



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E
GEOQUÍMICA**

TEDE DE DOUTORADO

**PLANOS DE SISTEMAS AQUÍFEROS COMO FUNDAMENTO
LEGAL PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Tese apresentada por:

LUCY ANNE CARDOSO LOBÃO GUTIERREZ

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Matos de Abreu (UFPA)

**BELÉM
2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

G984p Gutierrez, Lucy Anne Cardoso Lobão

Planos de sistemas aquíferos como fundamento legal para a gestão de recursos hídricos / Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez; Orientador: Francisco de Assis Matos de Abreu – 2010
xix, 164f. : il.

Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

1. Hidrogeologia. 2. Recursos hídricos - gestão. 3. autoabastecimento. I. Universidade Federal do Pará. II. Abreu, Francisco de Assis Matos de, *orient.* III. Título.

CDD 20° ed.: 551.49



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**PLANOS DE SISTEMAS AQUÍFEROS COMO FUNDAMENTO
LEGAL PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

TESE APRESENTADA POR

LUCY ANNE CARDOSO LOBÃO GUTIERREZ

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutor em Ciências na Área de
GEOLOGIA**

Data de Aprovação: 14 / 07 /2010

Banca Examinadora:

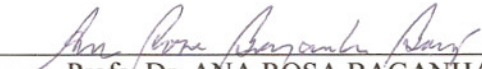


Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS MATOS DE ABREU
(ORIENTADOR-UFPA)

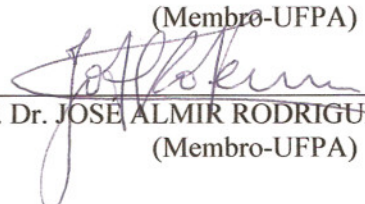
Dr. FERNANDO ROBERTO DE OLIVEIRA
(Membro-ANA)



Prof. Dr. ITABARACI NAZARENO CAVALCANTE
(Membro-UFC)



Profa. Dr. ANA ROSA BAGANHA BARP
(Membro-UFPA)



Prof. Dr. JOSÉ ALMIR RODRIGUES PEREIRA
(Membro-UFPA)

Aos meus pais Luis e Léa Lobão, pelo constante carinho, eterna
dedicação e por terem me educado e guiado sempre pelos melhores
caminhos

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e a minha irmã Ludmila, pelo apoio e dedicação a minha princesa Bianca nos meus momentos de ausência.

Ao meu marido Antônio, pelo companheirismo e apoio e por sua compreensão sobre a importância deste trabalho para minha vida profissional.

A minha princesa Bianca, pelos momentos de alegria e simplesmente pela sua existência.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco de Assis Matos de Abreu, pela atenção, orientação, conhecimento transmitido e, principalmente, pelo seu eterno bom humor, o que o faz uma pessoa especial.

Ao Professor Dr. José Almir Rodrigues Pereira, pelas oportunidades no Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento.

Ao Professor Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante, pelas valiosas contribuições.

Aos amigos e professores da Universidade do Estado do Pará (UEPA) Eliane Coutinho, Ana Julia Soares, Hebe Ribeiro, Miriam Barreto, Gleicy Abdon e Rodolfo Brito.

À amiga Celine de Oliveira e às bolsistas Karina Castro e Gleiciane Moraes, pelo auxílio na digitação dos dados da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA).

Aos amigos do Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento Marise Condurú, Valdinei da Silva, Jaqueline da Silva, Silvana Sodré, Aline Santos, Daniel Mescoito, Gilberto Barreto e Monique Barreto, pelo apoio.

À amiga Aline Santos, pelo auxílio na elaboração dos mapas;

Ao Dr. Márcio Spindola e ao Dr. Haroldo Bezerra, pelo acesso aos dados comerciais da COSANPA.

Ao Dr. Haroldo Martins, à Engenheira Ângela e ao Biólogo Moacir Melo pelo acesso ao arquivo dos dados de qualidade da COSANPA.

Aos coordenadores e professores do Programa de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará (UFPA) pela oportunidade de realização deste curso e pelos conhecimentos adquiridos.

RESUMO

A avaliação das condições do autoabastecimento na RMB, em especial de 25 bairros, os quais apresentam informações consolidadas e disponíveis, evidenciou a necessidade de aprimorar a gestão dos recursos hídricos subterrâneos no Estado. Para isso é proposta a elaboração dos Planos de Sistemas Aquíferos como fundamento legal para a gestão de recursos hídricos no estado do Pará, em especial na RMB. Os dados e informações levantados demonstram que o sistema de abastecimento público apresenta déficit de atendimento, em razão principalmente da inexistência de rede pública de distribuição em muitas áreas; da deficiência ou inexistência de planos para a ampliação dessa rede; da necessidade de adequação e melhoramento da rede existente; da baixa disponibilidade de inversões financeiras para a melhoria geral do sistema; dos elevados índices de perdas verificados; dentre outros fatores. Em decorrência desse quadro tem aumentado o número de usuários, em especial do seguimento residencial, que utilizam poços tubulares para o autoabastecimento, quase sempre completados nos sistemas aquíferos Pós-Barreiras e Barreiras. Esta situação é observada, principalmente, nos bairros mais verticalizados, como Nazaré, Reduto, Umarizal e São Braz, que apresentaram, respectivamente, (62,9%), (49,2%), (31,8%) e (33,3%) das economias residenciais atendidas por poços particulares para abastecimento próprio. Estes aquíferos apresentam vulnerabilidade moderada a elevada, sendo que os dados disponíveis sobre a qualidade de suas águas revelam elevados índices de nitrato, causados, muito provavelmente, pela ausência quase total de sistemas de coleta e tratamento de esgoto. Para a formulação do modelo também foi realizado o levantamento e análise da legislação Federal e Estadual pertinente aos recursos hídricos, sendo verificado que essa legislação está bem mais avançada em relação às águas superficiais. O estabelecimento de cenários futuros, a partir da metodologia descrita por Michel Goodet, trouxe consigo a vinculação entre gestão e planejamento das águas subterrâneas e das águas superficiais, visto que, no modelo nacional, a unidade territorial para a gestão das águas é a bacia hidrográfica. Para permitir que o planejamento das águas subterrâneas não ocorra de forma fragmentada no âmbito das bacias hidrográficas e nem esteja totalmente atrelado ao início da gestão das águas superficiais, é proposto um modelo de planejamento e gestão das águas subterrâneas para o Estado do Pará. Nesse modelo, o planejamento dos sistemas aquíferos poderia ser realizado por meio dos **Planos de Sistemas Aquíferos**, sob a responsabilidade e coordenação do Estado. Para a definição das diretrizes de elaboração e aprovação desses Planos propõe-se a formação das **Comissões de Sistemas**

Aquíferos a serem coordenadas pelo órgão Estadual de Recursos Hídricos, as quais incorporarão a participação indispensável dos usuários, representantes dos municípios que se encerram em bacias hidrográficas sobrejacentes a esses sistemas aquíferos, bem como da sociedade civil organizada, um novo paradigma de funcionamento da sociedade contemporânea.

Palavras-chave: Hidrogeologia. Recursos Hídricos – gestão. Autoabastecimento.

ABSTRACT

The evaluation of self supply conditions in RMB, especially in 25 districts, which present consolidated and available information, bespoke the need of improving the management of groundwater resources in the state. In order to achieve that, the elaboration of the Water Systems Plans as a legal fundament for the management of water resources in the State of Pará, especially in RMB. The information and data gathered showed that the public water supply system presents some deficit, mostly due to absence of the public water supply network in many areas; inefficiency or absence of plans to extend this network; need of improvement and adequacy for the existing network; low availability of goods acquisition to the general improvement of the system; the high index of loss verified; and so on. Because of this the number of users has increased, particularly in the residential sector, which uses the tubular wells for self supply, almost ever completed in the water systems Pós-Barreiras and Barreiras. This scenario is observed, mainly in the districts having the most of buildings, such as Nazaré, Reduto, Umarizal and São Braz, which respectively present (62,9%), (49,2%), (31,8%), and (33,3%) of the residential economies provided by private wells for self supply. These aquifers demonstrate moderate to high vulnerability, whereas the available data of their water quality reveal high nitrate indexes probably caused by almost entire absence of sewage collection and treatment systems. A survey and an analysis about federal and state laws which are relevant to the water resources were also made for planning the model, observing that this law is much more advanced for superficial water. The settlement of future scenarios, from the methodology described by Michel Goodet, brought the linkage between management and planning of superficial and ground water, in view of the fact that in the national model, the territory for the management of the water is the drainage basin. To allow that planning groundwater does not occur in a disintegrated way in the scope of drainage basins nor is totally attached to the start of superficial water management, a model of groundwater planning and management is proposed to the State of Pará. According to this model, the aquifer systems planning could be done through **Aquifer Systems Plans**, under the responsibility and coordination of the State. To the definition of elaboration and approval of these Plans, it is suggested the creation of **Aquifer Systems Committees** to be coordinated by the organ of the State for Water Resources, which will incorporate the imperative participation of users, representatives of the counties that are surrounded by overlying

drainage basins to these aquifer systems, as well as the civil society organized, a new paradigm of operation for a contemporaneous society.

Keywords: Hydrogeology. Water Resources – management. Self Supply.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa da delimitação da área de estudo do autoabastecimento e da qualidade da água na RMB _____	7
Figura 2 – Dados em planilha Excel utilizados para a estimativa do volume explotado de poços particulares em Belém. _____	9
Figura 3 – Condomínio com uma ligação e dez economias _____	9
Figura 4 – Mapa com as áreas atendidas pela COSANPA, SAAEB, prefeituras de Benevides e Santa Bárbara . _____	14
Figura 5 – Mapa das áreas abastecidas por manancial superficial, subterrâneo e misto (superficial e subterrâneo) nos municípios de Belém e Ananindeua _____	16
Figura 6 – Situação do abastecimento de água no município de Belém. _____	18
Figura 7- Fotografia de satélite do Sistema de captação de água superficial da RMB. _____	19
Figura 8 – Fotografia de satélite da ETA São Braz _____	21
Figura 9 – Fotografia de satélite da ETA 5° setor _____	22
Figura 10 – Fotografia de satélite da ETA Bolonha _____	23
Figura 11 - Produção e Demanda do Sistema Bolonha para o período de 2004 a 2007. _____	24
Figura 12 - Áreas abastecidas pelos sistemas de abastecimento de água superficial da RMB. _____	36
Figura 13 - Mapa das áreas abastecidas pelos sistemas Utinga – São Braz, Utinga – 5° Setor, Bolonha – ZC e manancial subterrâneo. _____	37
Figura 14 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro de Nazaré. _____	38
Figura 15 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Reduto. _____	40
Figura 16 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Umarizal. _____	41
Figura 17 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro de São Braz. _____	41
Figura 18 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro de Batista campos. _____	41
Figura 19 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Sousa. _____	41
Figura 20 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Pedreira. _____	43
Figura 21 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Marco. _____	43
Figura 22 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Maracangalha. _____	47

Figura 23 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Sacramentoa. _____	47
Figura 24 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro Terra Firme. _____	47
Figura 25 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro de Canudos. _____	48
Figura 26 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro Curió Utinga. _____	48
Figura 27 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro Miramar. _	48
Figura 28 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro Universitário. _____	48
Figura 29 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Cidade Velha. _____	51
Figura 30 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Guamá. _____	52
Figura 31 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Telégrafo. _____	52
Figura 32 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Cremação. _____	52
Figura 33 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro de Fátima. _____	52
Figura 34 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Barreiro. _____	54
Figura 35 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Jurunas. _____	54
Figura 36 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Condor. _____	55
Figura 37 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Campina. _____	56
Figura 38 – Porcentual de economias atendidas por poços particulares nos bairro estudados. _____	59
Figura 39 – Relação de economias residenciais atendidas por poços particulares para os bairros estudados. _____	61
Figura 40 – Vulnerabilidade dos sistemas aquíferos na RMB. _____	67
Figura 41 – Rede de esgotamento sanitário em Belém _____	71
Figura 42 - Número de amostras com concentração de nitrato acima de 10 mg/l (inclusive) e a concentração máxima de nitrato (mg/l), por ano, para os bairros Marco, Batista Campos, Campina, Canudos, Cidade Velha, Cremação, Fátima, Guamá e Jurunas. _____	85

Figura 43 - Número de amostras com concentração de nitrato acima de 10 mg/l (inclusive) e a concentração máxima de nitrato (mg/l) por ano para os bairros Nazaré, Pedreira, Reduto, Sacramento, São Braz, Sousa, Telégrafo, Terra Firme, Umarizal e Una. _____	86
Figura 44 – Cenários para a gestão de águas subterrâneas no Estado do Pará. _____	101
Figura 45 - Instituições responsáveis pela formulação e pela implementação dos instrumentos da PNRH. _____	114
Figura 46 – Estrutura organizacional da ANA. _____	119
Figura 47 – Composição e competências dos Comitês de Bacia Hidrográfica. _____	122
Figura 48 – Fluxograma para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas. _____	126
Figura 49 – Fluxograma para o enquadramento dos corpos d'águas em classes. _____	129
Figura 50 – Fluxograma para obtenção de outorga preventiva e de direito de uso de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. _____	132
Figura 51 – Fluxograma para a cobrança pelo uso das águas superficiais e subterrâneas. _	134
Figura 52 – Gestão das águas subterrâneas. _____	136
Figura 53 – Apresentação das condições de outorga de um sistema aquífero em zonas. __	145
Figura 54 – Modelo atual do planejamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos. __	149
Figura 55 – Modelo de planejamento e gestão proposto para os recursos hídricos subterrâneos _____	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População prevista para o ano 2000 pelo Projeto Belém e população verificada pelo Plano Diretor no ano 2004. _____	25
Tabela 2 – Cotas per capitas verificadas pelo Plano Diretor de Águas _____	25
Tabela 3 - Coluna estratigráfica e características hidrogeológicas dos aquíferos da RMB __	29
Tabela 4 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro de Nazaré. ____	38
Tabela 5 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Reduto. ____	39
Tabela 6 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro de São Braz. __	39
Tabela 7 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro de Batista Campos. _____	39
Tabela 8 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Umarizal. __	39
Tabela 9 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Sousa. ____	40
Tabela 10 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Pedreira. _	42
Tabela 11 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Marco. ____	43
Tabela 12 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Maracangalha. _____	45
Tabela 13 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Sacramentoa. _____	45
Tabela 14 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro Terra Firme. _	45
Tabela 15 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro de Canudos. 45	45
Tabela 16 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro Curió-Utinga. 46	46
Tabela 17 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro Miramar. ____	46
Tabela 18 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro Universitário_	46
Tabela 19 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Cidade Velha. _____	49
Tabela 20 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Guamá. ____	50
Tabela 21 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Telégrafo. 50	50
Tabela 22 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Cremação. 50	50
Tabela 23 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro de Fátima. ____	50
Tabela 24 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Barreiro. _	53
Tabela 25 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Jurunas. ____	53
Tabela 26 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Condor. ____	54

Tabela 27 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Campina. _	55
Tabela 28 – Informações gerais dos bairros estudados _____	57
Tabela 29 – Volume estimado de água consumido nas economias que utilizam poço _____	62
Tabela 30 – Distribuição das amostras de água por ano e por bairro em função da concentração de nitrato nas seguintes faixas 0 a 1 (mg/l), 1 a 5 (mg/l), 5 a 10 (mg/l), 10 a 15 (mg/l), 15 a 20 (mg/l) e 20 a 24 (mg/l). _____	79
Tabela 31 – Amostras com indícios de contaminação por combustível. _____	89

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CTAS	Câmara Técnica de Águas Subterrâneas
CBH	Comitês de Bacia Hidrográfica
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
EEAB	Estações Elevatórias de Água Bruta
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	Ministério de Meio Ambiente
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
RMB	Região Metropolitana de Belém
SEDCT	Secretaria de Ciência e Tecnologia
SEMA	Secretaria de Meio Ambiente
SHR/MM	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente
SECTAM	Secretaria Executiva de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente
SAAEB	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém
SIEGREH	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
ZC	Zona Central

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	5
1.2 METODOLOGIA.....	6
CAPÍTULO 2 - ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA RMB	13
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PÚBLICO.....	13
2.2 UTILIZAÇÃO DO MANANCIAL SUPERFICIAL	19
2.3 UTILIZAÇÃO DO MANANCIAL SUBTERRÂNEO.....	26
CAPÍTULO 3 - O AUTOABASTECIMENTO NO MUNICÍPIO DE BELÉM.....	28
3.1 RESERVAS, POTENCIALIDADE E DISPONIBILIDADE.....	31
3.2 RECARGA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS NA ÁREA URBANA DA RMB	32
3.3. O AUTOABASTECIMENTO EM 25 BAIROS DA CIDADE DE BELÉM	35
CAPÍTULO 4 - POLUIÇÃO DE SISTEMAS AQUÍFEROS NA RMB.....	64
4.1 RISCOS DE POLUIÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS.....	64
4.2 FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO NA RMB	68
4.2.1 Águas residuárias	68
4.2.2 Armazenamento subterrâneo de combustível.....	73
4.2.3 Cemitérios	75
4.3 QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA EM POÇOS PARTICULARES NA RMB.....	76
CAPÍTULO 5 - CENÁRIOS DA GESTÃO DE AQUÍFEROS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM.....	93

5.1 UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - Panorama geral	94
5.1.1 Descrição do cenário atual da utilização de águas subterrâneas	98
5.2 CENÁRIOS PARA A GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DO PARÁ	100
5.2.1 Cenário 1 – Gestão plena das águas subterrâneas - Panorama geral.....	102
5.2.2 Cenário 2 – Gestão parcial das águas subterrâneas - Panorama geral	104
5.2.3 Cenário 3 - Pouca ou nenhuma gestão das águas subterrâneas - Panorama geral	107
CAPÍTULO 6 - GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS NO BRASIL	111
6.1 SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS (SINGREH)	112
6.1.1 Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).....	114
6.1.2 Conselhos estaduais e do Distrito Federal.....	116
6.1.3 Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (SRH/MMA)	116
6.1.4 Secretarias de Estado	118
6.1.5 Agência Nacional de Águas (ANA)	118
6.1.6 Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH).....	120
6.1.7 Agências de bacia.....	122
6.2 INSTRUMENTOS DE GESTÃO DA PNRH E AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	123
6.2.1 Planos de recursos hídricos.....	124
6.2.2 Enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes de água	127
6.2.3 Outorga dos direitos de usos dos recursos hídricos.....	130
6.2.4 Cobrança pelo uso dos recursos hídricos	133
6.2.5 Sistemas de informações sobre recursos hídricos.....	135

CAPÍTULO 7 - PLANOS DE SISTEMAS AQUÍFEROS COMO FUNDAMENTO LEGAL PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS	140
7.1 PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS	141
7.2 ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS.....	143
7.3 OUTORGA, COBRANÇA, ENQUADRAMENTO E O SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NOS PLANOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS.....	144
7.4 CONTEÚDO MÍNIMO SUGERIDO PARA OS PLANOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS.....	147
7.5 PROPOSTA DE RESOLUÇÃO AO CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA A INSTITUIÇÃO DOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS	152
8. CONCLUSÕES	155
REFERÊNCIAS	157

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A expansão da Região Metropolitana de Belém (RMB) tem ocorrido de forma espontânea e não planejada. Uma das decorrências desse fato é o déficit nos serviços públicos de saneamento, em especial nas áreas periféricas. Neste sentido, o sistema público de abastecimento de água não tem conseguido acompanhar o crescimento das demandas.

Na RMB, o sistema público de abastecimento de água utiliza predominantemente o manancial superficial. De acordo com Abreu (2009), da população total da RMB que é aproximadamente 2.000.000 de habitantes, cerca de 65% (1.300.000 hab.) reside nas áreas onde o poder público disponibiliza água proveniente de mananciais superficiais; 20% da população (400.000 hab.) é abastecida pelos sistemas públicos isolados com água proveniente de manancial subterrâneo, e os 15% restantes (300.000 hab.) utiliza poços para o autoabastecimento por não ser atendida por rede pública de água. No entanto, parte da população residente na área atendida pelo sistema de água superficial, cerca de 16%, utiliza poços particulares como fonte de abastecimento de água, ou seja, cerca de 208.000 habitantes. Dessa forma, é possível estimar que a população atualmente atendida por manancial superficial é de 1.092.000 habitantes, enquanto cerca de 908.000 habitantes, praticamente a metade, utilizam água proveniente de manancial subterrâneo.

É importante destacar que a deficiência do sistema público de abastecimento de água tem provocado a crescente utilização das águas subterrâneas para o autoabastecimento, em especial nas áreas periféricas desabastecidas e em áreas providas de redes de abastecimento de água, mas que apresentam abastecimento irregular. O autoabastecimento nas áreas consolidadas é crescente em razão, principalmente, das reservas de água subterrânea disponíveis serem abundantes; do sistema público de abastecimento de água apresentar, em algumas áreas, problemas de intermitência; do baixo custo de construção de poços; e do custo das águas subterrâneas (autoabastecimento) ser muito inferior ao da concessionária.

O autoabastecimento, com exceção de grandes empresas e indústrias, é quase sempre realizado por captação a partir dos sistemas aquíferos Barreiras e Pós-Barreiras os quais apresentam vulnerabilidade entre moderada a extrema. De acordo com Oliveira (2004), a maioria dos poços utilizados para abastecimento público e industrial obedece aos critérios

técnicos de construção, mas os poços particulares e em condomínios, com raras exceções, são mal construídos e podem permitir a penetração de substâncias poluentes nos aquíferos. Além disso, na RMB não existe monitoramento constante, por parte do poder público, da qualidade das águas dos poços particulares.

De acordo com o Plano Nacional de Recursos Hídricos (Ministério de Meio Ambiente (MMA), 2006), de forma geral, as águas subterrâneas no Brasil apresentam boa qualidade, com propriedades físico-químicas e bacteriológicas adequadas a diversos usos, incluindo o consumo humano. No entanto, este documento alerta que as atividades antrópicas nas últimas décadas têm comprometido significativamente alguns aquíferos. Na RMB, por exemplo, as principais fontes de contaminação são os postos de revenda de combustíveis, os cemitérios e as águas residuárias geradas por residências, bares, restaurantes, clínicas, hospitais dentre outras, visto que grande parte da RMB não dispõe de sistema público de esgotamento sanitário.

Para Rebouças (2004), no Brasil o consumo humano de águas subterrâneas do aquífero freático deveria ser considerado uma temeridade, em termos de saúde pública, em razão das formas desordenadas de ocupação do solo e da falta de sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário. Segundo o autor, as águas subterrâneas são extraídas livremente no país por meio de poços de qualidade técnica duvidosa, o que tem ocasionado prejuízos a população, pois muitas vezes podem estar contaminadas por esgotos domésticos, vazamentos de combustíveis e outras substâncias nocivas a saúde.

Na RMB o aquífero livre que é utilizado, em geral, pela população de baixa renda, nas zonas periféricas desabastecidas, por meio de poços amazonas que, na maioria dos casos, apresentam águas com problemas de qualidade. O aquífero Barreiras, o mais utilizado para o autoabastecimento de condomínios verticais, segundo Abreu (2009), de maneira geral apresenta águas de boa qualidade conforme a maioria dos parâmetros avaliados, embora 30% das águas analisadas apresentem teores de nitrato acima dos valores recomendados pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, e 45% apresentem teores de ferro acima do estabelecido pela mesma portaria. Em termos bacteriológicos, o autor comenta que 80% das águas produzidas pelos poços da formação Barreiras apresentam coliformes totais, por outro lado, o aquífero Pirabas, utilizado predominantemente por grandes empresas e para o abastecimento público (Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) e Serviço

Autônomo de Água e Esgoto de Belém (SAAEB)) e industrial, apresenta águas de excelente qualidade, não sendo verificada restrição para o consumo humano.

Apesar das águas subterrâneas representarem uma reserva estratégica e vital para o suprimento hídrico da população na RMB, o autoabastecimento a partir da captação nos aquíferos Barreiras e Pós-Barreiras pode representar um risco, em razão de suas águas apresentarem limitações de ordem qualitativa, em especial nas áreas de influência urbana. Além disso, a indisponibilidade desses aquíferos pode levar à utilização indiscriminada do aquífero Pirabas, que se encontra preservado e é utilizado pelos sistemas públicos de abastecimento de água, com todos os riscos daí decorrentes.

Para a preservação dos sistemas aquíferos e para a proteção da saúde da população é indispensável a regulação, por parte do poder público, das condições de usos e proteção das reservas subterrâneas disponíveis, tanto em termos de qualidade como de quantidade. Em vista disso, no Brasil, a Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Nesta Lei ficou definida a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da PNRH e para a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Ou seja, o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em território nacional deverão ser realizados com base na configuração e distribuição das águas superficiais.

No Estado do Pará, a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) foi estabelecida por meio da Lei nº 6.381 que foi publicada em 25 de junho de 2001. No entanto, somente em 2006 o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) foi regulamentado, mas os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) e as agências de bacia, até o final do ano de 2009, ainda não haviam sido criados. Assim, é possível afirmar que a gestão de recursos hídricos no Pará está em fase inicial e ocorre de forma lenta, devido, principalmente, à inexistência de conflitos e de escassez de água, forças motrizes do modelo de gestão adotado no País.

No modelo de gestão e planejamento por bacia hidrográfica, adotado na PNRH, que enfatiza sobremaneira os recursos hídricos superficiais, os recursos hídricos subterrâneos tem seu planejamento e gestão fragmentados e inseridos nos planos de recursos hídricos das bacias sobrejacentes, necessitando, portanto, da existência de integração entre os comitês dessas bacias, bem como dos órgãos gestores de recursos hídricos das unidades federadas. Esse

modelo constitui um imperativo visto que os limites dos aquíferos, nos quais se encerram as águas subterrâneas, não coincidem geograficamente com os limites das bacias hidrográficas.

Em razão de os recursos hídricos subterrâneos representarem um bem estratégico e indispensável para o desenvolvimento socioeconômico do Estado é necessário que o poder público fomente estudos e pesquisas para a aquisição de dados que permitam a caracterização das bacias hidrogeológicas, e ainda das inter-relações das águas superficiais e subterrâneas. Além disso, para garantir a preservação e o uso racional desses recursos é necessário o desenvolvimento e a implementação de instrumentos que permitam a maior integração entre as ações referentes ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Dessa forma, a fim de contribuir para a preservação e o uso racional dos recursos hídricos subterrâneos é apresentada neste trabalho uma proposta de instrumento de planejamento e gestão que permita a maior integração entre as ações referentes ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

1.1 OBJETIVOS

Geral

Propor modelo de planejamento e gestão integrado para recursos hídricos a partir da análise crítica de dados e informações de diferentes abrangências e escalas da Região Metropolitana de Belém

Específicos

- Levantar dados e informações referentes à utilização dos mananciais superficiais e subterrâneas para o abastecimento de água na RMB;
- estimar o consumo e a qualidade da água subterrânea, decorrente do autoabastecimento;
- estabelecer cenários, para o horizonte de 10 anos, avaliando a gestão das águas superficiais e subterrâneas no Estado do Pará, em especial na RMB;
- avaliar o planejamento e a gestão das águas subterrâneas no contexto da legislação vigente;
- elaborar proposta para o planejamento e a gestão integrada das águas subterrâneas no Estado do Pará.

1.2 METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho foi realizada pesquisa bibliográfica de forma contínua, com a finalidade de definir o estado da arte sobre as questões enfocadas. A pesquisa foi iniciada com o levantamento de dados e informações sobre a área em estudo, de dados históricos sobre qualidade da água, de informações sobre a legislação aplicada ao tema, de metodologias aplicáveis ao trabalho e de pesquisas desenvolvidas sobre o assunto por outros autores. De forma particular, alguns temas mereceram tratamento mais detalhado, conforme explicitado a seguir.

1.2.1 Área de estudo

Para a avaliação das condições de uso e dos riscos de contaminação dos sistemas aquíferos subjacentes a RMB foram utilizados dados de diferentes abrangências na RMB, em especial da área formada pelos bairros Condor, Jurunas, Guamá, Cremação, Batista Campos, Cidade Velha, Campina, Nazaré, São Braz, Canudos, Miramar, Universitário, Marco, Fátima, Umarizal, Reduto, Telégrafo, Pedreira, Val de Cans, Sacramento, Barreiro, Maracangalha, Terra Firme, Sousa, Curió Utinga, Una e Marambaia.

Na Figura 1 é mostrada a área dos bairros na qual foi avaliado o autoabastecimento e a qualidade da água na RMB.

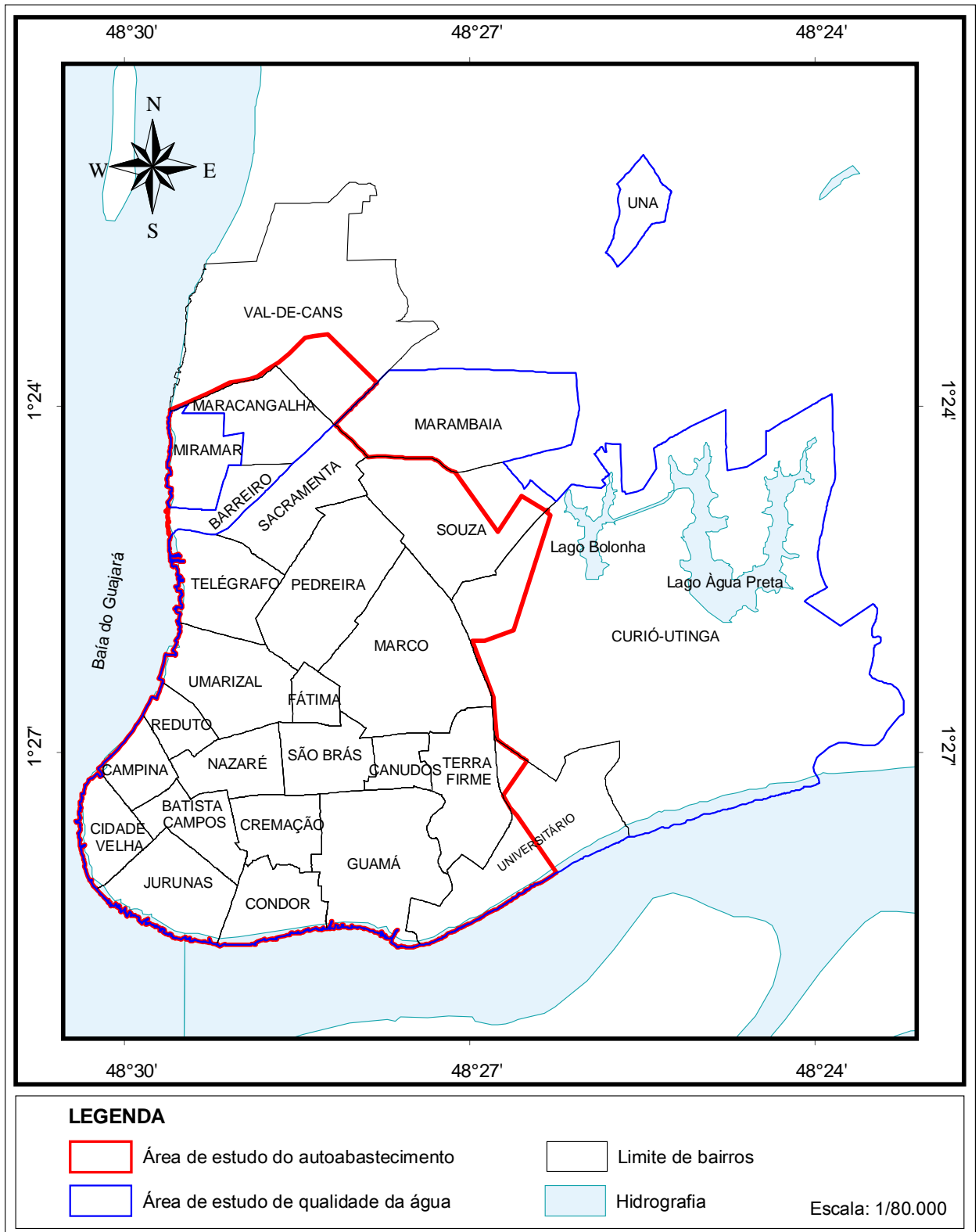


Figura 1 – Mapa da delimitação da área de estudo do autoabastecimento e da qualidade da água na RMB

A escolha dessa área ocorreu devido à disponibilidade e a confiabilidade dos dados ser maior e devido a mesma apresentar características comuns a outras cidades brasileiras, como: poucas áreas atendidas com sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário, utilização de sistemas individuais de tratamento de esgoto, proliferação indiscriminada de poços particulares utilizados para abastecimento próprio, inexistência de rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, dentre outros.

1.2.2 Utilização dos mananciais superficiais e subterrâneas para o abastecimento de água na RMB;

Para a avaliação da utilização dos mananciais superficiais e subterrâneo na RMB foi realizado levantamento das áreas atendidas pelas concessionárias e prefeituras da RMB. Além disso, para avaliação da capacidade de abastecimento foi realizado levantamento das principais intervenções previstas e realizadas para ampliação do sistema público de água, em especial da opção superficial.

1.2.3 Estimativa do autoabastecimento

O cálculo da disponibilidade efetiva de água subterrânea foi realizado para 25 bairros da RMB. Para determinação do volume de água subterrânea explorado em poços particulares, bem como do número de poços existentes, foi utilizado banco de dados cedido pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), referente ao mês de abril de 2008. Os dados foram disponibilizados em três arquivos digitais no formato TXT e convertidos para o formato XLS (Excel).

O autoabastecimento foi avaliado somente nestes 25 bairros em razão da confiabilidade e da disponibilidade dos dados.

A Figura 2 apresenta os dados utilizados para a estimativa dos volumes explorados de poços particulares.

	A	C	E	F	G	H	K	M	Q
1	Unidade de Negócio	Nome Localidade	Nome Cliente	Endereço Imóvel	Bairro	Setor	Quantidade Economias	Situação Ponto Serviço	Fonte Alternativa
21	UNISUL	BELEM			REDUTO	1	1 S		PP
63	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	8 A		PP
73	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	16 T		PP
125	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	45 S		PP
133	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 A		PP
152	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 A		PP
155	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 T		PP
156	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	2 A		PP
157	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	5 A		PP
171	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	57 T		PP
172	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	73 B		PP
180	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	4 T		PP
188	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	16 A		PP
191	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 F		PP
192	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 A		PP
245	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 T		PP
248	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 T		PP
257	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 T		PP
267	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 T		PP
272	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 F		PP
286	UNISUL	BELEM			CAMPINA	1	1 T		PP

Figura 2 – Dados em planilha Excel utilizados para a estimativa do volume explotado de poços particulares em Belém.

Cada linha apresentada na Figura 2 corresponde a uma ligação, ou seja, a um ramal predial conectado à rede de distribuição de água. É importante notar que uma ligação pode atender a uma ou a mais economias. Para efeito de ilustração, é mostrado na Figura 3 um condomínio que representa uma ligação de água, ou seja, um ramal conectado à rede pública de abastecimento de água, ou ainda, uma entrada de água, que, por sua vez, atende a 10 apartamentos, ou seja, a 10 economias.

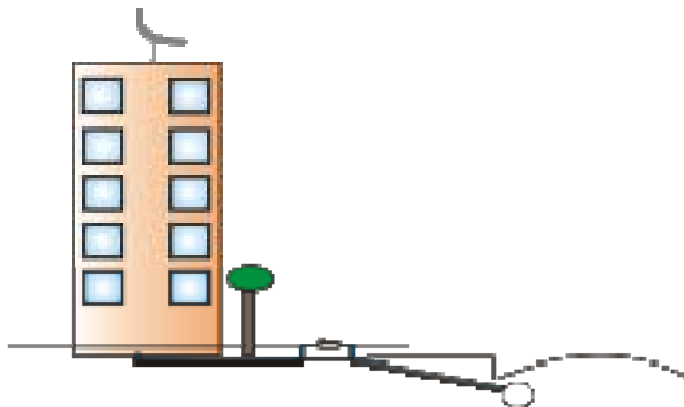


Figura 3 – Condomínio com uma ligação e dez economias

Neste trabalho, o número de poços existentes foi contabilizado para as categorias residencial, comercial, industrial, pública e mista, sendo esta última composta por duas ou

mais economias de diferentes categorias (residencial e comercial, pública e industrial). Para a estimativa dos volumes explorados nos poços particulares localizados em cada um dos 25 bairros foi utilizado o valor de 30 m³/mês para a categoria residencial, enquanto para as categorias pública, industrial, comercial e mista foi adotado o valor de 25m³/mês.

1.2.4 Qualidade da água consumida em poços particulares

Para a avaliação da qualidade das águas subterrâneas dos sistemas aquíferas Barreiras e Pós-Barreiras, foram utilizados dados cedidos pela COSANPA referentes a determinações realizadas no período 1986 a 2007, ou seja, os dados retratam as condições históricas da qualidade da água destes sistemas aquíferos.

Os dados disponibilizados pela Companhia estavam organizados em pastas de arquivo de acordo com ano da coleta. Sendo assim, primeiramente, foi necessária a seleção das fichas referentes às análises realizadas em amostras de água de poços localizados na área em estudo.

Os resultados de cada coleta estavam apresentados em uma ficha padrão impressa com o logotipo da empresa com as seguintes informações gerais: número e ano da análise físico química, local da coleta, nome do solicitante, hora e data da coleta e do exame, procedência, coletor e temperatura da amostra. Nessas amostras os parâmetros geralmente determinados eram: odor a frio, odor a quente, aspecto, ph, cor, turbidez, nitrato, nitrito, cloreto, dureza total, cálcio, magnésio, alcalinidade à fenolftaleína, alcalinidade ao metil orange e ferro total.

Após a seleção das fixas de interesse para a pesquisa, os dados foram digitados e organizados em planilha Excel. Em seguida, foram elaborados gráficos de acordo com o ano da coleta da amostra e da localização do poço (bairro). Para avaliação da qualidade da água foi utilizado o nitrato, em razão de o resultado deste parâmetro estar presente em quase todas as fichas selecionadas e de ser comumente utilizado para indicação de contaminação fecal.

É importante destacar que não foi informada a metodologia aplicada pela COSANPA para a determinação dos teores de nitrato e nem da precisão dos valores encontrados. No entanto, essas informações foram utilizadas nesta pesquisa por representarem o estado da arte para as décadas de 1980 e 1990 e serem os dados históricos disponíveis.

1.2.5 Elaboração de cenários, para o horizonte de 10 anos, da situação da utilização de águas subterrâneas.

Os cenários descritos para a gestão das águas subterrâneas para o período de 10 anos foram construídos com base no Método de Cenários de Michel Godet, que é descrito por Ribeiro (1997) no trabalho intitulado “Prospectiva e Cenários: uma breve introdução metodológica”.

Dessa forma, para a elaboração dos Cenários foi realizada, inicialmente, a descrição da situação atual em relação à gestão das águas, em especial as subterrâneas, no Estado do Pará. Posteriormente, foi realizada a seleção das variáveis consideradas chave, por meio da elaboração de uma matriz para avaliar a motricidade/ dependência das variáveis, sendo consideradas chave as variáveis que se apresentavam mais influentes e muito dependentes. Após esta fase, foi realizada a seleção dos principais atores e de suas formas de atuação. Posteriormente, foi realizada a descrição dos cenários finais com base na combinação das variáveis-chave e da participação dos principais atores.

1.2.6 Avaliação do planejamento e da gestão das águas subterrâneas no contexto da legislação vigente

Para avaliação do planejamento e da gestão das águas subterrâneas em território nacional foi realizado levantamento e análise do tratamento das águas subterrâneas no contexto dos principais dispositivos legais da PNRH, bem como dos seus instrumentos: Plano de Recursos Hídricos, Enquadramento dos Corpos d’água, Outorga, Cobrança e Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

1.2.7 Elaboração de proposta para o planejamento e a gestão das águas subterrâneas no Estado do Pará

O modelo elaborado teve a finalidade de melhorar o planejamento e a gestão nas águas subterrâneas no Estado do Pará, em especial na RMB. Sendo assim, foi idealizado um modelo que permitisse que o planejamento e a gestão das águas subterrâneas fossem parcialmente desvinculados do planejamento das águas superficiais; para isso, foi elaborado e proposto também Ato Normativo para a implementação da proposta.

CAPÍTULO 2 - ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA RMB

Um sistema de abastecimento de água é uma instalação que tem a finalidade de produzir e distribuir água canalizada em quantidade e qualidade compatíveis para populações, estabelecimentos comerciais, industriais e equipamentos públicos, como hospitais e outros. É constituído, em geral, das seguintes unidades: manancial, captação, adução, tratamento, elevação, reservação e distribuição.

A implantação de sistemas coletivos de abastecimento de água promove a melhoria das condições de vida de uma comunidade, principalmente, pela redução da ocorrência de doenças relacionadas com a água. A disponibilidade de água possibilita: aumento do conforto, de bem-estar e de segurança da população (refrigeração e combate a incêndio); melhores condições da limpeza pública; implantação de indústrias; desenvolvimento do turismo etc. Além disso, os sistemas coletivos facilitam o controle da qualidade da água do manancial e da água consumida.

A seguir são apresentadas as características gerais do abastecimento de água na RMB, bem como da utilização do manancial superficial e subterrâneo.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PÚBLICO

Na RMB o abastecimento de água é realizado pela COSANPA, pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém – SAAEB e pelas Prefeituras Municipais de Benevides e de Santa Bárbara do Pará.

A COSANPA atende a maior parte do município de Belém e os municípios de Ananindeua, Marituba e Benevides. Já o SAAEB atua nos distritos de Icoaraci, Bengui, Outeiro e Mosqueiro e em áreas peri-urbanas do município de Belém, enquanto as Prefeituras Municipais de Benevides e de Santa Bárbara do Pará são responsáveis pelos seus próprios sistemas de abastecimento (Pereira, 2006). Na Figura 4 são mostradas as áreas atendidas pela rede pública estadual (COSANPA), municipal (SAAEB), das prefeituras de Benevides e Santa Bárbara.

O abastecimento de água nas áreas atendidas pela COSANPA é dividida em 38 setores de abastecimento, sendo 9 setores na ZC, abastecidos por manancial superficial, e 29 setores na Zona de Expansão (ZE), sendo 21 abastecidos por manancial subterrâneo, 3 por água superficial e 5 por abastecimento misto. Esta divisão em ZC e ZE foi estabelecida pelo Projeto Belém 2000, que teve a finalidade de ampliar o sistema de abastecimento de água existente na década de 1980. Segundo GREINDIGER (apud Pereira, 2006), este projeto foi desenvolvido para atender a uma população de 2.100.000 habitantes até o ano de 2000.

A área atendida pelo SAAEB é dividida em 12 setores, os quais são abastecidos por manancial subterrâneo. Já nos municípios de Marituba, Santa Bárbara e Benevides o abastecimento de água não está dividido por setores de abastecimento. Pereira (2006).

Os setores abastecidos por manancial superficial têm em geral a seguinte constituição: reservatório apoiado (recebe água tratada de uma adutora), estação elevatória, reservatório elevado e rede de distribuição. Os setores abastecidos por manancial subterrâneo são constituídos geralmente por poço, estação elevatória, reservatório elevado e rede de distribuição, sendo em alguns locais verificada a existência de sistemas de desferrização seguida de desinfecção e fluoretação ou sistema de simples desinfecção.

Os setores abastecidos por manancial superficial têm em geral a seguinte constituição: reservatório apoiado (recebe água tratada de uma adutora), estação elevatória, reservatório elevado e rede de distribuição. Os setores abastecidos por manancial subterrâneo são constituídos geralmente por poço, estação elevatória, reservatório elevado e rede de distribuição, sendo em alguns locais verificada a existência de sistemas de desferrização seguida de desinfecção e fluoretação ou sistema de simples desinfecção.

Na Figura 5 são mostradas as áreas atendidas por manancial superficial, manancial subterrâneo e por abastecimento misto.

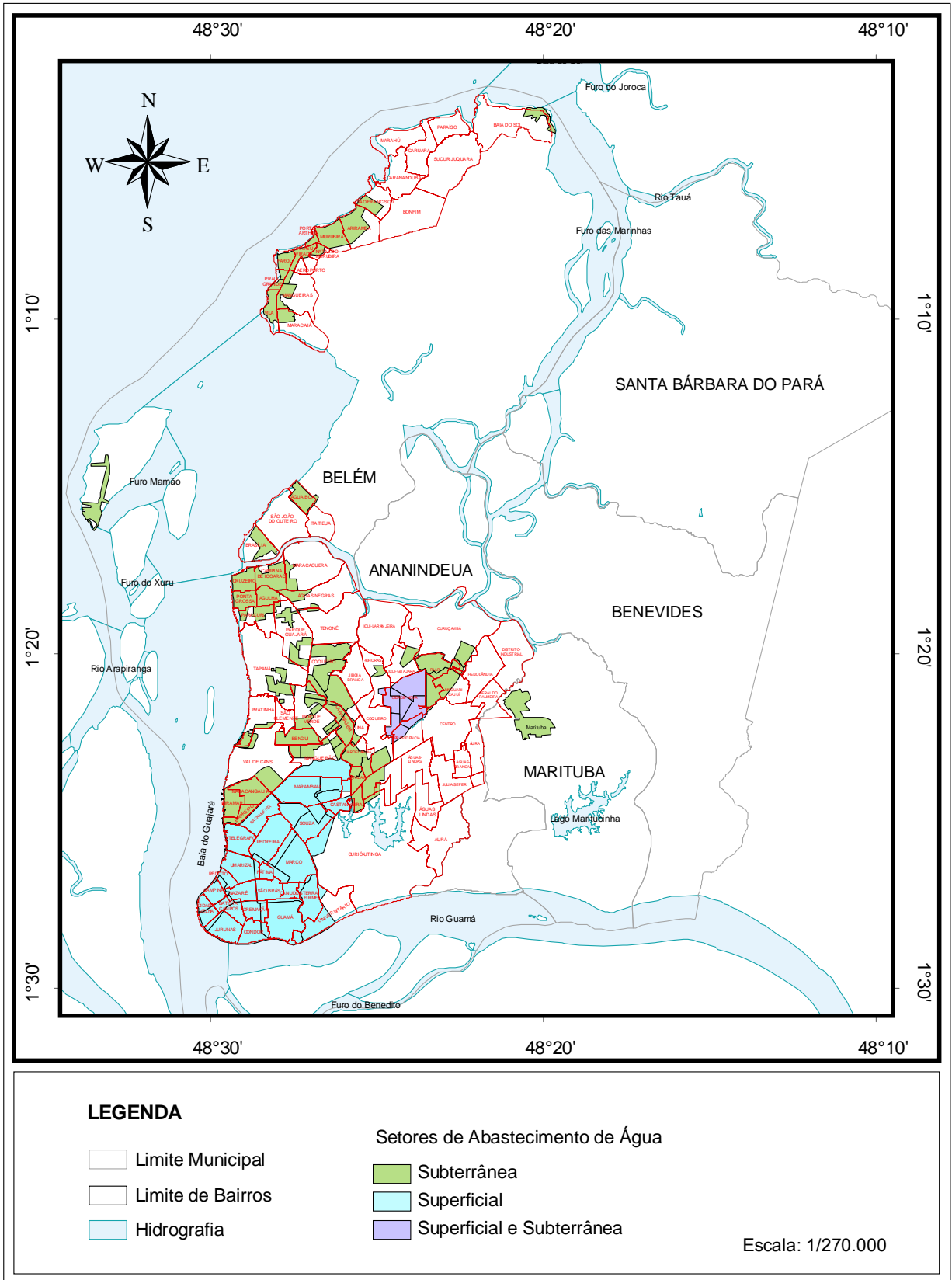


Figura 5 – Mapa das áreas abastecidas por manancial superficial, subterrâneo e misto (superficial e subterrâneo) nos municípios de Belém e Ananindeua Adaptado de Pereira (2006).

Segundo o Atlas de Saneamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2002), no município de Belém o acesso à rede geral de água é um fator diferenciador entre as diversas áreas da cidade, sendo observado um contraste entre dois extremos. Nos bairros mal posicionados em relação à rede de água, a média de domicílios com atendimento é quase nula, enquanto em outros bairros o número médio de domicílios atendidos fica em torno de 95%, próximos, portanto, da cobertura universal. Além disso, a situação da cobertura dos serviços de água nos bairros da cidade é nitidamente inferior à cobertura das capitais do centro-sul do Brasil.

Na Figura 6 é mostrada situação do abastecimento de água por rede de abastecimento no município de Belém, segundo o IBGE.

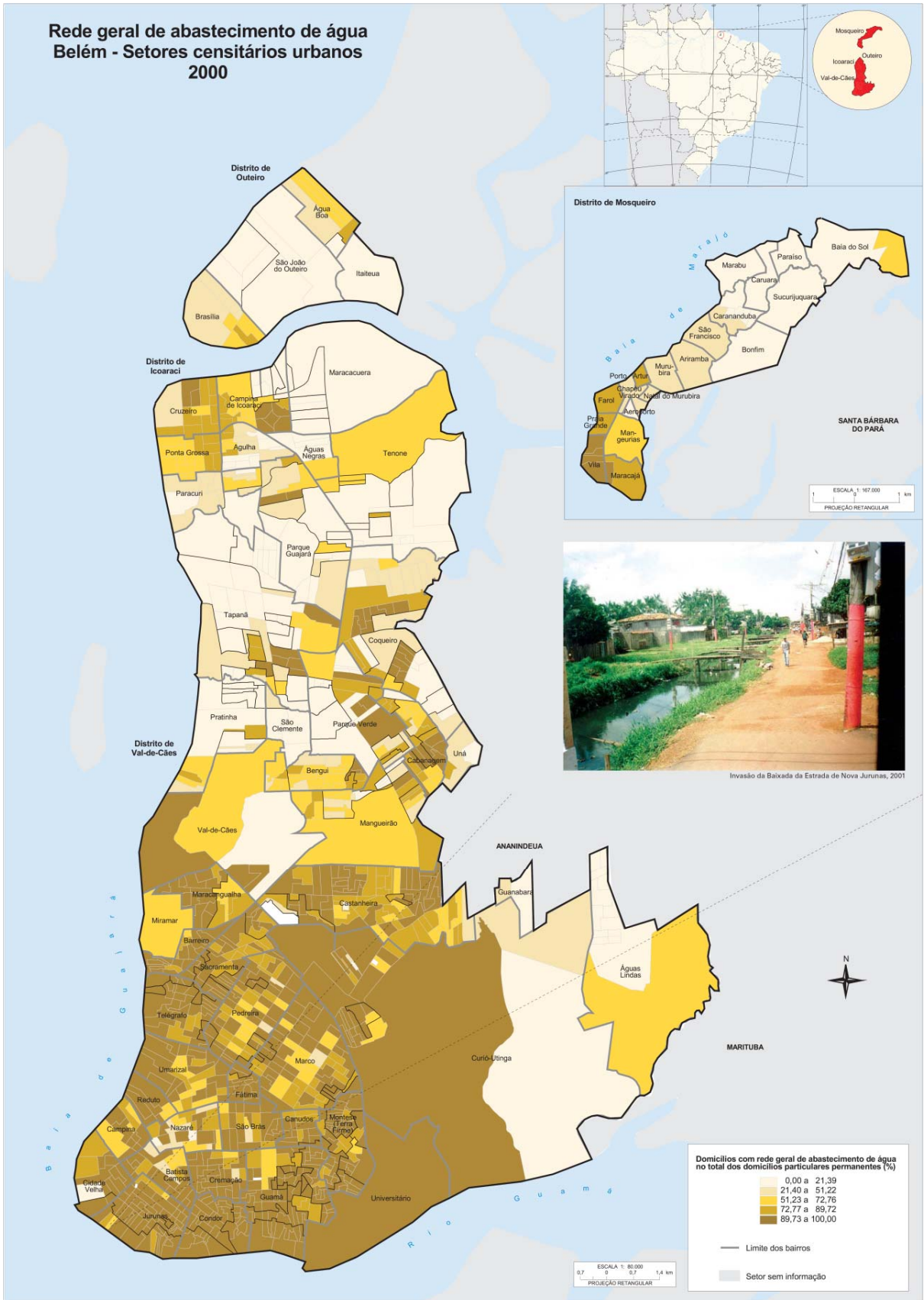


Figura 6 – Situação do abastecimento de água no município de Belém.
Fonte: Rede de abastecimento de água (2008).

Na RMB a população residente nas áreas desprovidas de sistema público utiliza, para seu abastecimento, água proveniente do manancial subterrâneo, obtida, em geral, por meio de poços rasos ou, em alguns casos, utiliza, de forma clandestina, água proveniente do sistema público de abastecimento de água.

2.2 UTILIZAÇÃO DO MANANCIAL SUPERFICIAL

O Sistema de Captação de Água Superficial da RMB está localizado em uma Área de Proteção Ambiental e é operado pela COSANPA. Nesse Sistema, a água bruta captada no rio Guamá é recalçada por quatro conjuntos motor-bomba para o lago Água Preta, de onde escoam por gravidade através de um canal aberto revestido de concreto, até o lago Bolonha, conforme mostrado na Figura 7.



Figura 7- Fotografia de satélite do Sistema de captação de água superficial da RMB.
Fonte: Google Earth, [2010].

A água do lago Bolonha é captada pelas Estações Elevatórias de Água Bruta do Utinga (EEAB Utinga) e do Bolonha (EEAB Bolonha). A EEAB Bolonha recalca água para a Estação de Tratamento de Água do Bolonha (ETA Bolonha), sendo a água tratada encaminhada para 5 setores de abastecimento localizados na ZC e 8 localizados na ZE. A EEAB-Utinga recalca água para as ETA's São Braz e 5º setor que abastecem 4 setores na ZC, sendo 3 pela ETA São Braz e 1 pela ETA 5º Setor.

Atualmente, o sistema de abastecimento de água superficial trata aproximadamente 6,0 m³/s, sendo 1,2 m³/s produzidos na ETA São Braz, 0,8 m³/s produzidos na ETA 5º Setor e 4 m³/s produzidos na ETA Bolonha.

A ETA São Braz, mostrada na Figura 8, é uma estação convencional que trata uma vazão 1,2 m³/s e apresenta as etapas de mistura rápida, floculação, decantação, filtração e desinfecção, que é realizada com cloro gasoso. Ao final do tratamento da água também é realizada a correção do pH, com cal hidratada, e a fluoretação, com a adição ácido fluossilícico.



Figura 8 – Fotografia de satélite da ETA São Braz
Fonte: Google Earth, [2010].

A Estação de Tratamento de Água 5º Setor, apresentada na Figura 9, possui as seguintes etapas: mistura rápida, floco-decantação (realizada em uma única unidade, acelatos), coagulação, filtração e desinfecção, que é realizada com cloro gasoso. Ao final do tratamento também é realizada a correção do pH da água, com cal hidratada, e fluoretação, com a adição de ácido fluossilícico.



Figura 9 – Fotografia de satélite da ETA 5º setor
Fonte: Google Earth, [2010].

A ETA Bolonha, mostrada na Figura 10, é uma estação de ciclo completo, tendo, portanto, as etapas de mistura rápida, floculação, decantação, filtração e desinfecção, que é realizada com cloro gasoso. Ao final do tratamento da água também é realizada a correção do pH, com cal hidratada, e fluoretação, com a adição de ácido fluossilícico.



Figura 10 – Fotografia de satélite da ETA Bolonha
Fonte: Google Earth, [2010].

O sistema Bolonha foi criado na década de 1980 pelo Projeto Belém 2000. Este projeto teve a finalidade de garantir o abastecimento regular de água até o ano 2000, sua data limite, em áreas de Belém, Marituba, Ananindeua e Icoaraci. Para isso, foi prevista a utilização, a recuperação e a ampliação das unidades existentes, bem como a implantação de novas unidades de captação, adução, tratamento, recalque e redes de distribuição.

De acordo com o Plano Diretor de Águas, a capacidade de atendimento do sistema de produção de água superficial está comprometida desde o ano 2006. Para o sistema Bolonha, que trata aproximadamente 70% do volume de água superficial produzido na RMB, o déficit indicado para o ano 2006 era 1.607 m³/dia, conforme mostrado na Figura 11.

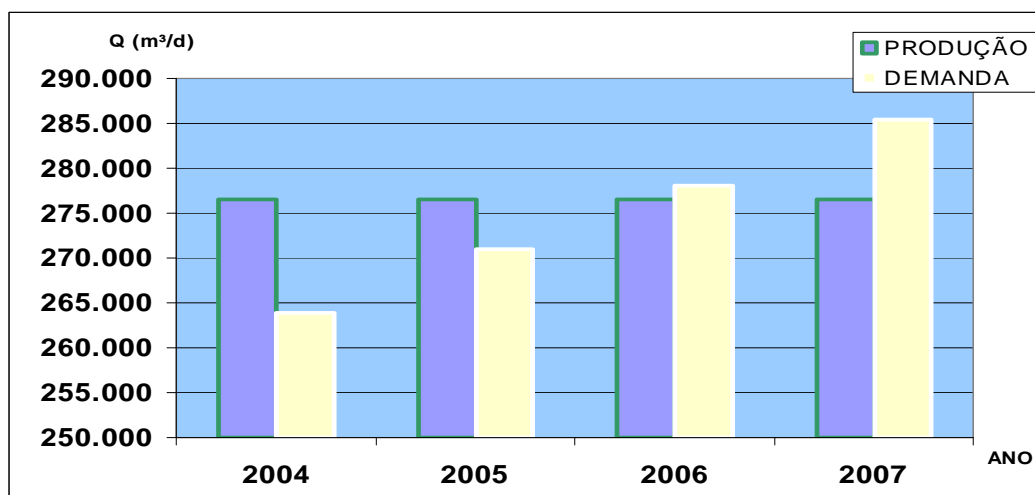


Figura 11 - Produção e Demanda do Sistema Bolonha para o período de 2004 a 2007.
Fonte: Pereira (2006).

A exaustão da capacidade de atendimento do sistema Bolonha ocorre principalmente em razão da falta de conclusão de algumas intervenções previstas pelo Projeto Belém 2000, dentre as quais a ampliação desse sistema Bolonha. Esta intervenção incluía o aumento da capacidade da estação elevatória de água bruta do Bolonha e a duplicação da ETA Bolonha.

Da mesma forma, para garantir o fornecimento regular de água, o Plano Diretor também recomendou a ampliação da capacidade de produção do sistema Bolonha até final do ano 2007, sendo prevista a ampliação da tomada e elevatória de água bruta do rio Guamá, a construção de adutora deste rio ao lago Bolonha, a ampliação da elevatória de água bruta do Bolonha e a duplicação da ETA Bolonha. A 2ª etapa da ETA Bolonha foi inaugurada em março de 2010, contudo, até maio deste ano ainda não estava funcionando a plena carga, estando fornecendo aumento de vazão de aproximadamente 15%.

É importante destacar que o abastecimento de água pelo sistema superficial não apresentou maiores problemas de intermitência no fornecimento de água, em especial na ZC, devido à utilização de poços particulares para o autoabastecimento e em razão de as taxas de projeção populacional aplicadas no Projeto Belém 2000 serem superiores as verificadas na prática.

Na Tabela 1 é mostrada a comparação entre a previsão populacional para o ano de 2000, pelo Projeto Belém 2000, para os setores de abastecimento da ZC, e a população verificada pelo Plano Diretor no ano de 2004.

Setor de abastecimento	População prevista para o ano 2000 - Projeto Belém *	População verificada para o ano 2004 - Plano Diretor **
1º	45.350	37.957
2º	43.201	30.841
3º	133.717	89.484
4º	95.657	110.684
5º	144.000	94.322
6º	134.271	89.882
7º	103.482	88.123
8º	196.383	138.890
9º	369.669	175.016

Tabela 1 – População prevista para o ano 2000 pelo Projeto Belém e população verificada pelo Plano Diretor no ano 2004.

Fonte - *COSANPA (1983) e **Pereira (2006),

Conforme observado na Tabela 1, dos setores de abastecimento da Zona Central, somente o 4º setor, no ano de 2004, superou a população prevista pelo Projeto Belém para o ano 2000. Sendo assim, as elevadas taxas de crescimento populacional aplicadas pelo referido projeto podem ser interpretadas como um aspecto positivo, visto que trouxeram certa folga ao sistema de abastecimento de água superficial.

No entanto, as altas cotas per capita e os elevados índices de perdas verificados têm contribuído para a redução da capacidade de atendimento do sistema de produção de água superficial. Esses fatores são verificados principalmente devido aos baixos índices de micromedição e macromedição; à presença de redes obsoletas; aos vazamentos na rede de distribuição; e à interligação entre os setores de abastecimento, que deveriam ser hidráulicamente isolados para facilitar o controle dos volumes de água distribuídos e consumidos.

Na Tabela 2 são mostradas as cotas per capita verificadas nos setores da ZC.

Tabela 2 – Cotas per capita verificadas pelo Plano Diretor de Águas

ZC	Cota Bruta
Setor	L / hab x Dia
1º	403
2º	369
3º	386
4º	562
5º	366
6º	421
7º	375
8º	504
9º	517
ZC	455

Fonte – Pereira (2006).

Conforme observado nessa Tabela, as cotas per capita verificadas na ZC são superiores ao valor de 350l/hab.dia estabelecido pelo Projeto Belém 2000. Ou seja, o sistema de produção e distribuição de água superficial opera acima do limite de sua capacidade, o que pode ser a causa de problemas de intermitência no fornecimento de água.

Assim, os problemas de intermitência verificados no sistema de água superficial são decorrentes principalmente da falta de conclusão das obras para ampliação do sistema Bolonha, das elevadas cotas per capita e dos elevados índices de perdas de água existentes, que são da ordem de 47,1%, segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) (2007).

2.3 UTILIZAÇÃO DO MANANCIAL SUBTERRÂNEO

Atualmente, os recursos hídricos subterrâneos são utilizados para abastecimento em praticamente todas as áreas nos municípios de Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará, além dos distritos de Icoaraci, Benguí, Outeiro e Mosqueiro.

De acordo com o Plano Diretor de Águas da COSANPA (2006), cerca de 30 % da população da RMB é atendida com água proveniente de manancial subterrâneo, sendo a exploração deste manancial realizada por meio de poços tubulares, com produção que varia de 60 a 360 m³/h. Segundo esse Plano, as concessionárias COSANPA e SAAEB exploram água por meio de poços com grandes profundidades, captando águas dos aquíferos localizados na formação Pirabas.

Oliveira (2002) menciona que o SAAEB utiliza poços tubulares com profundidades variando de 180 a 270 m, enquanto os poços operados pela COSANPA têm profundidades de 240 a 280 m. Nas águas provenientes dos poços da COSANPA e do SAAEB são utilizadas geralmente unidades de desferização seguida de desinfecção e flueretação, ou utilizadas pastilhas conjugadas, que realizam a complexação do ferro e a desinfecção, ou ainda a simples desinfecção.

No ano de 2004 a COSANPA, segundo dados do Plano Diretor de Águas, operava 52 poços profundos e o SAAEB, segundo Oliveira (2002), operava 15 poços. Além dos poços do sistema público, de acordo com Oliveira (2002) há aproximadamente, mais de 10.000 poços tubulares rasos.

É importante destacar que na RMB a exploração de água subterrânea ocorre pelos órgãos públicos, indústrias, clubes de serviços, serviços públicos, colégios, creches, postos de combustível, de lavagem de veículos, igrejas e na produção hortifrutigranjeira dentre outros. Contudo, a estimativa do consumo de água subterrânea pelos diversos segmentos da sociedade é difícil em razão de, quase sempre, não ser observada a medição do volume bombeado ou das horas de funcionamento das bombas.

A exploração de recursos hídricos subterrâneos por particulares é observada tanto nas áreas consolidadas como nas áreas de ocupação subnormais. O autoabastecimento nas áreas providas de redes públicas de abastecimento ocorre principalmente devido à intermitência do fornecimento de água pelo sistema público, bem como em razão dos custos da exploração dos recursos hídricos subterrâneos, por meio de poços particulares, serem inferiores aos valores praticados pelas concessionárias. Nessa categoria, os principais usuários são os condomínios verticais. Já nas áreas de expansão e invasão o autoabastecimento é realizado essencialmente por meio de poços rasos, sendo, em alguns casos, utilizados poços amazonas.

A existência de diversas áreas sem rede pública de abastecimento de água e a intermitência no fornecimento, em alguns locais, onde esse sistema está presente são resultantes da ausência de investimentos para o aumento da oferta de água, da falta de políticas de redução das perdas de água, da existência de redes de distribuição obsoletas sem previsão de serem substituídas em curto e médio prazo, bem como demora na conclusão de obras recomendadas tanto pelo Projeto Belém 2000 como pelo Plano Diretor de Águas. Neste contexto, a saída encontrada, pela população e outros segmentos da sociedade, para garantir o abastecimento de água, tem sido o autoabastecimento, que é realizado, quase sempre, com a utilização de poços perfurados nos sistemas Barreiras e Pós-Barreiras.

CAPÍTULO 3 - O AUTOABASTECIMENTO NO MUNICÍPIO DE BELÉM

Segundo Matta (2002), em Belém e Ananindeua são verificados, sistemas hidrogeológicos que incluem aquícludes, aquítares e aquíferos, principalmente de estratos horizontais e sub-horizontais, pertencentes às unidades estratigráficas Pirabas, Barreiras e Cobertura Quaternária. Esses sistemas hidrogeológicos se estendem por toda a RMB e adjacências, alcançando espessura conhecida em torno de 400m.

O contexto litoestrutural de uma região influencia fortemente suas condições hidrogeológicas, onde as camadas permeáveis e impermeáveis das mais variadas espessuras se inter-relacionam, encerrando os mais diversos tipos de aquíferos: livres, semi-livres e confinados (Oliveira, 2002).

Segundo Koury (2006), as características hidrodinâmicas dos sistemas hidrogeológicos apresentam grande variação e estão razoavelmente estudadas até a profundidade de 280m. Nas profundidades superiores tanto as características hidrodinâmicas como as espessuras das camadas dos sedimentos não são conhecidas.

Na Tabela 3 é apresentada a coluna estratigráfica com as características hidrogeológicas dos aquíferos da RMB.

Tabela 3 - Coluna estratigráfica e características hidrogeológicas dos aquíferos da RMB

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDADE	ESPESSURA	SÍNTESE LITOLÓGICA	CARACT. HIDROGEOLÓGICA	
C E N O Z I C A	QUATERNÁRIO	HOLOCENO - PLEISTOCENO	CLÁSTICOS FRIÁVEIS	10m	Constituem-se de areias variadas, argilas, limos e várzeas distribuídos ao longo das valas dos rios, praias e zonas de mangues.	Potencialidade hidrogeológica alta para baterias de poços rasos, tendo em vista as boas condições de recarga desse aquífero. Vazão na ordem de 10m ³ /h.	
	TERCIÁRIO	MIO - PLIOCENO	COBERTURA DETRÍTICO LATERÍTICA	35m	Sedimentos argilo - arenosos, variegados, com níveis lateritizados e arenito ferruginoso.	Potencialidade hidrogeológica fraca devido à constituição litológica, contudo é muito utilizado pela população através de poços tubulares rasos, que fornecem vazões na ordem de 1 a 3m ³ /h.	
			GRUPO BARREIRAS	70m	Constituído de argilas vermelhas com níveis caulinizados e areias continentais.	Potencialidade hidrogeológica média satisfatória para demandas em torno de 20 a 80 m ³ /h, mas tem o inconveniente de apresentar teor excessivo de ferro na maioria das vezes.	
		OLIGOMIOCENO	FORMAÇÃO PIRABAS	SUPERIOR	80m	Constitui a parte marinha da bacia e é caracterizado por calcários, arenitos calcíferos, marga, folhelhos cinza esverdeados e abundante conteúdo fossilífero.	Boa perspectiva hidrogeológica para captação de água subterrânea, com vazões na ordem de 100 m ³ /h. Apresenta também, em alguns casos, teores elevados de ferro, mas é muito utilizado nas indústrias.
				INFERIOR	120m	Caracterizada por arenitos de granulometria fina a grossa e pelitos associados.	Potencialidade hidrogeológica excelente. É a mais promissora dentre as unidades terciárias, sendo muito utilizada no abastecimento público e nas indústrias. Apresenta vazões acima de 200m ³ /h.
			PRÉ - PIRABAS	> 300m	Arenitos finos com intercalações de siltito e argila.	Não são conhecidas as suas características hidrodinâmicas, entretanto apresenta camadas arenosas de 20m de espessura, tropeadas por argilas e siltitos.	

Fonte: Oliveira (2002).

Ao avaliar os dados de poços tubulares construídos nas áreas de Belém e Ananindeua, associado aos trabalhos de campo que incluíram o acompanhamento de 12 poços construídos em Belém, Matta (2002) identificou cinco sistemas aquíferos para essa área: Aluviões, Pós-Barreiras, Barreiras, Pirabas Superior e Pirabas Inferior. A seguir é apresentada a descrição destes sistemas aquíferos, proposta por Matta (2002).

Aluviões – representam aquíferos livres com recarga realizada diretamente pelas precipitações pluviométricas e descarga realizada por meio de rios, fontes, evapotranspiração e poços. Apresentam vazões na ordem de $10 \text{ m}^3/\text{S}$.

Pós-Barreiras – aquíferos, em geral, livres ou semiconfinados com recarga partir de precipitações pluviométricas, potencial hidrogeológico fraco com vazões, normalmente, abaixo de $5 \text{ m}^3/\text{h}$. Constituídos por leitos argilo-arenosos, inconsolidados, desde a superfície até cerca de 25m, sendo em alguns locais recoberto por alúvios e colúvios.

Barreiras – aquíferos semilivre a confinado, presente na profundidade de 25 a 90m, tem sua recarga realizada por meio de contribuição das camadas sobrepostas por drenança ou por meio da precipitação pluviométrica. Constituído pelos sedimentos do Grupo Barreiras, que apresenta expressões litológicas bastante heterogêneas, sendo verificados desde argilitos até arenitos grossos com lentes conglomeráticas, e ainda lentes lateríticos e argilosos caulinizados.

Segundo Oliveira (2004), as águas deste sistema aquífero apresentam, frequentemente, teor de ferro fora do padrão recomendado pelo Ministério da Saúde, ou seja, acima de $0,3\text{mg/l}$.

Pirabas Superior – sistema aquífero confinado, presentes na profundidade de 70-180 m, potencial hidrogeológico da ordem de 100 a $200\text{m}^3/\text{h}$. É formado por sedimentos marinhos, fossilíferos, compostos por argilas calcíferas de cor cinza esverdeada e por leitos de calcáreo duro, de coloração cinza esbranquiçada, que se alteram sucessivamente com camadas de arenito cálcifero, siltitos e arenitos.

Pirabas Inferior - composto, predominantemente, de camadas repetitivas de arenitos de cor cinza-esbranquiçada, granulação fina à conglomerática, com intercalações mais espessas

de argilas e siltitos avermelhados e compreendem várias camadas métricas e decamétricas em profundidades variáveis.

Vale destacar que as informações hidrogeológicas sobre o sistema aquífero Pirabas inferior e superior são muito poucas, o que permite generalizações.

3.1 RESERVAS, POTENCIALIDADE E DISPONIBILIDADE.

Segundo Oliveira (2002), a reserva de água subterrânea é a quantidade de água mobilizável existente nas formações geológicas que possam vir a suprir a demanda de água subterrânea em uma região.

A determinação das reservas hídricas é um dos elementos mais importantes para a gestão das águas subterrâneas. De acordo com Matta (2002), dentre os vários fatores que influenciam a determinação das diferentes reservas podem ser citados: precipitação pluviométrica, área de ocorrência de recarga do aquífero, tipo de aquífero, características dimensionais e hidrodinâmicas do meio e qualidade das águas produzidas.

As reservas de água podem ser classificadas em reservas reguladoras ou renováveis, reservas permanentes e reservas totais ou naturais.

As **reservas reguladoras**, segundo Oliveira (2002), é o volume hídrico acumulado no meio aquífero em decorrência da porosidade eficaz. É variável anualmente em decorrência dos aportes sazonais de água superficial e do escoamento subterrâneo.

As **reservas permanentes**, secundárias ou profundas são formadas pelas águas acumuladas e não variam com as precipitações anuais. Correspondem às águas subterrâneas presentes na zona saturada abaixo da posição mínima do nível de oscilação sazonal da superfície piezométrica do aquífero. Essas reservas permitem uma exploração mais intensa, regularizada em períodos de vários anos (Costa, 2000).

Reserva permanente, conforme Oliveira (2002), é o volume acumulado no meio aquífero em função da porosidade eficaz e do coeficiente de armazenamento que não varia em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica.

As reservas permanentes acrescidas das reservas reguladoras representam as **reservas totais ou naturais** e representam o total de água existente em um aquífero ou sistema aquífero (Costa, 2000).

Oliveira (2002) estimou as reservas permanentes para os sistemas aquíferos Barreiras, Pós-Barreiras e Pirabas em $2,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, $7,206 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ e $24,0121 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, respectivamente.

A **potencialidade** representa o volume de água utilizado durante um ano, incluindo, eventualmente, uma parcela das reservas permanentes passíveis de exploração, em descarga constante, em um determinado período de tempo. A **Disponibilidade real ou recursos explotáveis** é a parcela máxima da potencialidade que pode ser extraída anualmente do aquífero ou do sistema aquífero sem produzir qualquer efeito indesejável (Costa, 2000).

A **Disponibilidade instalada** representa o volume máximo em m^3 que pode ser explotado durante um ano com a utilização de todas as obras de captação existentes, trabalhando em regime de 24/24. Enquanto a **Disponibilidade efetiva** representa o volume explotado pelas obras de captação já instaladas, sendo para a sua determinação necessário o levantamento da vazão bombeada e o regime de operação. Ou seja, a disponibilidade efetiva representa a soma dos volumes de água utilizados dos poços instalados em determinada área. (Costa, 2000).

Segundo Zoby & Oliveira (2005), o Brasil ainda apresenta deficiência no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, seu estágio de exploração e a qualidade das suas águas.

3.2 RECARGA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS NA ÁREA URBANA DA RMB

Os aquíferos livres podem ser recarregados localmente pelas precipitações pluviométricas. Nos aquíferos confinados, em geral, a recarga é indireta, sendo na o reabastecimento realizado nos locais onde a camada que contém o aquífero aflora, esses locais são denominados zona de recarga. Nos aquíferos fissurais a recarga pode ser direta ou indireta e/ou de acordo com as condições e local de ocorrência (Capucci et al, 2001).

O maior ou menor grau de recarga depende está relacionada a diversos fatores, como clima, vegetação, relevo, drenagem e geologia da região. Solos porosos e permeáveis favorecem a infiltração, se o solo for coberto por vegetação e tiver relevo plano, a infiltração pode ser ampliada. Em áreas de relevo íngreme e solos pouco permeáveis, a maior parte da água precipitada é transformada em cursos superficiais, dificultando a infiltração. Em regiões de clima úmido e solos permeáveis, a recarga pode atingir até 25% da precipitação pluviométrica anual (Capucci et al, 2001).

Nas áreas urbanas como a RMB a recarga dos sistemas aquíferos por meio da infiltração direta das águas da chuva é reduzida devido à impermeabilização e compactação da superfície do solo. Nesse caso, em razão da modificação das condições naturais da superfície do solo, é difícil estabelecer o volume de água proveniente das precipitações pluviométricas que se infiltra diretamente nos sistemas aquíferos.

Embora a recarga natural nas áreas urbanas, ou seja, aquela proveniente diretamente da infiltração das águas pluviais, seja reduzida, são verificadas outras fontes de recarga, como as provenientes das redes de drenagem, redes de coleta de esgoto e redes de abastecimento de água.

No caso das **redes de drenagem**, que têm a finalidade de receber águas provenientes das precipitações pluviométricas, a contribuição aos sistemas aquíferos ocorre devido a vazamentos verificados nas bocas de lobo, caixas de passagem, poços de visita, condutos de ligação e condutos principais. É importante destacar que não existe controle dos volumes de águas que infiltram no solo, provenientes de vazamentos nos sistemas de drenagem urbana, visto que o principal tipo de manutenção realizada nas redes de drenagem é decorrente da verificação de obstruções ou redução das vazões de escoamento. Assim, essas águas que infiltram no solo não são interpretadas como um problema para o funcionamento do sistema de águas pluviais e, em geral, esse problema não é pesquisado e corrigido.

Assim como ocorre nas redes de drenagem, nas **redes coletoras de esgoto** não existe controle dos volumes de água infiltrados no solo provenientes de vazamentos no sistema, porque as principais intervenções nas redes de coleta de esgotos sanitários também são decorrentes da verificação da existência de obstruções e redução da capacidade das vazões de

escoamento. Nos locais onde não existem essas redes de coleta é comum o encaminhamento das águas residuárias ao sistema de águas pluviais, como acontece na cidade de Belém.

Nos **sistemas de abastecimento de água** as perdas de águas também ocorrem devido à presença de vazamentos nas estruturas, principalmente, em redes e ramais. No entanto, como a água fornecida aos consumidores gera receita para as concessionárias, o controle dos volumes perdidos é, em geral, pesquisado e conhecido, pois as perdas representam prejuízos às empresas.

As perdas, em sistemas de abastecimento de água, podem ser reais ou aparentes. As perdas reais correspondem aos volumes não consumidos e são decorrentes de vazamentos nas etapas de captação, adução, tratamento, reservação e, principalmente, distribuição, e também de consumos excessivos em procedimentos operacionais. Ou seja, essas perdas ocorrem entre a captação de água bruta e o ramal predial¹ do consumidor. Por outro lado, as perdas aparentes correspondem aos volumes consumidos e não registrados, ou seja, não faturados, consequentes de ligações clandestinas, fraudes, submedição e outros.

De acordo com o SNIS (2007), na COSANPA são verificadas perdas na distribuição da ordem de 47,1%. No entanto, em relação a essas perdas, não são indicadas as parcelas referentes às perdas reais e às perdas aparentes. Por esse motivo, neste trabalho, para a estimativa dos volumes que contribuem para a recarga dos sistemas aquíferos, é considerado como perda real o valor de 50%, ou seja, a metade dos volumes perdidos.

Dessa forma, para o sistema de abastecimento de água superficial, composto pelos sistemas Bolonha, São Braz e 5º setor, que, em conjunto produzem um volume diário de 518.400 m³/dia, as perdas verificadas na distribuição são de, aproximadamente, 244.166 m³/dia (47,1%). Considerando que 50% deste valor representa as perdas reais, é possível estimar que a recarga dos sistemas aquíferos proveniente somente do sistema de água superficial de Belém seja da ordem de 137.117 m³/dia.

3.3. O AUTOABASTECIMENTO EM 25 BAIRROS DA CIDADE DE BELÉM

Os dados sobre o autoabastecimento em Belém são apresentados por bairro e constam de número de ligações, número de economias, número de ligações que utilizam poço, número de economias que utilizam poço, percentual de ligações com poço e percentual de economias com poço.

A área estudada é formada pelos bairros Condor, Jurunas, Guamá, Terra Firme, Cremação, Batista Campos, Cidade Velha, Campina, Nazaré, São Braz, Canudos, Marco, Fátima, Umarizal, Reduto, Telégrafo, Pedreira, Miramar, Universitário, Terra Firme, Sacramento, Barreiro e parte dos bairros do Sousa, Maracangalha, Curió-Utinga e Val de Cans. É dividida em dez setores de abastecimento, sendo 1 atendido com água subterrânea e 9 com água superficial, atendidos pelos sistemas Utinga São Braz, Utinga 5º setor e Bolonha, que também abastece parte da ZE.

Na Figura 12 são mostrados os setores atendidos por cada sistema de abastecimento de água e na Figura 13 são mostradas as áreas atendidas por cada sistema de abastecimento de água.

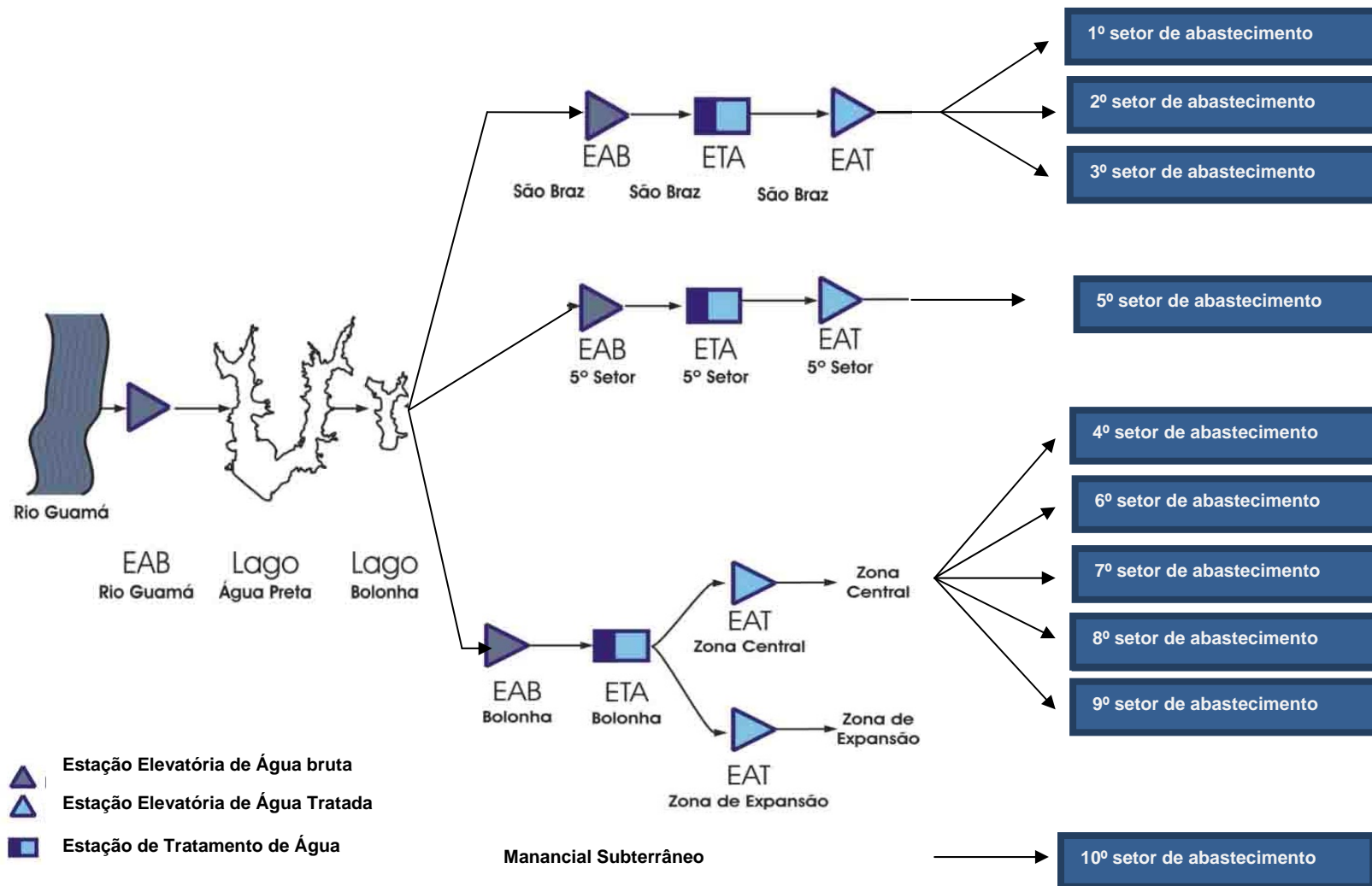


Figura 12 - Áreas abastecidas pelos sistemas de abastecimento de água superficial da RMB.

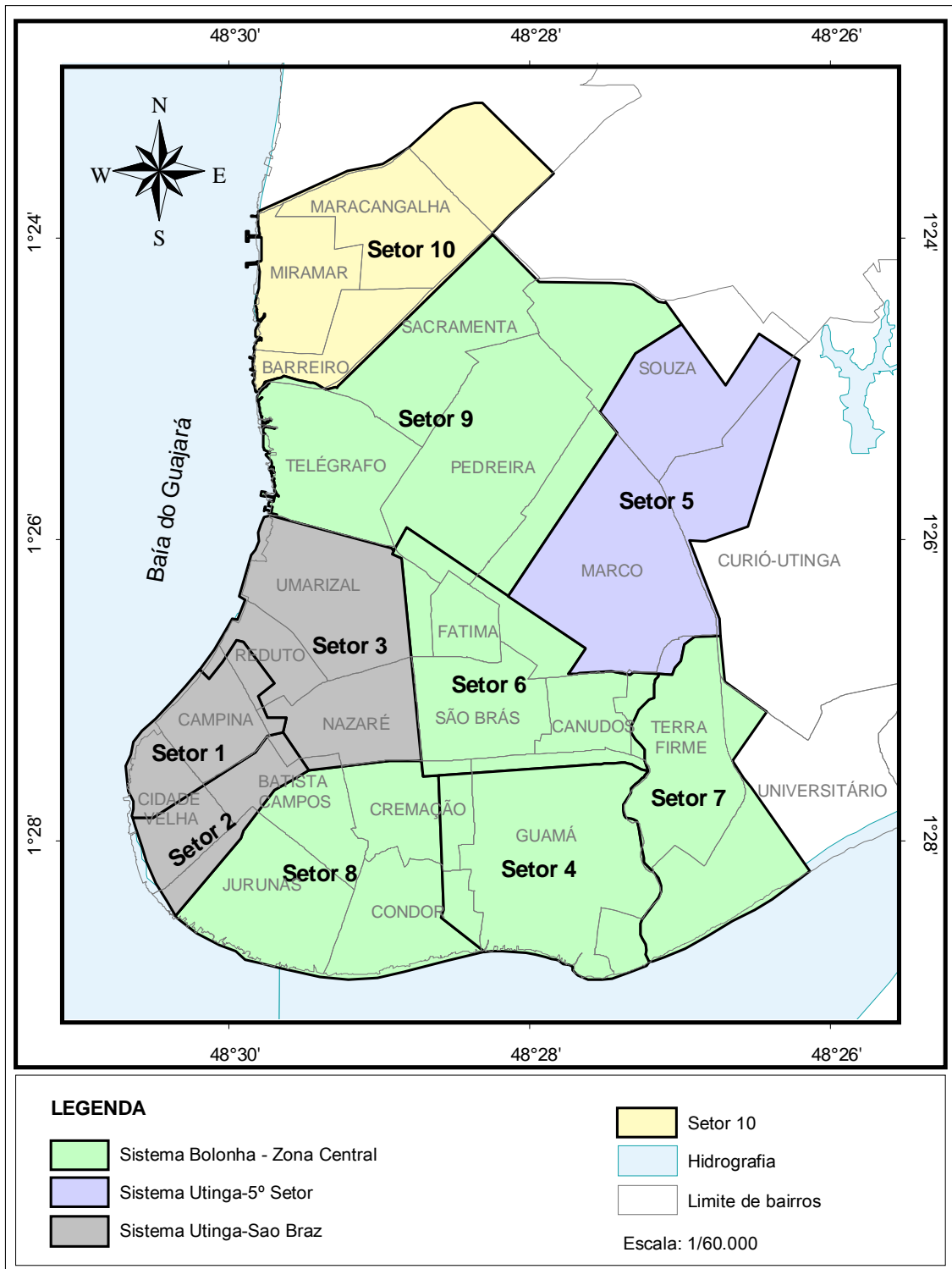


Figura 13 - Mapa das áreas abastecidas pelos sistemas Utinga – São Braz, Utinga – 5º Setor, Bolonha – ZC e manancial subterrâneo.

A Tabela 4 e na Figura 14 são apresentados os dados referentes ao autoabastecimento no Bairro de Nazaré.

Tabela 4 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro de Nazaré.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	943	1.996	116	730	12,3	36,6
Industrial	46	46	4	4	8,7	8,7
Pública	116	677	19	38	16,4	5,6
Residencial	1.794	6.502	192	4.089	10,7	62,9
Mista	203	1.658	41	1.202	20,2	72,5
Total	3.102	10.879	372	6.063	12,0	55,7

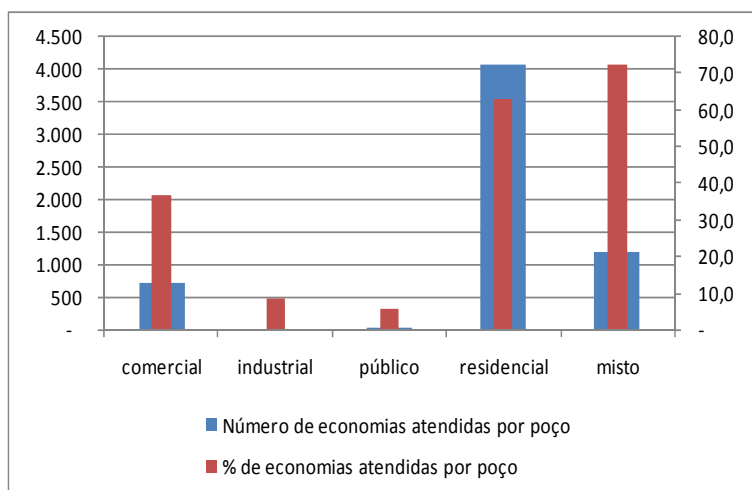


Figura 14 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro de Nazaré.

O bairro de Nazaré, um dos mais antigos e verticalizados da cidade de Belém, tem o maior número de economias abastecidas por poços particulares, aproximadamente 6.063 (55,7%). Do total das economias residenciais (4.089), 62,9% são abastecidas por aproximadamente 192 poços. Como pode ser verificado, os poços particulares abastecem mais de uma economia, como é o caso dos condomínios. Nesse bairro o número de economias mistas atendidas por poço particular 1.202 (72,5%).

Nas Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9 e nas Figuras 15, 16, 17, 18 e 19 são apresentadas as informações sobre os bairros Reduto, São Braz, Batista Campos, Umarizal e Sousa, respectivamente.

Tabela 5 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Reduto.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	416	589	31	52	7,5	8,8
Industrial	20	20	6	6	30,0	30,0
Pública	39	186	6	48	15,4	25,8
Residencial	893	2.122	59	1.044	6,6	49,2
Mista	48	171	10	63	20,8	36,8
Total	1.416	3.088	112	1.213	7,9	39,3

Tabela 6 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro de São Braz.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	787	1.412	84	533	10,7	37,7
Industrial	28	28	5	5	17,9	17,9
Pública	103	550	15	246	14,6	44,7
Residencial	3.628	6.161	144	2.053	4,0	33,3
Mista	175	826	16	290	9,1	35,1
Total	4.721	8.977	264	3.127	5,6	34,8

Tabela 7 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro de Batista Campos.

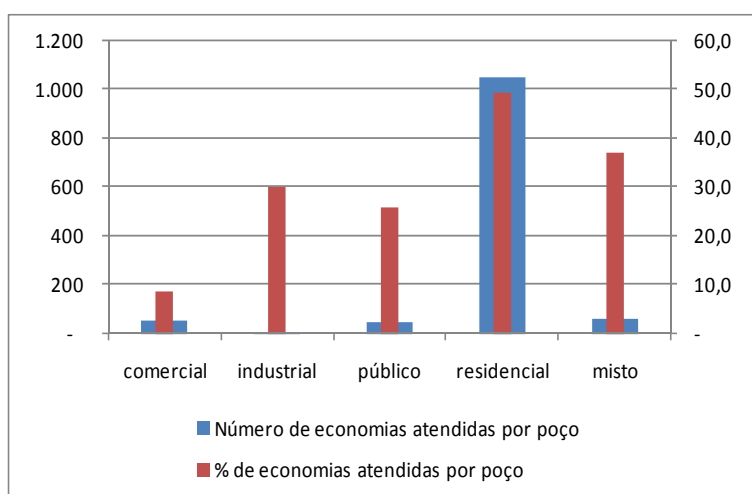
Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poço	Nº de economias que usam poço	% de ligações com poço	% de economias com poço
Comercial	664	1.271	61	424	9,2	33,4
Industrial	33	33	7	7	21,2	21,2
Pública	53	407	8	66	15,1	16,2
Residencial	1.954	5.284	94	1.804	4,8	34,1
Mista	144	565	12	149	8,3	26,4
Total	2.848	7.560	182	2.450	6,4	32,4

Tabela 8 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Umarizal.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	1.145	1.729	101	350	8,8	20,2
Industrial	86	88	18	19	20,9	21,6
Pública	90	600	18	185	20,0	30,8
Residencial	5.780	9.530	262	3.028	4,5	31,8
Mista	276	927	44	300	15,9	32,4
Total	7.377	12.874	443	3.882	6,0	30,2

Tabela 9 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Sousa.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	53	81	13	41	24,5	50,6
Industrial	4	4	0	0	-	-
Pública	21	170	5	130	23,8	76,5
Residencial	737	1.275	76	407	10,3	31,9
Mista	14	137	5	83	35,7	60,6
Total	829	1.667	99	661	11,9	39,7

**Figura 15 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Reduto.**

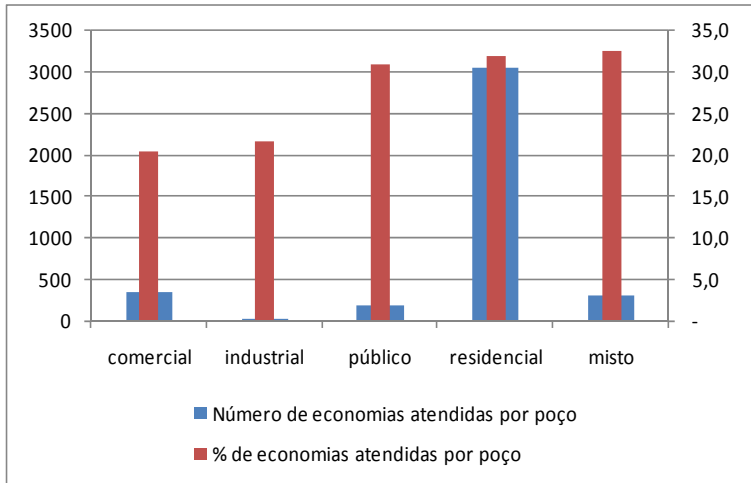


Figura 16 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Umarizal.

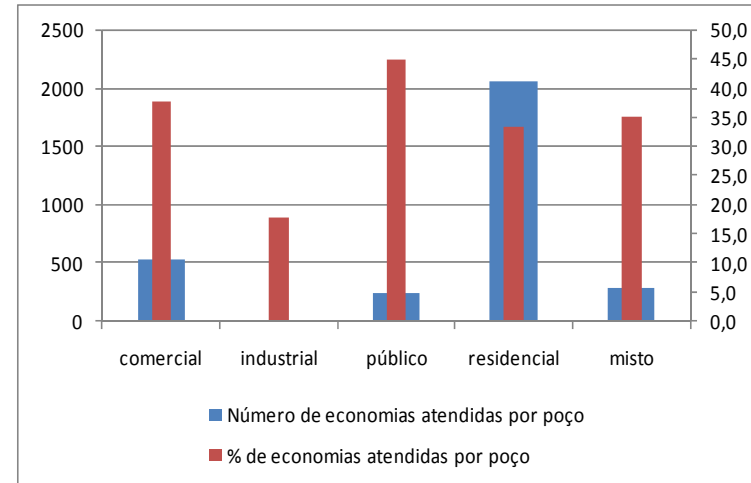


Figura 17 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro de São Braz.

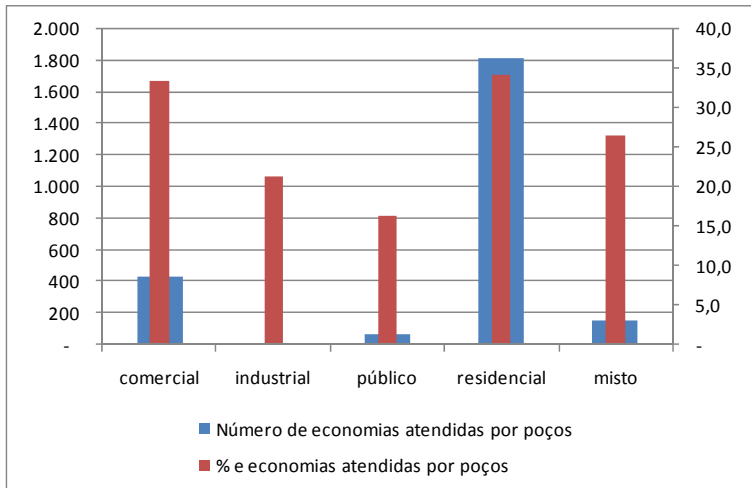


Figura 18 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro de Batista campos.

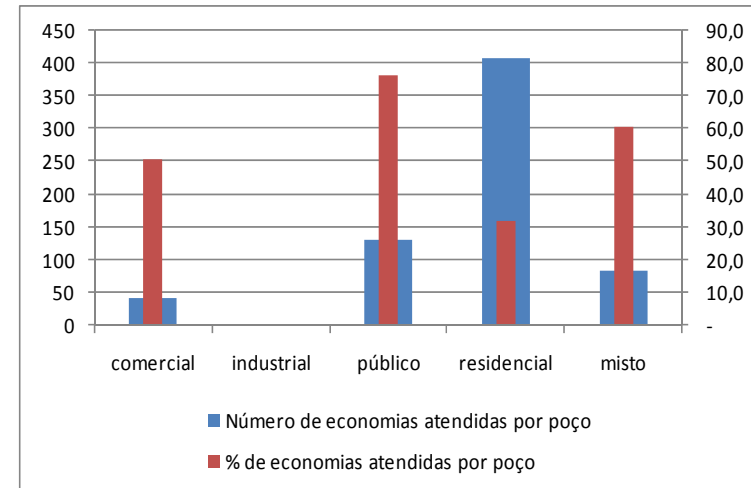


Figura 19 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Sousa.

Conforme pode ser observado nas Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9 e nas Figuras 15, 16, 17, 18 e 19, o comportamento nos bairros Reduto, São Braz, Batista Campos, Umarizal e Sousa é semelhante, pois apresentam de 30 a 40 % do total de economias atendidas por poços particulares. Em relação às economias residenciais, que representam um valor maior que 68% do total de economias, nos Bairro Reduto, São Braz, Batista Campos, Umarizal e Sousa são verificados 49,2% (1.044), 33,3% (2.053), 34,1% (1.804), 31,8% (3.028) e 31,9% (407), respectivamente, das economias residenciais atendidas por poços particulares.

Outra característica dos referidos bairros é o pequeno número de poços atendendo a um número elevado de economias. No bairro do Reduto são aproximadamente 112 poços para 1.213 economias; em São Braz são 264 poços para 3.127 economias; em Batista Campos 182 poços para 2.450 economias; no Umarizal 443 poços para 3.882 economias e no bairro do Sousa 99 poços para 661 economias. Ou seja, os poços particulares são utilizados para o atendimento de múltiplas economias.

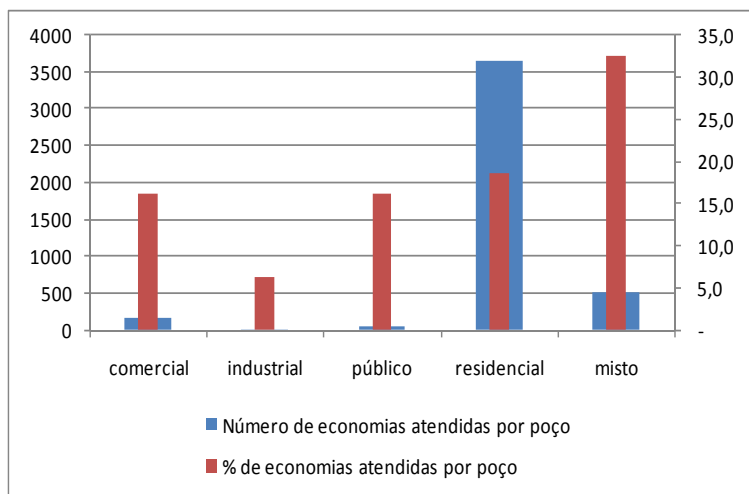
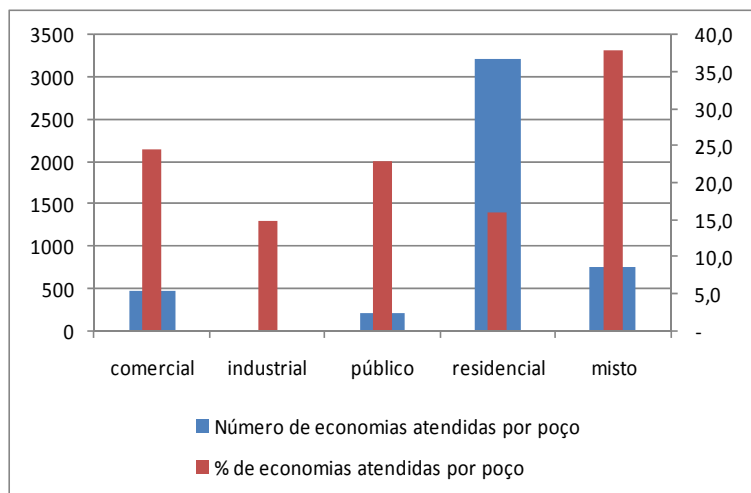
Nas Tabelas 10 e 11 e nas Figuras 20 e 21 são mostrados os dados dos bairros Pedreira e Marco.

Tabela 10 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Pedreira.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	845	973	89	157	10,5	16,1
Industrial	48	48	3	3	6,3	6,3
Pública	101	278	13	45	12,9	16,2
Residencial	14.409	19.586	662	3.660	4,6	18,7
Mista	494	1.533	71	500	14,4	32,6
Total	15.897	22.418	838	4.365	5,3	19,5

Tabela 11 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Marco.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	1.391	1.901	161	469	11,6	24,7
Industrial	93	93	14	14	15,1	15,1
Pública	183	937	22	216	12,0	23,1
Residencial	14.992	19.984	885	3.211	5,9	16,1
Mista	527	1.995	89	759	16,9	38,0
Total	17.186	24.910	1.171	4.669	6,8	18,7

**Figura 20 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Pedreira.****Figura 21 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Marco.**

Conforme pode ser observado nas Tabelas 10 e 11 e nas Figuras 20 e 21, os bairros Pedreira e Marco apresentam predominância nas economias residenciais 80% (Marco) e 87%

(Pedreira). Esses bairros apresentam, respectivamente, 19,5% (4.365) e 18,7% (4.365) do total das economias atendidas por poços particulares. Em relação às economias residenciais, apresentam 3.660 (18,7%) e 3.211 (16,1%), respectivamente, de economias atendidas por poços particulares.

Os bairros Marco (3,6 econ. res./ poço) e Pedreira (5,5 econ. res./ poço) também apresentam menores valores na relação quantidade de economias residenciais/ poço que os bairros Nazaré (21,3 econ. res./ poço), Batista Campos (19,2 econ. res./ poço), Reduto (17,7 econ. res./ poço), Umarizal (11,6 econ. res./ poço) e São Braz (14,3 econ. res./ poço). Isso Significa que nos bairros Nazaré, Batista Campos, Reduto, Umarizal e São Braz os poços são utilizados para o atendimento de um número maior de economias, como é o caso dos condomínios verticais. É importante salientar que estes bairros são mais verticalizados que os bairros Pedreira e Marco, justificando assim os menores valores na referida relação.

Nas Tabelas 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 e nas Figuras 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 28 são apresentados os dados dos bairros Maracangalha, Sacramento, Terra Firme, Canudos, Curió-Utinga, Miramar e Universitário, respectivamente.

Tabela 12 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Maracangalha.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	328	414	51	109	15,5	26,3
Industrial	17	17	6	6	35,3	35,3
Pública	76	168	12	25	15,8	14,9
Residencial	7.238	7.694	816	865	11,3	11,2
Mista	155	359	33	93	21,3	25,9
Total	7.814	8.652	918	1.098	11,7	12,7

Tabela 13 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Sacramento.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	787	868	77	123	9,8	14,2
Industrial	29	30	11	11	37,9	36,7
Pública	83	157	2	7	2,4	4,5
Residencial	10.799	12.021	705	894	6,5	7,4
Mista	270	661	46	118	17,0	17,9
Total	11.968	13.737	841	1.153	7,0	8,4

Tabela 14 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro Terra Firme.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	294	299	21	21	7,1	7,0
Industrial	14	14	2	2	14,3	14,3
Pública	104	257	8	59	7,7	23,0
Residencial	12.835	13.344	510	537	4,0	4,0
Mista	295	656	42	113	14,2	17,2
Total	13.542	14.570	583	732	4,3	5,0

Tabela 15 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro de Canudos.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	207	273	38	85	18,4	31,1
Industrial	5	5	1	1	20,0	20,0
Pública	27	41	8	12	29,6	29,3
Residencial	4.036	4.345	256	344	6,3	7,9
Mista	127	316	28	91	22,0	28,8
Total	4.402	4.980	331	533	7,5	10,7

Tabela 16 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro Curió-Utinga.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	210	219	7	7	3,3	3,2
Industrial	12	12	2	2	16,7	16,7
Pública	35	36	1	1	2,9	2,8
Residencial	4.208	4.497	246	285	5,8	6,3
Mista	38	98	3	7	7,9	7,1
Total	4.503	4.862	259	302	5,8	6,2

Tabela 17 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro Miramar.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam Poços	Nº de economias que usam Poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	43	43	5	5	11,6	11,6
Industrial	9	9	4	4	44,4	44,4
Pública	6	10	1	1	16,7	10,0
Residencial	469	490	39	39	8,3	8,0
Mista	8	16	2	4	25,0	25,0
Total	535	568	51	53	9,5	9,3

Tabela 18 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro Universitário

Categorias	Nº de Ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam Poços	Nº de economias que usam Poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	4	19	0	0	-	-
Industrial	0	0	0	0	-	-
Pública	8	60	1	28	12,5	46,7
Residencial	275	287	2	2	0,7	0,7
Mista	14	29	0	0	-	-
Total	301	395	3	30	1,0	7,6

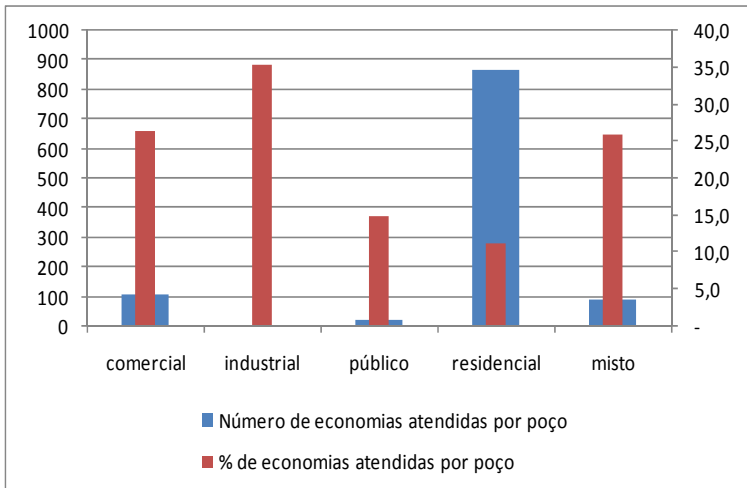


Figura 22 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Maracangalha.

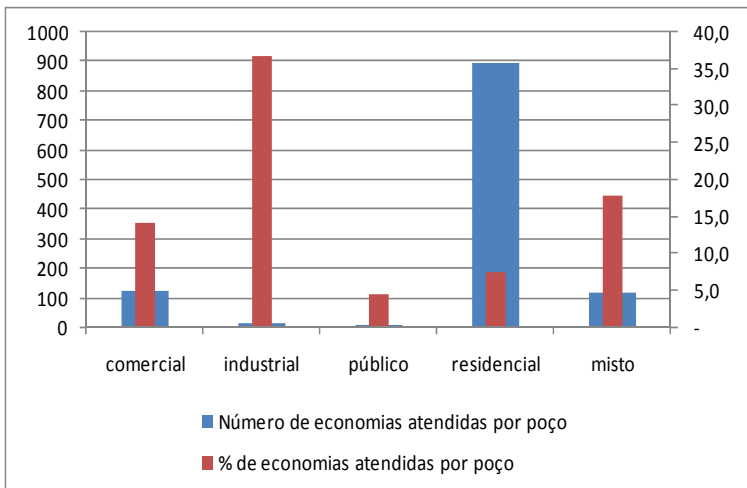


Figura 23 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Sacramento.

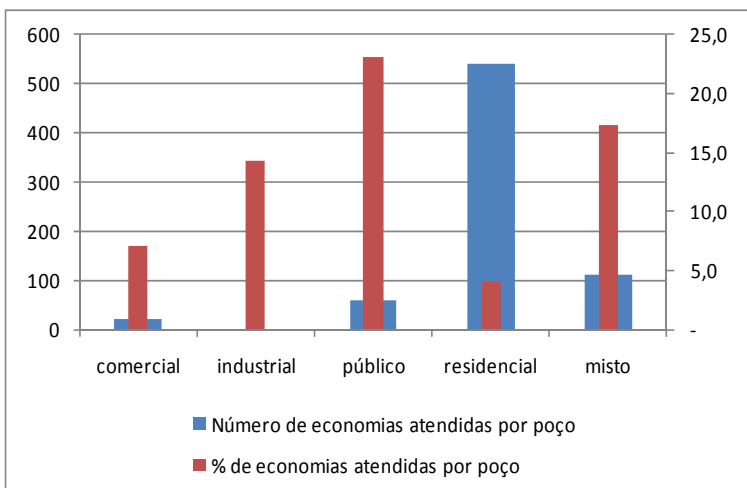


Figura 24 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro Terra Firme.

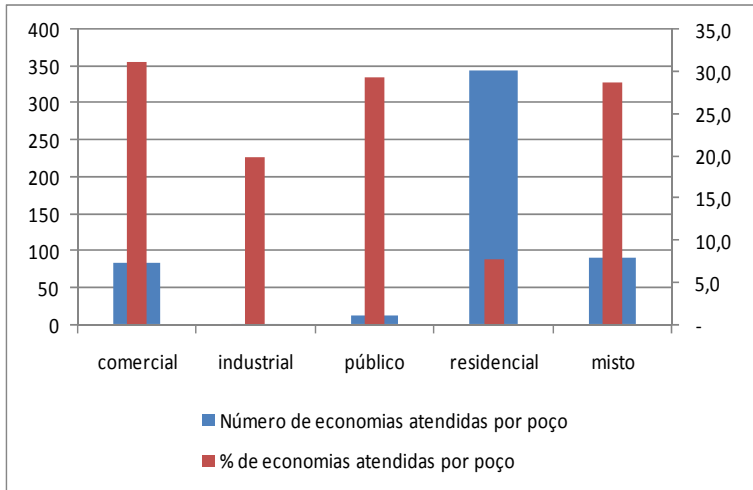


Figura 25 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro de Canudos.

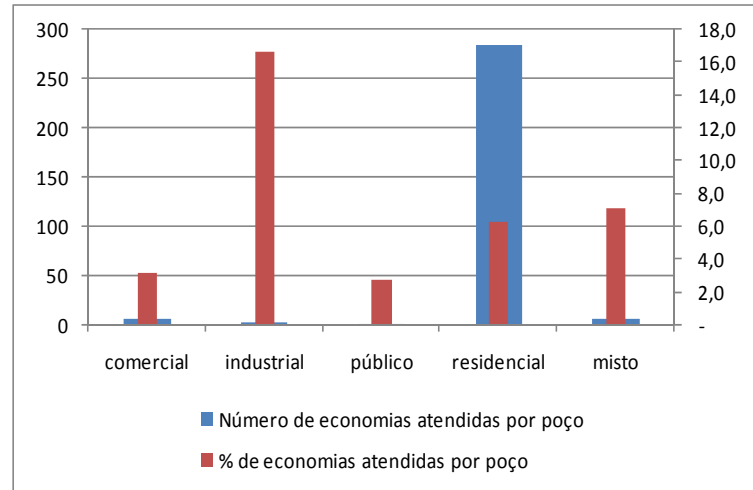


Figura 26 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro Curió Utinga.

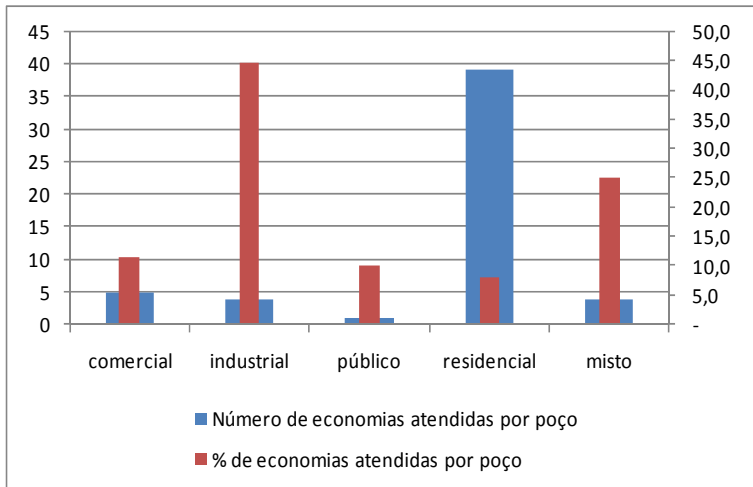


Figura 27 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro Miramar.

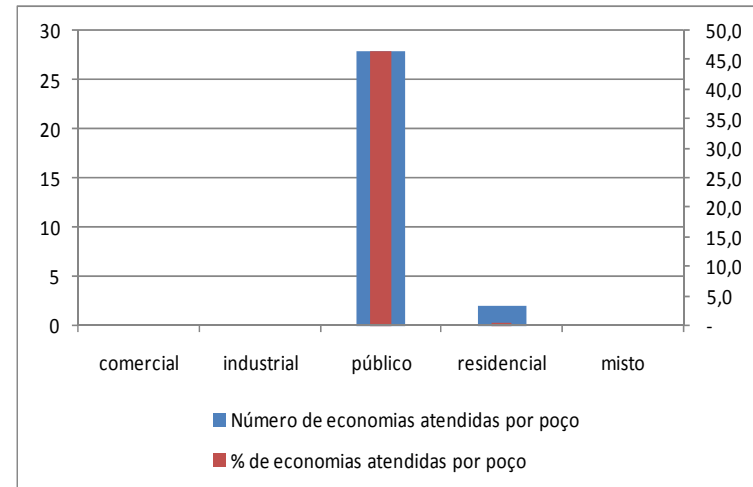


Figura 28 - Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro Universitário.

Conforme pode ser observado nas Tabelas 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 e nas Figuras 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 28 os bairros Maracangalha, Sacramento, Terra Firme, Canudos, Curió-Utinga, Miramar e Universitário apresentam baixos percentuais de economias atendidas por poços particulares: 12,7%, 8,4%, 5,0%, 10,7, 6,2%, 9,3%, 7,6%, respectivamente. Em relação às economias residenciais, esses bairros apresentam percentuais menores de economias residenciais atendidas por poços particulares: 11,2% (865 econ. res.), 7,4% (898 econ. res.), 4,0% (537 econ. res.), 7,9% (344 econ. res.), 6,3% (285 econ. res.), 8,0% (39 econ. res.) e 0,7% (2 econ. res.), respectivamente.

Em relação aos bairros analisados anteriormente, os bairros Maracangalha, Sacramento, Terra Firme, Canudos e Curió-Utinga são pouco verticalizados e apresentam valores da relação quantidade de economias residenciais/ poço próximos de 1, (1,1 econ. res./ poço), (1,3 econ. res./ poço), (1,1 econ. res./ poço), (1,3 econ. res./ poço), (1,2 econ. res./ poço) e (1 econ. res./ poço), respectivamente. Ou seja, os poços particulares atendem em geral a uma economia.

Nas Tabelas 19, 20, 21, 22 e 23 e nas Figuras 29, 30, 31, 32 e 33 são apresentados os dados dos bairros Cidade Velha, Guamá, Telégrafo, Cremação e Fátima, respectivamente.

Tabela 19 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Cidade Velha.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	587	678	36	78	6,1	11,5
Industrial	24	24	5	5	20,8	20,8
Pública	97	414	13	81	13,4	19,6
Residencial	2.772	3.303	49	100	1,8	3,0
Mista	106	341	11	39	10,4	11,4
Total	3.586	4.760	114	303	3,2	6,4

Tabela 20 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Guamá.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	681	857	61	179	9,0	20,9
Industrial	45	45	7	7	15,6	15,6
Pública	156	589	13	157	8,3	26,7
Residencial	19.793	21.949	528	1.006	2,7	4,6
Mista	579	1.415	62	186	10,7	13,1
Total	21.254	24.855	671	1.535	3,2	6,2

Tabela 21 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Telégrafo.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	561	606	43	58	7,7	9,6
Industrial	37	37	3	3	8,1	8,1
Pública	86	346	4	26	4,7	7,5
Residencial	9.408	10.960	233	790	2,5	7,2
Mista	240	560	13	40	5,4	7,1
Total	10.332	12.509	296	917	2,9	7,3

Tabela 22 - Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Cremação.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	488	824	29	123	5,9	14,9
Industrial	31	31	8	8	25,8	25,8
Pública	51	176	0	0	-	-
Residencial	7.622	9.585	141	1.115	1,8	11,6
Mista	272	916	19	174	7,0	19,0
Total	8.464	11.532	197	1.420	2,3	12,3

Tabela 23 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro de Fátima.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	230	285	17	32	7,4	11,2
Industrial	11	11	0	0	-	-
Pública	27	64	1	1	3,7	1,6
Residencial	2.992	3.433	69	205	2,3	6,0
Mista	105	264	11	42	10,5	15,9
Total	3.365	4.057	98	280	2,9	6,9

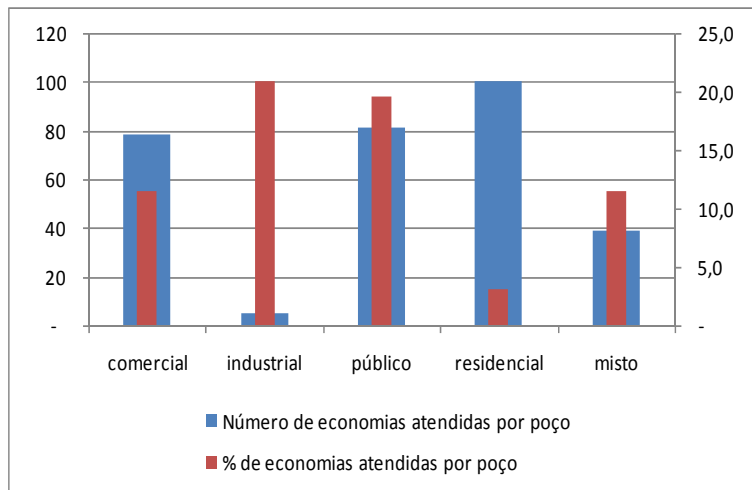


Figura 29 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Cidade Velha.

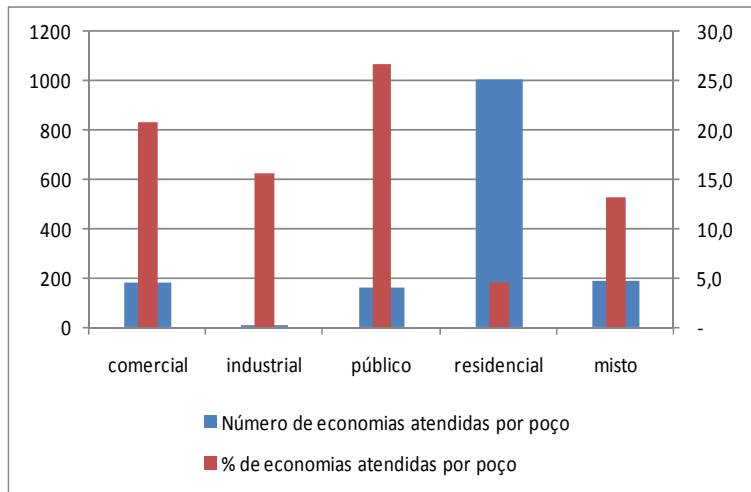


Figura 30 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Guamá.

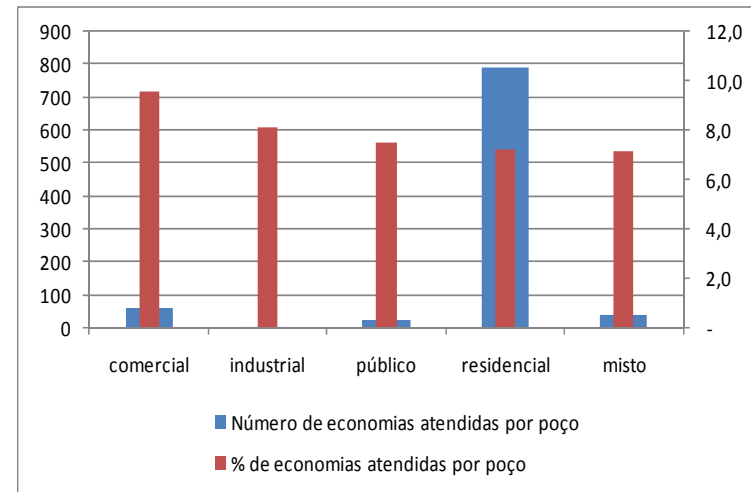


Figura 31 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Telégrafo.

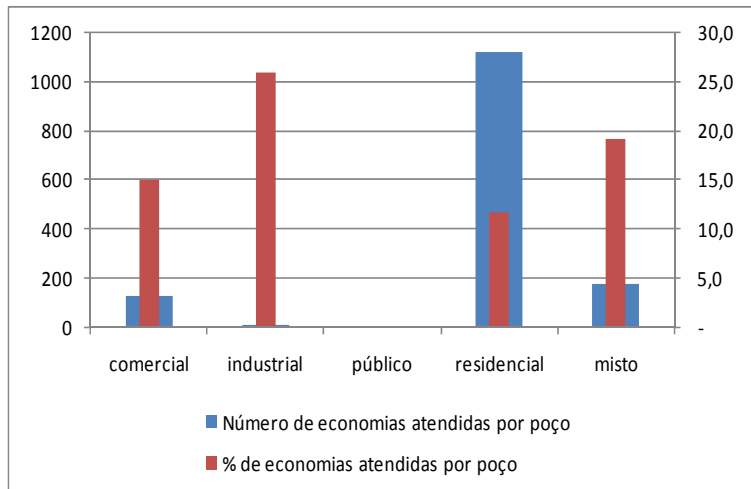


Figura 32 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Cremação.

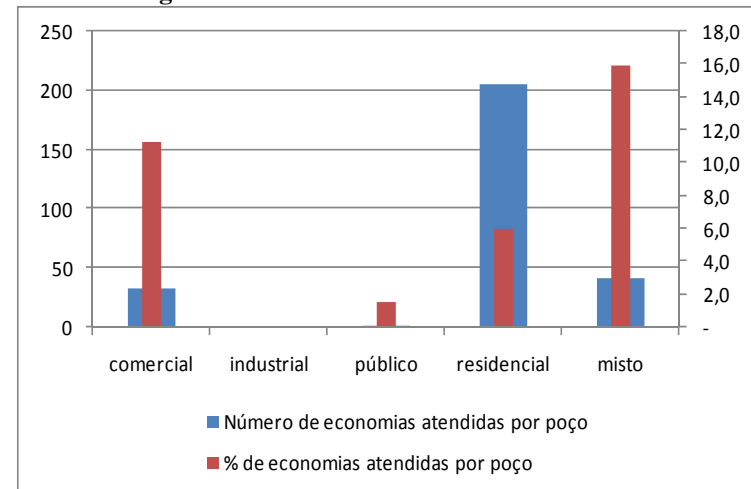


Figura 33 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro de Fátima.

Os bairros Cidade Velha, Guamá, Telégrafo, Cremação e Fátima apresentam, respectivamente, 6,4%, 6,2%, 7,3%, 12,3%, 6,9% de economias atendidas por poços particulares. Em relação às economias residenciais atendidas por poços são verificados os seguintes valores: 3,0% (100 econ. res.), 4,6% (1.006 econ. res.), 7,6% (790 econ. res.), 11,6 (1.115 econ. res.) e 6,0% (205 econ. res.), respectivamente. A relação quantidade de economias residenciais/ poço desses bairros apresenta valores superiores aos dos bairros Maracangalha, Sacramento, Terra Firme, Canudos e Curió-Utinga, sendo verificados os seguintes valores: Cidade Velha (2,0 econ. res./ poço), Guamá (1,9 econ. res./ poço), Telégrafo (3,4 econ. res./ poço), Cremação (7,0 econ. res./ poço) e Fátima (3,0 econ. res./ poço).

Nas Tabelas 24, 25 e 26 e nas Figuras 34, 35 e 36 são apresentados os dados dos bairros Barreiro, Jurunas e Condor.

Tabela 24 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Barreiro.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	69	160	2	2	2,9	1,3
Industrial	2	2	0	0	-	-
Pública	39	58	1	3	2,6	5,2
Residencial	4.318	4.687	67	73	1,6	1,6
Mista	52	120	2	4	3,8	3,3
Total	4.480	5.027	72	82	1,6	1,6

Tabela 25 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Jurunas.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	725	815	17	40	2,3	4,9
Industrial	46	46	2	2	4,3	4,3
Pública	97	278	1	1	1,0	0,4
Residencial	12.310	14.773	110	446	0,9	3,0
Mista	444	1.117	7	31	1,6	2,8
Total	13.622	17.029	137	520	1,0	3,1

Tabela 26 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro do Condor.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	331	374	14	19	4,2	5,1
Industrial	26	26	0	0	-	-
Pública	63	149	6	19	9,5	12,8
Residencial	7.010	7.796	78	125	1,1	1,6
Mista	229	515	9	21	3,9	4,1
Total	7.659	8.860	107	184	1,4	2,1

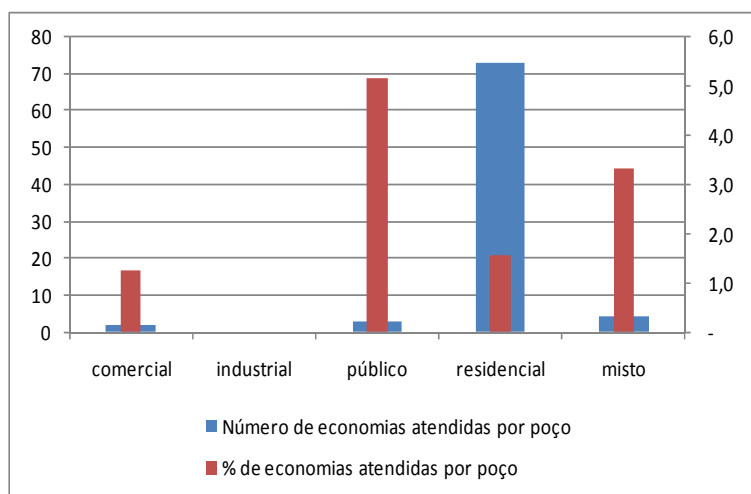


Figura 34 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Barreiro.

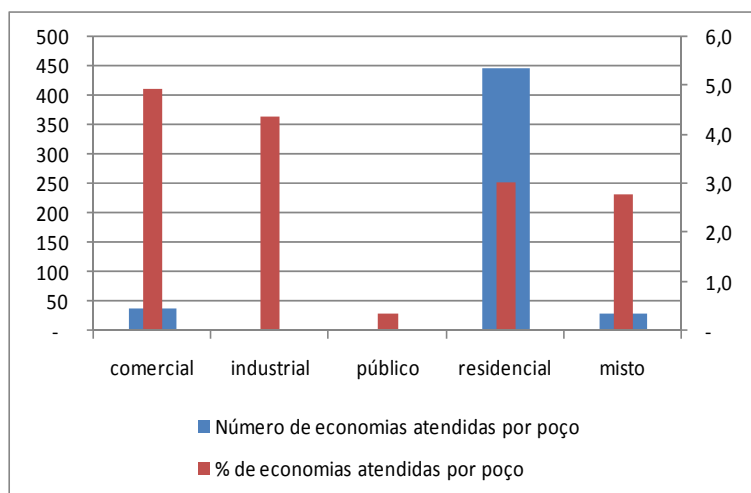


Figura 35 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Jurunas.

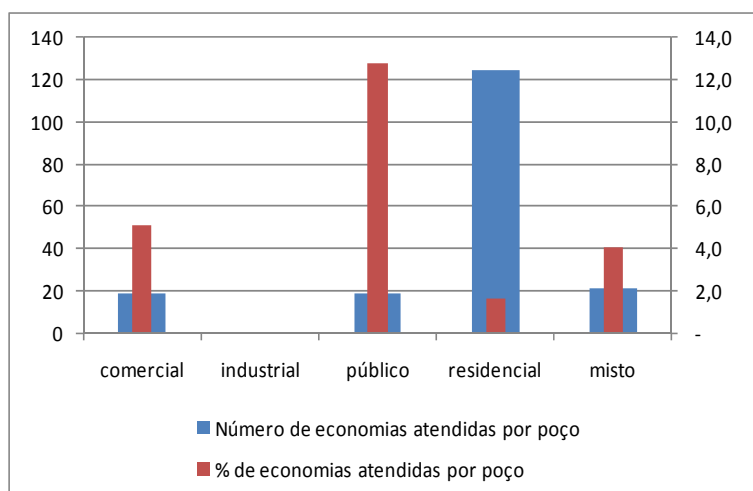


Figura 36 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro do Condor.

Os bairros Barreiro, Jurunas e Condor, em relação à utilização de poços para abastecimento próprio, são caracterizados por apresentarem baixos índices de autoabastecimento: 1,6% (Barreiro), 3,1% (Jurunas) e 2,1 (Condor). Em relação à categoria residencial, esses bairros também apresentam baixos percentuais de economias atendidas por poços particulares, sendo verificado no Barreiro 1,6% (73 econ. res.), no Jurunas 3,0% (446 econ. res.) e no Condor 1,6% (125 econ. res.). Para a relação quantidade de economias residenciais/ poço nesses bairros, são verificados os seguintes valores: 1,1 (Barreiro), 4,1 (Jurunas) e 1,6 (Condor).

Na Tabela 27 e na Figura 37 são apresentados os dados do bairro Campina.

Tabela 27 – Número de ligações e de economias totais e com poço no bairro da Campina.

Categorias	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços
Comercial	1.687	2.636	77	628	4,6	23,8
Industrial	16	16	1	1	6,3	6,3
Pública	336	843	7	55	2,1	6,5
Residencial	995	1.787	29	491	2,9	27,5
Mista	113	1.303	15	651	13,3	50,0
Total	3.147	6.585	129	1.826	4,1	27,7

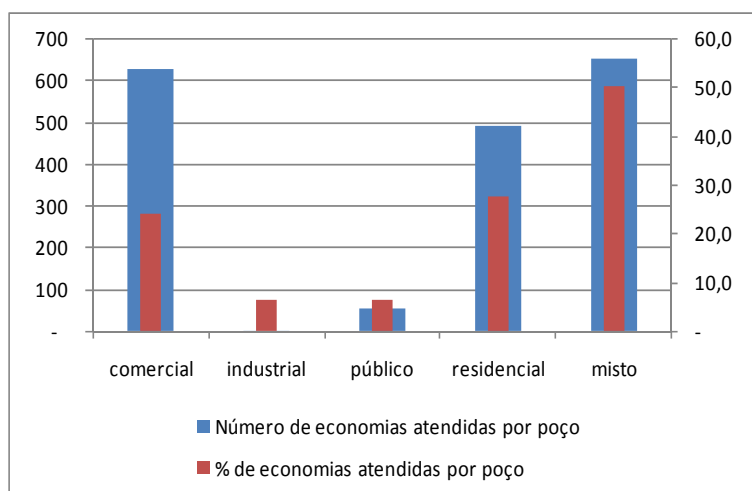


Figura 37 – Gráfico da distribuição das economias atendidas por poço no bairro da Campina.

Campina é um bairro predominantemente comercial, sendo a maior parte das suas ligações (53,6%) e economias (40%) comerciais. Nesse bairro 27,7% (1.826) das economias são atendidas por poços particulares. Em relação às categorias, são observados elevados percentuais de autoabastecimento: 23,8% das economias comerciais, 27,5% das economias residenciais e 50% das economias mistas. A relação quantidade de economias / poço apresenta valor próximo aos dos bairros mais verticalizados (Batista Campos, Nazaré, Umarizal, Reduto e São Braz): 14,2 econ./poço. Para as economias comerciais este valor é de 16,9 (econ. comerciais/poço) e para as economias mistas o valor é de 43,4 (econ. mistas/poço).

No bairro Val de Cans, para a área estudada, foi verificado apenas 11 ligações, 11 economias e inexistência de poços particulares, não sendo, portanto um valor representativo.

Na Tabela 28 é apresentado o número total de ligações e de economias, o número de ligações e de economias atendidas com poços particulares, o percentual de ligações e de economias atendidas com poços particulares, o percentual de economias residenciais e o percentual de economias residenciais atendidas por poços particulares dos bairros estudados.

Tabela 28 – Informações gerais dos bairros estudados

Bairro	Nº de ligações	Nº de economias	Nº de ligações que usam poços	Nº de economias que usam poços	Nº de economias residenciais que usam poços	% de ligações com poços	% de economias com poços	% de economias residenciais	% de economias residenciais com poço
Barreiro	4.480	5.027	72	82	73	1,6	1,6	93,2	1,6
Batista Campos	2.848	7.560	182	2.450	1.804	6,4	32,4	69,9	34,1
Campina	3.147	6.585	129	1.826	491	4,1	27,7	27,1	27,5
Canudos	4.402	4.980	331	533	344	7,5	10,7	87,2	7,9
Cidade velha	3.586	4.760	114	303	100	3,2	6,4	69,4	3,0
Condor	7.659	8.860	107	184	125	1,4	2,1	88,0	1,6
Cremação	8.464	11.532	197	1.420	1.115	2,3	12,3	83,1	11,6
Curió Utinga	4.503	4.862	259	302	285	5,8	6,2	92,5	6,3
Fátima	3.365	4.057	98	280	205	2,9	6,9	84,6	6,0
Guamá	21.254	24.855	671	1.535	1.006	3,2	6,2	88,3	4,6
Jurunas	13.622	17.029	137	520	446	1,0	3,1	86,8	3,0
Maracangalha	7.814	8.652	918	1.098	865	11,7	12,7	88,9	11,2
Marco	17.186	24.910	1.171	4.669	3.211	6,8	18,7	80,2	16,1
Miramar	535	568	51	53	39	9,5	9,3	86,3	8,0
Nazaré	3.102	10.879	372	6.063	4.089	12,0	55,7	59,8	62,9
Pedreira	15.897	22.418	838	4.365	3.660	5,3	19,5	87,4	18,7
Reduto	1.416	3.088	112	1.213	1.044	7,9	39,3	68,7	49,2
Sacramenta	11.968	13.737	841	1.153	894	7,0	8,4	87,5	7,4
São Braz	4.721	8.977	264	3.127	2.053	5,6	34,8	68,6	33,3
Sousa	829	1.667	99	661	407	11,9	39,7	76,5	31,9
Telégrafo	10.332	12.509	296	917	790	2,9	7,3	87,6	7,2
Terra Firme	13.542	14.570	583	732	537	4,3	5,0	91,6	4,0
Umarizal	7.377	12.874	443	3.882	3.028	6,0	30,2	74,0	31,8
Universitário	301	395	3	30	2	1,0	7,6	72,7	0,7
Total	172.350	235.351	8.288	37.398	26.613	4,8	15,9	81,3	13,9

Conforme observado na Tabela 28, o número total de economias atendidas por poços particulares na área estudada é de 37.315 (15,9%) sendo que a categoria residencial apresenta 26.572 dessas economias. O bairro que apresenta maior número de economias atendidas por poços particulares é o de Nazaré (6.063 economias), que também apresenta maior percentual de economias com autoabastecimento (55,7%). Mas, os bairros Umarizal, São Braz, Marco e Pedreira também apresentam número elevado de economias atendidas por poços particulares: 3.882, 3.127, 4.669 e 4.365, respectivamente. Os bairros com maiores percentuais de economias atendidas por poços particulares são: Sousa (39,7%), Reduto (39,3%), São Braz (34,8%) e Umarizal (30,2%).

Na Figura 38 é mostrado, por Bairro, o percentual de economias que utilizam poço.

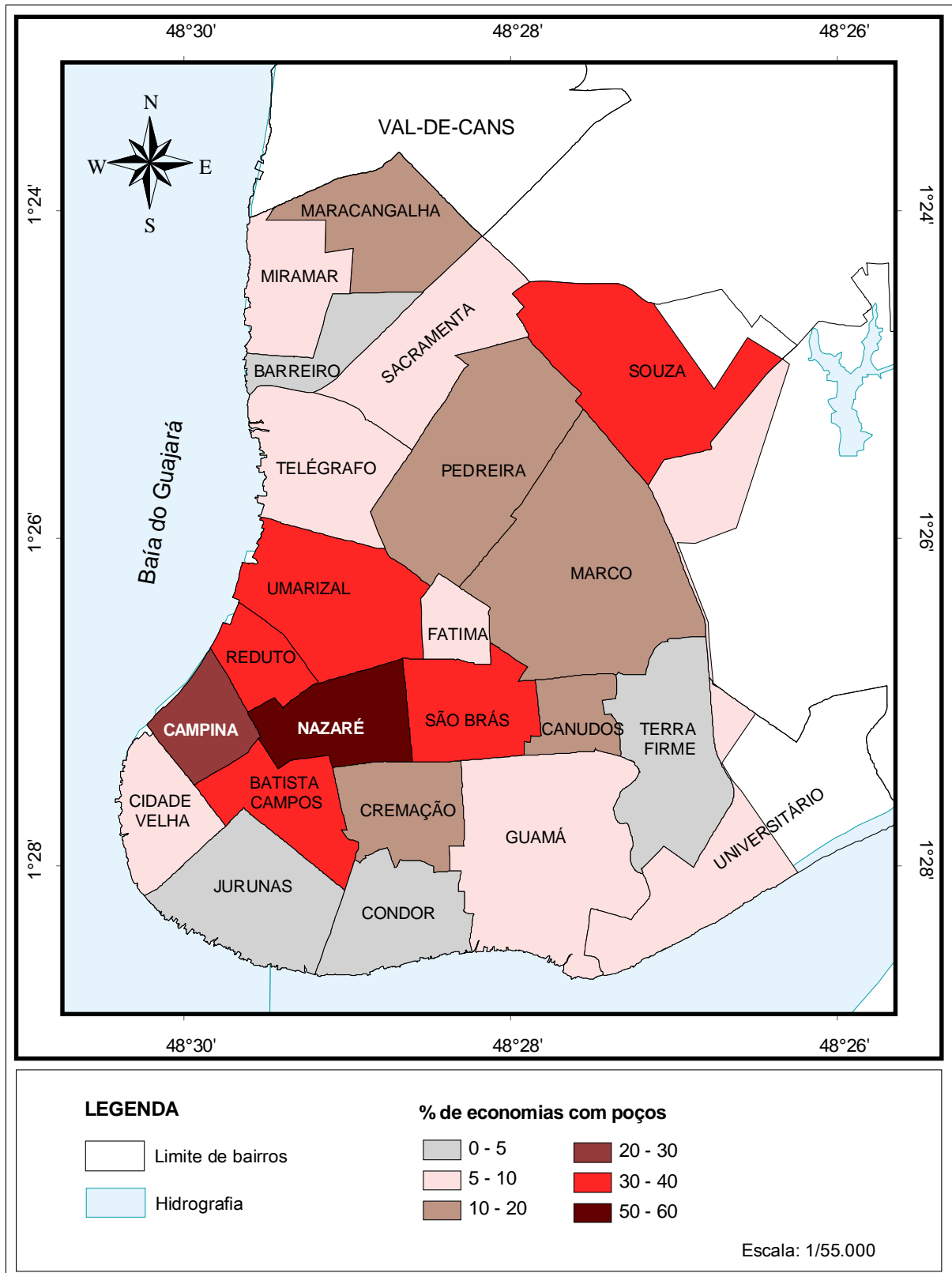


Figura 38 – Porcentual de economias atendidas por poços particulares nos bairro estudados.

Nos bairros mais verticalizados, como Nazaré, Umarizal, São Braz, Reduto, Batista Campos, os poços particulares utilizados para o abastecimento de economias residenciais atendem a mais de uma economia, como é o caso dos condomínios verticais. Nesses bairros a maior relação economia residencial/poço é verificada no bairro Nazaré (21 econ. res. /poço) e a menor, no bairro Umarizal (11,6 econ. res. /poço).

Na Figura 39 é mostrada, por bairro, a relação economia residencial / poço.

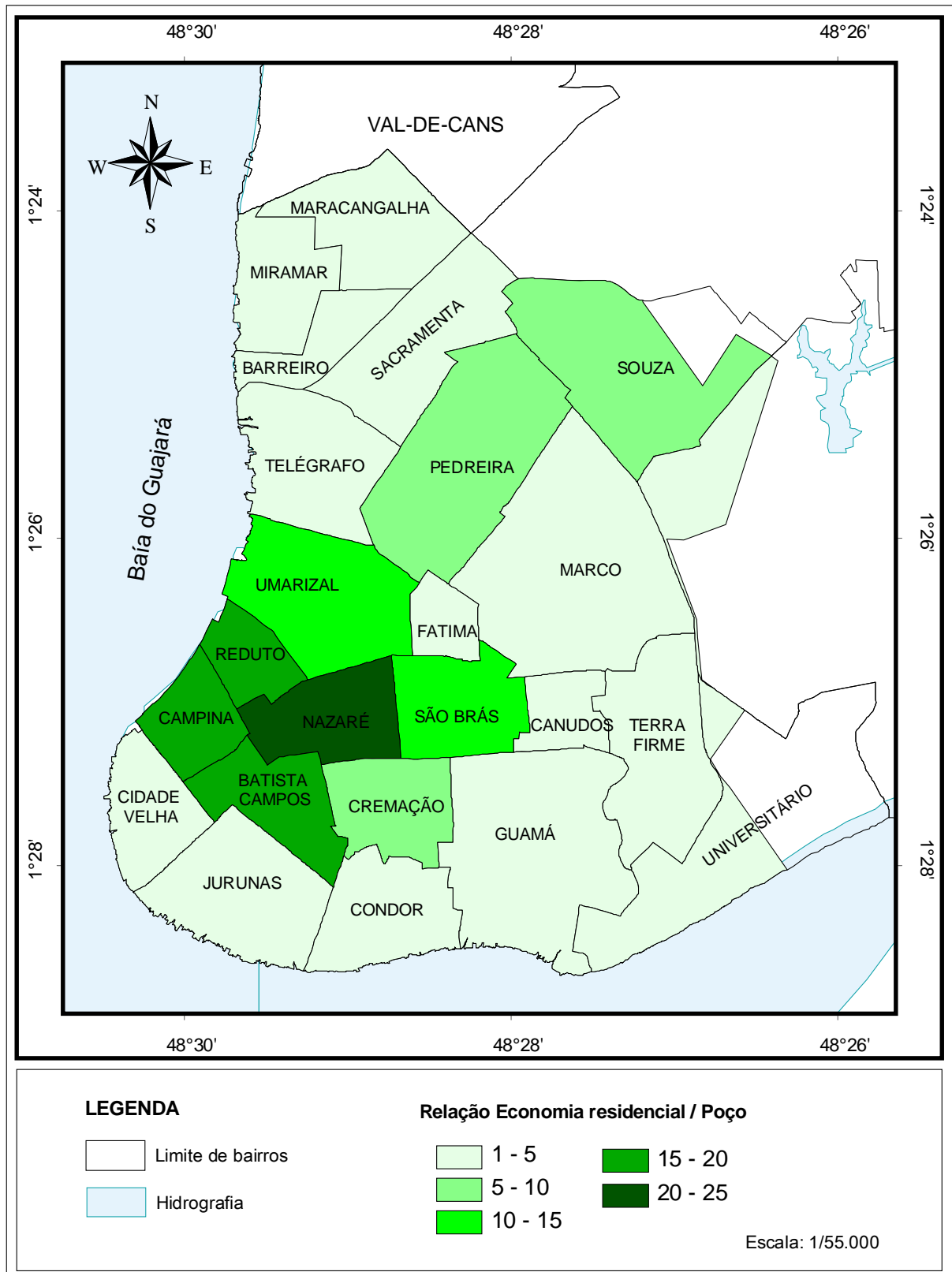


Figura 39 – Relação de economias residenciais atendidas por poços particulares para os bairros estudados.

Na Tabela 29 é mostrada a estimativa do consumo mensal de água subterrânea com base nas economias que utilizam poços particulares.

Tabela 29 – Volume estimado de água consumido nas economias que utilizam poço

Bairro	Número de economias residenciais com poço	Vol. de água estimado consumido nas economias residenciais (m3)	Número de economias mistas, industriais e comerciais com poço	Vol. de água estimado consumido nas economias mistas, industriais e comerciais (m3)
Barreiro	73	2.190	9	225
Batista campos	1.804	54.120	646	16.150
Campina	491	14.730	1.335	33.375
Canudos	344	10.320	189	4.725
Cidade velha	100	3.000	203	5.075
Condor	125	3.750	59	1.475
Cremação	1.115	33.450	305	7.625
Curió Utinga	285	8.550	17	425
De Fátima	205	6.150	75	1.875
Guamá	1.006	30.180	529	13.225
Jurunas	446	13.380	74	1.850
Maracangalha	865	25.950	233	5.825
Marco	3.211	96.330	1.458	36.450
Miramar	39	1.170	14	350
Terra Firme	537	16.110	195	4.875
Nazaré	4.089	122.670	1.974	49.350
Pedreira	3.660	109.800	705	17.625
Reduto	1.044	31.320	169	4.225
Sacramento	894	26.820	259	6.475
São Braz	2.053	61.590	1.074	26.850
Sousa	407	12.210	254	6.350
Telégrafo	790	23.700	127	3.175
Umarizal	3.028	90.840	854	21.350
Universitário	2	60	28	700
Total	26.613	798.390	10.785	269.625

É importante destacar que é difícil estabelecer a disponibilidade efetiva desses poços, visto que não existe controle dos volumes bombeados nem do tempo de funcionamento das bombas, mesmo assim, para efeito de estimativa do volume consumido em poços particulares foi considerado o valor médio consumido por cada economia residencial de 30 m³/mês e para as demais economias (mistas, públicas e comerciais), o valor de 25m³/mês. Assim, o volume de água consumido estimado nas economias residenciais que utilizam poços particulares é de 798.390 m³/mês de água, sendo Nazaré o bairro que apresenta maior consumo de águas subterrâneas: 122.670m³/mês. Em relação às demais economias (mistas, comerciais e

públicas) o consumo mensal estimado é de 269.625 m³. Com base nessas informações é estimado consumo mensal de água subterrânea para o autoabastecimento na ZC de Belém seja de 1.105.413 m³.

De acordo com os dados apresentados, o número de usuários de poços particulares na área estudada é elevado, em especial nos bairros mais verticalizados, nos quais os condomínios são os maiores usuários. Assim, o autoabastecimento nas áreas consolidadas é crescente em razão de vários fatores: as reservas de água subterrânea disponíveis são abundantes; o sistema público de abastecimento de água não consegue acompanhar o crescimento da cidade, que tem ocorrido de forma espontânea e não planeja; o baixo custo de construção de poços; e o custo da água das águas subterrâneas (autoabastecimento) é muito inferior ao da concessionária.

Neste contexto, são necessárias a elaboração e a implantação de um modelo de gestão das águas subterrâneas dos aquíferos que abastecem a RMB, com a finalidade de preservá-los, bem como de garantir e controlar o autoabastecimento em razão dos riscos potenciais a que os aquíferos estão sujeitos. No entanto, o autoabastecimento não pode ser simplesmente proibido, tendo em vista que se ocorresse uma migração em massa para o sistema público, este não teria capacidade de atender a esse acréscimo de demanda, o que em números atuais significaria uma disponibilidade extra de aproximadamente 1.105.413m³/mês ou acréscimo de, aproximadamente, 7% da produção atual dos sistemas de abastecimento de água que atendem a área.

CAPÍTULO 4 - POLUIÇÃO DE SISTEMAS AQUÍFEROS NA RMB

4.1 RISCOS DE POLUIÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

As águas subterrâneas representam uma reserva estratégica e vital para o abastecimento público. Para Zoby & Oliveira (2005), a proteção dos recursos hídricos subterrâneos envolve uma situação crítica, tendo em vista que os custos de remediação de aquíferos são muito altos e que tecnicamente é muito difícil a sua recuperação para as condições originais.

O risco de contaminação de um aquífero depende da sua vulnerabilidade natural, bem como da existência e das características de cargas poluidoras, tais como mobilidade e persistência. Desta forma, podem ser verificadas situações em que o aquífero seja altamente vulnerável, sem que, no entanto, exista risco de contaminação, pela ausência de fontes potenciais de contaminação, ou ainda, situações em que existam fontes potenciais de contaminação e o aquífero se encontre em grandes profundidades e bem protegido por espessas camadas de rochas.

É importante destacar que o conceito de carga potencial poluidora está relacionado à existência de uma atividade que poderá gerar poluição e comprometer a qualidade das águas. Ou seja, é um conceito associado ao risco, o que significa que a simples ocorrência de determinada atividade não implica necessariamente a contaminação do aquífero, e sim a existência do risco de contaminação.

Segundo Hirata, Bastos & Rocha (1997), a vulnerabilidade de um aquífero, significa sua maior ou menor suscetibilidade de ser afetado por uma carga poluidora. Os componentes da vulnerabilidade não são diretamente mensuráveis, sendo determinados por meio da combinação de fatores que muitas vezes não podem ser facilmente estimados ou não estão disponíveis.

De acordo com Zoby & Oliveira (2005), a vulnerabilidade de um aquífero varia em função de fatores naturais, como a acessibilidade da zona saturada à penetração de poluentes e

a capacidade de atenuação resultante de retenção físico-química ou reações de poluentes. Segundo esses autores, a vulnerabilidade e a proteção dos aquíferos ainda é um tema pouco explorado no Brasil e ainda necessita ser incorporado à gestão das águas subterrâneas, e ao planejamento do uso e à ocupação territorial.

Foster et al. (apud Hirata, Bastos & Rocha, 1997) recomendam ações para a proteção dos aquíferos em decorrência do aumento e da diversidade de produtos químicos, potencialmente poluidores da água subterrânea; do lançamento *in natura* de esgotos e efluentes industriais; do grande número de aplicações de fertilizantes e pesticidas na agricultura; dos efeitos potencialmente nocivos à saúde, causados por concentrações baixas de certos poluentes persistentes de toxicologia pouco conhecida; devido à dificuldade e impraticabilidade de remoção de poluentes em um grande número de fontes pontuais de captação (poços); e devido à reabilitação de um aquífero poluído exigir custos elevados, podendo, em determinadas situações, levar ao seu abandono.

Ao percolarem no solo, os contaminantes podem sofrer atenuação por meio de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nas zonas não satura e saturada. A intensidade desse processo e o grau de atenuação variam em função do tipo do contaminante e das características do meio no qual a temperatura, o teor de umidade do solo e as camadas dos materiais geológicos constituem parâmetros importantes.

Segundo Mestrinho (1997), a avaliação do risco de contaminação deve ser resultado da interação da caracterização do perigo, em termos de níveis epidemiológicos e/ou de toxicidade; da determinação da magnitude da fonte impactante, ou seja, do número de pessoas que poderá ser afetado pela carga poluidora; e da avaliação do nível de exposição, relacionado aos possíveis danos à saúde nos níveis dos contaminantes detectados nas águas de consumo.

De acordo com Bellingieri (2005), o contaminante, ao atingir o solo, pode ser absorvido ou carregado para outras camadas do perfil do solo. Durante a permanência ou passagem das substâncias contaminantes pelo solo, ocorrem interações que podem modificar suas condições ambientais, podendo causar modificações no seu arranjo estrutural e na sua composição química e mineralógica, causando alterações nas suas propriedades físicas e químicas. Segundo o autor, a alteração mais sensível é na condutividade hidráulica, visto que afeta diretamente a mobilidade do contaminante. Em relação ao contaminante, pode ocorrer

alteração da sua forma química, da sua carga ou da sua polaridade, resultando em modificações da ocorrência das espécies originais ou alteração no regime de avanço da contaminação no solo.

Quando o contaminante atinge o aquífero freático, há formação de uma pluma ou nuvem de contaminação, que caminha na direção do fluxo subterrâneo e que pode apresentar diferentes formas dependendo das características hidrogeológicas locais e dos resíduos infiltrados.

Para a determinação da vulnerabilidade dos aquíferos da RMB, Oliveira (2002) utilizou a metodologia proposta por Foster (1987) e Foster & Hirata (1988), adaptadas para as condições desta região. Os critérios utilizados para a elaboração dos mapas de vulnerabilidade foram:

- tipo de ocorrência da água subterrânea (condição do aquífero);
- características litológicas da zona não saturada;
- profundidade do nível d'água (espessura da zona não saturada).

A pesquisa realizada por Oliveira (2002) identificou quatro classes de vulnerabilidade para a RMB: alta, moderada, baixa e negligenciável. Na Figura 40 é mostrado o grau de vulnerabilidade dos sistemas aquíferos dessa região.

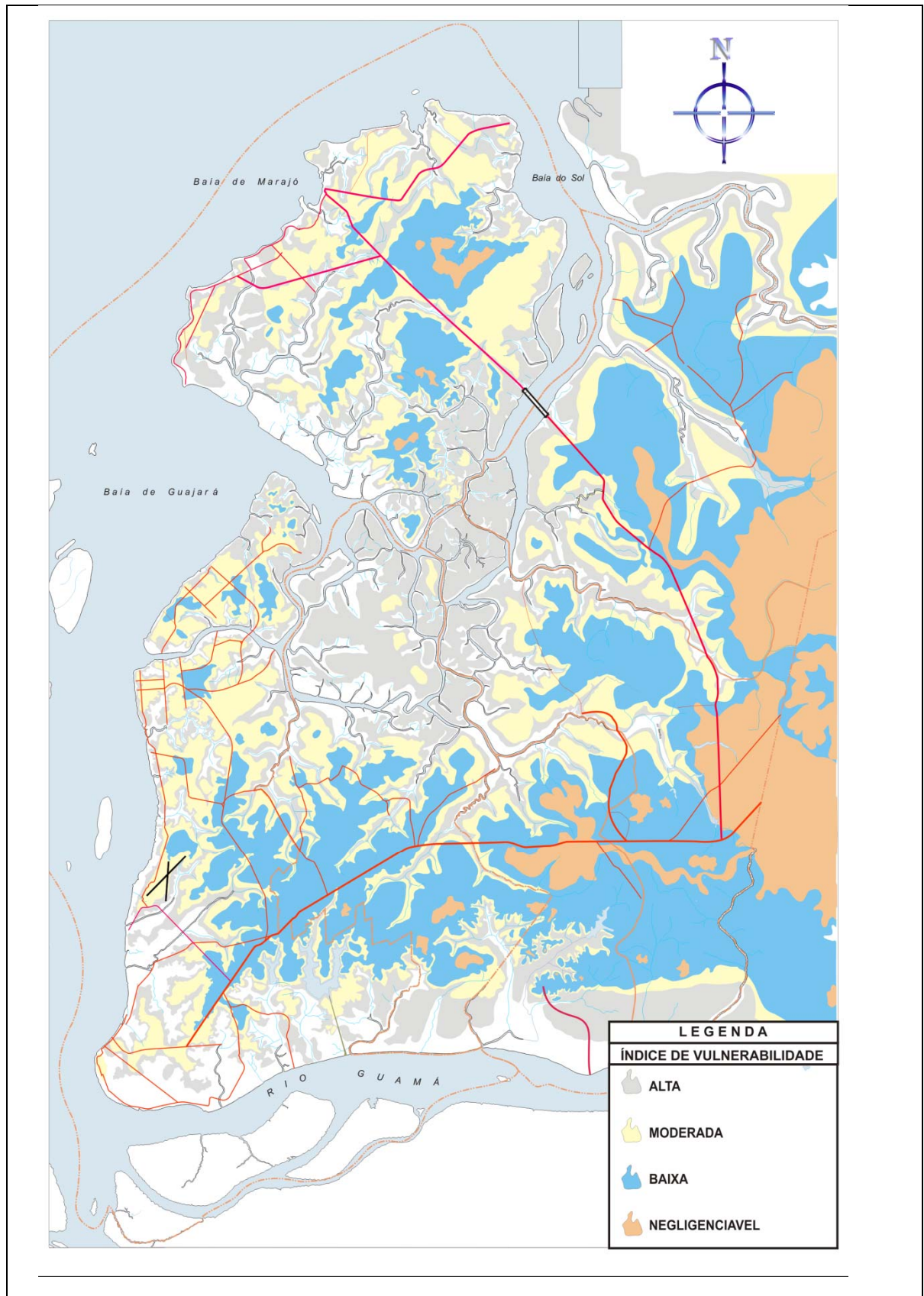


Figura 40 – Vulnerabilidade dos sistemas aquíferos na RMB.
Fonte: Oliveira (2002).

Segundo Matta (2002), para as áreas de Belém e Ananindeua podem ser identificadas também, quatro classes de vulnerabilidade para os aquíferos existentes:

- muito alta a extrema – existentes nos sistemas aquíferos Pós-Barreiras e Aluviões - caracterizada por constituir aquíferos livres, com níveis freáticos subaflorantes;
- alta – existente no aquífero Barreiras quando formado por aquíferos livres e com pequenas espessuras da zona não saturada;
- moderada – existente no aquífero Barreiras quando confinado, uma vez que a água desse aquífero está sob pressão e ele se encontra protegido por aquitardes e/ou aquiocludes que, além de criarem uma proteção adicional, favorecem a geração de grandes fluxos ascendentes de águas e impedem o ingresso de contaminantes;
- baixa a muito baixa – existente nos sistemas aquíferos Pirabas Superior e Pirabas Inferior, ocorrentes em profundidades superiores a 80m. Esses aquíferos espessas camadas confinantes que funcionam como proteção natural contra o ingresso de contaminantes, proporcionando maior proteção natural e menor vulnerabilidade à poluição.

4.2 FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO NA RMB

Na RMB, assim como em diversas áreas urbanas, as principais fontes de contaminação são as águas residuárias geradas por residências, bares, restaurantes, clínicas, hospitais e etc. visto que grande parte da RMB não dispõe de sistema público de esgotamento sanitário, os postos de revenda de combustíveis e os cemitérios.

4.2.1 Águas residuárias

A composição e a concentração dos componentes do esgoto sanitário dependem diretamente da condição socioeconômica da população, assim como do funcionamento da rede coletora de esgoto implantada em função da possibilidade de contribuição pluvial e de efluentes industriais.

Segundo von Sperling (2000), de maneira geral, a produção de esgoto corresponde, aproximadamente, ao volumes de água consumido, sendo que as características dos esgotos estão relacionadas aos usos que a água foi submetida. Esses usos, e a forma como são exercidos, variam com o clima, a situação social e econômica, e os hábitos da população.

O esgoto doméstico provém principalmente de residências, edifícios comerciais, ou quaisquer edificações que contenham instalação de banheiro, lavanderias, cozinhas, ou outros dispositivos de utilização da água para fins domésticos (Jordão & Pessôa, 2005). Apresenta em geral, 99,9% de água e o restante, 0,1%, corresponde aos sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como aos microorganismos.

Para o tratamento desses efluentes são construídos sistemas que favorecem a sua depuração em condições controladas para a conseqüente obtenção de resultados satisfatórios da estabilização das variáveis. O tratamento dos esgotos é formado por uma série de processos e operações unitárias, que são empregadas para a remoção ou transformação de substâncias indesejáveis.

Os sistemas de tratamento de esgoto podem ser coletivos ou individuais. No coletivo as águas residuárias são encaminhadas às tubulações da rede pública e, então, transportadas até a estação de tratamento e/ou destino final seguro. O sistema individual é utilizado de forma abrangente em locais onde não existe rede coletora de esgoto, sendo verificada, em larga escala, a aplicação de tanque séptico com suas instalações complementares.

No Brasil existem deficiências na oferta de serviços de saneamento, especialmente na coleta, tratamento e destino final de efluentes. Em Belém, segundo o Atlas de Saneamento do IBGE (2002), o acesso à rede geral de esgoto mostra uma situação distante do ideal na maior parte do município. Conforme os dados desse Atlas, somente 8 dos 72 bairros possuíam no ano de 2002 mais da metade dos domicílios ligados à rede geral. Nesta pesquisa foi observado que, mesmo nos bairros mais bem servidos, a situação não é boa, pois este conjunto apresenta um percentual de ligação à rede geral que não chega a 60%. Se a média de atendimento dos bairros é baixa, não chegando a 18% do total dos domicílios, o exame dos dados desagregados por bairro mostra uma situação mais desfavorável ainda, uma vez que mais da metade dos bairros não possui nem 5% dos domicílios ligados à rede geral. No conjunto de

bairros menos atendidos, a situação se aproxima da ausência total, uma vez que a média geral de domicílios atendidos é de praticamente zero.

Na Figura 41 são apresentados os percentuais de domicílios com rede geral de esgoto no total dos domicílios particulares permanentes.



Figura 41 – Rede de esgotamento sanitário em Belém
Fonte: Rede geral de esgoto (2008).

É importante destacar que em Belém é comum o lançamento do esgoto doméstico bruto, ou mesmo do efluente tratado em tanques sépticos, no sistema de drenagem (sarjetas, bocas de lobo e galerias) nas áreas desprovidas de redes coletoras de esgoto. Como as águas coletadas nos sistemas de drenagem são encaminhadas para os canais e igarapés que cortam a cidade, essas águas também se transformam em focos de contaminação das águas subterrâneas, visto que esses canais podem ter conexão com os sistemas aquíferos.

De acordo com Pereira & Cardoso (2003), o sistema de esgotamento sanitário da RMB é um exemplo típico de ações isoladas, sendo as soluções técnicas utilizadas bastante distintas, não integradas, descentralizadas e em desacordo com o previsto no Plano Diretor do sistema de esgotamento sanitário elaborado em 1987. Segundo esses autores, o longo período sem obras no sistema de esgotamento sanitário contribuíram para a utilização de soluções individuais para a coleta e o tratamento dos esgotos. Essa prática dificulta a determinação do número de tanques sépticos instalados na RMB, visto que, conforme informações dos autores, muitos deles foram construídos de forma artesanal pelos próprios donos das residências.

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (NBR 7229, 1993), tanque séptico é uma unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal utilizada para tratamento de esgotos por meio de processos de sedimentação, flotação e digestão.

Apesar de o tanque séptico ser um dispositivo de simples construção e funcionamento, existe a necessidade de pós-tratamento de seus subprodutos. Segundo Dacach (1990), o efluente de tanques sépticos é um efluente perigoso por conter bactérias patogênicas, ovos de vermes e cistos não removidos por esse tipo de tratamento.

De acordo com Chernicharo (1997), a bibliografia especializada indica as seguintes eficiências médias de remoção em tanques sépticos: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (30 a 55%), sólidos suspensos (20 a 90%) e óleos e graxas (70 a 90%). Batalha (1989) afirma que o prolongamento do tempo de detenção dos esgotos no tanque séptico aumenta a porcentagem de DBO removida.

Em Belém a utilização do tanque séptico como solução para o tratamento dos esgotos domésticos, nas áreas desprovidas de redes coletoras de esgoto, é comum. O efluente tratado nesses sistemas é normalmente encaminhado para a rede de águas pluviais. Em alguns locais também é verificado o lançamento de esgoto *in natura* diretamente nas sarjetas e galerias de

águas pluviais. Desta forma, a falta de sistemas adequados de coleta e tratamento de águas residuárias tem provocado a degradação das águas superficiais e subterrâneas.

Os principais problemas de saúde relacionados à contaminação das águas subterrâneas pelas águas residuárias ocorrem devido à presença de alguns nutrientes nessas águas, como o nitrogênio, sais (cloreto); agentes biológicos (bactérias e vírus); e compostos orgânicos sintéticos.

De acordo com a Fundação Nacional de saúde (FUNASA) (2006), os microorganismos eliminados nas fezes humanas são de diversos tipos, estando os coliformes (*Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes* e o *Aerobacter cloacae*) presentes em grande quantidade, podendo atingir um bilhão por grama de fezes. A sobrevivência das bactérias no solo é bastante variada.

Segundo Hirata, Bastos & Rocha (1997), as bactérias e os vírus causadores da cólera, da febre tifóide, da diarreia, da hepatite infecciosa e da poliomielite, podem ser transportados através da percolação dos efluentes e atingir fontes de captação de água. Para a FUNASA (2006), a disseminação de bactérias em águas subterrâneas é imprevisível.

Além dos microorganismos, segundo Hirata, Bastos & Rocha (1997), existem os riscos causados por produtos químicos sintéticos, como detergentes, removedores e desengraxantes, utilizados como material de limpeza doméstica. Esses produtos podem conter solventes organo-halogenados de alto risco e persistência nas águas subterrâneas. Em relação aos constituintes inorgânicos, o nitrato é a ocorrência mais generalizada e problemática, devido a sua alta mobilidade e estabilidade em sistemas aeróbios.

4.2.2 Armazenamento subterrâneo de combustível

A contaminação do solo e das águas por combustíveis derivados de petróleo é uma preocupação crescente no Brasil e mais antiga nos Estados Unidos e na Europa. Nos Estados Unidos

A Agência de Proteção Ambiental norte-americana estima que existam cerca de 130 mil locais contaminados por vazamento de combustíveis dos tanques de armazenamento do país (Sugimoto, 2004).

De acordo com Sugimoto (2004), os combustíveis possuem compostos nocivos à saúde, como o benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos e hidrocarbonetos denominados BTEX. Ao contaminarem as águas subterrâneas, esses compostos inviabilizam fontes alternativas de abastecimento e, quando ingeridos, dependendo da concentração e tempo de exposição, podem afetar o sistema nervoso central de uma pessoa. O benzeno, o mais tóxico deles, já está associado a cânceres.

A gasolina em contato com a água subterrânea se dissolverá parcialmente. Os hidrocarbonetos monoaromáticos, benzeno, tolueno, etilbenzeno e os três xilenos orto, meta e para, chamados compostos BTEX, são os constituintes da gasolina que têm maior solubilidade em água e, portanto, são os contaminantes que primeiro irão atingir o lençol freático. Dentre os BTEX, o benzeno é considerado o mais tóxico com padrão de potabilidade de 10 $\hat{\text{A}}\mu\text{g/l}$, segundo as normas do Ministério da Saúde. (Roche, 2010)

Na Portaria nº 518 do Ministério da Saúde são estabelecidos os seguintes limites permitidos de hidrocarbonetos em água potável: 5 microgramas por litro de benzeno, 170 microgramas/l de tolueno, 200 microgramas/l de o etilbenzeno e 300 microgramas/l de xileno.

Alguns compostos da gasolina e do diesel são cancerígenos e mutagênicos (podem causar mutações genéticas), mesmo quando absorvidos em pequenas quantidades pelo ser humano. No caso de vazamento, esses produtos podem atingir o lençol freático, contaminando a água que, ao ser consumida, provoca sérios problemas de saúde. Além disso, o vazamento pode atingir a rede de águas pluviais, com riscos de explosão (Duarte, 2007).

Segundo Duarte (2003), um reservatório subterrâneo poluído por combustível raramente pode ser descontaminado, mas, enquanto não o é, as pessoas que se servem desta água podem estar expostas aos seus componentes altamente tóxicos, com todas as graves consequências que eles acarretam à saúde humana.

No Distrito Federal, em 2002, a gasolina que escorreu de um dos tanques do Posto Brazuca contaminou os aquíferos da região. Mais de 25 moradores de chácaras vizinhas sofreram os efeitos do composto depois de beber a água retirada de poços artesianos. No mesmo ano, em Valparaíso, município goiano a 35km de Brasília, o vazamento de óleo diesel no Posto do Céu comprometeu o solo e o lençol freático da região, atingindo 49 moradores do bairro Céu Azul (Libreron, 2006).

4.2.3 Cemitérios

No Brasil a implantação dos cemitérios não considerava, até bem pouco tempo, os aspectos geológicos e hidrogeológicos intrínsecos ao meio físico, o que contribuiu para que estes empreendimentos se tornassem fonte geradora de impactos ambientais e alterassem a qualidade de vida das populações (Braz & Lopes, 2005).

Segundo Rodrigues et al (2003), no Brasil, o sinal de alerta sobre a contaminação do aquífero freático pelo líquido liberado na decomposição dos cadáveres (necrochorume) foi dado pelo geólogo e professor Lezíro Marques Silva, da Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, que estuda o assunto há quase 30 anos. Para sua pesquisa o professor percorreu 600 cemitérios municipais e particulares em todo o País e encontrou um quadro, no mínimo, preocupante, cerca de 75% dos cemitérios públicos e 25% dos cemitérios particulares apresentavam problemas de infiltrações hidrogeoambientais.

De acordo com Rodrigues et al (2003), após a morte, o corpo humano (cadáver) entra em processo de putrefação e libera líquido humoroso, chamado necrochorume. Esse líquido é constituído de água, sais minerais e substâncias orgânicas, incluindo duas diaminas muito tóxicas, a cadaverina e a putrescina, é um meio ideal para a proliferação de substâncias responsáveis pela transmissão de doenças infecto-contagiosas, dentre as quais a hepatite e a poliomielite.

Os microrganismos que podem estar presentes no necrochorume e causar doenças transmitidas através da água são do gênero *Clostridium* (tétano, gangrena e toxi-infecção alimentar), *Mycobacterium* (tuberculose), *Salmonella typhi* (febre tifóide), *Salmonella*

paratyphi (febre paratifóide), *Shigella* (disenteria bacilar), vírus da hepatite A, dentre outros (DIÁRIO DO PARÁ, 2002).

Segundo Matta (2002), há pouco estudo nas regiões de Belém e Ananindeua sobre os riscos ambientais relacionados aos cemitérios. Assim como esse autor, Souza & Anjos (2004) comentam que, embora a cidade de Belém possua vários cemitérios, os estudos sobre a qualidade das águas subterrâneas e/ou riscos de contaminação nessas áreas são praticamente inexistentes.

Braz (apud Braz & Lopes, 2005) ao avaliar em 1995 as águas superficiais e subterrâneas próximas ao cemitério do Benguí, localizado na cidade de Belém, verificou nas águas superficiais daquela área a presença de coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos, bactérias heterotróficas e *salmonella*. Segundo a autora, estes resultados estão relacionados às características do local: lixiviação do solo do cemitério e sua periferia, elevado índice pluviométrico da região que muitas vezes provoca transbordamento dos córregos e ausência de saneamento ambiental no local. A autora também avaliou na mesma área as águas subterrâneas de poços rasos e profundos, e verificou a presença de coliformes totais e fecais que chegaram a ordem de 10^3 NMP/100 mL, além de clostrídios, indicadores de contaminação antiga.

No ano de 2000, Braz & Lopes (2005) realizaram coletas na mesma área pesquisada por Braz em 1995 e verificaram aumento dos valores de coliformes totais, fecais, estreptococos e bactérias heterotróficas nas águas subterrâneas, enquanto nas águas superficiais, esses parâmetros apresentaram valores inferiores, demonstrando que a maior contaminação está em nível subterrâneo. É importante destacar que esses resultados foram obtidos após a desativação do cemitério, que foi realizada em 1997.

4.3 QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA EM POÇOS PARTICULARES NA RMB

Segundo Mierzwa & Hespanhol (2005), o aumento de substâncias químicas disponíveis no mercado leva ao aumento do potencial de contaminação dos recursos hídricos, pois muitas dessas substâncias acabam sendo incorporadas aos esgotos domésticos e aos

efluentes industriais. Os autores ressaltam que muitas substâncias são amplamente utilizadas no nosso cotidiano como conservantes de alimentos, produtos de limpeza, medicamentos diversos e etc.

Os teores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função do seu uso. Esses teores constituem os padrões de qualidade cujo objetivo é garantir que a água utilizada para determinado fim não contenha impurezas e não cause prejuízos. Os padrões de potabilidade representam os limites estabelecidos para a água destinada ao consumo humano. No Brasil, estes parâmetros são estabelecidos pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

De acordo com a referida Portaria, a solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano representa toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento, incluindo, dentre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador e instalações condominiais horizontais e verticais.

De acordo com Art. 8º da Portaria nº 518/2004, cabe aos responsáveis pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de análises laboratoriais; encaminhar à autoridade de saúde pública relatórios com informações sobre o controle da qualidade da água; manter registros sobre as características da água distribuída atualizados, sistematizados e disponibilizados para consulta pública; comunicar à autoridade de saúde pública e a população a detecção de qualquer anomalia identificada como de risco à saúde, entre outros.

Em relação à solução alternativa de abastecimento de água, no Art. 18, fica estabelecido que o responsável pelo controle da qualidade da água deve elaborar e aprovar, junto a autoridade de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema, respeitando os planos mínimos de amostragem.

Em relação às substâncias que representam risco à saúde pública ficam estabelecidos, no Art. 14, os limites permitidos para substâncias químicas inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, ciarotoxinas, desinfetantes e produtos secundários. Dentre as substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde, deve ser dado destaque ao nitrato. De acordo com a FUNASA (2006), os compostos nitrogenados (nitrogênio amoniacal, nitritos e nitratos) são indicadores de poluição por matéria orgânica.

De acordo com Abreu (2009), as águas provenientes de poços tubulares rasos, muito utilizados pela população, apresentam grande variedade físico-química e bacteriológica, sendo em algumas amostras verificados resultados insatisfatórios no que diz respeito à turbidez, ao ferro, ao nitrato e aos coliformes fecais.

De acordo com a FUNASA (2006), os compostos nitrogenados (nitrogênio amoniacal, nitritos e nitratos) são indicadores de poluição por matéria orgânica. Segundo Di Bernardo et al (2002) e a FUNASA (2006), a presença desses compostos, quando de origem orgânica, indica poluição recente ou remota, sendo que quanto mais oxidados mais remota é a poluição. Desta forma, o nitrogênio amoniacal indica poluição recente enquanto a presença de nitratos indica poluição antiga.

Nesta pesquisa, conforme mencionado na metodologia, para a avaliação da qualidade da água consumida em poços particulares foram utilizados dados cedidos pela COSANPA, do período de 1987 a 2007. Os dados utilizados totalizaram 665 amostras e são referentes a análises realizadas pelo laboratório da COSANPA nas águas coletadas em poços particulares. O nitrato, parâmetro bastante utilizado como indicador de contaminação de origem fecal, foi considerado para a avaliação da qualidade das águas consumidas.

Segundo Mason (1982), o nitrato liberado pela decomposição do esgoto pode causar risco de saúde a recém-nascidos através de uma situação conhecida como methemoglobinemia. Esse risco existe porque o nitrato é transformado em nitrito pelas bactérias que se desenvolvem nas condições de baixo pH do estômago dos bebês. Os nitritos, por sua vez, reagem com a hemoglobina das hemácias reduzindo a capacidade de transporte de oxigênio do sangue e causando asfixia.

Além de amostras com nitrato, foram selecionadas as que apresentavam contaminação por combustível que, nas análises realizadas, foram identificadas pelo odor da amostra a quente e a frio. Para o período de 1987 a 2007 foram verificados 10 pontos de coleta distintos nos quais as águas apresentavam odor de combustíveis.

Na Tabela 30 são mostrados os dados por bairro e ano nas seguintes faixas de concentração de nitrato: 0 a 1 (mg/l), 1 a 5 (mg/l), 5 a 10 (mg/l), 10 a 15 (mg/l), 15 a 20 (mg/l) e 20 a 24 (mg/l).

(continuação)

BAIRRO	NITRATO (mg/l)	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2004	2005	2007	TOTAL
Cidade Velha	0 - 1		2								2		1								5
	10 - 15		1	1							1										3
	15 - 20			1																	1
Cidade Velha Total			3	2							3		1								9
Condor	1 - 5						1														1
Condor Total							1														1
Cremação	0 - 1			1												1					2
	1 - 5										1										1
	5 - 10						1														1
	10 - 15		1																		1
	20 - 24			1																	1
Cremação Total			1	2			1				1					1					6
Curió - Utinga	0 - 1						2	1				1									4
	5 - 10						1														1
Curió - Utinga Total							3	1				1									5
Fátima	0 - 1									2										2	4
	1 - 5							2													2
	5 - 10							1		2											3
	10 - 15		2	2																	4
Fátima Total			2	2				3		4										2	13

(continuação)

BAIRRO	NITRATO (mg/l)	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2004	2005	2007	TOTAL
Guamá	0 - 1				1							5									6
	1 - 5							3				1									4
	5 - 10							2				1									3
	10 - 15						1				2										3
Guamá Total					1		1	5			2	7									16
Jurunas	0 - 1							1				1		1		1		1			5
	1 - 5						2	2	1				1								6
	10 - 15		1					5													6
Jurunas Total			1				2	8	1			1	1	1		1		1			17
Marambaia	0 - 1												1								1
Marambaia Total													1								1
Miramar	0 - 1						1														1
Miramar Total							1														1
Nazaré	0 - 1		2		1		2				1	1	1		2	4	1	2	5		22
	1 - 5		1				1	2		1	1	1		1							8
	5 - 10		2				4	4	1	3			2	1							17
	10 - 15		25	13	8	1	9	6	8	2	4		1								77
	15 - 20	1	8	15			1														25
	20 - 24	3	1	14	1																19
Nazaré Total		4	39	42	10	1	17	12	9	6	6	2	4	2	2	4	1	2	5		168

(continuação)

BAIRRO	NITRATO (mg/l)	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2004	2005	2007	TOTAL
Pedreira	0 - 1									1	1				1				2		5
	1 - 5		1									1									2
	5 - 10		1					2		1		1									5
	10 - 15			2								1									3
	15 - 20												1								1
Pedreira Total			2	2				2		2	1	3	1		1					2	16
Reduto	0 - 1																	1			1
	1 - 5												1								1
	10 - 15		1		1						1	1									4
	15 - 20				1																1
	20 - 24		1	1			1														3
Reduto Total			2	1	2		1				1	1	1					1			10
Sacramenta	0 - 1		1					2		1		1			1	1					7
	1 - 5								1												1
	5 - 10										1										1
	10 - 15			2																	2
Sacramenta Total			1	2				2	1	1	1	1			1	1					11
São Brás	0 - 1				1						1	3	1			3		1	3		13
	1 - 5		1					1		2											4
	5 - 10		2					1	1					1							5
	10 - 15	1	7	6	5	1				1	1										22
	15 - 20			3																	3
São Brás Total		1	10	9	6	1		2	1	3	2	3	1	1		3		1	3		47

(continuação)

BAIRRO	NITRATO (mg/l)	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2004	2005	2007	TOTAL
Sousa	0 - 1				1						1			1			1				4
	5 - 10											1									1
	10 - 15		1	2							1										4
	15 - 20			2																	2
	20 - 24			1																	1
Sousa Total			1	5	1						2	1		1			1				12
Telégrafo	0 - 1				1		1	2													4
	1 - 5		1				1					1									3
	5 - 10			1																	1
	10 - 15							4													4
	15 - 20		1																		1
	20 - 24			1																	1
Telégrafo Total			2	2	1		2	6				1									14
Terra Firme	0 - 1						1		1						1						3
	1 - 5			2			6			1											9
	5 - 10			1																	1
	10 - 15						1														1
Terra Firme Total				3			8		1	1					1						14

(conclusão)

BAIRRO	NITRATO (mg/l)	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2004	2005	2007	TOTAL
Umarizal	0 - 1	1	1		1					1					4	3		2	5		18
	1 - 5		1				1		1		1	1									5
	5 - 10		1				1	2	1	1	2	1		2							11
	10 - 15	5	2	7			2	4	1		2		1								24
	15 - 20		1	1																	2
	20 - 24			1																	1
Umarizal Total		6	6	9	1		4	6	3	2	5	2	1	2	4	3		2	5		61
Una	0 - 1																		1		1
	10 - 15												1								1
Una Total													1						1		2
Universitário	0 - 1																		1		1
Universitário Total																			1		1
Total geral		15	96	108	33	2	65	64	21	26	32	25	19	12	10	16	8	11	23	1	587

Nas Figuras 42 e 43 são mostrados o número de ocorrências de amostras com teores e nitrato iguais ou superiores a 10 mg/l, concentração máxima de nitrato por ano e bairro.

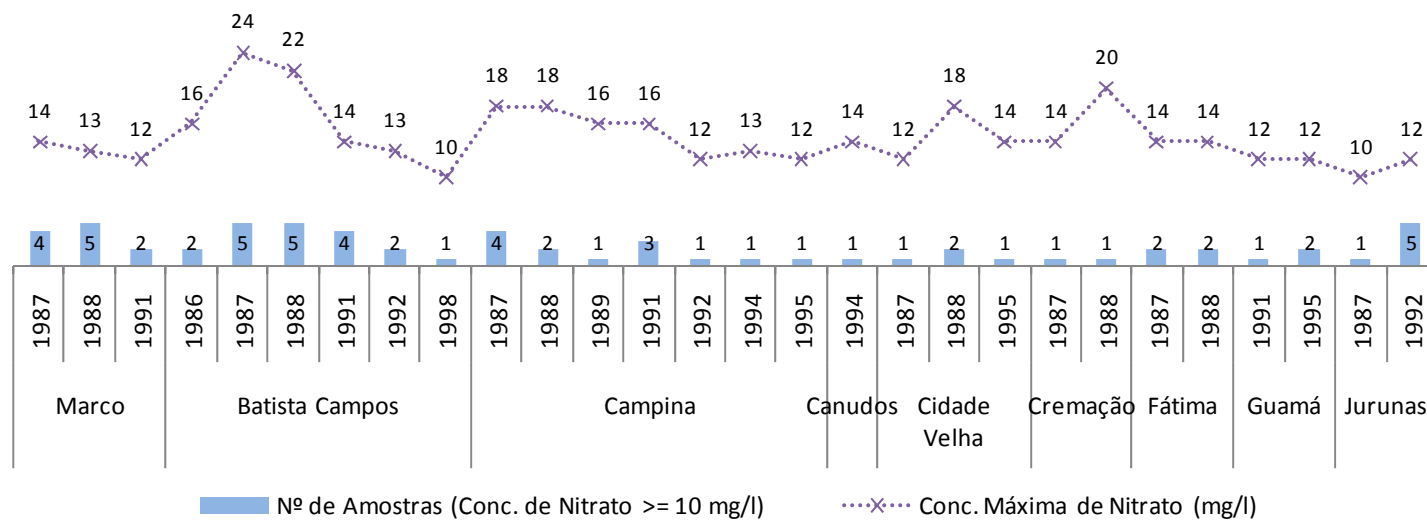


Figura 42 - Número de amostras com concentração de nitrato acima de 10 mg/l (inclusive) e a concentração máxima de nitrato (mg/l), por ano, para os bairros Marco, Batista Campos, Campina, Canudos, Cidade Velha, Cremação, Fátima, Guamá e Jurunas.

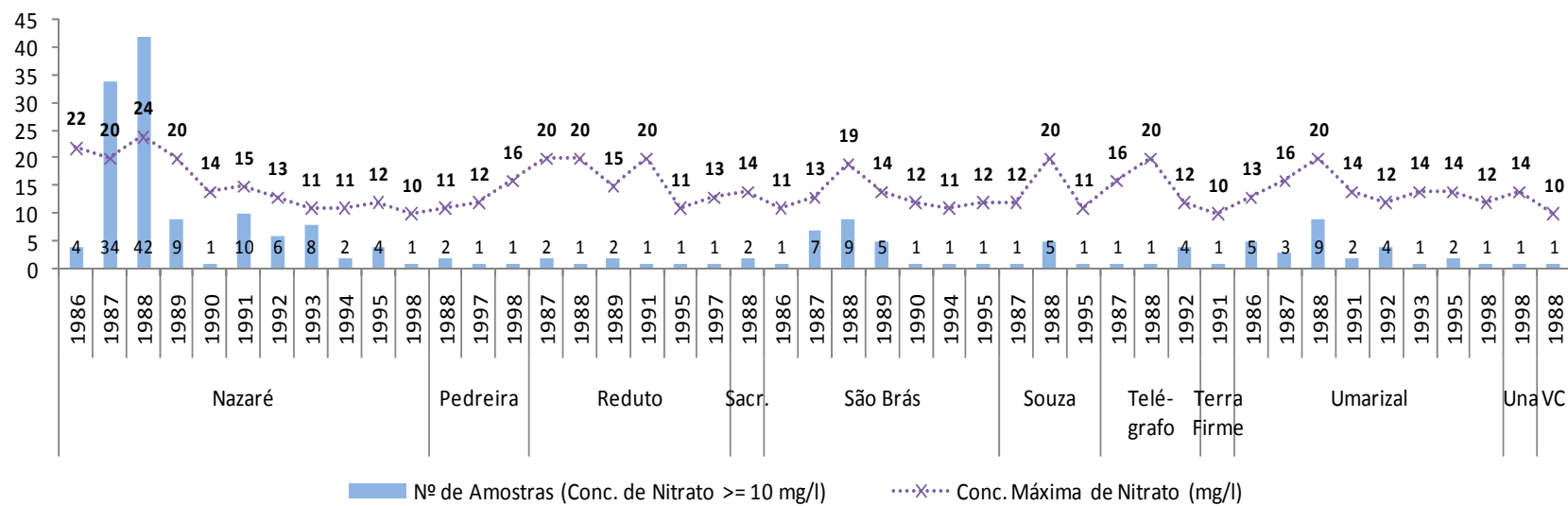


Figura 43 - Número de amostras com concentração de nitrato acima de 10 mg/l (inclusive) e a concentração máxima de nitrato (mg/l) por ano para os bairros Nazaré, Pedreira, Reduto, Sacramento, São Braz, Sousa, Telégrafo, Terra Firme, Umarizal e Una.

Conforme observado na Tabela 30 e nas Figuras 42 e 43, os bairros com maior disponibilidade de amostras são Nazaré (168 amostras), Umarizal (61 amostras), Marco (54 amostras), Batista Campos (43 amostras) e São Braz (47 amostras).

Nos bairros Batista Campos, Campina, Cidade Velha, Cremação, Nazaré, Reduto, São Braz, Sousa e Telégrafo foram verificada na década de 80 (1986 a 1989) teores de nitrato superiores a 15 mg/l. No Bairro de Nazaré, que apresenta maior disponibilidade de dados, foram detectadas, nesse período, 18 amostras com teores de nitrato na faixa de 20 a 24 mg/l. Para todas as amostras avaliadas o maior valor foi de 24mg/l de nitrato, verificado nos bairros Batista Campos (1987) e Nazaré (1998).

Vale ressaltar que em todos os bairros pesquisados foram encontradas amostras com teores de nitrato na faixa de 0 a 1 mg/l, o que leva a conclusão de que os teores de nitrato das águas desses bairros são naturalmente baixos, sendo os altos valores verificados, decorrentes da poluição das águas subterrâneas causada pela ausência de sistemas de coleta de esgotos sanitários.

De acordo com Guedes (2009), em Belém existem edificações, em média, com 30 anos, que possuem poços tubulares construídos numa época em que perfurar poços de 10, 20, 25 metros fazia explotar água de qualidade. No entanto, segundo o autor, estudos realizados pelo professor Milton Matta, do Instituto de Geociências da UFPA, comprovaram que poços com menos de 40 metros não devem ser perfurados, pois, estarão sujeitos à contaminação por nitrato e por amônia. Contudo, muitos poços ainda estão em atividade abastecendo os reservatórios prediais com qualidade de água duvidosa.

Segundo Batalha & Parlato (1998), envenenamentos sérios e ocasionalmente fatais têm ocorrido em crianças devido à ingestão de água de poço contendo concentrações superiores a 10 mg/l de nitrato (expresso nesta pesquisa como N). No período de 1947 a 1950 no Estado de Minnesota foram verificados 139 casos de methemoglobinemia, sendo 14 fatais, devido ao nitrato presente em poços de pouca profundidade.

Os bebês são mais susceptíveis a contaminação porque possuem hemoglobina facilmente oxidável e devido à redução do nitrato ocorrer com maior probabilidade nas condições anaeróbias e fracamente ácidas do seu estômago. Os adultos são menos sujeitos à methemoglobinemia induzida por nitrito, mesmo assim, existe o perigo da ocorrência, nos

intestinos, da reação entre nitrito e certas aminas aromáticas, presentes nos aditivos alimentares, que formam compostos chamados *nitrosaminas*, que são cancerígenas e podem estar relacionadas com o desenvolvimento de câncer nas mucosas estomacais (Ottaway, 1982).

A partir da década de 1990, conforme pode ser observado na Tabela 30, o número de análises realizadas em poços particulares, pela COSANPA, começa a sofrer redução em consequência, provavelmente, do aparecimento de novos laboratórios na cidade, o que de certa forma pode inviabilizar a real avaliação do crescimento dos teores de nitrato para o universo de dados disponibilizados. No entanto, pesquisas recentes realizadas por outros autores têm demonstrado a existência da elevação dos teores de nitrato em águas subterrâneas.

Matta (2002), ao avaliar as águas subterrâneas na bacia do Tucunduba, agrupou valores em três grupos distintos. O primeiro grupo é composto por 14 amostras (70%), com valores inferiores a 5 mg/l N- NO₃⁻; o segundo grupo é composto por três amostras (15%) com valores intermediários, entre 5 e 10 mg/l N- NO₃⁻; e o terceiro grupo formado também por três amostras (15%) com valores superiores a 10 mg/l N- NO₃⁻, acima, portanto, do padrão de potabilidade previsto pelo Ministério da Saúde. A média de valores entre esses grupos ficou em 5,1mg/l N- NO₃⁻.

O mesmo autor, ao avaliar amostras de águas subterrâneas na área do Paracuri, verificou três grupos com comportamentos distintos, sendo verificadas, no primeiro grupo, cinco amostras (25%) com valores abaixo de 5 mg/l N-NO₃⁻; no segundo grupo, com 5 a 10 mg/l de N- NO₃⁻, ficaram sete amostras (35%); e no terceiro ficaram oito amostras (40%), com valores acima de 10 mg/l N- NO₃⁻. A média dos valores verificados foi de 8,7 mg/l N-NO₃⁻, cerca de 70% superior à média da bacia do Tucunduba.

Cabral & Lima (2006), entre junho de 2000 e março de 2002, realizaram nove campanhas de amostragem de água em poços residenciais, localizados nos bairros Reduto, Nazaré e Umarizal, na área central da cidade de Belém, totalizando cerca de 15 km². Os autores encontraram nas amostras analisadas alguns teores de amônio e nitrato acima ou próximos ao limite de potabilidade vigente e que tais parâmetros são um dos principais indicadores da contaminação das águas por efluentes domésticos. Cabral (2007) ressalta que a presença de teores elevados de amônio nesses bairros é um indicativo de que, ocorrendo a

oxidação para nitrato, os teores dessa substância podem aumentar e vir a ultrapassar o limite de potabilidade estabelecido na Portaria nº 518 do Ministério da Saúde.

Na Tabela 31 são apresentadas amostras com indícios de contaminação de combustível, organizadas por ano e do local de coleta. Para o período de 1995 a 2007 não foram identificadas amostras, provavelmente, em consequência da reduzida quantidade de material disponibilizado pela COSANPA.

Tabela 31 – Amostras com indícios de contaminação por combustível.

LOCAL	ANO	ODOR A FRIO	ODOR A QUENTE
Marco	1987	Combustível	Combustível
Br 316	1989	Óleo	Óleo
Br 316	1989	Óleo	Óleo
Miramar	1991	Gasolina	Gasolina
Nazaré	1991	Óleo	Nenhum
Bengui	1991	Óleo Diesel	Óleo Diesel
Rodovia Augusto Montenegro	1991	Óleo Diesel	Óleo Diesel
Jurunas	1993	Óleo de Máquina	Óleo de Máquina
Rodovia Augusto Montenegro	1994	Óleo Combustível	Óleo Combustível
Br 316	1994	Combustível	Combustível

Conforme observado na Tabela 31, foram identificados 10 pontos em que as águas apresentavam odor característico de combustível. Além desses pontos, na cidade de Belém já foram verificados outros casos de contaminação das águas subterrâneas, devido ao vazamento de tanques de armazenamento em postos de combustível. Dentre esses locais podem ser citados: o Residencial Olimpus, localizado na rua Municipalidade, e o Bairro Parque Verde, localizado no km 5 da Rodovia Augusto Montenegro, os quais foram amplamente divulgados pelos meios de comunicação.

De acordo o Jornal do Sindicato dos Engenheiros do Estado do Pará (2006), no ano de 2003, oito casas no bairro do Marco, localizadas a 300 metros de um posto de gasolina desativado desde 2001, tiveram seus poços contaminados e, em 2005, três condomínios do bairro de Nazaré tiveram seus poços interditados por contaminação especificamente de gasolina e óleo diesel.

Cabral (2004) comenta que no município de Belém os riscos de contaminação do aquífero livre são consideráveis devido a eventuais vazamentos nos tanques armazenadores de

combustíveis que estão instalados em profundidades médias de aproximadamente 4 metros, bastante próximos do aquífero freático, cuja profundidade em alguns locais é de 2,80 metros no período seco. De acordo com Sousa & Anjos (2004), existem na cidade mais de 80 postos de revenda de combustíveis concentrados, principalmente, nos bairros residenciais centrais.

Siqueira et al. (apud Sousa & Anjos, 2004) avaliaram os riscos de contaminação do aquífero livre por vazamento de tanques de armazenamento de combustíveis em Belém. Os parâmetros considerados por eles foram idade, material dos tanques, dispositivos de detecção e contingência de vazamentos, características hidrogeológicas locais, em particular a litologia da zona não saturada, e a profundidade da superfície freática. Os autores avaliaram os dados cadastrais de 86 postos de revenda de combustível e verificaram que 34% dos tanques armazenadores apresentavam idade acima da máxima recomendada para sua utilização e que 83% possuíam equipamentos de detecção de vazamentos de baixa precisão e/ou ausência dos dispositivos de contenção de vazamentos.

Segundo Oliveira (2002), na RMB é iminente o risco de contaminação por hidrocarbonetos, pois quase todos os postos de combustíveis estão localizados em áreas urbanas e a maioria dos tanques subterrâneos de armazenamento estão velhos, não apresentam proteção contra corrosão e estão sem mecanismos de detecção de vazamentos. Ao desenvolver sua pesquisa, o autor cadastrou 118 postos de combustíveis, com um total aproximado de 510 tanques, nos quais detectou riscos de vazamentos. O autor verificou também contaminação por derivados de petróleo nos poços do entorno de alguns postos de gasolina.

Conforme observado, apesar de as águas subterrâneas serem uma fonte importante para o suprimento hídrico da população na RMB, nas últimas décadas vêm sofrendo degradação, com maior intensidade nas áreas de influência urbana. Dentre várias explicações, essa degradação está sendo ocasionada, principalmente, pela ausência de sistemas públicos de coleta e tratamento de esgotos, pela existência de cemitérios que causam impactos ambientais e pelo vazamento de tanques de armazenamento de combustível.

Os sistemas aquíferos Barreiras e Pós-Barreiras, mais conhecidos e bastante explorados por particulares, principalmente por condomínios verticais, apresentam vulnerabilidade considerada extrema a moderada. Diante do quadro de contaminação desses

aquíferos, os efeitos sobre a qualidade da água utilizada pela população da RMB já se fazem sentir de forma bastante acentuada e preocupante.

O levantamento sobre a qualidade das águas na RMB é realizado de forma pontual e, em geral, por instituições de pesquisa, ou seja, não existe monitoramento constante, por parte do poder público, das águas que são consumidas por grande parte da população. Embora a Portaria nº 518 estabeleça que, no caso do autoabastecimento, compete aos responsáveis controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de análises laboratoriais, bem como comunicar à autoridade de saúde pública competente e informar, adequadamente, à população a detecção de qualquer anomalia identificada como de risco à saúde, isto não é verificado na RMB.

Dessa forma, como o sistema público de abastecimento de água não consegue acompanhar o crescimento das demandas e o autoabastecimento por meio da utilização dos sistemas aquíferos Barreiras e Pós-Barreiras tem apresentado em alguns locais limitações de natureza qualitativa. Em consequência, pode ocorrer a migração dos usuários desses sistemas para o sistema aquífero Pirabas, o que acarretará elevados riscos de contaminação desse estratégico sistema hidrogeológico. Para solucionar essa situação é necessário o desenvolvimento de modelo de gestão dos sistemas aquíferos, bem como a acumulação de conhecimento sobre os aspectos quali-quantitativos das águas subterrâneas, visto que estas representam uma reserva estratégica para o atendimento de demandas atuais e futuras da RMB.

Atualmente é adotado em todo o País um modelo de gestão de recursos hídricos apoiado no conhecimento atualizado das disponibilidades hídricas ofertadas, além de outros aspectos, como o institucional e o legal. Assim, para tornar possível o adequado gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneas na RMB é necessário melhorar o nível de informação sobre esses recursos, com a finalidade de facilitar e apoiar a tomada de decisão dos órgãos gestores. Neste contexto, é fundamental a construção de um sistema de informações gerenciais sobre os recursos hídricos subterrâneos, sendo, para isso, necessária a composição de banco de dados, no qual esteja inserido:

- definição geométrica dos sistemas aquíferos;
- definição das potencialidades e disponibilidades;

- definição de parâmetros hidrodinâmicos dos sistemas aquíferos (coeficientes de condutividade hidráulica, transmissividade e armazenamento);
- caracterização física, química e bacteriológica das águas dos sistemas aquíferos;
- definição e delimitação das áreas de recarga dos sistemas aquíferos,
- definição e delimitação das áreas de proteção dos sistemas aquíferos;
- cadastramento de poços existentes, tanto de uso público como de uso privado (localização, perfil litológico, geofísico dos poços etc.);
- quantificação dos volumes explorados dos sistemas aquíferos;
- mapeamento do uso e ocupação do solo.

É claro que a construção de um banco de dados com esse volume vultoso de informações é tarefa complexa e demorada, até porque a maioria das informações ainda não foi levantada. No entanto, para permitir o fortalecimento da gestão dos recursos hídricos subterrâneos, bem como seu uso sustentável, é necessária a elaboração de um plano de ação, por parte do poder público, para o conhecimento de suas condições atuais de recarga, armazenamento, circulação, exploração e qualidade.

CAPÍTULO 5 - CENÁRIOS DA GESTÃO DE AQUÍFEROS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

As técnicas prospectivas, dentre as quais os cenários, começaram a ser utilizadas entre os militares durante a segunda guerra mundial, principalmente nos Estados Unidos. Nas décadas de 1960 e, em especial, na década de 1970, a técnica de cenários passou a ser utilizada no mundo empresarial. Segundo Buarque (2003), a elaboração de cenários no Brasil é uma atividade recente, que foi efetivamente aplicada na segunda metade da década de 1980 pelas empresas estatais, como a Petrobrás e a Eletrobrás

De acordo com Buarque (2003), à medida que a realidade se complica e que as mudanças aceleram as incertezas em relação ao futuro, cresce a necessidade de sistematização na antecipação, tornando necessário o desenvolvimento de metodologias e de técnicas, bem como a construção de cenários.

A elaboração de cenários não é um exercício de predição, mas um esforço de fazer descrições plausíveis e consistentes de situações futuras possíveis, apresentando as condicionantes do caminho entre a situação atual e o cenário futuro, destacando os fatores relevantes às decisões que precisam ser tomadas (Writw & Spers, 2006).

Na opinião de Döll, Mendiondo & Fuhr (2002), um cenário não faz predições do futuro nem deve ser qualificado pela sua probabilidade. Os cenários são imagens alternativas plausíveis e possíveis do futuro e devem ser suficientemente ricas em indicadores para contribuir na tomada de decisão.

Segundo Buarque (2003), para o estudo de cenários, é necessário considerar a inevitabilidade de lidar e de aceitar a incerteza, que representa uma característica do mundo real, tentando, portanto, apenas limitar seus espaços de possibilidades. Para o autor, a construção de cenários lida, normalmente, com sistemas altamente complexos e dinâmicos, que convivem com contínuas mudanças estruturais e com elevado grau de incerteza sobre os caminhos dessas mudanças.

Marques (1988), afirma que o estudo do futuro implica vencer três grandes dificuldades: a primeira é a própria incerteza, a ser estruturada; a segunda é a complexidade, a ser reduzida; e a terceira é a organicidade, a ser respeitada. Segundo o autor, devido à grande complexidade ambiental, é necessário trabalhar um número reduzido de variáveis relevantes, sendo que a escolha dessas variáveis e a especificação das relações estabelecidas entre elas são feitas por intermédio de regras científicas. No entanto, como o conhecimento científico deixa lacunas, o processo de previsão de cenários não é apenas ciência, mas também arte.

Para o desenvolvimento de cenários a literatura técnica apresenta diversos métodos. No desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o método de Michel Goodet que é referenciado e utilizado por diversos autores e também foi aplicado para o estabelecimento dos cenários do Plano Nacional de Recursos Hídricos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), 2006).

A construção de cenários é uma ferramenta indispensável para a gestão uma vez que apontam uma visão situacional e prospectiva. Sendo assim, os cenários devem ser considerados como parte essencial de qualquer trabalho que se proponha à tratar de gestão.

No entanto, aqui ele se insere nessa perspectiva de mostrar sua importância e não de discutir metodologias de elaboração e muito menos de realizar análise crítica sobre os modelos existentes. Assim, neste trabalho, não se pretende esgotar o assunto, mas apenas apontar de forma preliminar as possíveis situações futuras que podem ser desenhadas a partir dessa análise preliminar levada a termo nesse trabalho.

5.1 UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - PANORAMA GERAL

O crescimento desordenado na RMB tem causado déficit nos serviços públicos de saneamento. Em relação aos recursos hídricos, as principais consequências são a degradação das reservas superficial e subterrânea e o crescimento da utilização de poços particulares com águas algumas vezes fora dos padrões de potabilidade para o autoabastecimento.

Segundo Menegassi & Osório (2006), no período entre 1991 e 2000, Belém teve um acréscimo de 26,60% na sua taxa de urbanização, passando de 78,48% para 99,35% em 2000,

ano em que a população do município representava 20,68% da população do Estado e 0,75% da população do País. Segundo as autoras, a maioria dos migrantes da cidade de Belém são oriundos de cidades interioranas do Pará, sendo a principal corrente migratória na Região Norte denominada “migração cidade”, ou seja, da cidade pequena para a cidade grande, principalmente para as capitais dos estados.

No estado do Pará, a migração do campo para a cidade ou de cidades pequenas para cidades médias ou grandes tem ocasionado o crescimento acelerado e desordenado dos centros urbanos, o que vem provocando uma série de problemas ambientais e urbanísticos, dentre os quais o déficit de infraestrutura básica de saneamento, em especial nas zonas periféricas das cidades, como é o caso da RMB.

Atualmente, os cursos d’água que cortam a RMB apresentam problema de qualidade em razão, principalmente, da falta de sistema de coleta e tratamento de esgoto. Segundo dados do IBGE, no ano 2000, apenas 8% dos esgotos eram coletados e 3% eram tratados. O restante desses efluentes era encaminhado para sistemas individuais de tratamento (tanques sépticos) ou para o sistema de drenagem de águas pluviais, sendo lançado diretamente nas sarjetas ou nas galerias de águas pluviais e, posteriormente, encaminhado para a rede hídrica da cidade.

De acordo com o Atlas de Saneamento do IBGE (2002), o acesso à rede geral de água é diferenciado entre as diversas áreas da cidade, sendo verificados dois extremos: nas áreas mal posicionadas em relação à rede de água a média de domicílios com atendimento é quase nula, enquanto nos bairros mais bem aquinhoados o número médio de domicílios atendidos gira em torno de 95%, próximos, portanto, da cobertura universal.

O abastecimento de água na RMB é realizado pela Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA, pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém – SAAEB e pelas Prefeituras Municipais de Benevides e de Santa Bárbara do Pará. A maior parte dos municípios de Belém, Ananindeua, Marituba e Benevides e ainda parte do distrito de Mosqueiro é atendida pela COSANPA. Já o SAAEB atua nos distritos de Icoaraci, Bengui, Outeiro, parte do Mosqueiro e em algumas áreas periféricas do município de Belém. Nos municípios de Benevides e de Santa Bárbara os sistemas de abastecimento de água são de responsabilidade das próprias prefeituras. O SAAEB e as prefeituras de Benevides e Santa Bárbara utilizam como manancial as águas subterrâneas. Já a COSANPA utiliza tanto manancial superficial como subterrâneo.

O crescimento desordenado, principalmente nas zonas periféricas, e o forte adensamento em alguns bairros como Nazaré, Batista Campos, Marco, Pedreira, Umarizal, São Braz, Fátima e Reduto tem causado déficit no abastecimento público de água. Assim, o fornecimento de água para o município de Belém, especialmente nas áreas mais adensadas, é intermitente, sendo comum a interrupção do abastecimento à noite, em geral de 23 às 4 h.

Nesse contexto, a deficiência do sistema público de abastecimento de água tem provocado a crescente utilização das águas subterrâneas para o autoabastecimento, em especial, nas áreas periféricas desabastecidas e em áreas providas de redes de abastecimento de água, mas que apresentam abastecimento irregular.

Nas áreas providas de redes de abastecimento de água, um dos principais usuários de poços particulares para o autoabastecimento são os condomínios verticais, que utilizam esta fonte não só devido à intermitência do fornecimento de água pelo sistema público, como também devido ao fato de o custo das águas subterrâneas ser bem menor do que os praticados pela concessionária, visto que para o autoabastecimento é necessário apenas o investimento inicial para perfuração e construção do poço e o custo mensal da energia elétrica pelo funcionamento das bombas.

De acordo com Abreu (2009), cerca de 65% da população total da RMB, que é de aproximadamente 2.000.000 de habitantes, reside nas áreas onde a COSANPA disponibiliza água proveniente de mananciais superficiais, contemplando então aproximadamente 1.300.000 habitantes; outros 20% (400.000 hab.) são abastecidos pelos sistemas públicos isolados com água proveniente de manancial subterrâneo; e 15% (300.000 hab.) não são atendidos por rede pública de água e se autoabastecem com a utilização de poços. No entanto, conforme mostrado no capítulo 3, cerca de 16% da população residente na área atendida pelo sistema de água superficial utiliza poços particulares como fonte de abastecimento de água, ou seja, cerca de 208.000 habitantes. Desta forma, é possível estimar que a população, atualmente, atendida por manancial superficial é de 1.092.000 habitantes, enquanto cerca de 908.000 habitantes utilizam água proveniente de manancial subterrâneo.

É importante ressaltar que no autoabastecimento (cerca de 31% da população) não existe controle da qualidade das águas consumidas conforme o estabelecido pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde. A determinação de parâmetros de qualidade é realizada

esporadicamente, pelo proprietário do poço, e nem sempre são pesquisados os parâmetros indicadores de contaminação, como o nitrato. Nesse contexto, na RMB, o aquífero livre, que é utilizado pela população de baixa renda, nas zonas periféricas, por meio de poços amazonas, na maioria dos casos apresenta águas com problemas de qualidade, pois estas áreas não são providas de sistemas de coleta e tratamento de esgoto.

O aquífero Barreiras é mais utilizado para o auto-abastecimento de condomínios, em especial os verticais. Segundo Abreu (2009), os dados hidroquímicos disponíveis mostram que, de maneira geral, as águas desse sistema têm boa qualidade para a maioria dos parâmetros avaliados, embora 30% das amostras de águas analisadas apresentem teores de nitrato acima dos valores recomendados pelo Ministério da Saúde e 45% apresentem teores de ferro acima do estabelecido. Em termos bacteriológicos, o autor comenta que 80% das águas produzidas pelos poços da formação Barreiras apresentam coliformes totais.

O aquífero Pirabas, utilizado predominantemente por grandes empresas e para o abastecimento público (COSANPA e SAAEB) e industrial, apresenta águas de excelente qualidade, não sendo verificada restrição para o consumo humano. Esse aquífero além de produzir volumes expressivos de águas em poços bem construídos que alcançam 400m³/h.

De acordo com Oliveira (2004), a maioria dos poços para abastecimento público e industrial obedece aos critérios técnicos estabelecidos pela ABNT, no entanto os poços particulares e condominiais, com raras exceções, são mal construídos e podem permitir a penetração de substâncias poluentes nos aquíferos. Segundo o autor, é importante que a construção de poços tubulares estejam embasadas em conhecimentos técnicos, visto que um poço mal construído pode acarretar uma série de inconvenientes, tais como baixa vazão, custo elevado da água e aumento na vulnerabilidade à poluição do aquífero.

Em razão dos problemas de qualidade apresentados pelo aquífero, uma das preocupações atuais é que o aquífero Pirabas passe a ser utilizado indiscriminadamente para o abastecimento próprio, sendo para isso construídos poços sem os devidos cuidados técnicos, o que pode causar a contaminação deste estratégico sistema aquífero.

5.1.1 Descrição do cenário atual da utilização de águas subterrâneas

No Pará a Lei nº 6.381 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos hídricos (PERH) e instituiu o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado foi publicada em 25 de julho de 2001. De acordo com esta Lei, compõem o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIEGREH): o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), o órgão gestor dos recursos hídricos; os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH); as agências de bacia; e os órgãos dos poderes públicos estaduais e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos.

Na referida Lei foram definidos como instrumentos da PERH: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classe segundo os usos preponderantes, a outorga do direito de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, a compensação dos municípios, o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos, e a capacitação, o desenvolvimento tecnológico e a educação ambiental.

Em outubro de 2002, 14 meses após a publicação da PERH, por meio do Decreto Estadual nº 5.565, foi definida como órgão gestor da PERH a Secretaria Executiva de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM). Posteriormente, em julho de 2008, esta Secretaria foi desmembrada em duas: Secretaria de Ciência e Tecnologia (SEDCT) e Secretaria de Meio Ambiente (SEMA), ficando esta última responsável pela gestão da PERH.

O CERH foi regulamentado em 2006, quase cinco anos após a instituição da PERH, por meio do Decreto Estadual nº 2.070, de 20 de fevereiro de 2006. Os Comitês de bacia hidrográfica e agências de bacia, até o final do ano de 2009, ainda não haviam sido criados.

Em relação aos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, o CERH publicou, em 3 setembro de 2008, quatro resoluções que tratavam, respectivamente, da outorga, dos planos, do cadastro de usuários e da capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental em recursos hídricos.

A outorga de uso de recursos hídricos no Estado do Pará, de acordo com a Resolução nº 003 do CERH, está condicionada às prioridades estabelecidas no plano de recursos hídricos, e no caso de inexistência deste obedecerá a critérios e normas estabelecidos pelo órgão gestor, no caso, a SEMA. Em relação às águas subterrâneas ficou determinado que as

captações existentes devem ser regularizadas com pedido de outorga na data da publicação da resolução 003, com a observância de procedimentos a serem estabelecidos em resolução específica. Em 07 de outubro de 2009 a SEMA publicou a instrução normativa nº 31 que dispõe sobre os procedimentos e critérios para a concessão da outorga prévia e da outorga de direito de uso de recursos hídricos.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), conforme determinado na Resolução nº 005 do CERH, de 3 de setembro de 2008, é de responsabilidade do órgão gestor da PERH (SEMA) e será aprovado pelo CERH. Mas no caso da existência de CBH e de outras formas de organização direta sobre recursos hídricos, estes serão convocados para a participação da elaboração do plano.

Quanto ao Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos, o CERH publicou também em 3 de setembro de 2008 a Resolução nº 006, que cria o cadastro de usuários de recursos hídricos, com a finalidade estruturar o SIEGREH.

A capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental em recursos hídricos, de acordo com a Resolução nº 007 do CERH, deverão ser elaborados pelas agências de bacias e aprovados pelo CBH. No caso de ausência das agências, serão elaborados pelo órgão gestor dos recursos hídricos e aprovados pelo respectivo comitê; na ausência do comitê, os programas serão elaborados pelo órgão gestor ou pela câmara técnica de capacitação e educação ambiental e aprovado pelo CERH.

Apesar de a gestão de recursos hídricos no Estado do Pará ser tratada desde 2001, com a publicação da PERH, somente em 2006, com a criação do CERH e o início de suas atividades, que resultaram na publicação de sete resoluções, é que instrumentos de gestão começaram a ser desenvolvidos. No entanto, o SIEGREH ainda não está completamente constituído. Em relação às novas entidades a serem criadas, somente o CERH foi instituído e está atuante, visto que ainda não foram formados CBH e nem agências de bacias.

A formação dos CBH, fóruns de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica, do qual fazem parte os usuários, a sociedade civil organizada e o poder público, depende, principalmente, do interesse da sociedade e dos usuários, o que muitas vezes é motivado pela escassez ou pela existência de conflitos, o que não é muito usual no Estado, devido abundância dos recursos hídricos. Outro fator que pode fomentar a criação dos CBH é a formação de massa crítica, em relação à importância da conservação e gestão dos recursos

hídricos como bens públicos dotados de valor econômico. Neste ponto a PERH, Lei nº 6.381-07/2001, foi assertiva ao definir como um dos instrumentos a capacitação, o desenvolvimento tecnológico e a educação ambiental. Porém, apesar de estar previsto em lei, até o momento não foi desenvolvido, por parte do Governo do Estado, nenhum programa para a formação de recursos humanos que desperte o interesse da sociedade na gestão dos recursos hídricos.

A criação das agências de bacia está ainda mais distante, visto que depende da existência dos CBH e da viabilidade financeira, que, por sua vez, depende da instituição da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Assim, a criação dessas agências representaria o início da consolidação do SIEGREH, bem como da efetivação da gestão de recursos hídricos no Estado.

De forma geral, é possível concluir que a gestão de recursos hídricos no Estado do Pará está em fase inicial, e ocorre de forma lenta, devido, principalmente, à inexistência de escassez e de conflitos, força motriz do modelo de gestão adotado no País.

5.2 CENÁRIOS PARA A GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DO PARÁ

Para a construção dos cenários da gestão dos recursos hídricos, em especial das águas subterrâneas no Estado do Pará, foram definidas, de acordo com a metodologia de Michel Godet, três variáveis-chave: a consolidação do SIEGREH, a implementação dos instrumentos de gestão, em especial a formação de massa crítica, e a criação de um sistema de gerenciamento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas. Na Figura 44 é mostrada a estruturação dos cenários propostos para essas variáveis.

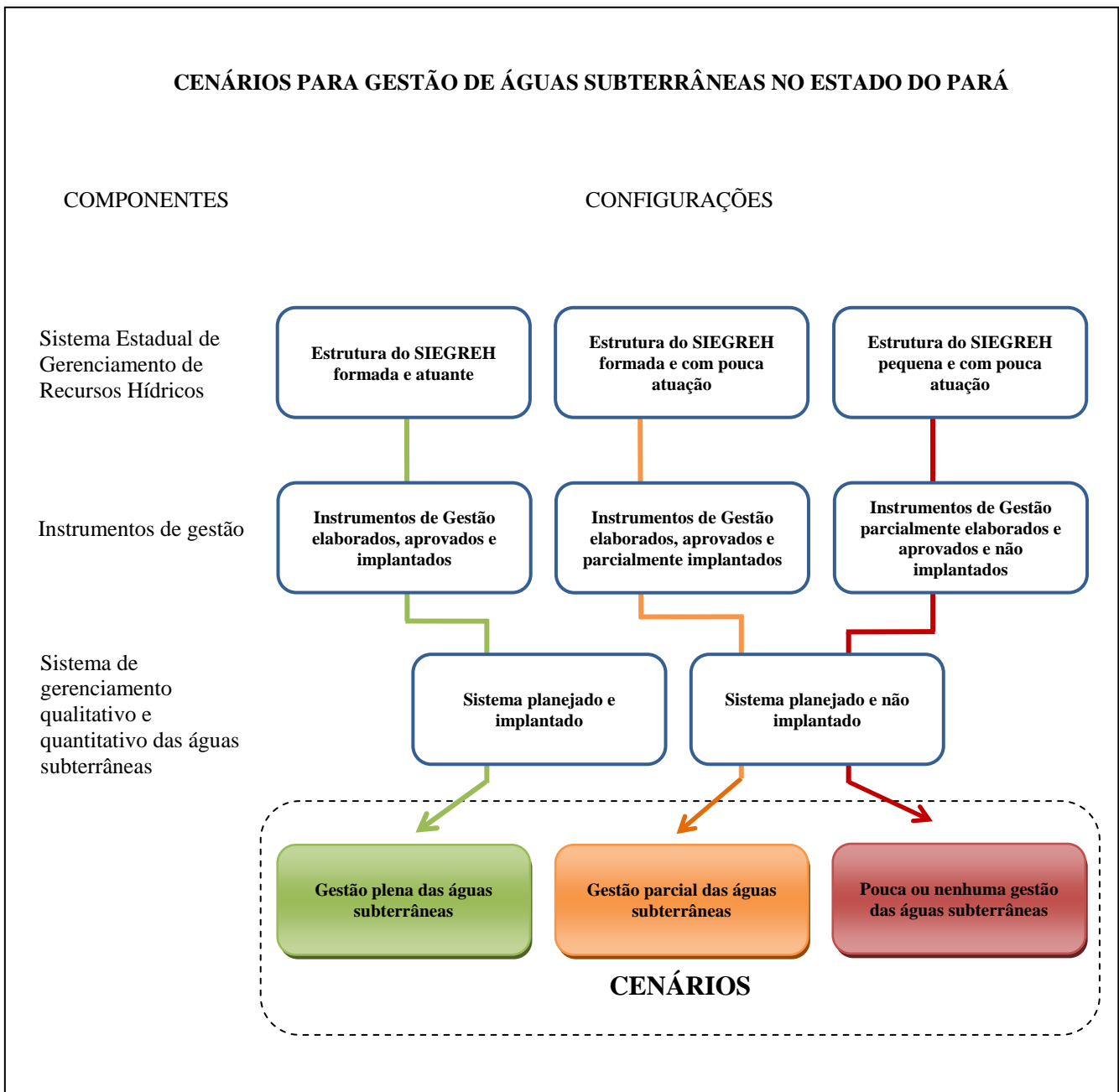


Figura 44 – Cenários para a gestão de águas subterrâneas no Estado do Pará.

5.2.1 Cenário 1 – Gestão plena das águas subterrâneas - Panorama geral

As pressões sobre as águas superficiais nas áreas urbanas aumentam principalmente em virtude do crescimento populacional. A degradação das águas superficiais, causada pelo lançamento de esgotos, vem sendo reduzida gradativamente em razão do aumento dos percentuais de coleta e tratamento de esgotos, que embora crescentes, ainda estão muito abaixo da média nacional.

A demanda por águas subterrâneas é crescente, seguindo as tendências atuais, e ocorre principalmente devido ao aumento populacional e ao adensamento da zona urbana decorrentes da verticalização intensa desta zona e das condições do abastecimento público, que aumenta a oferta de água nas áreas já abastecidas, mas ainda são verificadas áreas em que o abastecimento é intermitente em razão do crescimento desordenado da cidade e da necessidade de substituição de alguns trechos da rede de abastecimento de água.

As águas do aquífero livre são impróprias para o consumo humano por apresentarem elevados índices de contaminação fecal. O aquífero Barreiras, mediante a outorga de direito de uso e da cobrança, é cada vez mais explorado, especialmente por condomínios. Este aquífero apresenta focos crescentes de contaminação, mas que são identificados, mapeados e monitorados periodicamente pelo Sistema de Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos. Nos locais contaminados não é permitida a utilização dessa água para consumo humano ou para qualquer outro uso incompatível com a sua qualidade, ou seja, são baixíssimos os riscos de a população consumir água contaminada. As ações para a minimização das situações de contaminação são identificadas e paulatinamente aplicadas.

O aquífero Pirabas está preservado e a perfuração de poços neste aquífero é controlada e somente é permitida para as concessionárias de água (COSANPA e SAAEB) e grandes empresas, sendo necessária, para isso, a obtenção de licença ambiental do órgão responsável e outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

Descrição do Cenário 1 - Gestão plena das águas subterrâneas

Mesmo com abundância de águas, o Pará desenvolve políticas voltadas ao uso sustentável dos recursos hídricos. O SIEGREH está totalmente implantado e é uma estrutura administrativa forte e atuante. O CERH é um órgão consolidado e com forte poder de decisão na gestão dos recursos hídricos. Na estrutura deste órgão há uma câmara técnica formada para tratar exclusivamente de assuntos voltados para a gestão de águas subterrâneas.

Para fortalecer a gestão dos recursos hídricos no Pará, em especial das águas subterrâneas, o Governo do Estado investe em programas voltados à capacitação, desenvolvimento tecnológico e à educação ambiental em recursos hídricos, proporcionando a formação de profissionais na área de gestão e proteção de recursos hídricos, bem como o desenvolvimento de estudos e pesquisas destinados à caracterização dos sistemas aquíferos (parâmetros hidrogeológicos, reservas disponíveis, modelos de fluxo e áreas de vulnerabilidade, recarga e descarga), uso eficiente da água (redução do desperdício), dentre outros.

Devido às ações do Governo do Estado para a valorização dos recursos hídricos, a sociedade, os usuários e o poder público estão articulados e interessados a participar na gestão dos recursos hídricos, contribuindo para que vários CBH's sejam formados. Como a atuação destes comitês é intensa, a estrutura do SIEGREH é fortalecida. Com isso, as agências de bacia são instaladas e estão em pleno funcionamento, especialmente nas zonas urbanas e nas áreas mais sujeitas à degradação dos recursos hídricos.

O Estado, seguindo a tendência nacional, elabora, aprova e implementa os instrumentos de gestão dos recursos hídricos. A gestão desses recursos no Estado ocorre de forma participativa. A sociedade está presente não somente nos CBH, mas também na formulação da PERH, visto que está representada e atuante nos CERH.

A gestão das águas superficiais e subterrâneas ocorre de forma integrada. Em relação às águas subterrâneas, no Plano Estadual de Recursos Hídricos, estão contempladas a caracterização espacial; a estimativa das águas subterrâneas no balanço hídrico, de recargas e descargas, das reservas permanentes exploráveis; a caracterização física, química e biológica das águas e as medidas de uso e proteção dos aquíferos. No plano de recursos hídricos também são identificadas as ações potencialmente impactantes nas águas subterrâneas, tais

como previsões de demandas sobre as disponibilidades, avaliação do uso e ocupação do solo, além de outros impactos decorrentes da atividade humana.

A outorga das águas superficiais e subterrâneas é instituída. Assim, a construção de poços é realizada somente mediante a apresentação de projeto elaborado por profissional devidamente habilitado e executada por empresa especializada, cadastrada no Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA). Além disso, o início da perfuração de poços só é realizado com a obtenção de licença ambiental e a operação, com a obtenção da outorga de recursos hídricos.

A cobrança pelo uso das águas superficiais e subterrâneas está consolidada. Desta forma, no Estado é realizado o controle quantitativo dos volumes explorados, bem como são gerados recursos financeiros, que são aplicados para o fortalecimento de pesquisas e à formação de recursos humanos na área.

O enquadramento das águas superficiais e subterrâneas no Estado ocorre de forma integrada e associada. O Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos é elaborado e implantado, sendo realizada a coleta, o tratamento e o armazenamento de dados acerca dos recursos hídricos. Neste sistema, além das informações sobre as águas superficiais, também são disponibilizadas informações sobre a qualidade e os níveis de água nos aquíferos, sendo estas informações coletadas periodicamente dos poços em funcionamento.

Os órgãos estaduais e municipais com ações intervenientes nos recursos hídricos estão articulados e esse novo relacionamento interinstitucional permite a resolução de problemas mais facilmente, a redução de conflitos e o monitoramento de todas as ações que interferem direta ou indiretamente nos recursos hídricos.

5.2.2 Cenário 2 – Gestão parcial das águas subterrâneas - Panorama geral

As pressões sobre as águas superficiais nas áreas urbanas aumentam em virtude do crescimento da população e devido ao lançamento de esgotos domésticos. Os percentuais de coleta e tratamento de efluentes, na RMB, tiveram pequenos acréscimos, no entanto, ainda é elevado o volume de efluentes lançados sem nenhum tipo de tratamento na malha hídrica da cidade, o que tem gerado maus odores, assoreamento dos corpos d'água etc.

A demanda por águas subterrâneas é crescente, seguindo as tendências atuais, e ocorre principalmente devido ao aumento populacional e ao adensamento da zona urbana decorrentes da verticalização intensa desta zona e das condições do abastecimento público, que aumenta a oferta de água nas áreas já abastecidas. Ainda são verificadas áreas em que o abastecimento é intermitente em razão do crescimento desordenado da cidade e da necessidade de substituição de alguns trechos da rede de abastecimento de água.

As águas do aquífero livre são impróprias para o consumo humano, haja vista seus elevados índices de contaminação fecal. O aquífero Barreiras é cada vez mais explorado, especialmente por condomínios. A solicitação da outorga é necessária, mas não há controle efetivo dos volumes consumidos. O monitoramento da qualidade da água deste aquífero, por parte do poder público, é esporádico e de pouca representatividade, sendo os casos de contaminação identificados por meio de análises realizadas por particulares e muitas vezes os órgãos ambientais e de saúde não são informados.

O sistema aquífero Pirabas está preservado e existe maior controle para a sua utilização. Em razão de as tecnologias de perfuração de poços a elevadas profundidades serem de domínio de poucas empresas, o que facilita a fiscalização. A exploração de suas águas só é realizada mediante outorga e existe controle efetivo dos volumes consumidos para efeito da cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Descrição do cenário 2 - Gestão parcial das águas subterrâneas

Devido à abundância de águas, o Pará desenvolve e implementa parcialmente as políticas voltadas à gestão de recursos hídricos. O SIEGREH está implantado e é uma estrutura administrativa atuante, embora tenha dificuldades para acompanhar a implementação da PERH, pois sua estrutura administrativa disponível para tal apresenta insuficientes recursos financeiros e humanos.

O Governo não investe em programas para a valorização dos recursos hídricos, bem como na formação de profissionais para atuarem nesta área. Apesar de a articulação entre a sociedade civil, usuários e poder público para a gestão dos recursos hídricos ser pequena, o Estado investe na expansão do SIEGREH, fomentando a formação de CBH. Contudo, a

maioria dos comitês apresenta funcionamento deficiente, com pouca atuação para a gestão dos recursos hídricos, em razão da falta de compromisso de seus integrantes.

Em razão da pouca atuação dos CBH, o Estado elabora, aprova, mas tem dificuldades em implementar os instrumentos de gestão dos recursos hídricos. As exceções são as bacias hidrográficas que apresentam conflitos pelo uso da água e/ou pelos elevados índices ou riscos de contaminação. Neste contexto, as agências de bacia estão implantadas somente nestas bacias hidrográficas.

No Pará os investimentos para o desenvolvimento de estudos e pesquisas destinados à caracterização dos sistemas aquíferos (parâmetros hidrogeológicos, reservas disponíveis, modelos de fluxo, áreas de vulnerabilidade, áreas de recarga e áreas de descarga) e uso eficiente da água (redução do desperdício) são pequenos, o que tem gerado dados insuficientes para o conhecimento da situação de cada sistema aquífero. Os maiores investimentos são realizados para a gestão das águas superficiais.

No Plano Estadual de Recursos Hídricos é dado maior enfoque às águas superficiais. A gestão das águas superficiais e subterrâneas não ocorre de forma integrada. Nesse plano, a caracterização dos aquíferos é feita com base em dados preliminares e as informações apresentadas para a caracterização espacial e das águas, apesar de confiáveis, são insuficientes para a descrição dos sistemas. As medidas de uso e proteção dos aquíferos são apresentadas de forma superficial e com pouca aplicabilidade prática.

As regras para outorga de direito de uso são estabelecidas pelo CERH. No entanto, os mecanismos de cobrança e os valores cobrados foram definidos, aprovados e implantados somente para as bacias hidrográficas que apresentam conflito pelo uso dos recursos hídricos e/ou pelos elevados índices ou riscos de contaminação. Nas bacias onde os comitês estão instalados, a definição desses parâmetros é lenta em razão de os integrantes dos comitês terem pouco comprometimento e/ou pouco conhecimento técnico sobre o assunto, dificultando a elaboração dos estudos técnicos necessários para subsidiar o CERH.

Assim como a outorga, a cobrança só é realizada em algumas bacias hidrográficas e a cobrança pelo uso das águas subterrâneas só é exigida para grandes consumidores, tais como COSANPA, SAAEB e grandes indústrias. Os recursos financeiros gerados pela cobrança permitem o funcionamento de poucas agências de bacia.

O controle da construção poços começa a ser implementado. No entanto, o início do funcionamento, ainda não está condicionado a obtenção de outorga, que é mais exigida para a captação de águas superficiais. Devido ao cumprimento de legislação específica, as obras, em alguns casos, são realizadas somente por empresas especializadas. O cadastro dos poços em funcionamento na RMB ainda é incompleto, porém vem sendo atualizado e sistematizado gradativamente.

O enquadramento das águas superficiais e subterrâneas da RMB está sendo realizado. O sistema de informações sobre recursos hídricos de monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrânea foi idealizado e implantado, mas os dados existentes no sistema são pouco representativos, sendo verificada maior intensidade de dados nas áreas de escassez e/ou conflito. O acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas pelo poder público é realizada periodicamente, de forma satisfatória, mas as informações não estão sistematizadas

Os órgãos estaduais e municipais com ações intervenientes nos recursos hídricos estão desarticulados, contribuindo para que ações como: o licenciamento ambiental, o uso e a ocupação do solo estejam desvinculados dos procedimentos de obtenção de outorga e conservação dos recursos hídricos.

5.2.3 Cenário 3 - Pouca ou nenhuma gestão das águas subterrâneas - Panorama geral

As pressões sobre as águas superficiais nas áreas urbanas aumentam em virtude do crescimento da população e devido ao lançamento de esgotos domésticos. Não houve crescimento nos índices de coleta e tratamento dos esgotos na RMB, sendo constatados valores próximos aos verificados atualmente, ou seja, volume coletado próximo de 8% e tratado em torno de 3%.

Os esgotos não coletados são encaminhados para a rede de drenagem e posteriormente lançados *in natura* na malha hídrica da zona urbana, causando maus odores e aspecto desagradável. Nas áreas periféricas a situação é ainda mais grave, pois, como não há coleta de esgotos e nem rede de drenagem, os efluentes são encaminhados para as sarjetas, expondo a população a condições insalubres.

Nesse contexto, a demanda por recursos hídricos subterrâneos é crescente e ocorre, principalmente, devido à degradação das águas superficiais, crescimento desordenado e verticalização intensa da área urbana, o que dificulta o planejamento e a execução de obras de ampliação e de novos sistemas de abastecimento de água.

As águas do aquífero livre são impróprias para o consumo humano por apresentarem elevados índices de contaminação fecal. O aquífero Barreiras apresenta em vários pontos da malha urbana, elevados teores de nitrato e em alguns locais há presença de combustíveis derivados de petróleo, impossibilitando, nestes locais, o uso das águas desse aquífero para consumo humano. Mesmo assim, não há controle por parte do poder público a respeito da qualidade da água, sendo estes problemas identificados por meio de análises realizadas por particulares, mas, na maioria das vezes, os órgãos ambientais e de saúde não são informados.

O aquífero Pirabas ainda apresenta boa qualidade e está conservado, contudo sofre risco de contaminação devido à perfuração indiscriminada de poços para captação de suas águas, principalmente por condomínios, que estão paulatinamente abandonando os poços do aquífero Barreiras, devido aos problemas na qualidade de suas águas, e migrando para o aquífero Pirabas

Descrição do Cenário 3 - Pouca ou nenhuma gestão das águas subterrâneas

Devido à abundância de águas, o Pará desenvolve, mas não implementa as políticas voltadas à gestão de recursos hídricos. O SIEGREH está parcialmente implantado e o CERH é um órgão enfraquecido e de pouca expressão, pois não há estrutura administrativa para a execução e implementação das suas decisões.

Os CBH são formados somente nas condições mais críticas, nas quais já existem conflitos e elevada degradação das águas. As agências de bacia inexistem em razão de os valores arrecadados serem insuficientes para viabilizar financeiramente sua criação.

O Governo do Estado não investe na formação de massa crítica para a gestão dos recursos hídricos e nem no desenvolvimento de estudos e pesquisas destinados à caracterização dos sistemas hídricos. Em relação aos sistemas aquíferos, são poucas as informações existentes acerca dos parâmetros hidrogeológicos; das reservas disponíveis; dos

modelos de fluxo; das áreas de vulnerabilidade, recarga e descarga; do uso eficiente da água (redução do desperdício), dentre outros.

O Estado elabora, aprova, mas não implanta os instrumentos de gestão dos recursos hídricos. No Plano Estadual de Recursos Hídricos é dada pouca ênfase às águas subterrâneas, estando presentes apenas dados estimados, com pouca fundamentação científica. Também não há caracterização espacial e da qualidade das águas dos aquíferos, ou seja, não existe um *background* dos parâmetros básicos para o acompanhamento das modificações qualitativas e quantitativas sofridas pelos sistemas aquíferos ao longo do tempo. As medidas de uso e proteção dos aquíferos são apresentadas de forma superficial e com pouca aplicabilidade prática.

As regras para outorga de direito de uso e cobrança pelo uso dos recursos hídricos subterrâneos são estabelecidas, porém pouco implementadas. A outorga e a cobrança só são exigidas para grandes consumidores, tais como COSANPA, SAAEB e grandes indústrias. Os recursos financeiros gerados pela cobrança são insuficientes para a manutenção das agências de bacia, para a realização de investimentos em pesquisas, para o monitoramento qualitativo e quantitativo das águas, bem como para ações voltadas para a melhoria das condições dos recursos hídricos.

Mesmo com a instituição da outorga, a construção de poços continua sendo realizada indiscriminadamente, sendo executada, na maioria dos casos, por empresas não especializadas e sem acompanhamento de profissional habilitado. Embora exista legislação específica sobre o assunto, não existe cadastro confiável dos poços em funcionamento.

O enquadramento das águas superficiais e subterrâneas ocorre de forma lenta. O sistema de informação sobre recursos hídricos foi idealizado, mas não implantado, ou seja, não existe controle dos volumes e da qualidade da água consumida em cada um dos aquíferos.

Os órgãos estaduais e municipais com ações intervenientes nos recursos hídricos estão desarticulados, contribuindo para que ações como o licenciamento ambiental e o uso e a ocupação do solo estejam desvinculados dos procedimentos de obtenção de outorga e conservação dos recursos hídricos.

Após apresentar os três cenários para a gestão de águas no Pará é importante destacar que, para qualquer um dos cenários previstos, a gestão e o planejamento dos recursos hídricos

subterrâneos estarão vinculados à gestão e ao planejamento dos recursos hídricos superficiais visto que, no modelo nacional, a unidade territorial para a gestão dos recursos hídricos é a bacia hidrográfica.

No Estado do Pará os recursos hídricos, embora abundantes, vêm se tornando impróprios para o consumo, principalmente nos centros urbanos, em razão da ausência de mecanismos de prevenção contra contaminação. No entanto, os recursos hídricos subterrâneos são um bem estratégico e indispensável para o desenvolvimento socioeconômico do Estado. Sendo assim, é necessário o desenvolvimento e a implantação de modelo de gestão que garanta o uso racional desses recursos.

CAPÍTULO 6 - GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS NO BRASIL

De acordo com Magalhães Júnior (2007), o Código de Águas de 1934, um dos mais antigos textos de gestão da água no Brasil, era bastante avançado, para a época, e pioneiro em algumas questões, dentre as quais podem ser citadas a proibição da poluição das águas e a abertura para a aplicação da cobrança.

O Código de Águas foi primeiro diploma legal que criou instrumentos destinados à gestão dos recursos hídricos. No entanto, os dispositivos legais não foram regulamentados e conseqüentemente os instrumentos não foram implementados. Assim como o Código das Águas a maioria das normas hídricas vigentes não era efetiva devida, principalmente, às deficiências da estrutura institucional hídrica. Essa situação fez com que durante décadas os recursos hídricos fossem utilizados sem planejamento, ocasionando o aparecimento de conflitos envolvendo a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, o que deu início à elaboração das políticas estaduais e nacional de recursos hídricos, bem como do sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos (Henkes, 2003).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433, começou a ser discutida em 1978 e aprovada em 8 de janeiro de 1997 (Vivacqua, 2005). A Lei 9.433 alicerça-se em fundamentos, objetivos, diretrizes de ação e instrumentos e organiza o setor de planejamento e gestão dos recursos hídricos em âmbito nacional.

Na PNRH ficou definida a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da PNRH e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), ou seja, o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em território nacional são realizados de acordo com a configuração e distribuição das águas superficiais.

No modelo de bacia hidrográfica adotado na PNRH, diferentemente dos recursos hídricos superficiais, que têm seu planejamento e gestão realizados por unidade, bacia hidrográfica, os recursos hídricos subterrâneos têm seu planejamento e gestão fragmentados, pois estes estão inseridos nos planos de recursos hídricos das bacias sobrejacentes,

necessitando, portanto, da existência de integração entre os comitês dessas bacias, bem como dos órgãos gestores de recursos hídricos das unidades federadas visto que os limites dos depósitos das águas subterrâneas não coincidem geograficamente com os das bacias hidrográficas.

Devido à importância estratégica dos recursos hídricos subterrâneos, é necessário o desenvolvimento de mecanismos que permitam a integração da gestão e do planejamento destes e dos recursos hídricos superficiais, assim como o desenvolvimento de pesquisas para o conhecimento dos sistemas hidrogeológicos.

6.1 SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS (SINGREH)

A Constituição Federal de 1988 classificou as águas como bem público de domínio da União ou dos Estados Federados, e por analogia, do Distrito Federal, conforme suas localizações geográficas. De acordo com o Art. 20, incisos III e VIII, são bens da União os potenciais de energia hidráulica, os lagos, os rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais. No Art. 26 são definidos como bem dos Estados e, por analogia, do Distrito Federal as ilhas fluviais e lacustres não pertencentes à União, as águas superficiais e subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União. Dessa forma, a partir da Constituição de 1988, o município ficou sem o domínio de qualquer recurso hídrico.

É importante ressaltar, a proposta de emenda constitucional nº 43 de 2000, de autoria do senador Julio Eduardo, que altera a titularidade das águas subterrâneas. Essa proposta sugere a modificação da redação do Artigo 20, inciso III, e Art. 26, inciso I: os quais passariam a ter a seguinte redação:

Artigo 20 - São bens da União. Inciso III - “os lagos, rios e quaisquer correntes de águas, **superficiais ou subterrâneas**, inclusive os aquíferos, em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com

outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais”.

Artigo 26 - Incluem-se entre os bens dos Estados. Inciso I – “as águas **superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes ou em depósito, circunscritas ao seu território**, ressalvadas neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União”.

De acordo com o Art. 21 da Constituição de 1988, é competência privativa da União legislar sobre as águas. Segundo Pompeu (2006), no campo hídrico, a União tem dupla competência: criar o direito sobre águas, quando legisla privativamente, e editar normas administrativas sobre as águas de seu domínio. Os estados dispõem somente de competência para editar normas administrativas necessárias para gerir e exercer a autotutela administrativa das águas de seu domínio. Nesse mesmo artigo, também à União foi atribuída a instituição do SINGREH e a definição dos critérios de outorga de direito de seu uso.

O SINGREH foi criado em 1997, a partir da Lei 9.433, e tem como objetivos coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; implementar a PNRH; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

As instituições que compõem o SINGREH em nível nacional são o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente, a Agência Nacional de Águas (ANA) os CBH de domínio da união e as agências de bacia de domínio da União. Em nível Estadual: os conselhos estaduais de recursos hídricos, as secretarias de Estado, entidades gestoras estaduais, os CBH de domínio dos estados e as agências de bacia.

Na Figura 45 é mostrado no ordenamento jurídico nacional e as instituições responsáveis pela formulação e implementação dos instrumentos da PNRH.

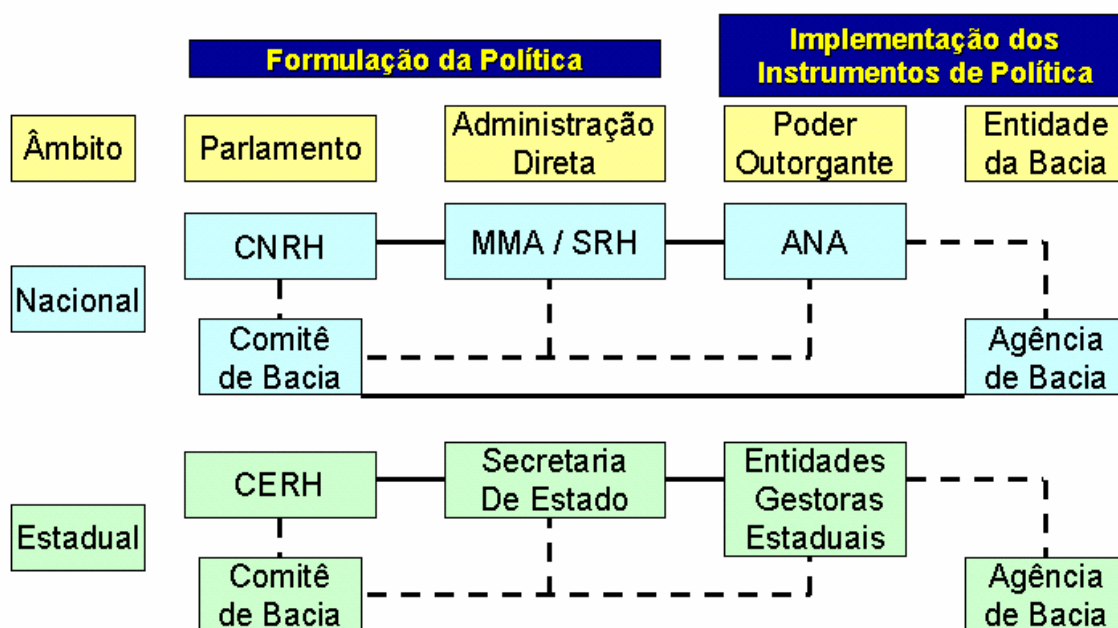


Figura 45 - Instituições responsáveis pela formulação e pela implementação dos instrumentos da PNRH. Fonte: SINGREH (2008).

6.1.1 Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)

O CNRH, órgão consultivo e deliberativo, integrante da estrutura regimental do Ministério do Meio Ambiente, foi o primeiro órgão do SINGREH a ser criado. Teve suas atividades iniciadas em junho de 1988, quando foi regulamentado por meio do Decreto Presidencial nº 2.612, de 3 de junho do mesmo ano.

O CNRH tem na sua estrutura o Plenário e as Câmaras Técnicas. O Plenário é presidido pelo Ministro de Estado de Meio Ambiente e é composto por representantes dos ministérios, secretarias especiais da presidência da república, conselhos estaduais de recursos hídricos, usuários e representantes de organizações civis de recursos hídricos. As câmaras técnicas, cuja finalidade é subsidiar os conselheiros nas decisões em plenário, são constituídas por conselheiros titulares ou suplentes, ou por representantes indicados formalmente pelo conselheiro titular. Atualmente o CNRH, tem 10 câmaras técnicas, dentre as quais a Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (CTAS), criada em 21 de junho de 2000, por meio da Resolução nº 9 do CNRH.

O CNRH, órgão que ocupa a mais alta instância na hierarquia do SINGREH tem 19 competências que estão definidas no Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003. Esse órgão tem a atribuição de formular a PNRH e analisar as propostas de alteração da legislação pertinente aos recursos hídricos e à PNRH. O CNRH também interfere na criação de novas instituições componentes do SINGREH, ficando responsável, em relação às bacias hidrográficas de domínio da União, por autorizar a criação das agências de água e por aprovar propostas de instituição dos CBH, bem como estabelecer critérios gerais para a elaboração de seus regimentos.

Além das mencionadas atribuições, compete ao CNRH arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre conselhos estaduais de recursos hídricos, inclusive os conflitos existentes em relação às águas subterrâneas. Quanto aos seus instrumentos de gestão, podem ser destacadas as seguintes atribuições:

- **Planos de recursos hídricos** - acompanhar a execução e aprovar, bem como determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;
- **Enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da águas** - aprovar o enquadramento dos corpos de água de domínio da União, em classes;
- **Outorga** - estabelecer critérios gerais para outorga de direito de uso de recursos hídricos;
- **Cobrança** - definir valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;

Quanto à temática “recursos hídricos subterrâneos”, o CNRH editou as resoluções nº 15, “Diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas” e nº 22 “Diretrizes para a inserção das águas subterrâneas no instrumento plano de recursos hídricos”. Como justificativas para a elaboração da Resolução nº 15, é importante destacar: as águas superficiais, subterrâneas e meteóricas são partes integrantes e indissociáveis do ciclo hidrológico; os aquíferos podem apresentar zonas de descarga e de recarga pertencentes a uma ou mais bacias hidrográficas; a exploração inadequada das águas subterrâneas pode resultar na alteração indesejável de sua quantidade e qualidade; e a exploração das águas subterrâneas pode implicar a redução da

capacidade de armazenamento dos aquíferos, redução dos volumes disponíveis nos corpos d'águas superficiais e modificação dos fluxos naturais dos aquíferos.

Apesar de o modelo nacional dar destaque às águas superficiais, a conexão natural entre as águas superficiais e subterrâneas, deixa clara a necessidade da gestão integrada das águas. Em vista disso, a Resolução do CNRH n° 15 estabelece que na formulação de diretrizes para a implementação da PNRH deverá ser considerada a interdependência das águas superficiais, subterrâneas e meteóricas.

6.1.2 Conselhos estaduais e do Distrito Federal

Os conselhos estaduais de recursos hídricos e do Distrito Federal, assim com o CNRH, também são órgãos consultivos e deliberativos, integrantes do SINGREH. São estruturas semelhantes ao CNRH, mas atuam no âmbito estadual. As competências, estrutura e composição desses conselhos são definidas por leis estaduais, respeitados os limites estabelecidos na Lei n° 9.433/97.

No Pará o CERH, órgão gestor dos recursos hídricos no Estado, tem na sua estrutura o Plenário e as Câmaras Técnicas e é presidido pelo Secretário de Estado do Meio Ambiente.

6.1.3 Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (SRH/MMA)

A SRH/MMA exerce a função de secretaria executiva do CNRH e tem suas atribuições definidas no Decreto n° 6.101, de 26 de abril de 2007. Compete a esta secretaria propor a implantação da PNRH, bem como acompanhar e monitorar sua implementação, nos termos da Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e da Lei n° 9.984, de 17 de julho de 2000.

A SRH/MMA é responsável pelo monitoramento do funcionamento do SINGREH e desenvolve ações de apoio aos Estados na implementação do SIEGREH, na implantação da PERH, bem como em ações de apoio à constituição dos CBH. Compete também a esta

Secretaria coordenar, em sua esfera de competência, a elaboração de planos, programas e projetos nacionais, referentes às águas subterrâneas e monitorar o desenvolvimento de suas ações, dentro do princípio da gestão integrada dos recursos hídricos.

Para implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos no País foram desenvolvidos, juntamente com o Plano Nacional de Recursos Hídricos, 13 programas: os programas I ao IV têm o objetivo de proporcionar o desenvolvimento institucional da gestão integrada de recursos hídricos no Brasil; os programas V ao VII visam promover a articulação intersetorial, interinstitucional e intrainstitucional da gestão integrada de recursos hídricos; já os programas VIII ao XII são programas regionais de recursos hídricos; e o programa XIII trata da implementação do PNRH. Neste contexto está inserido o Programa Nacional de Águas Subterrâneas – programa VIII - componente dos programas regionais de recursos hídricos, que está dividido em três subprogramas:

- ampliação do conhecimento hidrogeológico básico, que está subdividido em três ações: estudos e projetos para aquíferos de abrangência transfronteiriça e interestadual, estudos e projetos em escala local e o monitoramento quali-quantitativo;
- desenvolvimento dos aspectos institucionais e legais;
- capacitação, comunicação e mobilização social.

Segundo a SRH/MMA (2009), embora o domínio das águas subterrâneas seja dos estados, estas são tratadas por programa nacional em razão da necessidade da gestão integrada desse recurso e devido ao fato de os aquíferos quase sempre extrapolarem os limites das bacias hidrográficas dos estados e dos países, sendo então necessário o estabelecimento de mecanismos de articulação entre os entes envolvidos.

Nesse contexto, segundo a referida Secretaria (2009), a Câmara Técnica de Águas Subterrâneas tem entre suas competências discutir e propor: formas de inserção das águas subterrâneas na PNRH; compatibilização de legislações relativas à sua exploração; mecanismos institucionais de integração da sua gestão a águas superficiais, bem como

proteção e gerenciamento; ações mitigadoras e compensatórias, análise e proposições de ações para minimizar ou solucionar eventuais conflitos.

6.1.4 Secretarias de Estado

As secretarias de Estado, integrantes do SINGREH, em geral, são órgãos responsáveis pela formulação e avaliação da PERH. Além disso, também são órgãos gestores dos recursos hídricos de domínio do Estado; concedem outorgas e fiscalizam o uso destes recursos. As competências, estrutura administrativa e composição dessas secretarias são definidas pelas leis de cada Estado. No Pará o órgão gestor de recursos hídricos é a SEMA.

6.1.5 Agência Nacional de Águas (ANA)

A ANA, estrutura administrativa vinculada ao MMA, não estava prevista na Lei nº 9.433. Foi criada em 17 de julho de 2000, por meio da Lei Federal nº 9.984, de 17 de junho desse mesmo ano, com a finalidade de implementar, em sua esfera de atribuições, a PNRH. É dirigida por uma diretoria colegiada, nomeada pelo Presidente da República, composta de 5 membros, dentre eles, o Diretor Presidente. Além da diretoria, esta agência tem 8 superintendências diretamente ligadas à diretoria colegiada, conforme mostrado na Figura 46.

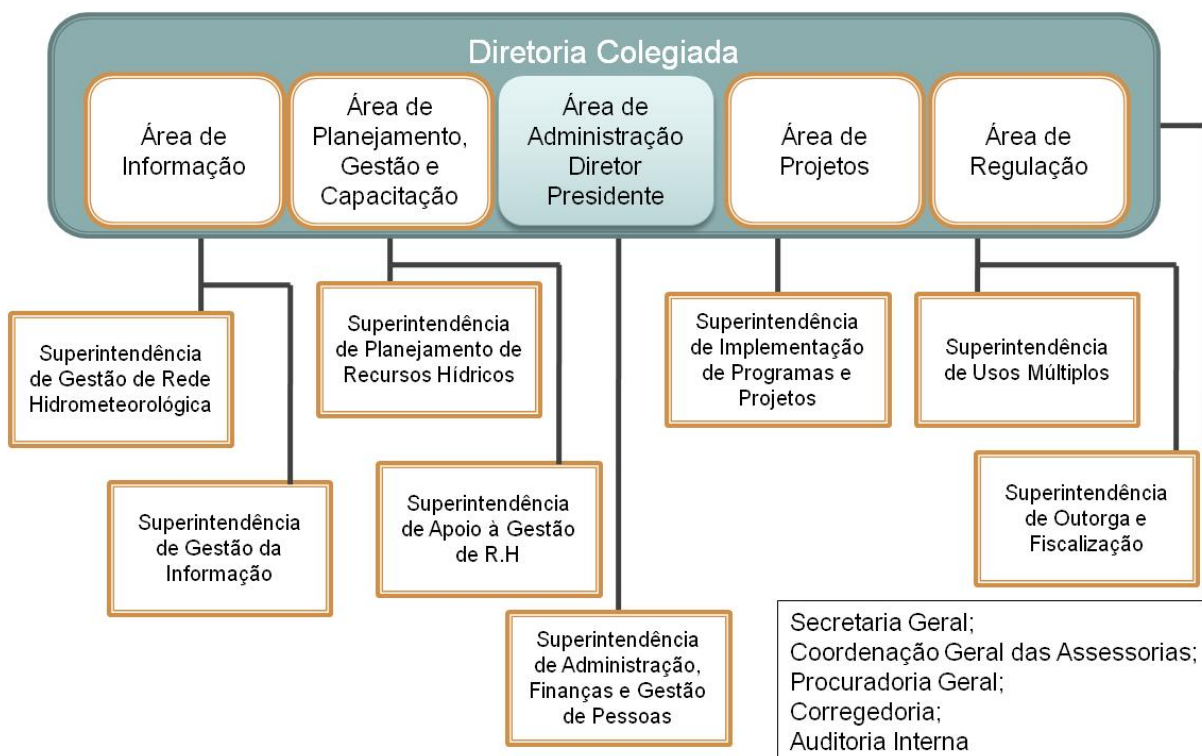


Figura 46 – Estrutura organizacional da ANA.
Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas (2008)

Na estrutura organizacional da ANA, subordinada à Superintendência de Implementação de Programas e Projetos (SIP), está a Gerência de Águas Subterrâneas (GESUB). De acordo com a Resolução nº 348 da ANA, de 20 de agosto de 2007, podem ser citadas como competências desta Gerência: I - promover, estimular e implementar programas e ações com vista à gestão integrada de águas superficiais e subterrâneas; II - promover, estimular e implementar programas e ações de suporte ao uso sustentável de aquíferos interestaduais e transfronteiriços, ou que estejam interconectados a corpos hídricos de domínio da União; III - apoiar e estimular a gestão compartilhada de aquíferos interestaduais e transfronteiriços; e IV apoiar a concepção e a operacionalização de dados e informações, relativos às águas subterrâneas, junto ao Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH).

A ANA tem 23 atribuições definidas na Lei nº 9.984. Em relação ao SINGREH, compete à instituição prestar apoio aos Estados na criação de órgãos gestores de recursos hídricos, bem como estimular e apoiar as iniciativas voltadas à criação de CBH. Em relação aos instrumentos de gestão, a ANA deverá disciplinar, em caráter normativo, a

implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da PNRH. Assim, compete a referida agência:

- **Planos de Recursos Hídricos** – participar na elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos e supervisionar a sua implementação;
- **Outorga** - outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos d'água de domínio da União;
- **Cobrança** – elaborar estudos técnicos para subsidiar a definição, pelo CNRH, dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelos CBH; implementar, em articulação com os CBH, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União; e arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas por intermédio da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;
- **Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos** - organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIR).

6.1.6 Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH)

Os CBH, estruturas administrativas integrantes do SINGREH, são órgãos colegiados com atribuições normativas, deliberativas e consultivas a serem exercidas na bacia hidrográfica de sua jurisdição. Os Comitês de cursos d'água de domínio da União estão vinculados ao CNRH, enquanto os comitês de cursos d'água de domínio dos Estados ou DF estão vinculados às secretarias de Estado ou do DF.

Os CBH, cujo rio principal é de domínio da União, são instituídos mediante encaminhamento de proposta ao CNRH, subscrita por pelo menos três das seguintes categorias: 2/3 dos secretários de Estado e DF; 40% dos prefeitos dos municípios com área na bacia; no mínimo 5 entidades, legalmente constituídas, representativas de usuários (de três categorias de uso); e no mínimo 10 entidades civis de recursos hídricos, legalmente constituídas, com atuação comprovada na bacia. O número de entidades civis poderá ser

reduzido em função das características locais e das justificativas elaboradas por pelo menos três entidades civis.

A proposta a ser encaminhada ao CNRH deve apresentar justificativa circunstanciada da necessidade e oportunidade de criação do comitê, com diagnóstico da situação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica; da identificação, se existir, de conflitos entre usos e usuários; e dos riscos de racionamento dos recursos hídricos, poluição e de degradação ambiental em razão da má utilização desses recursos.

Após aprovação do CNRH, a instituição do CBH só será efetivada mediante decreto do Presidente da República (Parágrafo Único do Art. 37 da PNRH, Lei nº 9.433). É importante destacar que, que no âmbito nacional, a expansão do SINGREH fica limitada pelo CNRH, que autoriza a criação das agências de água, e pelo Presidente da República, que autoriza a criação de novos comitês.

Dentre as competências dos CBH podem ser citadas: arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos, inclusive os relativos aos comitês de cursos de água tributários, ou seja, intermediar e resolver os conflitos na sua área de atuação, buscando soluções que beneficiem a coletividade, com base nas diretrizes traçadas pelo próprio comitê; e estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos, bem como sugerir valores a serem cobrados.

Na Figura 47 são apresentadas a composição e as competências dos CBH.

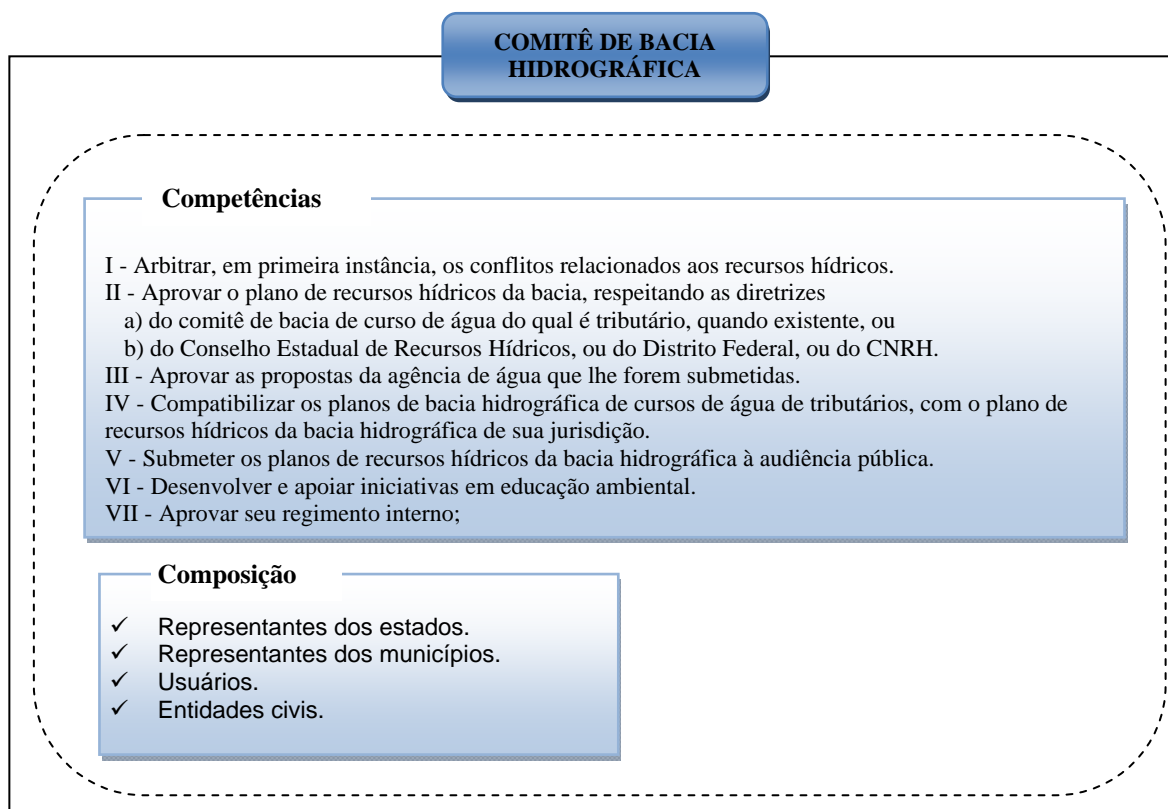


Figura 47 – Composição e competências dos Comitês de Bacia Hidrográfica.

6.1.7 Agências de bacia

As agências de bacia também são parte integrante do SINGREH. Têm a mesma área de atuação de um ou mais CBH e exercem a função de Secretaria Executiva do respectivo ou respectivos comitês. As agências de bacia são responsáveis pela execução técnica, financeira e administrativa das decisões tomadas pelo CBH, ou seja, atuam como um braço operacional dos comitês.

A instituição das agências de bacia deve ser solicitada por um ou mais CBH e depende da autorização do CNRH ou dos CERH. Além disso, a criação de uma agência de bacia está condicionada à existência prévia do respectivo ou respectivos CBH à viabilidade financeira assegurada pela cobrança do uso dos recursos hídricos em sua área de atuação.

As competências das referidas agências de bacia são definidas no Art. 44 da Lei nº 9.433: promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação; manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação, manter o cadastro de usuários de recursos hídricos; dentre outras.

As agências de bacias têm forte atuação na implementação dos instrumentos de gestão, visto que é de sua competência a elaboração do plano de recursos hídricos da bacia, para a devida aprovação por parte de respectivo CBH; a elaboração de proposta de enquadramento dos corpos d'água nas classes de uso, para encaminhamento ao respectivo CNRH ou CERH; e a sugestão de valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos, bem como, mediante delegação do outorgante, a realização da cobrança pelo uso desses recursos.

Em relação aos valores arrecadados com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, compete as agências: acompanhar a administração financeira desses recursos; elaborar e submeter ao(s) Comitê(s) de Bacia Hidrográfica o plano de aplicação desses recursos; analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança, e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela sua administração.

Com base em suas competências, é possível afirmar que as agências de bacia não são órgãos deliberativos e consultivos, desempenham apenas funções executivas, ou seja, seu papel é implementar as políticas e deliberações definidas nos CBH.

6.2 INSTRUMENTOS DE GESTÃO DA PNRH E AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os instrumentos de gestão têm a finalidade de proporcionar o uso racional dos recursos hídricos e assegurar a sua oferta à atual e às futuras gerações, em qualidade e quantidade necessárias. A Lei nº 9.433/97, no Artigo 5º definiu, em tese, seis instrumentos de gestão: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; a compensação dos municípios; e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

De acordo com a Resolução nº 15, de 11 de janeiro de 2001, do CNRH, na implementação da PNRH, deverá ser considerada a interdependência das águas superficiais, subterrâneas e meteóricas, bem como incorporadas as medidas na aplicação dos instrumentos da PNRH que assegurem a promoção da gestão integrada dessas águas.

Para os aquíferos subjacentes a duas ou mais bacias hidrográficas, o SINGREH e os sistemas de gerenciamento de recursos hídricos dos Estados ou do Distrito Federal têm a responsabilidade de promover a uniformização de diretrizes e critérios para coleta dos dados e a elaboração dos estudos hidrogeológicos necessários à identificação e caracterização dos sistemas hidrogeológicos. Os CBH deverão buscar intercâmbio e a sistematização desses dados.

Para os aquíferos transfronteiriços ou subjacentes a duas ou mais unidades da Federação, o SINGREH promoverá a integração dos diversos órgãos dos governos federal, estaduais e do Distrito Federal que têm competências no gerenciamento de águas subterrâneas.

No caso de conflitos, estes serão resolvidos em primeira instância entre os conselhos de recursos hídricos dos Estados e do Distrito Federal e, em última instância, pelo CNRH.

6.2.1 Planos de recursos hídricos

Os planos de recursos hídricos devem ser elaborados por bacia hidrográfica, unidade de planejamento e estudo adotado na PNRH, por Estado e País. De acordo com o Art. 6º da Lei nº 9.433/97, os planos de recursos hídricos são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da PNRH e o gerenciamento desses recursos. Além disso, esse instrumento serve para garantir a disponibilidade hídrica, bem como para prevenir situações de escassez e de conflitos.

Como o modelo nacional colocou em destaque as águas superficiais, não existe a elaboração de planos de recursos hídricos por sistema aquífero. Assim, nesse modelo, a gestão e o planejamento das águas subterrâneas estão contidos de forma fragmentada nos diversos

planos (nacional, estaduais e de bacia) que contemplem geograficamente um determinado sistema aquífero, no qual o aquífero esteja geograficamente inserido.

As diretrizes para elaboração dos mencionados planos são determinadas na Resolução nº 17, de 29 de maio de 2001, do CNRH. No entanto, mesmo as águas superficiais, subterrâneas e meteóricas sendo integrantes e indissociáveis do ciclo hidrológico, são observadas, nesta Resolução, poucas informações relativas às informações relativas à caracterização, planejamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

Os planos de recursos hídricos são elaborados pelas agências de bacia, sendo supervisionados e aprovados pelos respectivos comitês. Na inexistência das agências, poderão ser elaborados pelas entidades ou órgãos gestores dos recursos hídricos, também sob supervisão e aprovação do respectivo comitê. Caso o CBH ainda não esteja instituído, as entidades ou órgãos gestores dos recursos hídricos serão responsáveis, com a participação dos usuários e da sociedade civil, pela elaboração da proposta do plano.

Na Figura 48 é mostrado o fluxograma para a elaboração dos planos de recursos hídricos de Bacias Hidrográficas.

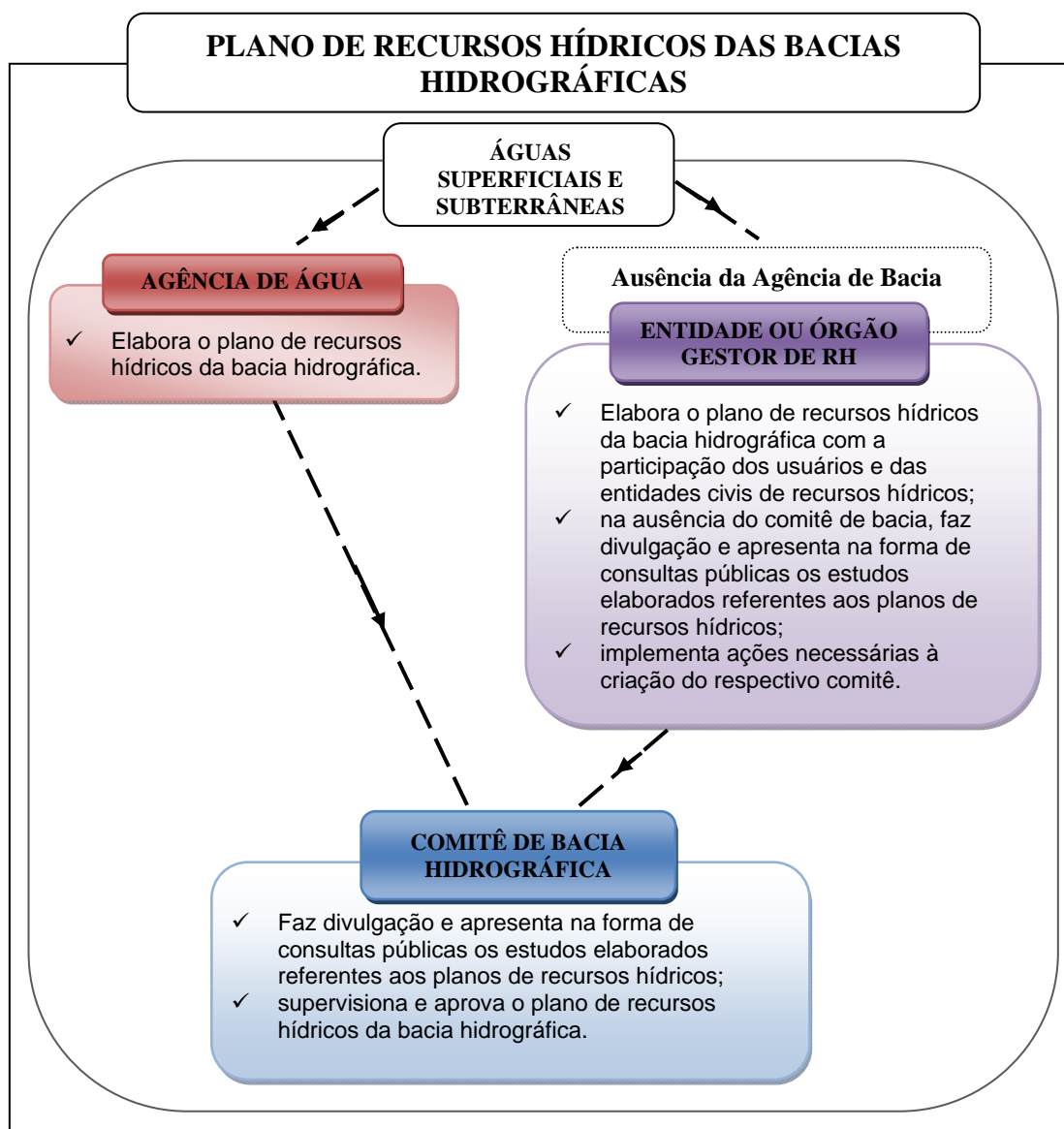


Figura 48 – Fluxograma para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas.

Em 24 de maio de 2002, um ano após a publicação da Resolução nº 17, o CNRH publicou a Resolução nº 22 com a finalidade de inserir os recursos hídricos subterrâneos no instrumento plano de recursos hídricos. Nesta resolução foram definidos detalhadamente informações e estudos mínimos necessários relativos aos sistemas aquíferos.

Conforme definido na Resolução 22, os planos devem conter a caracterização dos aquíferos e devem definir as inter-relações de cada aquífero com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio ambiente. Em relação às informações hidrogeológicas, os planos devem conter, no mínimo: a caracterização espacial; o cômputo

das águas subterrâneas no balanço hídrico; as estimativas de recargas e descargas, naturais e artificiais; a estimativa das reservas permanentes exploráveis; e da caracterização física, química e biológica dos aquíferos; bem como as medidas de uso e proteção dos aquíferos.

Os planos de recursos hídricos devem explicitar as medidas de prevenção, proteção, conservação e recuperação dos aquíferos, visando à garantia dos seus usos múltiplos e à manutenção de suas funções ambientais. Para isso, devem também ser identificadas as ações potencialmente impactantes nos recursos hídricos subterrâneos, bem como ser previstas e diagnosticadas as ações e medidas emergenciais de proteção e mitigação em caso de contaminação e poluição.

A partir da Resolução nº 22, os recursos hídricos subterrâneos passaram a ter mais visibilidade e importância nos planos de recursos hídricos, o que facilitou a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Um dos pontos importantes tratados nesta Resolução é referente à aprovação dos planos, determinando que, para os aquíferos subjacentes a grupos de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, os CBH deverão estabelecer critérios de elaboração, sistematização e aprovação dos respectivos planos, de forma articulada. Para isso, os CBH envolvidos deverão buscar o intercâmbio e a sistematização dos dados gerados para a perfeita caracterização da bacia hidrogeológica. A inclusão deste procedimento permite que, mesmo secundariamente, o planejamento e a gestão de um sistema aquífero sejam realizados de forma articulada.

6.2.2 Enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes de água

O enquadramento dos corpos d'água em classes visa assegurar a qualidade compatível às águas para os usos mais exigentes, bem como diminuir os custos de combate à poluição das águas, com a previsão e a aplicação de medidas preventivas.

As propostas de classificação das águas são elaboradas pelas agências de bacia e encaminhadas aos respectivos CBH. Na ausência da agência de bacia, as propostas serão elaboradas pelos consórcios ou associações intermunicipais de bacias hidrográficas, com a

participação dos órgãos gestores de recursos hídricos em conjunto com os órgãos de meio ambiente.

As alternativas de enquadramento, bem como os benefícios sócioeconômicos e ambientais, os custos e os prazos decorrentes, serão divulgados e apresentados na forma de audiências públicas convocadas pelo CBH. Este comitê efetuará a seleção da alternativa de enquadramento e a submeterá ao CNRH ou ao respectivo Conselho Estadual ou Distrital de Recursos Hídricos, de acordo com a esfera de competência, o qual deverá aprovar a proposta por meio de resolução. A aprovação da proposta será realizada com base nas Resoluções nº 357 e nº 396 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e na Resolução nº 91 do CNRH.

Na Figura 49 é mostrado o fluxograma para o enquadramento dos corpos d'água, segundo os usos preponderantes.

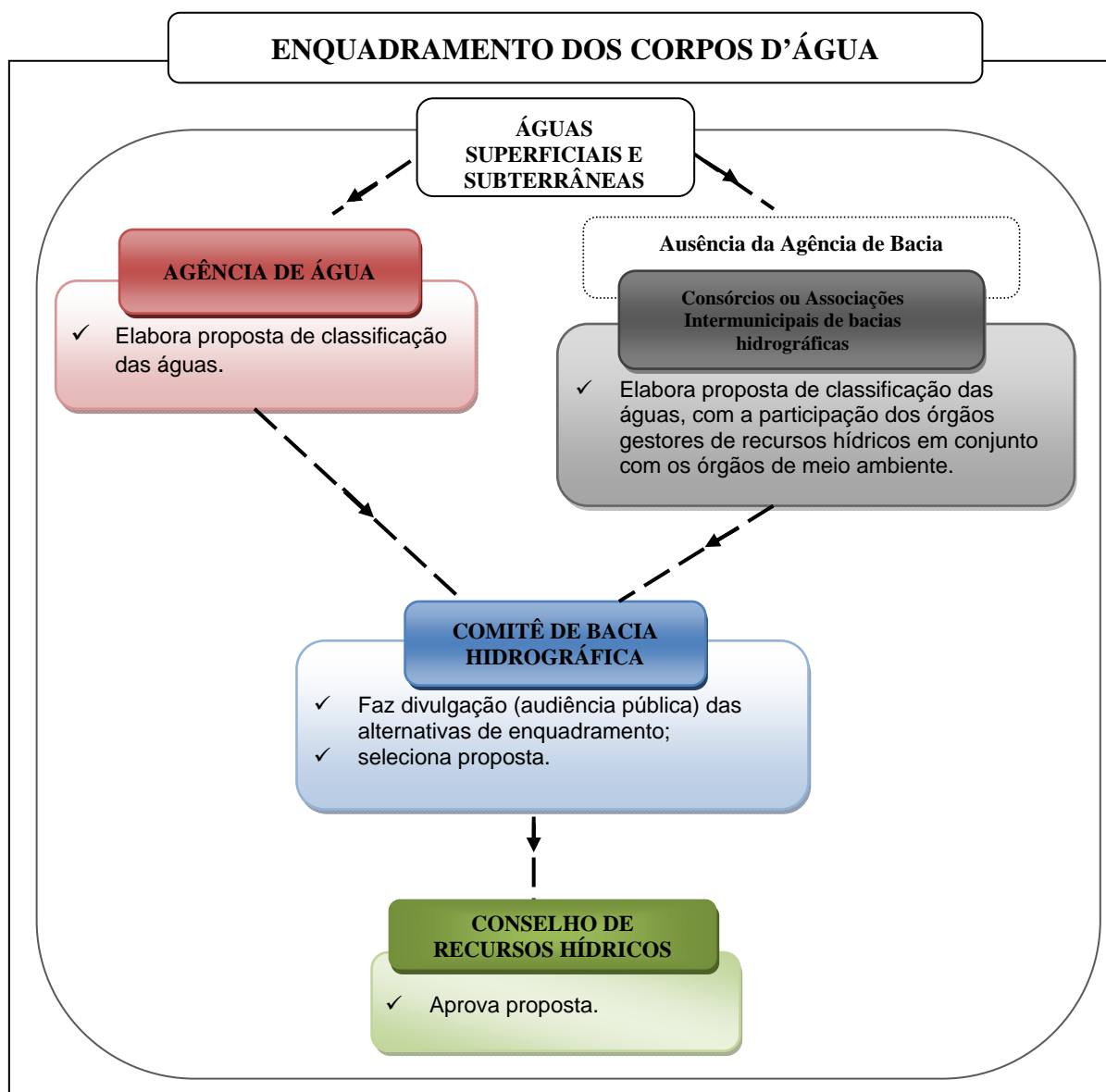


Figura 49 – Fluxograma para o enquadramento dos corpos d'água em classes.

A primeira resolução editada pelo CONAMA, sobre a classificação e o enquadramento das águas superficiais, data de 18 de junho de 1986 (Resolução nº 20). Em 2005, após a reformulação desta Resolução, foi publicada a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Com a nova resolução, além da classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos d'água superficiais, também foram estabelecidas as condições e os padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água.

O enquadramento das águas subterrâneas foi previsto em abril de 2008, com a edição da Resolução nº 396 do CONAMA, ou seja, somente 22 anos após a 1ª edição da Resolução do CONAMA que tratava sobre a classificação das águas superficiais. É importante observar

que a PNRH, de 1997, adotou o enquadramento dos corpos d'água em classes como um dos instrumentos de gestão. Sendo assim, para as águas subterrâneas este instrumento só pôde ser aplicado 11 anos após a publicação da Lei nº 9.433.

Em 19 de julho de 2000 o CNRH publicou a Resolução nº 12, na qual foram apresentados normas e procedimentos referentes ao enquadramento dos corpos d'água. Esta Resolução tratava somente da classificação das águas superficiais, até porque, nesta data, a Resolução nº 396 do CONAMA que trata sobre o enquadramento da águas subterrâneas ainda não havia sido publicada.

Em 5 de novembro de 2008, após a revogação da Resolução nº 12, o CNRH aprovou a Resolução nº 91 na qual foram apresentados os procedimentos gerais para o enquadramento tanto das águas superficiais como das subterrâneas.

De acordo com esta nova Resolução, para o enquadramento dos corpos d'água, a bacia hidrográfica será utilizada como unidade de gestão. No entanto, a proposta de enquadramento deverá considerar, de forma integrada e associada, as águas superficiais e subterrâneas, devendo ser desenvolvida de acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica, sendo realizada preferencialmente durante a sua elaboração.

A Resolução nº 91 representa um avanço não só da gestão das águas subterrâneas, mas também na gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas. No entanto, é importante destacar que o enquadramento das águas subterrâneas não é realizado por sistema aquífero, e sim por bacia hidrográfica.

6.2.3 Outorga dos direitos de usos dos recursos hídricos

A outorga de direito de usos dos recursos tem a finalidade de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos, bem como de garantir a todos o acesso à água. É um ato administrativo mediante o qual a autoridade responsável emite outorga preventiva ou de direito de uso por prazo determinado. A autoridade outorgante poderá delegar às agências de bacia a recepção dos requerimentos de outorga, a análise técnica e a emissão de parecer sobre os pedidos de outorga.

De acordo com a Resolução nº 16 do CNRH, de 8 de maio de 2001, a outorga terá o prazo máximo de vigência de 35 cinco anos e mesmo após concedida, estará condicionada à disponibilidade hídrica e ao regime de racionamento, visto que as vazões e os volumes outorgados poderão ficar indisponíveis, total ou parcialmente, considerando o balanço hídrico e a capacidade de autodepuração dos corpos d'água.

A Lei 9.433 determina que independem de outorga: o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural; as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes, tanto do ponto de vista de volume quanto de carga poluente; e as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes. Os critérios específicos de vazões ou acumulações de volumes de água consideradas insignificantes serão estabelecidos nos planos de recursos hídricos, devidamente aprovados pelos correspondentes CBH ou, na inexistência destes, pela autoridade outorgante.

Na mencionada Lei a extração de água de aquífero subterrâneo estará sujeita a outorga quando utilizada para consumo final ou insumo de processo produtivo, assim como para outros usos, tais como: derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo d'água, para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo; lançamento, em corpo d'água, de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; uso para fins de aproveitamento de potenciais hidrelétricos; e para usos que tragam interferências ou alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo d'água.

Conforme especificado na Resolução nº 16 do CNRH, análise dos pedidos de outorga deverá considerar a interdependência das águas superficiais e subterrâneas e as interações observadas no ciclo hidrológico, visando à gestão integrada dos recursos hídricos. Para a concessão de outorga preventiva e de direito de uso desses recursos, assim como para a determinação dos seus prazos, a ANA considerará o impacto qualitativo e/ou quantitativo da nova demanda nos conflitos da bacia, se houver, bem com, o uso racional do recurso outorgado.

Na Figura 50 é mostrado o fluxograma da proposta para a obtenção de outorga preventiva e de direito de uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

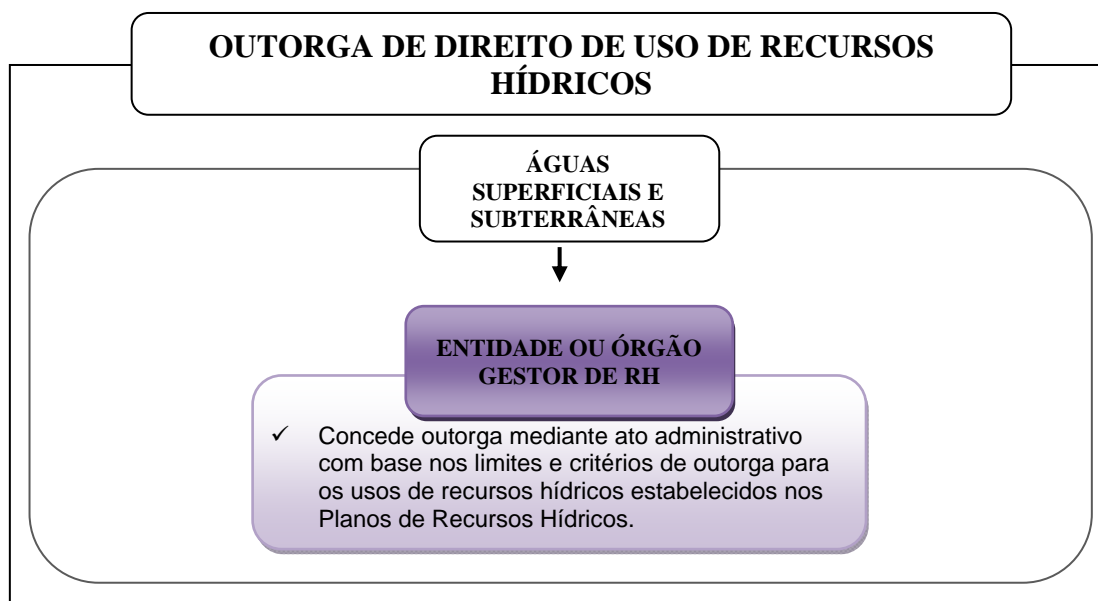


Figura 50 – Fluxograma para obtenção de outorga preventiva e de direito de uso de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

É importante destacar que a concessão de outorga, preventiva ou de direito de uso, dos recursos hídricos subterrâneos é de responsabilidade exclusiva das unidades da Federação, que detém o domínio dessas águas. Para a concessão de outorgas de direito de uso deverão ser considerados critérios que assegurem a gestão integrada das águas, visando evitar o comprometimento qualitativo e quantitativo dos aquíferos e dos corpos d'água superficiais com interconexões hidráulicas. Em caso de conflito pelo uso dos recursos hídricos subterrâneos, os quais pertençam a aquífero que se estenda a mais de uma unidade da Federação, caberá ao CNRH resolvê-los.

De acordo com a Resolução nº 92 do CNRH, para análise e deferimento de outorga dos recursos hídricos subterrâneos deverão ser considerados os estudos hidrogeológicos promovidos pelos órgãos gestores com a finalidade de: identificar as potencialidades, disponibilidades, vulnerabilidades dos aquíferos; delimitar as áreas de recarga e definir de zonas de proteção; e delimitar os perímetros de proteção de fontes de abastecimento.

A definição dos limites e critérios de outorga, bem como as diretrizes e os critérios para a cobrança pelo uso da água serão definidos nos planos de recursos hídricos das bacias

hidrográficas. Para os aquíferos subjacentes a uma ou mais bacias ou sub-bacias, os comitês deverão estabelecer critérios de elaboração, sistematização e aprovação dos planos.

Dessa forma, no modelo de gestão por bacias hidrográficas adotado, para que a outorga e a cobrança proporcionem o uso racional e a proteção dos aquíferos é necessário que ocorra integração entre as bacias hidrográficas sobrejacentes, bem como, integração entre as Unidades da Federação, quando o aquífero ultrapassar seus limites no momento da elaboração dos planos nos quais serão definidos, dentre outros parâmetros, os limites e critérios de outorga e as diretrizes e critérios para a cobrança das águas subterrâneas.

6.2.4 Cobrança pelo uso dos recursos hídricos

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos tem a finalidade de induzir o uso racional, a conservação, a recuperação e o manejo sustentável desses recursos. A cobrança será realizada pelo órgão gestor dos recursos hídricos ou pela agência de bacia, mediante delegação do órgão gestor. Para a definição dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos, o CBH deverá elaborar proposta, na qual apresente os mecanismos aplicados para definição dos valores a serem cobrados. Essa proposta deverá ser encaminhada para aprovação pelo Conselho de Recursos Hídricos ao qual o CBH estiver vinculado.

Figura 51 é mostrado o fluxograma para a cobrança pelo uso das águas superficiais e subterrâneas.

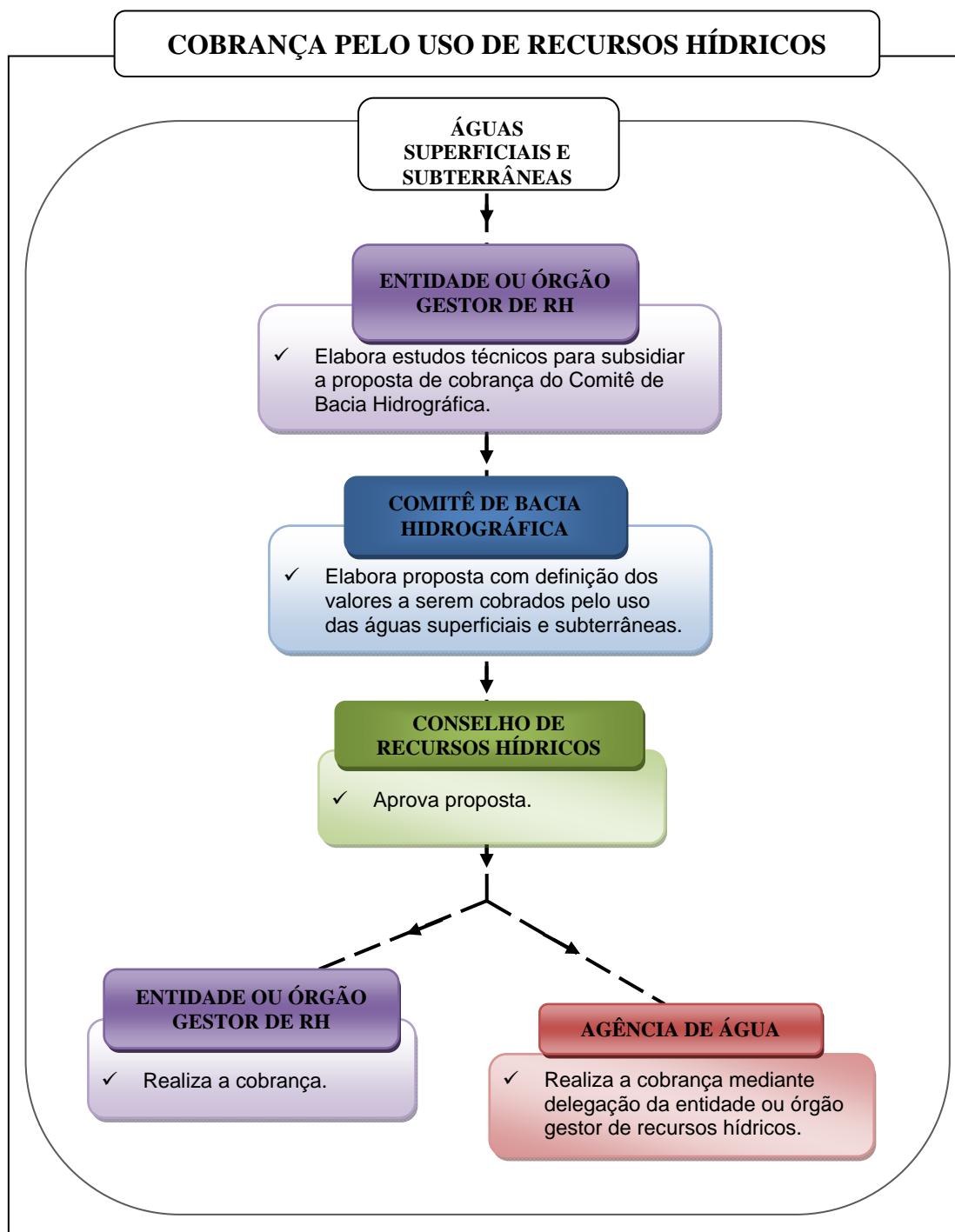


Figura 51 – Fluxograma para a cobrança pelo uso das águas superficiais e subterrâneas.

Em relação aos recursos hídricos subterrâneos, a Resolução nº 48 do CNRH, de 21 de março de 2005, que trata dos critérios gerais para a elaboração de atos normativos que disciplinem a cobrança, estabelece que para a fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos subterrâneos deverão ser observadas as características e a vulnerabilidade dos aquíferos.

A proposta com a definição dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos subterrâneos será elaborada pelo CBH sobrejacente, com base nas diretrizes e critérios, para a cobrança, estabelecidos nos planos de recursos hídricos e nos estudos técnicos realizados pelos órgãos e entidades gestoras dos recursos hídricos estaduais, e aprovada pelo(s) Conselho(s) de Recurso(s) Hídrico(s). A cobrança será realizada pela Entidade ou Órgão Gestor de recursos hídricos estaduais, ou por delegação destes, pelas agências de bacia.

6.2.5 Sistemas de informações sobre recursos hídricos

Os sistemas de informações sobre recursos hídricos no âmbito federal, estadual e do Distrito Federal deverão conter, organizar e disponibilizar os dados e informações necessários ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. A ANA é a entidade responsável pela organização, implantação e gestão do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Os órgãos ou entidades gestoras de recursos hídricos dos Estados e do Distrito Federal deverão articular-se entre si e com a ANA para a implantação do SNIRH.

De acordo com a Resolução nº 92 do CNRH, deverão ser implantados programas de monitoramento qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos subterrâneos com destaque nas seguintes áreas: proteção; restrição e controle; superexploração; intrusão marinha; recarga e descarga; dentre outros.

Para obtenção de dados a serem inseridos nos sistemas estaduais e nacional de informações sobre recursos hídricos, os órgãos gestores de recursos hídricos, em articulação com os órgãos ambientais e de saúde, poderão exigir dos usuários que receberam outorga de recursos hídricos subterrâneos o monitoramento dessas águas.

No Figura 52 é mostrado o resumo da gestão das águas subterrâneas em território nacional.

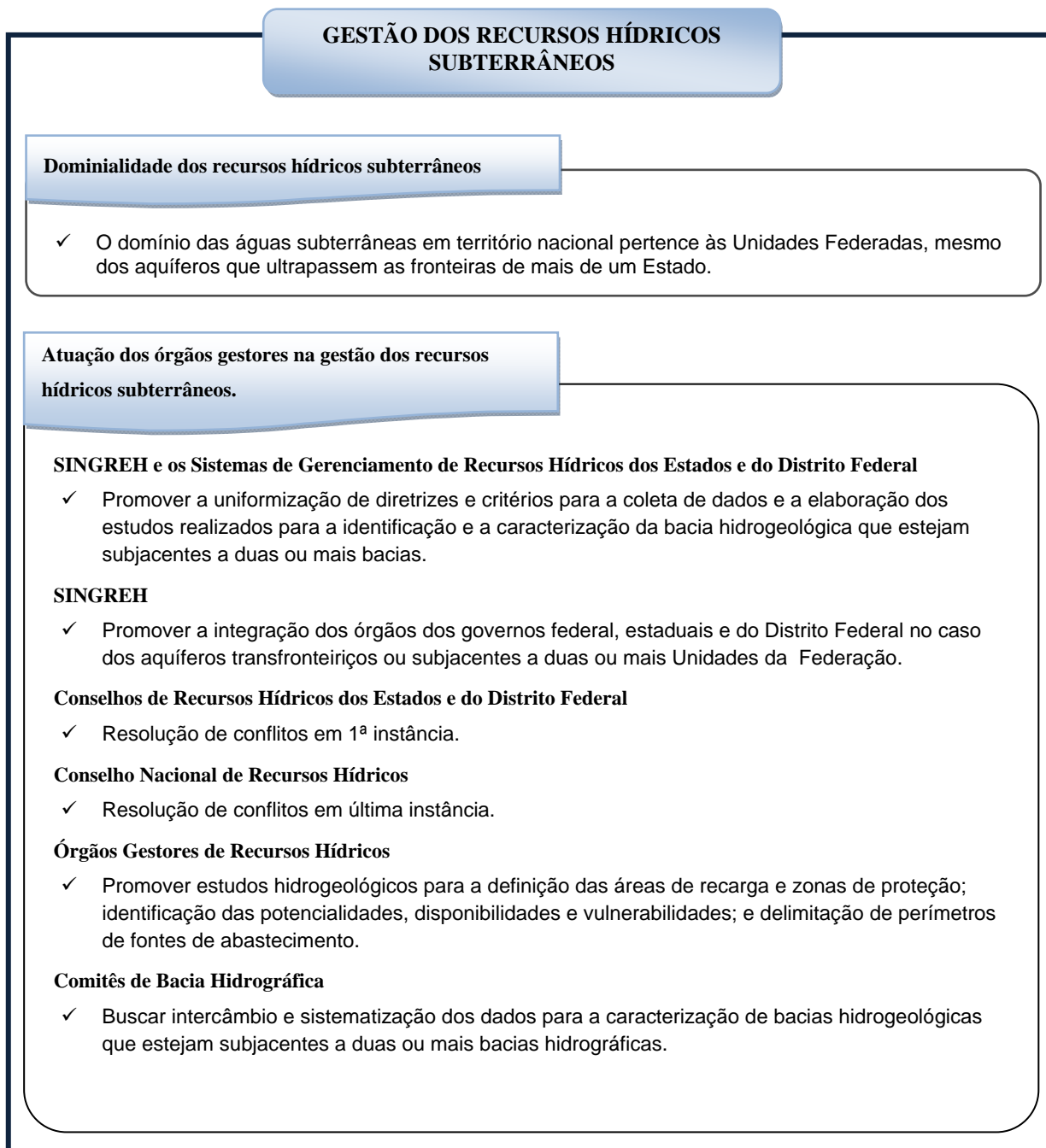


Figura 52 – Gestão das águas subterrâneas.

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

Planos de recursos hídricos e os recursos hídricos subterrâneos

- ✓ Os planos de recursos hídricos dos sistemas aquíferos estarão inseridos nos planos nacionais, estaduais e das bacias hidrográficas;
- ✓ Para aquíferos subjacentes a duas ou mais bacias ou sub-bacias hidrográficas, os comitês deverão estabelecer critérios de elaboração, sistematização e aprovação dos Planos;
- ✓ Informações relativas às águas subterrâneas nos planos de recursos hídricos:
 - Inter-relações dos aquíferos com os corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio ambiente;
 - caracterização espacial dos aquíferos;
 - caracterização física, química e biológica dos aquíferos;
 - cômputo dos recursos hídricos subterrâneos no balanço hídrico;
 - estimativas de recargas e descargas, naturais e artificiais;
 - estimativa das reservas permanentes exploráveis;
 - identificação de ações potencialmente impactantes nos recursos hídricos subterrâneos;
 - medidas de prevenção, proteção, conservação e recuperação dos aquíferos;
 - monitoramento da quantidade e da qualidade dos recursos dos aquíferos.

Outorga dos recursos hídricos subterrâneos

- ✓ As outorgas de águas subterrâneas são de competência das Unidades da Federação;
- ✓ a análise do pleito de outorga deverá considerar a interdependência das águas superficiais e subterrâneas, bem como as diretrizes dos planos de recursos hídricos.

Cobrança dos recursos hídricos subterrâneos

- ✓ O comitê da bacia sobrejacente ao aquífero irá elaborar proposta que deverá ser aprovada pelo Conselho de Recursos Hídricos;
- ✓ os órgãos gestores de recursos hídricos das Unidades Federadas realizarão a cobrança pelo usos dos recursos hídricos subterrâneos.

Continuação

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

Enquadramento dos recursos hídricos subterrâneos

- ✓ A proposta de enquadramento será desenvolvida de acordo com o plano de recursos hídricos, terá como referência básica a bacia hidrográfica e deverá considerar de forma integrada e associada os recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- ✓ os órgãos e as entidades responsáveis pela gestão de recursos hídricos da União, Estados e do Distrito Federal deverão articular-se para compatibilizar o enquadramento dos corpos d'águas.

Sistema Nacional de Informações sobre os recursos hídricos e as águas subterrâneas

- ✓ A Agência Nacional de Águas e os órgãos ou entidades gestoras dos recursos hídricos dos Estados e do Distrito Federal deverão articular-se para a organização dos Sistemas de Informações sobre Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- ✓ as Unidades da Federação deverão manter os serviços para o acompanhamento do comportamento hidrológico e do controle da qualidade e da quantidade das águas dos aquíferos.

Continuação

Conforme mencionado, como na PNRH, fica estabelecido que a unidade territorial de gestão é a bacia hidrográfica, e como os limites dos sistemas aquíferos, em geral, não coincidem com os da bacia é necessário o estabelecimento de mecanismos que permitam a gestão integrada dos recursos hídricos subterrâneos.

No Brasil, a legislação que trata sobre recursos hídricos está bem mais avançada em relação às águas superficiais. Segundo a Secretaria Nacional de Recursos Hídricos (2009), a maior parte dos Estados que possui legislação relativa às águas subterrâneas tem se limitado à questão da outorga, e são poucas as legislações que tratam da proteção e conservação das águas subterrâneas e da sua gestão integrada, principalmente da sua interface com as águas superficiais. Além disso, em alguns Estados, como é o caso do Pará, o planejamento e a gestão de recursos hídricos, mesmo dos superficiais, ainda está em fase inicial.

No país são poucas as experiências observadas na gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas. Desta forma, é necessária a implementação de instrumentos que permitam a maior integração entre as ações referentes ao planejamento e à gestão desses recursos hídricos, bem como de mecanismos que fomentem a articulação entre as instituições responsáveis por essa gestão.

Outra questão importante a ser observada é a necessidade do desenvolvimento de estudos e pesquisas para a aquisição de dados que permitam a caracterização das bacias hidrogeológicas, e ainda das inter-relações das águas superficiais e subterrâneas, visto que essas informações são indispensáveis para o conhecimento, o planejamento e a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

CAPÍTULO 7 - PLANOS DE SISTEMAS AQUÍFEROS COMO FUNDAMENTO LEGAL PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

A Resolução nº 15 do CNRH prevê, para os aquíferos transfroteiriços ou subjacentes a duas ou mais bacias hidrográficas, a integração dos diversos órgãos envolvidos na gestão das águas superficiais e subterrâneas. Nesta Resolução fica estabelecido que os órgãos do SINGERH e dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos dos Estados e do Distrito Federal deverão articular-se com a finalidade de uniformizar diretrizes e critérios para a coleta de dados hidrogeológicos.

Para a gestão e o planejamento dos recursos hídricos subterrâneos, o plano de recursos hídricos é um dos mais importantes instrumentos, visto que nele é realizada a caracterização dos sistemas aquíferos e a definição das suas inter-relações com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos; são definidas as prioridades de outorga; são estabelecidas as diretrizes e os critérios para a cobrança; além de serem definidas as informações necessárias para a elaboração da proposta de enquadramento.

No entanto, de acordo com a legislação, não existe a previsão da elaboração de planos de recursos hídricos por sistema aquífero. Assim, para que o planejamento dos recursos hídricos subterrâneos não fique dependente do planejamento dos recursos hídricos superficiais e nem ocorra de forma fragmentada, como vem ocorrendo nos planos das bacias hidrográficas, é proposto que no âmbito do plano de recursos hídricos do Estado do Pará seja elaborado e implementado o Plano de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos.

Os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos terão a finalidade de definir previamente algumas informações indispensáveis para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, dentre as quais, a caracterização dos sistemas aquíferos, a definição das prioridades de outorga e das diretrizes e os critérios de cobrança.

Assim, para agilizar e melhorar a gestão dos recursos hídricos subterrâneos no Estado é recomendada a elaboração e a implementação do instrumento de gestão “**Plano de**

Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos”, o qual permitirá a implantação efetiva do planejamento e da gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, conforme estabelecido na Lei 9.433.

7.1 PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

Na proposta apresentada, o Plano de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos no Estado do Pará, em especial para os aquíferos que abastecem a RMB, sistemas aquíferos Barreiras e Pirabas, será coordenado e promovido pelo órgão gestor de recursos hídricos do Estado do Pará, ou seja, pela SEMA.

É importante lembrar que a Resolução nº 92, de 5 de novembro de 2008, do CNRH, que estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação dos recursos hídricos subterrâneos no território brasileiro, determina que os órgãos gestores de recursos hídricos deverão promover os seguintes estudos hidrogeológicos:

- I - Estudos hidrogeológicos regionais para delimitar as áreas de recarga dos aquíferos e definir suas zonas de proteção;
- II - Estudos hidrogeológicos regionais, para identificar as potencialidades, disponibilidades e vulnerabilidades dos aquíferos para utilização das águas subterrâneas, em especial nas áreas com indícios de superexploração, poluição ou contaminação, que poderão determinar áreas de restrição e controle de uso da água subterrânea, abrangendo os seguintes aspectos:
 - a) recursos hídricos disponíveis para exploração considerando, dentre outros fatores, a descarga de base dos rios;
 - b) o risco de instabilidade geotécnica, em especial nas áreas de aquíferos cársticos, bem como o uso e ocupação do solo; e
 - c) a sustentabilidade de exploração, em áreas de aquíferos costeiros, visando evitar a salinização pela intrusão marinha.
- III - Estudos hidrogeológicos locais para a delimitação de perímetros de proteção de fontes de abastecimento, devendo considerar:
 - a) as características do aquífero;
 - b) a proteção sanitária da fonte de abastecimento;
 - c) a distância em relação a fontes potenciais de contaminação; e
 - d) as interferências por captações no entorno.

De acordo com a Resolução nº 92, na inexistência do plano de recursos hídricos, o órgão gestor de recursos hídricos poderá propor a delimitação e a definição de áreas de recarga e definir suas zonas de proteção mediante aprovação dos CBH, que no Estado do Pará ainda não estão instituídos, e do CERH.

O órgão gestor de recursos hídricos, em articulação com os órgãos de meio ambiente, também poderá elaborar proposta, tecnicamente justificada, para instituir, mediante aprovação dos CBH, se houver, e do CERH: áreas de restrição e controle de uso de águas subterrâneas, visando à proteção, à conservação e à recuperação de mananciais para o abastecimento humano e à dessedentação de animais; ecossistemas ameaçados pela superexploração, poluição ou contaminação das águas subterrâneas; áreas vulneráveis à contaminação da água subterrânea; áreas com solos ou água subterrânea contaminados; e áreas sujeitas à ou com identificada superexploração.

Dessa forma, já está prevista a obrigatoriedade de os órgãos gestores de recursos hídricos realizarem a maioria dos estudos necessários para a caracterização dos sistemas aquíferos, bem como a definição de zonas de proteção, restrição e controle de uso. Ou seja, a partir da Resolução nº 92, os órgãos gestores estaduais passaram a ter maior responsabilidade quanto aos estudos necessários para a gestão e o planejamento dos recursos hídricos subterrâneos, bem como maiores poderes para a adoção de intervenções com vista à proteção, conservação e recuperação de sistemas aquíferos.

Na elaboração dos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos deverão ser levantadas e consideradas as interconexões entre as águas subterrâneas e superficiais e as interações observadas no ciclo hidrológico. Além disso, deverão considerar os planos, programas, projetos e demais estudos relacionados aos recursos hídricos existentes, conforme estabelecido na Resolução nº 17 do CNRH. No entanto, como no Estado de Pará ainda não foram elaborados os planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, a elaboração dos planos dos sistemas aquíferos será mais facilitada, visto que não será necessária a compatibilização de planos preexistentes.

Os planos dos sistemas aquíferos deverão indicar programas de pesquisa para a conservação, proteção e controle da qualidade da água, visando ao seu melhor aproveitamento. Vale ressaltar que de acordo com a Resolução 15 do CNRH, no caso de

aquíferos transfronteiriços ou subjacentes a duas ou mais bacias hidrográficas, os conflitos existentes serão resolvidos em primeira instância entre os CERH e, em última instância, pelo CNRH.

7.2 ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

Os planos de recursos hídricos, instrumento de gestão, têm a função de fundamentar e orientar a implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos, devendo contar com a participação da sociedade, do poder público e de usuários.

Para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos da RMB é recomendada a formação de uma “Comissão de Sistemas Aquíferos” que será coordenada pelo órgão gestor de recursos hídricos do Estado do Pará, a SEMA, com a participação do poder público estadual e de representantes dos CBH sobrejacentes aos sistemas aquíferos. Essa Comissão será responsável pela definição das diretrizes e dos critérios para a elaboração e aprovação dos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos e terá a finalidade de proporcionar a discussão e a participação conjunta do poder público, dos usuários e a da sociedade na tomada de decisões acerca do planejamento e da gestão dos sistemas aquíferos.

No Estado do Pará, como ainda não existem CBH estabelecidos, é recomendado que a Comissão de Sistemas Aquíferos seja formada pelas mesmas categorias integrantes dos CBH exigidos pela Lei 9.433, ou seja, representantes do poder público estadual; prefeitos municipais cujos municípios tenham território na área do sistema aquífero; entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada, preferencialmente em águas subterrâneas, na área dos sistemas aquíferos; e representantes dos usuários de águas subterrâneas.

O percentual de representantes, de cada uma das categorias citadas, para a composição da referida Comissão deverá ser estabelecido pelo órgão gestor de recursos hídricos do Estado, podendo ser adotados também os percentuais previstos, na Lei estadual nº 6.381, para a formação dos CBH no Pará, ou seja: somatório dos representantes dos poderes executivos da União, do Estado e dos Municípios com, no máximo, 40% do total de membros; somatório

dos representantes dos usuários igual a 40%; e somatória dos representantes das entidades da sociedade civil com no mínimo de 20%.

7.3 OUTORGA, COBRANÇA, ENQUADRAMENTO E O SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NOS PLANOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS.

De acordo a Resolução nº 17 do CNRH, os planos de recursos hídricos devem apresentar avaliação quantitativa e qualitativa da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica de forma a subsidiarem o gerenciamento dos recursos hídricos, em especial o enquadramento dos corpos d'água, as prioridades para outorga de direito de uso e a definição de diretrizes e critérios para a cobrança. As mesmas temáticas deverão ser abordadas nos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos.

Para apresentação das informações acerca do enquadramento, da outorga e da cobrança dos recursos hídricos subterrâneos é recomendado o zoneamento dos sistemas aquíferos, ou seja, a sua espacialização e delimitação cartográfica em áreas onde serão abordadas as diversas temáticas.

Na Figura 53 é mostrado um exemplo de um aquíferos dividido em zonas quanto à outorga.

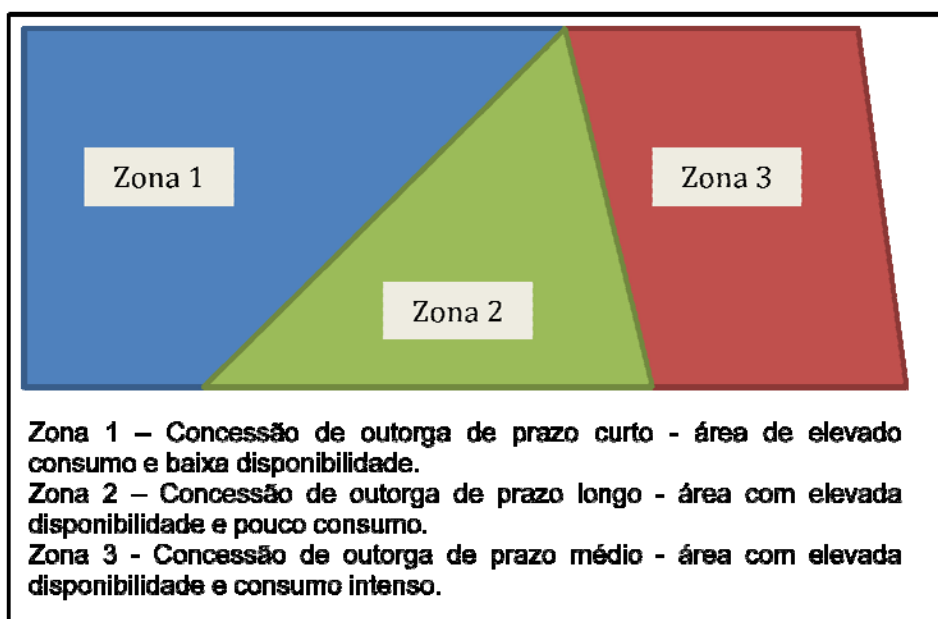


Figura 53 – Apresentação das condições de outorga de um sistema aquífero em zonas.

Os Plano de Recursos Hídricos devem conter os critérios e as prioridades de outorga dos recursos hídricos subterrâneos, para as diferentes zonas, em toda a sua área de abrangência, visando evitar a superexploração, contaminação, poluição, bem como proporcionar a utilização racional dos recursos hídricos subterrâneos. Deverão conter ainda as vazões de águas subterrâneas consideradas insignificantes e que independem de outorga, podendo ser adotados valores distintos para as diferentes zonas dos sistemas aquíferos, em função da disponibilidade, tipo de ocupação da área, tipo de uso etc.

Além disso, poderão ser adotados diferentes critérios para a concessão de outorga para zonas distintas, em função da disponibilidade, vulnerabilidade, rebaixamento do aquífero, influência entre poços, ou qualquer outro fator que possa restringir o uso dos recursos hídricos subterrâneos.

Para garantir a utilização racional dos recursos hídricos subterrâneos os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos deverão estabelecer parâmetros a serem utilizados para a concessão da outorga, dentre os quais o uso eficiente da água, índices de perdas e desperdícios. Esses parâmetros poderão ser estabelecidos por zona do sistema aquífero, por tipo de uso (comercial, industrial, abastecimento humano etc.), por volume outorgado etc. Deverão também estar presentes, nesses planos, os usos prioritários, salvo os assegurados em

lei, e as zonas sujeitas à suspensão da outorga devido a situações de estiagem, rebaixamento do aquífero dentre outras.

Os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos deverão conter, no mínimo, as diretrizes e os critérios de cobrança pelo uso dos recursos hídricos subterrâneos, bem como os estudos técnicos para subsidiar a proposta dos CBH sobrejacentes no estabelecimento dos mecanismos e quantitativos a serem cobrados, conforme estabelecido na Resolução nº 48, do CNRH.

Os estudos técnicos também deverão indicar, caso necessário, as zonas dos sistemas aquíferos que são recomendadas a adoção de valores diferenciados em consequência, por exemplo, da disponibilidade, da qualidade da água, do tipo de uso, dentre outros. Além disso, deverá ser prevista a aplicação de coeficientes aos valores cobrados em função de indicadores relacionados com o uso eficiente da água, como o índice de perdas e de desperdício, com a finalidade de garantir o uso racional dos recursos hídricos subterrâneos.

De acordo com a Resolução nº 91, conforme mencionado, o enquadramento das águas em território nacional deve ter a bacia hidrográfica como unidade de gestão. A elaboração da proposta de enquadramento, com ampla participação da comunidade da bacia hidrográfica, deverá considerar de forma integrada e associada as águas superficiais e subterrâneas.

Dessa forma, os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos deve contar, no mínimo, com a caracterização física, química e biológica das águas, nas diferentes áreas dos sistemas aquíferos, ou seja, com a caracterização qualitativa das águas subterrâneas, que juntamente com outras informações facilitará a elaboração da proposta de enquadramento dessas águas; este enquadramento, por sua vez será realizado pelos CBH sobrejacentes.

Os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos deverão conter também proposta para a criação de uma rede de monitoramento dos níveis e da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, sendo sugeridos pontos de monitoramento; frequência de coleta de amostras e de medições e parâmetros a serem determinados. As informações coletadas fariam parte do banco de dados do Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos.

De acordo com a Resolução nº 92 do CNRH, os órgãos gestores de recursos hídricos em articulação com os órgãos ambientais e de saúde poderão exigir dos usuários o monitoramento da água subterrânea outorgada. Sendo assim, no Plano de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos poderá ser elaborada uma proposta para criação de uma rede de monitoramento da qualidade da água, com base nas análises realizadas pelos usuários das águas subterrâneas, sendo, para tanto, definidos os parâmetros e a frequência das amostras.

7.4 CONTEÚDO MÍNIMO SUGERIDO PARA OS PLANOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

Para os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos devem ser realizados estudos que permitam o conhecimento das condições atuais de armazenamento, recarga, vulnerabilidade, circulação, exploração e qualidade, ou seja, informações que permitam o estabelecimento de diretrizes e metas para a gestão sustentável dos recursos subterrâneos. Assim, é sugerido um conteúdo mínimo que permita a caracterização hidrogeológica e o monitoramento qualitativo e quantitativo dos sistemas aquíferos.

Para a caracterização hidrogeológica é sugerido:

- definição dos parâmetros hidrodinâmicos dos sistemas aquíferos: coeficiente de condutividade hidráulica, transmissividade e armazenamento.
- identificação e definição das interligações entre as águas superficiais e subterrâneas;
- identificação e mapeamento da profundidade, geometria e espessura dos sistemas aquíferos;
- identificação e delimitação das áreas e formas de recarga;
- identificação e mapeamento de áreas de vulnerabilidade e risco de contaminação;
- identificação e mapeamento das zonas de proteção;
- identificação e mapeamento das potencialidades e disponibilidades dos sistemas aquífero.

Para o monitoramento de qualitativo e quantitativo dos sistemas aquíferos é sugerido:

- elaboração de cadastro dos poços existentes, tanto de uso público com de uso privado, por sistema aquífero;
- elaboração de mapas hidroquímicos sazonais com a caracterização físico-química e bacteriológica das águas, por sistemas aquíferos;
- identificação e mapeamento das demandas hídricas atuais e futuras, por tipo de consumo (residencial, industrial, comercial etc.);
- estabelecimento de critérios para seleção de pontos de monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas;
- definição de pontos de coleta de amostras e monitoramento do nível da água para o estabelecimento da rede de monitoramento e das condições quali-quantitativas dos recursos hídricos subterrâneos.

Nas Figuras 54 e 55 são mostrados o modelo atual e o modelo proposto, considerando um sistema aquífero subjacente a três bacias hidrográficas.

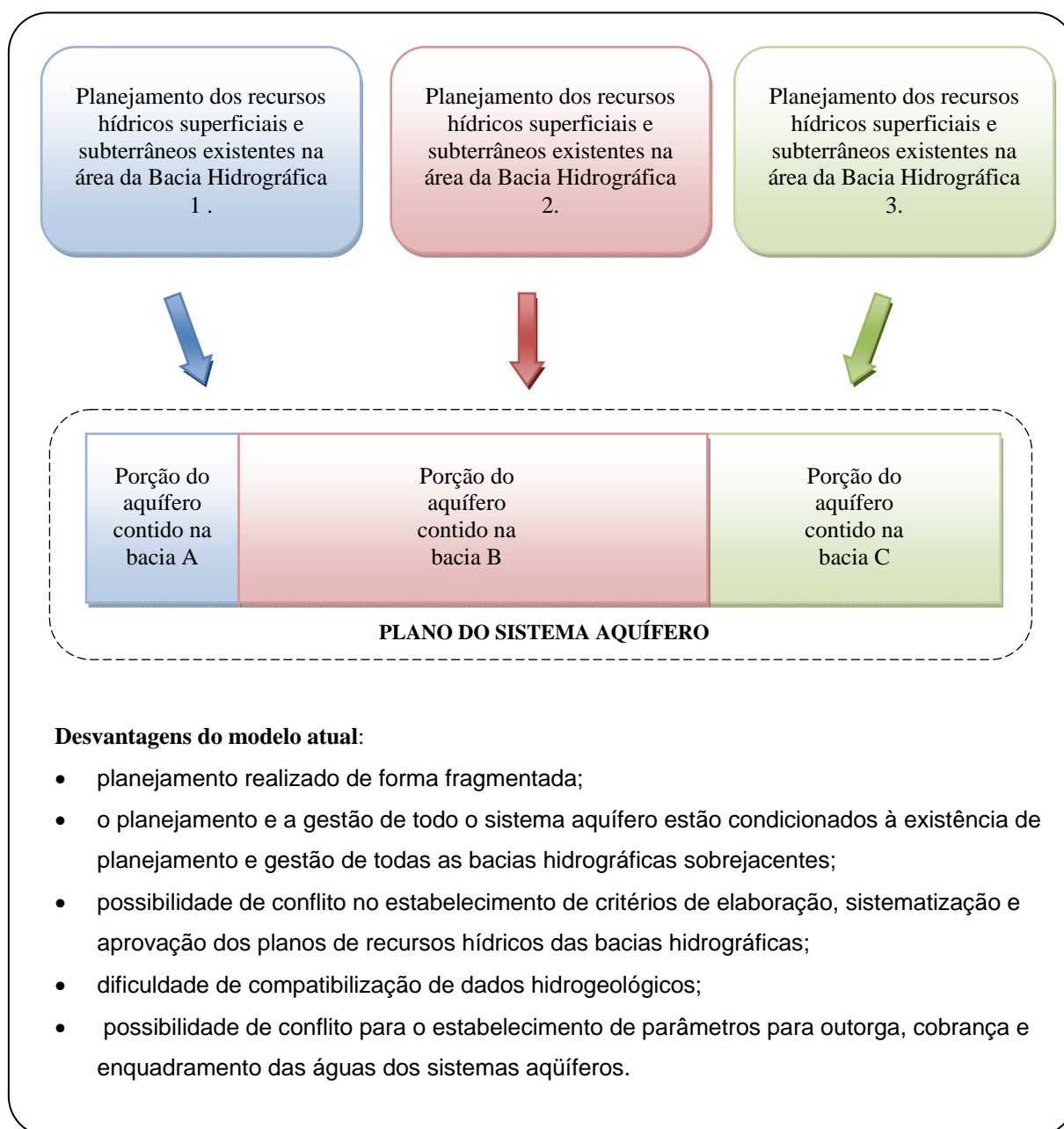


Figura 54 – Modelo atual do planejamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

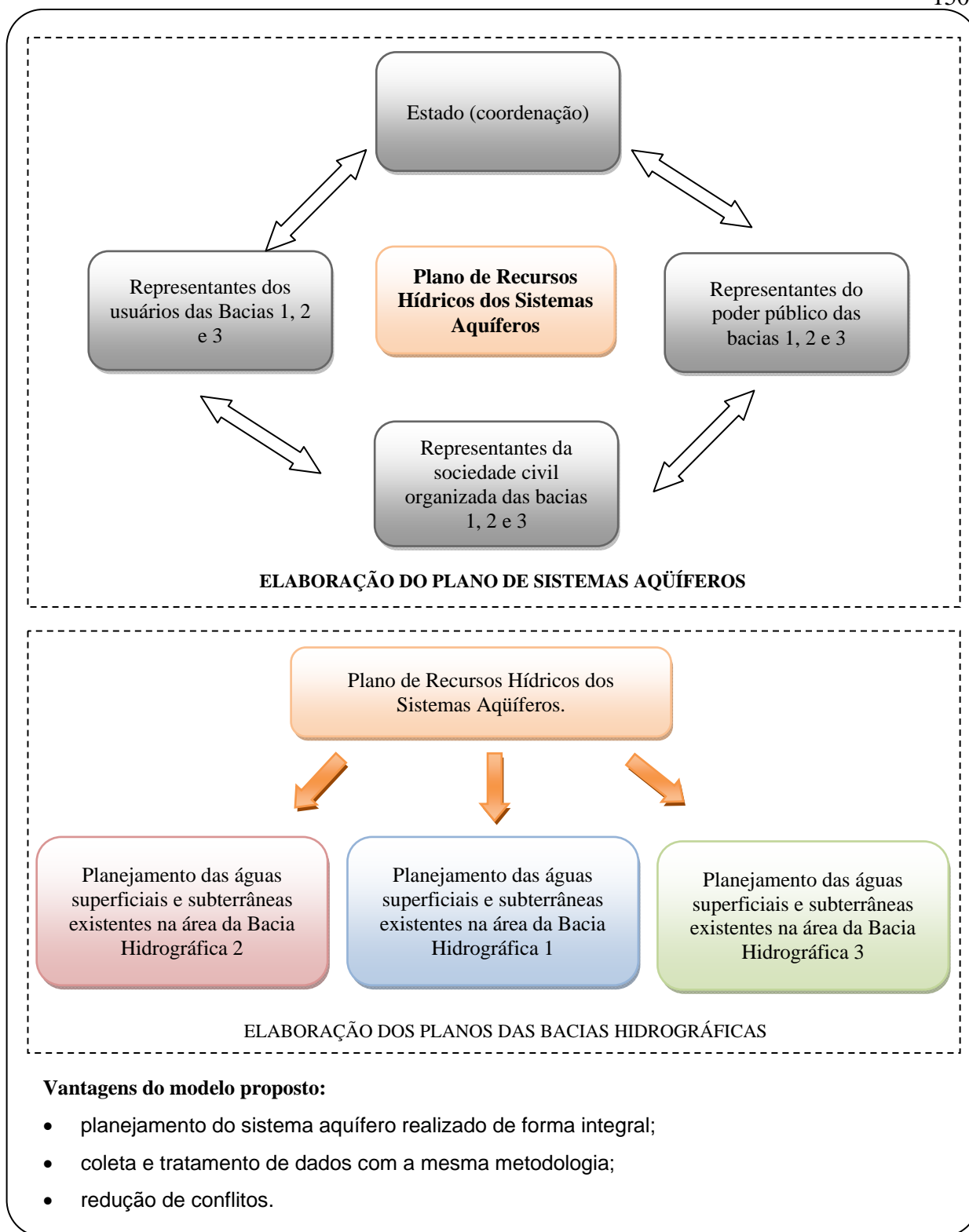


Figura 55 – Modelo de planejamento e gestão proposto para os recursos hídricos subterrâneos

Em razão da caracterização dos sistemas aquíferos estar disponível e poder ser facilmente incorporada pelos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas sobrejacentes, é esperado que as informações contidas nos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos facilitem e agilizem a elaboração dos planos das bacias hidrográficas, no que se refere aos recursos hídricos subterrâneos.

A existência dos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos também poderá facilitar o estabelecimento de critérios de elaboração, sistematização e aprovação dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, no que se refere aos recursos hídricos subterrâneos sobrejacentes a duas ou mais bacias, uma recomendação prevista na Resolução nº 22 do CNRH. Ou seja, para aprovação dos planos de bacia é necessária a adoção dos mesmos critérios para a coleta e tratamento das informações dos sistemas aquíferos subjacentes a duas ou mais bacias hidrográficas.

A definição prévia de diretrizes para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos nos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos, bem como a definição das prioridades de outorga, diretrizes e critérios de cobrança e a implantação do sistema de informações sobre recursos hídricos poderá evitar futuros conflitos entre as bacias hidrográficas na gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

Além disso, a formação da Comissão de Sistemas Aquíferos para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos permitirá o início do planejamento e da gestão dos recursos hídricos subterrâneos no Estado. Por outro lado, a reunião do poder público, dos usuários e da comunidade para definição de diretrizes para gestão dos recursos hídricos subterrâneos poderá fomentar a formação dos CBH, dando início à consolidação da gestão de recursos hídricos no Estado.

7.5 PROPOSTA DE RESOLUÇÃO AO CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA A INSTITUIÇÃO DOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

Justificação

Considerando a necessidade de promover a preservação e o uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos no Estado do Pará;

Considerando que a exploração inadequada dos recursos hídricos subterrâneos pode ocasionar alterações nas condições de disponibilidade e qualidade nos sistemas aquíferos;

Considerando a necessidade da caracterização dos sistemas aquíferos localizados no Estado do Pará;

Considerando a necessidade da implementação dos instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), resolve:

Art. 1º Os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos serão elaborados como parte integrante do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará.

Art 2º Os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos serão coordenados e promovidos pelo órgão gestor de recursos hídricos do Estado.

§ 1º Os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos poderão ser elaborados pelas agências de bacia e por entidades públicas ou privadas.

§ 2º Os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos deverão considerar os planos, programas, projetos e demais estudos relacionados aos recursos hídricos existentes na área de abrangência dos sistemas aquíferos.

Art. 3º A elaboração dos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos será acompanhada por uma comissão formada por representantes do órgão gestor de recursos hídricos do Estado e dos Comitês das Bacias Hidrográficas (CBH) sobrejacentes aos sistemas aquíferos.

Parágrafo Único: a comissão citada no Artigo 3º será coordenada pelo órgão gestor de recursos hídricos.

Art. 4º Caso um ou mais Comitês das Bacias Hidrográficas sobrejacentes aos sistemas aquíferos ainda não estejam instituídos, estes serão representados por equipe composta para este fim.

Parágrafo Único: cada bacia hidrográfica sobrejacente ao sistema aquífero terá representantes na comissão, para acompanhamento da elaboração dos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos, nas seguintes categorias:

I – Representantes dos municípios com território localizado na área da bacia hidrográfica, preferencialmente na área do sistema aquífero.

II – Representantes dos usuários da bacia hidrográfica, preferencialmente dos recursos hídricos subterrâneos.

III – Entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na área da bacia hidrográfica, preferencialmente em águas subterrâneas.

Art. 5º O número de representantes de cada uma das categorias para cada um dos Comitês de Bacia Hidrográfica será estabelecido pelo órgão gestor de recursos hídricos do Estado.

§ 1º O número de representantes será proporcional à área da bacia coincidente à área do sistema aquífero.

§ 2º Os representantes de cada categoria serão escolhidos por seus pares.

§ 3º O processo de credenciamento e seleção dos integrantes da Comissão de Sistemas Aquíferos, para acompanhamento da elaboração dos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos, será ser amplamente divulgado pelo órgão gestor de recursos hídricos.

Art. 6º Os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos serão aprovados pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH).

Art. 7º A proposta do Plano de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos será encaminhada para aprovação ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos pela Comissão formada para o acompanhamento da elaboração do referido Plano.

Art. 8º As diretrizes e critérios para elaboração dos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos serão definidos pela Comissão de Sistema Aquífero.

Art. 9º Para a caracterização dos sistemas aquíferos serão realizados estudos hidrogeológicos para a definição de, no mínimo:

I – geometria dos sistemas aquíferos;

II - as áreas de recarga;

III - zonas de proteção e restrição do uso;

IV – definição das potencialidades, disponibilidades e vulnerabilidades.

Art. 10 Em relação aos instrumentos de gestão, os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos deverão apresentar:

I – os limites e critérios de outorga dos recursos hídricos subterrâneos;

II – as diretrizes e critérios para a cobrança dos recursos hídricos;

III – a proposta de enquadramento dos sistemas aquíferos;

IV – a sistemática de implementação dos sistemas de informações do aquífero.

Parágrafo Único. Os Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos poderão propor diferentes condições de outorga, bem como aplicação de valores diferenciados em função das peculiaridades da área.

Art. 11 As diretrizes definidas nos Planos de Recursos Hídricos dos Sistemas Aquíferos serão levadas em consideração pelos Comitês de Bacia Hidrográfica no momento da elaboração dos seus respectivos planos de recursos hídricos.

8. CONCLUSÕES

- Na RMB a utilização de poços particulares para o autoabastecimento é realizada de forma indiscriminada e é verificada nas áreas com ou sem rede pública de abastecimento de água;
- Em 25 bairros da cidade de Belém, atendidos por rede pública de água, 15,9% (37.398) das economias utilizam poços particulares para o autoabastecimento. Na categoria residencial, a mais representativa, atingindo 81,3% do total das economias, são verificadas 13,9% (26.613) de economias com poços particulares;
- Os bairros onde são verificados os maiores percentuais de economias que utilizam poços particulares para o autoabastecimento são os mais verticalizados, como Batista Campos, Nazaré, Reduto, Umarizal e São Braz. Estes bairros apresentam, respectivamente, 32%, 55,7%, 39,35, 30,2% e 34,8 do total de economias com poços particulares e 34,1%, 62,9%, 49,2%, 31,8% e 33,3% de economias residenciais com poços particulares;
- Na década de 1980 foram verificadas amostras de água em poços particulares com teores de nitrato na faixa de 20 a 24 mg/l nos bairros Batista Campos, Cremação, Nazaré, Reduto, Sousa, Telégrafo e Umarizal;
- Em todos os bairros analisados nesta pesquisa foram verificadas amostras de água de poços particulares com baixos teores de nitrato, na faixa de 0 a 1 mg/l, o que sugere que essas águas apresentam naturalmente baixas concentrações de nitrato;
- A recarga dos sistemas hidrogeológicos suspensos na RMB apresenta grandes riscos em função de atividades antrópicas desenvolvidas na área e ausência de saneamento básico;
- Em Belém a degradação dos sistemas aquíferos superiores, utilizados pela população para o autoabastecimento, pode desencadear problema de saúde pública e, em curto prazo, inviabilizar a utilização desses aquíferos, o que poderá ocasionar a migração em massa para o sistema público ou para o aquífero Pirabas;
- O sistema público de abastecimento de água, nas atuais condições, terá dificuldade de abastecer a população que migrar do abastecimento próprio para o sistema público;

- A técnica de elaboração de cenários tem se mostrado uma vantajosa ferramenta para o planejamento. Aplicada à gestão de recursos hídricos no Estado evidenciou que as principais variáveis que interferem na gestão dos recursos hídricos são a estruturação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; a elaboração e implementação dos instrumentos de gestão (planos de recursos hídricos, enquadramento dos corpos d'água, outorga, cobrança, e, especialmente, capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental); o planejamento e a implementação do sistema de gerenciamento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas;
- A ausência da implementação de instrumentos de gestão no Estado do Pará, em especial dos recursos hídricos subterrâneos, tem ocasionado a degradação e o uso indiscriminado das águas subterrâneas;
- A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433, e as resoluções existentes fornecem ferramentas voltadas principalmente à gestão dos recursos hídricos superficiais. Em relação às águas subterrâneas, essa política não é muito efetiva em razão do descompasso existente, em termos espaciais, entre os limites dos sistemas aquíferos e das bacias hidrográficas, que é a unidade de planejamento da PNRH;
- Para o adequado gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos na RMB, é necessária a construção de um sistema de informações gerenciais com a finalidade de facilitar e apoiar a tomada de decisão dos órgãos gestores;
- Em razão do cenário apresentado neste trabalho são propostos os Planos de Sistemas Aquíferos como instrumento de gestão que poderá agilizar e melhorar a gestão integrada dos recursos hídricos no Estado, em especial dos subterrâneos.

REFERÊNCIAS

- Abreu F.A.M. de. 2009. (no prelo). *Plano de gestão das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Belém – RMB*. Belém.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). 2007. *Resolução nº 348, de 20 de agosto de 2007*. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2007/348-2007.pdf>. Acessado em: 22/02/2008.
- _____. 2008. *Estrutura organizacional*. Disponível em: http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/organograma_inst.aspx. Acessado em: 21/03/2008.
- Água do Guamá contaminada por cemitério. 2002. *Diário do Pará*, Belém, 21 abr., Caderno de meio ambiente. Disponível em: http://sib.iesampa.edu.br/downloads/hemeroteca/ciencias_exatas/GEO/GEO0028.pdf. Acessado em: 22/08/2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1993. *NBR 7229: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. Rio de Janeiro, 15 p.
- Batalha B.L. & Parlatore C.A. 1998. *Controle da qualidade da água para consumo humano*. São Paulo, CETESB.
- Bellingieri P.H. 2005. *Avaliação de impacto em águas subterrâneas e no solo, pela prática de disposição de efluentes de lagoa anaeróbia na agricultura*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 1986. *Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=43>. Acessado em: 12/01/2006.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 1997. Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de Normas Legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2000. Lei n.º 9.984, de 17 de junho de 2000. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de Normas Legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2000. Resolução nº 9, de 21 de junho de 2000. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de normas legais*. 6. ed. Brasília, MMA.

- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2000. Resolução nº 12, de 19 de julho de 2000. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de normas legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2001. Resolução nº 15, de 11 de janeiro de 2001. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de normas legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2001. Resolução nº 16, de 8 de maio de 2001. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de normas legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2001. Resolução nº 17, de 29 de maio de 2001. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de normas legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2002. Resolução nº 22, de 24 de maio de 2002. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de normas legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2003. Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de normas legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2005. Resolução nº 48, de 21 de março de 2005. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de normas legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/con.ama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acessado em: 12/01/2006.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2008. Resolução nº 91, de 5 de novembro de 2008. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de normas legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2008. Resolução nº 92, de 05 de novembro de 2008. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2008. *Conjunto de normas legais*. 6. ed. Brasília, MMA.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2009. *Plano de Recursos Hídricos – Programa Nacional de águas subterrâneas*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2008. *Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acessado em: 18/06/2008.
- BRASIL. Constituição (1988). *Constituição [da] República Federativa do Brasil*.

- BRASIL. 1998. Decreto nº 2.612 de 03 de junho de 1998. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 4 jun. 1998. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/lrh2000/LF/Decretos/DECRETO2612.htm>. Acessado em: 12/01/2008.
- BRASIL. 2007. Decreto nº 6.101, de 26 de abril de 2007. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 abril de 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6101.htm. Acessado em: 12/01/2008.
- BRASIL. 2004 *Portaria nº 518 de 25 de março de 2004*. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/sitefunasa/legis/pdfs/portarias_m/pm_518_2004.pdf. Acessado em: 29/04/2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. 2006. *Plano Nacional de Recursos Hídricos: águas para o futuro: cenários para 2020*. Brasília, MMA.
- Braz V.M.N., Menezes L.B., Berredo F. 2000. Contribuição ao estudo de águas contaminadas por cemitérios na cidade de Belém-PA. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, Belém, 12: 105-122.
- Braz V.N. & Lopes M.S.B. 2005. Presença de contaminação em áreas de cemitério, após sua desativação: estudo de caso do cemitério do Benguí, Belém - Pará. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, Campo Grande. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=36117&indexSearch=ID>. Acessado em: 20/08/2009.
- Buarque S.C. 2003. *Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais*. Brasília, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
- Cabral N.M.T. 2004. *Impacto da urbanização na qualidade das águas subterrâneas nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal – Belém/PA*. Tese de Doutorado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 278p.
- Cabral N.M.T. 2007. Teores de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) nas águas do aquífero barreiras nos bairros do Reduto, Nazaré e marizal – Belém/PA. *Química Nova*, 30(8):1804-1808. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000800003&script=sci_arttext. Acessado em: 20/08/2009.
- Cabral N.M.T. & Lima L.M. 2006. Comportamento hidrogeoquímico das águas do aquífero Barreiras nos bairros centrais de Belém, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, Belém, 1(1):149-166. Disponível em: <http://scielo.iec.pa.gov.br/pdf/bmpegn/v1n1/v1n1a11.pdf>. Acessado em: 20/08/2009.
- Capucci E. et al. 2001. *Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas: orientação aos usuários*. Rio de Janeiro, SEMADS.
- Chernicharo C.A.L. 1997. *Reatores anaeróbios*. Belo Horizonte, SEGRAC, v. 5.

- COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ. 1983. *Sistema de abastecimento de água de Belém - revisão da Emenda Técnica ao Relatório Técnico Preliminar*. Belém.
- Costa W.D. 2000. Uso e gestão de água subterrânea. In: Feitosa F.A.C. & Manoel Filho J. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza, CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 391p.
- Dacach N.G. 1990. *Tratamento primário de esgoto*. Rio de Janeiro, Didática e Científica.
- Di Bernardo L., Di Bernardo A., Centurione Filho P.L. 2002. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos, Rima.
- Döll P., Mendiondo M., Fuhr D. 2007. *Desenvolvimento de cenários como uma ferramenta para o planejamento regional*. Disponível em: [HTTP//WWW.ufc.uni-kassel.de/waves/management/brasilien/cenarios_pt.pdf](http://WWW.ufc.uni-kassel.de/waves/management/brasilien/cenarios_pt.pdf). Acessado em: 17/06/2007.
- Duarte K.S. 2003. Postos de abastecimento de combustíveis de Brasília ameaçam a saúde da população: *Agência Brasil*, 6 de novembro de 2003. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual de saneamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.
- Duarte K.S. & Souza N.M. 2007. Postos ameaçam o meio ambiente. *Jornal UNB Notícias*, Brasília, 23 jul. 2007. Entrevista concedida ao Jornal UNB Notícias.
- GOOGLE EARTH, [2010]. Disponível em: www.google.com.br. Acessado em: 26 maio 2010.
- Guedes M. 2009. *A gestão dos recursos hídricos nos condomínios de Belém*. Disponível em: http://www.abas.org.br/arquivos/artigo_larhima.pdf. Acessado em: 22/09/2009.
- Henkes S.L. 2003. Política nacional de recursos hídricos e sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. *Jus Navigandi*, Teresina, 7(64): 23. Disponível em: <http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=3970>. Acessado em: 22/01/2010.
- Hirata R.C.A., Bastos C.R.A., Rocha G.A. 1997. *Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no estado de São Paulo*. São Paulo, Instituto Geológico, CETESB.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2009. *Atlas de Saneamento*. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/publicacao.html. Acessado em: 20/02/2009.
- _____. 2010. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: 22/01/2010.
- Jordão E.P. & Pessoa C.A. 1995. *Tratamento de esgotos domésticos*. Rio de Janeiro Ed. ABES.

- Koury F.S.M. 2006. *A viabilidade econômica e técnica da utilização de poços tubulares para o abastecimento de água, na Região Metropolitana de Belém e Ananindeua*. Dissertação de mestrado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Librelon R. 2006. ANP investiga contaminação. *Correio Braziliense*, Brasília, DF, fev. 2006. Disponível em: <http://www.secom.unb.br/unbclipping2/2006/cp060308-10.htm>. Acessado em: 02/01/2010.
- Magalhães Júnior A.P. 2007. *Indicadores ambientais e recursos hídricos*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- Marques E.P. 1988. *Modelo de geração de cenários em planejamento estratégico*. Disponível em: http://www.federativo.bndes.gov.br/conhecimento/livro_ideias/livro-11.pdf. Acesso em: 10/06/2006
- Mason C.F. 1982. *Decomposição*. São Paulo, Ed. Universitária e Pedagógica de São Paulo.
- Matta M.A. da S. 2002. *Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos de Belém e Ananindeua- Pará, Brasil*. Tese de doutorado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 240p.
- Menegassi J. & Osório L.M. 2006. *Conflitos urbano-ambientais em capitais amazônicas: Boa Vista, Belém, Macapá e Manaus*. [S.l.], Centro pelo Direito à Moradia contra Despejos (COHRE).
- Mestrinho S.S.P. 1997. *Contaminação de aquíferos*. [S.l., s.n.], Apostila.
- Mierzwa J.C. & Hespanhol I. 2005. *Água na indústria uso racional e reuso*. São Paulo Oficina de Textos.
- Oliveira J.R. de. 2002. *Projeto estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e adjacências*. Belém, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais Superintendência Regional de Belém.
- Oliveira J.R. 2004. Caracterização das potencialidades aquíferas da região Metropolitana de Belém com proposta técnica para perfuração de poços tubulares. In: Uhly S. & SOUZA E.L. *A questão da água na Grande Belém*. Belém, Casa de Estudos Germânicos, Cap. 8, p. 181 – 204.
- Ottaway J.H. 1982. *Bioquímica da poluição*. São Paulo, Ed. Universitária e Pedagógica de São Paulo.
- PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 2001. Lei n.º 6.381, de 25 de junho de 2001. In: PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). 2008. *Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará: Lei no 6.381/01 e legislação complementar*. Belém, SEMA.

- PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 2002. Decreto nº 5.565 de 11 de outubro de 2002. In: PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). 2008. *Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará: Lei nº 6.381/01 e legislação complementar*. Belém, SEMA.
- PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 2006. Decreto nº 2.070 de 20 de fevereiro de 2006. In: PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). 2008. *Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará: Lei nº 6.381/01 e legislação complementar*. Belém, SEMA.
- PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 2008. Resolução nº 003, de 03 de setembro de 2008. In: PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). 2008. *Política estadual de recursos hídricos do estado do Pará: Lei nº 6.381/01 e legislação Complementar*. Belém, SEMA.
- PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 2008. Resolução nº 005, de 03 de setembro de 2008. In: PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). 2008. *Política estadual de recursos hídricos do estado do Pará: Lei nº 6.381/01 e legislação complementar*. Belém, SEMA.
- PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 2008. Resolução nº 006, de 03 de setembro de 2008. In: PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). 2008. *Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará: Lei nº 6.381/01 e legislação complementar*. Belém, SEMA.
- PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 2008. Resolução nº 007, de 03 de setembro de 2008. In: PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). 2008. *Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará: Lei nº 6.381/01 e legislação complementar*. Belém: SEMA.
- Pereira J.A. 2006. *Plano diretor do sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém-PA*.
- Pereira J.A. & Cardoso A.C.D. 2003. Perspectivas para o sistema de esgoto sanitário da região Metropolitana de Belém. In: Pereira J.A. *Saneamento ambiental em áreas urbanas*. Belém, EDUFPA. cap. 10, p. 199 – 205.
- Pompeu, A. *Uso inteligente da água*. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.
- Rebouças C.T. 2006. *Direito de águas no Brasil*. São Paulo, Ed. Revista dos Tribunais.
- Rede geral de abastecimento de águas – Belém – 2000. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/pdfs/mappag129.pdf. Acessado em: 19/01/2008.
- Rede geral de esgoto – Belém – 2000. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/pdfs/mappag130.pdf. Acessado em: 19/01/2008.

- Ribeiro J.M.F. 1997. *Prospectiva e cenários: uma breve introdução metodológica*. Lisboa, Departamento de Prospectiva e Planejamento. Disponível em: <http://www.dpp.pt/pages/files/serie_prospectiva_1.pdf#page=7>. Acesso em: maio de 2008.
- Roche R. 2009. *Contaminação das águas subterrâneas por vazamento de combustíveis*. http://www.robertoroche.com.br/artigos.php?id_artigo=43. Acessado em: 20/09/2009.
- Rodrigues J.A. et al. 2003. Avaliação preliminar do comportamento do aquífero freático no cemitério São Miguel do município de Palmas. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, Joinville, SC. 2003*. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/txlo.pdf>. Acessado em: 15/08/2008.
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. 2009. *Instrução Normativa nº. 31, de 07 de outubro de 2009*. Disponível em: http://www.sectam.pa.gov.br/interna.php?idconteudo=coluna=4972&idcoluna=14&titulo_conteudocoluna=31. Acessado em: 05/03/2010.
- SINDICATO DOS ENGENHEIROS NO ESTADO DO PARÁ (SENGEPA). 2006. Postos sobre suspeita. *Jornal do Senge*, jan.-mar. 2006. Disponível em: http://www.sengepa.com.br/Imprensa/Jornal_Senge_012006.PDF. Acessado em: 30/08/2009.
- SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS (SINGREH). 2008. Estrutura organizacional. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=161&idConteudo=9515&idMenu=10197>. Acessado em: 05/03/2008.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). 2007. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2007. Brasília. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acessado em: 02/07/2009.
- _____. 2005. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2005*. Brasília: dezembro de 2006. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acessado em: 02 de julho de 2007.
- Souza E.L. & Anjos G.C. dos. 2004. Contaminação das águas subterrâneas: uma visão parcial da situação de Belém e dos problemas decorrentes. *In: Uhly S. & Souza E.L. A questão da água na Grande Belém*. Belém, Casa de Estudos Germânicos. cap. 7, p. 149 – 180.
- Sugimoto L. 2004. Sensores detectam e monitoram contaminação de águas subterrâneas. *Jornal da Unicamp*, Campinas, 22 a 28 de nov.
- Vivacqua M.D. 2005. *Gestão de recursos hídricos, comitês de bacia hidrográfica e o processo administrativo de arbitragem de conflitos pelo uso da água*. Dissertação de Mestrado, Centro de ciências tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

Von Sperling M. 2000. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte, Ed. SEGRAC.

Wright J.T. & Spers R.G. 2006. O país do futuro. *Estudos Avançados*, São Paulo, 20(56). Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0103-40142006000100003. Acessado em: 09/06/2007.

Zoby J.L.G. & Oliveira F.R. de. 2005. *Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil*. Brasília, DF, Agência Nacional de Águas.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)