

## 2.5 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

### 2.5.1 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA ÁREA

As águas subterrâneas vêm sendo exploradas, há mais de 50 anos, na área objeto deste estudo. Porém, nas duas últimas décadas, houve um aumento significativo das perfurações de poços devido, principalmente, ao déficit hídrico motivado pelo crescimento populacional (com aumento do consumo de água) e à ocorrência de períodos prolongados de seca (com diminuição da oferta de água), somando-se a essas razões o baixo custo da instalação dos poços tubulares para captação de água subterrânea e a rapidez com que a mesma é realizada.

Os diversos aquíferos existentes na área podem ser enquadrados nos domínios hidrogeológicos correlativos aos compartimentos geológicos, ali, situados – a Bacia Pernambuco-Paraíba e o Embasamento Cristalino.

O domínio da Bacia Pernambuco-Paraíba é constituído por aquíferos de porosidade primária ou porosos, dotados de porosidade e permeabilidade boas a regulares, ao passo que o domínio do Embasamento Cristalino constitui um aquífero fissural, próprio de rochas duras/cristalinas fraturadas, com baixas porosidade e permeabilidade. A seguir estão descritas, resumidamente, as principais características hidrogeológicas desses domínios.

#### DOMÍNIO DA BACIA PERNAMBUCO-PARAÍBA

No Estado de Pernambuco, a Bacia Pernambuco-Paraíba localiza-se na porção norte da zona costeira, estendendo-se do município de Olinda para o norte, numa extensão de 790 km<sup>2</sup>. O recurso hídrico subterrâneo mais importante desse domínio é o Aquífero Beberibe que vem sendo explorado, principalmente, pela empresa concessionária dos serviços de abastecimento de água do Estado – a COMPESA. Em 1986, a COMPESA/ACQUA-PLAN estimaram, em  $10 \times 10^9$  m<sup>3</sup>, a reserva de água da porção inferior desse aquífero.

As Formações Gramame e Maria Farinha, pertencentes à Bacia Pernambuco-Paraíba, não são consideradas aquíferos, por não possuírem um sistema cárstico-fissural desenvolvido - os poços perfurados nessas formações calcárias foram abandonados, em parte pelos baixos volumes de água que as mesmas oferecem mas, sobretudo, pela qualidade de suas águas, que apresentam elevada dureza, em decorrência do teor de carbonatos e bicarbonatos nelas contido. A espessura máxima da Formação Gramame, detectada em poços, não ultrapassa 100 m. A Formação Maria Farinha dispõe-se *concordantemente* sobre a Formação Gramame e, embora constitua uma unidade estratigráfica individualizada em termos de conteúdo fossilífero, apresenta características litológicas e modo de ocorrência idênticos aos da Formação Gramame.

Excluídas as formações calcárias, três aquíferos ocorrem nesse domínio hidrogeológico: o Beberibe, o Barreiras e o dos Sedimentos Diversos, cujas características constam do quadro abaixo (quadro 03).

### QUADRO 03 - AQÜÍFEROS DO DOMÍNIO DA BACIA PERNAMBUCO-PARAÍBA

AQÜÍFERO	IDADE	ESPESSURA	CONSTITUIÇÃO LITOLÓGICA
		MÉDIA (m)	
Sedimentos Diversos	Quaternário	20	Areias, siltes e argilas
Barreiras	Tércio-Quaternário	50	Arenitos argilosos e argilas
Beberibe	Cretáceo	200	

Fonte: Santos, Almany Costa, 2000.

#### AQÜÍFERO BEBERIBE

O Aquífero Beberibe constitui o principal manancial hídrico subterrâneo da Região Metropolitana do Recife e vem sendo amplamente utilizado no abastecimento das populações dos municípios do setor norte da citada Região Metropolitana, além de suprir de água os seus parques industriais e recreativos. A título de exemplo, cabe mencionar que os municípios de Itapissuma e Itamaracá são abastecidos com água do aquífero Beberibe, sendo Itamaracá também abastecido com água do aquífero dos sedimentos recentes. O Beberibe apresenta uma seqüência de arenitos de granulação variada, tendo, na base, clastos de natureza silicosa que gradam, progressivamente, para sedimentos calcíferos, no topo, chegando a atingir mais de 300 m de espessura, na faixa litorânea.

A porção inferior da formação é caracterizada por arenitos continentais quartzosos, de granulação variável, com intercalações de siltitos e folhelhos, enquanto na parte superior predominam arenitos duros, compactos, com abundante cimento calcífero (*fácies litorânea*). Com base nessas diferenças litológicas e em particularidades locais, alguns hidrogeólogos (Batista, 1984 e Costa et al., 1998) subdividiram a Formação Beberibe em dois sub-níveis denominados Aquífero Beberibe Inferior (a parte basal, mais silicosa) e Aquífero Beberibe Superior (a porção superior, calcífera).

Regionalmente, aparece, entre os dois sub-níveis, uma camada ou nível semipermeável (siltica ou argilosa) de coloração cinza esverdeada (*fácies lagunar*) e com espessura variável, tendo, em média, 10 metros. Essa seqüência sedimentar, embora subdividida, constitui um sistema hidráulico único que, na sua maior parte, ocorre como um aquífero confinado drenante, com forte anisotropia e permeabilidade vertical menor em relação à horizontal. Em áreas restritas, esse nível siltico-argiloso funciona como *aquitardo*, separando os dois sub-níveis e condicionando um comportamento de semi-confinamento para o sub-nível inferior.

As características litológicas desse aquífero proporcionam uma estratificação química de suas águas, com águas cloretadas e mais agressivas, na porção inferior e águas carbonatadas com dureza elevada, na porção superior. Isto, em conseqüência do progressivo aumento de bicarbonatos e carbonatos, da base para o topo do aquífero, devido ao aumento acentuado do cimento calcífero na porção superior da Formação Beberibe e a presença de arenitos calcíferos e calcarenitos que se intercalam em camadas e/ou lentes de dimensões variadas.

Esse aumento de bicarbonatos e carbonatos, provocando um elevado grau de dureza das águas subterrâneas na porção superior desse aquífero, tem causado restrições a sua utilização pela COMPESA que vem limitando a exploração para abastecimento público, à porção inferior do citado aquífero. Atualmente, o aquífero Beberibe vem sendo superexplorado, em áreas restritas, para abastecimento do setor norte da RMR, acarretando uma redução significativa de sua carga potenciométrica nessas áreas.

A produtividade do aquífero é elevada a média. Os poços que captam água desse aquífero possuem uma vazão específica média em torno de 3 m<sup>3</sup>/h/m e vazões médias de 58 m<sup>3</sup>/h. A qualidade da água é boa, com Resíduo Seco (RS) médio de 295 mg/l (quadro 04). Embora esse valor esteja dentro dos limites de tolerância quanto à potabilidade (295 mg/l – Portaria 36/GM – 1990), a água apresenta-se cloretada sódica a bicarbonatada cálcica, com aumento da dureza da base para o topo do aquífero, podendo ocorrer, na porção superior do mesmo, valores acima do limite tolerado.

#### QUADRO 04 - CARACTERÍSTICAS MÉDIAS DOS POÇOS PERFURADOS NOS AQUIFEROS DO DOMÍNIO DA BACIA PE-PB

PARÂMETROS	AQUIFEROS		
	Beberibe	Barreiras	Sedimentos Diversos
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	58	16	25
Nível Estático (m)	35	13	4
Nível Dinâmico (m)	55	24	13
Vazão Específica (m <sup>3</sup> /h/m)	3,1	1,9	5,4
Profundidade (m)	228	51	18
Resíduo Seco (mg/l)	295	165	< 500
Área de Ocorrência (km <sup>2</sup> )	360	550	100

Fonte: Santos, Almany Costa, 2000.

A recarga desse sistema aquífero ocorre, principalmente, por infiltração da precipitação pluviométrica, na área de afloramento da Formação Beberibe e, secundariamente, por filtração vertical descendente, na porção confinada. Algumas áreas de recarga do Beberibe são bastante vulneráveis à poluição, de vez que, em parte de sua porção aflorante, existem loteamentos não regularizados, moradias sem esgotamento sanitário ou grandes plantações de cana-de-açúcar, gerando uma contaminação difusa, além da instalação de indústrias, postos de gasolina e disposição de resíduos urbanos sem controle hidrogeológico (caracterização hidrogeológica da área, poços de observação para água subterrânea, medidas para proteção em caso de alerta etc).

#### AQUIFERO BARREIRAS

A litologia dessa formação consta de areias argilosas e argilas variegadas, de origem continental, exibindo localmente níveis arenosos mais grossos. A Formação Barreiras constitui, no Litoral Norte, um sistema aquífero caracterizado por seqüência aquífera freática, com níveis confinados em profundidade, merecendo, por isso, atenção.

Sua exploração é pouco desenvolvida, tendo em vista que sua área de afloramento ocupa cerca de 70% (550 km<sup>2</sup>) da área desse domínio hidrogeológico. Aparece com maior importância hidrogeológica quando ocorre sobreposto às rochas do Embasamento Cristalino, principalmente na zona rural, onde é explorado por cacimbas e poços Amazonas.

A produtividade desse sistema aquífero pode ser considerada como média, com vazão específica média em torno de 1,9 m<sup>3</sup>/h/m e vazões médias dos poços variáveis em torno de 16 m<sup>3</sup>/h (quadro 04). A qualidade da água é boa, com média de Resíduo Seco de 165 mg/l. Possivelmente o aquífero Barreiras alimenta, por drenança vertical descendente, o Aquífero Beberibe nas áreas onde lhe recobre.

### AQUÍFERO DOS SEDIMENTOS RECENTES

Nesse sistema aquífero, estão englobadas todas as coberturas de origem coluvial e eluvial, os cordões de dunas ao longo da costa e os aluviões recentes que ocorrem ao longo dos rios e riachos desse domínio aquífero. Esses depósitos foram agrupados em uma única unidade hidrogeológica, devido à difícil separação dos mesmos, constituídos das mais variadas litologias.

A distribuição e a forma espacial deste sistema aquífero são bastante variadas e estão condicionadas às suas áreas de ocorrência e posicionamento topográfico. Este sistema aquífero também apresenta importância hidrogeológica em áreas localizadas e restritas, principalmente ao longo do litoral, onde é explorado através de poços rasos, cacimbas, poços amazonas e cacimbões, para o abastecimento de núcleos urbanos, granjas e aglomerados rurais.

Trata-se de um aquífero muito vulnerável à contaminação por águas salinizadas e/ou poluídas, em função de sua característica de aquífero superficial pouco profundo (< 40 metros) e com horizontes muito permeáveis. Constitui, via de regra, aquífero poroso livre, litológica e hidrodinamicamente muito heterogêneo, de espessura reduzida, sendo constituído, predominantemente, por cascalhos, areias, siltes e argilas de texturas variadas.

A variação da litologia, da ocorrência e da dimensão espacial dos sedimentos diversos que o constituem, resulta numa grande variação dos parâmetros hidrodinâmicos, impossibilitando o cálculo de um valor médio que seja representativo para esse sistema aquífero.

### DOMÍNIO DO EMBASAMENTO CRISTALINO

O domínio do Embasamento Cristalino engloba todas as rochas metamórficas e ígneas aflorantes na área em apreço, ocupando o extremo oeste da mesma. Sua constituição geológica é de rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico, representado por gnaisses, granitos e migmatitos cujo fraturamento dá origem ao “aquífero fissural”. Essas rochas caracterizam-se como reservatórios de baixa potencialidade de água subterrânea, sendo consideradas como o substrato impermeável das rochas das bacias sedimentares do Cabo e Pernambuco-Paraíba (Santos, 2000).

Nesse meio aquífero, a água subterrânea encontra-se limitada aos espaços fendilhados e/ou fraturados, daí ser toda a circulação da água subterrânea efetuada através das fraturas e/ou fissuras, resultando na denominação de *aquífero fissural* ou fraturado, para as litologias que armazenam e possibilitam a extração da água, ali, acumulada.

A ocorrência de rochas fraturadas do Embasamento Cristalino, em zonas de profundidade intermediária, pode originar, portanto, *aquíferos fissurais*, nessas zonas. Esses eventuais *aquíferos fissurais* apresentam produtividade fraca, com poços de vazões específicas inferiores a 1 m<sup>3</sup>/h/m e vazões inferiores a 3,0 m<sup>3</sup>/h para um rebaixamento de nível de água de 25 m. Nesse Domínio ocorrem cacimbas, poços tipo amazonas e poços tubulares (perfuração mecânica), com profundidades variadas, captando água em meios fissurados de rocha sã.

A existência de regolito capeando as rochas do Domínio do Embasamento Cristalino, em decorrência do clima mais chuvoso e úmido que favorece o intemperismo químico da rocha, acarreta a sua decomposição com a conseqüente formação do manto de intemperismo cuja espessura chega até 30 m. Esse manto eluvial é constituído principalmente por argilas, que possuem boa porosidade e baixa permeabilidade, dificultando a recarga do aquífero fissural sotoposto.

Embora esse Domínio não seja importante como potencial aquífero, quando comparado ao outro Domínio do Litoral Norte, representa, de qualquer forma, uma alternativa de abastecimento de água às populações locais, sobretudo rurais, através de poços rasos (< 20 metros), principalmente para os municípios de Araçoiaba e Itaquitinga.

## 2.5.2 VULNERABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

O conceito de vulnerabilidade ainda denota incertezas no contexto da poluição das águas subterrâneas. Frequentemente, o termo “vulnerabilidade à poluição” é usado com um sentido composto que, talvez, pudesse melhor ser descrito como “risco de poluição”.

De acordo com as conclusões e recomendações da conferência internacional sobre “Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants” realizada nos Países Baixos, no ano de 1987 (Duijvenbooden & Waegeningh, 1987), a vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas pode ser definida como a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero.

O presente trabalho utiliza a definição de vulnerabilidade da água subterrânea à poluição proposta na conferência e sintetizada por Santos (2000) que a define como *a maior ou menor susceptibilidade de um meio aquífero ser afetado por uma carga poluente imposta. Sendo a vulnerabilidade uma propriedade intrínseca do meio aquífero. Desse modo, vulnerabilidade é distinta de risco de poluição. O risco de poluição depende não só da vulnerabilidade do aquífero mas também da existência de cargas poluentes significativas que possam contaminar a água subterrânea.*

Assim, é possível existir um aquífero com um alto índice de vulnerabilidade mas sem risco de poluição, caso não haja carga poluente, ou de haver risco de poluição excepcional apesar do índice de vulnerabilidade ser baixo. É importante precisar a diferença entre *vulnerabilidade* e *risco de poluição*. O risco é causado não apenas pelas características intrínsecas do aquífero, mas também pela existência de atividades poluentes, fator dinâmico que, em princípio, pode ser controlado.

Dado o conceito de vulnerabilidade, é importante reconhecer que a vulnerabilidade de um aquífero depende também do tipo de poluente potencial. Por exemplo, a qualidade da água subterrânea pode ser muito vulnerável a uma carga de nitratos originada por práticas agrícolas incorretas e, no entanto, ser pouco vulnerável a cargas patogênicas, devido à mortalidade natural dos agentes patogênicos. Tendo em consideração essa realidade, é cientificamente defensável avaliar a vulnerabilidade em relação a fatores específicos de poluição, como nutrientes, materiais de origem orgânica, metais pesados, entre outros.

## METODOLOGIA UTILIZADA PARA DETERMINAÇÃO DE CLASSES DE VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS

O Litoral Norte do Estado de Pernambuco caracteriza-se por conter uma das maiores reservas permanentes de águas subterrâneas de toda a Região Metropolitana do Recife: o Aquífero Beberibe, responsável por cerca de 50% do abastecimento público da RMR. Em contrapartida, apresenta algumas de suas áreas de afloramento ocupadas por assentamentos urbanos sem esgotamento sanitário, por resíduos sólidos dispostos sem qualquer tratamento (lixões), por postos de gasolina e por atividades agrícolas, que potencializam o risco de poluição dessa reserva.

Assim, com o objetivo de preservar e proteger essa reserva de água subterrânea, foram delimitadas, através deste estudo, áreas de vulnerabilidade à poluição do aquífero Beberibe, tomando por base:

- A metodologia de índices de vulnerabilidade **GOD** (Foster, 1987; Foster & Hirata, 1988), *adaptada para a área*, que considera os seguintes parâmetros:

Como se apresentam águas subterrâneas (Groundwater occurrence);

Características do aquífero (Overall aquifer class);

Profundidade do nível freático (Depth to groundwater Table or strike).

- A terminologia das classes de vulnerabilidade das águas subterrâneas proposta por Lobo-Ferreira & Calado (1989) para as regiões do Algarve e do Alentejo, que estabelece quatro classes de vulnerabilidade à poluição: muito alta, alta, variável e baixa.
- Os parâmetros “G”, “O” e “D” que, no presente trabalho, foram determinados com base nos dados de relatórios de construção dos poços da COMPESA (dados hidrogeológicos e perfis estratigráficos), utilizados pelo Projeto HIDROREC - convênio IDRC-Canadá/UFPE-Brasil, nos dados hidrogeológicos publicados por Santos (2000) e nos dados de poços de pesquisa publicados por Moreno (2000). O aquífero é classificado, em relação a cada um dos três parâmetros, numa escala cujo valor máximo é um (1). O valor de cada parâmetro é obtido, seguindo o fluxograma publicado pelos autores, relacionado ao método. O índice de vulnerabilidade é calculado pela multiplicação de valores atribuídos aos três parâmetros em diversos pontos da área estudada.

O primeiro parâmetro (*Groundwater occurrence*) classifica o aquífero quanto à pressão atuante em:

- Não confinado (livre ou freático).
- Não confinado coberto (livre ou freático coberto).
- Semiconfinado (confinado drenante).
- Confinado artesiano (confinado não drenante surgente).
- Ausência (se não houver aquífero).

O segundo parâmetro (*Overall aquifer class*) classifica o aquífero em função do grau de consolidação e das características litológicas.

O terceiro parâmetro (*Depth to Groundwater Table or strike*) classifica o aquífero em relação à profundidade do nível freático (aquífero livre ou freático) e à profundidade do topo do aquífero (aquífero confinado drenante e não drenante).

Assim, as classes estudadas são definidas como: Muito alta (alta a extremamente alta, com índice GOD variando 0.7 - 1.0); Alta (com índice GOD variando de 0.5 - 0.7); Variável (com índice GOD variando de 0.3 - 0.5, podendo o índice GOD atingir, em determinadas áreas, valores entre 0.5 - 0.6); e Baixa (GOD variando de 0.1 a 0.3). Algumas áreas descritas como de vulnerabilidade variável são difíceis de atribuição dos parâmetros GOD, pois fazem parte de áreas aflorantes da Formação Barreiras que não possuem mapeamento faciológico adequado e que tanto comportam-se como um aquífugo<sup>1</sup> quanto como um aquífero aquífero<sup>2</sup>, ou seja, podem proteger ou não o aquífero Beberibe imediatamente sotoposto.

### **CLASSES DE VULNERABILIDADE DO AQUIFERO BEBERIBE**

As classes de vulnerabilidade à poluição do aquífero Beberibe foram definidas com base na metodologia acima especificada e serão descritas a seguir:

**Vulnerabilidade Muito Alta** - Corresponde às áreas de afloramento da Formação Beberibe. Nessas áreas, a Formação Beberibe comporta-se como um aquífero livre e o nível freático encontra-se próximo à superfície (<20 metros) e em alguns casos, sub-aflorante (< 5 metros), com solo muito permeável. Estas, juntamente com a maior parte das áreas de alta vulnerabilidade, são consideradas áreas de recarga de aquífero.

As áreas integrantes dessa classe apresentam-se como uma faixa de direção N-S, em grande parte circundada pela zona de alta vulnerabilidade. A faixa em apreço estende-se, no sentido norte-sul, das proximidades do rio Botafogo (ao norte) até o Arroio Desterro (ao sul). No sentido leste-oeste, a referida faixa vai do limite do manguezal do Canal de Santa Cruz até o médio vale do riacho Pitomba (ao norte) e o vale do rio Monjope (ao sul), na periferia ocidental da área urbana de Cruz de Rebouças (figura 05).

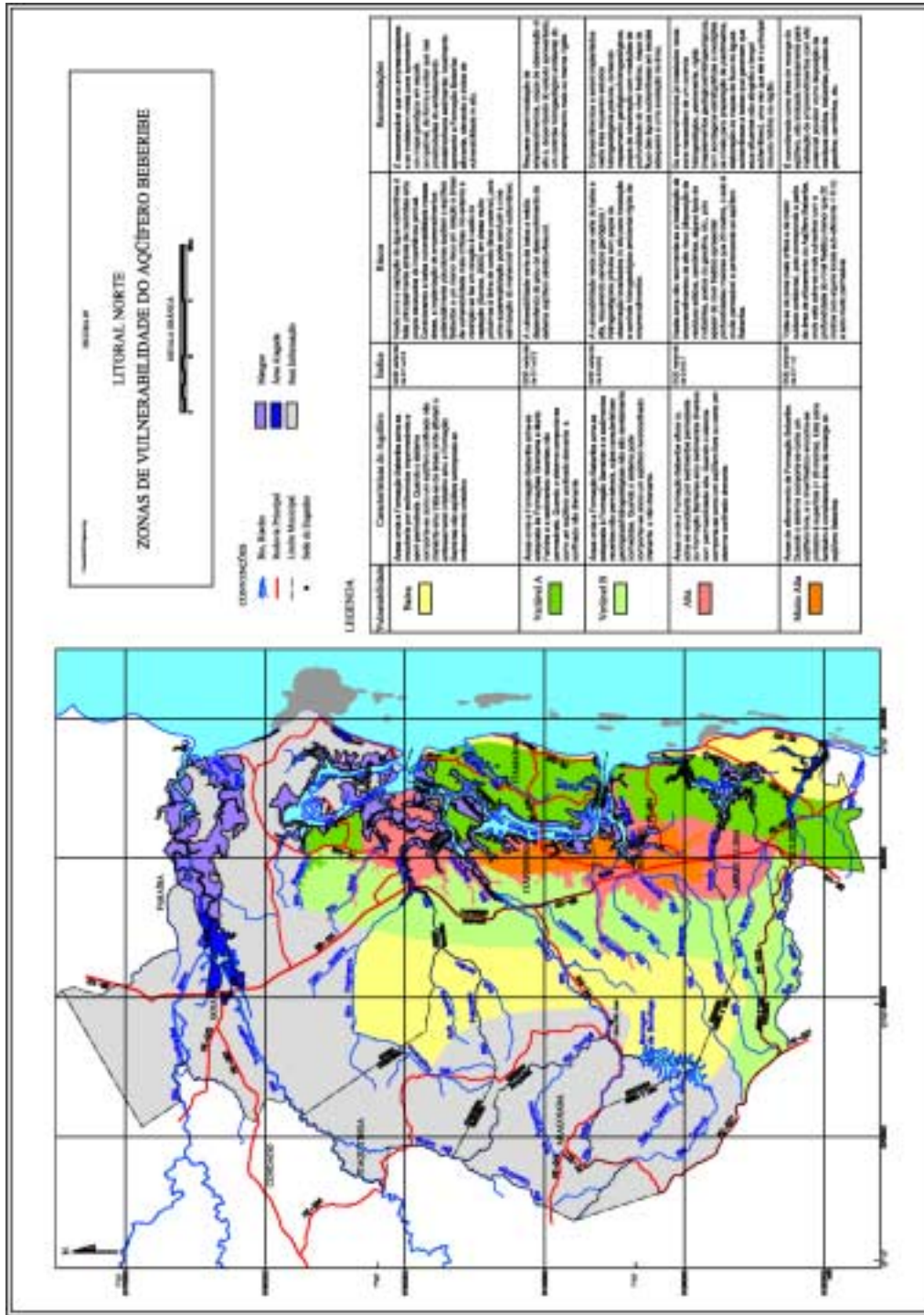
Tecnicamente, essas áreas não são indicadas para instalação de empreendimentos com alto potencial poluidor como, por exemplo, disposição de resíduos sólidos, indústrias com potencial degradador alto, posto de gasolina, cemitério, assentamentos urbanos sem esgotamento sanitário, dentre outros.

**Vulnerabilidade Alta** – Corresponde às áreas onde a Formação Beberibe aflora ou acha-se encoberta por sedimentos permeáveis da Formação Barreiras e/ou sedimentos diversos com permeabilidade alta, tais como: areias e cascalhos aluviais e coluviais, areias eólicas e outros sedimentos não consolidados. Nessas áreas, a Formação Beberibe comporta-se como um aquífero livre ou como um sistema confinado drenante. As zonas de ocorrência dessa classe de vulnerabilidade estão também sujeitas a restrição de vazão que se baseia no Mapa de Zonas de Uso e Proteção de águas subterrâneas elaborado por Santos (2000), com definição de valores de exploração tanto para abastecimento público quanto privado.

<sup>1</sup> Aquífugo - rocha que não possui capacidade de armazenar nem transmitir água subterrânea através de poços.

<sup>2</sup> Aquífero - rochas capazes de armazenar e transmitir água subterrânea, sendo economicamente inferior a um aquífero.

FIGURA 05 - MAPA DE VULNERABILIDADE DO AQUIFERO BEBERIBE





As áreas integrantes dessa classe apresentam-se como uma faixa disposta, no sentido norte-sul, entre os rios Sirigi (ao norte) e Barro Branco (ao sul) e, no sentido leste-oeste, entre as zonas de vulnerabilidade muito alta e as de vulnerabilidade variável A e B. Abrange parte dos aluviões do médio e baixo vale dos rios Utinga, Bonança, Conga, Igarassu e Tabatinga (todos, em Igarassu), Botafogo (em Itapissuma) e Arataca (no limite de Itapissuma/Goiana), além daqueles que são limítrofes.

Para os empreendimentos já instalados nessas áreas deverá ser mantido o controle hidrogeológico, através de mapas geológicos ou hidrogeológicos, sondagens estratigráficas, instalação de *piezômetros* (poços de observação), com medições de níveis e preparação de mapas de fluxo de águas subterrâneas, com vistas a garantir, através de medidas de observação e preventivas, que os efluentes não atinjam o lençol subterrâneo.

Em parte dessa zona, nas áreas adjacentes aos estuários, correspondentes à linha da interface água-doce/água-marinha, mais conhecida como zona de interface marinha, o aquífero apresenta risco de salinização. Para instalação de empreendimentos, nessas áreas, deverá ser estudada a zona de interferência da interface salina, de forma a avaliar o potencial hídrico subterrâneo.

**Vulnerabilidade Variável A** - Compreende as áreas onde a Formação Beberibe acha-se recoberta pelas Formações Gramame e Maria Farinha e por Sedimentos Recentes não permeáveis bem como por sedimentos da Formação Barreiras sobrepostos a sedimentos carbonáticos cujas características geológicas ou hidrogeológicas não são devidamente conhecidas. Nessas áreas, a Formação Beberibe comporta-se como um aquífero confinado drenante (onde as camadas apresentam um sistema cárstico-fissural mais desenvolvido, funcionando como *aquitardo*) a confinado não drenante (quando o sistema cárstico-fissural acha-se menos desenvolvido, funcionando como um *aquifugo*).

A faixa em apreço limita-se, ao norte, com o manguezal do riacho Ibeapicu; ao sul, com o município de Olinda; a leste, com a faixa praieira de baixa vulnerabilidade; e a oeste, com a BR-101, no município de Paulista, com a faixa de alta vulnerabilidade, em Abreu e Lima e Igarassu, com o manguezal do Canal de Santa Cruz, em Itamaracá e com a PE-049, no município de Goiana (figura 05).

A vulnerabilidade, nessa zona, varia de baixa a média, dependendo do grau de desenvolvimento do sistema aquífero cárstico-fissural, requerendo, para instalação de empreendimentos, poços de observação *in situ* e controle hidrogeológico.

**Vulnerabilidade Variável B** - Compreende as áreas onde a Formação Beberibe acha-se sotoposta à Formação Barreiras e a sedimentos recentes não permeáveis, cujas características geológicas e hidrogeológicas não são devidamente conhecidas. Nessas áreas, a Formação Beberibe comporta-se como um aquífero confinado drenante a não drenante.

Essa faixa limita-se, ao norte, pelo rio Ibeapicu (Goiana) e, ao sul, pelo rio Paratibe e riacho da Mina (Paulista); a oeste limita-se com a faixa de baixa vulnerabilidade e a leste com a faixa de alta vulnerabilidade.

A vulnerabilidade, nessa faixa, varia de baixa a alta, requerendo antes da instalação de alguns empreendimentos, estudos hidrogeológicos contendo mapeamento geológico e hidrogeológico, poços de observação com medições do nível freático e mapa de fluxo das águas subterrâneas, em escala adequada para estabelecer o grau de vulnerabilidade *in situ* e o controle adequado à preservação do manancial hídrico em questão.

**Vulnerabilidade Baixa** - Corresponde às áreas onde a Formação Beberibe acha-se recoberta por sedimentos argilosos/siltosos diversos ou pertencentes à Formação Barreiras bem como às áreas onde aflora o Embasamento Cristalino. Nessas áreas, a Formação Beberibe comporta-se como um aquífero confinado não drenante.

Essa zona compreende duas faixas dispostas no sentido norte-sul: uma litorânea, localizada no extremo leste da área estudada e outra interior, situada a oeste da Zona de Vulnerabilidade Variável B. A faixa litorânea abrange as zonas urbanas praieiras dos municípios de Paulista e Itamaracá e a faixa interior estende-se do rio Itapirema (Goiana), ao norte, até as proximidades do rio Utinga (Abreu e Lima), ao sul. Para oeste, a referida zona estende-se do limite da zona de vulnerabilidade variável B até a Barragem de Botafogo (no limite Araçoiaba-Igarassu), ao sul e até o rio Itapirema, ao norte, estreitando-se no trecho entre a Usina São José e o rio Palmeira (afluente do Arataca).

Nessa faixa, a captação de água subterrânea é feita, principalmente, através de cacimbas e/ou poços. No entanto, existe restrição em relação à vazão de captação (Santos, 2000) em áreas muito próximas da linha de costa (faixa litorânea), pois uma superexploração do aquífero dessas áreas pode provocar a salinização do manancial hídrico subterrâneo.

Considerando a baixa vulnerabilidade do aquífero Beberibe nessas áreas, a implantação de empreendimentos potencialmente poluidores, expõe o mesmo a um risco menor, se comparado ao das demais faixas de vulnerabilidade. Apesar disso, é recomendável que os proprietários de empreendimentos a se instalem nessa zona apresentem estudo geológico em escala que permita verificar a ocorrência, na área, de eventual afloramento da Formação Beberibe, o que elevaria o índice de vulnerabilidade **GOD** *in situ*.

Considerando que, teoricamente, toda superfície aflorante de uma formação aquífera é área de recarga desse aquífero, a CPRH submeteu ao FEMA (Fundo Estadual de Meio Ambiente) um projeto de estudo (no momento, já aprovado), objetivando uma melhor definição e caracterização das áreas de recarga do aquífero Beberibe, com vistas ao estabelecimento de zonas de proteção desse importante manancial subterrâneo da Região Metropolitana do Recife.