu	14.500	52.000	71
Upanema	11.000	24.000	23

Na figura 2 é apresentado o mapa de profundidade das águas subterrâneas do aquífero Açu no mês de março de 2007. As profundidades menores estão restritas às áreas de aluviões e das lagoas do Piató e Ponta Grande. Na área dos sedimentos aluvionares do rio Piranhas-Açu, observa-se que a profundidade das águas subterrâneas não é superior a 10 m. Esta área possui uma perenização em decorrência da vazão controlada da Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, que fica a montante da área de estudo.

O mapa de fluxo das águas subterrâneas(março de 2007), mostra que no setor leste da área ocorre uma predominância fluxo no sentido sul para norte, ocorrendo algumas variações, com uma tendência para noroeste, sendo que nas proximidades do rio Mulungu(extremidade oeste) ocorre um fluxo direcionado a nordeste. No setor oeste da área, o fluxo possui direção de sul para norte com as linhas de fluxos direcionadas para a lagoa do Piató e o rio Piranhas-Açu. Foi identificado um divisor de fluxo das águas subterrâneas, na porção oeste da área, onde parte das águas se direcionam ao rio do Carmo(extremidade oeste) e a outra parte se direciona a lagoa do Piató.

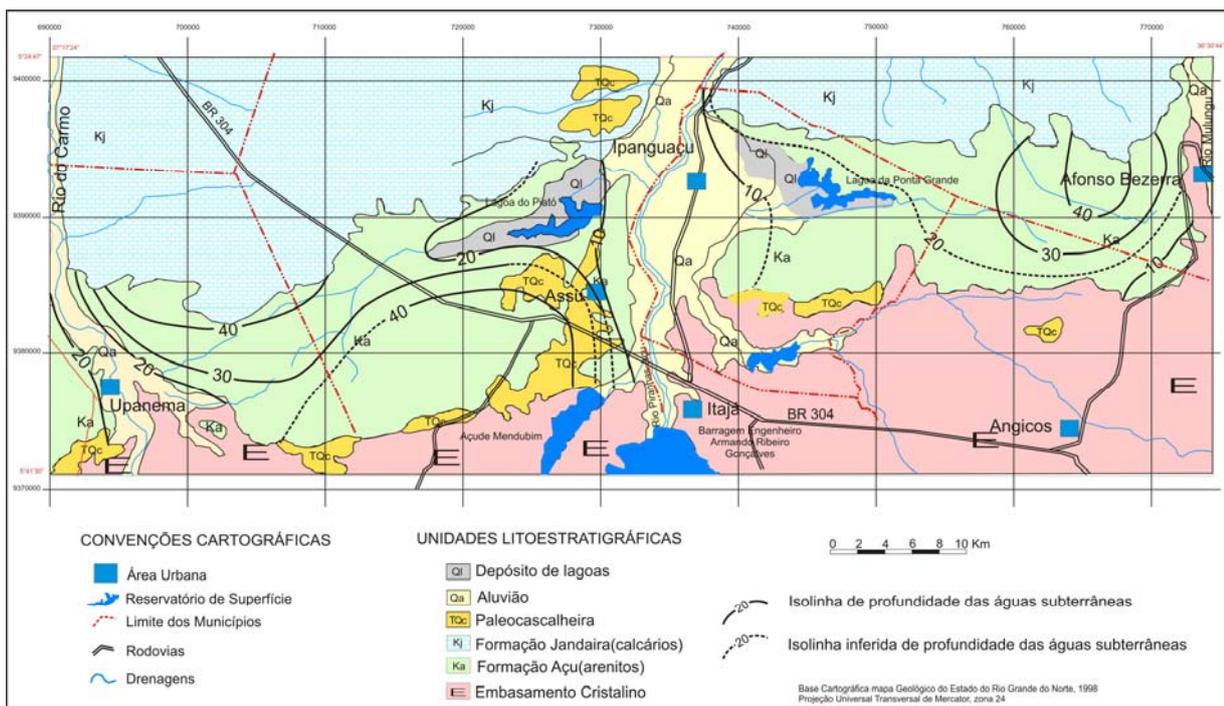


Figura 2. Mapa de profundidade do nível das águas subterrâneas do aquífero Açú, região de Upanema- Afonso Bezerra, referente ao mês de março de 2007.

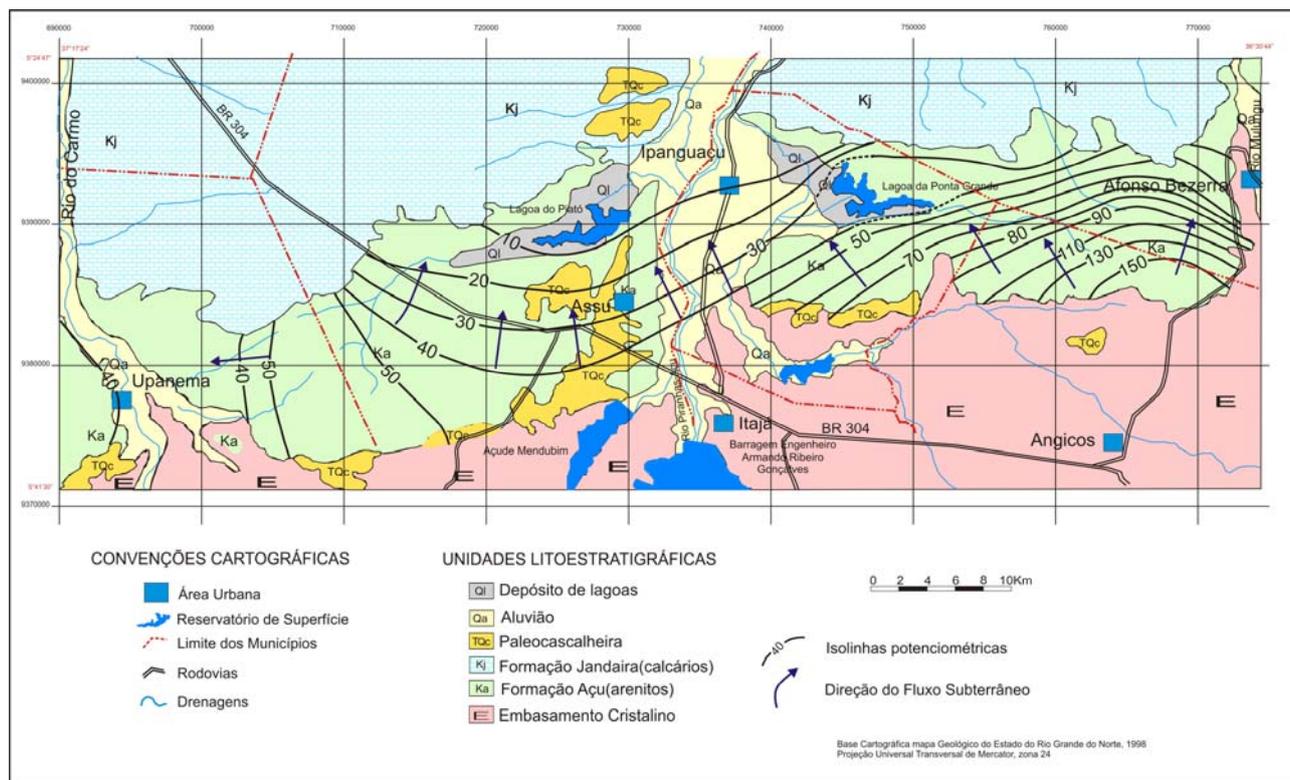


Figura 3. Mapa de fluxo das águas subterrâneas do aquífero Açú, região de Upanema – Afonso Bezerra, referente ao mês de março de 2007.

### 3. CONFIGURAÇÃO DO USO DO SOLO

Neste trabalho foi realizado uma compartimentação da área, segundo suas formas de uso e ocupação do solo, sendo uma base para a elaboração de um zoneamento ambiental. Foram utilizadas imagens de sensores remotos Landsat 7(GLCF, 2005), satélite CBERS(INPE, 2005), informações da geologia, urbanização, e visitas *in loco*.

Para a realização da compartimentação da área de estudo, considerou a mesma com uma área efetiva de 1.600 km<sup>2</sup>, ou seja, esta área abrange além do afloramento da Formação Açú, parte do embasamento cristalino na porção sul da área e parte da Formação Jandaira, localizada ao norte da área. A figura 4 apresenta a porcentagem de cada unidade dentro da área, considerando também os corpos d'água. A área de corpos d'água representa cerca 1% (23,2 km<sup>2</sup>), seguido da área urbana com 1%(15,9 km<sup>2</sup>).As área de cultivo agrícolas foram subdividida em duas subáreas; manejo agrícola intensivo, com 9% (141,8 km<sup>2</sup>) seguido da área de manejo agrícola e pecuária de pequena intensidade com 28% (449,7 km<sup>2</sup>) A área de vegetação de caatinga representa 61 % (969 km<sup>2</sup>). O percentual de cada unidade é apresentado na figura 04.

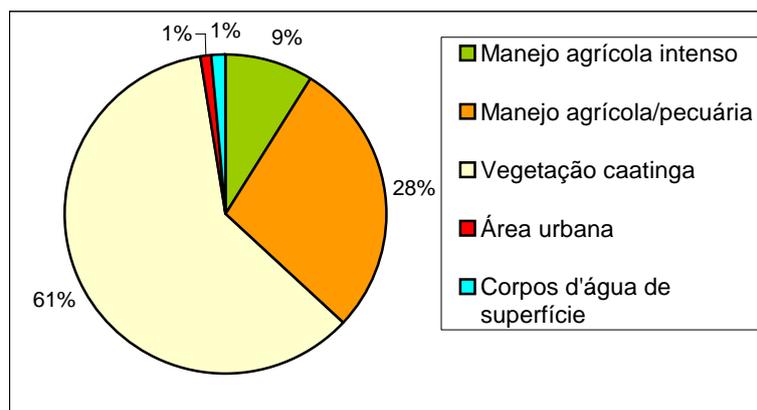


Figura 4. Percentual de cada unidade na área de estudo.

### 3.1. Área de manejo agrícola intensivo

Localizada principalmente as margens dos rios Piranhas-Açu e rio do Carmo, possuindo algumas ocorrências próximas a rodovia BR-304 e em algumas localidades distanciadas dos vales dos rios no município de Afonso Bezerra. É caracterizada por culturas frutíferas (banana, manga e melão) de forma intensiva, pois estas áreas estão melhores servidas em relação ao fornecimento de água e escoamento da produção através da rodovia. Representa 09% da área de estudo, são áreas onde decorrente do uso de fertilizantes e defensivos agrícolas torna o meio hídrico com maior susceptibilidade a mudanças na qualidade.

### 3.2. Área de manejo agrícola ou pecuária de pequena intensidade

Esta unidade representa 28% da área, compreende faixas que já foram utilizadas como áreas agrícolas de algodão, carnaúba, ou são utilizadas atualmente no plantio de culturas sazonais e também como pecuária de pequena intensidade, como criação de rebanho de gado ou ovinos. Trata-se de uma área antropizada, que já ocorreu um provável uso de fertilizantes ou defensivos agrícolas e que atualmente também pode estar sendo alterado pela a concentração dos resíduos gerados pela a concentração de animais.

### 3.3. Área de vegetação caatinga (Vegetação característica da região)

Abrange cerca de 61%, representada pela a vegetação nativa do tipo caatinga de porte médio a grande. Representa uma fonte de extração de madeira para utilização nas indústrias cerâmicas da região e constantemente sofre desmatamentos gerados principalmente pela a expansão agrícola de pequeno porte.

### **3.4. Zona urbana**

Com apenas 1% da área de estudo, é caracterizada pelos adensamentos populacionais. Estas áreas são os locais que ocorrem despejo de esgotos, maior consumo de água, despejo de lixo entre outros agravos ao meio ambiente. Nos municípios de Assu, e Upanema parte dos dejetos são domésticos são lançados diretamente nos rios que cortam estas cidades, respectivamente rio Piranhas-Açue rio do Carmo. A única cidade que foi identificada uma estação de tratamento de esgotos foi a cidade de Afonso Bezerra. As áreas urbanas tornam-se áreas de grande impacto ambiental nas águas subterrâneas, pois nas mesmas ocorre uma modificação do ciclo hidrológico pela mudança na infiltração natural de águas, ocorre também uma exploração acentuada do aquífero e gera a emissão de cargas contaminantes das mais diversas origens, principalmente lançamentos domésticos através de fossas, modificando a qualidade das águas.

### **3.5. Corpos D'água de Superfície**

É representado basicamente pela lagoa do Piató com aproximadamente 2,1 km<sup>2</sup> e a Lagoa de Ponta Grande com aproximadamente 1,2 km<sup>2</sup>, ocupando 1% da área total de estudo. Representam para região uma grande fonte econômica de recursos pesqueiros para as comunidades locais e também uma opção de lazer, pois trata-se de uma área balneável. O rio Piranhas-Açu (no centro da área) também representa um espelho d'água de expressão na área, existindo em alguns pontos uma calha de mais de 500 m de uma margem a outra do rio. Também merece destaque o rio do Carmo, que passa na cidade de Upanema, rio Pataxós no município de Ipanguaçu e o rio Mulungu no município de Afonso Bezerra.

## **4. VULNERABILIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

### **4.1. Considerações gerais**

Segundo Voigt (2003), o primeiro mapa de vulnerabilidade elaborado foi na França, na escala de 1:1 milhão, desenvolvido por Margat (1968), introduzindo o termo “vulnerabilidade da água subterrânea a contaminação”. A vulnerabilidade de uma unidade hidrogeológica em termos gerais está ligada a capacidade em que a mesma está mais propícia a sofrer mudanças na qualidade das águas subterrâneas.

O termo vulnerabilidade à contaminação do aquífero é utilizado para representar as características intrínsecas que determinam a susceptibilidade de um aquífero de ser adversamente afetado por uma carga contaminante (FOSTER, 1987).

Para a determinação da vulnerabilidade natural do aquífero Açu adotou-se a utilização do método GOD. A metodologia GOD (*Groundwater occurrence, Overall lithology of the unsaturated zone, Depth to the water table*) tipo de pressão atuante no aquífero, litologia predominante e profundidade da zona saturada, foi desenvolvida por Foster e Hirata (1988). Em decorrência de ser necessário apenas três parâmetros para a obtenção do índice de vulnerabilidade, este método está mais acessível a ser utilizada. Esta metodologia foi posteriormente modificada por Foster et al.(2002). A elaboração da vulnerabilidade de uma área baseada nesta metodologia é necessária as seguintes informações:

- Pressão atuante no lençol freático (livre, confinado, semi-confinado)
- Litologia da zona vadosa e camadas confinantes
- Profundidade do lençol freático.

A cada parâmetro necessário, é atribuído um valor que após o término dos mesmos serão multiplicados entre-si para a obtenção do índice de vulnerabilidade da área. A figura 5 mostra os fatores com sua respectiva ponderação, elaborado para o cálculo do índice de vulnerabilidade da área considerada.

Para a elaboração da vulnerabilidade das águas subterrâneas na área de estudo adotou-se a metodologia GOD. O método de mapeamento da vulnerabilidade natural à poluição de aquíferos consiste na hierarquização de índices relativos à maior ou menor sensibilidade a poluir a zona não saturada (zona vadosa ou de aeração) do perfil pedológico (FOSTER *et al*,2002). Foi utilizado informações de 50 poços tubulares (com medidas de nível estático, descrição de perfil litológico).

#### **4.2. Vulnerabilidade das águas subterrâneas na área de estudo**

Os mapas de vulnerabilidade são instrumentos preventivos e orientativos para auxiliar no planejamento do uso e ocupação do solo, na medida em que neles são definidas áreas de maior e/ou menor susceptibilidade à poluição pela atividade humana (MEAULO, 2004).

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas na área (02) de estudo adotou-se a metodologia GOD. O método de mapeamento da vulnerabilidade natural à poluição de aquíferos consiste na hierarquização de índices relativos(Figura 5) à maior ou menor sensibilidade de poluir a zona não saturada (zona vadosa ou de aeração) do perfil pedológico (FOSTER *et al*,2002). Esta metodologia foi a que mais se adequou a área de estudo e ao trabalho proposto em decorrência da quantidade de informações disponíveis.

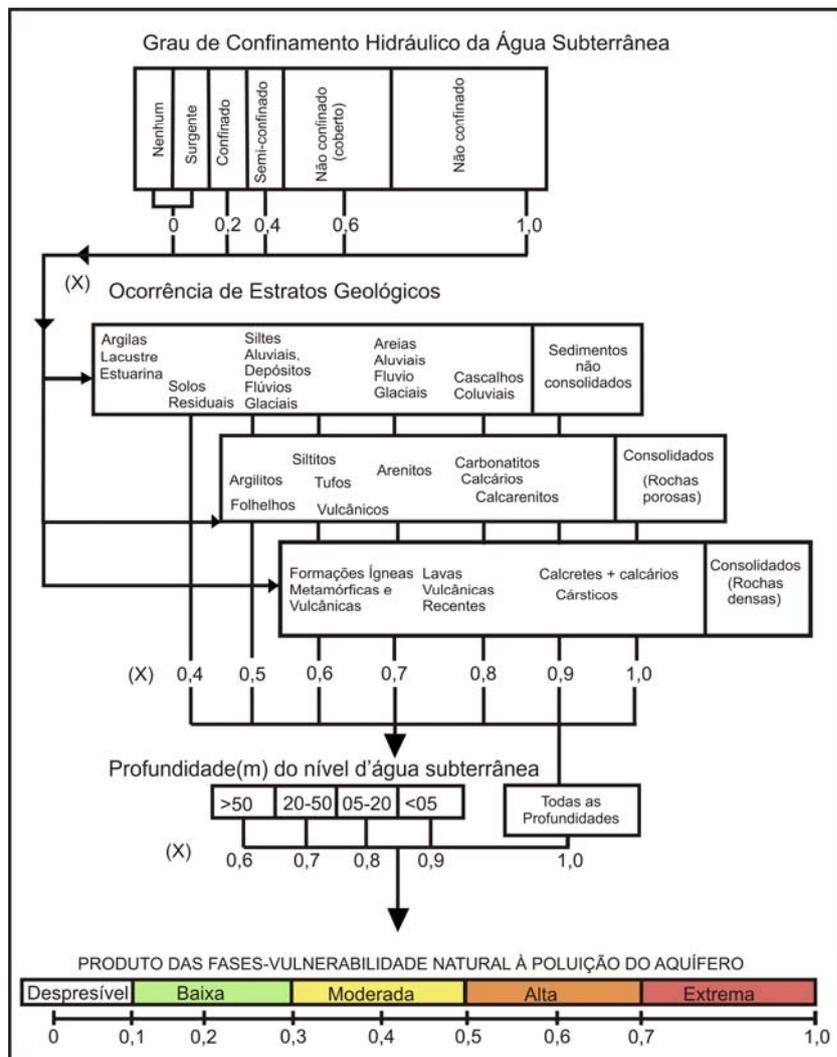


Figura 5. Sistema de avaliação do índice de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero. Fonte com modificações; Foster *et al.* 2002

Para a determinação do índice de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas utilizou-se as informações de 50 poços tubulares (com medidas de nível estático, descrição de perfil litológico) efetivamente inseridos e distribuídos na área de afloramento da Formação Açu.

## 5. INTEGRAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

O mapa integrado de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas e fontes potenciais de contaminação é apresentado na figura 6. Nas áreas de vulnerabilidade baixa estão inseridos principalmente as atividades agrícolas e pecuárias de pequeno porte e vegetação caatinga (vegetação nativa). A principal fonte potencial de contaminação está restrita a zona urbana do município de Assu, onde nas proximidades do mesmo são encontrados os postos de combustíveis,

depósitos de resíduos sólidos diversos, depósitos de resíduos sólidos doméstico, e o cemitério do município.

Nas áreas consideradas como de vulnerabilidade moderada, estão inseridas diversas atividades potencialmente contaminante. Nas proximidades do município de Upanema existe a zona urbana do mesmo, com postos de combustíveis e cemitérios, ao leste da mesma existe uma faixa com agricultura intensiva. Na parte central próximo a lagoa do Piató existe também áreas de agricultura intensiva. No setor leste da área predominam agricultura e pecuária de pequena intensidade, bem como áreas de vegetação nativa do tipo caatinga.

As áreas com índice de vulnerabilidade alto são restritas as planícies aluviais. Na área da Planície do Rio do Carmo existe na parte sul da área, o uso intensivo agrícola, na parte central da área, a zona urbana de Ipanguaçu e as atividades agrícolas intensivas representam as principais fontes potenciais de contaminação. Na extremidade leste da área, na faixa onde ocorre os aluviões do rio Mulungu, estão situados a zona urbana de Afonso Bezerra, a estação de tratamento de esgoto, cemitério e posto de combustível.

A partir da integração dos mapas, verifica-se que as áreas prioritárias para um monitoramento e estudo detalhado de contaminação estão situada nos domínios das planícies aluviais dos rios, Mulungu, Piranhas-Açu.

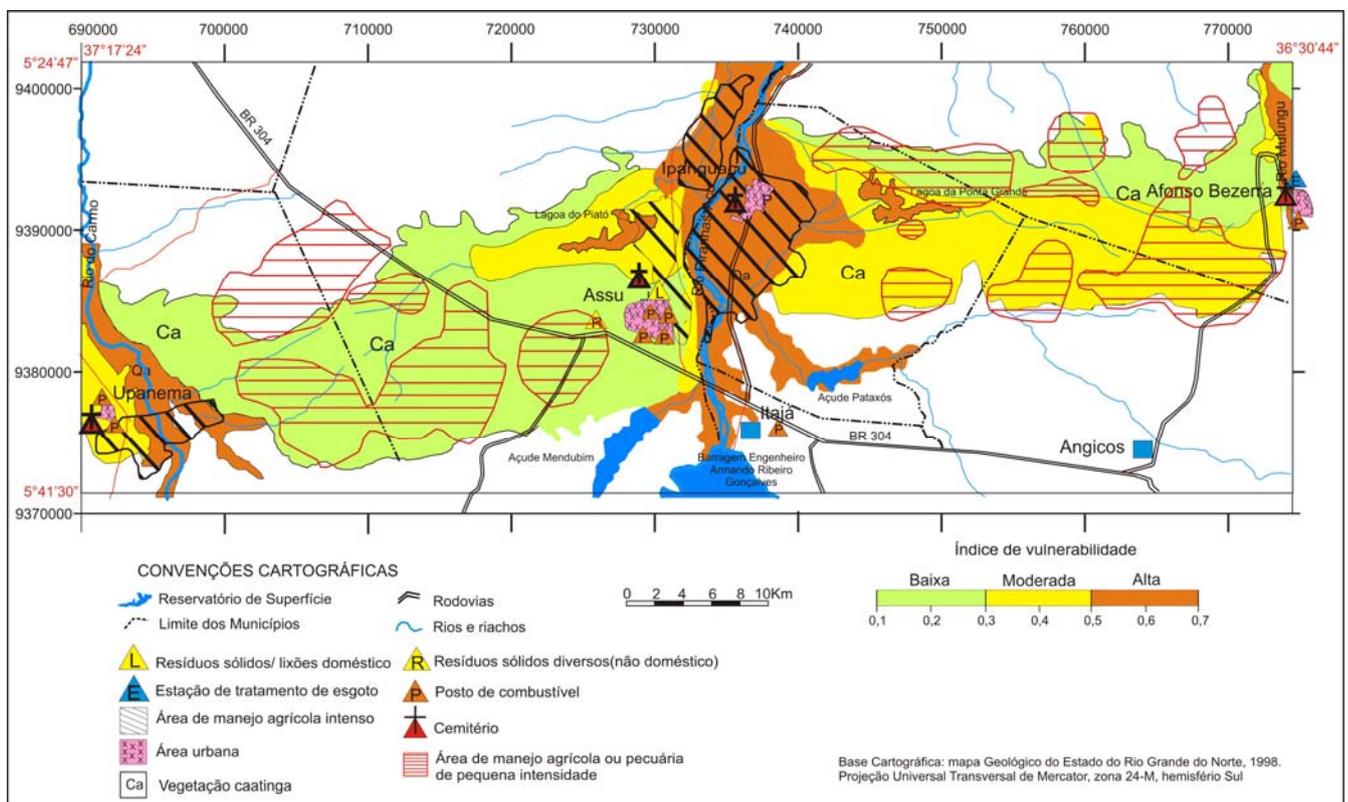


Figura 6. Mapa Integrado de vulnerabilidade e fontes potenciais de contaminação do aquífero Açu.

## 6. CONCLUSÕES

A integração dos mapas de uso do solo e vulnerabilidade das águas subterrâneas mostrou-se bastante útil para uma identificação ampla dos fatores agravantes na qualidade das águas subterrâneas de determinada região. Na área de estudo a maior parte é ocupada por vegetação caatinga ocupando 61% da área, seguido de vegetação agrícola/ pecuária com 28%. O setor leste da área possui uma vulnerabilidade ambiental do aquífero moderada na faixa sul, e baixa na faixa norte, já no setor oeste da área, predomina uma vulnerabilidade baixa. As lagoas do Piató e Ponta Grande, representam afloramentos das águas subterrâneas, nestes deve ser dada uma atenção especial em decorrência da alta vulnerabilidade destes mananciais.

No contexto mais detalhado, a ampliação dos estudos deve ser voltada para a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos do meio aquífero, volume e tipo da carga contaminante capaz de afetar a qualidade das águas subterrâneas nas áreas próximas as fontes potenciais de contaminação.

### *Agradecimentos*

*Os autores agradecem a Financiadora e Estudos e Projetos (FINEP) com o Fundo Setorial CT-HIDRO (Projeto de Bacias Sedimentares no Semi-Árido, subprojeto AQUIFAÇU) desenvolvido em cooperação com CPRM-Serviço Geológico do Brasil e UFRN. Agradecemos também a colaboração do geólogo Eugênio, da Prefeitura Municipal de Assu-RN.*

### **Referências**

BRASIL- CPRM, 1998, Serviço Geológico do Brasil; Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte, escala 1:500.000. DNPM, UFRN, PETROBRAS.

BRASIL- 2005, CPRM, Serviço Geológico do Brasil; Levantamento da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste, Estado do Rio Grande do Norte, Meio digital.

EMPARN- 2005, Dados Pluviométricos histórico dos municípios de Upanema, Ipanguaçu, Assu, Afonso Bezerra e Angicos cedidos para UFRN.

FOSTER, S.; 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proc Intl. Conf “Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants” (Noordwijk, The Netherlands/April,)

FOSTER, S.; Hirata, R.C.; Rocha, G.A.:1988. Riscos de poluição de águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. V Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, p. 175-185,.

FOSTER; S.; Hirata; Gomes,D.;D’Elia;M.;Paris; M.; 2002. Protección de la Calidad del Agua Subterránea-Guia para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.Banco Mundial, 115p.

GLCF- Global Land Cover Facility, Earth Science Data Interface, 2005.Universiy of Maryland, Imagens Landsat 7 órbita ponto 215/64 <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp> acesso em novembro de

INPE-2005, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ,Banco de Imagens do CBERS -Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> acesso em dezembro de 2005.

MARGAT, J.; 1968. Vulnérabilité dès nappes d’eau souterraine la pollution (Ground water vulnerability to contamination). Bases de la cartographie, (Doc.) BRGM, 68 SGL 198 HYD, Orléans, France,

MEAULO, F.J.; 2004. O Mapeamento da Vulnerabilidade Natural dos Recursos Hídricos Subterrâneos: O Exemplo de Araraquara-SP In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá.

VOIGT, H.J.; Heinkele, T.; Jahnke, C.; Wolter, R.; 2003.Characterisation of Groundwater Vulnerability *In* Aquifer Vulnerability and Risc. Proceedings of the First International Workshop on Aquifer Vulnerability and Risk, Salamanca Guanajuato, Mexico,p. 266-277.