



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL

- MESTRADO -

**DIAGNÓSTICO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO PERÍMETRO URBANO DE JOÃO
PESSOA/PB ATRAVÉS DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA - IQA_s**

Beethania Madalow Almeida Anacleto de Sousa

João Pessoa - Paraíba

Novembro – 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL

- MESTRADO -

**DIAGNÓSTICO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO PERÍMETRO URBANO DE JOÃO
PESSOA/PB ATRAVÉS DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA - IQA_s**

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

ORIENTADOR: Prof. Dra. Carmem Lúcia M. Gadelha

MESTRANDA: Beethania Madalow Almeida Anacleto de Sousa

João Pessoa - Paraíba

Novembro – 2010

S725d Sousa, Beethania Madalow Almeida Anacleto de.
 Diagnóstico da água subterrânea no perímetro urbano de
 João Pessoa-PB através de Índices de Qualidade de Água -
 IQA_s / Beethania Madalow Almeida Anacleto de Sousa.- João
 Pessoa, 2010.
 96f. : il.
 Orientadora: Carmem Lúcia M. Gadelha
 Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT
 1. Engenharia urbana e ambiental. 2. Águas subterrâneas.
 3. Índice de Qualidade de Água Bascarán. 4. Aquífero.

UFPB/BC

CDU: 62:711(043)

Beethania Madalow Almeida Anacleto de Sousa

**DIAGNÓSTICO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO PERÍMETRO URBANO DE JOÃO
PESSOA/PB ATRAVÉS DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA - IQA**

APROVADA EM: / /

BANCA EXAMINADORA:

PROF. Dra. CARMEM L. M. GADELHA - UFPB

Orientador

PROF. Dra CLAUDIA COUTINHO NÓBREGA - UFPB

Examinador Interno

PROF. DR JOSÉ ETHAM DE LUCENA BARBOSA - UEPB

Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amores:

Jesus, Senhor e Salvador da minha vida,

ao meu marido Jocene Silva de Sousa

e as minhas filhas Elizabeth e Ana Luíza

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o Senhor dos Exércitos, por permitir à minha inclusão neste curso e conclusão deste trabalho de dissertação.

Ao meu querido marido Jocene pelo apoio, segurança e amor que me dedica sempre, pelas horas de ensino e dedicação nestes anos de convivência.

As minhas filhas pela compreensão e paciência nos momentos em que não pude acompanhá-las para me dedicar ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais Francisco (In memória) e Regina por me ensinarem os valores da vida, concedendo-me a oportunidade de estudar e pelo amor sempre incondicional.

Aos meus sogros José Cavalcanti e Anaísa que sempre me trouxe alegria e ânimo nos momentos de preocupação.

A madrinha Isabel que nas horas de desânimo me incentivava e lembrava que Deus estava no controle e tudo iria dar certo.

A Sandra minha secretária pelo apoio e ajuda no cuidado com as minhas filhas.

A minha orientadora Professora Dra. Carmem L. M. Gadelha, pela sua infinita paciência e por sua dedicação e ensinamentos, que culminaram na finalização deste estudo.

A CAGEPA nas pessoas da Eng. Ana Carolina e Dr. Isvi gestores de qualidade, pela autorização para coletar das amostras deste objeto de estudo.

Ao Sr Toscano pelas importantes informações e acompanhamento em campo que muito auxiliou na conclusão deste trabalho.

Ao Laboratório de Saneamento – Centro de Tecnologia- CT-UFPB, pelo apoio acadêmico que recebi, pelos conhecimentos adquiridos e, principalmente, pela dedicação demonstrada pelos analistas deste laboratório e pela disponibilização de equipamentos e material para a realização da pesquisa.

A todos os colegas do mestrado e em especial a minha amiga Deborah, pela companhia nos momentos difíceis e boas conversas.

Aos professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, pelos conhecimentos técnicos e científicos transmitidos.

A Universidade Federal da Paraíba/CAPES - pela bolsa de estudo concedida que possibilitou a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho trata do diagnóstico da água subterrânea do perímetro urbano da cidade de João Pessoa, a capital do Estado da Paraíba, objetivando avaliar suas características naturais, ao longo do tempo, considerando o abastecimento humano como um dos principais usos a que se destina. Para tanto, foram monitorados 13 poços profundos (média de 200m), no aquífero Beberibe e distribuídos no perímetro urbano de João Pessoa. Tais poços são de propriedade da Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba – CAGEPA e apresentam perfil litológico confiável. Para o tratamento dos resultados analíticos utilizou-se como ferramenta o Índice de Qualidade de Água de Bascarán – IQA_B. Verificou-se que, no período do estudo, a água dos poços monitorados permaneceu, em geral, como agradável na escala de qualidade da água do IQA_B. Na análise individual dos parâmetros físico, químico e bacteriológico constataram-se valores de amônia e nitrito fora dos limites estabelecidos pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde – MS, o que justifica a classificação agradável, da água na escala do IQA_B. Essa realidade mostra a necessidade e importância de uma maior fiscalização, por parte dos órgãos gestores, do lençol subterrâneo no perímetro urbano de João Pessoa sob pena de ocorrer sua contaminação acarretando, conseqüentemente, na inviabilização do uso da água para o consumo humano.

PALAVRAS-CHAVE: Águas subterrâneas, Índice de Qualidade de Água Bascarán, Aquífero.

ABSTRACT

This paper deals with underground water diagnosis of the urban area from *João Pessoa*, state capital of *Paraíba*, Brazil, whose aim is evaluate its natural features, over time, considering as one of its main uses its intended, the human provision. For this, it was monitored 13 deep wells (on average 200m) on *Beberibe* aquifer and spread in urban area from *João Pessoa*. Such wells belong to water and sewage Company in the state of *Paraíba* – *CAGEPA* and present a reliable lithologic profile. It was used the Quality of Water Index from Bascarán – IQA_B to evaluate the analytical results. The results demonstrated that during the study period, the water from monitored wells stand, in general, was classified as agreeable on the scale water quality of IQA_B . It was found on the physical, chemical and bacteriological individual analysis, ammonia and nitrate levels off limits established by ordinance 518/04 from Health Ministry – *Ministério da Saúde/MS*. This way, the water classification as agreeable is justified according to IQA_B scale. This reality shows the necessity and importance of a major supervision on the ground water on *João Pessoa* urban area by management agencies to avoid its contamination and, consequently, invalidating the use of this water for human consumption.

KEYWORDS: Groundwater, Quality of Water Index from Bascarán, aquifer.

LISTA DE FIGURAS

1 – Ciclo Hidrológico.....	22
2 – Tipos de Aquíferos e Áreas de Recarga	24
3 – Províncias e Sub-províncias Hidrogeológica do Brasil	25
4 – Divisão da Bacia Paraíba	26
5 – Focos de Poluição da Água Subterrânea.....	28
6 – Representação Esquemática das Zonas de Proteção no Entorno dos Poços.....	30
7 – Localização do Município de João Pessoa	49
8 – Umidade Relativa do Ar	50
9 – Mapa de Solos do Estado da Paraíba	52
10 – Distribuição Espacial dos Poços da CAGEPA	54
11 – Distribuição Espacial dos Poços da CAGEPA em funcionamento	55
12 – Localização dos poços P-18, P-19 e P-20.....	60
13 – Evolução do IQA_B dos Poços Alto do Mateus P-18, P-19 e P-20.....	61
14 – Área Interna do Poço P-20 e Esgoto Doméstico a Céu Aberto.....	63
15 – Localização Espacial dos Poços Bancários (P-16) e Penha (P-29).....	63
16 – Evolução do IQA_B dos Poços Bancários (P-16) e Penha (P-29).....	64
17 – Lixo Depositado no Perímetro Imediato do Poço P-16.....	66
18 – Lixo Depositado no Perímetro Imediato do Poço P-29.....	66
19 – Localização Espacial dos Poços P-01 e P-13.....	67
20 – Evolução do IQA_B dos Poços Marés (P-01) e Conj. Vieira Diniz (P-13).....	67
21 – Localização Espacial dos Poços P-17 e P-24.....	69
22 – Evolução do IQA_B dos Poços P-17 (Cristo) e P-24 (Cruz das Armas).....	70
23 – Poço Cristo P-17.....	71
24 – Poço Cruz das Armas P-24	73
25 – Localização Espacial dos Poços P-22 e P-28.....	73
26 – Evolução do IQA_B dos Poços Torre (P-22) e Torre Mata do Buraquinho P-28.....	74
27 – Poço no Bairro da Torre (P-22)	76
28 – Poço Mata do Buraquinho (P-28)	76

29 – Localização Espacial dos Poços Valentina P-10, P-11 e P-12.....	76
30 – Evolução do IQA _B dos Poços Valentina P-10, P-11 e P-12.....	77
31 – Área Interna do Poço Valentina II (P-11), Perímetro imediato com animais.....	79
32 – Área Interna do Poço Valentina III (P-12)	79
33 – Percentual médio do enquadramento de IQA _B dos 13 poços.....	79

LISTA DE QUADROS

1 – Distribuição da água na terra	23
2 – Indicador de Qualidade	42
3 – Valor percentual atribuído aos parâmetros de qualidade de água para calcular o IQA _B (ampliado para contemplar os parâmetros cor, turbidez e CO ₂	44
4 – Valores médios mensais dos parâmetros de qualidade de água.....	46
5 – Aquífero Pernambuco – Paraíba	53
6 – Localização dos poços da CAGEPA.....	58

LISTA DE TABELAS

1 – Poços em funcionamento distribuído por bairros, n° de parâmetros analisados e n° de coletas realizadas.....	59
2 – Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água para os poços P-18, P-19 e P-20	62
3 – Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água para os poços P-16 e P-29	65
4 – Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água para os poços P-01 e P-13	68
5 – Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água para os poços P-17, e P-24	72
6 – Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água para os poços P-22, e P-28	75
7 – Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água para os poços P-11 e P-12	78

ANEXOS

1 – Poço P-18– Alto do Mateus I	90
2 – Poço P-19– Alto do Mateus II.....	91
3 – Poço P-20– Alto do Mateus III.....	92
4 – Poço P-17– Cristo.....	93
5 – Poço P-24– Cruz das Armas	94

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de águas.
CAGEPA	Companhia de água e esgoto da Paraíba.
PPM CaCO_3	Miligramas por litro de carbonato de cálcio equivalente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de Qualidade de Água
IQA _B	Índice de Qualidade de Água de Bascarán
SUDENE	Superintendência de desenvolvimento do Nordeste.
Alc	Alcalinidade
DT	Dureza
Cl	Cloretos
NO ₂	Nitrito
NO ₃	Nitrato
NH ₄	Amônia
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio

Sumário

Capítulo 1	1
1. INTRODUÇÃO	2
1.1 Generalidades.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos	
Capítulo 2	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 Visão histórica das águas subterrâneas	6
2.2 Ciclo hidrológico das águas subterrâneas	6
2.3 Províncias hidrogeológica	6
2.4 Qualidade da água subterrânea e proteção dos poços	6
2.4.1 Parâmetros de qualidade da água subterrânea	6
2.5 Índice de Qualidade de Água (IQA)	6
2.5.1 Índice de Horton	6
2.5.2 Índice de Prati	6
2.5.3 Índice de Dinius	6
2.5.4 Índice Geral de Qualidade da Água (IGQA)	6
2.5.5 Índice de Qualidade de Água Utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)	6

2.5.6 Índice de Qualidade de Água de Bascarán (IQA _B)	6
Capítulo 3	4
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – ZONA URBANA DE JOÃO	
PESSOA	5
Capítulo 4	4
4. MATERIAIS E METODOS	5
4.1 Seleção dos poços para coleta de água	6
4.2 Escolha do IQA e dos parâmetros físico, químicos e microbiológico	6
Capítulo 5	4
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	5
Capítulo 6	4
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	5
Capítulo 7	4
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	5

1. INTRODUÇÃO

1.1 Generalidades

Desde a criação do mundo, conforme relatos da Bíblia Sagrada nos livros de Gêneses (24:13), Deuteronômio (8:7) e Juízes (1:14-15), a água é considerada de grande importância para a humanidade.

As civilizações surgiram e viviam as margens dos rios ou próximos as fontes jorantes, para manter sua sobrevivência. Utiliza sua água na irrigação das plantações e seu próprio consumo. Portanto, o uso da água para consumo humano é uma das funções mais nobre a que se destina. Ela é um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário.

Segundo Tucci (2002), cerca de 97% da água existente no globo terrestre é salgada constituindo os oceanos, 2% está nas calotas polares e apenas 1% é representado por água doce sob a forma líquida. Desse total de água doce disponível para uso da humanidade 97% encontra-se no subsolo, formando os lençóis subterrâneos e as superficiais representam menos de 3% do total, sendo, no entanto as mais usadas.

Assim, nos dias atuais, a água superficial é um recurso natural escasso, tanto em quantidade como em qualidade, pois sua utilização tem sido cada vez maior, em consequência da industrialização e agricultura irrigada. O crescimento das cidades com a ocupação desordenada e sem infra-estrutura adequada de saneamento básico, principalmente de esgotamento sanitário, pode contribuir para alterar a qualidade da água.

Por outro lado, a utilização da água subterrânea para fins de abastecimento doméstico e/ou industrial vem crescendo em escala acentuada, causando certa preocupação, devido às retiradas excessivas (super-exploração). Além disso, o desmatamento em áreas de recargas de aquífero; a impermeabilização de vastas áreas urbanas; a poluição derivada de aterros sanitários, de lançamentos de efluentes industriais e domésticos, de vazamentos em tanques de combustíveis enterrados são exemplos de ações que afetam a qualidade e a quantidade das reservas de água subterrânea.

Também, por total falta de controle e fiscalização dos órgãos competentes, tem ocorrido uma desenfreada perfuração de poços em perímetros urbanos, muitas vezes sem a preocupação ambiental, tornando o lençol subterrâneo vulnerável à contaminação.

Desta forma, a preservação da qualidade das águas subterrâneas representa, pois, um imperativo inadiável e medidas preventivas devem ser implantadas, sendo essencial para que se possam dar condições de realização de um gerenciamento integrado entre as águas superficiais e subterrâneas.

Segundo Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) João Pessoa, a capital do Estado da Paraíba, a utilização das águas subterrâneas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas, e as indicações são de que essa tendência deverá continuar. A comprovar esse fato, tem-se um crescimento contínuo do número de empresas privadas e órgãos públicos com atuação na pesquisa e captação dos recursos hídricos subterrâneos. Também é crescente o número de pessoas interessadas pela água subterrânea, tanto nos aspectos técnico-científico e sócio-econômico como no administrativo e legal.

No entanto, os estudos sobre água subterrânea na área de João Pessoa sempre estiveram mais vinculados à investigação geológica que à hidrológica. Nesse contexto, as informações disponíveis sobre a qualidade dessa água são ainda insuficientes e muito dispersas. As pesquisas existentes são poucas e descontinuas. Os dados que são gerados diariamente, por ocasião da execução de qualquer obra, com finalidade de pesquisar ou captar água subterrânea, e que poderiam conter informações técnicas preciosas e reais, tanto sobre os aspectos geológicos das

camadas de rochas existentes, como das características físico-químicas da água, está pulverizado e de certa forma indisponibilizados nas diversas empresas privadas e órgãos de governo.

Diante do exposto, este trabalho investigou a qualidade das águas subterrâneas, no perímetro urbano de João Pessoa, utilizando como ferramenta de análise dos resultados um IQA (Índice de Qualidade de Água), considerando sua importância para o abastecimento público, sua associação com a saúde da população e o processo de uso e ocupação do solo que é realizado sem um adequado planejamento.

1.2 Estrutura da dissertação

O Capítulo 1 trata da introdução onde são abordados, de forma geral, o tema águas subterrâneas e os conceitos básicos de perímetros de proteção de poços de uso público, além da justificativa, objetivo geral e objetivos específicos da pesquisa.

No Capítulo 2 se apresenta uma revisão bibliográfica do principal tema abordado nesta dissertação: águas subterrâneas, sua ocorrência, importância, hidrologia, províncias hidrogeológicas brasileiras e da bacia sedimentar Paraíba-Pernambuco, onde se assenta a cidade de João Pessoa, neste capítulo também é abordado alguns Índices de Qualidade de Água e principalmente o Índice de Qualidade de Água de Bascarán.

O capítulo 3 trata da caracterização da área de estudo e no Capítulo 4 encontram-se os aspectos metodológicos utilizados neste trabalho.

O Capítulo 5 exhibe os resultados obtidos para cada poço a respeito do Índice de Qualidade de Água de Bascarán e análises físicas, químicas e microbiológicas.

As conclusões e recomendações para futuros trabalhos são apresentados no Capítulo 6.

1.3 – Objetivos

1.3.1 – Objetivo geral

Aplicar um índice de qualidade de água, compatível com a realidade local, como ferramenta para o diagnóstico sobre a qualidade da água subterrânea no perímetro urbano do município de João Pessoa.

1.3.2 – Objetivos específicos.

- Analisar características naturais da água subterrânea, captada de poços profundos localizados na área de estudo considerando o abastecimento humano como um dos usos a que se destina;
- Analisar as condições ambientais no entorno dos poços utilizados como fonte de abastecimento, que podem comprometer a qualidade da água.
- Avaliar os níveis de poluição da água para consumo humano, considerando a Resolução 396/08 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.
- Fornecer aos órgãos competentes subsídios para a formulação de políticas, estratégias e ações de fiscalização e proteção dos poços no perímetro urbano de João Pessoa.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 – Visão histórica das águas subterrâneas

Nos cinco primeiros livros da Bíblia Sagrada, encontra-se em torno de vinte e cinco citações primordiais sobre o uso e importância que os poços tiveram para as tribos de Israel. Nos tempos bíblicos a escavação de poços era uma profissão apreciada. Abraão e Isaac são reconhecidos pelo seu sucesso como cavadores de poços (Gêneses 26:18).

Segundo Machado (2005), os registros arqueológicos mostram que a tecnologia de construção de poços de água alcançou um alto grau de sofisticação, há milhares de anos antes da Era Cristã. Jericó, a cidade mais antiga do mundo, já possuía uma cacimba integralmente revestida por tijolos.

O poço de José, localizado no Cairo, é o mais conhecido da era antes de Cristo e, perícias revelaram que o poço foi escavado em rocha sólida, e construído em duas partes: uma superior, com cerca de 50m de profundidade e secção de 5,50m x 7,30m, e outra inferior, com cerca de 40 metros de profundidade, perfazendo o todo um profundidade de 90 metros. A água era levantada por meio de caçambas sobre uma corrente sem fim, já o do poço inferior era acionado por jumentos que se moviam em uma câmara no fundo do poço superior (CETESB, 1978).

No século XII, na cidade de Artois (França), foi perfurado o primeiro poço substituindo as escavações, daí, o termo "poço artesiano". Um segundo poço foi perfurado em Grenelle perto de Paris, foi por muitos anos o poço mais profundo do mundo, a sua construção proporcionou um avanço na tecnologia de sondagem de poço, como também na perfuração de rochas e recuperação de ferramentas quebradas (CETESB, 1978).

Com o êxito alcançado na França prosseguiu-se com as perfurações na Inglaterra e na Alemanha. Alguns desses poços eram de grandes dimensões e proporcionaram aos geólogos oportunidades de examinarem a crosta da Terra em profundidades relativamente grandes (CETESB, 1978).

No Brasil, há um significativo aproveitamento dos aquíferos subterrâneos, tanto nas comunidades de pequeno porte, como também nas grandes cidades. Isso se deve à relativa facilidade de obtenção de água no subsolo, através de escavações de poços tubulares. Cerca de 300.000 o número de poços tubulares em operação no Brasil, sendo aproximadamente, 10.000 perfurações por ano. Os estados com maior número de poços perfurados são: São Paulo (40.000), Bahia, Rio Grande do Sul, Paraná, Ceará e Piauí (ABAS, 2008).

De acordo com informações obtidas junto a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, dos 223 municípios existentes no estado da Paraíba, 49 são abastecidos por poços sendo 45 integralmente e quatro parcialmente.

Na cidade de João Pessoa, segundo dados extra-oficial da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba - CAGEPA, menos de 7% da água subterrânea é utilizada para o abastecimento público. Porém, essa Companhia dispõe de 30 poços artesianos distribuídos no perímetro urbano, sendo que apenas 13 deles estão em funcionamento e os demais se encontram em standy-by, para serem utilizados em períodos de estiagem prolongada.

2.2 – Hidrologia e a água subterrânea

O ciclo hidrológico (Figura 1) compreende o movimento contínuo da água entre a terra e a atmosfera através de processos de evaporação da superfície da água e do solo, além da transpiração das plantas e a precipitação.

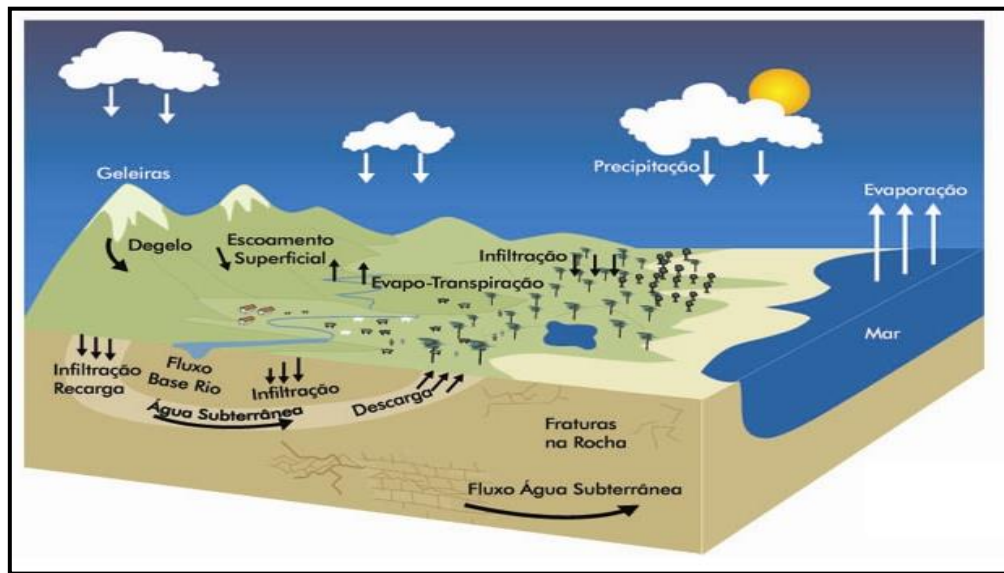


Figura 1 - Ciclo Hidrológico
Fonte: Brasil, 2004.

Quando a precipitação atinge a superfície da Terra ela tem dois caminhos a seguir: escoar na superfície ou infiltra-se no solo. O escoamento superficial é responsável pelo deslocamento da água sobre o solo, formando córregos, lagos e rios e eventualmente atingindo o mar. A quantidade de água que escoar depende dos seguintes fatores principais: intensidade da chuva e capacidade de infiltração do solo.

No planeta Terra, a água encontra-se distribuída de forma desigual conforme se observa no Quadro 1.

TIPO	OCORRÊNCIA	VOLUMES (KM³)
Água doce superficial	Lagos Rios	1.250 125.000
Água doce subterrânea	Umidade do solo Até 800 metros Abaixo de 800 metros	67.000 4.164.000 4.164.000
Água doce sólida (gelo)	Geleiras e Glaciais	29.200.000
Água salgada	Oceanos Lagos e mares salinos	1.320.000.000 105.000
Vapor de água	Atmosfera	12.900
Total		1.360.000.000

Quadro 1 – Distribuição da água na terra
Fonte: Pedrosa e Caetano, 2002

De acordo com a distribuição das águas exposto no Quadro 1, os lençóis subterrâneos é o segundo maior “reservatório de água” existente na natureza.

No entanto, as águas subterrâneas são armazenadas nas rochas e/ou depósitos sedimentares que se acumularam ao longo de milhares de anos e se encontram, sob condições naturais, numa situação de equilíbrio governada por um mecanismo de recarga e descarga (MANOEL FILHO, 2000).

A quantidade de água capaz de ser armazenada pelas rochas e pelos materiais não consolidados em geral (solos e sedimentos) depende da porosidade, da comunicação destes poros entre si, ou da quantidade e tamanho das aberturas de fraturas existentes. Já a área onde se acumula a água no subsolo é denominada “zona saturada”, que por sua vez é delimitada em sua porção superior pelo “nível freático”.

O nível freático pode encontrar-se a qualquer profundidade debaixo da superfície. As áreas onde se acumulam as águas subterrâneas são conhecidas como “aquífero” e existem três tipos que são: o suspenso, livre e o confinado.

O reabastecimento destes aquíferos ocorre somente nos locais onde a formação portadora de água aflora a superfície nas chamadas zonas de recarga (Figura 2). Estas áreas precisam ser preservadas, nenhuma atividade potencialmente poluidora deve se instalar na mesma, a exemplo de distritos industriais, áreas de agricultura tradicional, aterros sanitários, cemitérios, etc.

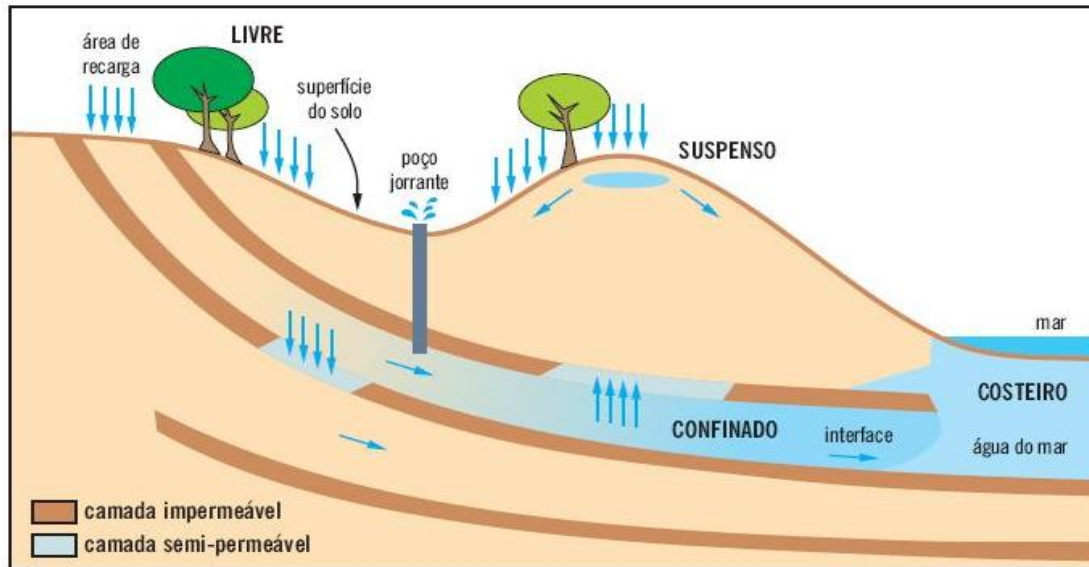


Figura 2 – Tipos de aquíferos e área de recarga
Fonte: Pereira, 2000

2.3 – Províncias hidrogeológica

As províncias hidrogeológica são extensões territoriais, definidas por suas características geológicas, principalmente a litológica, tectônica e estrutural. Baseando-se nestas características são identificados dez (10) domínios onde as condições de estocagem (porosidade), de fluxo (permeabilidade) e de recarga natural (infiltração das chuvas) são relativamente similares e compostas de diferentes sistemas de aquíferos.

No Brasil conforme Ministério do Meio Ambiente – MMA (Brasil, 2010), as províncias hidrológicas foram divididas em: Província do Escudo Setentrional, Província Amazonas, Província Escudo Central, Província do Parnaíba, São Francisco, Província do Escudo Oriental, Província do Paraná, Província do Escudo Meridional, Província do Centro-Oeste e a Província Costeira. As províncias do Escudo Oriental, Centro Oeste e a Costeira são compostas de sub-províncias de acordo com a Figura 3.

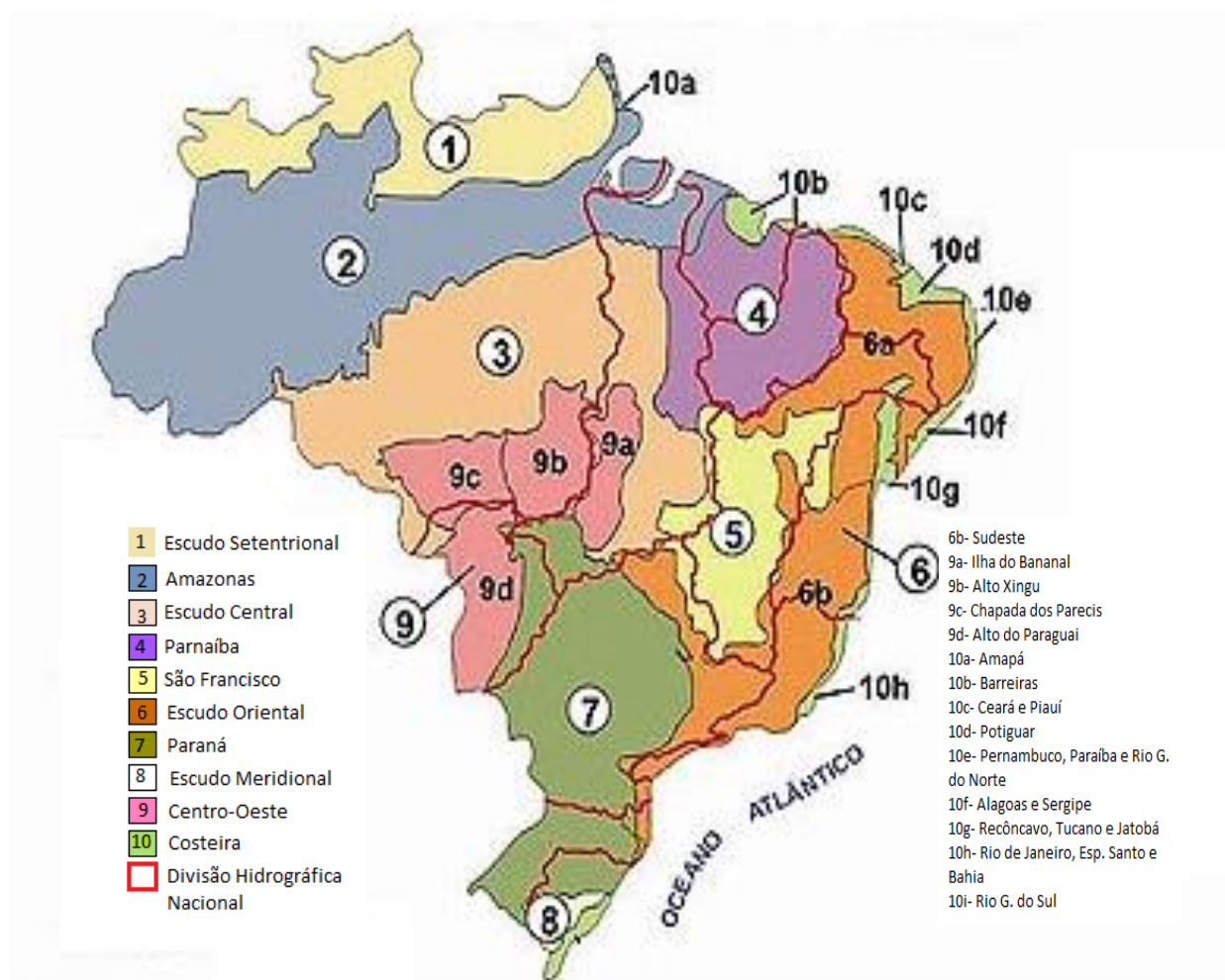


Figura 3 – Províncias e sub-províncias hidrogeológicas do Brasil
Fonte: Brasil, 2010

A província Costeira que corresponde à extensa faixa litorânea do país, estende-se desde o Amapá até Rio Grande do Sul, sendo formada de nove sub-províncias, das quais sete ocorrem na região nordeste: Barreirinhas; Ceará e Piauí; Potiguar; Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte; Alagoas e Sergipe; Tucano, Recôncavo e Jatobá; Litoral da Bahia.

A sub-província Pernambuco-Paraíba ocupa o litoral norte do Estado de Pernambuco e estende-se desde o perímetro urbano de Recife, onde é limitada pelo Lineamento Pernambuco, até o vale do rio Camaratuba, ao norte do município de João Pessoa, estando separada da Bacia Potiguar ao norte pelo Alto de Touros e da Bacia de Alagoas ao sul, pelo Alto de Maragogi (SANTOS *et al.*, 2002).

A bacia Paraíba é subdividida em três sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri conforme Figura 4. Nesta bacia quatro formações são encontradas: Beberibe, Itamaracá, Gramame e Maria Farinha (BARBOSA *et al.*, 2003).

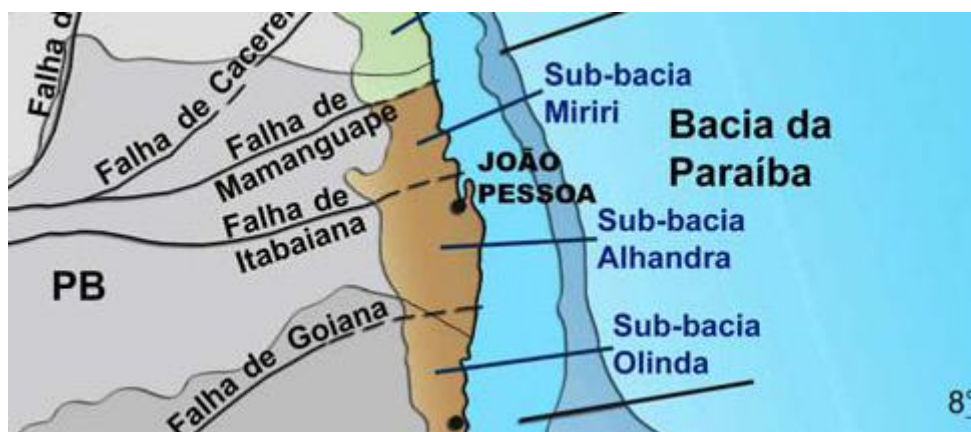


Figura 4 - Divisão da bacia Paraíba
Fonte: Adaptado de Barbosa; Lima Filho, 2005

A formação Beberibe é o principal aquífero do perímetro urbano de João Pessoa e utilizado amplamente para abastecimento público.

Este aquífero é denominado simplesmente de “aquífero Beberibe”, um dos mais importantes da região, possui elevada permeabilidade e espessura média em torno de 200 metros (BEZERRA *et al.*, 1971 *apud* Lira, 2005). A produtividade varia de média a elevada e os poços

que captam água desse aquífero possuem uma vazão específica média em torno de 3 m³/h e vazões médias de 58 m³/h (COSTA, 1998).

2.4 – Qualidade da água subterrânea e proteção de poços

A composição química da água subterrânea é altamente dependente da litologia do local do aquífero, uma vez que o tempo de exposição da mesma à rocha é elevado.

No entanto, durante a percolação, a água atravessa a zona não saturada e, nesse movimento pode apresentar teores de soluto superiores aos do aquífero. Assim, a variação da qualidade da água com a profundidade é função da litologia das diversas camadas que a mesma atravessa.

A qualidade da água subterrânea também se relaciona com os produtos de atividades humana desenvolvida na superfície. Durante a infiltração a água atravessa a zona não saturada e, este movimento é o meio principal de penetração de poluentes e, conseqüentemente o acúmulo nas reservas de água subterrânea. Assim, poluentes de diversos tipos podem percolar até o aquífero seja a partir de áreas urbanas e/ou rurais.

A contaminação de aquíferos é um fenômeno muito mais preocupante do que os mananciais superficiais, visto que estes rapidamente se recuperam após cessar o lançamento de poluentes. Já para os aquíferos a recuperação apresenta custos elevadíssimos e pode ser tão demorado que muitas vezes o mesmo é dado como perdido.

Com o crescimento urbano tem aumentado os riscos de contaminação dos aquíferos, devido ao chorume dos lixões e/ou aterros sanitários, disposição direta de esgotos domésticos no solo, fossas sépticas sem a devida observância das normas, má impermeabilização de lagoas de estabilização, vazamentos em tanques de armazenamento de produtos tóxicos derivados de petróleo e outros. A Figura 5 apresenta focos de poluentes existentes no meio urbano, que se não forem bem monitorados podem contaminar diretamente os lençóis subterrâneos, deixando, a

oferta de água em quantidade e qualidade adequadas cada vez mais difícil, principalmente para o consumo humano.

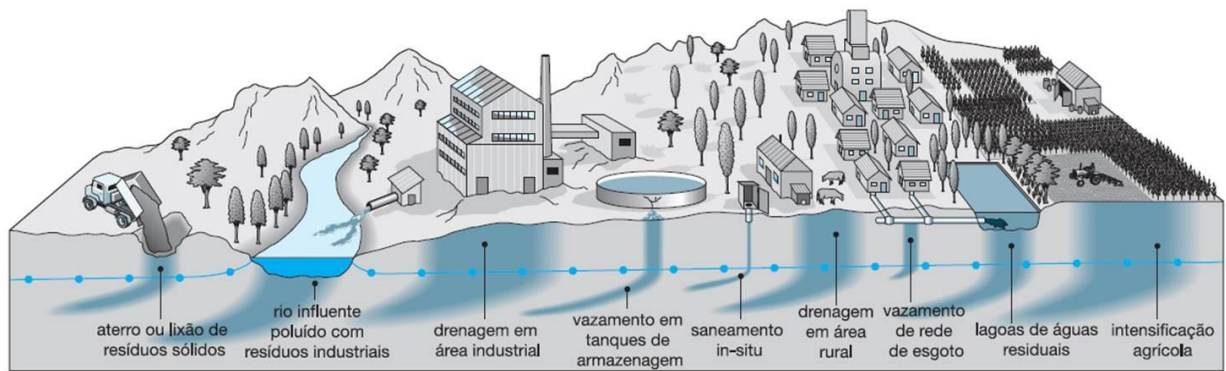


Figura 5 - Focos de poluição da água subterrânea

Fonte: Banco Mundial, 2006

Para Oliveira (1994), a água subterrânea é um recurso estratégico, merecedor de proteção contra agentes nocivos e ações prejudiciais, o que para isso recomenda-se a adoção da seguinte estratégia preservacionista:

- Atenuar os efeitos danosos das cargas contaminantes sobre os aquíferos.
- Evitar a deposição de carga contaminante nas áreas de elevada vulnerabilidade natural dos aquíferos.
- Estabelecer zonas de proteção especial em torno dos poços tubulares para abastecimento urbano.
- Estabelecer controle sobre a perfuração de poços tubulares profundos, a fim de evitar poços mal construídos, abandonados ou danificados que possam contaminar as águas do aquífero.
- Identificar e eliminar os possíveis pontos de contaminação do aquífero confinado.

Segundo Leitão *et.al* (2003) os perímetros de proteção constituem uma das formas mais antigas de proteger uma captação de água subterrânea por implicarem restrições na utilização do terreno envolvente.

De acordo com Ciabatti & Lobo Ferreira (1994) nas zonas de proteção entorno dos poços, as atividades susceptíveis de contaminação são proibidas ou restringidas. Neste propósito, estes autores definem três zonas de proteção, a saber:

- **Zona de Proteção Imediata** – zona contígua à captação. No seu interior é proibida toda atividade e/ou instalações, exceto as relacionadas à conservação, manutenção ou exploração da captação. Na sua delimitação é utilizado um tempo de propagação de 24 horas.
- **Zona de Proteção Intermediária** – área ao redor da zona de proteção imediata. Tem como objetivo proteger o aquífero contra a poluição microbiológica reduzindo ou eliminando a poluição antes de alcançar a captação. No seu dimensionamento é utilizado um tempo de propagação de 50 dias.
- **Zona de Proteção Alargada** - área ao redor da zona de proteção intermediária. Nesta são proibidas atividades e/ou instalações capazes de poluir os recursos subterrâneos com contaminantes persistentes, como combinações orgânicas, substâncias radioativas, metais pesados, hidrocarbonetos e nitratos, levando em conta a natureza do terreno, a quantidade de contaminantes, como também o modo de emissão destes contaminantes. A sua área é delimitada com base em um tempo de propagação aproximadamente igual há 10 anos.

A Figura 6 representa esquematicamente as zonas de proteção no entorno do poço.

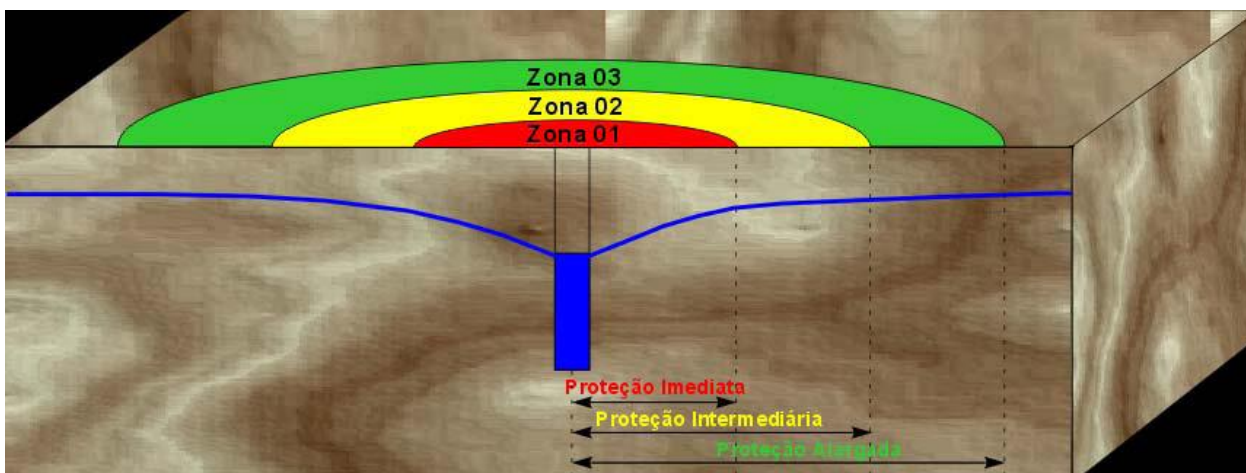


Figura 6 - Representação esquemática das zonas de proteção no entorno dos poços
 Fonte: adaptado de Krijgsman & Lobo Ferreira, 2001, apud Barbosa, 2007

Barbosa (2007) sugeriu a delimitação de áreas de proteção para os poços da CAGEPA localizado no perímetro urbano de João Pessoa, com base na Legislação Portuguesa através do Decreto Lei N°382/99 de 22 de Setembro de 1999 que defini áreas de proteção de captações. Assim baseado nesta legislação, foi utilizado o Método do Raio Fixo Calculado para efetuar o cálculo das áreas de proteção das Zonas Imediata, Intermediária e Alargada dos poços referidos.

Após delimitação das áreas de proteção, Toscano (2008), fez o levantamento do uso e ocupação do solo e concluiu que:

- Nos perímetros de proteção imediatos, onde não deve existir nenhuma atividade antrópica, foi detectada até a presença de edificações e oficina (borracharia), além da necessidade de limpeza da área em alguns casos.
- Nos perímetros de proteção intermediários encontram-se postos de combustíveis e uma oficina, usos que deveriam ser proibidos nesta zona, como também, edificações e ausência de rede coletora de esgoto e o conseqüente uso de fossas sépticas como efluentes finais de resíduos domésticos
- Nos perímetros de proteção alargados localizam-se indevidamente duas tinturarias, um lixão, e rodovias onde ocorre o transporte de cargas perigosas, oficinas, postos de combustíveis, depósitos de sucata, um cemitério e a ausência de rede coletora de esgotos em diversas áreas.

No Brasil, apesar não existir leis que delimitem áreas para proteger os aquíferos, podem ser encontrados alguns dispositivos legais, tais como a Resolução 396 de 03 de abril de 2008 que presume a implantação de Áreas de Proteção, Perímetros de Proteção de Poços de Abastecimento e Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea. Essa Resolução classifica e enquadra o aquífero de acordo com os limites preestabelecidos através de parâmetros físicos, químicos e biológicos, de modo a assegurar os usos preponderantes das águas.

De acordo com o Art. 29 da Resolução citada, o enquadramento das águas subterrâneas será realizado por aquífero, conjunto de aquíferos ou porções desses, na profundidade onde estão ocorrendo às captações para os usos preponderantes, devendo ser considerados no mínimo:

- I - a caracterização hidrogeologia e hidrogeoquímica.
- II - a caracterização da vulnerabilidade e dos riscos de poluição.
- III - o cadastramento de poços existentes e em operação.
- IV - o uso e a ocupação do solo e seu histórico.
- V - a viabilidade técnica e econômica do enquadramento.
- VI - a localização das fontes potenciais de poluição.
- VII - a qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas.

Neste trabalho também foi abordado a Portaria do Ministério da Saúde nº 518/2004, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água distribuída para o consumo humano. Assim, nesta portaria são estabelecidos limites mínimos e máximos dos componentes físico-químicos e microbiológico que o organismo humano pode suportar diariamente. Como, os poços pesquisados são utilizados para abastecimento público é importante a avaliação destes parâmetros.

Logo, os resultados obtidos foram avaliados segundo a Resolução 396/08 CONAMA e o Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_B) e segundo a Portaria 518/04, do Ministério da saúde, para águas subterrâneas.

2.4.1 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea

Os diversos componentes presentes na água, que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados de uma maneira simplificada em termos das suas características físicas, químicas e biológicas. Obviamente, o conceito de “impurezas da água”, tem significado muito relativo dependendo das características próprias da substância poluidora e do seu teor face ao uso específico para o qual a água se destina. Podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidades da água.

Parâmetros Físicos:

- Cor – resulta da existência de substâncias em solução na água. A coloração pode ser causada pela presença de ferro ou manganês, decomposição da matéria orgânica (principalmente vegetais), presença de algas e ainda, introdução de esgotos industriais e domésticos nos corpos hídricos.
- Sabor e Odor – resultam da interação do gosto da água (doce, amargo, salgado e azedo) com o odor que está relacionado com o olfato (cheiro). São causados por impurezas orgânicas dissolvidas.
- Temperatura – devida a radiação solar, mas pode também está relacionada com os despejos industriais, de termelétricas e de usinas atômicas que operem nas margens do lago ou reservatório.
- Turbidez – indica o grau de dificuldade de um feixe de luz em atravessar certa quantidade de água, conferindo-lhe uma aparência turva. Os principais constituintes da turbidez são os sólidos em suspensão que podem ser de origem natural ou antropogênica

Parâmetros Químicos:

- Alcalinidade – relaciona-se as espécies iônicas, que são causadas por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio. Na água subterrânea devida as rochas que a água percola, a alcalinidade pode ser devida aos carbonatos e bicarbonatos, como também, aos íons hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amônia.
- Cloretos – origina-se da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar. Também podem advir dos esgotos domésticos ou industriais em altas concentrações, conferindo assim, um sabor salgado à água ou propriedades laxativas.
- Condutividade – indica, aproximadamente, o grau de mineralização da água, ou seja, está relacionado com a quantidade de íons dissolvidos na água, os quais conduzem corrente elétricos. Quanto maior a quantidade de íons, maior a condutividade.
- Dureza – resulta da presença na água, de sais principalmente, alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade, em teores elevados. A dureza deixa a água com um sabor desagradável, tem efeitos laxativos, reduz a formação da espuma do sabão e também provoca incrustações nas tubulações e caldeiras.
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – indica, aproximadamente, a concentração de matéria orgânica carbônica presente na água. É um parâmetro de grande importância no controle da poluição e está relacionado com a quantidade de oxigênio que as bactérias necessitam na decomposição da matéria orgânica.
- Amônia – este composto pode estar presente na água natural, em pequenas quantidades, devido ao processo de degeneração da matéria orgânica animal e vegetal. A amônia em grande quantidade na água é tóxica aos peixes.
- Nitrito – é formado durante a decomposição da matéria orgânica e, posteriormente, é transformado em Nitrato. Na água em quantidade superior a 0,1mg/L, não é recomendável para consumo humano, pois o mesmo em crianças causa uma doença chamada metemoglobinemia, também conhecida como doença do bebê azul.

- Nitrato – após a formação do nitrito o composto de amônia sofre uma nova transformação surgindo assim o nitrato, que é o estágio final do ciclo do nitrogênio. Concentrações acima de 10 mg/L deste composto, são prejudiciais a saúde humana, como também a sobrevivência dos animais aquáticos.
- pH - Potencial hidrogeniônico está relacionado com a quantidade de íons livre de hidrogênio em solução aquosa, ou seja, quanto maior a quantidade de íons de hidrogênio em solução menor o pH e vice-versa.
- Sólidos – ocorrem devido à presença na água, de partículas que podem está em suspensão ou em solução, ser sedimentáveis ou não e orgânicas ou minerais.

Parâmetros biológicos:

- Coliformes - são indicadores de presença de microrganismos patogênicos na água.
- Coliformes termotolerantes – existem em grande quantidade nas fezes humanas e, quando encontrados na água, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microrganismos patogênicos.

2.5 Índice de Qualidade de Água (IQA)

Programas de monitoramento da qualidade da água são estabelecidos para avaliar as substâncias presentes na mesma sob os aspectos físicos, químicos e biológicos (SANTOS et al., 2001). Nesses programas a seleção dos parâmetros depende do objetivo da pesquisa, levando-se em consideração os usos preponderantes da água, uso e ocupação do solo e as potenciais fontes poluidoras.

Nesse contexto, Índices de Qualidade tem sido propostos visando resumir as variáveis analisadas em um número, que possibilite analisar a evolução da qualidade da água no tempo e

no espaço e que facilite a interpretação de extensas listas de variáveis ou indicadores (GASTALDINI & SOUZA, 1994).

Para Ott *apud* Leite & Fonseca (1994), índices de qualidade de água podem ser utilizados para diversas finalidades, tais como:

- Distribuição de recursos: repartição de verbas e determinação de prioridades.
- Ordenação de áreas geográficas: comparação de condições ambientais em diferentes áreas geográficas.
- Imposição de normas: determinação do cumprimento ou não da legislação ambiental.
- Análise de tendências: avaliação de mudanças na qualidade ambiental, em determinado período de tempo e acompanhamento da qualidade dos recursos hídricos superficiais.
- Informação ao público: informe à população sobre as condições de qualidade ambiental em determinado ecossistema.
- Pesquisa científica: redução de uma grande quantidade de dados, atuando como ferramenta para o estudo dos fenômenos ambientais.
- Identificar problemas de qualidade de água que demandem estudos especiais em trechos de rios.
- Servir de instrumentos para a gestão dos recursos hídricos.

De uma forma geral IQA (Índices de Qualidade de Água) é uma ferramenta importante no monitoramento da qualidade de água, levando em conta os parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados através de metodologia específica. Esta forma de apresentar os resultados analíticos facilita o entendimento da população.

Nos anos 70, do século XX, os Estados Unidos começaram os primeiros estudos de IQA (CETESB, 2001), este IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF), com base no método DELPHI (da Rand Corporation), uma técnica de pesquisa de opinião que pode ser utilizada para extrair informações de um grupo de profissionais, buscando uma maior convergência nos dados dos parâmetros (PAIVA *et al*, 2001).

Já no Brasil desde 1975 a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, utiliza como base estes estudos e fez uma adaptação para as condições brasileiras (CETESB, 2001). Além desse outros índices utilizados no Brasil são: Índices de Prati, Carlson, Dinius, Bascarán, McDuffie e Horton, sendo os últimos utilizados em menor escala.

2.5.1 Índice de Estado Trófico (IET)

Este modelo foi proposto por Carlson em 1977, para avaliar os meios aquáticos no estado de trófico. O mesmo definiu um índice desse estado, usando uma transformação linear da transparência pelo disco de Secchi, que avalia a concentração de biomassa. Pela sua simplicidade e objetividade, esse índice é um dos mais utilizados para a classificação de lagos.

Apesar da simplicidade e objetividade dos resultados, o fato de ter sido desenvolvido com base em dados de reservatórios de regiões de clima temperado, pode restringir sua aplicação a regiões de clima tropical. Desta maneira Toledo *et al* (1984), propôs modificações na formulação matemática do IET de Carlson, visando adaptá-los às condições climáticas de ambientes tropicais com base em uma pesquisa realizada no reservatório de Barra Bonita- SP.

As equações obtidas de 01, 02, 03 representam o Índice do Estado Trófico de Carlson e os 04,05, 06 e 07 correspondem ao Índice de Estado Trófico modificado (IETm) proposto por Toledo (1984).

$$IET (DS) = 10 \left(6 - \frac{\ln DS}{\ln 2} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

$$IET (CHL) = 10 \left(6 - \frac{2,04 - 0,68 + \ln CHL}{\ln 2} \right) \quad (\text{Equação 2})$$

$$IET (PT) = 10 \left(6 - \frac{\ln 48/PT}{\ln 2} \right) \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$IET (DS)$ = índices de estado trófico para o disco de Secchi;

$IET (CHL)$ = índices de estado trófico para a clorofila a;

$IET (PT)$ = índices de estado trófico para o fósforo total.

$$IET (DS) = 10 \left(6 - \frac{0,64 + \ln (DS)}{\ln 2} \right) \quad (\text{Equação 4})$$

$$IET (CHL) = 10 * \left\{ 6 - \frac{2,04 - 0,695 * (\ln CHL)}{\ln 2} \right\} \quad (\text{Equação 5})$$

$$IET (PT) = 10 * \left[6 - \frac{\ln (80,32/PT)}{\ln 2} \right] \quad (\text{Equação 6})$$

$$IET (PSR) = 10 * \left[6 - \frac{\ln (21,67/PSR)}{\ln 2} \right] \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

$IET (DS)$ = índices de estado trófico para o disco de Secchi;

$IET (CHL)$ = índices de estado trófico para a clorofila a;

$IET (PT)$ = índices de estado trófico para o fósforo total;

$IET (PSR)$ = índices de estado trófico para o fósforo solúvel reativo.

2.5.2 Índice de Horton

Em 1965, o pesquisador alemão, Robert K. Horton fez à primeira apresentou formalmente um IQA, referindo-se aos índices como ferramenta para a avaliação dos programas de redução da poluição e para informação pública (DERÍSIO, 2000 *apud* Almeida 2007).

Para seleção Horton seguiu os seguintes critérios:

- O número de variáveis seria limitado, garantindo assim a praticidade;
- As variáveis seriam significativas em todo o país;
- As variáveis deveriam refletir a disponibilidade dos dados.

De acordo com os critérios o referido autor, selecionou oito parâmetros de qualidade OD, pH, coliformes fecais, alcalinidade, cloreto, condutividade, tratamento de esgoto (% da população atendida), CCE - Carbono Cloriforme Extraído e atribuiu a cada um deles um peso que variou de 1 a 4. Não foram levadas em consideração as substâncias tóxicas, pois para Horton “em nenhuma circunstância os cursos de água deveriam conter substâncias que fossem prejudiciais aos seres humanos, animais ou à vida aquática”.

Este índice usa uma função de agregação de soma linear. Trata-se, basicamente, de um somatório ponderado de sub-índices, divididos pelo somatório dos pesos multiplicado por dois coeficientes (M1 e M2). Os coeficientes consideram a temperatura (M1) e a poluição manifesta (M2) e a eles são atribuídos valores 1 ou ½ (ALMEIDA, 2007).

Este cálculo é realizado conforme exposto a seguir na equação 8:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

$I = 1$

W_i = peso de cada parâmetro (i) que entra no cálculo;

l_i = sub-índice do parâmetro (i);

M1 = coeficiente que reflete a temperatura;

$M1 = 1$ se $T < 34^{\circ}\text{C}$;

$M1 = 0,5$ se $T > 34^{\circ}\text{C}$;

$M2$ = coeficiente que reflete a poluição aparente;

$M2 = 1$ se sólidos sedimentáveis $< 0,1$ ml/l;

$M2 = 0,5$ se sólidos sedimentáveis $> 0,1$ ml/l

2.5.3 Índice de Prati

Em 1971 Prati *et al*, propuseram um índice para águas superficiais, também denominado Índice Implícito de Poluição de Prati, baseado nos sistemas de classificação da qualidade da água usado em vários países da Europa e alguns estados dos EUA.

O índice envolve 13 parâmetros, os quais classificam a qualidade da água considerando cinco categorias, tendo sido designado para cada categoria limites de variação dos parâmetros. Para cada parâmetro foi determinado um sub-índice utilizando equações matemáticas, consistentes com a classificação através dos limites da variação, baseadas em critérios pessoais quanto à severidade dos efeitos da poluição.

Utilizaram equações lineares para os parâmetros: DBO_5 , DQO e manganês; funções não lineares para: sólidos em suspensão, amônia, nitrato e ferro; e para os demais parâmetros foram utilizadas uma série de outras equações definidas em função de diferentes limites de variação de cada um deles, resultando em equações não lineares segmentadas. O índice é calculado como a média aritmética dos 13 sub-índices. É um índice crescente que varia de 0 a 14 e quanto maior for o seu valor, pior é a poluição (PNMA, 2008).

2.5.4 Índice de Dinius

Este índice proposto por Dinius sugere o desenvolvimento de um sistema simples de contabilidade social para medir os custos e impactos das medidas de controle de poluição. Para ele este sistema facilitaria a divulgação de informações de dados de qualidade ambiental ao público e administradores, desta forma ajudaria aos gestores a economizar dinheiro.

O índice inclui 11 parâmetros que são: condutividade elétrica, cor, ph, temperatura, alcalinidade, cloretos, DBO, dureza, OD, coliforme fecal, coliforme total. Considerando que os usos específicos da água poderiam ser adaptados através da interpretação do valor do índice para cada uso da água, (Dinius *apud* OTT, 1978) elaborou equações para os sub-índices, baseado no somatório ponderado dos sub-índices, determinados através de funções matemáticas, sendo que cada um deles foi desenvolvido a partir de pesquisa na literatura científica e em estudos realizados por vários especialistas. Os pesos também foram baseados em estudos da importância de cada parâmetro poluente.

2.5.5 Índice Geral de Qualidade da Água, IGQA

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) propôs o Índice Geral de Qualidade da Água, IGQA, desenvolvido por Facincani *et al*, (2000), que se fundamentou principalmente, nas seguintes premissas básicas:

- 1- Atender o requisito quanto ao controle gerencial para águas distribuídas.
- 2- Estabelecer um indicador padrão possibilitando comparações entre regiões.
- 3- Ser utilizado para comunicação sobre a qualidade da água.
- 4- Ter periodicidade flexível, (adotou-se na implantação a periodicidade mensal).
- 5- Permitir inclusão ou exclusão de parâmetros mediante a devida calibração.
- 6-Determinar o afastamento dos limites dos parâmetros fixados pelas legislações.
- 7- Refletir a frequência dos afastamentos dos limites dos parâmetros definidos pelas legislações.
- 8- Minimizar o efeito de mascaramento de uma ocorrência desfavorável por um universo de ocorrências favoráveis.

Tal Índice é calculado, mensalmente, através do agrupamento dos dados medidos em amostras da rede de distribuição, cujos parâmetros são reunidos em três diferentes grupos separados por características de semelhança:

- Grupo 1: Parâmetro bacteriológico (coliformes totais).
- Grupo 2: Parâmetros orgânicos ou inorgânicos que podem afetar a saúde da população (cádmio, chumbo, cloro residual livre, cromo total, flúor e trihalometanos).

- Grupo 3: Parâmetros que podem interferir na qualidade organoléptica da água (alumínio, cor aparente, ferro total, pH e turbidez).

O valor do IGQA é obtido através de correlações matemáticas dadas ao conjunto de doze parâmetros analíticos pertencentes aos três grupos, cujo resultado numérico é transformado em significado descritivo ou qualitativo, variando de impróprio à excelente

2.5.6 Índices de Qualidade de Água Utilizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)

A CETESB adaptou National Sanitation Foundation dos Estados Unidos o IQA - Índice de Qualidade das Águas, que incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público (CETESB, 2010).

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresentam cada parâmetro, segundo uma escala de valores "rating". Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente 9 foram selecionados. Dessa forma, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade da água de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente.

Segundo Braga *et al* (2005), o IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez, equação 9.

Calculo do IQA:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \Pi \quad \text{(Equação)}$$

9)

Onde:

- IQA: Índice de Qualidade da Água, um número entre 0 e 100;
- q_i : qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100;
- w_i : peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.
- n: número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

No caso de não se dispor do valor de algum dos nove parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado. A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade da água bruta, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, Quadro 2.

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Quadro 2 – Indicador de qualidade de água

2.5.7 Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_B).

O Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA_B se diferencia dos demais pela sua flexibilidade, pois, ele permite a introdução ou exclusão de variáveis de acordo com as necessidades ou limitações para obtenção de dados. Sendo assim, é possível definir um índice básico com um número reduzido de variáveis e outro completo com maior número de variáveis (RIZZI, 2001). Contudo, esta ferramenta de qualidade proporciona um valor global de qualidade

de água, incorporando valores individuais de uma série de parâmetros. Dessa forma, considerando-se a realidade local, utilizou-se neste trabalho o IQA_B.

O calculo é realizado conforme a equação 10:

$$\text{IQA}_B = K \times \sum C_i P_i / \sum P_i \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

C_i = valor percentual correspondente ao parâmetro, definido no quadro 3.

P_i = peso correspondente a cada parâmetro (quadro 3) (no caso valores da última linha denominada valor percentual ou "valoração quantitativa").

K = constante de ajuste em função do aspecto visual da água, atribuída conforme a seguinte escala: **1,00** para água clara sem aparente contaminação; **0,75** para água com ligeira cor, espuma, ligeira turbidez aparente não natural; **0,50** para água com aparência de estar contaminada e com forte odor; **0,25** para água negra que apresenta fermentações e odore.

Os valores de qualidade de água, para cálculo do IQA_B, expresso no quadro 3 são genéricos e, portanto suscetíveis de conduzir a erros quando se trata de determinar a qualidade da água para uso específico. Portanto, o valor de IQA_B varia de zero a 100 e corresponde a uma escala qualitativa de caracterização que vai desde aspecto Péssimo ao Excelente (coluna aspecto aparente ou "valoração qualitativa" do Quadro 3).

Parâmetro	pH*	Condutividade (µmhos/cm)	Oxigênio Dissolvido (mg/l)	Redução Permanganato (mg/l)	Coliformes Totais (n°/100 ml)	Nitrogênio Amomiacal (ppm)	Cloreto (ppm)	Temperatura (°C)	Detergentes (mg/l)	Cor* (hansen)	Turbidez* (NTU)	CO ₂ Livre* (mg/l)	Aspecto Aparente (qualidade)	Valor Percentual al Vp %
Peso	1	4	4	3	3	3	1	1	4	2	4	3		
	1	>16.000	0	>15	>14.000	>1,25	>1.500	>50 / > -8	>3,00	>250	>400	>80	Péssimo	0
	2	12.000	1	12	10.000	1,00	1.000	45 / -6	2,00	100	250	50	Muito Ruim	10
	3	8.000	2	10	7.000	0,75	700	40 / -4	1,50	60	180	40	Ruim	20
Valor	4	5.000	3	8	5.000	0,50	500	35 / -2	1,00	40	100	30	Desagradável	30
Análítico	5	3.000	3,5	6	4.000	0,40	300	32 / 0	0,75	30	50	20	Improprio	40
Do	6	2.500	4	5	3.000	0,30	200	30 / 5	0,50	20	20	10	Normal	50
Parâmetro	6,5	2.000	5	4	2.000	0,20	150	28 / 10	0,25	15	18	9	Aceitável	60
	9	1.500	6	3	1.500	0,10	100	26 / 12	0,10	10	15	8	Agradável	70
	8,5	1.250	6,5	2	1.000	0,05	50	24 / 14	0,06	5	10	7	Bom	80
	8	1.000	7	1	500	0,03	25	22 / 15	0,02	4	8	5	Muito Bom	90
	7	<750	7,5	<0,5	<50	0	0	21 / 16	0	<3	<5	<3	Excelente	100
Parâmetro	Dureza ou Alcalinidade* (mg/l CaCO ₃)	Sólidos Dissolvidos (mg/l)	Praguicidas (ppm)	Graxas e óleos (ppm)	Sulfatos (ppm)	Nitratos (ppm)	Cianetos (ppm)	Sódio (mg/l)	Caio (mg/l)	Magnésio (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Valor Percentual al %
Peso	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	
	>1.500	>20.000	>2	>3	>1.500	>100	>1	>500	>1.000	>500	>500	>1	>15	0
	1.000	10.000	1	2	1.000	50	0,6	300	600	300	300	0,50	12	10
	800	5.000	0,4	1	600	20	0,5	250	500	250	200	0,25	10	20
Valor	600	3.000	0,2	0,60	400	15	0,4	200	400	200	100	0,20	8	30
Análítico	500	2.000	0,1	0,30	250	10	0,3	150	300	150	50	0,15	6	40
Do	400	1.500	0,05	0,15	150	8	0,2	100	200	100	30	0,10	5	50
Parâmetro	300	1.000	0,025	0,08	100	6	0,1	75	150	75	20	0,05	4	60
	200	750	0,01	0,04	75	4	0,05	50	100	50	10	0,025	3	70
	100	500	0,005	0,02	50	2	0,02	25	50	25	5	0,010	2	80
	50	250	0,001	0,01	25	1	0,01	15	25	15	1	0,005	1	90
	<25	<100	0	0	0	0	0	<10	<10	<10	0	0	<0,5	100

Quadro 3 - Valor percentual atribuído aos parâmetros de qualidade de água para cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQAg) (ampliado para contemplar cor, turbidez e CO₂)

Fonte: Bascaran (1979) adaptado Coneza (1997)

*Os valores correspondentes a Cor, Turbidez e CO₂ livre foram introduzidos pois são parâmetros que normalmente se determinam nas Estações de Tratamento de Água.

A seguir, apresenta-se um exemplo prático da aplicação do IQA_B realizado na Estação de Tratamento de Água de Iguaçu no ano de 1994. No Quadro 4 encontra-se os resultados analíticos da água desta estação de tratamento.

Meses	PH	Matéria Orgânica (mg/l)	CO₂ mg/l	Cor	Turbidez (NTU)	Alcalinidade (mg/l de CaCO₃)
Janeiro	6,95	9,45	10,46	182,50	32,20	28,66
Fevereiro	6,60	14,00	18,58	221,00	52,30	24,00
Março	6,40	9,35	16,86	122,90	24,40	22,00
Abril	6,70	9,10	15,12	93,10	18,70	29,50
Mai	6,70	6,75	13,26	119,00	25,10	33,00
Junho	6,65	7,50	11,95	138,10	34,70	25,00
Julho	6,65	14,15	20,16	111,30	32,20	26,00
Agosto	6,90	6,10	7,39	81,00	21,20	24,50
Setembro	6,65	5,15	9,92	67,50	17,60	24,00
Outubro	6,75	9,90	16,68	149,40	38,50	36,00
Novembro	6,75	11,15	17,90	188,70	52,40	37,00
Dezembro	6,60	11,00	17,19	157,30	41,60	27,50
média	6,69	9,14	14,62	135,98	32,58	28,10

Quadro 4 - Valores médios mensais dos parâmetros de qualidade de água

Fonte: Boletins da ETA Iguaçu - ano de 1994 - Rizzi, 2001

No caso de se utilizar os valores médios do ano de 1994 o valor do IQA_B será dado em função do valor percentual e seu correspondente peso obtido no Quadro 3 e dos parâmetros existentes nos boletins. Uma visualização parcial dos resultados por parâmetros pode servir de base de reflexão para uma análise pontual, isto é, parâmetro por parâmetro.

O enquadramento dos valores do Quadro 3 proporcionou a seguinte classificação:

- **pH** de 6,69 corresponde a um aspecto ACEITÁVEL (6,5) e valor percentual de qualidade de 60%, com PESO 1.
- **Matéria Orgânica (Redução ao Permanganato)** de 9,14 mg/l corresponde a um aspecto RUIM (10,0) e valor percentual de qualidade de 20%, com PESO 3.
- **Gás Carbônico Livre (CO_2)** de 14,62 mg/l corresponde a um aspecto IMPRÓPRIO (20) e valor percentual de qualidade de 50%, com PESO de 3.
- A **Cor** de 135,98 Unidades Hansen corresponde a um aspecto MUITO RUIM (100) e valor percentual de qualidade de 10%, com PESO de 2.
- A **Turbidez** de 32,58 unidades NTU corresponde a um aspecto NORMAL (20) e valor percentual de 50%, com PESO 4.
- A **Alcalinidade** ou Dureza de 28,10 mg/l de $CaCO_3$ corresponde a um aspecto MUITO BOM (50) e valor percentual de 100%, com PESO 1.
- Os **Coliformes Totais** de 32.475 n°/100ml corresponde a um aspecto PÉSSIMO (>14.000) e valor percentual de 0%, com PESO 3. Não introduzido no cálculo em função do objetivo de se trabalhar com um IQA_B com base nos parâmetros dos boletins das ETAs.

No entanto o valor do Índice de Qualidade de Água de Bascarán (IQA_B) médio para o ano de 1994 é, portanto : $IQA_B = (60 \times 1) + (20 \times 3) + (50 \times 3) + (10 \times 2) + (50 \times 4) + (100 \times 1) / 14 = 590 / 14 = 42\%$ correspondendo inicialmente a um aspecto IMPRÓPRIO (40%).

Para que a sistemática do método seja aplicada em sua forma original é necessário se definir o valor de "K" o qual multiplicado por este valor inicial dará o IQA_B definitivo. Assim, a título de exemplo, considera-se que a água apresenta uma ligeira cor com turbidez aparente não

natural ($K = 0,75$). Em definitivo então, o Índice de Qualidade de Água será: **$IQA_B = 0,75 \times 42 = 31,5$** correspondendo a um aspecto DESAGRADÁVEL para a média do ano. Para a média dos mínimos ($54 \times 0,75 = 40,5$) seria IMPRÓPRIO. Para a média dos máximos ($35 \times 0,75 = 26,3$) seria RUIM.

CAPITULO 3

3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – ZONA URBANA DE JOÃO PESSOA

O Estado da Paraíba está localizado na faixa leste da região Nordeste, abrangendo uma área de 56.439,838 Km², cerca de 0,66 % do território nacional. Possui 223 municípios distribuídos em quatro Mesorregiões Geográficas, sendo elas: Mesorregião da Mata Paraibana, Mesorregião da Borborema, Mesorregião do Agreste Paraibano, Mesorregião do Sertão.

Este trabalho foi realizado na Mesorregião da Mata Paraibana, na sede municipal de João Pessoa a capital do Estado da Paraíba. Situa-se entre as coordenadas UTM 9214655 Sul e 291510 a Oeste de Greenwich, possuindo uma área de 210,45 km² com 702.235 habitantes por quilometro quadrados. A população deste município é de 723.514 habitantes é onde tem a maior concentração populacional, abrigando 18,5% da população do Estado (BRASIL, 2010).

O município está localizado na porção mais oriental da América do Sul entre 7°00' e 7°30' de latitude Sul e 34°30' e 35°00' de longitude Oeste. Limita-se ao Norte com o município de Cabedelo através do rio Jaguaribe, ao Sul com o município de Conde pelo rio Gramame, a Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com o município de Bayeux pelo rio Sanhauá e Santa Rita pelos rios Mumbaba e Paraíba.

A cidade se estende do sopé para o alto da colina que, em semicírculo, margeia a parte oriental do rio Sanhauá. A parte mais elevada se assenta sobre uma colina, 45 metros acima do nível do mar. Nele, fixavam-se os bairros residenciais mais importantes – Trincheiras, Tambiá e Torrelândia. Na cidade baixa, ou "Varadouro", achavam-se localizados, à margem do rio Sanhauá, o comércio em grosso, os armazéns de depósito da Alfândega, a estação ferroviária e o porto fluvial, as casas bancárias, casas da moda, entre outras (BRASIL, 2005).

A Figura 7 mostra a localização do Estado da Paraíba na República Federativa do Brasil e no Estado da Paraíba a localização do município de João Pessoa na Mesorregião da Mata Paraibana.

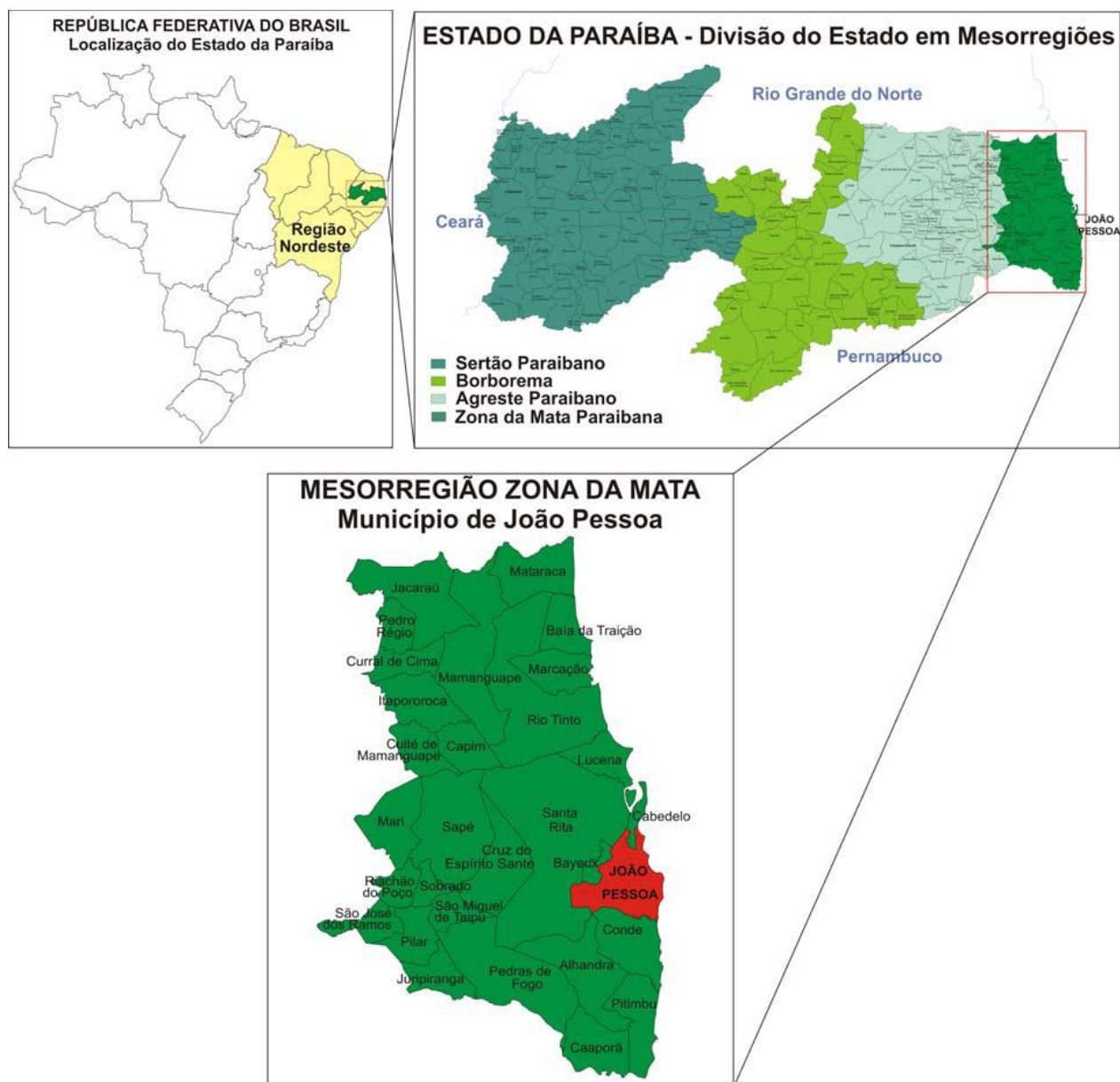


Figura 7 – Localização do município de João Pessoa
Fonte: Barbosa, 2007

O relevo do município de João Pessoa tem cota máxima em relação ao nível do mar de 74 m, predominando em seu sítio urbano terrenos planos com cotas da ordem de 10 m, na área inicialmente urbanizada.

Com o processo da evolução urbana ocorreu uma expansão na direção leste, ao encontro da região litorânea de maneira que, atualmente, a cidade apresenta esquematicamente um sítio urbano diversificado, em sopé de encostas, tabuleiro e planície costeira (JOÃO PESSOA, 2005).

A cidade de João Pessoa tem vegetação predominante de Mata Atlântica é considerada a 2ª capital mais verde do mundo muito bem arborizada, perdendo apenas para Paris, a capital francesa.

Dentro da cidade, existem duas grandes reservas de Mata Atlântica, a primeira delas fica no bairro central do Róger e denomina-se Parque Arruda Câmara (ou "Bica", como é popularmente conhecida). É um misto de jardim zoológico e reserva florestal. A outra reserva florestal também muito importante para mitigação do avanço da poluição é a Mata do Buraquinho, da qual uma parte foi recentemente transformada em Jardim Botânico, ela tem cerca de 515 hectares de mata virgem, cortada por riachos e poços de água subterrânea, neste local se situada um dos reservatórios que abastece o bairro da Torre nesta cidade.

De acordo com a Figura 8 a umidade relativa do ar é em média anual de 80%. Entre os meses de maio a julho o índice atinge o máximo de 87%, correspondendo a “época das chuvas”. No período mais seco, é reduzido para 68% (JOÃO PESSOA, 2005).

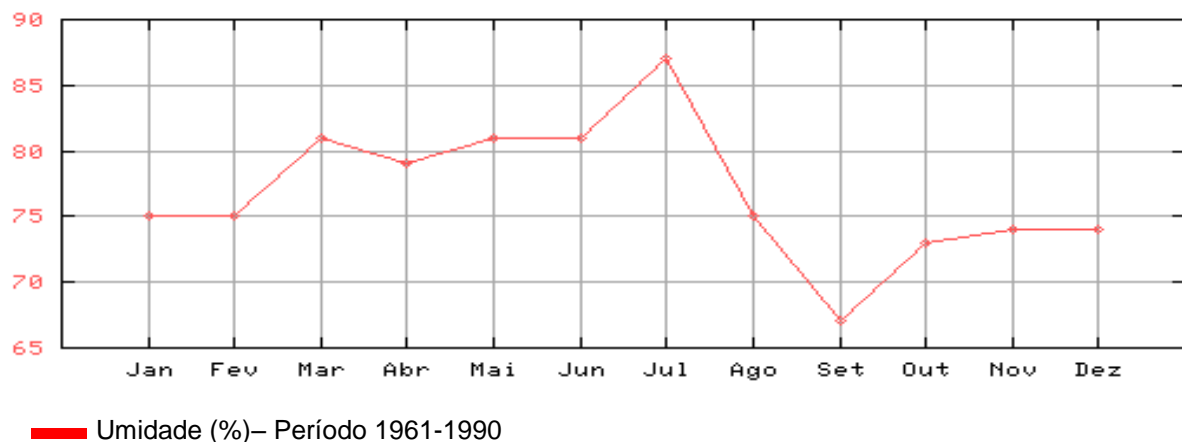


Figura 8 - Umidade relativa do ar
Fonte: João Pessoa, 2005

Quanto ao clima da cidade é quente e úmido, este clima é caracterizado por curtos períodos de seca no verão, geralmente entre 1 e 3 meses e chuva concentrada no outono e inverno (abril, maio e junho). As médias térmicas anuais estão em torno de 25°C, sendo 23°C a média mínima e 28°C a média máxima (MENESES, 2007).

O índice de insolação de João Pessoa é mais elevado entre os meses de Setembro e Janeiro, podendo chegar a 275 horas de exposição à luz solar em novembro. A menor exposição ocorre em julho com 150 horas de exposição. O índice de nebulosidade, numa escala de 1 a 10, aponta a cidade entre 4,0 e 6,5, correspondendo a uma grande e constante variação entre o céu claro e encoberto. A umidade média relativa do ar é de 80%, atingindo a máxima de 87% entre os meses de maio e julho e a mínima de 68% em setembro (JOÃO PESSOA, 2005).

Segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA o Estado da Paraíba possui basicamente dois períodos chuvosos intercalados, compreendido entre os meses de fevereiro a maio e abrange praticamente todo o setor centro-oeste do estado e as chuvas que ocorre entre os meses de abril e julho e abrange o setor leste do estado (PARAÍBA, 2009).

Durante o período compreendido entre os meses de abril e julho, a maior concentração de chuvas ocorre ao longo das regiões que compõem a faixa leste do Estado da Paraíba. Nesta região, pode-se caracterizar a recuperação do aporte das Unidades Hídricas a partir de março, onde os valores médios históricos do ano hidrológico variam de totais em torno 1800,0 mm na região litorânea a aproximadamente 600,0mm. Estes valores distribuem-se sobre as Bacias dos Rios Abiaí, Miriri, Camaratuba, Gramame, Mamanguape, Guajú, Região do Baixo Curso do Rio Paraíba, Bacia do Rio Curimataú e Região do Médio Curso do Rio Paraíba (PARAÍBA, 2009).

Na Figura 9 (circulada), é averiguado que na área em estudo a predominância dos solos no Estado da Paraíba é arenoso nas praias, restingas e cordões litorâneos.

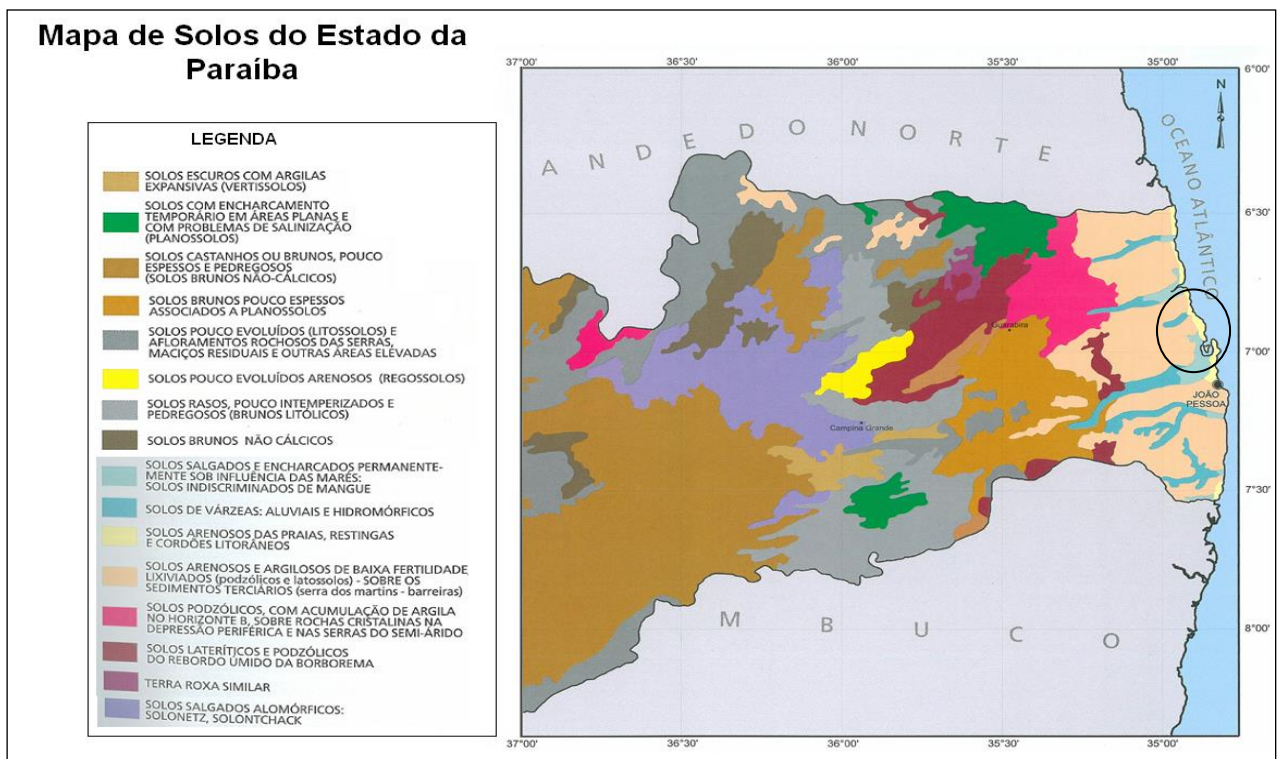


Figura 9- Mapa de solos do estado da Paraíba.
Fonte: Lira, 2005, Adaptado de Feliciano e Melo (2003).

Com o crescimento populacional deste município na última década os bairros do mesmo encontram-se densamente habitados, em consequência as áreas dos poços da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA começaram a ficar vulneráveis as poluições e contaminação dos corpos hídricos.

Segundo Toscano (2008), as áreas no entorno dos poços são compostas na sua grande maioria de residências e pontos comerciais, alguns destes pontos comerciais são oficinas de carro, garagem de ônibus, postos de gasolina e outros. O município tem apenas 52% das ruas com esgotamento sanitário. Uma realidade local que não pode ser esquecida são os rios, pois, os mesmos têm influência sobre as águas subterrâneas, principalmente na possibilidade do rio ser influente dos poços que pertencem a CAGEPA, segundo o monitoramento da Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA alguns dos rios próximos destes poços encontram-se poluídos.

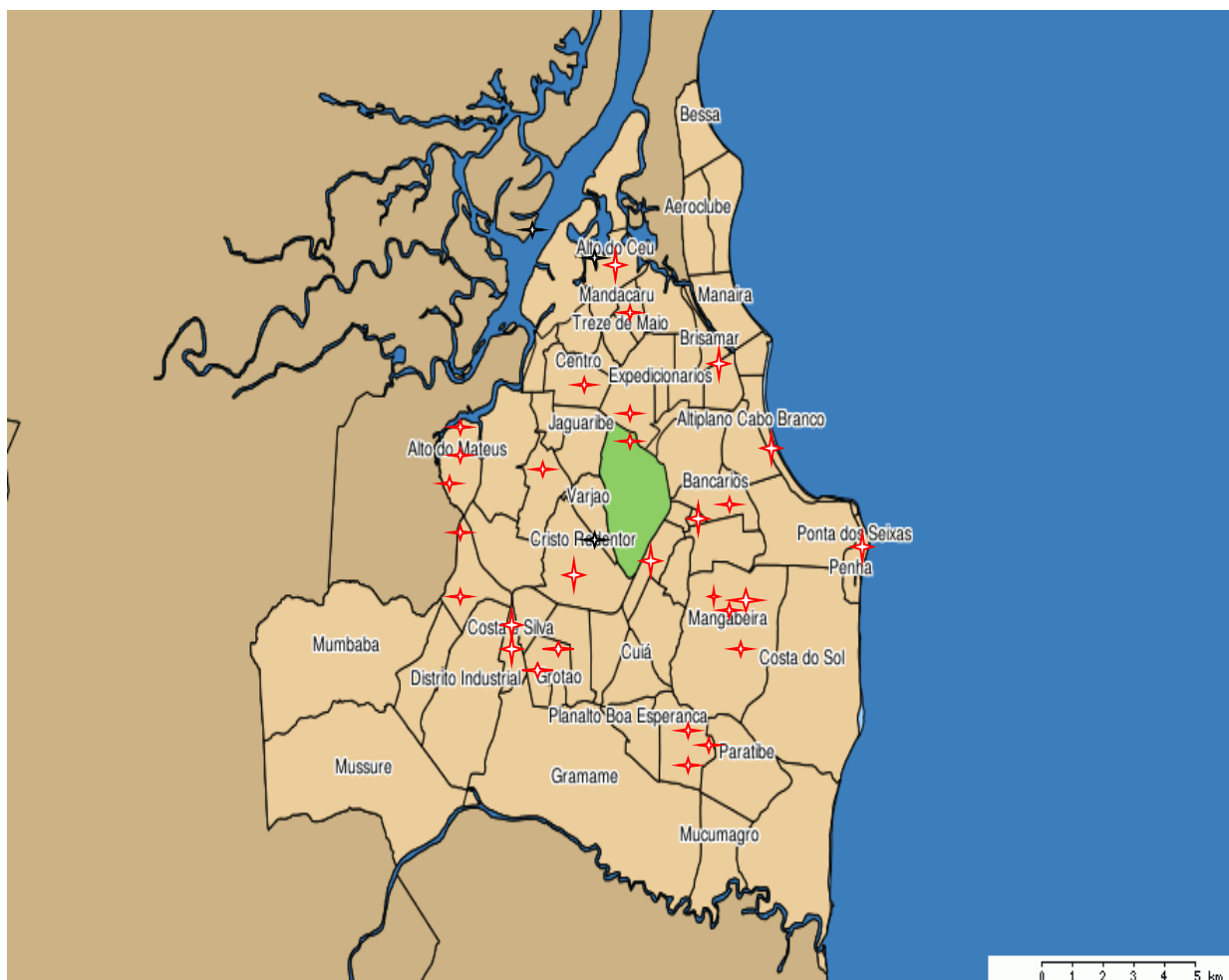
A cidade de João Pessoa, no seu subsolo é composta de três tipos de aquíferos: o Beberibe, o Barreiras e o dos Sedimentos Diversos, cujas características constam no Quadro 5.

Aquífero	Idade	Espessura
		Media (m)
Sedimentos diversos	Quaternário	20
Barreiras	Tércio - Quaternário	50
Beberibe	Cretáceo	200

Quadro 5 – Aquíferos Pernambuco-Paraíba
Fonte: Oliveira *et al* (2003)

Segundo Demetrio e Oliveira (2010), o aquífero Beberibe é o alvo principal dos perfuradores de poços, contudo por motivos econômicos ou por atingirem a demanda necessária antes de alcançá-lo, muita água é captada apenas dos poços nos aquíferos Barreiras e/ou Itamaracá. É nesta zona que se encontram as principais áreas de recarga do aquífero Beberibe, representada pelas áreas de afloramento do mesmo, que ocorre aí em quase sua totalidade, e pela área de afloramento do Barreiras.

Os poços em estudo pertencem à CAGEPA, e estão localizados na sede municipal de João Pessoa. Estes poços têm profundidade média de 200m e encontra-se no aquífero denominado de Beberibe. Os poços ficam localizados em quase todos os bairros desta cidade (Figura 10).

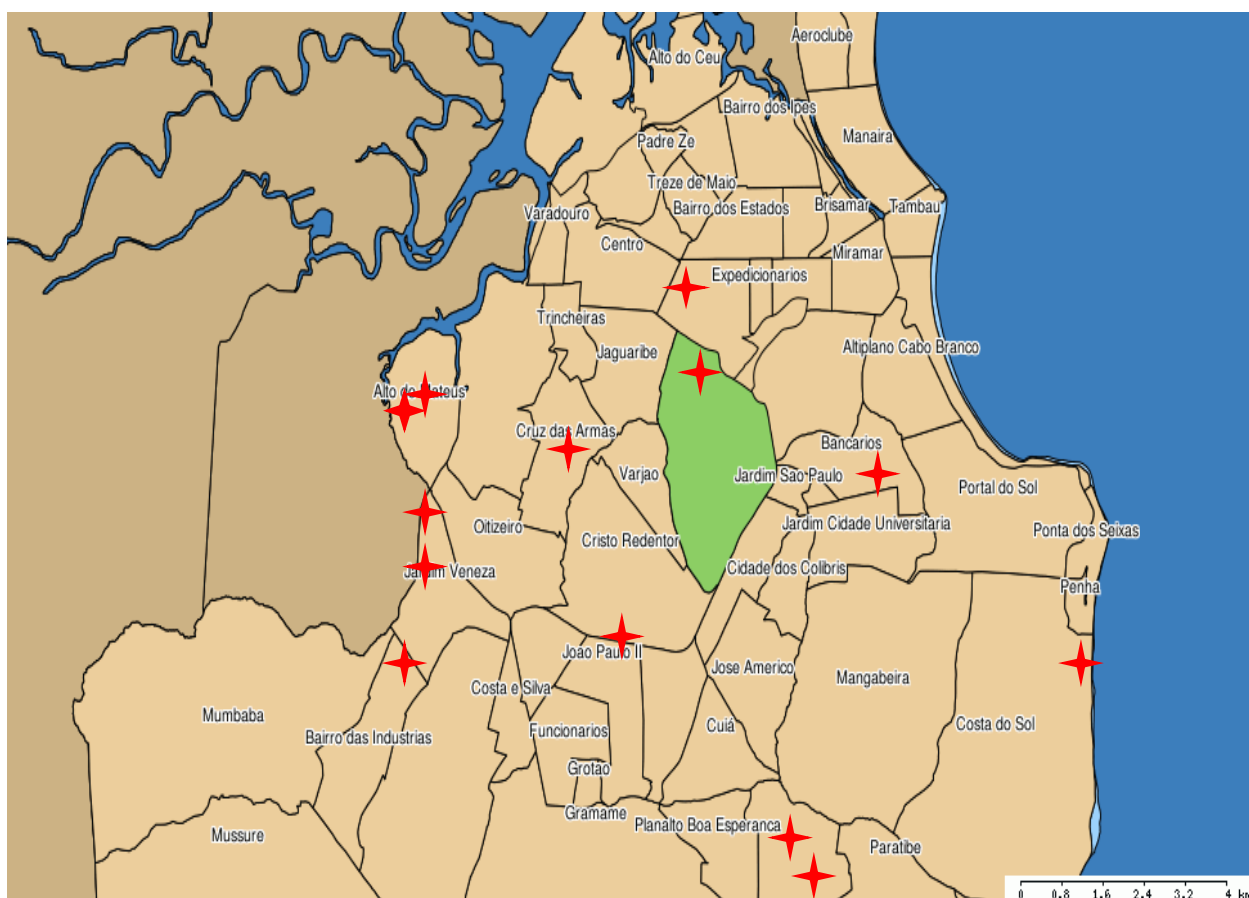


★ Poços da CAGEPA localizados no perímetro urbano de João Pessoa

Figura10: Distribuição espacial dos poços da CAGEPA.

Fonte: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2007.

Já na Figura 11 é apresentada a localização dos poços nos bairros de João Pessoa que se encontrava em funcionamento no período da realização deste trabalho.



★ Poços da CAGEPA em funcionamento no período da realização deste trabalho

Figura 11: Distribuição espacial dos poços da CAGEPA em funcionamento.

Fonte: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2007.

4 – MATERIAIS E METODOS

4.1 – Seleção dos poços para coleta de água

Tendo em vista o caráter do estudo, foram priorizados os poços cujas águas são utilizadas para consumo humano. Além disso, também se levou em consideração que os poços tivessem o perfil conhecido e confiável.

Assim, foram selecionados 30 poços pertencente à CAGEPA (Quadro 6) para compor a rede de amostragem de qualidade da água para a aplicação do IQA_B no espaço urbano de João Pessoa.

CADASTRO DAS UNIDADES DE PRODUÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA														
POÇO	POÇO	ENDEREÇO (RUA, AV, LOGRADOURO, ETC.)	BAIRRO	CIDADE	LATITUDE	LONGITUDE	TIPO	PROFUND.(m)	FIRMAS RESPONS. PELAS		ANO PERF.	ANO MANUT.	Condição de Funcionamento	
								TOTAL	PERFURAÇÃO	MANUTENÇÃO				
1	Poço Marés	ETA Marés - BR 101 - Km 02	Marés	J.Pessoa	7,1529	34,9104	Tub.prof.	292,00	HIDROGESP	CAGEPA	1999	2009	Operando	
2	Mang.I (P-I)	R. Amauri Marcelino Pereira, S/N	Mangabeira I	J.Pessoa	7°10'19"	34°50'28"	Tub.prof.	222,00	CORNER	CAGEPA	1980	2005	Parado	
3	Mang.II (P-II)	R. Josefa Taveira, S/N	Mangabeira II	J.Pessoa	7°10'57"	34°50'36"	Tub.prof.	154,00	CORNER	CAGEPA	1982	2005	Parado	
4	Mang. VII (P-III)	R. Profª Vanda de Farias Coutinho, S/N	Mangabeira III	J.Pessoa	7°09'54"	34°49'55"	Tub.prof.	299,70	CORNER	CAGEPA	1991	2004	Parado	
5	Mang.VII (PM7-B)	R. Manoel Ângelo de Oliveira, S/N	Mangabeira IV	J.Pessoa	7°10'18"	34°49'55"	Tub.prof.	300,00	CORNER	CIVILTEC	1991	1999	Parado	
6	Funcion. IV (PI)	R. Des. João Santa Cruz, S/N (DESATIVADO)	Funcionários	J.Pessoa	7,1768	34,8827	Tub.prof.	303,00					Parado	
7	Funcion. II (PII)	R. Irani Almeida de Menezes, 742	Funcionários	J.Pessoa	7°10'37"	34°52'58"	Tub.prof.	303,00	CONESP	HIDROGESP	1980	1999	Parado	
8	Grotão (P. I)	R. Adão Viana da Rosa, S/N	Grotão	J.Pessoa	7,1851	34,8834	Tub.prof.	255,00					Parado	
9	Grotão (Poço II)	R. Nossa Senhora da Paz, S/N	Grotão	J.Pessoa	7°11'04"	34°53'05"	Tub.prof.	190,00	CORNER	HIDROGESP	1995	1999	Parado	
10	Valen.I(S.Bárb.)	R. Brasília A da Nóbrega, S/N	Valentina	J.Pessoa	7°11'50"	34°50'26"	Tub.prof.	230,00					Parado	
11	Valen.II(ENARQ)	R. Joemir Severino dos Santos, S/N	Valentina	J.Pessoa	7°12'00"	34°50'38"	Tub.prof.	250,00	CONESP	HIDROGESP	1983	2004	Operando	
12	Valentina III	R. Dr. Valdevino Gregório de Andrade, S/N	Valentina	J.Pessoa	7°12'28"	34°50'31"	Tub.prof.	260,00	CORNER		1999		Operando	
13	J. Vieira Diniz	R. Édson de Moura Machado, S/N	Conj. Vieira Diniz	J.Pessoa	7°10'27"	34°54'41"	Tub.prof.	322,00	CONESP	CAGEPA	1980	2005	Operando	
14	José Américo	R. Estêvão G da Cunha, S/N	José Américo	J.Pessoa	7,1648	34,8595	Tub.prof.	264,00	HIDROGESP	HIDROGESP	2000		Parado	
15	Anatólia	R. Das Imbiribeira, S/N	Anatólia	J.Pessoa	7°09'04"	34°50'44"	Tub.prof.	264,00	CORNER	HIDROGESP	1980	1999	Parado	
16	Bancários-P-I	R. Meraldo Gomes Vieira, S/N	Bancários	J.Pessoa	7°08'55"	34°50'35"	Tub.prof.	222,00	HIDROGESP		1999		Parado	
17	Cristo Redentor	R. José Francisco da Silva, S/N	Cristo Redentor	J.Pessoa	7°09'17"	34°52'27"	Tub.prof.	218,00	CONESP	HIDROTEC	1974	1999	Operando	
18	Alto do Mateus I	R. Cel. Joca Velho, S/N - A do Mateus	Betel	J.Pessoa	7°08'45"	34°54'36"	Tub.prof.	300,00	CONESP		1980		Operando	
19	Alto do Mateus II	R. Assis Valente, S/N	Alto do Mateus	J.Pessoa	7°07'52"	34°54'44"	Tub.prof.	58,00	CONESP	CAGEPA	1978	2004	Operando	
20	Alto do Mateus III	R. Dolores Duran, S/N	Alto do Mateus	J.Pessoa	7°08'03"	34°55'00"	Tub.prof.	300,00	CONESP	CAGEPA	1979	2009	Operando	
21	Miramar	Av. Rui Carneiro, S/N	Rui Carneiro	J.Pessoa	7°06'55"	34°50'04"	Tub.prof.	311,00	HIDROGESP		1999		Parado	
22	Torre	Av. Júlia Freire, S/N - C/R.Barão de Mamang.	Torre	J.Pessoa	7°07'15"	34°51'43"	Tub.prof.	194,00	CIVILTEC	CAGEPA	1999	2009	Operando	
23	Centro (Pav.do Chá)	R. Rdrigues Chaves, S/N - Centro	Centro	J.Pessoa	7°07'25"	34°53'36"	Tub.prof.	210,00	CIVILTEC	CAGEPA	1999	2003	Parado	
24	C. das Armas	R. Porfírio Costa, S/N	Cruz das Armas	J.Pessoa	7,1395	34,8896	Tub.prof.	220,00	CIVILTEC	CAGEPA	1999	2004	Operando	
25	P.de Exposição	BR - 230 - Parque Expos. Animais	Cristo Redentor	J.Pessoa	7,1555	34,8732	Tub.prof.	170,00		HIDROTEC		1999	Parado	
26	Castelo Branco	R. Ver. João Freire, S/N	Castelo Branco	J.Pessoa	7°08'13"	34°51'35"	Tub.prof.	253,00	HIDROGESP		2000	2002	Parado	
27	Altipla.C.Branco	R. Francisco Leite Piancó, S/N	Altiplano do C.Branco	J.Pessoa	7°08'01"	34°49'39"	Tub.prof.	217,00	CONESP	HIDRA	1976	1999	Parado	
28	Buraquinho	Av. D. Pedro II, S/N - Jardim Botânico	Torre	J.Pessoa	7°08'13"	34°51'35"	Tub.prof.	373,00	CONESP	CAGEPA	1977	2003	Operando	
29	Penha	Lateral direita da escadaria da Penha	Penha	J.Pessoa	7°09'56"	34°47'58"	Tub.prof.	205,00	CDRN		1990		Operando	
30	Alto do Céu	R. João Brito de Souza, S/N	Alto do céu	J.Pessoa	7°05'36"	34°52'00"	Tub.prof.	255,00	HIDROGESP	HIDROTEC	1999	2001	Parado	

Quadro 6 – Localização dos poços da CAGEPA

Apesar de ter selecionado 30 poços pertencente à CAGEPA, devido a problemas técnicos o órgão gestor apenas permitiu a coleta em 13 dos poços, distribuíram-se as coletas em períodos chuvosos e estiagem. A Tabela 1 mostra de forma resumida a localização dos poços por bairro, o nº de parâmetros analisados e o nº coletas realizadas. Nestes poços foram feitas coletas e análises físicos, químicas e microbiológicas a cada dois meses no período de jul/2009 a mai/2010.

Bairro	Nº de Poços	Nº de Parâmetros	Nº de Coletas
Alto do Mateus	03	15	8
Bancários	01	15	8
Conjunto Vieira Diniz	01	15	8
Cristo	01	15	8
Cruz das Armas	01	15	8
Marés	01	15	8
Penha	01	15	8
Torre	02	15	8
Valentina Figueiredo	02	15	8

Tabela 1 – Distribuição dos poços por bairro

4.2 – Definição do IQA, parâmetros físico-químicos e bacteriológicos

Para definir o IQA a ser utilizado levou em consideração a realidade local, os tipos de análises que o laboratório de Saneamento do CT/UFPB poderia realizar e em especial os parâmetros físico, químico e microbiológico relacionados à degradação ambiental. No capítulo 2 item 2.5.7 está descrito como calcular o Índice de Qualidade de Água de Bascarán (IQA_B).

Os parâmetros escolhidos foram: alcalinidade, dureza, cloretos, nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), amônia (NH₄), sulfato, DBO, pH, condutividade, cor, turbidez e coliforme termotolerante. Nos ensaios foi utilizado a metodologia descrita no Standard Methods (1998).

4.3 – Coletas das amostras

As amostras para análise físico e químico foram coletadas em garrafas PET de 1,5L e em seguida direcionadas para o Laboratório de Saneamento do CT/UFPB, as mesmas foram preservadas e armazenadas em refrigerador para posterior realização dos ensaios.

Já as amostras para análise microbiológica foram coletados em recipiente estéril e armazenados em isopor com gelo para preservação da mesma e em seguida direcionada para Laboratório de Análise Microbiológica na Indaiá Indústria de Bebidas de Águas Minerais. As amostras foram analisadas seguindo a metodologia de membrana filtrante descrito no Standard Methods (1998)

CAPITULO 5

5- RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Os resultados da análise da água dos poços visitados foram comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/08 e a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (MS) considerando que na época de estiagem prolongada esses poços são, em geral, usados para complementar o abastecimento de João Pessoa, sendo a água injetada na rede após um pré-tratamento de cloração.

Para melhor avaliação dos resultados os poços foram divididos por bairros ou regiões de João Pessoa, onde alguns possuem dois ou mais poços que serão descritos a seguir:

Os poços P-18, P-19 e o P-20 estão localizados no bairro do Alto do Mateus na zona oeste do município entre os bairros Ilha do Bispo; Oitizeiro e Jardim São Vicente (Figura 12).



Figura 12- Localização dos poços P18; P-19 e P-20

Os anexos 1, 2 e 3 mostram imagens dos perímetros de proteção imediato, intermediários e alargado, respectivamente para os poços P18, P-19 e P-20. Observa-se nestas imagens que as áreas dos perímetros de proteção é toda residencial, 100% do bairro possuem abastecimento de água e coleta de lixo, mas, não é atendido por rede de coleta de esgotos sendo o destino final dos efluentes fossas séptica. Apenas 38,88% das ruas são pavimentadas e possuem drenagem (TOSCANO, 2008).

A evolução do IQA_B nos 3 poços do bairro Alto do Mateus é apresentada na Figura 14. Observa-se que, ao longo do período estudado o comportamento desse índice foi praticamente igual para os 3 poços analisados sendo a água classificado como boa na escala de qualidade. Exceção ocorreu para o poço P-20 (Alto do Mateus III) que apresentou o IQA_B na escala agradável.

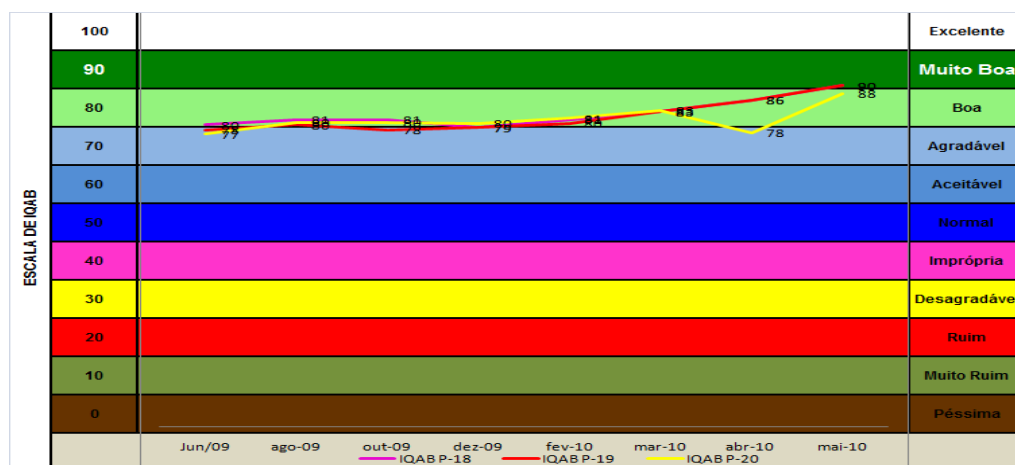


Figura 13- Evolução do IQA_B dos poços – Alto do Mateus P-18, P-19 e P-20

No entanto, na avaliação individual dos parâmetros que compõe o IQA_B (Tabela 2). Verifica-se que a amônia e o nitrato apresentaram valores superiores aos determinados pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (2004). Certamente, esses valores contribuíram para que o IQA_B do poço P-20 caísse para escala agradável, conforme já comentado. Esse fato pode ser considerado um alerta para que estes poços sejam monitorados periodicamente, pois podem ocorrer problemas de contaminação de introdução ou infiltração de esgoto no solo devido à ausência de rede coletora de esgoto na área.

Tabela 2 - Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água dos poços P-18, P-19 e P-20

Poços \ Parâmetros	P-18			P-19			P-20			VMP	
	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	CONAM A 398/08	Portaria 518/04 MS
Temperatura (°C)	31,60	32,48	32,90	31,70	32,40	34,70	30,20	33,03	37,20	*	*
pH (à 25°C)	7,90	7,69	7,42	7,45	7,76	7,99	5,99	6,41	7,68	*	6,5 a 9,5
Cor (mg Pt L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*	15
Turbidez (UNT)	0,03	0,22	0,42	0,00	0,25	0,83	0,00	0,16	0,44	*	5
Condutividade (µS/cm à 25°C)	364,00	429,63	502,00	339,00	483,25	566,00	312,00	380,00	441,00	*	*
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L ⁻¹ STD)	182,00	213,01	243,00	205,00	244,38	276,00	156,50	187,48	221,00	1000	1000
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	215,00	236,36	250,00	200,00	232,07	252,00	50,10	61,22	70,00	*	*
Cloretos (mg L ⁻¹ Cl ⁻)	32,82	56,48	74,00	41,84	77,36	89,00	43,28	69,41	80,00	250,0	250,0
Dureza Total (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	91,00	114,14	140,00	80,00	98,88	89,00	114,00	133,38	152,00	*	*
Sulfato (mg L ⁻¹ SO ₄ ⁻)	0,00	0,08	0,21	0,00	0,08	0,14	0,00	0,03	0,08	250,0	250,0
Amônia (mg L ⁻¹ N)	0,20	0,94	1,04	0,43	1,02	1,68	0,45	2,52	11,24	*	1,5
Nitrito (mg L ⁻¹ N)	0,00	0,55	1,01	0,00	1,31	6,00	0,00	1,62	6,70	1,0	1,0
Nitrato (mg L ⁻¹ N)	0,00	1,04	3,34	0,00	1,38	4,06	0,00	1,22	4,52	10,0	10,0
DBO (mg L ⁻¹ O ₂)	0,20	0,55	0,90	0,00	0,31	0,60	0,30	0,50	0,80	< 5,0	*
Coliformes Totais	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

VMP - Valor Máximo Permitido, segundo a Resolução n° 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.
 (*) - Não é citado na Resolução n° 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do MS.

A Figura 14 apresenta que ao lado do poço P-20 (Alto do Mateus III), há um muro de proteção de umas residências e que a mesma lança esgoto doméstico para dentro da área de proteção imediata do mesmo. Esse fato mostra as condições precárias em que se encontram a área interna do perímetro proteção imediata.



Figura 14 – Área interna do poço P-20 esgoto a céu aberto

Os poços P-16 e P-29 estão localizados entre os bairros Bancários, Portal do Sol, Ponta do Seixas e Penha (Figura 15). Estes poços também estão situados em áreas totalmente residenciais, com abastecimento de água, ruas pavimentadas, coleta de lixo e ausência de rede coletora de esgoto no bairro da Penha onde se localiza o poço P-29 (Toscano, 2008).



Figura 15 – Localização espacial dos poços P-16 e P-29

A Figura 16 mostra a evolução do IQA para este conjunto de poços (P-16 e P-29). Para o poço P- 29 no período de estiagem, o índice de qualidade baixou devido a um aumento de nitrato e amônia, ficando assim enquadrada na escala de agradável.

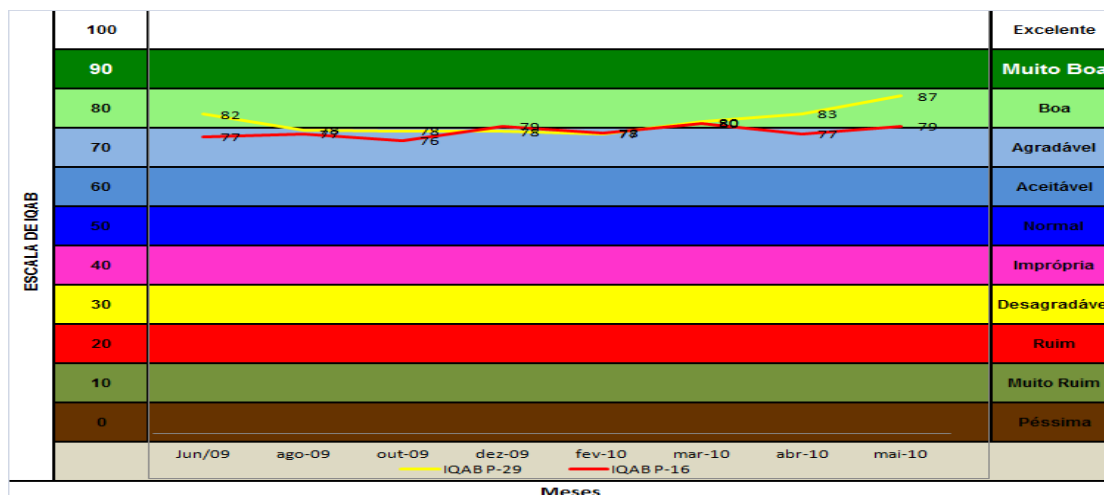


Figura 16- Evolução do IQA_B dos poços Bancários (P-16) e Penha (P -29)

Verifica-se, na avaliação individual dos parâmetros que compõe o Índice de Qualidade de Bascarán na (Tabela 3) que, apesar do poço P-29 ficar bem próximo ao mar a concentração de cloretos é muito baixo indicando ausência de intrusão salina. Quanto à amônia e o nitrato suas presenças estão justificadas pela ausência de rede coletora de esgoto na área e a provável infiltração de esgoto doméstico.

Tabela 3 - Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água dos poços P-16 e P-29

Parâmetros	Poços	P-16			P-29			VMP	
		Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	CONAMA 398/08	Portaria 518/04 MS
Temperatura (°C)		29,60	31,55	35,40	30,20	32,35	34,60	*	*
pH (à 25°C)		6,66	7,28	7,65	6,88	7,45	7,84	*	6,5 a 9,5
Cor (mg Pt L ⁻¹)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*	15
Turbidez (UNT)		0,00	0,20	0,54	0,01	0,15	0,47	*	5
Condutividade (µS/cm à 25°C)		166,00	263,75	342,00	214,00	290,50	438,00	*	*
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L ⁻¹ STD)		80,80	118,18	171,00	112,40	164,99	254,00	1000	1000
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)		112,00	132,69	219,00	168,00	197,87	259,00	*	*
Cloretos (mg L ⁻¹ Cl)		15,22	20,40	28,00	19,98	38,75	60,00	250,0	250,0
Dureza Total (mg L ⁻¹ CaCO ₃)		118,00	152,88	184,00	132,00	167,00	196,00	*	*
Sulfato (mg L ⁻¹ SO ₄)		0,00	0,03	0,11	0,00	0,04	0,11	250,0	250,0
Amônia (mg L ⁻¹ N)		0,13	1,20	2,90	0,23	1,08	2,5	*	1,5
Nitrito (mg L ⁻¹ N)		0,00	0,50	0,95	0,00	1,28	6,00	1,0	1,0
Nitrato (mg L ⁻¹ N)		0,00	0,79	2,94	0,00	0,67	2,03	10,0	10,0
DBO (mg L ⁻¹ O ₂)		0,00	0,55	0,90	0,20	1,30	4,60	<5	*
Coliformes Totais		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

VMP - Valor Máximo Permitido, segundo a Resolução nº 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

(*) - Não é citado na Resolução nº 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

Outro problema verificado foi o estado de conservação de ambos os poços e as condições ambientais nas áreas em volta dos mesmos, mostrada nas Figuras 17 e 18. Essas áreas são usadas para colocar lixo e criar animais, contrariando os limites de proteção da imediata e da intermediária definida por Barbosa (2007).



Figura 17 – Lixo depositado no perímetro imediato do poço P-16



Figura 18 – Lixo depositado no perímetro imediato do poço P-29

Apesar do bairro dos Bancários possuírem coleta de lixo a área de entorno do poço P-16 é aberta e serve para os moradores depositarem lixo (Figura 17), já no P-29 a área é fechada, mas, foi permitido à construção de residências junto ao muro de proteção do poço e os moradores utilizam o terreno como depósito de lixo e criatório de animais. A falta de fiscalização do órgão gestor e de trabalhos voltado para a conscientização ambiental junto aos moradores destas áreas faz com que a água subterrânea fique vulnerável a contaminações.

O Conjunto Viera Diniz, onde está localizado o Poço P-13 e a Estação de Tratamento de Água Marés (ETA/MARÉS) onde encontra o poço P-01 mostrados na Figura 19. Observa-se áreas residenciais e comerciais, em que a cobertura do abastecimento de água e da coleta de lixo é de 100%, a pavimentação e a drenagem urbana abrangem 34,87% das ruas. Porém não existe rede de esgoto (TOSCANO, 2008). O poço P-13 fica próximo a área industrial.



Figura 19 – Localização espacial dos poços P-01 e P-13

O poço P-13 apesar de localizado no bairro onde não há rede coletora de esgoto foi o que melhor apresentou o IQA_B ao longo do tempo enquadrado a água como muito boa (Figura 20). Já o P-01 mesmo se encontrando em uma área mais conservada apresentou um índice de qualidade apenas agradável. A provável queda do índice neste poço foi mais uma vez a presença de nitrito e amônia. Observou-se nesta área que o bairro mais próximo destes poços não tem rede coletora de esgoto.

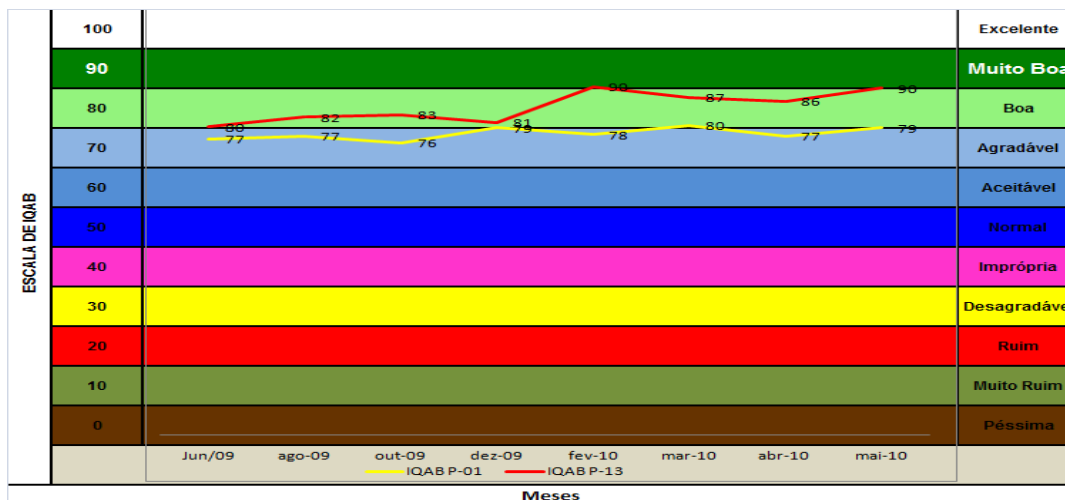


Figura 20 - Evolução do IQAB dos poços Marés (P-01) e Conj. Vieira Diniz (P-13)

Observa-se na avaliação individual dos parâmetros utilizados para construção do IQA_B, que o poço P-01, apresenta na maior parte dos meses monitorados os parâmetros de amônia e nitrato fora dos padrões estabelecidos pela Portaria 518/2004 do MS. Aparentemente este poço é um dos mais protegidos como antes citado.

Tabela 4 - Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água dos poços P-01 e P-13

<div> <div>Poços</div> <div>Parâmetros</div> </div>	P-01			P-13			VMP	
	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	CONAMA 398/08	Portaria 518/04 MS
Temperatura (°C)	30,10	30,63	31,70	31,10	31,89	33,80	*	*
pH (à 25°C)	7,28	7,46	7,65	7,17	7,45	7,60	*	6,5 a 9,5
Cor (mg Pt L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*	15
Turbidez (UNT)	0,18	0,34	0,64	0,00	0,19	0,51	*	5
Condutividade (µS/cm à 25°C)	371,00	474,25	634,00	125,00	269,13	379,00	*	*
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L ⁻¹ STD)	181,00	227,46	271,00	115,00	137,00	157,00	1000	1000
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	175,00	222,22	257,00	177,50	222,59	262,00	*	*
Cloretos (mg L ⁻¹ Cl ⁻)	20,00	69,38	116,00	13,87	19,61	28	250,0	250,0
Dureza Total (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	92,00	122,00	186,00	131,00	178,38	224,00	*	*
Sulfato (mg L ⁻¹ SO ₄ ⁻)	0,00	0,08	0,14	0,00	0,06	0,16	250,0	250,0
Amônia (mg L ⁻¹ N)	0,10	1,33	2,60	0,56	1,31	2,2	*	1,5
Nitrato (mg L ⁻¹ N)	0,00	1,42	8,2	0,00	0,63	1,28	1,0	1,0
Nitrato (mg L ⁻¹ N)	0,00	0,98	5,15	0,00	1,21	1,94	10,0	10,0
DBO (mg L ⁻¹ O ₂)	0,20	1,08	3,00	0,10	1,19	3,30	<5	*
Coliformes Totais	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

VMP - Valor Máximo Permitido, segundo a Resolução n° 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

(*) - Não é citado na Resolução n° 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

O poço está localizado próximo a área com vegetação ciliar e a barragem Marés que abastece parte do município de João Pessoa. No entanto, é real o descaso dos gestores em relação à água “invisível”, pois, o poço está abandonado e o reservatório que recebe a água encontra-se em péssimo estado de conservação (Figura 21). A água deste poço é misturada com a água tratada da barragem Marés e é enviada para rede de distribuição.



Figura 21 – Poço P-01 (Marés) e reservatório de armazenamento da água capitada

Nos bairros do Cristo Redentor e Cruz das Armas encontram-se os poços P-17 e P-24, respectivamente, estes poços (Figura 22) estão localizados em área urbana totalmente residencial e comercial, possuem abastecimento de água, coleta de lixo e a rede coletora de esgoto, em implantação (TOSCANO, 2008).

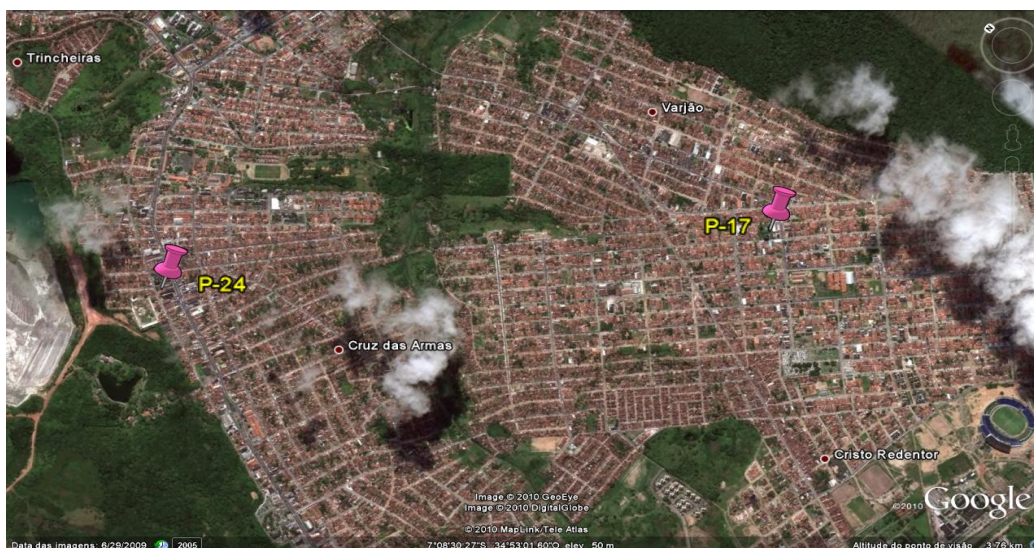


Figura 22 – Localização espacial dos poços (P-17) e (P-24)

Nos anexos 4 e 5 encontra-se detalhadamente o uso e ocupação do solo nos perímetros de proteção dos poços P-17 e P-24, respectivamente, definidos por Toscano (2008). No poço P-17 (Cristo) observa-se a presença de um posto de gasolina, o que justifica que sejam feitas análises específicas para investigar a presença de hidrocarbonetos (Benzeno, Etilbenzeno, Tolueno e Xileno), determinadas nas recomendações Resolução CONAMA 396/08.

A evolução do IQA_B neste conjunto de poços apresentou resultados analíticos com alteração na amônia e no nitrito, como também um pouco de dureza no poço P-24 (Cruz das Armas), que ao aplicar o índice diminuí a qualidade da água. Logo, justifica-se o enquadramento deste poço em agradável em quase todos os meses de estudo (Figura 23).

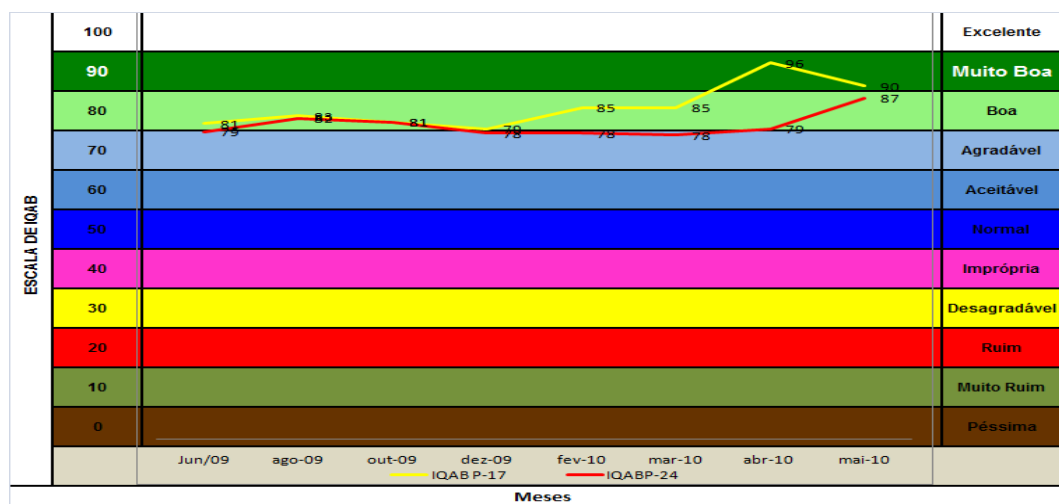


Figura 23 - Evolução do IQAB dos poços P-17 (Cristo) e P-24 (Cruz das Armas)

Observando individualmente os parâmetros utilizados para construção do QA_B , apresentado na Tabela 5 verifica-se que os valores de nitrato nos poços P-17 e P-24 apresentaram-se em quase todas as coletas fora dos limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde (Portaria 518/04).

Tabela 5 - Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água dos poços P-17 e P-24.

	P-17			P-24			VMP	
	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	CONAMA 398/08	Portaria 518/04 MS
Temperatura (°C)	31,40	32,96	35,10	31,40	32,36	36,30	*	*
pH (à 25°C)	7,13	7,34	7,57	6,88	7,13	7,30	*	6,5 a 9,5
Cor (mg Pt L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*	15
Turbidez (UNT)	0,00	0,16	0,60	0,00	0,16	0,46	*	5
Condutividade (µS/cm à 25°C)	219,00	315,50	381,00	341,00	444,13	566,00	*	*
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L ⁻¹ STD)	109,01	157,55	189,00	173,00	191,98	211,00	1000	1000
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	211,00	233,69	253,00	210,00	256,29	279,00	*	*
Cloretos (mg L ⁻¹ Cl ⁻)	20,00	30,00	74,00	20,00	42,85	57,00	250,0	250,0
Dureza Total (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	104,00	169,13	240,00	96,00	166,50	284,00	*	*
Sulfato (mg L ⁻¹ SO ₄ ⁻)	0,01	0,04	0,08	0,00	0,02	0,09	250,0	250,0
Amônia (mg L ⁻¹ N)	0,00	0,84	3,20	0,52	1,06	3,20	*	1,5
Nitrito (mg L ⁻¹ N)	0,00	1,08	4,70	0,00	1,50	4,70	1,0	1,0
Nitrato (mg L ⁻¹ N)	0,00	0,70	2,71	0,00	0,92	3,84	10,0	10,0
DBO (mg L ⁻¹ O ₂)	0,00	0,46	0,80	0,00	1,19	4,10	<5	
Coliformes Totais	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

VMP - Valor Máximo Permitido, segundo a Resolução n° 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

(*) - Não é citado na Resolução n° 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

O poço P-17 é o que tem a área física mais conservada, sem a presença de animais, lixo e o mato é sempre cortado (Figura 24), mas visinho ao reservatório encontra-se instalado um posto de gasolina já citado anteriormente. Já o poço P-24 não é feito manutenção dificultando a coleta de água para análise (Figura 25). De ambos os poços a água é misturado com a da barragem Gramame, sem pré tratamento (cloração), em seguida distribuída para a população.



Figura 24 – Cristo Redentor – P-17-



Figura 25 — Cruz das Armas – P-24

No bairro da Torre encontram-se 2 poços ativos (P-22 e P-28) que auxilia no abastecimento de água da cidade (Figura 26). O poço P-28 encontra-se em uma área de preservação ambiental chamada de Mata do Buraquinho e próximo ao rio Jaguaribe. O poço P-22 é localizado em área residência e comercial, onde as ruas possuem abastecimento de água, coleta de lixo, rede coletora de esgoto, pavimentação e drenagem (TOSCANO, 2008).



Figura 26 – Localização espacial dos poços P- 22 e P-29

Na Figura 27 está apresentada a evolução do IQA_B para os dois poços do bairro da Torre. Verifica-se que o poço P-28 tem menor índice de contaminação, provando assim a teoria que a preservação do ambiente que o poço se encontra, protege a água explorada de contaminações antropicas. Já o poço P-22 detectou-se a presença de nitrito e amônia, fazendo com que o IQA_B do mesmo se enquadrasse na escala de agradável na grande maioria dos meses.

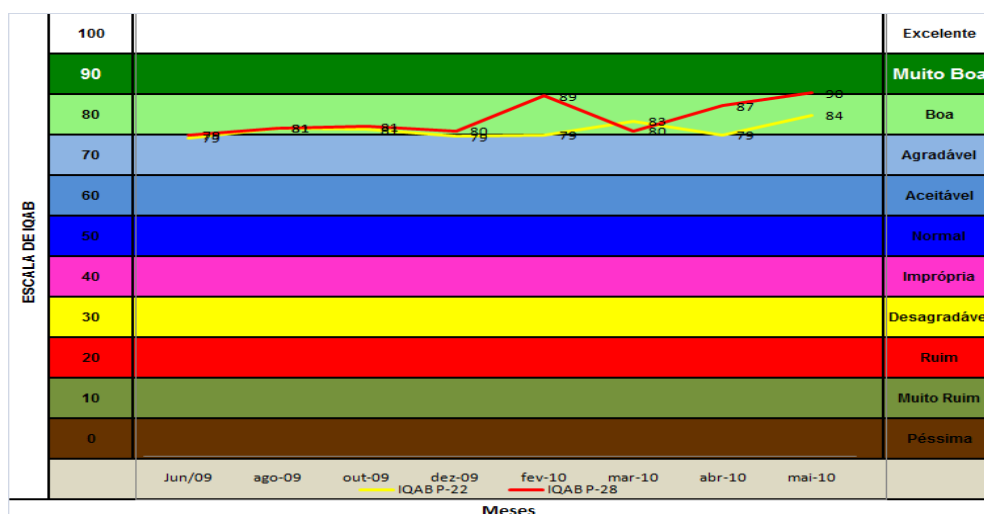


Figura 27 - Evolução do IQAB dos poços do Bairro da Torre (P-22 e P-29)

A Tabela 6 mostra os parâmetros trabalhados no IQA_B dos poços P-22 e P-28. O poço P-22 apresenta água imprópria para consumo humano por apresentar amônia e nitrito acima do permitido pela legislação, baixando assim o índice de qualidade para a escala de agradável. Foi observado também que, a presença de amônia e nitrito aconteceu no período de estiagem. Já o poço P-28 apresentou teor de nitrito nos meses de fevereiro e maio de 2010, o que provavelmente fez com que o IQA_B caísse nesses meses.

Tabela 6 - Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água dos poços

<div> <div>Poços</div> <div>Parâmetros</div> </div>	P-22			P-28			VMP	
	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	CONAMA 398/08	Portaria 518/04 MS
Temperatura (°C)	30,10	31,66	32,90	30,20	32,13	34,60	*	*
pH (à 25°C)	7,20	7,41	7,65	6,88	7,47	7,84	*	6,5 a 9,5
Cor (mg Pt L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*	15
Turbidez (UNT)	0,10	0,28	0,49	0,01	0,41	0,47	*	5
Condutividade (µS/cm à 25°C)	206,00	318,63	530,00	214,00	284,53	438,00	*	*
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L ⁻¹ STD)	105,10	148,88	258,00	112,40	128,13	254,00	1000	1000
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	187,00	214,97	273,00	168,00	208,24	259,00	*	*
Cloretos (mg L ⁻¹ Cl ⁻)	22,00	28,38	48,00	22,00	24,88	60,00	250,0	250,0
Dureza Total (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	96,00	145,25	200,00	132,00	163,38	196,00	*	*
Sulfato (mg L ⁻¹ SO ₄ ⁻)	0,00	0,05	0,12	0,00	0,04	0,11	250,0	250,0
Amônia (mg L ⁻¹ N)	0,25	1,10	2,90	0,23	1,09	2,50	*	1,5
Nitrito (mg L ⁻¹ N)	0,00	1,44	1,01	0,00	1,29	6,00	1,0	1,0
Nitrato (mg L ⁻¹ N)	0,00	0,66	2,48	0,00	0,59	2,03	10,0	10,0
DBO (mg L ⁻¹ O ₂)	0,00	0,60	1,30	0,00	0,57	2,20	<5	*
Coliformes Totais	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

VMP - Valor Máximo Permitido, segundo a Resolução n° 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

(*) - Não é citado na Resolução n° 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

A Figura 28 mostra a área física dos poços, que está em estado de abandono, podendo observar no perímetro imediato do P-22 presença de lixo. Já o poço P-28 localizado na Mata do Buraquinho não encontrou lixo comum em suas imediações devido a ser área de proteção ambiental, mas, no seu perímetro de proteção imediato, definido por Barbosa (2007), encontra-se acúmulo de sucata ao redor do poço (Figura 30).



Figura 28: Poço no Bairro da Torre (P-22)



Figura 29: Mata do Buraquinho - P-28

O bairro do Valentina Figueiredo é contemplado com 3 poços sendo o poço P-10 denominado de Valentina I, o Valentina II (P-11) e o Valentina III (P-12) (Figura 30). Porém por falta de condições não foi possível coletar água do poço P-10.



Figura 30 – Localização espacial dos poços P- 10; P-11 e P-12

Segundo Toscano (2008), em todas as ruas do bairro de Valentina Figueiredo há abastecimento de água e coleta de lixo, 66,83 % rede de esgoto, porém, apenas 47,27% são pavimentados e possui drenagem.

Quanto à evolução do IQA_B observa-se na Figura 31 o poço P-11 com um índice de qualidade enquadrado inicialmente como aceitável apresentando uma melhoria no decorrer dos meses e se enquadrando em agradável. O baixo índice de qualidade deste poço deve ser pela presença de nitrito e amônia. Como, anteriormente, citado apenas 66,83% deste bairro tem esgotamento sanitário e a área que o poço P-11 se encontra é desprovida de rede coletora de esgoto há algumas residências em seu entorno com presenças de animais no local e a manutenção do mesmo é precária.

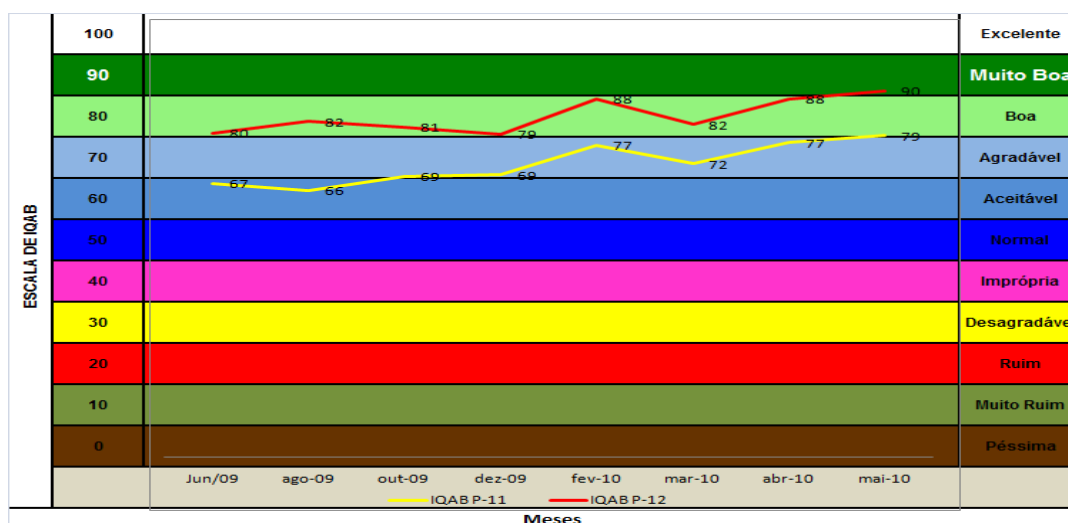


Figura 31 - Evolução do IQAB dos poços do Bairro de Valentina Figueiredo (P-11 e P-12)

No entanto, na avaliação individual dos parâmetros que compõe o IQA_B (Tabela 7), verifica-se que a amônia e o nitrito apresentaram valores superiores aos determinados pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (2004).

Certamente, esses valores fizeram com que o IQA_B do poço P-11 caísse para escala aceitável, conforme já comentado. Esse fato pode ser considerado um alerta para que estes poços

sejam monitorados periodicamente, pois há presença de introdução ou infiltração de esgoto no solo pela ausência de rede coletora de esgoto na área.

Tabela 7 - Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros de qualidade da água dos poços

Poços \ Parâmetros	P-11			P-12			VMP	
	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	CONAMA 398/08	Portaria 518/04 MS
Temperatura (°C)	31,40	32,59	34,10	32,00	32,18	33,20	*	*
pH (à 25°C)	7,28	7,56	7,90	7,02	7,51	7,93	*	6,5 a 9,5
Cor (mg Pt L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*	15
Turbidez (UNT)	0,00	0,24	0,50	0,00	0,23	0,54	*	5
Condutividade (µS/cm à 25°C)	223,00	300,80	362,00	204,00	282,00	342,00	*	*
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L ⁻¹ STD)	114,20	148,80	178,00	105,00	142,33	168,00	1000	1000
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	175,00	199,01	227,00	175,00	200,84	239,70	*	*
Cloretos (mg L ⁻¹ Cl ⁻)	19,00	28,00	36,00	20,00	28,75	44,00	250,0	250,0
Dureza Total (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	130,00	144,62	161,00	110,00	142,37	160,00	*	*
Sulfato (mg L ⁻¹ SO ₄ ⁻)	0,00	0,05	0,10	0,00	0,04	0,10	250,0	250,0
Amônia (mg L ⁻¹ N)	0,30	1,32	3,20	0,25	0,80	2,20	*	1,5
Nitrito (mg L ⁻¹ N)	0,00	0,70	1,80	0,00	0,83	2,46	1,0	1,0
Nitrato (mg L ⁻¹ N)	0,00	0,63	2,73	0,00	1,38	8,00	10,0	10,0
DBO (mg L ⁻¹ O ₂)	0,00	1,06	3,70	0,00	1,10	3,00	< 5,0	*
Coliformes Totais	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

VMP - Valor Máximo Permitido, segundo a Resolução n° 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

(*) - Não é citado na Resolução n° 396/08 do CONAMA e Portaria 518/04 do MS.

As Figuras 32 e 33 apresentam, para o poço P-11 (Valentina II) e P-12 (Valentina III), respectivamente, as condições precárias em que se encontram a área interna ao perímetro de proteção imediata e a de proteção intermediária definida por Barbosa (2007).



Figura 32 – Área Interna do Poço Valentina II (P-11), Perímetro imediato com animais



Figura 33 – Área Interna do Poço Valentina III (P-12)

O resultado médio dos treze poços de água subterrânea analisados indica que 77% dos mesmos foram enquadrados no Índice de Qualidade de Água – IQA_B como boa e 23% poços correspondendo à agradável (Figura 34).

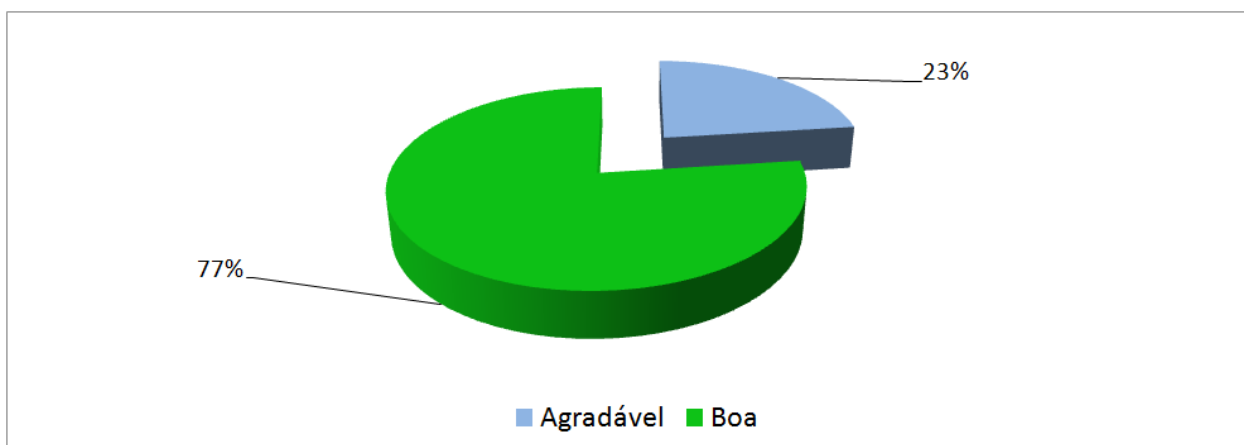


Figura 34 – Percentual médio do enquadramento de IQA_B dos 13 poços

CAPITULO 6

6- CONCLUSÕES E SUGESTÕES.

Através das análises realizadas nos poços de água subterrânea que abastece perímetro urbano de João Pessoa, pode-se concluir que:

Em 77% dos poços suas características naturais segundo o Índice de Qualidade de Água – IQA_B é enquadrada na escala de boa qualidade e 23% enquadra-se como agradável.

Os parâmetros amônia e nitrito foram os responsáveis pela variação do IQA_B ao longo do tempo em todos os poços analisados.

A presença de amônia e nitrato nos poços analisados, acima dos limites permitidos pela legislação pode esta relacionada ao baixo índice de esgotamento sanitário que ocorre nos perímetros de proteção dos mesmos.

O poço do Cristo foi o que apresentou melhor IQA_B sua classificação variou de Boa a Muito Boa no 1º e 2º semestre respectivamente.

O poço Valentina III apresentou a menor classificação ficando no primeiro semestre, período de estiagem, com uma média de 67,7% obtendo IQA_B “Aceitável”. No entanto houve uma melhora no 2º semestre onde sua classificação do IQA_B “Agradável” com um percentual de 76,2%.

Apesar dos valores elevados do IQA_B em todos os poços, conforme observado individualmente, em alguns meses os mesmos ficaram reprovados pela portaria 518/04 do MS, pois, em todos os pontos amostrados apresentaram indícios de contaminação por nitrito e amônia, apresentando teores fora da faixa tolerável, 1,5 mg/L e 1 mg/L respectivamente. O que contradiz o status do

indicador de Bascarán que durante os meses pesquisados não indicou reprovação para consumo humano.

A análise individual dos parâmetros indica que a água do aquífero Beberibe no perímetro urbano de João Pessoa está imprópria para o consumo humano, pela presença de amônia e nitrito segundo a portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

Com o objetivo de melhorar a operacionalização e proteção dos poços estudados segue sugestões para o órgão gestor:

- Sejam instituídos, critérios de avaliação através de indicadores de poluição, como o apresentado nesta dissertação.
- Seja aplicado um monitoramento regular dos poços para abastecimento.
- Sejam melhor protegidos fisicamente das intempéries físicos ou naturais.
- Sejam instalados torneiras diretamente no poço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://www.abas.org.br>>
Acesso em: 15 ago. 2008

ALMEIDA, R. A. S. **Índice de Qualidade de Águas Subterrâneas destinada ao uso na produção de água potável (IQUAS)**- Dissertação Mestrado – UFBA – Escola Politécnica, 2007.

BÍBLIA N. T. João. Português. Bíblia Sagrada. Reed. Versão de Antônio Pereira de Figueiredo. São Paulo: Ed. das Américas, 1950. v. 12, p. 367-466.

BANCO MUNDIAL. **Proteção da qualidade da água subterrânea**: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos Municipais e agências ambientais. Tradução Silvana Vieira. Revisão Técnica Ricardo Hirata. São Paulo: Servmar – Serviços Técnicos Ambientais Ltda, 2006.

BARBOSA, J. A.; SOUZA, E. M; Lima Filho, M. F.; NEUMANN, V. H.. **A Estratigrafia da bacia Paraíba: uma reconsideração**. Estudos Geológicos. Recife, 2003. v. 13. p. 89-108.

BARBOSA, J.A & LIMA FILHO, M. F. 2006. **Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife-Natal observados através de dados de poços**. Boletim de Geociências da Petrobrás, (14) 2: 287-305.

BARBOSA, L. K. L. **Zoneamento de aquíferos através da delimitação de perímetros de proteção de poços de abastecimento público de água: o caso da cidade de João Pessoa – PB**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

BASCARÁN, Gamaliel, Martines. **Establecimiento de una metodologia para conocer la calidad del agua**. In: Boletín Informativo del Medio Ambiente. 1979. pg. 30-49.

BRAGA, B. *et al*. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 313 p.

BRASIL - Agência Nacional de águas (ANA). Informações hidrogeológicas. 2005. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/InfoHidrologicas/aguasSubterr/mapaProvHidr.htm>> Acesso em: 22 jul. 2010.

BRASIL - CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente – Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008, Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências - Data da legislação: 03/04/2008 - Publicação DOU nº 66, de 07/04/2008, págs.66-68 **Processos:** Origem: [02000.003671/2005-71](#) - GT Sobre Classificação e Diretrizes Ambientais para o Enquadramento das Águas Subterrâneas. Brasília: MMA, 2008.

BRASIL - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br>> . Acesso em: 22 de Fev. 2011

BRASIL. Lei 9.433/97. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br>>. Acesso em: 23 out.2009

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente (MMA). Províncias e Subprovíncias Hidrogeológicas do Brasil. Brasília 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura>> Acesso em: 19 setembro 2010.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente (MMA). Programa Nacional do Meio Ambiente II – Seleção de índices e indicadores. Brasília: MMA, 2004. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>> Acesso em: 20 junho 2010.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF, 26 mar. 2004.

CANADA (New Brunswick Water/Economy Agreement). **Monitoring Surface Water Quality – A Guide for Citizens, Students and Communities in Atlantic Canada**. New Brunswick: / Environment Canada. 1994. 76 p.

CARLSON, R. E. **A trophic state index for lakes**. Limnol. Oceanogr. vol. 22: 361-80, 1977.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – **Índice de Qualidade das Águas interiores do Estado de São Paulo, 2001**. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Aqua/rios/indice_iap_igq.asp – acesso em: 07 jul 2010.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – **Água subterrânea e poços tubulares**, São Paulo; CETESB; 1978.

CIABATTI, P.; LOBO FERREIRA, J.P.C. **Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas de Portugal. Análise da Legislação sobre Zoneamento de Proteção de Captações de Águas Subterrâneas. Aplicação a Dois Casos de Estudo Portugueses**. Lisboa, LNEC, Relatório 247/94 – GIAS, 1994.

COSTA, W.D. (Coordenador). **Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife. Relatório Técnico HIDROREC I**. Recife, v. 1, 1998.

CPRH - AGÊNCIA Estadual de Meio Ambiente E Recursos Hídricos / PE, 2003. **Seleção de Índices e Indicadores de Qualidade da Água. Aplicação dos Índices Seleccionados**. Oficina do Programa Nacional de Meio Ambiente – PNMAII. Recife.

CPRH - AGÊNCIA Estadual de Meio Ambiente E Recursos Hídricos / PE, 2003. **Diagnóstico Socioambiental - Litoral Norte - Recursos Hídricos Subterrâneos**. Oficina do Programa Nacional de Meio Ambiente – MMA - PNMAII. Recife.

DEMETRIO, J.G. A e OLIVEIRA, L. T. - **Zoneamento Hidrogeológico da Porção Norte da Região Metropolitana do Recife** - < http://www.cprm.gov.br/publique/media/zone_hidrog.pdf > Acesso em: 10 agosto 2010.

DERÍSIO, J.C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. São Paulo. Signus Editora. 2000.

FANCICANI, V.R.; MORAES, I.P.S.; NARIYOSHI, M.A.C.; ONOFRE, R.M.S.; ORSATTI, W.A., 2000. **Índice Geral de Qualidade de água distribuída pela SABESP-IGQA**. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental: 290-297

FELICIANO, Marta de Luna Malheiros; MÉLO, Ronaldo Benicio de (Orgs). **Atlas do Estado da Paraíba . Informação Para Gestão do Patrimônio Natural**.1 ed. João Pessoa; SEPLAN/IDEME, 2003.

GASTALDINI, M. C. C.; SOUZA, M. D. S. **Diagnóstico do Reservatório do Vacacaí-Mirim através de Índices de Qualidade de Água**, 1º Seminário sobre Qualidade de Águas Continentais no MERCOSUL, Porto Alegre, 1994.

JOÃO PESSOA, **Perfil da Cidade**, João Pessoa 2005. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/perfil/nossageografia/>>. Acesso em: 10. out. 2010.

JOÃO PESSOA, **Perfil da Cidade**, João Pessoa 2007. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/seplan/perfil/nossageografia/>>. Acesso em: 10. out. 2010.

LEAL, Onofre. **Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife-PE**, Série Recursos Hídricos, Vol. 2, 1994.

LEITÃO, Teresa E; LOBO FERREIRA, J.P.; OLIVEIRA, Manuel N.; MOINANTE, Maria João. **Poluição de Águas Subterrâneas: Principais Problemas, Processos de Prevenção e de Reabilitação**. 6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2003.

LEITE, F.; FONSECA, O. - **Aplicação de índices de qualidade das águas na lagoa Caconde, Osório, RS**. IN: Seminário de Qualidade das Águas Continentais no MERCOSUL, 1. Anais. Organizador: David M. Marques- ABRH, 1994.

LIRA, Gustavo A. Ramalho. **Sistemática de informações baseado nas características dos poços de abastecimento público em áreas urbanas litorâneas no Estado da Paraíba**, 2005.

MACHADO, J. L. F. **Arqueologia Geológica: As escavações e perfurações no subsolo através dos tempos**. Inéditos - 2005

MANOEL FILHO, J. **Água Subterrânea: Histórico e Importância**. In: Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. Coordenado por Fernando A.C. Feitosa e João Manoel Filho. Fortaleza, CPRM/REFO, LABIH-UFPE, 391p, 2000.

MENESES, L.F. - **Avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos livres no município de João Pessoa/ PB, através do modelo drastic**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

OLIVEIRA, Leanize Teixeira; DEMETRIO, J. G. Alves; TOMÉ, Maria E. T. Rios; VASCONCELOS, Cleidiane de Lemos. **Análise da Geometria dos Aquíferos costeiros da Porção Norte da Região Metropolitana do Recife-PE a partir de perfis Litológicos de Poços Tubulares**, Rev. Águas Subterrâneas n° 17/ Maio 2003.

OLIVEIRA, Roberto Gusmão de Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Projeto SINGRE; Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar da Região Metropolitana do Recife. Recife: CPRM/FIDEM, 1994.

OTT, W. R. **Environmental Indices: theory and practice**, Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan, 371 p. 1978.

PAIVA, João Batista Dias de; PAIVA, Eloíza Maria Cauduro Dias de (Orgs.). **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625p.

PARAÍBA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. Relatório Anual sobre a situação dos Recursos Hídricos no Estado da Paraíba. 2009. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/relatorios/hidrologico/arquivos/Relatorio_Anual_Hidrologico_2008_2009.pdf> Acesso em: 15 Jan. 2011.

PARAÍBA TURISMO - PBTUR, Governo do Estado da Paraíba, Mesorregiões da Paraíba. Disponível em: <<http://paraiba.pb.gov.br/pbtur/geografia>> Acesso em : 15 Jan. 2009.

PEDROSA, C.A. e CAETANO, F.A – **Águas Subterrâneas** – 2002 – Disponível em: Agencia Nacional das Águas <http://www.uniagua.org.br/public_html/website/estudo_aguas_subterraneas.pdf>- Acesso em: 17 Jul. 2010.

PEREIRA S.Y. **O caminho das águas**. In: Carneiro C.D.R. (ed. cient.). Geologia. São Paulo: Global/ SBPC, Vol. 10, pp. 6, pp. 50-55, 2000. (Série Ciência Hoje na Escola).

PNMA – **Índice e Indicadores de Qualidade da Águas** – 2008 – Revisão da Literatura.
Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>> - Acesso em: 17 Jul. 2008.

PRATI, L.; PAVANELLO, R; PESARIN, F. **Assessment of Surface Water Quality by a Single Index of Pollution**. Vol. 5, No 9, P 741-751, September 1971. 10 Fig. 3 Tab, 10 Ref. Disponível em:
<www.csa.com/partners/viewrecord.php%3Dgs%collection3DENV%recid%3072200577>.Acessado em: 27 de out 2009.

RIZZI, N. E. Índices de qualidade de água. **Sanare**, v. 15, n. 15, p. 11-20, 2001.

SANTOS, Editon José dos; FERREIRA, Cícero Alves; SILVA JÚNIOR, José Maria F. da (Orgs.). **Geologia e recursos minerais do estado da Paraíba**. Recife: CPRM, 2002.

SANTOS, I. dos; FILL, H. D.; SUGAI, M.R.V. B; BUBA, H.; KISHI, R. T.; LAUTERT, L.F. ,2001. **Hidrometria Aplicada**. LACTEC- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba, PR. 372p.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewa AWWA; WEF, Estados Unidos, 1998.

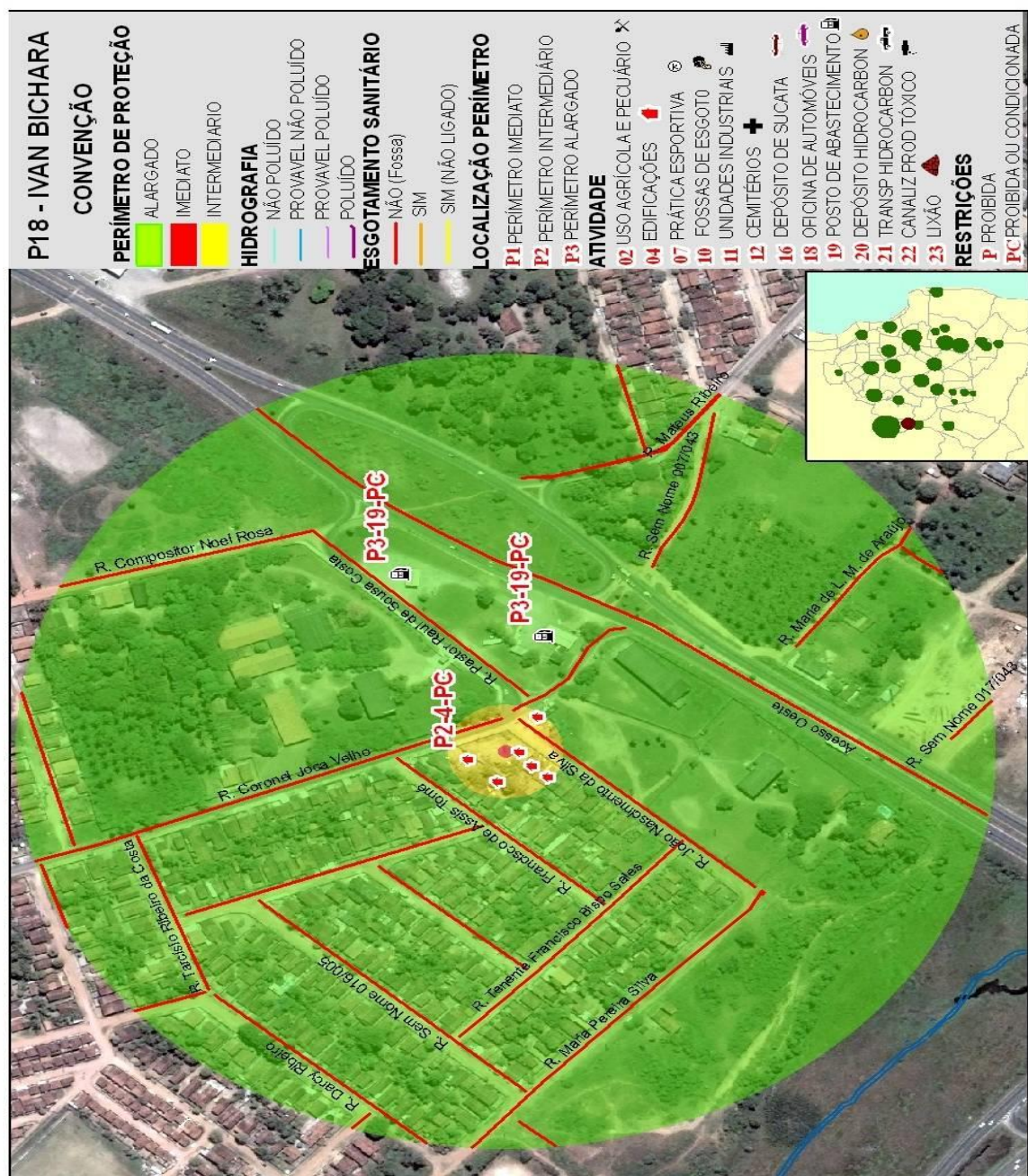
TOLEDO, A.P; AGUDO, E.G.; TOLARICO, M.; CHINEZ, S.J., **Aplicação de modelos simplificados para avaliação da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais**; CETESB. 1984.

TOSCANO, G. L. G, **Uso do Solo em Áreas para Proteção de Poços Destinados ao Abastecimento Público na Cidade de João Pessoa, Paraíba**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2008.

TUCCI, E.M.CARLOS. Hidrologia; Ciência e aplicação, 3ª ed. Porto Alegre, UFRGS, 2002, 944 p.

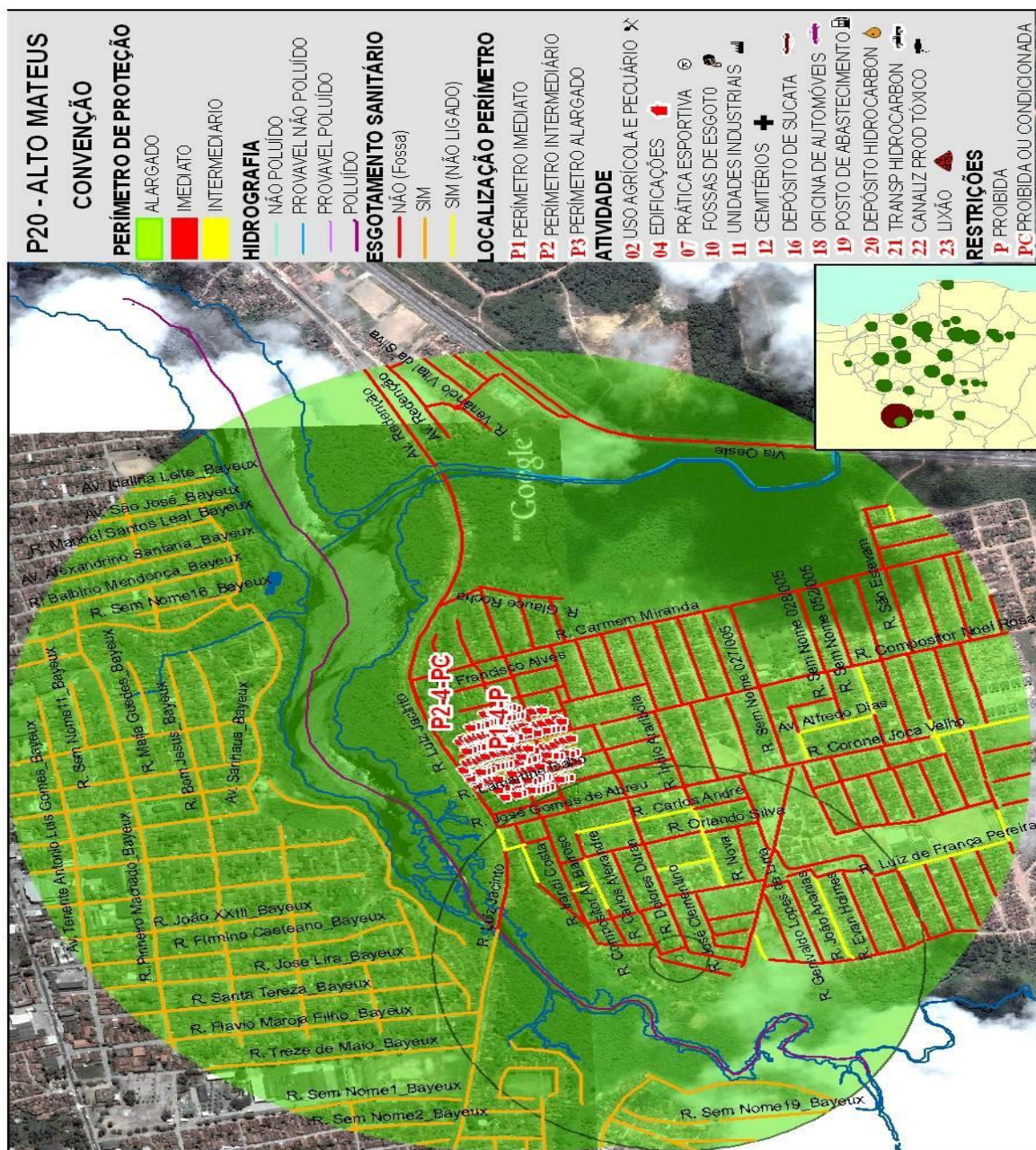
TUCCI, Carlos E. M.; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO, Oscar. Relatório Nacional sobre o gerenciamento da água no Brasil, 2000.

ANEXOS



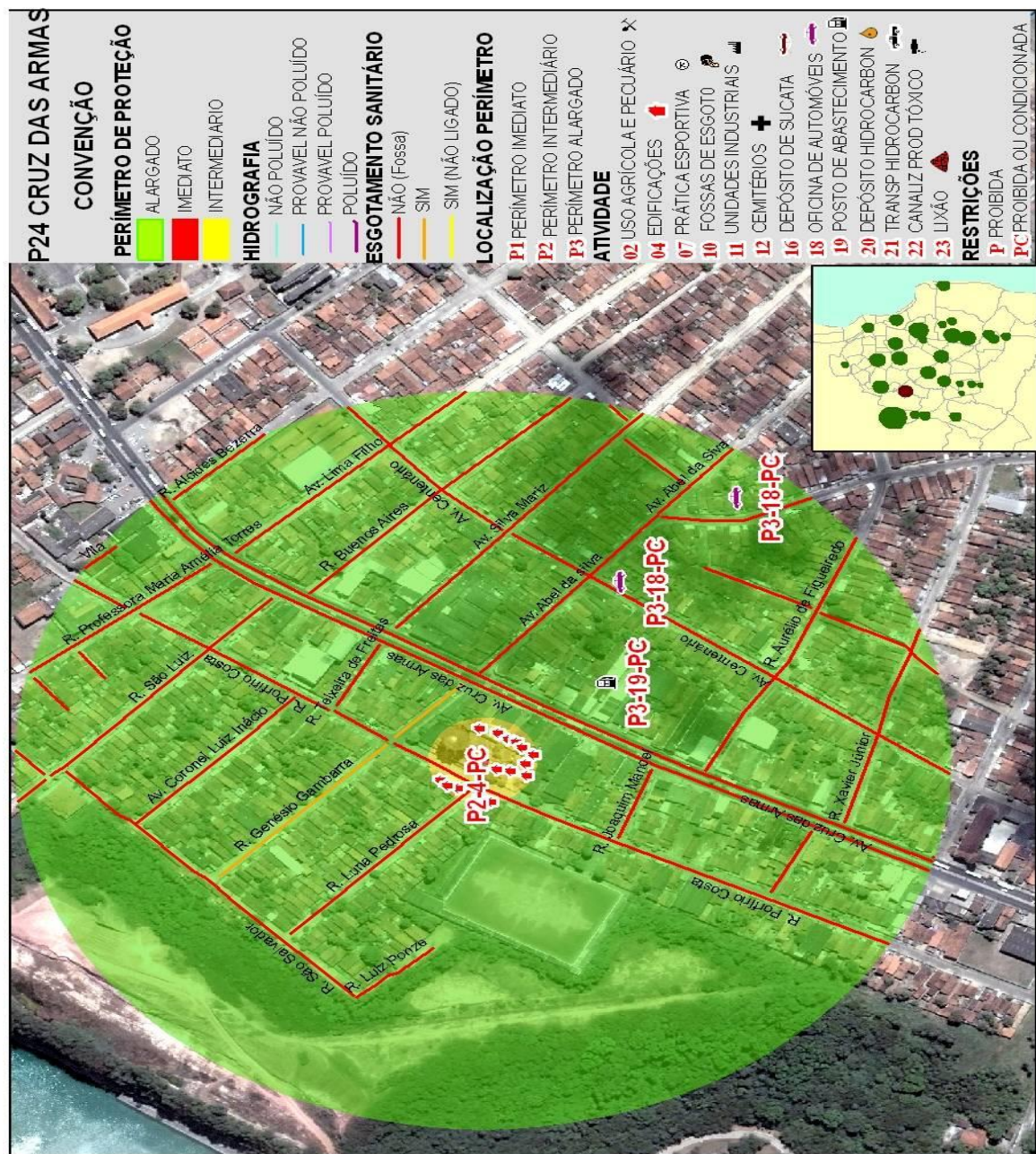
Anexo 1 – POÇO P-18– ALTO DO MATEUS I

Fonte: Toscano, 2008



Anexo 3 – POÇO P-20– ALTO DO MATEUS III

Fonte: Toscano, 2008



Anexo 5 – POÇO P-24– Cruz das Armas

Fonte: Toscano, 2008