



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 453

**ANÁLISE COMPARATIVA HIDROAMBIENTAL DAS BACIAS
DO UNA E DA ESTRADA NOVA, EM BELÉM-PA, E SUAS
IMPLICAÇÕES SOCIOECONÔMICAS**

Dissertação apresentada por:

EDUARDO ARAUJO DE SOUZA LEÃO

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

**BELÉM
2015**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
(Biblioteca do Instituto de Geociências/UFPA)

Leão, Eduardo Araújo de Souza, 1980-
Análise comparativa hidro ambiental das bacias do Una e
da Estrada Nova, em Belém-PA, e suas implicações
socioeconômicas / Eduardo Araújo de Souza Leão. – 2015.
xxiii, 230 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Francisco de Assis Matos de Abreu
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em
Geologia e Geoquímica, Belém, 2015.

1. Bacias hidrográficas - Belém (PA). 2. Hidrogeologia -
Belém (PA). 3. Saneamento - Política governamental -
Avaliação - Belém (PA). 4. Drenagem - Belém (PA). I. Título.

CDD 22. ed. 551.48098115



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

**ANÁLISE COMPARATIVA HIDROAMBIENTAL DAS
BACIAS DO UNA E DA ESTRADA NOVA, EM BELÉM-PA, E
SUAS IMPLICAÇÕES SOCIOECONÔMICAS**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR
EDUARDO ARAÚJO DE SOUZA LEÃO**

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

Data de Aprovação: 26 / 03 / 2015

Banca Examinadora:

**Prof. Francisco Assis Matos de Abreu
(Orientador-UFPA)**

**Prof. Itabaraci N. Cavalcante
(Membro-CC/UFC)**

**Prof. Marco Antônio Galarza Toro
(Membro-UFPA)**

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Geociências em especial ao PPGG pela infraestrutura concedida;

Ao meu professor e orientador Francisco Matos pelo tempo dedicado à orientação e pela compreensão em vários momentos de dificuldades ligados ao meu trabalho fora de Belém;

Aos meus familiares pela ajuda e compreensão nos momentos de dificuldade;

A Prefeitura de Belém que forneceu informações que muito auxiliou na construção desta dissertação;

A Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) pelo uso do laboratório de análise físico-químico-bacteriológico e pelo fornecimento de informações do Projeto Una;

A todas as pessoas que contribuíram de forma positiva para que esta dissertação tivesse êxito.

RESUMO

Para se avaliar a efetividade das intervenções públicas no que se refere a alterar a dinâmica social e a melhorar a qualidade de vida de uma população é necessário a construção e aplicação de indicadores sociais no monitoramento da gestão pública, principalmente quando se tratam de grandes intervenções ambientais. Por mais que tais indicadores sejam mapeados, na grande maioria dos estudos ambientais onde ocorrem essas intervenções, observa-se que o poder público não tem se dedicado ou não consegue realizar e monitorar, de forma eficiente o comportamento destes indicadores ao longo do tempo. Em Belém, as inundações em áreas urbanas representam um sério problema para grande parte do município, principalmente quando atingem áreas densamente ocupadas, ocasião em que geram prejuízos consideráveis e muitas vezes irreparáveis, com perdas inclusive de vidas humanas. A inundação tem sido um problema frequente nos períodos de chuvas, tanto nas áreas mais antigas e consolidadas da cidade, como nas áreas de expansão urbana, fato esse agravado em função das características geológicas e geomorfológicas das áreas bem como do seu alto índice pluviométrico, pela impermeabilização do solo, ocupação das várzeas e retirada das matas ciliares, o que dificulta a infiltração das águas das chuvas. Em decorrência desses fatores ambientais e da desatenção do poder público em prover equipamentos sociais e intervenções físicas na área da metrópole, as populações que ocupam as partes mais vulneráveis da cidade de Belém, têm no geral, uma baixa qualidade de vida, no que se refere à questão do ambiente em que vivem. Com vistas a avaliar comparativamente duas realidades distintas e analisar se realmente a intervenção pública foi efetiva e eficiente e a partir da mesma incluir, como prática a aplicação de indicadores de qualidade hidro ambientais no monitoramento da gestão pública, utilizou-se como “case” para essa pesquisa a intervenção realizada pelo governo estadual na bacia do Una, onde foi executado a implantação da Macro Drenagem da Bacia Hidrográfica do Una que contemplou os serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e sistema viário, comparativamente com a intervenção do governo municipal para a bacia hidrográfica da Estrada Nova, em execução, com a implantação dos mesmos serviços. Para desenvolver a pesquisa, o estudo levantou dados e informações obtidas na bacia do Una e projetou cenários futuros para a bacia da Estrada Nova, utilizando os mesmos indicadores. Estes indicadores socioambientais, nesse estudo, ainda foram contemplados e fortalecidos com uma avaliação hidrogeologica das duas bacias, a análise de qualidade das águas superficiais e subterrâneas, a consideração sobre a incidência de doenças de veiculação hídrica, a vulnerabilidade dos

aquíferos, com o objetivo de avaliar a espacialização de criticidade das bacias e identificar quais regiões precisam de mais atenção ou apresentam os melhores resultados. O estudo demonstrou que as características físicas e socioeconômicas das duas bacias de estudo são similares e que após a intervenção na bacia do Una, nenhum tipo de indicador foi monitorado, com vistas a comprovar a eficiência da intervenção. O estudo ainda apresentou que os indicadores de saúde, ligados a veiculação hídrica (motivo pelo qual também foi feita a intervenção) escolhidos para monitoramento antes e após a intervenção, têm, parcialmente, conexões diretas com a qualidade ambiental da bacia, porém muitos indicadores não puderam ser escolhidos pela inexistência de dados do poder público. A vulnerabilidade do aquífero superior também é preocupante em alguns bairros, na medida em que grande parte da população se abastece deste aquífero, o qual tem sua recarga provida, em boa parte, pelos canais drenantes de Belém, sabidamente detentores de índices de qualidade muito ruins de suas águas, podendo mesmo serem caracterizados como verdadeiros esgotos a céu aberto. Os canais drenantes e igarapés de Belém, são responsáveis assim pelo direcionamento deste excesso de esgoto, para a Baía do Guajará e para o rio Guamá por meio da interligação que têm com esses elementos fisiográficos. Em virtude do município ter grande parte da sua área situada em cotas de até 4 metros, que é também a amplitude média anual das marés regionais, essas áreas estão sujeitas à inundações. Por via de consequência todo o aquífero superior fica vulnerável a infiltração das águas contaminadas dos canais, as quais nos momentos de cheias ficam represadas, aumentando o tempo de residência nos mesmos. A pesquisa ora em apresentação avaliou cenários e indicadores, dessa realidade, deixando em aberto a necessidade de serem construídos e monitorados outros indicadores para que o ato de avaliar a efetividade da intervenção pública possa ser mais consistente. Por fim o estudo também constata que vários indicadores não puderam ser considerados no estudo devido à insuficiência e a qualidade de dados existentes disponibilizados pelo poder público.

Palavra-chave: Bacia hidrográfica. Saneamento ambiental. Gestão pública. Qualidade da água. Monitoramento de indicadores. Indicadores de saúde. Intervenções urbanas.

ABSTRACT

To evaluate the effectiveness of public interventions in relation to changing social dynamics and improve the quality of life of a population is necessary to the built and application of social indicators in monitoring public management, especially when dealing with large environmental interventions. As much as these indicators are mapped, the vast majority of environmental studies where these interventions occur, the government has dedicated itself or if it does not perform and monitor efficiently the behavior of these indicators over time. In Belém, the floods in urban areas pose a serious problem for most of the municipality, especially when involving densely occupied areas, at which generate considerable damage and often irreparable, even with losses of human lives. Flooding has been a problem during periods of frequent rainfall, both in the oldest areas of the city and consolidated, as in the areas of urban sprawl, a fact compounded by soil sealing, occupation of wetlands and removal of riparian vegetation, which hinders the infiltration rainwater. Due to these environmental factors and the inattention of government in providing social amenities and physical interventions in the area of the metropolis, populations that occupy the most vulnerable parts of the city of Belém, in general have a poor quality of life, as regards the issue of the environment in which they live. In order to comparatively evaluate two different realities and really consider whether public intervention was effective and efficient and from the same include as practical application of social indicators in monitoring the public administration, was used as case for this research performed by government intervention state in the basin of Una, where he was executed the deployment of Macro Drainage Basin of Una and services contemplated drinking water supply, sewerage, storm water drainage and road system, compared with the intervention of the municipal government to bowl Estrada Nova, running, with the deployment of these services. To develop the research, the study gathered data and information collected in the basin of Una and projected future scenarios for the basin of Estrada Nova, using the same indicators. These indicators in this study were also addressed and strengthened with a hydrogeological assessment of the two basins, the analysis of quality of surface and groundwater, consideration of the incidence of waterborne diseases, the vulnerability of aquifers, configured together in a GIS specifically built for it, with the aim of evaluating the criticality of spatialization basins and identify which areas need more attention or have the best results. The study demonstrated that the physical and socioeconomic study of the two basins are similar and after the intervention in the basin of Una, any kind of indicator was monitored with a view to demonstrate the effectiveness of the intervention. The study

also showed that health indicators linked to waterborne (why the intervention was also made) chosen for monitoring before and after the intervention, have partially direct connections to the environmental quality of the basin, but many indicators not could be chosen by the lack of government data. The vulnerability of the aquifer top is also concern in some quarters, in that much of the population obtains its supplies from this aquifer, which has its recharge provided, in part, by draining channels of Belém, known holders of very bad quality indices its waters and can even be characterized as true open sewers. The drainage channels and creeks of Belém, are thus responsible for directing this excess sewage into the Bay of Guajará and river Guamá through interconnection with those that have physiographic elements. Because the city has much of its area located in quotas of up to 4 meters, which is also the average annual tidal amplitude regional, these areas are subject to flooding. By way of consequence throughout the upper aquifer is vulnerable to infiltration of contaminated water channels, which in times of floods are dammed increasing the residence time in them,. The research now being evaluated scenarios and presentation indicators, this reality, leaving open the need to be constructed and monitored indicators other than the act of evaluating the effectiveness of public intervention can be more consistent. Finally the study also notes that several indicators could not be considered in the study due to insufficient and the quality of data provided by the government.

Keyword: Watershed. Environmental sanitation. Public management. Water quality. Monitoring indicators. Health indicators. Urban interventions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Localização das bacias hidrográficas em relação ao município de Belém. Fonte: CODEM (1998)	6
Figura 02 - Localização dos pontos de amostragem em relação ao município de Belém. Fonte: CODEM (1998)	12
Figura 03 - Mapa geológico simplificado da Região de Belém e Ananindeua. Baseado em MATTA (2002).	31
Figura 04 - Sequências estratigráficas do Cenozóico (Paleogeno Superior – Neogeno) das plataformas Bragantina e Pará. A - Formação Pirabas e a parte inferior da Formação Barreiras; B - parte intermediária e superior da Formação Barreiras; C - Sedimentos Pós-Barreiras (Rossetti et al., 2001).....	33
Figura 05 - Imagem de radar do município de Belém. Fonte: CBERS.	35
Figura 06 – Mapa Geomorfológico nas áreas de estudo em relação a Belém (Baseado em MATTA, 2002).....	37
Figura 07 - Distribuição dos solos nas áreas de estudo em relação a Belém (Baseado em MATTA, 2002).....	39
Figura 09 – Mapa da Rede de Drenagem de Belém. Fonte: CBERS e SISCOM-IBAMA, adaptado por Eduardo Leão.	46
Figura 10 – Mapa das áreas alagáveis de Belém. Fonte: CBERS, CODEM e SISCOM-IBAMA, adaptado por Eduardo Leão.....	47
Figura 11 – Mapa das Bacias Urbanas de Belém. Fonte: CBERS, CODEM e SISCOM-IBAMA, adaptado por Eduardo Leão.....	49
Figura 12 - Mapa de apresentação das isolinhas equipotenciométricas e sentido do fluxo subterrâneo para o município de Belém e para área de estudo. Fonte: CBERS e CODEM, adaptado por Eduardo Leão.....	51
Figura 13 – Localização da bacia da Estrada Nova em relação a Belém. Fonte: CBERS e CODEM.....	53
Figura 14 – Localização da bacia do Una em relação a Belém. Fonte: CBERS e CODEM....	55
Figura 15 - Mapa climatológico da Região Metropolitana de Belém através de método Köppen (fonte: OLIVEIRA, 2002).....	57
Figura 16 - Comportamento da umidade relativa do ar em Belém – valores médios mensais (fonte: INMET).....	58

Figura 17 - Comportamento da temperatura em Belém – valores médios mensais (fonte: INMET)	59
Figura 18 – Precipitação pluviometria, segundo o INMET - média mensal	60
Figura 19 - Precipitação pluviometria, segundo o INMET - média em 24 horas.....	60
Figura 20 – Fases de crescimento da cidade de Belém (fonte: Belém, 2005).....	62
Figura 21 – Canal da Av. Visconde de Inhaúma, na bacia do Una em 1998 (fonte: Pará, 2006).....	67
Figura 22 - Canal da Travessa Dr. Moraes esquina com Rua Caripunas (esquerda), e canal da Travessa Quintino Bocaiúva esquina com Avenida Bernardo Sayão (direita). Ambos na bacia da Estrada Nova em 2007 (Belém, 2007).	68
Figura 23 - Percentual de domicílios ligados à rede geral de água na RMB, por célula de 4 hectares, 1991.	70
Figura 24 - Percentual de domicílios ligados à rede geral de água na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.	71
Figura 25 - Variação absoluta do número de domicílios ligados à rede geral de água na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/2000.	72
Figura 26 - Percentual de domicílios abastecidos por poço ou nascente na RMB, por célula de 4 hectares, 1991.	74
Figura 27 - Percentual de domicílios abastecidos por poço ou nascente na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.	75
Figura 28 - Variação absoluta do número de domicílios abastecidos por poço ou nascente na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/ 2000.....	76
Figura 29 - Percentual de domicílios ligados à rede geral de esgoto na RMB, por células de 4 hectares, 1991.	81
Figura 30 - Percentual de domicílios ligados à rede geral de esgoto na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.	82
Figura 31 - Percentual de domicílios que possuem fossa séptica na RMB, por célula de 4 hectares, 1991.....	83
Figura 32 - Percentual de domicílios que possuem fossa séptica na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.	84
Figura 33 - Percentual de domicílios que possuem coleta direta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991.	88
Figura 34 - Percentual de domicílios que possuem coleta direta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.	89

Figura 35 - Variação absoluta do número de domicílios que possuem coleta direta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/2000.....	90
Figura 36 - Variação relativa do número de domicílios que possuem coleta direta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/2000.....	91
Figura 37 - Percentual de domicílios que possuem coleta indireta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991.	92
Figura 38 - Percentual de domicílios que possuem coleta indireta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.	93
Figura 39 - Variação absoluta do número de domicílios que possuem coleta indireta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/2000.....	94
Figura 40 - Variação relativa de domicílios que possuem coleta indireta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/2000.....	95
Figura 41 – Mapa de uso e ocupação do solo de acordo com o PDU do município de Belém (fonte: PDU, Belém).....	98
Figura 42 – Comportamento do pH para entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.	131
Figura 43 – Comportamento da turbidez para entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.	132
Figura 44 – Comportamento da cor para entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.	133
Figura 45 – Comportamento de cloretos para entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.	134
A figura 46 apresenta o comportamento de Cloro Residual Livre para saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.....	134
Figura 46 – Comportamento de Cloro Residual Livre para a saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.....	135
A figura 47 apresenta o comportamento do flúor para saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.	135
Figura 47 – Comportamento do flúor para a saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.....	136
A figura 48 apresenta o comportamento da presença de coliformes no controle de qualidade da rede de distribuição.	136
Figura 48 – Comportamento da presença de coliformes no controle de qualidade da rede de distribuição.	136

Figura 49 – Comportamento do pH para os poços amostrados.....	139
Figura 50 – Comportamento da Cor Verdadeira para os poços amostrados.	140
Figura 51 – Comportamento da Turbidez para os poços amostrados.....	140
Figura 53 – Comportamento da Amônia para os poços amostrados.	141
Figura 54 – Comportamento do Nitrito para os poços amostrados.	142
Figura 55 – Comportamento do Nitrato para os poços amostrados.	142
Figura 56 – Comportamento de Cloretos para os poços amostrados.	143
Figura 57 – Comportamento da Dureza para os poços amostrados.	143
Figura 58 – Comportamento da Alcalinidade para os poços amostrados.....	144
Figura 59 – Comportamento do Carbono Orgânico Total para os poços amostrados.....	145
Figura 60 – Comportamento do Sulfato para os poços amostrados.	145
Figura 61 – Comportamento da DBO para os poços amostrados.....	146
Figura 62 – Comportamento da DQO para os poços amostrados.	147
Figura 63 - Coleta da amostra no ponto P01.	148
Figura 64 - Interferência da vegetação na qualidade da água subterrânea no ponto P01.....	148
Figura 65 - Vedação do Poço P07.	149
Figura 66 - Exposição do balde no ponto P05.....	149
Figura 67 - Aspectos higiênicos do balde usado para coleta de água para consumo no ponto P09.	149
Figura 68 - Coleta de amostra na torneira no ponto P02.	149
Figura 69 – Comportamento do pH para os canais drenantes das bacias hidrográficas.....	152
Figura 70 – Comportamento da Cor Verdadeira para os canais drenantes das bacias hidrográficas.	153
Figura 71 – Comportamento da Turbidez para os canais drenantes das bacias hidrográficas.	153
Figura 72 – Comportamento da Amônia para os canais drenantes das bacias hidrográficas.	154
Figura 73 – Comportamento do Nitrito para os canais drenantes das bacias hidrográficas... ..	155
Figura 74 – Comportamento do Nitrato para os canais drenantes das bacias hidrográficas. .	155
Figura 75 – Comportamento de Cloreto para os canais drenantes das bacias hidrográficas. .	156
Figura 76 – Comportamento da Dureza para os canais drenantes das bacias hidrográficas. .	156
Figura 77 – Comportamento da Alcalinidade para os canais drenantes das bacias hidrográficas.	157
Figura 78 – Comportamento da Matéria Orgânica Consumida para os canais drenantes das bacias hidrográficas.	157

Figura 79 – Comportamento do Sulfato para os canais drenantes das bacias hidrográficas. .	158
Figura 80 – Comportamento da DBO para os canais drenantes das bacias hidrográficas.	159
Figura 81 – Comportamento da DQO para os poços amostrados.	159
Figura 82 - Coleta da amostra no ponto C03.....	160
Figura 83 - Armazenamento das amostras em garrafa pet.	160
Figura 84 - Resíduos presentes no canal do Uma (ponto C09).	161
Figura 87 - Áreas alagadas e alagáveis da bacia do Una. Fonte: CBERS e SISCON adaptado por Eduardo Leão.	166
Figura 88 - Áreas alagadas e alagáveis da bacia da Estrada Nova. Fonte: CBERS e SISCON adaptado por Eduardo Leão.	167
Figura 89 - Fluxograma para avaliação de vulnerabilidade à contaminação de um aquífero (Adaptado de Foster e Hirata, 1988).....	173
Figura 90 - Mapa de vulnerabilidade dos aquíferos de Belém com ênfase nas bacias hidrográficas do estudo (Fonte: CPRM, 1998 adaptado por Eduardo Leão).	179
Figura 91 - Identificação de casos notificados de Leptospirose para Bacia da Estrada Nova em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior	182
Figura 92 - Identificação de casos notificados de Leptospirose para Bacia da Estrada Nova em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior	183
Figura 93 - Identificação de casos notificados de Dengue para Bacia da Estrada Nova em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior	185
Figura 94 - Identificação de casos notificados de Dengue para Bacia da Estrada Nova em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior	186
Figura 95 - Identificação de casos notificados de Hepatite para Bacia da Estrada Nova em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior	187
Figura 96 - Identificação de casos notificados de Hepatite para Bacia da Estrada Nova em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior	188
Figura 97 - Identificação de casos notificados de Febre Tifoide para Bacia da Estrada Nova em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior	189
Figura 98 - Identificação de casos notificados de Febre Tifoide para Bacia da Estrada Nova em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior	190
Figura 99 - Identificação de casos notificados de Leptospirose para Bacia do Una em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior	192
Figura 100 - Identificação de casos notificados de Leptospirose para Bacia do Una em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior	193

Figura 101 - Identificação de casos notificados de Dengue para Bacia do Una em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior	195
Figura 102 - Identificação de casos notificados de Dengue para Bacia do Una em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior	196
Figura 103 - Identificação de casos notificados de Hepatite para Bacia do Una em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior	198
Figura 104 - Identificação de casos notificados de Hepatite para Bacia do Una em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior	199
Figura 105 - Identificação de casos notificados de Febre tifoide para Bacia do Una em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior	201
Figura 106 - Identificação de casos notificados de Febre tifoide para Bacia do Una em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior	202

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Pontos de Monitoramento das águas superficiais e subterrâneas.....	11
Tabela 02 - Relação de parâmetros de monitoramento.	13
Tabela 03 - Coluna estratigráfica e características hidrogeológicas dos aquíferos da RMB (OLIVEIRA, 2002).....	42
Tabela 04 – Normal Climatologica de Belém (fonte: INMET).....	56
Tabela 05 – Densidade populacional das Bacias Hidrográficas de estudo.....	65
Tabela 06 – Tipo de abastecimento de água na Bacia do Una e da Estrada Nova, antes das intervenções públicas.....	77
Tabela 07 – Tipo de esgotamento sanitário na Bacia do Una e da Estrada Nova, antes das intervenções públicas.....	86
Tabela 08 - Valor do rendimento nominal mensal dos responsáveis pelos domicílios, segundo os bairros envolvidos da Bacia da Estrada Nova e Una.	100
Tabela 09 - Distribuição do nível de escolaridade das pessoas responsáveis por domicílios.	102
Tabela 10 - Número de casos notificados de leptospirose, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia da Estrada Nova.....	105
Tabela 11 - Número de casos notificados de leptospirose, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia do Una.....	105
Tabela 12 - Número de casos notificados de febre tifóide, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia da Estrada Nova.....	106
Tabela 13 - Número de casos notificados de febre tifóide, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia do Una.....	107
Tabela 14 - Número de casos notificados de hepatite viral, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia da Estrada Nova.....	108
Tabela 15 - Número de casos notificados de hepatite viral, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia do Una.....	109
Tabela 16 - Número de casos notificados de dengue, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da bacia da Estrada Nova.....	110
Tabela 17 - Número de casos notificados de dengue, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da bacia do Una.	111
Tabela 18 - Evolução do IDH em Belém (PA).....	113
Tabela 19 – Demonstrativo da qualidade da água do mês de janeiro de 2010 da Estação de Tratamento de Água (ETA) Bolonha.	130

Tabela 20 – Demonstrativo da qualidade da água do mês de janeiro de 2010 na rede de distribuição e nos reservatórios dos bairros envolvidos nas bacias hidrográficas.	130
Tabela 21 – Qualidade das águas dos poços freáticos da área de estudo.	138
Tabela 22 – Qualidade das águas dos principais canais da área de estudo.	151
Tabela 23 - Resultados analíticos das águas superficiais para rmb levantado pelo CPRM. ..	171
Tabela 24 - Vulnerabilidade versus grau de contaminação.....	174
Tabela 25 – Quadro comparativo de indicadores para as bacias estudadas no espaço temporal (2000-2005) e entre si.....	207

LISTA DE ABREVIATURAS , SIGLAS E/OU SÍMBOLOS

°C – graus Celsius

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANA - Agência Nacional de Águas

APP - Áreas de Preservação Permanente

ARMCO – Estrutura em concreto armado

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres

CODEM - Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém

COHAB – Companhia de Habitação do Estado do Pará

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará

COT - Carbono Orgânico Total

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

CRPP - Conjunto Residencial Paraíso dos Pássaros

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DEVS/SESMA - Departamento de Vigilância Sanitária da Secretaria Municipal de Saúde de Belém

DQO - Demanda Química de Oxigênio

DRES - Departamento de Resíduos Sólidos

EPA – Environmental Protection Agency

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

FELC - Fórum Estadual Lixo e Cidadania

GPHS - Grupo de Pesquisa em Hidráulica e Saneamento

h – Hora

hPa – Hectopascal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

l – Litro

m – metros

m³ - Metro cúbico

mm – Milímetros

MS – Ministério da Saúde

NBR – Normas Brasileira Regulamentadoras

Neb – Nebulosidade

PDU - Plano Diretor Urbano

pH – Potencial Hidrogeniônico

PROMABEN - Programa de Recuperação Sócio-Ambiental da Bacia da Estrada Nova

PRP – Precipitação Pluviométrica

RMB - Região Metropolitana de Belém

SAAEB - Companhia de Saneamento Autônomo de Água e Esgoto de Belém

SEGEP - Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão

SEOP - Secretaria Estadual de Obras Públicas

SESAN - Secretaria Municipal de Saneamento

SESMA - Secretaria de Saúde do Município de Belém

SUS - Sistema Único de Saúde

UFPA - Universidade Federal do Pará

UT – Unidade de Turbidez

UTM - Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS		IV
RESUMO	V	
ABSTRACT	VII	
LISTA DE TABELAS		XV
LISTA DE ABREVIATURAS , SIGLAS E/OU SÍMBOLOS		XVII
APRESENTAÇÃO		XXIII
1	INTRODUÇÃO	1
1.1	LOCALIZAÇÃO	4
1.2	OBJETIVOS.....	7
1.2.1	Geral:	7
1.2.2	Específicos:	7
1.3	JUSTIFICATIVA.....	8
1.4	MATERIAIS E MÉTODOS	9
1.4.1	Levantamento bibliográfico e de bases gerais	9
1.4.2	Coleta, análises físico-químicas e bacteriológicas de água	9
1.4.2.1	Pontos de amostragem	10
1.4.2.2	Parâmetros analisados.....	13
<i>1.4.2.2.1</i>	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	<i>13</i>
<i>1.4.2.2.2</i>	<i>Cor Aparente</i>	<i>14</i>
<i>1.4.2.2.3</i>	<i>Turbidez</i>	<i>15</i>
<i>1.4.2.2.4</i>	<i>Amônia</i>	<i>16</i>
<i>1.4.2.2.5</i>	<i>Nitrito</i>	<i>17</i>
<i>1.4.2.2.6</i>	<i>Nitrato</i>	<i>18</i>
<i>1.4.2.2.7</i>	<i>Cloretos</i>	<i>18</i>
<i>1.4.2.2.8</i>	<i>Dureza</i>	<i>20</i>
<i>1.4.2.2.9</i>	<i>Alcalinidade</i>	<i>20</i>
<i>1.4.2.2.10</i>	<i>Carbono Orgânico Total - COT</i>	<i>21</i>
<i>1.4.2.2.11</i>	<i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</i>	<i>22</i>
<i>1.4.2.2.12</i>	<i>Demanda Química de Oxigênio (DQO)</i>	<i>23</i>
<i>1.4.2.2.13</i>	<i>Sulfato</i>	<i>24</i>
<i>1.4.2.2.14</i>	<i>Cloro Residual Livre</i>	<i>25</i>
<i>1.4.2.2.15</i>	<i>Fluor</i>	<i>25</i>

1.4.2.3	Frequência da amostragem	26
1.4.2.4	Legislação Ambiental	27
1.4.3	Elaboração de mapas temáticos	27
1.4.4	Monitoramento da qualidade das águas e das doenças de veiculação hídrica.....	27
1.4.5	Tratamento de dados.....	28
1.4.6	Atualização de dados monetários.....	29
2	CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS.....	30
2.1	ASPECTOS FÍSICOS	30
2.1.1	Geologia	30
2.1.2	Geomorfologia.....	34
2.1.3	Pedologia.....	38
2.1.4	Hidrogeologia	40
2.1.5	Características hidrológicas e da rede de drenagem	43
2.1.5.1	Rede de drenagem e o relevo de Belém.....	43
2.1.5.2	Zonas de recargas e fluxo subterrâneo do aquífero superficial de Belém	50
2.1.6	Caracterização da rede de drenagem das bacias hidrográficas do estudo....	52
2.1.6.1	Caracterização da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova.....	52
2.1.6.2	Caracterização da Bacia Hidrográfica do Una.....	54
2.2	ASPECTOS CLIMÁTICOS	56
2.2.1	Umidade Relativa do Ar.....	57
2.2.2	Temperatura	58
2.2.3	Precipitação	59
2.3	ASPECTOS SÓCIO-AMBIENTAIS	60
2.3.1	Comparação das Condições Socioambientais entre as Bacias Hidrográficas	60
2.3.1.1	Abastecimento de água	69
2.3.1.2	Esgotamento sanitário.....	80
2.3.1.3	Resíduos sólidos	86
2.3.1.4	Uso e Ocupação do Solo.....	97
2.3.1.5	Qualidade do Nível de Vida	99
3	INTERVENÇÕES DO PODER PÚBLICO NAS BACIAS DO UNA E DA ESTRADA NOVA	114
3.1	TIPO DE INTERVENÇÃO URBANA	114

3.1.1	Drenagem	114
3.1.1.1	Macrodrenagem	114
3.1.1.2	Microdrenagem.....	115
3.1.2	Esgoto Sanitário.....	115
3.1.3	Água Potável	116
3.1.4	Limpeza Urbana	116
3.1.5	Infraestrutura Viária	118
3.2	MELHORIAS APÓS A INTERVENÇÃO DO PODER PÚBLICO NA BACIA DO UNA	118
3.3	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DOS PROJETOS UNA E ESTRADA NOVA	121
3.3.1	Programa da Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova – PROMABEN.....	121
3.3.2	Projeto da Macrodrenagem da Bacia do Una.....	122
3.4	INDICADORES DE QUALIDADE DE VIDA PARA A BACIA ESTRADA NOVA	123
4	ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO UNA E DA ESTRADA NOVA	127
4.1	REGULAMENTAÇÃO APLICAVEL.....	127
4.3	ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	128
4.3.1	Caracterização das águas de abastecimento público.....	129
4.3.2	Caracterização das águas subterrâneas	137
4.3.2.1	Condições sanitárias dos poços amostrados	148
4.3.3	Principais canais das Bacias Hidrográficas.....	149
4.3.3.1	Condições sanitárias dos canais drenantes das bacias hidrográficas do Una e da Estrada Nova.....	160
5	VULNERABILIDADE DO SISTEMA AQUÍFERO SUPERIOR DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	162
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	162
5.2	DADOS E INFORMAÇÕES LOCAIS.....	162
5.2.1	Áreas alagadas e alagáveis	162
5.3	FONTES DE VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS LIVRES	167
5.3.1	Níveis Atuais de Poluição	168
5.3.2	Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas.....	174

5.3.3	Risco de Contaminação das Águas Superficiais	176
5.3.3.1	Postos de Serviços (combustível)	176
5.3.3.2	Cemitérios.....	177
5.3.4	Caracterização da Vulnerabilidade dos Aquíferos da área de estudo.....	178
5.3.5	Locação de zonas críticas de doenças de veiculação hídrica	181
5.3.5.1	Para a Bacia da Estrada Nova	181
5.3.5.1.1	<i>Resultados obtidos da comparação para bacia da Estrada Nova</i>	190
5.3.5.2	Para a Bacia do Una.....	191
6	INDICADORES DE QUALIDADE HIDRO AMBIENTAIS.....	204
7	CONCLUSÃO E SUGESTÕES	209
	REFERÊNCIAS.....	212
	ANEXOS.....	220
	QUADRO 01 – CADASTRO DOS POÇOS DE AMOSTRAGEM DO AQUÍFERO LIVRE DA RMB.....	222
	ANEXO A - Cadastro dos poços de amostragem do aquífero livre da RMB.....	214

APRESENTAÇÃO

Para fornecer informações para um melhor gerenciamento das intervenções urbanas na sociedade, se apresenta uma nova proposta de gerenciamento, na qual existe um acompanhamento efetivo tendo por base a construção de indicadores de melhorias ou de impactos positivos que devem ser sempre almejados pelo poder público, com o intuito de conhecer até onde a intervenção que foi realizada foi eficaz.

Para proposição de alguns desses indicadores tomou-se como base de dados nesse estudo agora apresentado a intervenção realizada pelo governo estadual na bacia do Una, na Região Metropolitana de Belém (RMB). Naquela área foi executada a implantação da Macro Drenagem da Bacia do Una, a qual contemplava os serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e sistema viário, o que permite analisar uma situação pós-intervenção, comparativamente com a intervenção do governo municipal para a bacia da Estrada Nova, com a implantação dos mesmos serviços, ora em andamento.

A fundamentação deste estudo está ligada a utilização dos dados e informações obtidas na bacia do Una fazendo uma projeção para a bacia da Estrada Nova, utilizando os mesmos indicadores para prever se a infraestrutura a ser implantada na bacia, será efetiva, comparada com os fatos ocorridos na bacia do Una. Dessa forma esse estudo visa estabelecer, com base na análise dos indicadores de condições hidro ambientais, o que se pode reparar na bacia da Estrada Nova a partir da realidade estabelecida na bacia do Una, decorridos alguns anos desde a finalização da intervenção daquele lugar.

1. INTRODUÇÃO

De uma forma geral, todos sabem do quanto é importante a água para humanidade. A água é fonte de vida, energia, transporte, lazer e muitos outros usos. O ser humano possui o corpo composto por 75% de água, o qual não consegue viver sem se hidratar e ainda a precisar desta para vários outros meios de sobreviver como também para higiene e alimentação. Tendo isso como base, pode-se imaginar quanto este recurso é importante e indispensável para a sociedade e quanto este recurso está ficando cada vez mais escasso em acesso, boa qualidade e quantidade em função dos agravos que sofre.

Justamente nos requisitos qualidade e quantidade, é facilmente perceptível quanto este recurso consegue interferir na qualidade de vida de uma pessoa. Cita-se de exemplo como nos países africanos, onde em quase na sua plenitude passam por problemas de déficit hídrico e péssima qualidade de água devido aos descartes de esgotos sem tratamento. E não precisa ir tão longe assim para ver que no Brasil, que é um país com fronteiras continentais também passa pelo mesmo problema quando se analisa a situação do nordeste em algumas épocas do ano.

O contraste com a vasta abundância de água na Amazônia, mostra que mesmo com o baixo volume de tratamento de esgoto, mas com a grande quantidade de água e sua diluição, tem-se uma qualidade de vida, ligeiramente melhor em função da disponibilidade de água.

Ou seja, mesmo com uma gestão ineficiente dessa proteção ao recurso hídrico, que é muito comum no Brasil, este país ainda tem o privilégio de poder contar com disponibilidade de água em quase todo o território. Porém nos pequenos aglomerados e que dispõem de poucos recursos financeiros, os problemas de acesso a água são potencializados, causando ainda problemas de saúde pública, miséria e fome.

Já em grandes aglomerados urbanos devido ao adensamento populacional, impermeabilização do solo, falta de planejamento urbano e condições de infraestrutura precária, a disponibilidade e qualidade de água não é o principal problema, o qual agora se transfere para as inundações, as quais traz doenças de veiculação hídrica, desmoronamentos, soterramentos e áreas alagadas onde não costumavam existir.

Desta forma, as inundações em áreas urbanas representam um sério problema para grande parte dos municípios brasileiros, principalmente quando atingem áreas densamente ocupadas, ocasião em que geram prejuízos consideráveis e muitas vezes irreparáveis, inclusive com perdas de vidas humanas.

A inundações tem sido um problema frequente nos períodos de chuvas em Belém, tanto nas áreas mais antigas e consolidadas da cidade, como nas áreas de expansão urbana, fato

agravado pela impermeabilização do solo, ocupação das várzeas e retirada das matas ciliares, o que dificulta a infiltração das águas das chuvas e o aumento da velocidade de escoamento superficial.

O controle de inundações em bacias urbanizadas envolve um conjunto de medidas estruturais e não estruturais que vão desde o planejamento do uso da terra urbana e rural à realocação humana, até o convívio com o problema.

Nesse sentido, o trabalho proposto tem como objetivo a partir da construção de indicadores de melhorias ambientais, desenvolver uma avaliação socioambiental comparativa entre a Bacia da Estrada Nova que está sendo objeto de um grande projeto de intervenção governamental, como o que foi realizado na bacia do Una, onde foi executado o Projeto denominado de Macrodrenagem do Una, através de obras e serviços que transformaram o cenário de pobreza e de abandono a que aquela área esteve submetida por várias décadas. Essa intervenção no Una implicou uma significativa melhoria das condições sócio-ambientais daquela área, beneficiando-se, assim, enormemente a população aí residente, que em 2000, segundo dados do censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), já compreendia mais de 40% da população total da capital paraense.

Os dois projetos em questão tratam de obras de drenagem, vias, abastecimento de água e esgotamento sanitário das zonas baixas de Belém e compreendem um conjunto de ações integradas de saneamento, de renovação urbana e de promoção sócio-econômicas, destinadas a resgatar, junto à população carente das áreas da baixada do município, parte de uma enorme dívida social acumulada durante décadas.

Esse resgate vem se efetuando paulatinamente com a consecução dos dois objetivos primordiais de empreendimentos governamentais, que são: solucionar o problema das inundações nas zonas com cotas baixas em Belém, por meio da instalação de um sistema de drenagem eficiente, cujo destino é a Baía de Guajará; e disponibilizar, a todos os habitantes das duas bacias, uma infra-estrutura adequada em termos de vias de acesso, cobertura das redes de água potável, esgoto sanitário e pluvial, além de coleta de lixo, para proporcionar a esta população condições ambientais mínimas que melhorem sua qualidade de vida.

Em Belém, segundo a série histórica de 1961-1990 da Estação Climatológica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) localizada na capital, a precipitação pluvial média registrada é de 2.880 milímetros anuais, uma das mais altas em todo o mundo. A área metropolitana compreende diversas bacias hidrográficas, impactadas em diferentes níveis, pelas quais circulam essas águas, advindas da precipitação natural e aquelas aduzidas pelos serviços públicos de abastecimento e outras decorrentes de auto-abastecimento da população.

Em toda a cidade encontram-se as mesmas gradações do relevo amazônico, se bem que já bastante modificadas pela urbanização. Deste modo, o relevo belenense não apresenta uniformidade topográfica e paisagística. Aí se tem, por exemplo, o igapó, a várzea e a terra firme, sem que isso signifique uniformidade no plano ou disposição das vertentes. Muito pelo contrário, neste espaço é comum a intercalação das zonas altas com as baixas, estas representadas por extintos igapós, hoje aterrados, em grande parte.

Ao longo do tempo essas áreas, como as demais de outras bacias hidrográficas da cidade, foram sendo intensamente ocupadas por uma população de baixa renda. Isto ocorreu de forma espontânea e desordenada, sem um planejamento adequado, originando assim sérios problemas sociais e de desequilíbrios quanto às soluções urbanas adotadas. Devido a essa ocupação os impactos resultantes das inundações e dos alagamentos assumiam então aí, grande magnitude e importância.

Destaca-se que a Macro-drenagem da bacia do Una trouxe melhorias que não eram mensuráveis aquela área e naquela época. Mesmo não sendo o melhor método para abastecimento de água e tratamento de esgoto, foi a opção que era viável financeiramente e que causaria uma ordenação urbana naquele território, onde havia habitações em cima de lamina d'água de canais e esgotos sendo lançados a céu aberto. Tais melhorias serão replicadas na bacia da Estrada Nova, porém dessa vez com sistemas de tratamento mais adequados a realidade e que é exigido pela legislação vigente, fazendo parte de um plano diretor estrutura da RMB.

No entanto, não se deve deixar ocorrer os mesmos erros pós-implantação da intervenção pública ocorridos no Una, onde não foram sistematizados ou monitorados indicadores de melhoria das condições socio ambientais como pressupostos de melhoria da qualidade de vida daquela população e também como ferramenta de gerenciamento para os tomadores de decisão da gestão pública.

Neste estudo, ainda será visto que os investimentos per capita para implantação de tais intervenções urbanas são extremamente mais baixos do que a remediação de doenças em postos de saúde ou pagamento de indenizações por perdas e danos de áreas alagadas, ou até pela indenização das possíveis fatalidades que podem decorrer de tudo isso. Os investimentos são na casa de poucos reais por habitante, ressaltando o quanto a gestão pública pode assistir e salvar vidas com pouco recurso e reordenando todo um território que até então era um caos.

Para alcançar os objetivos declarados nessa dissertação, o documento está estruturado da seguinte forma:

O capítulo inicial no qual está retratado esta introdução, a localização da área de estudo, os objetivos gerais, justificativa e materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento da dissertação.

O segundo capítulo apresenta uma caracterização geral das duas bacias hidrográficas, ressaltando a sua geologia, geomorfologia, hidrogeologia, hidrologia, aspectos climáticos e aspectos sociais visto que um dos grandes objetivos do estudo é gerar os indicadores de melhoria da qualidade de vida para a população e se tornar um instrumento de gestão pública para os tomadores de decisão.

No terceiro capítulo está caracterizado, resumidamente, como foi realizada a intervenção pública nas duas bacias e quais estruturas foram criadas. Um detalhe especial para este capítulo quando se faz um comparativo do investimento feito a quase 20 anos atrás para a bacia do Una e os custos atuais para a bacia da Estrada Nova.

O quarto capítulo abrange a qualidade da água superficial e subterrânea das bacias hidrográficas e se dá o destaque ao risco e vulnerabilidade que aquele aquífero superficial passa, onde existia uma água naturalmente boa, porém está se tornando imprópria para consumo humano sem a intervenção pública.

O quinto capítulo aborda a questão do autoabastecimento de água como uma prática corrente que acontece mesmo onde há a disponibilidade de água tratada, ressaltando novamente a vulnerabilidade do sistema aquífero utilizado implicando em enormes riscos sob o ponto de vista de saúde pública.

O sexto capítulo retrata sobre a busca por indicadores de saúde pública que ressaltam a melhoria da qualidade de vida após a intervenção pública e a sua interpretação para alcançar um indicador a ser monitorado após a implantação do projeto na bacia da Estrada Nova.

Por fim se tem a conclusão e sugestões da dissertação.

1.1. LOCALIZAÇÃO

As bacias hidrográficas objetos deste estudo são as maiores e mais importantes no município de Belém.

A bacia do Una é a maior bacia hidrográfica do município, inclusive ultrapassando os limites de Belém e se estendendo para o município de Ananindeua, que faz parte da Região Metropolitana de Belém – RMB.

A bacia da Estrada Nova, por sua vez, é a bacia hidrográfica que drena a área mais populosa da cidade e está limitada pelo Rio Guamá e pela Baía do Guajará.

Devido especificamente a essa proximidade com a Baía do Guajará, a bacia da Estrada Nova sofre muitas consequências do efeito de maré, e por isso esse estudo é também importante para esta intervenção governamental.

O mapa a seguir (Figura 01) apresenta a localização das bacias hidrográficas em relação ao município de Belém.

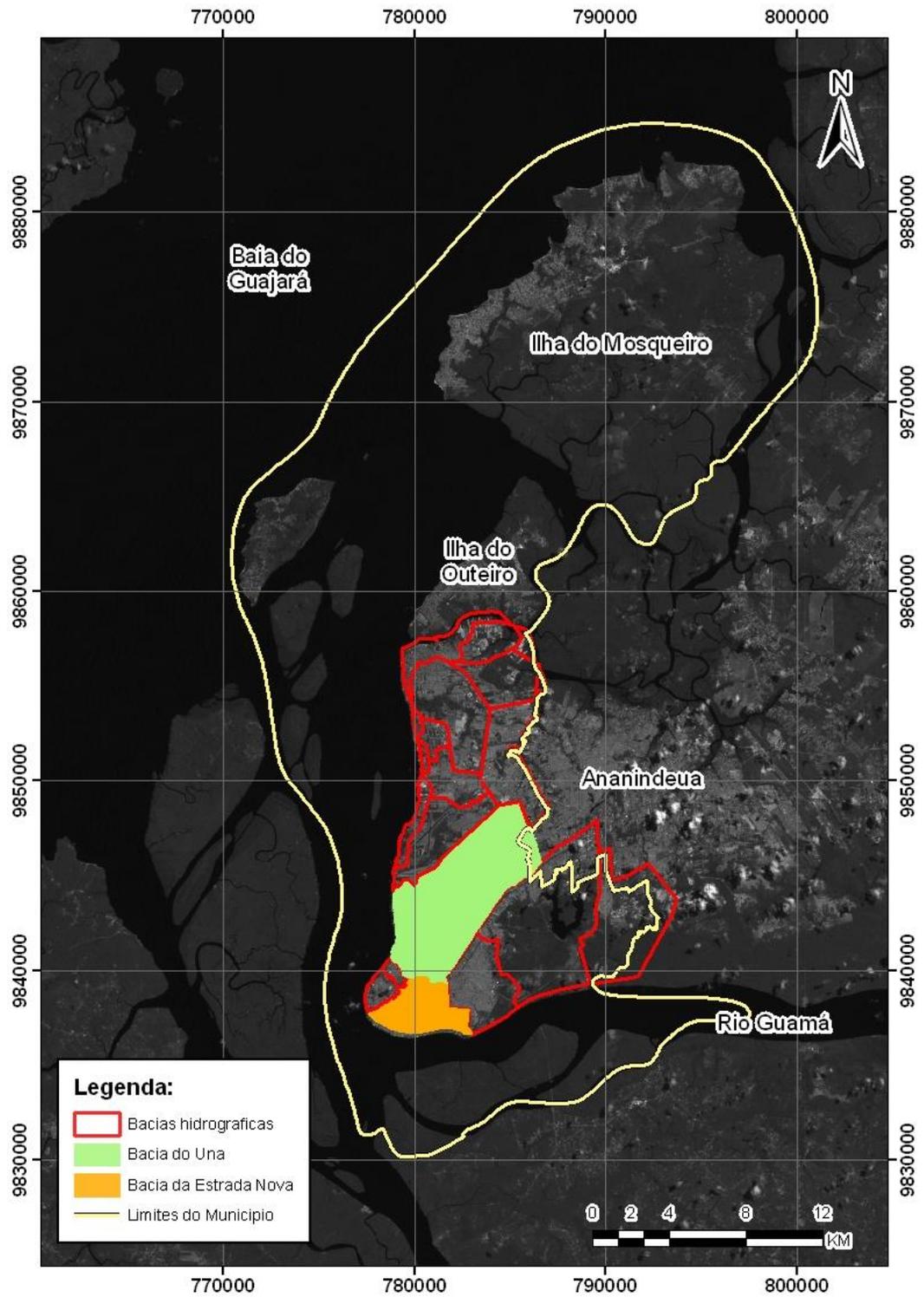


Figura 01 - Localização das bacias hidrográficas em relação ao município de Belém.
Fonte: CODEM (1998)

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Geral:

Avaliar comparativamente os impactos socioeconômicos da intervenção pública considerando ações de saneamento realizadas na Bacia do Una e em andamento na Bacia da Estrada Nova, no município de Belém – PA, e na perspectiva de construção de indicadores de melhoria de qualidade de vida das populações impactadas pelas duas intervenções.

1.2.2. Específicos:

- Gerar informações para a proteção do hidro ciclo e dos mananciais superficiais e subterrâneos;
- Analisar as soluções propostas para o tratamento de efluentes (efluentes industriais e esgotos domésticos) nas duas bacias hidrográficas;
- Definir mapas de fluxos de águas subterrâneas com base nas informações levantadas;
- Avaliar de forma integrada a qualidade da água fornecida pelos serviços públicos e pelas formas de captação em auto abastecimento;
 - Elaborar mapas temáticos de vulnerabilidade e risco à poluição dos aquíferos;
 - Elaborar mapas temáticos relacionados a doenças de veiculação hídrica;
 - Elaborar gráficos de áreas alagadas x doenças de veiculação hídrica;
 - Elaboração de perfil epidemiológico;
 - Identificação das principais doenças de veiculação hídrica e a possibilidade da sua espacialização;
- Análise do sistema de abastecimento de água: fonte pública e fonte própria;
- Estudo da qualidade das águas;
- Análise do sistema de esgotamento sanitário adotado na intervenção pública;
- Medidas que foram implantadas e quanto de investimento foi realizado.

De forma específica no contexto da consecução dos objetivos propostos foram buscados nas bacias em consideração a compreensão sobre o comportamento de alguns parâmetros sobre os quais já existem dados e informações suficientes para a composição de cenários, ao que também se agregam dados inéditos como é o caso do estudo sobre a qualidade de água. Nesse sentido individualizaram-se esses parâmetros por bacia hidrográfica bem como se estabeleceu uma análise comparativa entre as mesmas.

1.3. JUSTIFICATIVA

“Onde há ser humano, há poluição!”. Com base nessa citação, veremos como se comportam as duas bacias consideradas, que encerram várias características físicas comuns e que têm problemas de pobreza e baixa qualidade de vida em graus diferentes.

Hoje em dia, o espaço territorial da cidade de Belém se encontra cada vez mais onerado, alterando-se sempre e cada vez mais os parâmetros físicos dos rios e canais, bem como as características físicas, químicas e bacteriológicas de suas águas, como resultado de um crescimento desordenado. De forma inversa, o poder público não tem conseguido acompanhar tal crescimento e as demandas dele decorrentes, o que contribui para um agravamento das condições de ocupação do território metropolitano.

Muitas pessoas ainda se abastecem com a água desses canais, pois não tem ligação à rede de abastecimento público de água ou poços. Crianças usam os canais como “*play ground*”, animais consomem essa água e muitos outros usos têm os canais de Belém, sem se falar das inundações que ainda acontecem, mesmo depois de projetos como o da Bacia do Una terem sido concluídos, aportando melhorias consideráveis.

Após o término do projeto na bacia do Una, não foram levantados indicadores de melhoria de vida, ou qualitativos em geral, para comprovar a eficácia do projeto, o que se pretende analisar nesse trabalho. O mesmo será previsto e disposto para o projeto que será implantado na Estrada Nova.

Neste estudo se fará um levantamento detalhado da qualidade das águas em pontos amostrais específicos, selecionados em função da sua localização, dos vetores socioambientais e saúde, enfocando-se as doenças de veiculação hídrica acometidas pelas populações que se utilizam dessas águas no cotidiano, procurando gerar informações na busca de soluções preventivas na melhoria da qualidade de vida da população bem como, de proteção das águas.

Essas soluções serão frutos do estabelecimento de um comparativo em termos qualitativos e quantitativos de indicadores entre as bacias do Una e da Estrada Nova, tais como a melhoria da qualidade de vida, traduzida por índices relacionados a uma maior incidência de doenças de veiculação hídrica, vinculada aos investimentos per capita já conhecidas na bacia do Una.

Desta forma, acredita-se que com os objetivos propostos e a ausência de estudos desta natureza, a pesquisa encontra-se justificada e com a sua relevância demonstrada fundamentando, assim, o projeto que foi desenvolvido.

1.4. MATERIAIS E MÉTODOS

As seguintes atividades foram desenvolvidas no decorrer da pesquisa conforme a seguir.

1.4.1. Levantamento bibliográfico e de bases gerais

Inicialmente foi realizado um vasto levantamento bibliográfico dos estudos feitos na área em consideração. A coleta de dados foi realizada desde o início do projeto até o seu término. Dessa forma, pode-se observar as modificações ocorridas em todos os campos (geoambiental, qualidade da água...) da região.

Todo o acervo de dados do Projeto da Bacia do Una e da sua implantação foi disponibilizado para análise pelo Governo do Estado do Pará, através da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), elemento fundamental para a elaboração desse estudo.

Da mesma forma, tivemos acesso às informações relativas ao Projeto da Macrodrenagem da Estrada Nova pela Prefeitura Municipal de Belém (PMB), que foi também garantia de informações indispensáveis para a concretização dos objetivos propostos.

Além da descrição e estudos dos dois projetos, um extenso banco de dados sobre saúde pública, saneamento, economia e demografia foi levantado primariamente para contextualização da realidade local das bacias. Essa tarefa foi muito árdua, devido ao baixo nível de controle de informações pelo poder público, necessitando de muitas horas de dedicação e tabulação de dados em fichas de controle de cada tema em postos de saúde do município, na sede da Secretaria Municipal de Saúde (SESMA) e Secretaria de Estado de Saúde (SESPA). O poder público não tem nenhum banco de dados integrado com tais informações.

Para análise de dados demográficos, foram utilizados dados do CENSO de 2000 e 2005, devido a análise temporal entre as duas bacias nestes momentos do tempo. Foram realizadas comparações e simulações sobre o que ocorreu ou ocorreria em cada bacia nestes dois períodos. E por esse motivo não foram utilizados dados atuais do CENSO 2010.

1.4.2. Coleta, análises físico-químicas e bacteriológicas de água

Os pontos de coleta definidos têm considerável importância geográfica de acordo com a sua distribuição ao longo dos principais canais drenantes das bacias hidrográficas. Para analisarmos o gradiente de distribuição de parâmetros no corpo hídrico foi verificada a diferença encontrada no levantamento bibliográfico e no levantamento de campo, para posterior análise para encontrar a fonte de redução ou elevação do parâmetro.

As análises bacteriológicas realizadas permitem a correlação com as taxas de doenças de veiculação hídrica e também a investigação da fonte do problema, considerando a possibilidade de espacialização dos eventos registrados.

Os resultados das análises bacteriológicas e físico-químicas foram submetidos a cálculos estatísticos simples, compondo um arquivo de dados para a elaboração das bases temáticas do trabalho.

1.4.2.1. Pontos de amostragem

Considerando-se a amplitude das bacias hidrográficas, a escolha dos pontos de amostragem foi feita de forma a cobrir toda a abrangência das bacias.

Foram determinados 10 pontos de amostragem de água superficial e 10 pontos de amostragem de água subterrânea. Todos estes pontos foram amostrados em 3 campanhas, divididas em uma coleta em três semanas consecutivas no mês de janeiro de 2010, a partir do dia 05/01/2010.

O quadro (Tabela 01), a seguir, indica a relação dos pontos onde foram realizadas amostragens das águas superficiais e subterrâneas.

Tabela 01 - Pontos de Monitoramento das águas superficiais e subterrâneas.

Nomenclatura	Natureza da Amostra	Local	Coordenadas (UTM)	
			E	N
C01	Superficial	Canal Bernado Sayão esquina com a Rua dos Mundurucus	778.359	9.837.166
C02		Canal Bernado Sayão esquina com a Rua dos Caripunas	778.595	9.836.965
C03		Canal Bernado Sayão esquina com a Av. Fernando Guilhon	778.822	9.836.774
C04		Canal Bernado Sayão na confluencia com o Canal Quintino Bocaiuva	779.671	9.836.577
C05		Canal Bernado Sayão esquina com a Av. Alcindo Cacela	780.864	9.836.758
C06		Canal de Visconde de Inhauma sob a ponte da Travessa Curuzu	781.279	9.840.828
C07		Avenida Pedro Alvares Cabral sob o canal do Una (Ponte do Galo)	780.039	9.842.895
C08		Canal São Joaquim proximo da foz no canal do Uma	779.764	9.843.104
C09		Canal do Una sob as comportas	779.015	9.843.103
C10		Canal Agua Cristal proximo a foz no Canal São Joaquim	781.948	9.844.828
P01	Subterrânea	Travessa Breves esquina com Rua dos Mundurucus	778.604	9.837.466
P02		Rua dos Caripunas esquina com Fernando Guilhon	778.909	9.837.365
P03		Avenida Fernando Guilhon esquina com a Vila Santa Cecilia	779.026	9.837.008
P04		Passagem Bom Jardim esquina com a Passagem Limoeiro	779.506	9.836.879
P05		Travessa Apinages esquinta com a Passagem Gaiapos	780.724	9.837.060
P06		Travessa Curuzu esquina com a Vila Jose Maria Acher	781.153	9.840.924
P07		Passagem São João esquina com a Passagem Padre Marcos	780.067	9.842.727
P08		Passagem Mirandinha esquina com a Passagem Santos Dumont	779.822	9.843.387
P09		Margem do Canal Jacaré entre Passagens Martins e Natal	779.070	9.843.258
P10		Passagem Santa Rosa esquina com a Passagem União	782.340	9.844.823

A Figura 02, a seguir, apresenta a localização de todos os pontos de amostragem.

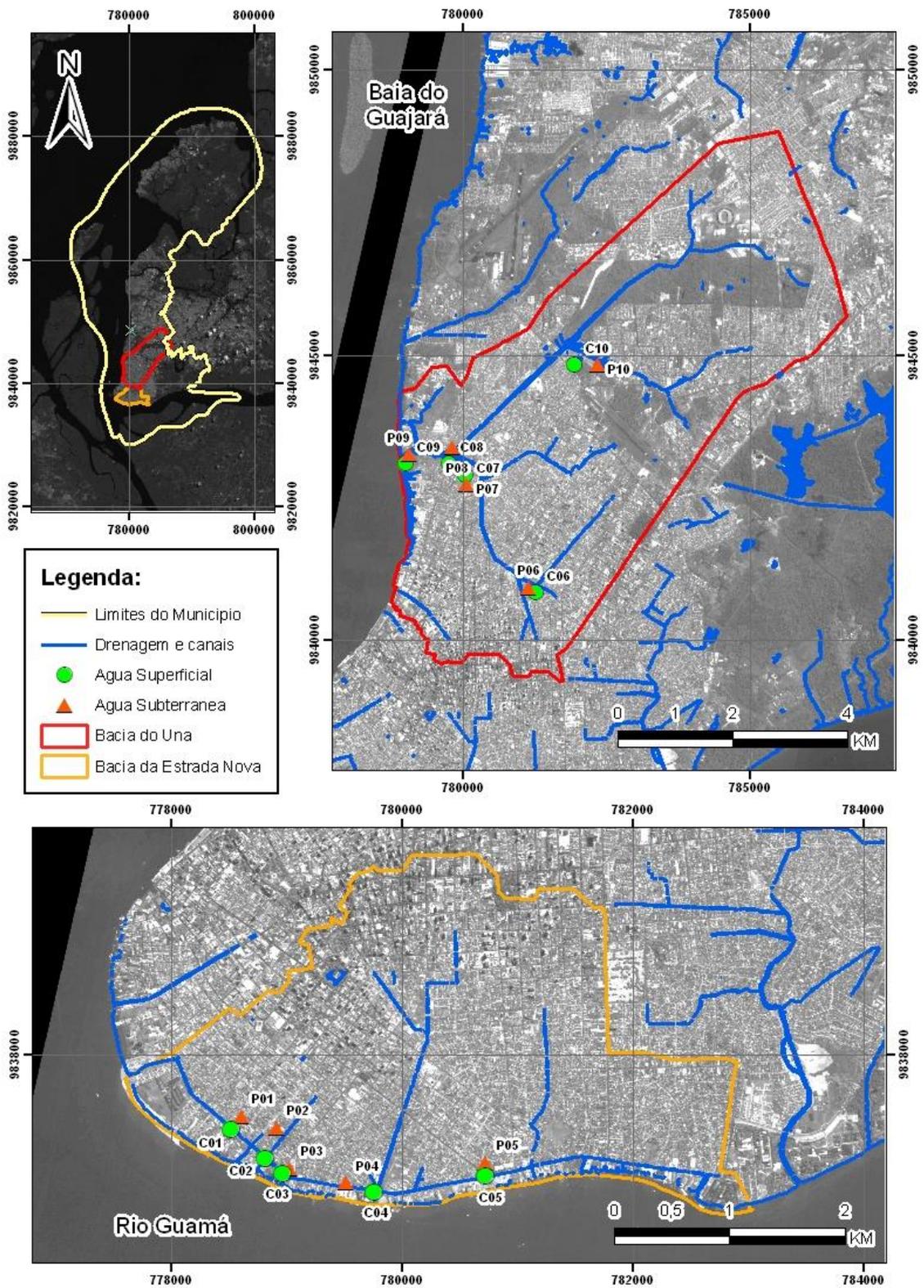


Figura 02 - Localização dos pontos de amostragem em relação ao município de Belém.
 Fonte: CODEM (1998)

1.4.2.2. Parâmetros analisados

A Tabela 02 apresenta os parâmetros analisados para os pontos de amostragem. Tais parâmetros foram estabelecidos a partir do cruzamento do uso do recurso hídrico, a Resolução CONAMA Nº 357/05 que enquadra os cursos d'água e os parâmetros que podem indicar influência antrópica.

Tabela 02 - Relação de parâmetros de monitoramento.

Pontos	Parâmetros físico-químicos	Parâmetros bacteriológicos
Águas Superficiais e Subterrâneas	pH, cor verdadeira, turbidez, amônia, nitrato, nitrito, cloretos, dureza, alcalinidade, DBO, DQO, Carbono Orgânico Total (COT), sulfato e fósforo total.	Coliformes fecais (termo tolerantes)

A metodologia analítica empregada para as análises físico-químicas dos parâmetros estudados foi a do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999).

O significado analítico de cada parâmetro será discutido a seguir, assim como a descrição do seu método analítico.

1.4.2.2.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH representa a atividade do íon hidrôgenio livre na água, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e, posteriormente, acrescida pelo hidrogênio proveniente de outras fontes naturais e/ou antrópicas.

Ele se relaciona diretamente com a acidez e a alcalinidade das águas, e indica a concentração do íon hidrogênio de uma solução. Um pH igual a 7 significa que a solução é neutra; um pH maior que 7 significa que a solução é alcalina e um pH menor que 7 indica que a solução é ácida.

Possui ligação com as propriedades corrosivas da água. Quanto mais baixo mais corrosiva será a água. As águas ácidas podem apresentar um gosto amargo. A maioria das águas possui um pH entre 5,5 e 8,0. Um pH muito baixo pode estar relacionado a descarga de águas ácidas a partir de regiões mineiras (carvão, sulfetos) ou a resíduos líquidos de determinadas indústrias.

Variações de pH podem exercer ações sobre as algas, como exemplo temos, a limitação do crescimento de algas causada pela precipitação do fósforo sob a forma de ortofosfatos insolúveis, quando temos o pH superior a 9,0. Têm-se ainda muitas bactérias que são

sensíveis as variações além dos limites de 6,0 e 9,0, sendo que a fotossíntese pode ser reduzida com a acentuada elevação do pH. Logo, este parâmetro influencia a vida aquática.

A Portaria nº 2914/11, do MS, estabelece a faixa de potabilidade entre 6,0 e 9,5, enquanto a Organização Mundial de Saúde (OMS) o faz considerando o intervalo de 6,5 – 8,5.

Método Analítico (potenciométrico)

Princípio do método: íons hidrogeniônicos presentes na amostra como resultantes de dissociação ou hidrólise reagem com a adição de um álcali padrão. O valor da acidez depende do pH do ponto final ou do indicador usado.

Ponto final: idealmente, o ponto final de uma titulação de acidez corresponde estequiometricamente ao ponto de equivalência para neutralização dos ácidos presentes. Geralmente, temos o Dióxido de Carbono dissolvido (CO₂) como maior componente da acidez em águas de superfície; portanto, nas amostras contendo apenas esse tipo de componente causador de acidez (dióxido de carbonobicarbonato-carbonato), titula-se até o pH 8,3 a 25o C, o qual é correspondente estequiometricamente ao ponto de neutralização do ácido carbônico-carbonato.

Nessa faixa de pH, o indicador mais empregado é a Fenolftaleína. Em virtude de existir, via de regra, uma mistura muito mais complexa de substâncias causadoras de acidez, usa-se fixar dois pontos finais: 4,5 e 8,3 para determinar, via titulação potenciométrica, os valores de acidez a bicarbonatos e acidez a demais ácidos minerais. Para o ponto final de pH 4,5 recomenda-se o uso do indicador Vermelho de Metila.

Para este ensaio foi utilizado o medidor de pH da Orion.

1.4.2.2.2. Cor Aparente

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico.

É padrão de potabilidade (valor máximo permissível 15 uHazen pela portaria nº 518, de 2004, do Ministério da Saúde). A presença de cor provoca repulsa psicológica pelo consumidor, pela associação com a descarga de esgotos.

Também a Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, que dispõe sobre os níveis de qualidade das águas naturais do território brasileiro, inclui a cor como parâmetro de classificação.

Na determinação da cor, a turbidez da amostra causa interferência, absorvendo também parte da radiação eletromagnética. Esta coloração é dita aparente pois é como o ser humano a vê, mas é, na verdade, em parte resultado da reflexão e dispersão da luz nas partículas em suspensão.

A diferenciação entre a cor verdadeira e a cor aparente, que é incrementada pela turbidez, é dada pelo tamanho das partículas, isto é, pode ser generalizado que partículas com diâmetro superior a 1,2 mm causam turbidez, já que partículas coloidais e dissolvidas causam cor.

Para o estudo, foi utilizado o parâmetro cor aparente devido nenhuma das amostras terem sido filtradas antes da análise do parâmetro. O método analítico para o ensaio foi o colorimétrico.

1.4.2.2.3. Turbidez

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água, conferindo uma aparência turva à mesma. Essa medição é feita com o *turbidímetro* ou *nefelômetro*, que compara o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra, com o de um feixe de igual intensidade, ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez.

As principais causas da turbidez da água são: presença de matérias sólidas em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), matéria orgânica e inorgânica finamente divididas, organismos microscópicos e algas.

Há que se distinguir entre a matéria suspensa ou sedimento, que precipita rapidamente, daquela que se precipita vagarosamente e que provoca a turbidez. A turbidez é encontrada em quase todas as águas de superfície, em valores elevados (até 2.000 mg/l de SiO₂), mas está normalmente ausente nas águas subterrâneas.

As águas de lagos, lagoas, açudes e represas apresentam, em geral, baixa turbidez, porém variável em função dos ventos e das ondas que, nas partes rasas, podem revolver os sedimentos do fundo. Via de regra, após uma chuva forte, as águas dos mananciais de superfície ficam turvas, graças ao carreamento dos sedimentos das margens pela enxurrada. Assim, os solos argilosos e as águas em movimentação, ocasionam turbidez.

A turbidez, além de reduzir a penetração da luz solar na coluna d'água, prejudicando a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas, pode recobrir os ovos dos peixes e os invertebrados bêmicos (que vivem no fundo). Os sedimentos em suspensão podem carrear nutrientes e pesticidas, obstruindo as guelras dos peixes, e até interferir na habilidade do peixe em se alimentar e se defender dos seus predadores. As partículas em suspensão localizadas próximo à superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água.

O Método Analítico utilizado foi o Nefelométrico.

1.4.2.2.4. Amônia

Antes de melhor caracterizar o parâmetro em questão, convém explicar resumidamente o ciclo do nitrogênio na biosfera. O nitrogênio manifesta-se no ambiente de diversas formas, quais sejam:

- Nitrogênio molecular (N_2), livre na atmosfera;
- Nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão no corpo d'água);
- Amônia (livre – NH_3 e ionizada – NH_4^+);
- Nitrito (NO_2);
- Nitrato (NO_3).

No meio aquático, as diversas formas de nitrogênio podem ser de origem natural (proteínas, clorofila e outros compostos biológicos) e/ou de origem nas atividades humanas e animais (despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes). Nos esgotos domésticos frescos, predominam o nitrogênio em forma de amônia e o orgânico.

A importância do conhecimento da presença e quantificação do nitrogênio nas suas diversas formas na água refere-se ao consumo de oxigênio dissolvido necessário durante o processo de nitrificação, isto é, a conversão de nitrogênio amoniacal a nitrito e este a nitrato e, principalmente, a proliferação de algas que tem no nitrogênio um elemento vital para seu crescimento.

Cabe salientar que o crescimento descontrolado de algas (floração das águas), em determinadas condições do corpo d'água pode acarretar processos de eutrofização.

A eutrofização é um fenômeno indesejável, pois modifica substancialmente as características físicas, químicas e biológicas do corpo d'água. O crescimento excessivo de vegetação aquática, eventuais maus odores, mortandade de peixe, mudança radical de cor,

diminuição excessiva de oxigênio dissolvido, secreções tóxicas de certas algas, etc., são algumas das consequências do fenômeno.

Os processos de eutrofização somados ao de assoreamento, aumentam gradativamente, o material sedimentado no fundo (matéria orgânica em suspensão, vegetação aquática morta e sólidos carreados por processos erosivos), provocando, lentamente, a morte e o desaparecimento do corpo d'água.

Torna-se importante registrar que a amônia pode ocorrer na forma livre, que é o nitrogênio amoniacal NH_3 , tóxica aos peixes e na forma ionizada (NH_4^+), não tóxica.

Portanto, a medição do nitrogênio, geralmente avaliado em miligramas por litro (mg/l) é importante não só para se constatar a presença de esgotos domésticos lançados recentemente no corpo d'água, mas também como um indicador de futuro consumo de oxigênio no processo de nitrificação anteriormente citado e possível crescimento de algas.

Método Analítico

O método Analítico utilizado foi o titulométrico. Princípio do método: a amostra é tamponada num pH de 9,5 com tampão de borato para evitar a hidrólise de tiocianatos e outros compostos orgânicos, em seguida é destilada, e o conteúdo destilado é coletado numa solução absorvente de ácido Bórico; esse destilado coletado no ácido Bórico e titulado, potenciometricamente, contra uma solução de Ácido Sulfúrico. Esse método é indicado para a faixa de concentração de 5 a 100mgN-NH₃/L.

1.4.2.2.5. Nitrito

O Nitrito, um estado intermediário do ciclo do nitrogênio, é formado durante a decomposição da matéria orgânica e prontamente oxidada a nitrato. Esses processos ocorrem em instalações de tratamento de água, sistemas de distribuição de água e águas naturais.

Em águas superficiais a presença de nitritos pode indicar a decomposição parcial de matéria orgânica, descarga excessiva oriunda de estação de tratamento de água ou poluição industrial. Em águas poluídas a ocorrência de nitrito pode indicar a presença de bactérias redutoras de nitrato quando as condições presentes são anaeróbias, ou seja, um ambiente com o teor de oxigênio dissolvido muito baixo.

Concentrações até 0,1 mg/l são inofensivas, já em concentrações entre 0,1 e 0,5 mg/L podem provocar danos a certas espécies de peixes. Existe perigo elevado em caso de concentrações superiores a 1 mg/L, pior ainda, se combinado com teores baixos de cloretos e

de oxigênio dissolvido, podendo causar metemoglobinemia, também conhecida como doença do sangue marrom (MICRONAL, 2012).

Método Analítico

O método analítico utilizado foi o colorimétrico. Princípio do método: o nitrito é determinado mediante a formação de um composto azo da cor púrpura, em um pH da ordem de 2,0 a 2,5, por diazotação por sulfanilamida com N-(1-naftil)-etilenodiamino dihidroclorídrico (NED dihidroclorídrico). A escala de concentração aplicada ao método é de 10 a 1000 $\mu\text{gN-NO}_2^-/\text{L}$ em espectrofotômetro, sendo empregado o comprimento de onda de 543nm.

1.4.2.2.6. Nitrato

Como citado anteriormente, o nitrogênio sob forma de amônia, se transforma com o tempo, dependendo das condições física e química do meio aquático, em nitrito e, posteriormente, em nitrato (nitrificação).

A presença de nitrogênio na forma de nitrato no corpo d'água é um indicador de poluição antiga relacionada ao final do período do processo de nitrificação ou pode caracterizar o efluente de uma estação de tratamento de esgotos sanitários em nível terciário, onde o processo de nitrificação é induzido e controlado com o objetivo de redução de nutrientes (CETESB, 2012).

O nitrato, medido em miligramas por litro (mg/l) de amostra d'água, pode sofrer também um processo de desnitrificação onde é reduzido a nitrogênio gasoso. Já foi comprovada a relação entre a concentração de nitrato e a ocorrência de cianose em crianças. A cianose provoca alterações na composição sanguínea, levando a pele a uma coloração azulada (CETESB, 2012).

O nitrato em altas concentrações nas fontes domésticas de água (poços) pode trazer graves problemas de intoxicação tanto no ser humano como aos animais (CETESB, 2012).

O método analítico utilizado foi a espectrofotometria.

1.4.2.2.7. Cloretos

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais são fontes importantes as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6 g de cloreto por

dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L (CETESB, 2012).

Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, etc. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da cunha salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água (CETESB, 2012).

Para as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade, segundo a Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde. O cloreto provoca sabor “salgado” à água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade.

O cloreto provoca corrosão em estruturas hidráulicas, como por exemplo em emissários submarinos para a disposição oceânica de esgotos sanitários, que por isso têm sido construídos com polietileno de alta densidade (PEAD). Interferem na determinação da DQO e embora esta interferência seja atenuada pela adição de sulfato de mercúrio, as análises de DQO da água do mar não apresentam resultados confiáveis. Interfere também na determinação de nitratos (CETESB, 2012).

Também eram utilizados como indicadores da contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio com o lançamento de esgotos sanitários. Hoje, porém, o teste de coliformes fecais é mais preciso para esta função. O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos.

Método Analítico

O método analítico utilizado foi o argentométrico. Princípio do método: uma solução neutra ou levemente alcalina de cromato de potássio (K_2CrO_4) pode ser usado com indicador do ponto final de uma titulação de Nitrato de prata ($AgNO_3$) contra uma amostra contendo Cloretos.

A reação entre o $AgNO_3$ e o K_2CrO_4 resulta num precipitado de cor vermelho – tijolo, devido a formação do Ag_2CrO_4 (cromato de prata), e a reação entre o $AgNO_3$ e o íon Cl^- resulta num precipitado branco, devido a formação do $AgCl$ (cloreto de prata); porém, o produto de solubilidade do cloreto de prata é maior que a do cromato de prata, logo, esse irá

ter preferência na reação, de tal forma que apenas quando todos íons cloretos tiverem reagidos e sido “retirados” da solução por meio de precipitação, é que, a menor quantidade de Nitrato de prata promoverá o aparecimento do precipitado do cromato de prata, indicando o ponto final da reação.

1.4.2.2.8. *Dureza*

A dureza resulta da presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade, em teores elevados.

Pode causar: sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo; provoca incrustações nas tubulações e caldeiras.

A classificação das águas, em termos de dureza (em CaCO_3) é (CONAMA, 2005):

- Menor que 50 mg/1 CaCO_3 - água mole
- Entre 50 e 150 mg/1 CaCO_3 - água com dureza moderada
- Entre 150 e 300 mg/1 CaCO_3 - água dura
- Maior que 300 mg/1 CaCO_3 - água muito dura

Método Analítico

O método analítico utilizado foi o titulométrico. Princípio do método: o quelante Etilenodiaminotetracético sal dissódico (EDTA) forma um complexo quando em contato com certos metais; se uma pequena quantidade de indicador Preto de Eriocromo T é adicionado a solução aquosa contendo íons cálcio e magnésio, numa faixa de pH de 10 +/-0,1, a solução fica com uma cor rósea. Com a adição de EDTA, os íons cálcio e magnésio são, por ele, complexados, e a solução fica com uma coloração azul, indicando o ponto final da reação.

1.4.2.2.9. *Alcalinidade*

Alcalinidade da água é uma medida de sua capacidade em reagir com ácidos fortes para atingir determinado valor de pH. A alcalinidade da água natural é, tipicamente, uma combinação de íons bicarbonato (HCO_3^-), íons carbonato (CO_3^{2-}) e hidroxilas (OH^-).

É determinada por titulação com ácido forte em presença de alaranjado de metila. Na água potável, a alcalinidade contribui, também, para o sabor da água (RICHTER e NETTO, 1991).

Método Analítico

O método analítico utilizado foi a titulação potenciométrica. Princípio do método: íons relacionados a alcalinidade presentes na amostra resultantes da dissociação ou hidrólise de solutos, reagem com a adição de um ácido padrão. A alcalinidade, tal qual a acidez, depende do valor do ponto final de pH fixado (usa-se aqui, o sistema de dissociação do Bicarbonato-carbonato e presença de hidróxidos, de forma análoga ao empregado na acidez, logo, os pontos finais estipulados são os de pH 4,5 para alcalinidade a hidróxidos e de 8,3 para alcalinidade a bicarbonatos/carbonatos).

1.4.2.2.10. Carbono Orgânico Total - COT

O carbono é um elemento químico que entra na constituição dos seres vivos e de todos os compostos orgânicos. Como esse carbono ao oxidar-se consome o oxigênio dissolvido na água, a quantificação do carbono orgânico total é um bom indicador, intimamente relacionado com a matéria orgânica existente nos meios hídricos (RICHTER e NETTO, 1991).

O COT é uma medida direta da matéria orgânica carbonácea existente numa amostra líquida de água ou de efluentes sanitários ou industriais, sem distinguir se é matéria biodegradável ou não. A presença de carbono orgânico em águas limpas e residuárias corresponde à diversidade de compostos orgânicos em vários estados de oxidação. Alguns destes compostos de carbono podem ser submetidos a uma oxidação posterior por processos químicos ou biológicos, onde a DBO e a DQO podem ser utilizadas para caracterizar essas frações. O COT é independente do estado de oxidação da matéria orgânica e não mede outros elementos orgânicos, tais como o nitrogênio e o hidrogênio, ou inorgânicos que podem contribuir no requerimento de oxigênio medido pela DBO ou a DQO.

O método rápido da determinação do COT pelo método colorimétrico através da titulação com dicromato de potássio.

O carbono orgânico total não é limitado pelo CONAMA (Resolução N° 357 de 2005).

Para a determinação da concentração de carbono total, foram realizadas análises através do equipamento Shimadzu TOC-Vcpn.

Para se a determinar este COT primeiramente ocorre a separação do carbono orgânico purgável do não-purgável, partindo da concentração do carbono total (TC)

O método de análise a ser utilizado é o método direto, que consiste na quantificação do carbono orgânico não purgável/volátil (NPOC), relacionando-o com a concentração de TOC, através de três etapas: acidificação com *sparging* (que serve para remover o carbono inorgânico da amostra), combustão catalítica a 680° C (que transformar o NPOC em,

possibilitando sua quantificação pelo detector) e por fim, a detecção da quantidade de NPOC presente, pelo detector de infravermelho não dispersivo (NDIR),

1.4.2.2.11. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é um teste empírico em que é determinado o requerimento relativo de oxigênio, normalmente em águas de efluentes e águas poluídas. É medida, em geral, em miligramas por litro (mg/L), sendo definida como a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar (oxidar) a matéria orgânica, através da respiração aeróbica de microrganismos (bactérias, protozoários), num período de 5 ou 20 dias e a 20°C. Ou seja, nada mais é do que uma medida das necessidades respiratórias de uma população microbiológica (RICHTER e NETTO, 1991).

A DBO padrão está associada à porção biodegradável da matéria orgânica de origem vegetal e animal, e também àquele presente nos despejos domésticos e industriais.

Esta matéria, carbonácea, apresenta-se em suspensão ou dissolvida, podendo ser biodegradável ou não. Dada a diversidade dos compostos e formas como se apresenta no corpo d'água, procura-se quantificá-la, indiretamente, medindo-se sua capacidade de consumo de oxigênio dissolvido na água, que se dá através das bactérias oxidantes.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção de oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (RICHTER e NETTO, 1991).

Vale informar que os esgotos domésticos possuem uma DBO em torno de 300 mg/L, que representa o consumo de 300 mg de oxigênio em 5 dias, à 20 °C, no processo de estabilização da matéria orgânica carbonácea biodegradável presente em 1 litro de esgoto.

Resumindo, DBO alta significa presença de poluição através da matéria orgânica proveniente de fontes pontuais e/ou difusas de origem doméstica ou industrial (RICHTER e NETTO, 1991).

Método Analítico

O método analítico utilizado foi o teste de DBO_{5, 20}. Princípio do método: grande parte dos organismos vivos dependem, direta ou indiretamente, de oxigênio para manter seus processos metabólicos que produzem energia necessária para o seu crescimento e reprodução.

Chama-se de organismos aeróbios àqueles que dependem exclusivamente do oxigênio da forma livre para mineralização da matéria orgânica, resultando como produtos finais substâncias inorgânicas mais simples tais como o CO_2 , NH_3 , H_2O etc...

A matéria orgânica presente nas águas naturais e nos efluentes domésticos e industriais tende a ser mineralizada naturalmente pelos microrganismos aeróbios existentes, consumindo oxigênio dissolvido no meio aquoso. O teste de DBO tem por objetivo, determinar essa quantidade de oxigênio consumido, e assim, relacionar com a quantidade de matéria orgânica – biodegradável – presente na amostra.

O método usualmente empregado para a determinação da DBO é o da diluição, incubação por um período de 5 dias a 20°C , com a determinação dos níveis iniciais e finais de oxigênio através do método da Azida modificado.

Para garantir uma melhor eficiência no metabolismo dos microrganismos envolvidos no teste, é adicionado ao frasco de incubação, soluções nutritivas e uma solução tampão, a fim de garantir um pH neutro de 6,5 a 7,5 (chamada de Água de Diluição).

É importante frisar que, durante os 5 dias do teste, as amostras ficarão num ambiente desprovido de luz, à fim de evitar o aparecimento de seres clorofilados fotossintéticos.

1.4.2.2.12. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Esta demanda é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e em primeiro lugar, servindo os resultados de orientação para o teste da DBO. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial (RICHTER e NETTO, 1991).

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos.

Método Analítico

O método analítico utilizado foi o refluxo aberto. Princípio do método: a matéria orgânica/inorgânica oxidável é oxidada em meio ácido (H_2SO_4) por um forte agente oxidante ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) em excesso conhecido num condensador de refluxo do tipo Friedrichs. Toda reação é catalisada por Sulfato de Prata (Ag_2SO_4) e calor.

Após a digestão o excesso de Dicromato é titulado contra uma solução de Sulfato Ferroso Amoniacal –SFA– ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{NH}_4)_2$), e assim determina-se a quantidade de oxidante consumida na reação; tal quantidade será expressa em termos equivalentes de oxigênio. O tempo ideal para a digestão é de 2 horas.

Existe uma proporção a ser respeitada entre os reagentes e amostra, que é da ordem de: 1(dicromato):2(amostra):3(ácido sulfúrico).

Como nos esgotos existe uma grande quantidade de íons Cloretos, é necessário a adição de Sulfato de Mercúrio (HgSO_4), para que assim precipite o Cloreto de Mercúrio (HgCl_2) e não haja interferência no consumo de dicromato.

1.4.2.2.13. Sulfato

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto (CETESB, 2012).

As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. Nas águas tratadas é proveniente do uso de coagulantes (CETESB, 2012).

É importante o controle do sulfato na água tratada pois a sua ingestão provoca efeito laxativo. Já no abastecimento industrial, o sulfato pode provocar incrustações nas caldeiras e trocadores de calor. E na rede de esgoto, em trechos de baixa declividade onde ocorre o depósito da matéria orgânica, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, ocorrendo a exalação do gás sulfídrico, que resulta em problemas de corrosão em coletores de esgoto de concreto e odor, além de ser tóxico (CETESB, 2012).

Método Analítico

O método analítico utilizado foi o gravimétrico. Princípio do método: o sulfato é precipitado em presença de HCl a sulfato de bário (BaSO_4), pela adição de Cloreto de bário (BaCl_2) à solução.

O precipitado é cuidadosamente mantido próximo à temperatura de ebulição e, após um período de digestão é filtrado em um cadinho de porcelana previamente tarado, e conduzido a altas temperaturas (800o C), sendo esfriado e secado, e novamente pesado (cadinho+ BaSO_4). Por diferença de peso, tem-se a massa de Sulfato presente na amostra.

1.4.2.2.14. Cloro Residual Livre

É a quantidade de cloro disponível na água com potencial de desinfecção. Este parâmetro é definido pela Portaria N° 2914/11 do Ministério da Saúde que estabelece o limite legal entre 0,2 e 2,0 mg/litro. Caso esse parâmetro seja encontrado acima do limite, pode causar problemas de saúde e até corrosão da tubulação.

Método Analítico

O método analítico utilizado foi o iodométrico. Princípio do método: Cloro pode reduzir a Iodo (I₂) livre o iodeto de potássio (KI) em um pH em torno de 8 ou menor. O I₂ livre é titulado contra uma solução padrão de tiosulfato de sódio (Na₂S₂O₃) usando amido como indicador do ponto final da reação. Realiza-se a titulação em um pH entre 3 e 4 porque a reação não é estequiométrica numa faixa de pH neutro, no que diz respeito a oxidação do tiosulfato a sulfato.

1.4.2.2.15. Fluor

Este parâmetro também é definido pela Portaria N° 2914/11, onde se exige que seja adicionado na água flúor para prevenção de cárie dentária. O limite legal está entre 0,6 e 0,8 mg/litro. Valores encontrados acima deste limite também podem implicar em problemas de saúde.

Método Analítico

O método analítico utilizado foi o eletrodo ion-seletivo. Princípio do método: o eletrodo de fluoreto é um sensor de íon seletivo. Trata-se de um eletrodo de estado sólido com uma membrana de fluoreto de lantânio tratado com terras raras para aumentar a sua condutividade. Responde às mudanças na concentração de fluoreto na solução, sendo milhares de vezes mais sensível para fluoreto que para outros ânions presentes na solução.

A atividade do íons fluoreto depende da força iônica total da solução, do pH e das substâncias capazes de complexar o fluoreto. A adição de um tampão apropriado mantém a força iônica uniforme, ajusta o pH e destrói os complexos. Dessa forma, o eletrodo fornece uma resposta precisa em termos de concentração de fluoreto

O eletrodo é calibrado com soluções padrões de concentração conhecida, da ordem de 0,5 a 5,0mgf/l. A função específica dessas soluções é de fixar a posição e a inclinação da reta que é obtida plotando-se concentração por mV (lida no equipamento); o ideal é que o “sloope” resultante situe-se na faixa de 58mV a 20°C.

O eletrodo detecta apenas a forma de fluoreto ionizada, isto é, a forma livre. Poresse motivo torna-se fundamental o uso da solução tampão denominada TISAB III, para eventual ajuste de pH e liberação dos íons F⁻.

1.4.2.3. Frequência da amostragem

Conforme observado anteriormente, foram realizadas 03 (três) campanhas de amostragem, datadas em 05, 12 e 19 de janeiro de 2010.

Foi adotada a amostragem no período chuvoso para diagnosticar o arraste de material antrópico para os canais do município de Belém, para que se pudesse identificar a influência dos mesmos na qualidade ambiental da água consumida pela população de entorno a área sob investigação.

A orientação básica para a execução das amostragens das águas superficiais foi feita a partir das diretrizes exigíveis pela ABNT previstas nas normas:

- NBR 9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento;
- NBR 9898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento.

As coletas das amostras de águas superficiais foram efetuadas pela submersão sub-superficial de um pote de polietileno, com boca larga, selecionando-se pontos de amostragem representativos, evitando-se a coleta em áreas estagnadas, em pontos de remanso ou muito próximos às margens.

A orientação básica para a execução das amostragens das águas subterrâneas foi feita a partir das diretrizes previstas na norma:

NBR 13.895 - Construção de poços de monitoramento e amostragem - Procedimento.

Todas as amostras foram mantidas sob refrigeração e encaminhadas aos laboratórios analíticos da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) na Estação de Tratamento de Água (ETA) Bolonha, para o laboratório do Grupo de Pesquisa em Hidráulica e Saneamento (GPHS) e para o laboratório de cromatografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA).

As metodologias de preservação e análises físico-químicas seguiram os métodos analíticos presentes no *Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater*, ou métodos EPA, em sua última edição (1999).

1.4.2.4. Legislação Ambiental

Para a caracterização da qualidade das águas superficiais, os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos foram avaliados quanto à sua magnitude de acordo com os padrões previstos pela Legislação Federal em vigor, representada pela Resolução CONAMA 357/05, Resolução CONAMA 397/08 e a Portaria do Ministério da Saúde Nº 2194/2011.

Em virtude dos cursos d'água avaliados no presente estudo ainda não possuem enquadramento, eles estão sendo comparados com os padrões para as águas doces classificadas como Classe 2, conforme determina o Artigo 42º desta Resolução (Nº 357/05).

Para a caracterização das águas subterrâneas, os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos são avaliados quanto à sua magnitude, de acordo com a Resolução CONAMA nº 396/08, a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, dentre outras providências.

Deve ser observado que a comparação dos resultados de monitoramento com os valores de referência constantes nesta Resolução, em seu Anexo 1, visam a uma caracterização das águas subterrâneas em relação à classificação ambiental então proposta. Neste contexto de avaliação dos resultados, também são abordadas algumas considerações teóricas sobre a classificação das águas, as quais não estão relacionadas propriamente com os resultados obtidos.

1.4.3. Elaboração de mapas temáticos

A partir dos dados coletados são geradas bases temáticas para subsidiar o entendimento dos parâmetros técnicos da área de estudo, que foram importantes para respaldar as etapas de coleta de água, a exemplo de base hidrogeológica simplificada, distribuição de poços, fontes potenciais de poluição, obras de saneamento básico etc. A escala de cada base é compatibilizada em função da área física e dos dados disponíveis analisados. A elaboração dos mapas utiliza programas e/ou pacotes computacionais (Autodesk AutoCAD 2010, ESRI ArcGIS 9.3, Mapsource e Trackmaker) que permitiram um georeferenciamento da base, facilitando, *a posteriori*, a plotagem de dados georeferenciados em campo.

1.4.4. Monitoramento da qualidade das águas e das doenças de veiculação hídrica

A fim de se ter o conhecimento mais amplo do quadro evolutivo, tanto da qualidade das águas quanto das doenças de veiculação hídrica, torna-se necessário à realização do monitoramento desses parâmetros.

As coletas de amostras de água distribuída pela concessionária pública, superficial e subterrânea foram procedidas no período chuvoso, tentando estabelecer uma relação entre incidência de surtos epidemiológicos, precipitação pluviométrica, recarga dos aquíferos e consumo de água.

Como relatado anteriormente, as coletas primárias de água superficial e subterrânea deste estudo, foram realizadas nas bacias do Una e Estrada Nova em cada ponto amostral. Para as informações do abastecimento de água da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), foram solicitados relatórios oficiais do plano de monitoramento de potabilidade estabelecido pelo órgão.

Para os dados das doenças de veiculação hídrica foram compilados com base nas informações existentes nos órgãos gestores da saúde pública estadual (Secretaria de Saude do Estado do Pará – SESPA) e municipal (Secretaria Municipal de Saude – SESMA). Foram utilizados dados temporais de dois períodos: 2000 e 2005.

A pesquisa sobre as doenças de veiculação hídrica foram exaustivas, visto que os órgãos públicos não possuem em seus sistemas de monitoramento todas as informações. Apenas os dados de febre amarela e dengue estão tabulados, devido ao pré requisito do Ministério da Saúde. Todas as outras doenças de veiculação hídrica tiveram que ser analisadas nos prontuários de cada centro de saúde dispersos nas bacias hidrográficas.

Tais informações serão detalhadas com maior profundidade nos capítulos específicos onde estes dados serão tratados.

1.4.5. Tratamento de dados

Os dados hidrogeológicos, socioambientais, físico-químicos e bacteriológicos obtidos nas diversas etapas anteriores foram convertidos em informações através das interpretações técnicas pertinentes a cada assunto, possibilitando a integração temática e resultando no retorno de parâmetros fundamentais ao desenvolvimento de políticas públicas e/ou privadas que possibilitem a melhoria de qualidade de vida das populações da área estudada.

Os dados resultantes das análises físico-químicas foram interpretados à luz do conhecimento da hidrogeoquímica médica, procurando a estreita correlação entre elemento químico, geologia e saúde, a fim de consubstanciar o conhecimento entre essas áreas e saúde, assim como as análises bacteriológicas em razão de doenças de veiculação hídrica e aquelas decorrentes da ingestão de elementos químicos em concentrações fora dos padrões recomendados para consumo humano.

1.4.6. Atualização de dados monetários

Segundo Simonsen (1970), Atualização Monetária é o nome que se dá para os ajustes contábeis e financeiros, realizados com o intuito de se demonstrar os preços de aquisição em moeda em circulação no país, em relação ao valor de outras moedas (ajuste cambial) ou índices de inflação ou cotação do mercado financeiro (atualização monetária propriamente dita).

Ainda segundo o autor, em Economia é também chamado de "Correção Monetária", ou seja, um ajuste feito periodicamente de certos valores na economia tendo em base o valor da inflação de um período, objetivando compensar a perda de valor da moeda.

Para a Bacia do Una, baseado no relatório oficial de entrega do projeto, foi realizada a conversão de todos os valores gastos até o ano de 2004, corrigidos com a taxa de correção cambial média do dólar para o mesmo ano, multiplicando pela correção do IGP-M (Índice Geral De Preços Do Mercado - IGP-M) para 2004 e 2012.

Para Bacia da Estrada Nova, será refeito o mesmo cálculo, porém com a base de dados para os anos de 2007 e 2012. Foram utilizados dados oficiais do projeto executivo da intervenção pública.

2. CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS

2.1. ASPECTOS FÍSICOS

2.1.1. Geologia

A área de Belém está representada geologicamente, em sua quase totalidade, por unidades cenozóicas, estudadas em afloramentos naturais e através de perfis litoestratigráficos de poços tubulares construídos na região.

Segundo Matta (2002) fazem parte desse contexto, a Formação Pirabas, de idade oligo-miocênica, situada na RMB, a partir de profundidades em torno de 100 metros; o Grupo Barreiras, de idade mioceno-pliocênica, que ocorre principalmente na forma de falésias nas ilhas de Caratateua e Mosqueiro; os sedimentos Pós-Barreiras e os sedimentos Holocênicos.

A distribuição dessas unidades pode ser vista na Figura 03 e o seu arranjo litoestratigráfico na Figura 04.

1.4.2.2.16. Formação Pirabas

A Formação Pirabas (Maury, 1925) aflora descontinuamente nos Estados do Pará, Maranhão e Piauí. A unidade, depositada durante o Oligoceno Superior – Mioceno Inferior é litoestratigraficamente constituída por calcários de composição variável e representa um paleoambiente marinho de águas rasas e quentes com salinidade normal (Ferreira & Cunha, 1957; Petri, 1957; Ferreira, 1966; 1980, 1982; Ferreira & Francisco, 1988, in Góes et al., 1990).

Assenta-se sobre o embasamento cristalino Pré-Cambriano. O contato superior com o Grupo Barreiras é considerado discordante (Francisco & Ferreira, 1988), como uma intergitação faciológica (Rossetti, 1988), ou com variações locais (Ferreira et al., 1984). Devido às variações ambientais e ecológicas evidenciadas no antigo mar de Pirabas, várias modificações litológicas e faunísticas registradas, sugerindo a presença de três fácies na Formação Pirabas, associadas respectivamente a ambientes de mar aberto, laguna e mangue (Petri, 1957; Ferreira, 1966; 1980; 1984 in Góes et al., 1990).

Fácies Castelo (Basal) - caracterizado por calcários duros diversificados, muito comuns na forma de coquinas, biohermitos, micritos e dolmicritos, gerados em ambiente de mar aberto, águas bastante agitadas e quentes com salinidade normal.

Fácies Capanema (Intermediária) - calcários argilosos (margas), micritos e bioclastitos, folhelhos ritmitos e arenitos calcíferos (beach rock), depositados em lagos, bordas de bacia ou estuário, com águas calmas e salinidade um pouco abaixo do normal.

Fácies Baunilha Grande (Topo) - argilas negras com vegetais piritizados e nódulos de calcários escuros contendo no seu interior crustáceos branquimes que refletem ambiente redutor, típico de mangue.

A distribuição dessas unidades estratigráficas no município de Belém, pode ser vista na Figura 03.

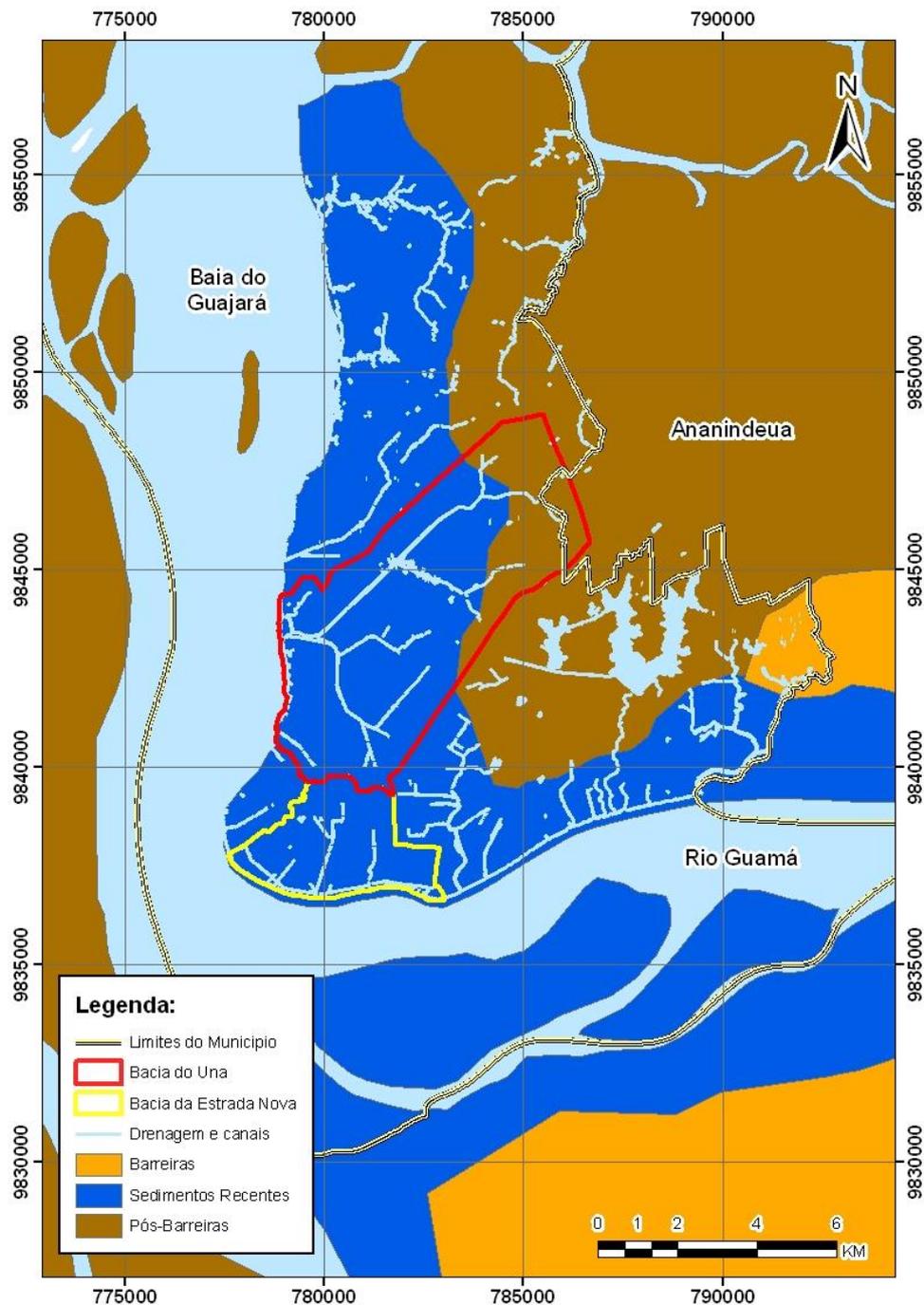


Figura 03 - Mapa geológico simplificado da Região de Belém e Ananindeua. Baseado em MATTA (2002).

1.4.2.2.17. Grupo Barreiras

Aflora sobretudo nas falésias da ilha de Caratateua (Outeiro) e na localidade de Santana do Aurá, além de algumas exposições em “covões” no Tapanã e Quarenta Horas e resquícios nos bairros da Pedreira, Terra Firme e Tapanã.

Essa unidade é representada por sedimentos continentais argilosos, arenosos e conglomeráticos, de coloração amarelada à alaranjada com lentes de arenito ferruginosos, pouco consolidados, com estruturas sedimentares representadas por diferentes tipos de estratificações e conteúdo fossilífero vegetal, além de estruturas tais como micro e meso fraturas e falhas.

Constitui uma cobertura sedimentar continental, depositada por sistemas fluviais entrelaçados, associados a leques aluviais, planícies de areia, planícies de lama, sendo provável a influência de marés (Rossetti et al., 1989).

Na RMB, no geral estas rochas encontram-se sobrepostos por latossolo amarelo e vermelho-amarelo e solos de areia quartzosa, desenvolvidas a partir dessas rochas (Souza Júnior et al., 1992).

Ainda segundo Souza Junior (1992), litologicamente é composto por sedimentos argilosos com laminação plano-paralela, coloração vermelho-amarelada com tons esbranquiçados, bioturbados, localmente gretas de contração, sedimentos arenosos de granulação fina a média, estratificações cruzadas do tipo acanalada e estratificações de maré, sedimentos areno-argilosos maciços ou com estratificações incipientes, conglomerados com seixos de quartzo e quartzito. Localmente estes sedimentos podem ocorrer ferruginizados.

1.4.2.2.18. Pós-Barreiras

É representada predominantemente por sedimentos inconsolidados, sobretudo arenosos, que variam de creme-amarelados, amarelos a totalmente brancos, com alguma fração de argila, granulometria variando de fina a média e sem estrutura sedimentar aparente. O seixos milimétricos de quartzo leitoso, então dispostos caoticamente, além de concreções ferruginosas (Sá, 1969; Rossetti et al., 1989).

Os melhores afloramentos são encontrados na falésia da ilha de Caratateua (Outeiro), mais especificamente na praia do Amor, expostos discordantemente sobre os sedimentos Barreiras (Sá, 1969; Rossetti et al., 1989).

O contato com o Grupo Barreiras é marcado por um leito de paleopavimento, composto por fragmentos lateríticos discóides (Sá, 1969; Rossetti et al., 1989).

1.4.2.2.19. Sedimentos Holocênicos (Recentes)

Unidade que ocorre ao longo das planícies fluviais, atuais e sub-atuais, situados nos vales dos rios e igarapés que drenam a área e geralmente é proveniente do desmantelamento dos grupos Barreiras e Pós Barreiras. Estas planícies constituem sedimentos argilosos de coloração cinza esbranquiçada, com leves manchas avermelhadas e amareladas devido a oxidação do ferro. Há também muita matéria orgânica e intensa atividade biológica. Sua distribuição está condicionada as áreas de agradaciação (Sá,1969; Rossetti et al., 1989).

As aluviões são compostas por material arenoso, seixo de laterito e de quartzo, com menores proporções de argila.

ÉPOCA		UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	SEQÜÊNCIA DEPOSICIONAL
PLIOCENO - QUATERNÁRIO		Pós-Barreiras	C
MIOCENO	SUPERIOR	Paleossolo Laterítico	DS3
	MÉDIO	Formação Barreiras Superior - Médio	B
	INFERIOR	Formação Barreiras Inferior	DS 2
OLIGOCENO SUPERIOR		Formação Pirabas	A
		Paleossolo Bauxítico - Laterítico	DS 1

Figura 04 - Seqüências estratigráficas do Cenozóico (Paleogeno Superior – Neogeno) das plataformas Bragantina e Pará. A - Formação Pirabas e a parte inferior da Formação Barreiras; B - parte intermediária e superior da Formação Barreiras; C - Sedimentos Pós-Barreiras (Rossetti et al., 2001).

Pode-se observar que as bacias hidrográficas da Estrada Nova e do Una estão situadas nas áreas de Sedimentos Recentes, o que justificará adiante a qualidade da água encontrada nestas bacias.

2.1.2. Geomorfologia

Belém localiza-se na região morfológica dos “baixos platôs amazônicos e planícies litorâneas”. Tem seu sítio constituído por plataforma de cumeada que corresponde ao nível local mais elevado do planalto terciário. Os níveis destas plataformas situam-se entre 15 a 30 metros e são terrenos escalonados cujas amplitudes variam entre 4 e 15 metros. Existem baixadas inundáveis, formadas por áreas situadas abaixo da cota de 4 metros (Corrêa, 1989, *apud* PARÁ, 1995).

As superfícies integradas pelos terraços escalonados e pelas plataformas de cumeada, a partir de um vértice localizado junto à confluência do rio Guamá com a baía de Guajará, abrem-se em leque para Nordeste e Norte, formando 3 eixos divisores de águas que deságuam no rio Maguari ao Norte, na baía de Guajará a Oeste, no rio Guamá ao Sul (Corrêa, *op. Cit.*). (Figura 05).

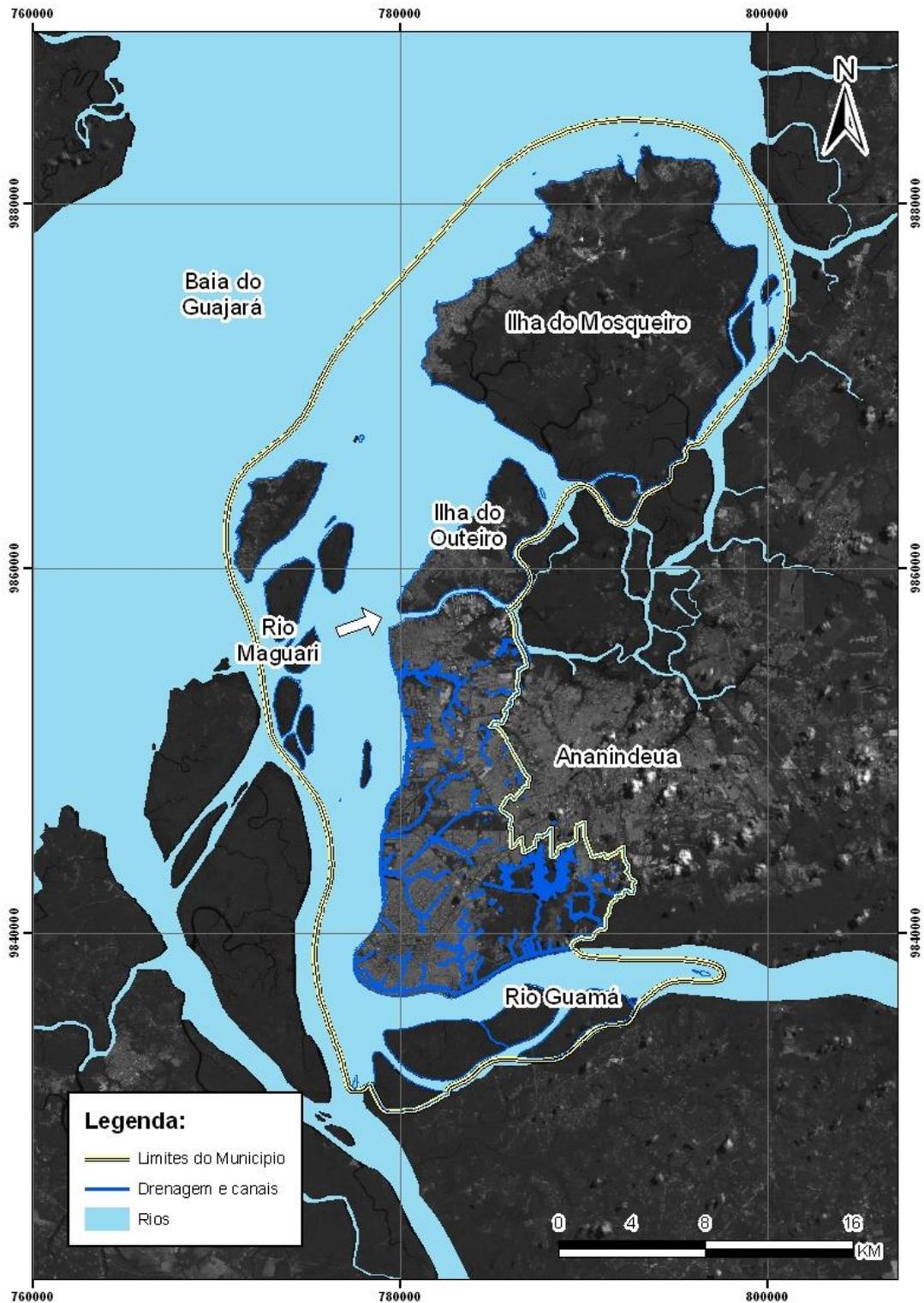


Figura 05 - Imagem de radar do município de Belém.
Fonte: CBERS.

As unidades de relevo descritas a seguir foram definidas através de estudos geológico-geomorfológicos, efetuados pela Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém - CODEM (1975) e constam de quatro unidades: terrenos sedimentares do

Quaternário-Pleistoceno; terrenos sedimentares do Quaternário-Holoceno; zonas rebaixadas e terraços fluviais inundáveis, e planícies fluvio-marinhas.

➤ **Terrenos Sedimentares do Quaternário-Pleistoceno:** é a unidade de maior expressão na área do município de Belém, ocupando cerca de 60% da área, correspondendo a pediplanos aplainados, observando-se localmente ondulações suaves de topos arredondados. São feições que se sustentam por lentes de concreções ferruginosas, que podem pertencer a base de sedimentos Pós-Barreiras. Na cidade de Belém a unidade corresponde as maiores cotas topográficas dos bairros do Marco, Pedreira e Terra Firme;

➤ **Terrenos Sedimentares do Quaternário-Holoceno:** essa unidade corresponde às áreas de baixada na Região Metropolitana de Belém (CODEM, 1975) e acha-se bem representada nos bairros do Jurunas, Terra Firme, Guamá, Batista Campos, Sacramento e Telégrafo;

➤ **Zona Rebaixada e Terraços Fluviais Inundáveis:** corresponde aos depósitos que se sobrepõem aos terrenos quaternários mais antigos, sendo bem representados nas zonas de baixadas do município de Belém. Está relacionada às menores cotas topográficas da região (sendo as vezes negativa). A deposição de sedimentos argilosos dá-se com o represamento dos rios e igarapés na região, com o aporte da maré alta, sendo, por isso encontrados em toda a área, urbanizada ou não;

➤ **Planícies Flúvio-Marinhas:** esta feição corresponde às áreas de manguezais, praias, rios e igarapés, onde se depositam sedimentos modernos. A feição é também relacionada às zonas de várzea, em virtude dos constantes períodos alagados.

Segundo PARÁ (1995), as principais unidades geomorfológicas no âmbito da área estudada são as mostradas no mapa da Figura 06. Os terrenos são os que se seguem:

A Superfície Pediplana (Pediplano Inundado), - Sup. Pediplanada 1, cobrindo toda a área do Complexo do Utinga; e a Superfície Pediplanada (Pediplano Retocado Desnudado) – Sup. Pediplanada 2, área a leste do Complexo do Utinga, que fazem parte do Planalto Rebaixado da Amazônia.

A faixa leste-oeste ao sul, sobre a planície aluvial do rio Guamá, bem como porções das ilhas de Outeiro e São João, ao norte da área, foram destacadas como Área de Acumulação (PARÁ, 1995) e situadas em outra unidade maior que é a Planície Amazônica.

Neste compartimento da área, além da planície aluvial do rio Guamá, incluem-se eventuais superfícies de terraços por ali observadas. Essa constitui o Pediplano Pleistocênico, como representado na Região da Grande Belém, esculpido sobre terrenos plio-pleistocênicos do Grupo Barreiras, muitas vezes laterizados, bem como sobre coberturas detríticas alúvio-

colúvias neo-pleistocênicas que encontram-se parcialmente ou totalmente pedogeneizadas, adquirindo assim um caráter edafoestratigráfico (PARÁ, 1995).

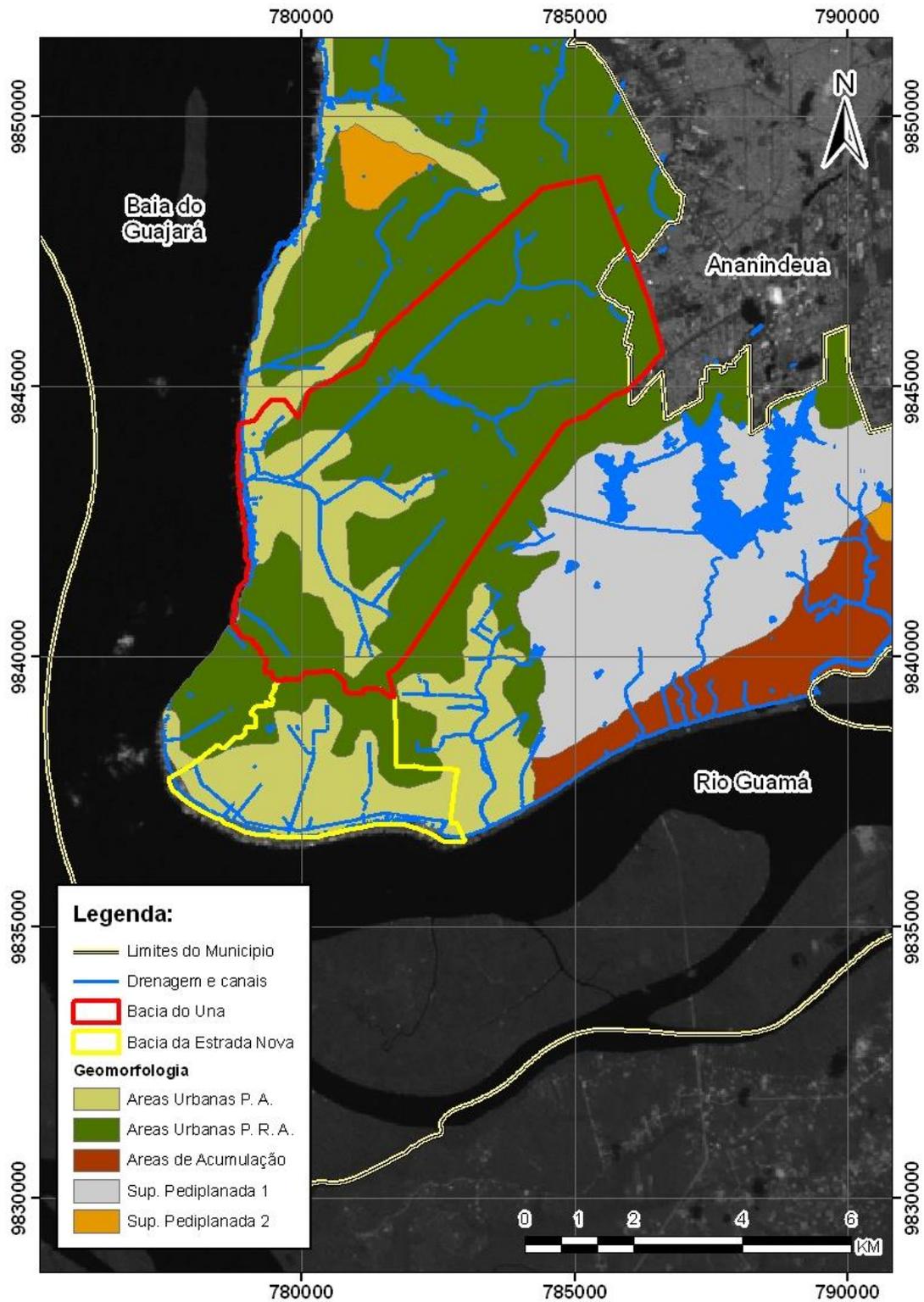


Figura 06 – Mapa Geomorfológico nas áreas de estudo em relação a Belém (Baseado em MATTA, 2002)

2.1.3. Pedologia

A região de Belém apresenta sete unidades de solo: latossolo amarelo, laterita hidromórfica, concrecionário laterítico, podzol hidromórfico, hidromórfico gleizado, areia quartzosa e áreas aterradas. (Vieira et al., 1967 *apud* Mazzeo, 1991).

Essas unidades mostram características distintas, segundo Mazzeo (1991). O Latossolo Amarelo é composto de uma mistura de óxidos hidratados de ferro e alumínio. São solos com profundidade de 2 m e representa, praticamente, 50 % da área urbana.

A *Laterita hidromórfica* é um solo desgastado e ácido, rico em sesquióxidos e pobre em húmus. A profundidade varia de 17 a 52 cm. A coloração é vermelha, cinza ou branca ocasionada pela presença de um material mosqueado e outro argiloso intemperizado (Vieira et al., 1967 *apud* Mazzeo, 1991).

O Concrecionário laterítico é formado por partículas finas com alto grau de intemperização, podendo ter vários graus de evolução, sendo a laterita o sinal do processo de formação. As concreções lateríticas podem aparecer nos perfis como arenito ferruginoso, com teor de ferro superior ao teor de alumínio, junto com quartzo e argila, incluídas ou interligadas com os depósitos de ferro relativamente hidratados (Vieira et al., 1967 *apud* Mazzeo, 1991).

O Podzol Hidromórfico é de textura arenosa, firme, ácido, com acúmulo de húmus e sesquióxidos. A coloração é branca ou cinza claro e profundidade média de 150 cm (Vieira et al., 1967 *apud* Mazzeo, 1991).

O solo hidromórfico gleizado apresenta coloração amarela a vermelho, ocasionada pela variação do nível freático, determinante dos processos de oxidação e redução. Tem alto teor de matéria orgânica, silte e argila. Ocorre em planícies inundadas das regiões costeiras de baixas altitudes e nas margens dos rios e igarapés. Tem alta capacidade de troca iônica (Vieira et al., 1967 *apud* Mazzeo, 1991).

A areia quartzosa é um solo facilmente lixiviável, árido, com baixa atividade de argila e saturação. A textura é arenosa de textura fraca, granular ou maciça porosa, se desfazendo em grãos simples.

As áreas aterradas têm intenso hidromorfismo, que sofreu deposição de aterro, argila e lixo, sendo recuperada e utilizada no perímetro urbano (Vieira et al., 1967 *apud* Mazzeo, 1991).

A Figura 07 mostra a distribuição das unidades de solo na área estudada.

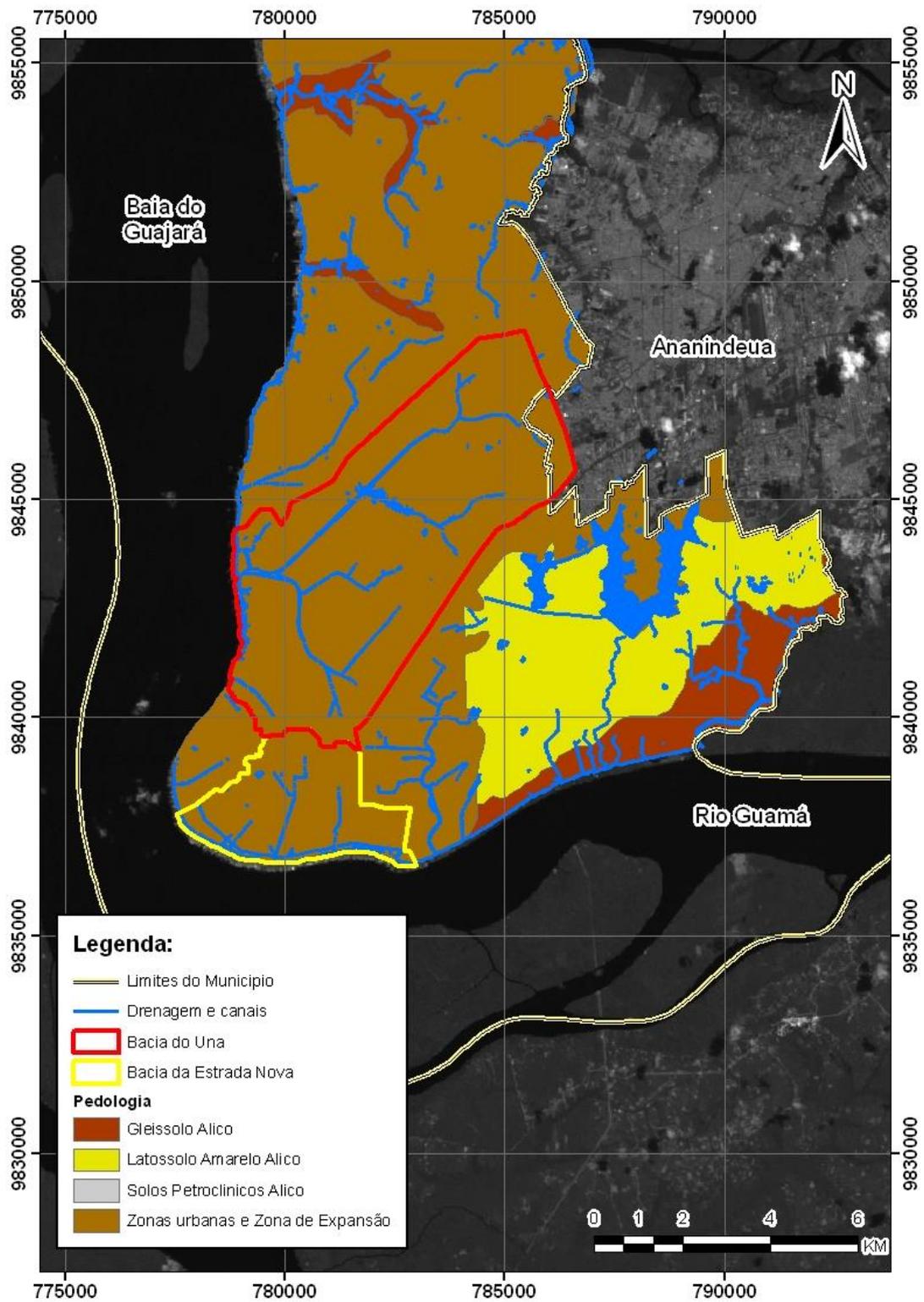


Figura 07 - Distribuição dos solos nas áreas de estudo em relação a Belém (Baseado em MATTA, 2002)

2.1.4. Hidrogeologia

Os sistemas hidrogeológicos da RMB incluem aquícludes, aquíardes e aquíferos, pertencentes às unidades estratigráficas Pirabas, Barreiras, Pós Barreira e Aluviões. Esses sistemas estão razoavelmente estudados até uma profundidade em torno de 280 m. A partir daí, as características hidrodinâmicas e as espessuras das camadas de sedimentos são muito pouco conhecidas (Matta, 2002).

Os pacotes sedimentares que acumulam água subterrânea na região de Belém, segundo MATTA (2000), são formados por cinco sistemas hidrogeológicos principais, denominados:

- Pirabas Inferior
- Pirabas Superior
- Barreiras
- Pós-Barreiras
- Aluviões

Esses aquíferos vêm sendo explorados no município através de poços tubulares profundos, rasos e cacimbas. As profundidades variam entre os extremos de 10 a 280 m e uma gama muito grande de vazões, variando de 1 m³/h até produções que alcançam mais de 300 m³/h.

1.4.2.2.20. Pirabas Inferior

Essa unidade é composta, predominantemente, de camadas repetitivas de arenitos de cor cinza-esbranquiçada, granulação fina à conglomerática, com intercalações mais espessas de argilas e siltitos avermelhados, ocorrendo nos intervalos de métricos a decamétricos e em profundidades a partir de 180 – 200 m.

São excelentes aquíferos, com vazões de até 600 m³/h e boa potabilidade, pois os teores de ferro são baixíssimos ou mesmo ausentes na maioria das vezes (OLIVEIRA, 1998 A).

1.4.2.2.21. Pirabas Superior

Os aquíferos dessa unidade ocorrem no intervalo de 70-180 m. Os intervalos de profundidade das camadas aquíferas métricas a decamétricas variam muito dentro da área de Belém e adjacências. O potencial desse sistema aquífero é expresso por vazões da ordem de 100 a 200 m³/h, principalmente associadas aos arenitos mais grossos (MATTA, 2002).

1.4.2.2.22. Barreiras

Essa unidade aquífera é a mais conhecida e explorada na área estudada e corresponde aos sedimentos do Grupo Barreiras, cujas expressões litológicas são bastante heterogêneas. A unidade Barreiras ocorre em profundidades de 25 a 90 metros. São camadas aquíferas distribuídas numa espessura vertical em torno de 70 m e que apresentam vazões entre 10 e 70 m³/h. Nas camadas com granulometrias de areias grossas a cascalhos, têm sido mencionadas vazões de até 80 m³/h (Sauma Filho, 1996).

Um dos principais problemas para a captação de água dessa unidade aquífera tem sido o seu teor de ferro, frequentemente com valores acima de 0,3 mg/L, fora do padrão recomendado pelo Ministério da Saúde.

1.4.2.2.23.

1.4.2.2.24. Pós-Barreiras

A unidade Pós-Barreiras tem sido mencionada na literatura por diversos autores (Sauma Filho, 1996; Oliveira, 1998) é constituída por pacotes argilo-arenosos, inconsolidados, existentes desde a superfície até cerca de 25 m sendo, por vezes, recoberta por alúvios e colúvios.

O potencial hidrogeológico desse aquífero é fraco, como atestam as vazões dos poços, normalmente abaixo de 5 m³/h. Entretanto, na maioria das vezes, apresenta água de boa qualidade para consumo humano, podendo, em alguns casos, não ser potável devido ao teor excessivo de ferro, precisando de tratamento para ser consumida.

Essa presença de ferro, muitas vezes inviabiliza as obras de captação, pois a exigência da estação de desferrificação quase sempre ultrapassava o custo do próprio poço. Isso afeta, de perto, residências e pequenos condomínios residenciais.

Esses aquíferos são de natureza livre e apresentam alta vulnerabilidade junto às principais fontes pontuais de contaminação das águas subterrâneas, principalmente em função de sua profundidade quase sempre inferior a 25 m, colocando-os nas zonas de interação com fossas sépticas, postos de combustíveis, cemitérios, etc.

Um outro fator que acentua essa vulnerabilidade é o processo construtivo da grande maioria das obras de captação (poços) dessa unidade. Normalmente sem pessoal técnico habilitado nem tecnologias de construção, são geralmente construídos manualmente, sem qualquer cuidado com as exigências de higiene e proteção do poço.

A tabela 03 apresenta a coluna estratigráfica típica da região metropolitana de Belém.

Tabela 03 - Coluna estratigráfica e características hidrogeológicas dos aquíferos da RMB

PERÍODO	ÉPOCA	UNIDADE	ESPESSURA	SÍNTESE LITOLÓGICA	CARACTERÍSTICA HIDROGEOLÓGICA	
QUATERNÁRIO	HOLOCENO - PLEISTOCENO	CLÁSTICOS FRIÁVEIS	10 m	Constituem-se de areias variadas, argilas, limos e várzeas, distribuídas 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 10 m ³ /h.	
TERCIÁRIO	MIO - PLOCENO	COBERTURA DETRÍTICO LATERÍTICA	35 m	Sedimentos argilo - arenosos, variegados, com níveis lateritizados e arenito ferruginoso.	Potencialidade hidrogeológica fraca, devido á constituição litológica, contudo é muito utilizado pela população, através de poços tubulares rasos, que fornecem vazões na ordem de 1 a 3 m ³ /h.	
		GRUPO BARREIRAS	70 m	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	80 m	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	120 m	Esta unidade é caracterizada por arenitos de granulometria fina a grossa e pelitos associados	Potencialidade hidrogeológica excelente e a mais promissora dentre as unidades terciárias, sendo muito utilizado no abastecimento público e nas indústrias. Apresenta vazões acima de 200 m ³ /h.
		PRÉ - PIRABAS	> 300 m	Arenitos finos com intercalações de Siltito e argila.	Não São conhecidas as suas características hidrodinâmicas, entretanto apresenta camadas arenosas de 20 m de espessura, tropeadas por argilas e siltitos.	

Fonte: (OLIVEIRA, 2002)

1.4.2.2.25. Aluviões

As aluviões constituem um domínio permoporoso que, apesar de suas boas capacidades armazenadoras, não possuem expressão significativa na área da grande Belém em função de suas espessuras inferiores a 10 m. Trata-se de aquíferos livres cuja recarga se dá diretamente através das precipitações pluviométricas. As descargas se dão através dos rios, fontes, evapotranspiração e poços. Suas vazões podem alcançar valores de até 10 m³/h.

2.1.5. Características hidrológicas e da rede de drenagem

2.1.5.1. Rede de drenagem e o relevo de Belém

A rede de drenagem de uma dada região, tratada de forma sistemática e uniforme, pode fornecer informações de relevância para a gestão dos recursos hídricos da área em apreço.

Segundo MATTA (2000) e COSTA (2004), a drenagem de Belém compreende um conjunto de rios e igarapés que deságuam nas baías do Guajará e do Marajó, conjuntamente aqui denominada de Bacia Litorânea, e pela bacia do Rio Guamá e seus tributários.

Em escala macro, o comportamento da rede de drenagem com seus padrões angular, subdendrítico, subparalelo e anostomótico e suas feições anômalas destacadas, são indicativos da existência de controle estrutural encontrados nos segmentos de drenagem, tanto de mais alta ordem quanto em tributários.

A Bacia Litorânea é formada pelos afluentes que deságuam nas baías do Guajará e Marajó. Este sistema é formado por dezoito micro bacias, e inclui a região das ilhas de Outeiro e Mosqueiro. Apresentam direções gerais de fluxo NW-SE e NE-SW, com inflexões para N-S e subordinadamente para E-W (MATTA (2000) e COSTA (2004)).

Como padrões de drenagem destaca-se a treliça e retangular e, localizadamente, subdendrítico e anostomótico. Os canais usualmente possuem configuração retilínea, mostrando, por vezes, uma angularidade média a alta em relação aos tributários de menor ordem. Há uma predominância de drenagens orientadas N-S e E-W que configura uma feição de mosaico retangular para a rede de drenagem neste setor. Na porção mais a leste, percebe-se que há o predomínio do padrão subdendrítico para os tributários, com relação aos canais de ordem menor, com uma angularidade média a alta. Comumente, existem canais mais abertos, principalmente nas proximidades dos rios principais da área (Maguarí, Mocajatuba etc.) e “furos” (Maguarí, dos Bragas, do Cotovelo) (COSTA, 2004).

O denominado padrão anostomótico desenvolve-se na planície flúvio-marinha das adjacências das ilhas de Outeiro, em direção a sul onde seus canais, que são os de maior ordem da área, mostram trechos mais retilíneos e localmente formam meandros. A geometria anostomótica é, principalmente, configurada pelos canais de menor ordem que se interligam com os principais.

Este sistema de drenagem apresenta forte controle, sendo observados a existência, tanto nos canais de mais alta ordem quanto nos tributários, de feições anômalas em cotovelo, de assimetrias, de trechos retilíneos que se tornam de meandantes, de meandros isolados, mudança de orientação de canais de rios, entre outras feições.

A Bacia do rio Guamá é formado pelos afluentes das margens direita e esquerda do rio Guamá, que apresenta uma direção geral E-W e representa o canal principal. Nesse sistema foram separados um total de vinte e duas micro bacias, cuja direção geral de fluxo e dos afluentes é N-S. Os afluentes mostram também inflexões NE-SW e NW – SE, e subordinadamente E-W. O padrão de drenagens apresentado é do tipo retangular e subparalelo e anostomótico próximo ao Rio Guamá (MATTA (2000) e COSTA (2004)).

O Rio Guamá e seus tributários apresentam trechos fortemente controlados, localmente, são observadas anomalias marcadas por lagos isolados, a exemplos dos lagos Bolonha, Água Preta e drenagens com vales abertos, representadas pelos igarapés Ramal do Guamá e Taiaçui, formas em cotovelos formados pelos tributários da margem direita do Rio Guamá, estando mais evidentes no, rio Aura e igarapé Uriboca. O rio Caraparú é o que apresenta melhor expressão dessa anomalia, e curvas anômalas, como a presente à altura da cidade de Bujarú (COSTA, 2004)

A Bacia do rio Pará, que em conjunto com o rio Guamá forma a Baía do Guajará, compõem um total de sete micro bacias. Apresentam direção geral de fluxo NWSE, com inflexões para NE-SW. Este sistema também apresenta um forte controle estrutural. Os padrões de drenagens apresentados são do tipo treliça, retangular, subparalelo e anostomótico, e nos tributários de mais baixa ordem subdendrítico. Localmente, são observadas anomalias marcadas por cotovelos e curvas anômalas, principalmente nos rios Arienga, Arapiranga e Guajará, presentes também nos Rios Murucupí e Itaporanga (COSTA, 2004).

Os padrões e as anomalias de drenagem, apresentados nestas bacias, refletem o controle estrutural a que ela está submetida; segundo Howard (1967), os padrões treliça e retangular são associados à estruturação de rochas do embasamento ou em áreas de rochas sedimentares falhadas, e o padrão anostomótico pode estar relacionado à área em subsidência.

O modelo subparalelo apresentado em alguns locais pode ser originado por xistosidade, falhamentos e dobramento complexo ou, um controle de declive ou relevo subparalelo (Howard, 1967) e Zernit6 (1932) apud Deffontaines & Chorowich (1991).

Segundo Ouchi (1985) qualquer mudança na estabilidade de canais resulta na modificação da forma do rio, e essas modificações são representadas por mudanças abruptas no padrão regional das drenagens ocasionadas por subsidência ou soerguimento local, que segundo ao modelo proposto pelo autor, está sofrendo um soerguimento local que ocasionou o desvio da drenagem.

Em outros locais são observadas anomalias na rede de drenagem tais como mudanças repentinas da orientação de cursos d'água que segundo (Howard, 1967) podem revelar

descontinuidades que refletiriam anomalias no terreno. Ainda, segundo o autor, anomalias de drenagem como retilinearidade, meandros locais, meandros comprimidos, canal entrelaçado diques marginais e curvas anômalas de drenagem teriam como causas mudanças na geologia estrutural e, por conseguinte, nas formas de relevo. Vales ou canais abertos resultariam de estruturas locais em áreas soerguidas e, cotovelos e curvas anômalas ligar-se-iam a soerguimento e falhas direcionais. Na área são observadas diversas dessas anomalias o que corroboram a ideia de um controle estrutural acentuado na configuração geométrica dos pacotes sedimentares da RMB, como pode ser observado na Figura 09.

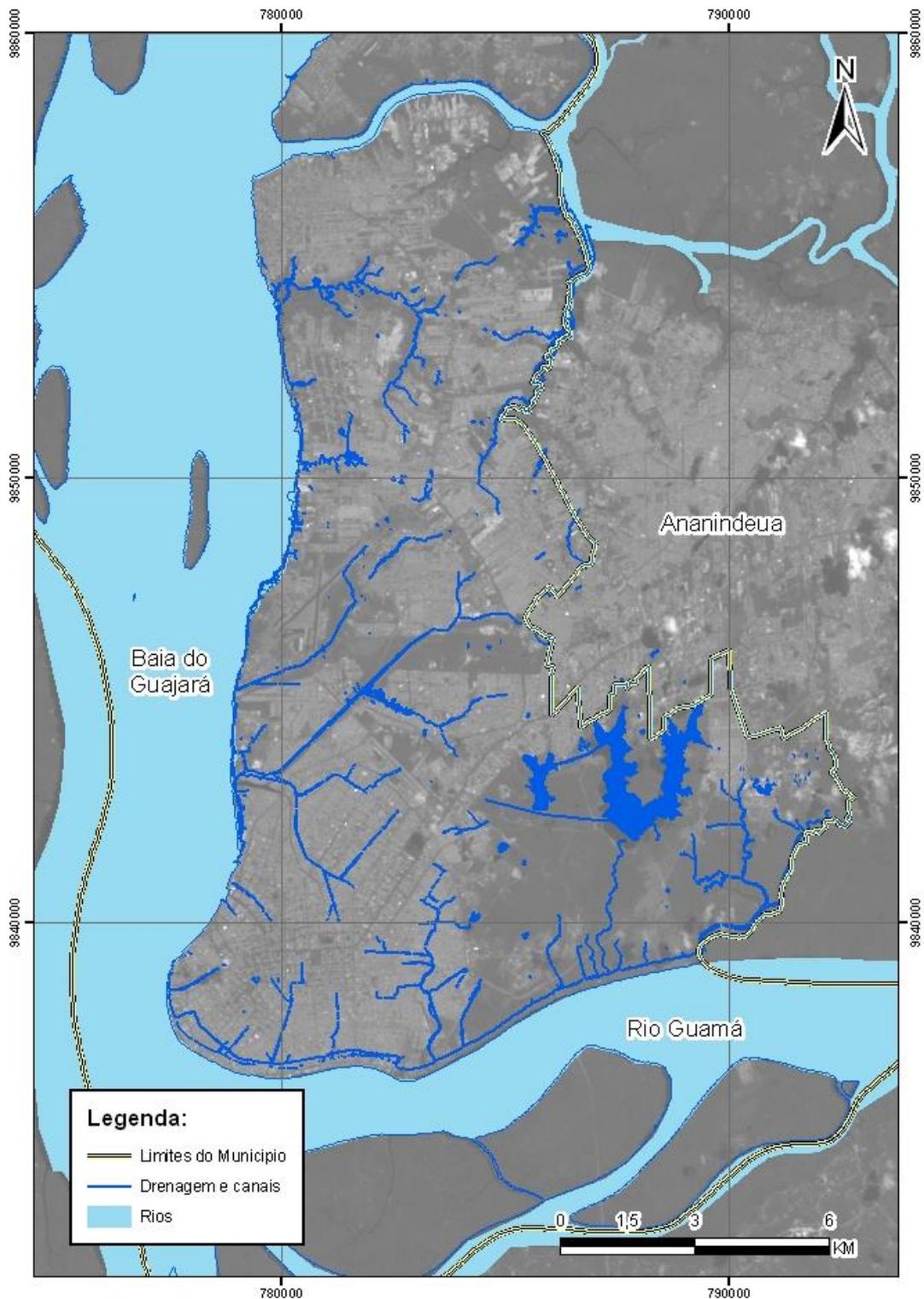


Figura 09 – Mapa da Rede de Drenagem de Belém. Fonte: CBERS e SISCOM-IBAMA, adaptado por Eduardo Leão (2013)

O relevo de Belém não difere muito daquele característico para a região Amazônica, com a presença de igapós, várzeas e terra firme. A área urbana é cortada por uma extensa rede hidrográfica da qual fazem parte inúmeros cursos d'água, que sofrem influência das marés

tanto do rio Guamá, quanto da baía do Guajará, o que causa o surgimento das áreas alagadas (representadas por áreas com cotas inferiores a 4 metros), intensificada pela precipitação, conforme pode ser observado na figura 10 abaixo.

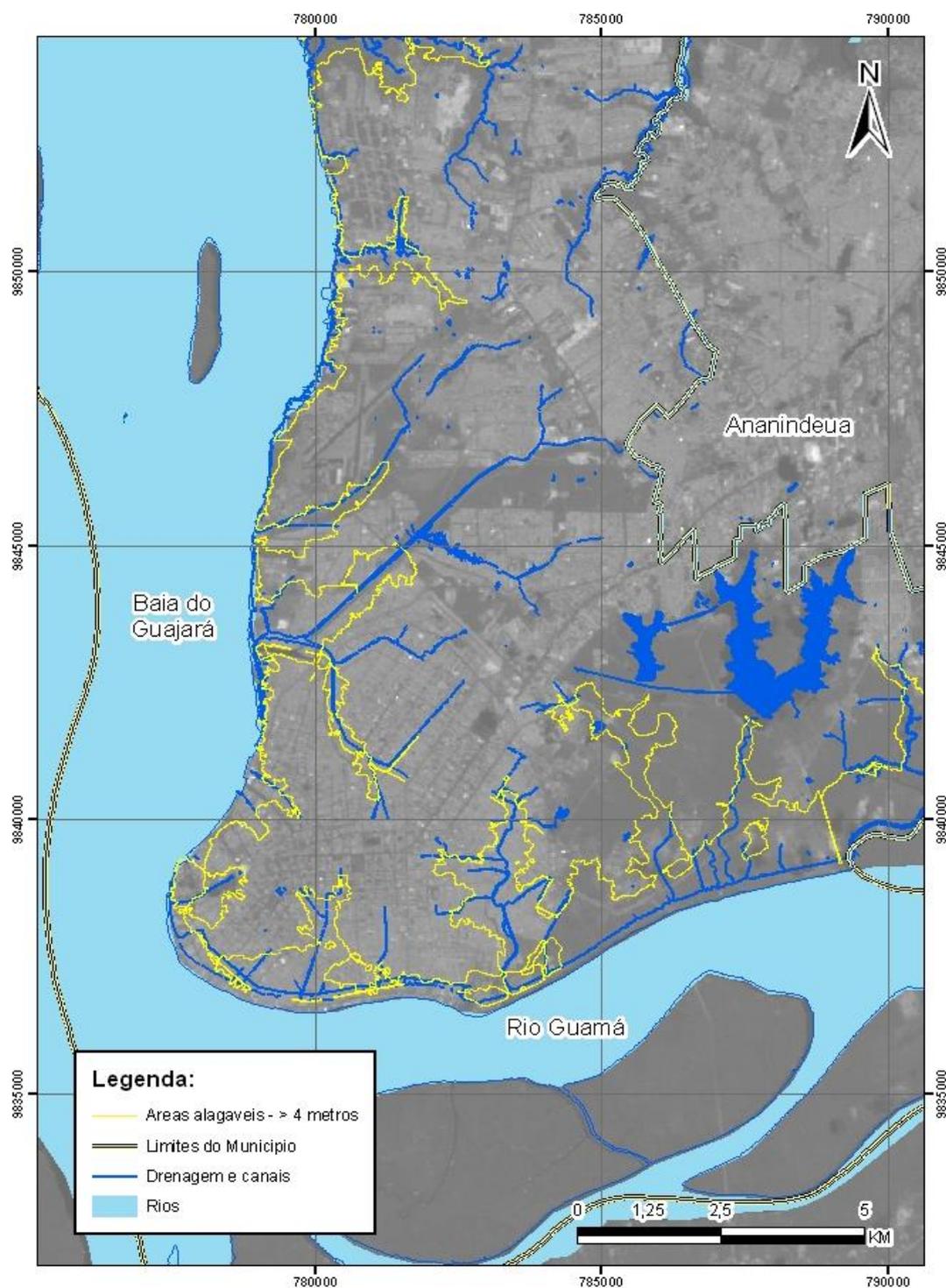


Figura 10 – Mapa das áreas alagáveis de Belém. Fonte: CBERS, CODEM e SISCOM-IBAMA, adaptado por Eduardo Leão (2013)

Por estarem sujeitos à influência das marés, os cursos d'água tornam-se barragens hídras, através de sistemas de comportas, nos momentos de elevados níveis de marés, o que causa a paralisação do sistema de escoamento, principalmente quando coincide com chuvas intensas, causando inundações até mesmo nas áreas de cotas superiores às das marés.

A rede hidrográfica do município de Belém pode ser separada em dois grupos de bacias: as que sofrem influência do rio Guamá e as de influência da baía do Guajará. A maioria das bacias hidrográficas do município apresenta problemas de drenagem, mostrando cheias periódicas, danosas a população, atribuídas a três características físicas que são: cota altimétrica, fator de forma e coeficiente de compacidade. (Matta, 2000).

As principais bacias urbanas individualizadas na área de Belém podem ser vistas na Figura 11.

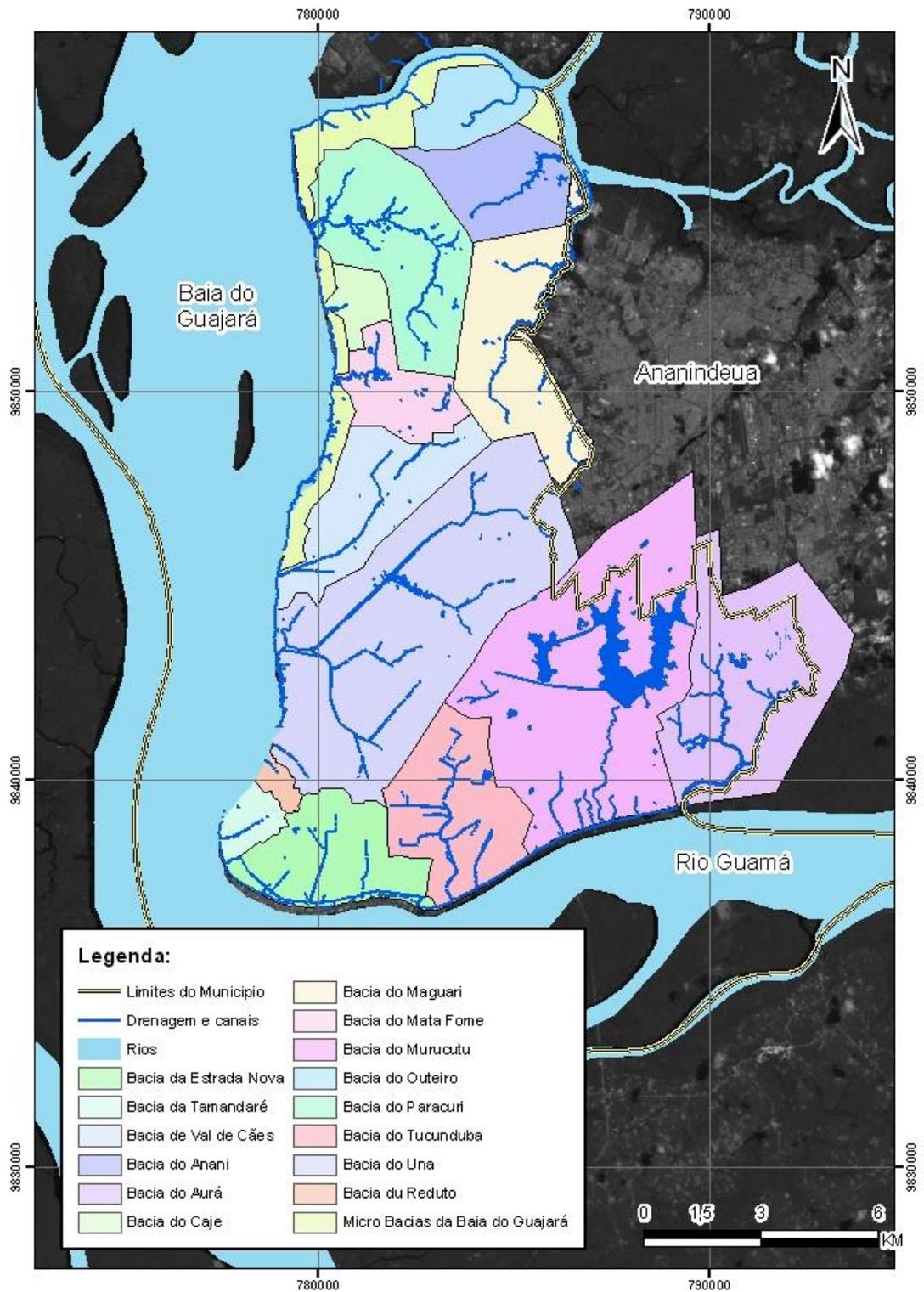


Figura 11 – Mapa das Bacias Urbanas de Belém. Fonte: CBERS, CODEM e SISCOM-IBAMA, adaptado por Eduardo Leão (2013).

2.1.5.2. Zonas de recargas e fluxo subterrâneo do aquífero superficial de Belém

Os dados utilizados para caracterização das zonas de recargas dos aquíferos subterrâneos superiores do município de Belém, assim como seu fluxo, foram levantados pelo Projeto Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2002).

A potenciometria para o aquífero mais raso (profundidades inferiores a 52 m), cuja base cartográfica foi baseada em carta planialtimétrica na escala de 1:25.000, com curvas de nível equidistantes de 2 m, compilado da Companhia de Desenvolvimento do Município de Belém (CODEM) é apresentado na Figura 50.

As curvas de mesma carga hidráulica foram elaboradas a partir dos níveis estáticos obtidos em 200 poços, selecionados entre aqueles cadastrados na Região Metropolitana de Belém (RMB) e traçadas com auxílio do programa Surfer 8.0. A partir do cadastro dos pontos d'água, pode-se observar que as cargas hidráulicas são todas positivas, isto é, situam-se acima da cota zero em relação ao nível do mar (CPRM, 2002).

Como a carga hidráulica é da unidade aquífera mais superior, a rede hidrográfica, considerada como efluente, exerce papel fundamental no formato do Mapa Potenciométrico. Como não havia uma topografia de detalhe que pudesse fornecer a cota do leito dos rios em diferentes pontos, foi considerado o gradiente de 0,0001 (10 cm para cada quilômetro) para todos os rios. Essa estimativa de gradiente, embora tenha sido feita sem apoio de dados, foi fundamental para o traçado das curvas isopotenciométricas. (CPRM, 2002).

Como poderá ser observado, de acordo com os quadros de cadastramentos dos poços da RMB (em anexo) e do mapa de representação das linhas equipotenciométricas apresentado a seguir (Figura 12), mostram que as curvas isopotenciométricas da área urbana indica a direção do fluxo, cujo sentido se dá para o talvegue dos rios Guamá e para Baía do Guajará.

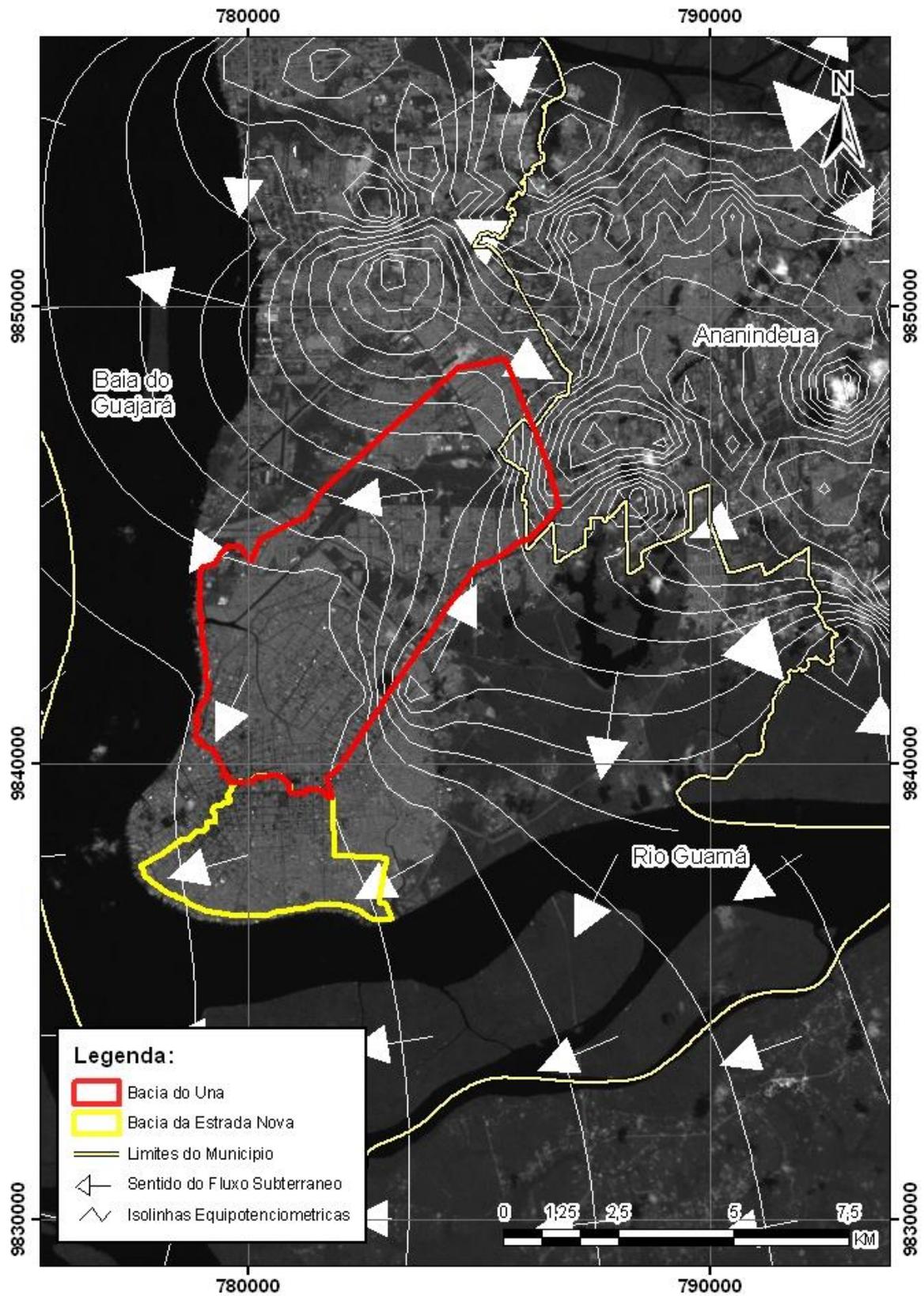


Figura 12 - Mapa de apresentação das isolinhas equipotenciométricas e sentido do fluxo subterrâneo para o município de Belém e para área de estudo. Fonte: CBERS e CODEM, adaptado por Eduardo Leão (2013).

De acordo com o anteriormente exposto, sobre os aspectos físicos das bacias hidrográficas, conclui-se que:

- A variação de maré na área das baixadas de Belém, interrompem o fluxo da drenagem pluvial, quando estão em pré a mar (maré alta);
- O sistema de recarga do aquífero superior é contaminado com carga poluidora relacionada à drenagem pluvial;
- A chuva intensa drena os poluentes e os dissemina na drenagem pluvial e conseqüentemente no aquífero superior;
- As bacias hidrográficas não possuem sistema de tratamento de esgoto sanitário adequado;
- Existem inúmeros postos de combustíveis na sede de Belém, sem monitoramento de lençol ou dispositivos de controle ambiental adequados.

Com base nisso, tem-se os seguintes resultados ou projeções:

- Comprometimento do aquífero raso ou superior;
- Alto índice de doenças de veiculação hídrica;
- Localização física das áreas sob essas influências e os problemas que isso causa, serão apresentados no item a seguir.

2.1.6. Caracterização da rede de drenagem das bacias hidrográficas do estudo

2.1.6.1. Caracterização da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova

A Bacia Hidrográfica da Estrada Nova possui uma área de drenagem de 9,54 km², ocupando 16% da área urbana do Município de Belém, abrangendo integralmente os bairros de Cremação, Condor, Jurunas e Guamá e parcialmente os bairros de São Brás e Nazaré. A bacia hidrográfica está inserida em uma área urbana densamente povoada e caracterizada por construções em sua maioria de pequeno porte (Figura 13).

O relevo não difere da região de Belém, apresentando-se com pequena variabilidade altimétrica, sendo caracterizado por elevações muito próximas do nível do mar. Por conseqüência, o escoamento das águas pluviais é prejudicado.

Outra variável que interfere diretamente no processo de drenagem superficial da bacia hidrográfica é a influência das marés devido à proximidade do Oceano Atlântico, e a interferência com o rio Guamá.

Nas últimas décadas, ocorreu uma intensa alteração na cobertura vegetal do município em função da crescente ocupação urbana. As porções de florestas remanescentes foram sendo

substituídas por construções, que especificamente na área em estudo, não respeitaram qualquer tipo de zoneamento ambiental. O processo desordenado de uso e ocupação do solo resultou em graves problemas de saneamento, o que se reflete diretamente no sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova.

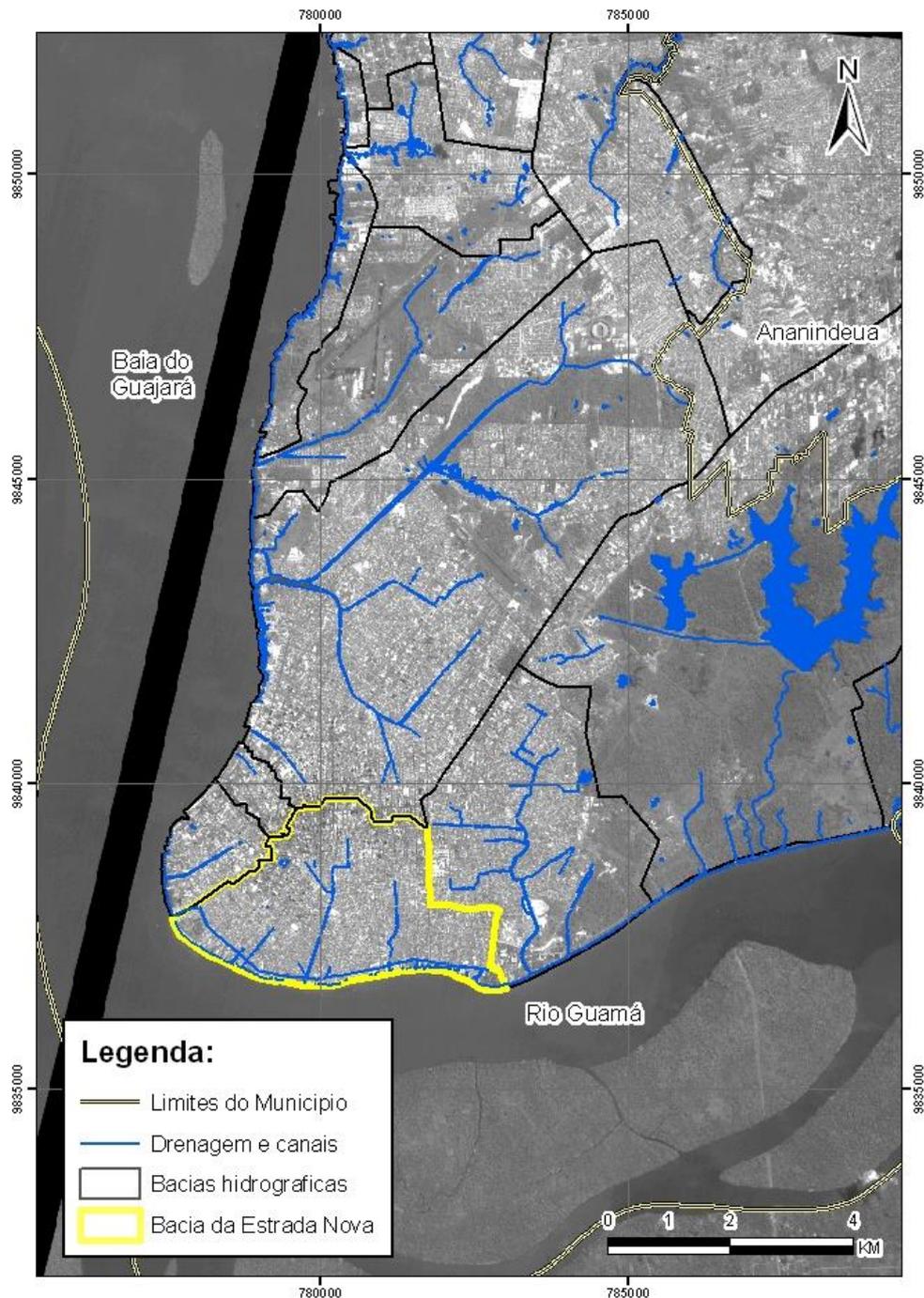


Figura 13 – Localização da bacia da Estrada Nova em relação a Belém. Fonte: CBERS e CODEM (2013).

2.1.6.2. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Una

A Bacia Hidrográfica do Una tem área de drenagem com uma superfície total de 36,65 km², se caracterizando como a maior bacia de Belém e com a maior parcela de terras alagáveis com uma área de 7,98 km².

A bacia do Una comporta os bairros da Marambaia, Marco, Matinha, Pedreira, Sacramento, São Braz, Souza, Telegrafo e Umarizal, sendo os bairros da Sacramento, Telegrafo e Pedreira os que possuem a maior parte de terras inundáveis da bacia (Figura 14).

O relevo da bacia do Una também, apresenta uma rigorosa uniformidade topográfica e paisagística. Tanto o perfil geográfico da cidade como em seus arredores, encontram-se as mesmas graduações do relevo amazônico, bastante modificadas pela urbanização. E como em qualquer parte da Amazônia, tem-se igapó, a várzea e a terra firme, sem que isso signifique uniformidade no plano ou disposição das vertentes. Pelo contrário, intercalam-se comumente as partes altas com as baixas, estas representadas por extintos igapós, hoje aterrados, não havendo portanto, uma definida “zona alta” e outra “baixa”. As curvas de nível são quase sempre suaves, com uma ou outra exceção.

As áreas de baixadas assumem importante papel no conjunto geomorfológico da região, dado o problema que as mesmas apresentam a ocupação e a urbanização.

Mais de 20% da área da bacia está sob efeito de alagamento constante, situação esta agravada pela pouca permeabilidade dos solos, condições de intensa pluviometria, presença de igarapés que facilitam a penetração das águas da Baía de Guajará, por efeito das marés e a quase inexistência de cobertura vegetal.

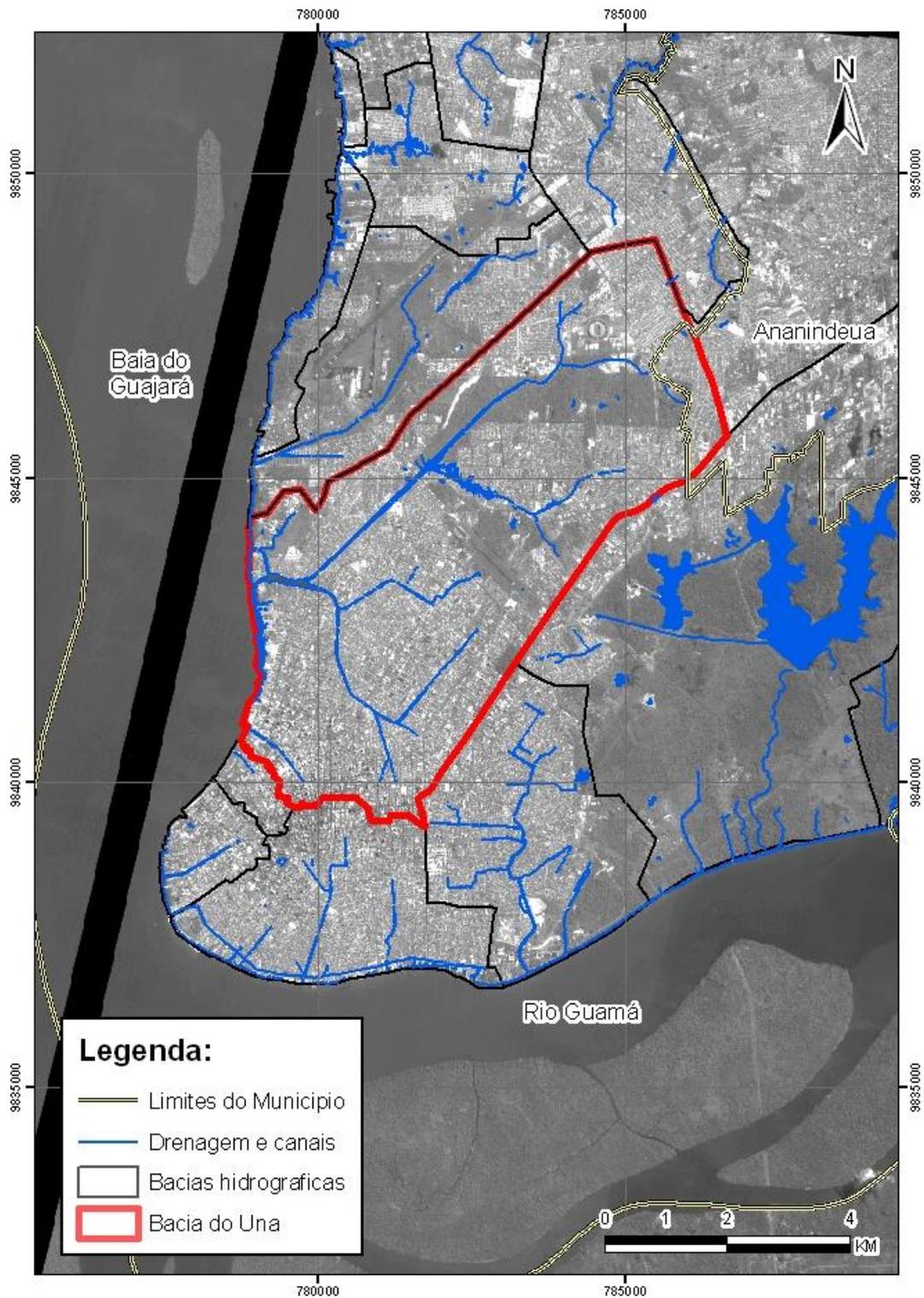


Figura 14 – Localização da bacia do Una em relação a Belém. Fonte: CBERS e CODEM (2013).

2.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS

A situação climática de hoje reflete todos os fatos que tornam as cidades, de certa forma, algo distinto. Se forem observados os diferentes parâmetros climáticos regionais, a Cidade de Belém destaca-se como um ponto onde a temperatura, a umidade e a precipitação têm valores distintos dos constantes nas isolinhas gerais para a região.

Isso se deve às características de um fenômeno denominado de “clima urbano”, já que não há alteração maior do meio ambiente do que a urbanização, com os processos simultâneos de eliminação da cobertura vegetal, pavimentação, mudanças dos critérios de escoamento d’água, verticalização das construções e outros fatores.

Monteiro (1976) afirma que “o clima urbano é a modificação substancial de um clima local, não sendo possível ainda decidir sobre o ponto de concentração populacional ou densidade de edificações em que essa mudança principia”.

A caracterização climática do município de Belém foi elaborada a partir da Normal Climatológica de 1961 a 1990 com os dados da estação meteorológica Nº 82191 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na latitude Sul 1° 42’ e longitude Oeste 48° 42’.

A tabela 04 apresenta a citada Normal Climatológica.

Tabela 04 – Normal Climatológica de Belém

Mês	Pressão	Temp. Max	Temp. Min	Temp. Média	Umidade	Neb.	PRP	PRP em 24h.	Insolação
	(HPA)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(Décimos)	(mm)	(mm)	(h)
Janeiro	1009,5	30	22	26,6	86	7,3	365	118,0	135,5
Fevereiro	1009,7	30	22	24,5	91	8,1	410	117,4	99
Março	1009,8	30	22	25,5	91	8	430	136,9	103,7
Abril	1009,8	30	21	26,7	91	7,9	350	112,8	121,8
Mai	1010,3	31	22	25,9	89	7,1	305	103,5	186,9
Junho	1011,2	31	22	25,9	87	6	140	85,4	225,4
Julho	1011,6	31	21	25,8	85	5,5	155	111,0	252,8
Agosto	1011,1	32	21	26	83	5,3	135	80,4	255,8
Setembro	1010,7	32	21	26,1	83	5,8	150	67,4	228,3
Outubro	1009,9	32	21	26,4	82	5,9	120	65,4	228,3
Novembro	1009,2	32	21	26,4	82	6,5	105	66,4	203,3
Dezembro	1009,3	31	22	26,1	87	6,6	215	121,4	179
Anual	1010,1	31,0	21,5	25,9	86,4	6,6	2880,0	136,9	2219,8

Fonte: INMET (1990)

Temp. Max – Temperatura Máxima

Temp. Min – Temperatura Mínima

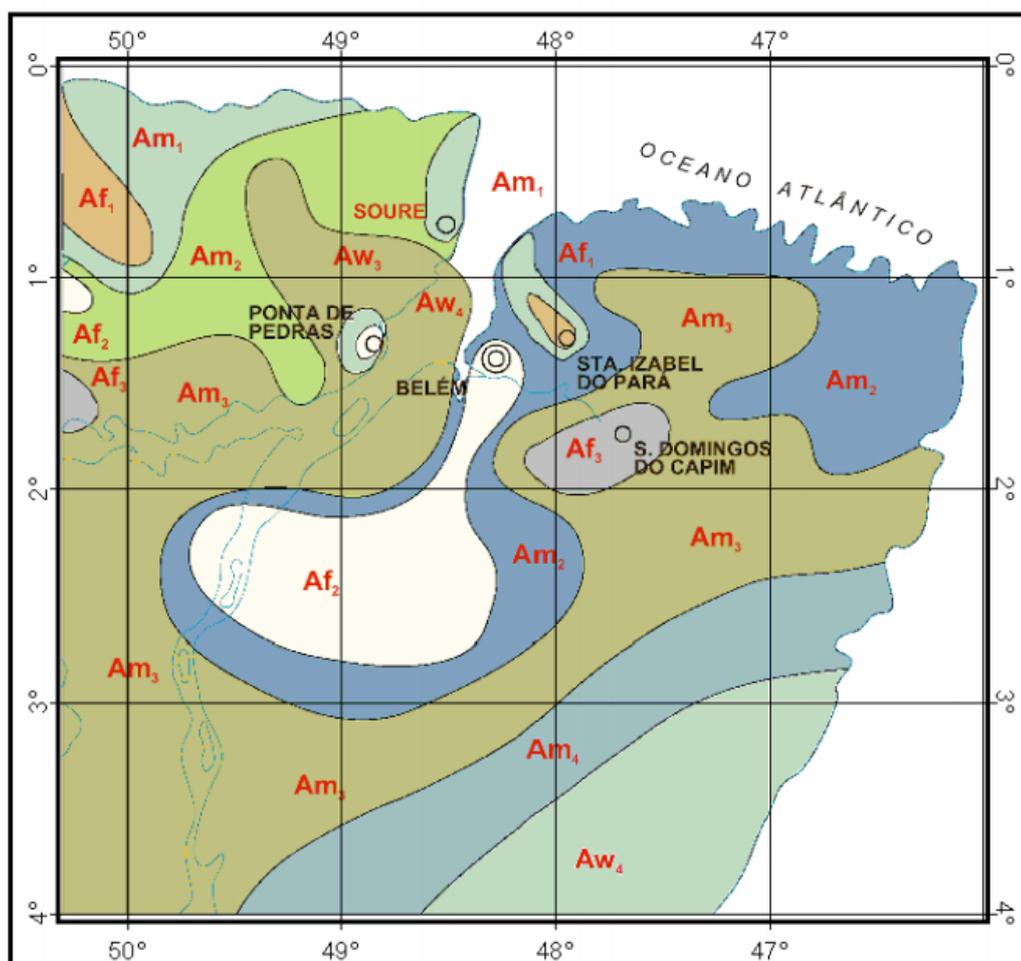
Temp. Media – Temperatura Media

Neb – Nebulosidade

PRP – Precipitação Pluviométrica

O clima de Belém caracteriza-se por ser quente e úmido, em virtude de sua baixa altitude e latitude, relevo plano e vegetação densa (originalmente), integrando a zona climática Af, segundo a classificação de Köppen, que admite três subtipos climáticos Af, Am e Aw, pertencentes ao clima tropical úmido de floresta.

O elemento mais determinante é a precipitação pluviométrica que define duas estações. A de maiores índices de pluviosidade e a de menores índices (compreendida entre os meses de junho e novembro), se aproximando da marca de 3.000 milímetros anuais. O clima tropical úmido de floresta se caracteriza por apresentar temperaturas médias mensais sempre superiores à 18°. O subtipo Af se caracteriza por não apresentar estação seca e a precipitação do mês menos chuvoso é sempre igual ou maior que 60mm, como apresentado na Figura 15.



Fonte: OLIVEIRA (2002)

Figura 15 - Mapa climatológico da Região Metropolitana de Belém através de método Köppen

2.2.1. Umidade Relativa do Ar

São altos os índices de umidade relativa do ar em Belém. Os dados apontam para uma média anual em torno de 80%, muito embora sejam frequentes os dias, principalmente na

estação das chuvas, em que a umidade alcança mais de 90%. Segundo dados do INMET – Belém, a umidade relativa do ar oscilou em torno do valor superior de 91% em fevereiro e do mínimo de 82% em outubro e novembro. Para esse período a umidade relativa média foi de 86,4%, conforme a Figura 16.



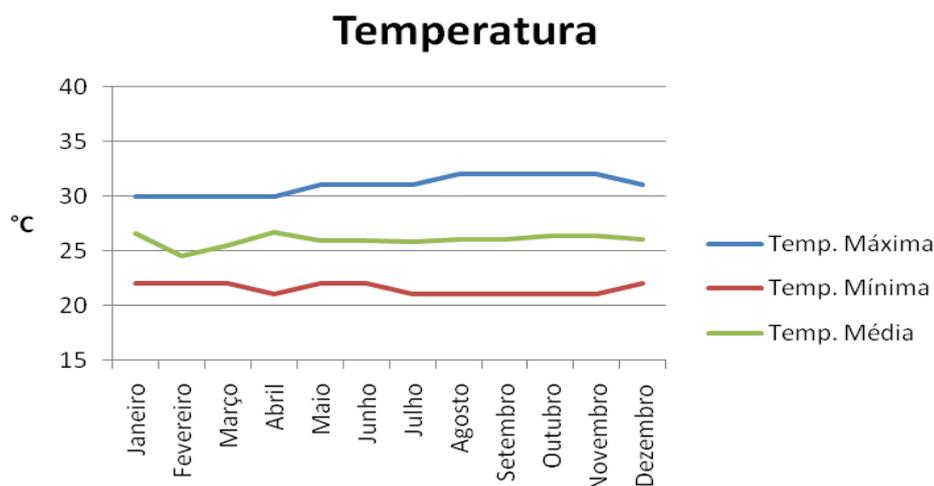
Fonte: INMET (1990)

Figura 16 - Comportamento da umidade relativa do ar em Belém – valores médios mensais

2.2.2. Temperatura

De acordo com as medições do INMET, a temperatura média anual é de 25,9°C, com média das máximas de 31,0°C e das mínimas de 21,5°C.

Este parâmetro demonstra claramente a influência da estação chuvosa nas características térmicas de Belém. Os valores estão em torno de 26,0°C nos meses que se estendem de janeiro até julho; de agosto a novembro, que são os meses com a clara definição da estação “seca”, os valores ultrapassam a casa dos 26,0°C, voltando a ficar abaixo desse valor no mês de dezembro quando se inicia a época das chuvas, conforme apresentado na figura 17.



Fonte: INMET (1990)

Figura 17 - Comportamento da temperatura em Belém – valores médios mensais

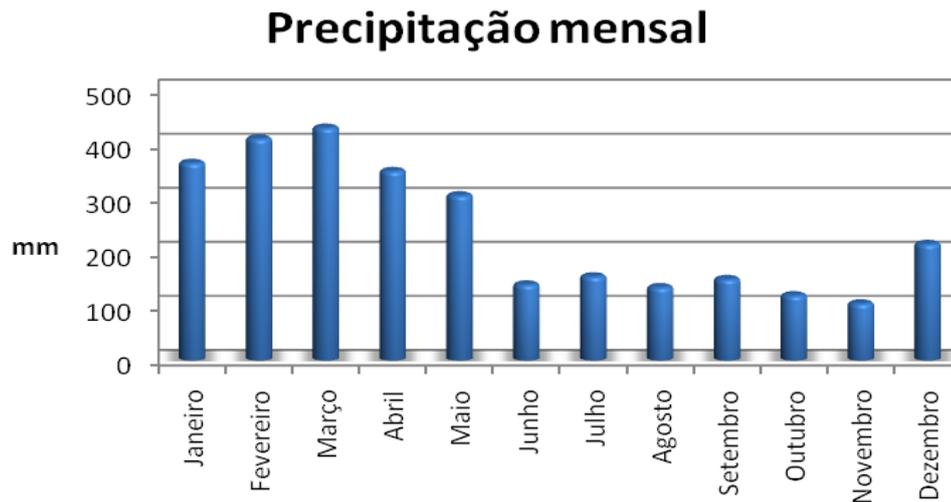
2.2.3. Precipitação

Aqui são apresentados dados acumulados de chuva, numa distribuição mensal, bem como as médias mensais e os dias com chuva. Observa-se claramente que a estação chuvosa tem seu início no mês de dezembro, prolongando-se até maio, embora com valores bem mais baixos e uma estação “seca” bem pronunciada nos meses de julho a novembro.

Mesmo ainda nos meses “secos” estão identificados valores num crescente a partir de outubro. Destaca-se o mês de março, como o mês mais chuvoso e agosto com o de menor índice de chuvas.

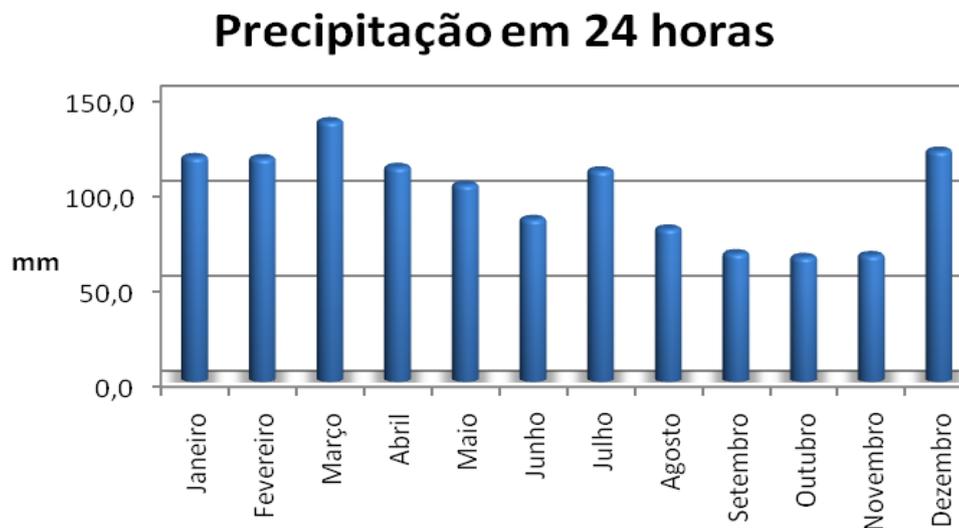
A precipitação anual em Belém fica em torno de 3.000mm, com maior frequência de chuvas no período de janeiro a junho. Segundo os dados da estação do INMET, a precipitação anual de Belém é de 2.880mm, com maior frequência de chuvas no período de janeiro a maio. O mês de menor precipitação é novembro, com 105mm, e o de maior precipitação é março com 450mm, onde a precipitação acumulada em 24 horas também é a maior da série histórica.

Nas Figuras 18 e 19, são apresentadas a média mensal e em 24 horas, respectivamente, de precipitação para a RMB.



Fonte: INMET (1990)

Figura 18 – Precipitação pluviometria, segundo o INMET - média mensal



Fonte: INMET (1990)

Figura 19 - Precipitação pluviometria, segundo o INMET - média em 24 horas

2.3. ASPECTOS SÓCIO-AMBIENTAIS

2.3.1. Comparação das Condições Socioambientais entre as Bacias Hidrográficas

Utilizando informações de Auriléia Abelém (1998), para compreender como ocorreu a ocupação territorial das bacias hidrográficas, a evolução da ocupação urbana de Belém e da sua região metropolitana será abordada brevemente.

O Município de Belém, fundado em 12 de janeiro de 1616, limita-se ao norte com a Baía de Marajó, ao sul com o Rio Guamá e Município de Acará, a leste com os municípios de

Ananindeua, Santo Antônio do Tauá, Santa Bárbara do Pará e Marituba e a oeste com as Baías de Guajará e Marajó.

O município administrativo é constituído por uma região continental, com 173,79 km² (34,36%) de extensão, e outra insular, com 332,04 km² (possui dois terços de seu território formado por 55 ilhas), perfazendo um total de 505,83 km².

O sítio onde se instalou e se expandiu a urbanização no município de Belém caracteriza-se pela presença de densa rede de cursos d'água, na Baía do Guajará (onde se situa a foz do Rio Guamá), em que se distribuem igarapés, várzeas e terra firme, de forma similar à encontrada na região amazônica.

O crescimento da cidade de Belém acompanhou o rio Guamá e a baía do Guajará. Os surgimentos dos dois primeiros bairros, a Cidade e a Campina, não se deu de forma contínua, pois havia dois acidentes geográficos que impediam sua expansão: o igapó e o igarapé do Pirí.

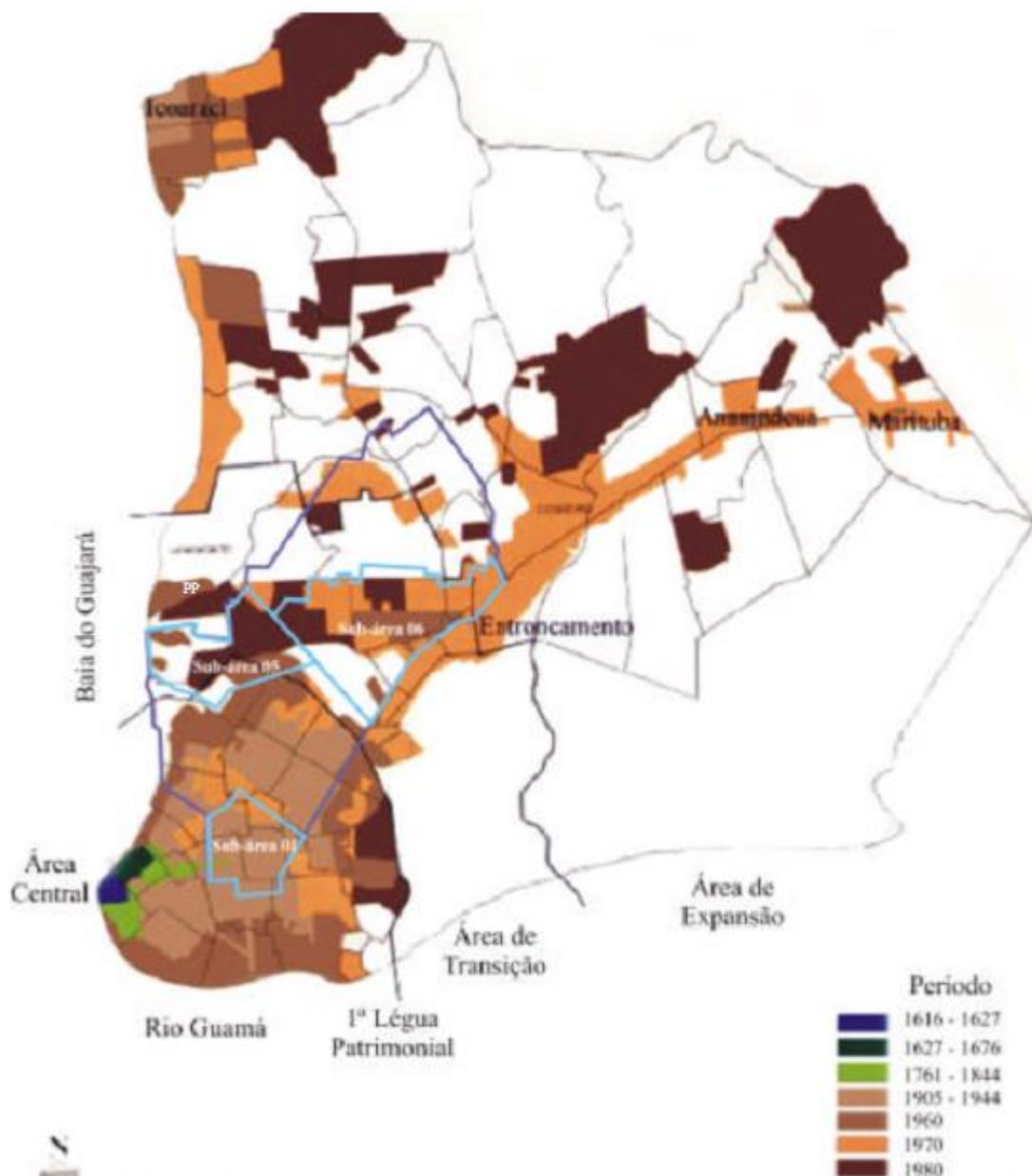
Da época da fundação da cidade (1616) até os meados do século XVIII, a cidade cresceu a beira do rio (fase ribeirinha), passando a partir daí a se interiorizar (fase de penetração) e após a segunda metade do século XIX a sofrer a influência maior do continente (fase de continentalização).

A medida em que a cidade se expandiu, os acidentes hídricos foram sendo contornados, ocupando-se as áreas mais altas, e deixando grandes espaços desocupados, formados por terrenos alagados ou alagáveis de cotas baixas. Isso dotou a cidade de um perfil irregular, condicionando seu crescimento até a Primeira Légua Patrimonial (grandes extensões de terra de propriedade do Exército, Marinha, Aeronáutica, Universidade e outras instituições, também denominada de cinturão institucional).

De acordo com Auriléia Abelém (1998), com os movimentos migratórios, a ocupação passou a ser feita de três maneiras:

- Utilização do miolo dos quarteirões através de vilas e passagens, aumentando a densidade populacional de terras altas e fazendo diminuir as áreas verdes da cidade;
- A população de menor renda passou a morar nas baixadas onde as moradias se assentavam diretamente sobre argila ou suspensas por palafitas em terrenos encharcados permanentemente e para onde se drenava parte dos esgotos das áreas mais altas;
- O cinturão de instituições (Primeira Légua Patrimonial) foi atravessado com a alocação de indústrias e projetos habitacionais.

Essas fases de ocupação podem ser constatadas na figura 20.



Fonte: Belém (2005)

Figura 20 – Fases de crescimento da cidade de Belém.

Apesar disso, os equipamentos urbanos e os empregos continuaram a ter maior concentração na primeira légua e nas áreas altas, fazendo com que a população preferisse morar próximo ao centro devido ao problema de acessibilidade a esses serviços e ao custo do transporte.

O crescimento da cidade, dificultado pelas áreas institucionais, e a necessidade de novas vias de transporte começaram a valorizar essas áreas até então desprezadas pelo mercado imobiliário e procuradas pela população de baixa renda. Esta população, pelo seu contingente

numérico e pelas precárias condições do local, pressionou para que providências fossem tomadas pelo poder público.

A partir dos anos de 1950 ocorreu uma intensa expansão horizontal para além do cinturão e um intenso e progressivo processo de ocupação das baixadas. Para além da primeira légua, a malha urbana expandiu-se em direção à av. Tavares Bastos, pela rodovia Augusto Montenegro no sentido do distrito de Icoaraci.

Nos anos 1960, iniciou-se o processo de verticalização da área central e a ocupação das áreas que se tornariam parte da segunda légua patrimonial. Também nessa época foi implantado o primeiro assentamento populacional da Companhia de Habitação do Estado do Pará (COHAB), o Conjunto Nova Marambaia. Belém passa a ser uma das cidades que servem de núcleo para regiões metropolitanas.

Em 1968, a Região Metropolitana de Belém (RMB) foi delimitada pelos municípios de Belém e Ananindeua, instituída pela Lei Complementar nº 14 de 08 de julho de 1973, resultado de um significativo adensamento ao longo da rodovia BR-316, originando a conturbação entre as cidades. Com isso o problema das baixadas de Belém ganhou uma dimensão maior.

Percebe-se que a preocupação com as áreas alagadas de Belém existiu desde sua fase colonial, mas essas áreas não eram consideradas de forma global, pois envolviam um custo muito alto e buscavam-se ações parciais visando a soluções imediatas que muitas vezes agravaram a situação natural, como o aterramento do Pirí, construção de diques de Val-de-Cans e da Estrada Nova, abertura de canais da Almirante Tamandaré (década de 1950 do séc. XX) e da Doca de Souza Franco (década de 70 do séc. XX).

Segundo Abelém (1998), muitos desses trabalhos acabaram ampliando a área alagável, pois com o aterramento não havia local para a água se acumular e ela se espalhava. Outro efeito visível, como na Doca de Souza Franco, foi a expulsão dos moradores pobres e a transformação do local em área nobre.

Desta forma, começou-se a ter uma tendência de pessoas mais pobres e humildes começarem a morar em áreas passíveis de alagamento, enquanto que pessoas mais ricas e nobres morassem em terra firme, logicamente causadas pelo preço dos imóveis em decorrência das características fisiográficas das áreas de moradia.

Ainda nessas áreas alagadas, os córregos e igarapés eram utilizados como fonte de abastecimento de água dessa população humilde, visto que não tinham condições econômicas para ter acesso ao sistema público de abastecimento de água ou outra forma de abastecimento próprio.

As pressões exercidas pela população, as necessidades impostas pelo crescimento da cidade, com a conseqüente valorização da área e a importância de novas áreas para o mercado imobiliário convergiam com o interesse do Estado na desarticulação política das classes dominadas e no apaziguamento de possíveis conflitos sociais. Isso colaborou para o surgimento de recursos federais e para o atendimento do interesse coletivo.

Teve início, na década de 1970, com a criação da Comissão das Baixadas, uma preocupação com as condições de vida da população moradora das baixadas e com o saneamento da área.

O aprofundamento das pesquisas nos espaços específicos revelou que a Bacia da Estrada Nova, já nesse período (1970), era a segunda maior em concentração populacional, tendo como fator determinante de sua ocupação as proximidades dos principais eixos hidroviários de acesso à cidade, quais sejam: o Rio Guamá e a Baía do Guajará, onde foram percebidos os maiores percentuais de terras alagáveis. Por outro lado, a indefinição da situação institucional referente à questão da propriedade da terra, até pouco tempo, favorecia a fixação da população que migrava e ainda migra do interior do estado, ou mesmo dentro da própria cidade, em busca de moradia e condições de sobrevivência na cidade (Belém, 2007).

A Bacia do Una apesar de ser a maior bacia em extensão territorial e sua área alegável ser da mesma extensão da bacia da Estrada Nova, proporcionalmente, tem menos área alegável que a bacia da Estrada Nova.

Atualmente, a Bacia da Estrada Nova apresenta uma população de aproximadamente 300.000 habitantes que reivindica infraestrutura urbana e posse da terra, bem como a melhoria da qualidade de vida. A Bacia do Una possui aproximadamente 600.000 habitantes que já passaram por este processo e hoje melhoraram sua qualidade de vida como será apresentado posteriormente.

A partir de agora, serão discutidos e comparados os dados socioambientais das bacias antes das intervenções, e posteriormente serão visto as melhorias e a situação atual da Bacia do Una.

Segundo o CENSO 2000, a seguir será apresentado a densidade populacional para as Bacias Hidrográficas do Una e da Estrada Nova (Tabela 05).

Tabela 05 – Densidade populacional das Bacias Hidrográficas de estudo

Densidade populacional das Bacias Hidrográficas do Una e da Estrada Nova					
Município			População total		
Belém			1.280.614		
Bacia Hidrográfica do Una			Bacia Hidrográfica da Estrada Nova		
Bairros	População	Participação (%)	Bairros	População	Participação (%)
Barreiro	24.446	1,91	Cidade Velha	12.025	0,94
Benguí	28.120	2,20	Batista Campos	19.412	1,52
Cabanagem	29.013	2,27	Jurunas	62.740	4,90
Castanheira	24.667	1,93	Nazaré	18.706	1,46
Fátima	13.206	1,03	Cremação	30.480	2,38
Mangueirão	32.699	2,55	São Brás	19.881	1,55
Maracangalha	27.767	2,17	Guamá	102.124	7,97
Marambaia	62.370	4,87	Condor	42.038	3,28
Marco	64.016	5,00	Total	307.406	24,00
Miramar	36	0,00			
Nazaré	18.706	1,46			
Pedreira	69.067	5,39			
Reduto	6.998	0,55			
Sacramenta	44.407	3,47			
São Brás	19.881	1,55			
Souza	12.856	1,00			
Telégrafo	42.785	3,34			
Umarizal	30.064	2,35			
Total	551.104	43,03			

Fonte: Censo Demográfico (2000)

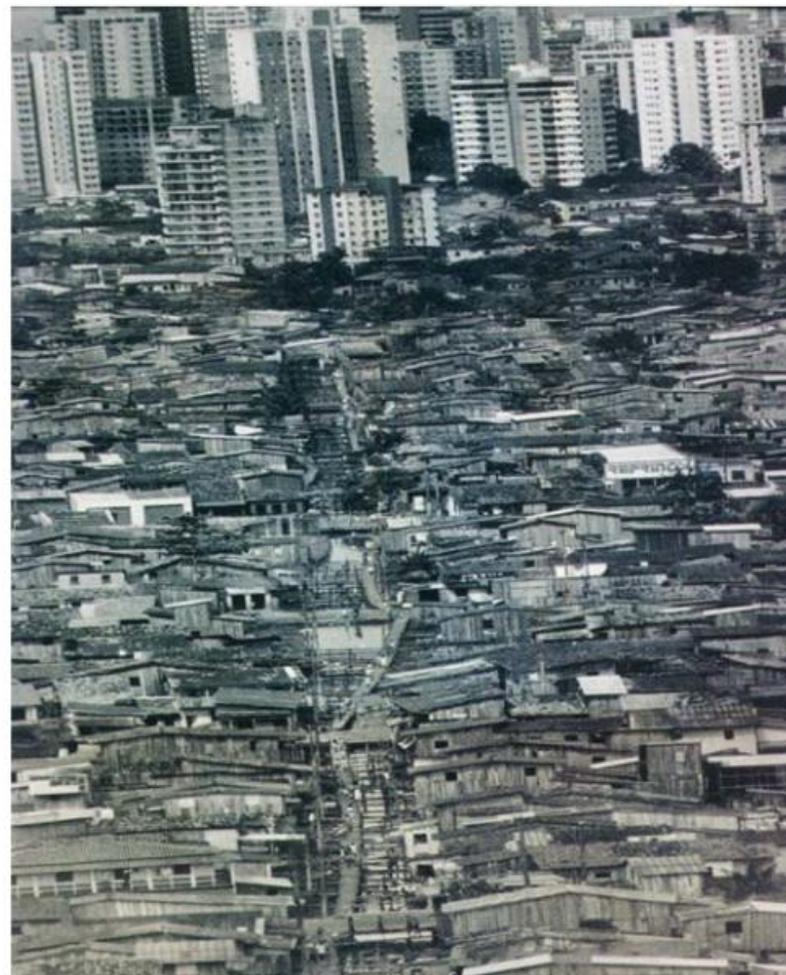
Visualiza-se que os bairros da Bacia da Estrada Nova que estão diretamente vinculados ao projeto de Recuperação Socioambiental da Bacia da Estrada Nova – PROMABEN, abrigam quase um quarto da população da Capital (24%) e os bairros da Bacia do Una, vinculados a Macrodrenagem do Una, abrigam 43 % da população de Belém.

A partir deste tipo de ocupação intensa sofrida por Belém, os principais canais de drenagem das bacias hidrográficas da Estrada Nova e do Una (antes da intervenção) foram avaliados, e a seguir destacam-se os principais aspectos levantados:

- A área de abrangência da bacia hidrográfica possui uso predominantemente urbano, sendo caracterizada por construções de pequeno porte;
- O processo de uso e ocupação do solo ocorreu de forma desordenada, refletindo diretamente nos padrões de ocupação verificados nas proximidades dos igarapés responsáveis pela drenagem da bacia hidrográfica: construções de famílias de baixa renda excessivamente próximas ao curso d'água;

- Excesso de singularidades ao longo dos canais (passagens de acesso para veículos e/ou pedestres);
- Canais de drenagem assoreados devido ao lançamento direto de esgoto e resíduos domésticos;
- Excesso de vegetação nas margens em alguns trechos dos canais de drenagem;
- Alteração da morfologia dos canais de drenagem em função das vias de tráfego;
- Escassez de dispositivos de microdrenagem que, em sua grande maioria, encontra-se em péssimo estado de conservação sendo verificados em vários desses a quase completa obstrução;
- Comportas com sérios problemas de manutenção, o que compromete suas operações;
- Influência direta da maré sobre os igarapés constituintes do sistema de canais drenantes das bacias. De fato, o sistema funciona como um grande reservatório quando da concomitância de eventos de precipitação e, por conseguinte geração de escoamento superficial e elevados níveis de maré.

As Figuras 21 e 22 mostram as condições citadas na bacia do Una antes da intervenção da Macrodrenagem e das condições atuais da bacia da Estrada Nova.



Fonte: Pará (2006)

Figura 21 – Canal da Av. Visconde de Inhaúma, na bacia do Una em 1998).



Fonte: Belém (2007)

Figura 22 - Canal da Travessa Dr. Moraes esquina com Rua Caripunas (esquerda), e canal da Travessa Quintino Bocaiúva esquina com Avenida Bernardo Sayão (direita). Ambos na bacia da Estrada Nova em 2007.

2.3.1.1. Abastecimento de água

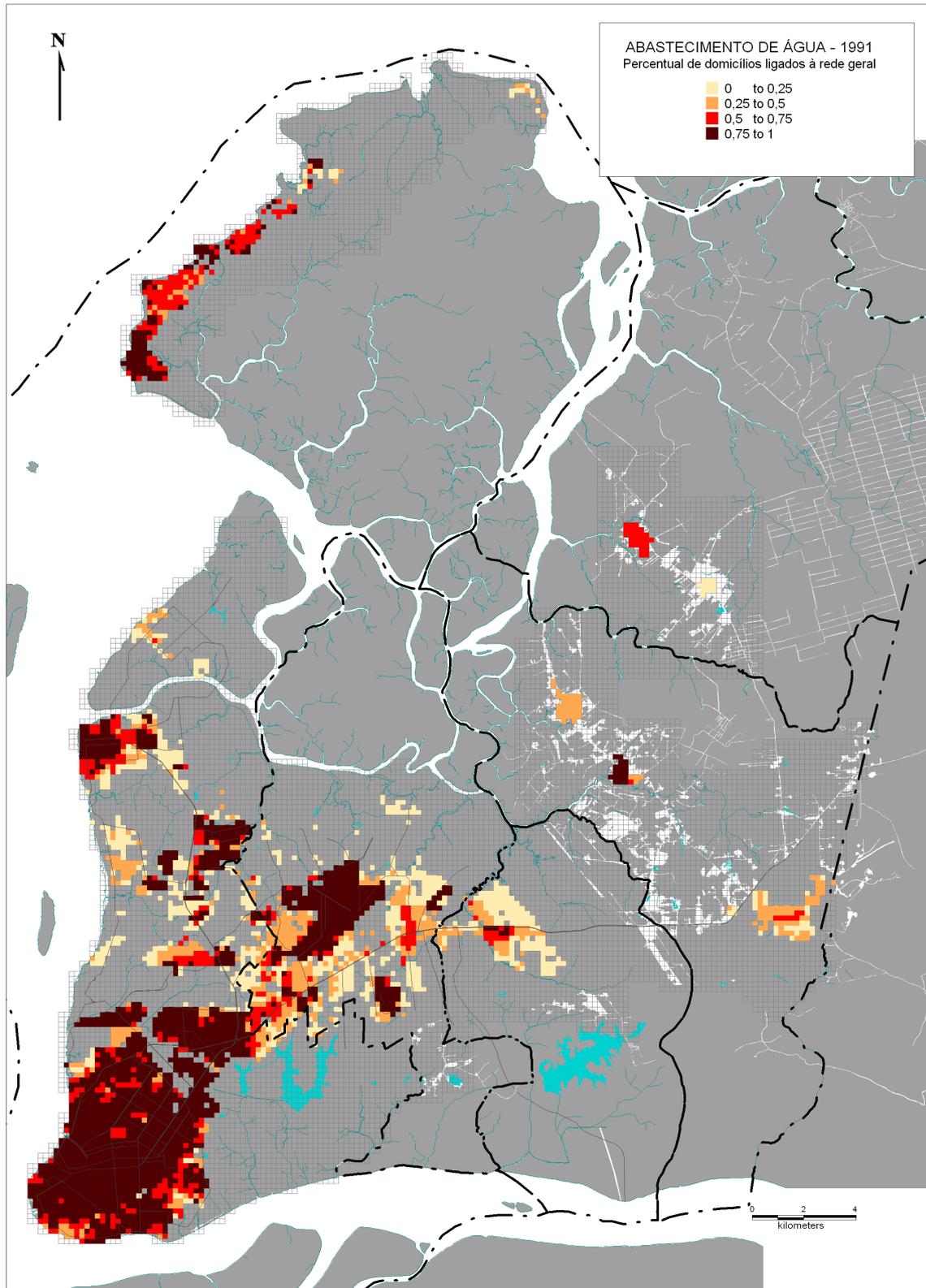
Através de uma análise da distribuição dos domicílios abastecidos pela rede geral de água na cidade de Belém e da região metropolitana, levantados pelo Diagnóstico da Estrutura Intraurbana de Belém, elaborado pela Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão (SEGEP) da Prefeitura Municipal de Belém em 2005, revelou o histórico do abastecimento de água e que em 1991, o atendimento era bem mais favorável na área compreendida pela Primeira Légua Patrimonial e adjacências do que nas demais áreas, num claro padrão de distribuição espacial centro-periferia, ainda que se possam identificar algumas áreas com deficiência no interior daquela, situadas em áreas de baixadas, ao lado de áreas bem atendidas na periferia, a exemplo da bacia da Estrada Nova e do Una.

Percebe-se ainda que nos locais mais distantes da Primeira Légua, a ocorrência de um expressivo número de quadriculas cujo atendimento pelo serviço era deficiente no ano em questão, situadas nas faixas de até 25% e de 25,1% a 50% dos domicílios. Algumas exceções a essa realidade foram o núcleo urbano de Icoaraci e conjuntos habitacionais, como Satélite, Maguari, Júlia Seffer e Cidade Nova, dentre outros.

Esta situação pouco se alterou, em termos gerais, para o ano 2000, notando-se, contudo, algumas transformações localizadas.

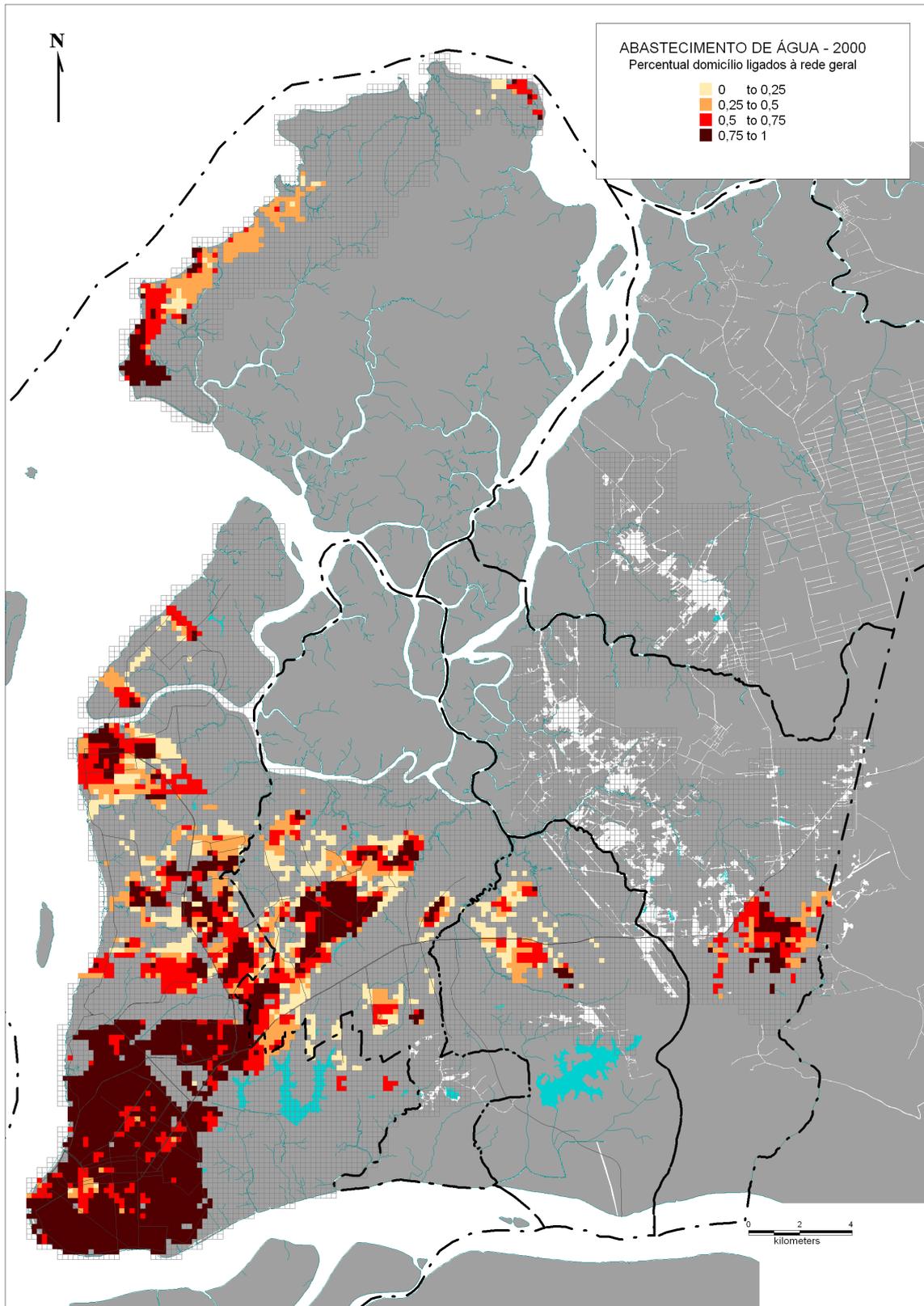
Confrontando os resultados de 1991 e 2000, verifica-se que, na Primeira Légua Patrimonial, houve melhoria do atendimento nas baixadas, o que implicou melhorias sanitárias nessas áreas, em paralelo à redução do atendimento em bairros de alta renda. Este último fenômeno não está relacionado a nenhum problema na oferta do serviço, podendo ser explicado pela substituição, em edifícios verticais, da rede geral por poços tubulares como principal fonte de abastecimento d'água, ficando a água canalizada em segundo plano, para reduzir custos condominiais.

As figuras 23 a 25 apresentam o quadro geral de abastecimento de água em 1991, 2000 e a variação de abastecimento nessa década. Essas figuras foram elaboradas de acordo com os dados cartográficos do banco de dados do IBGE, onde cada pixel ou célula da imagem equivale a 4 hectares. Se o percentual de atendimento deste pixel ou célula é maior que o percentual de referência da figura, aquela célula tem a cor desejada da figura.



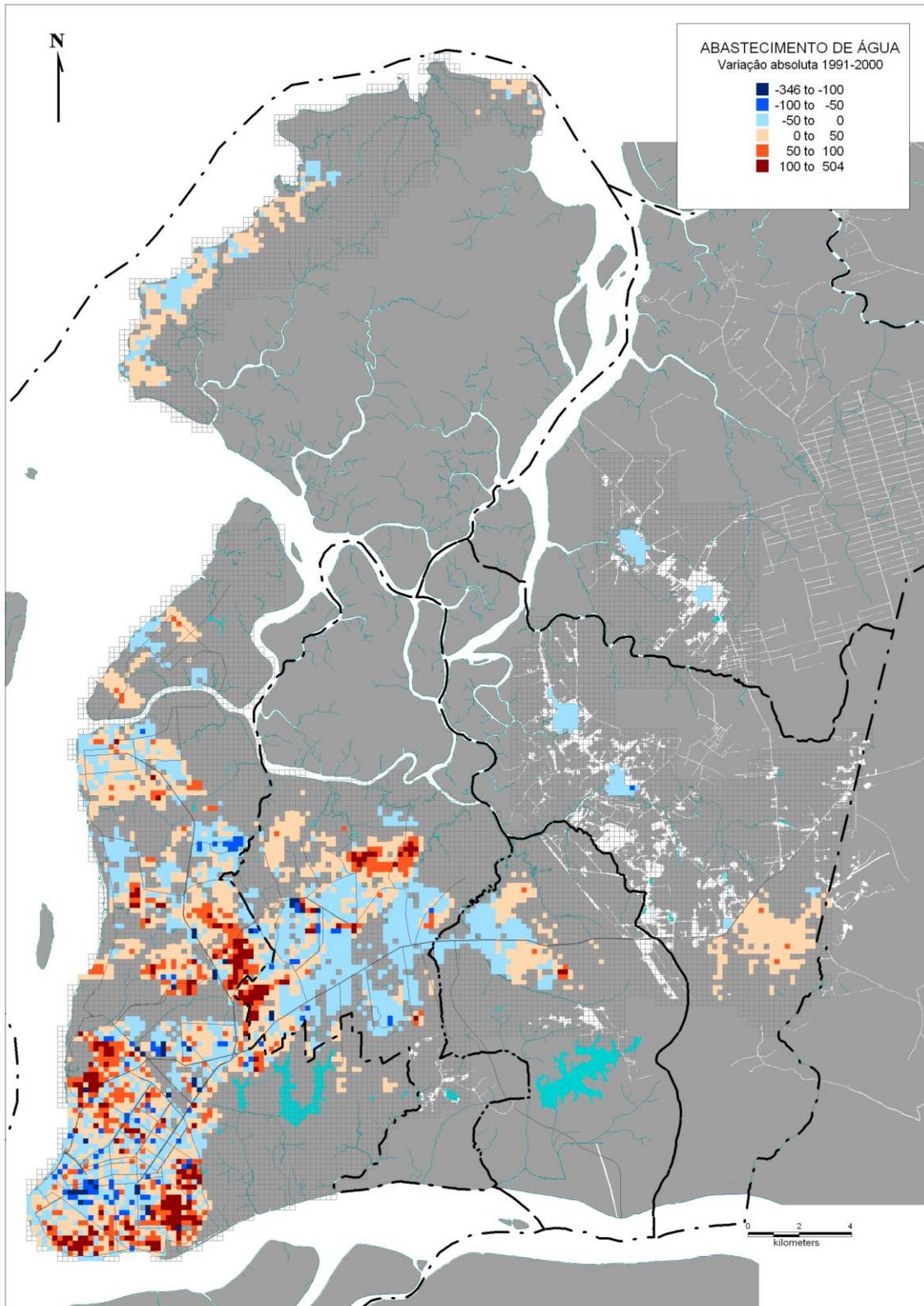
Fonte: Censo Demográfico (1991).

Figura 23 - Percentual de domicílios ligados à rede geral de água na RMB, por célula de 4 hectares, 1991.



Fonte: Censo Demográfico (2000).

Figura 24 - Percentual de domicílios ligados à rede geral de água na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.



Fonte: Censos Demográficos (1991) e (2000).

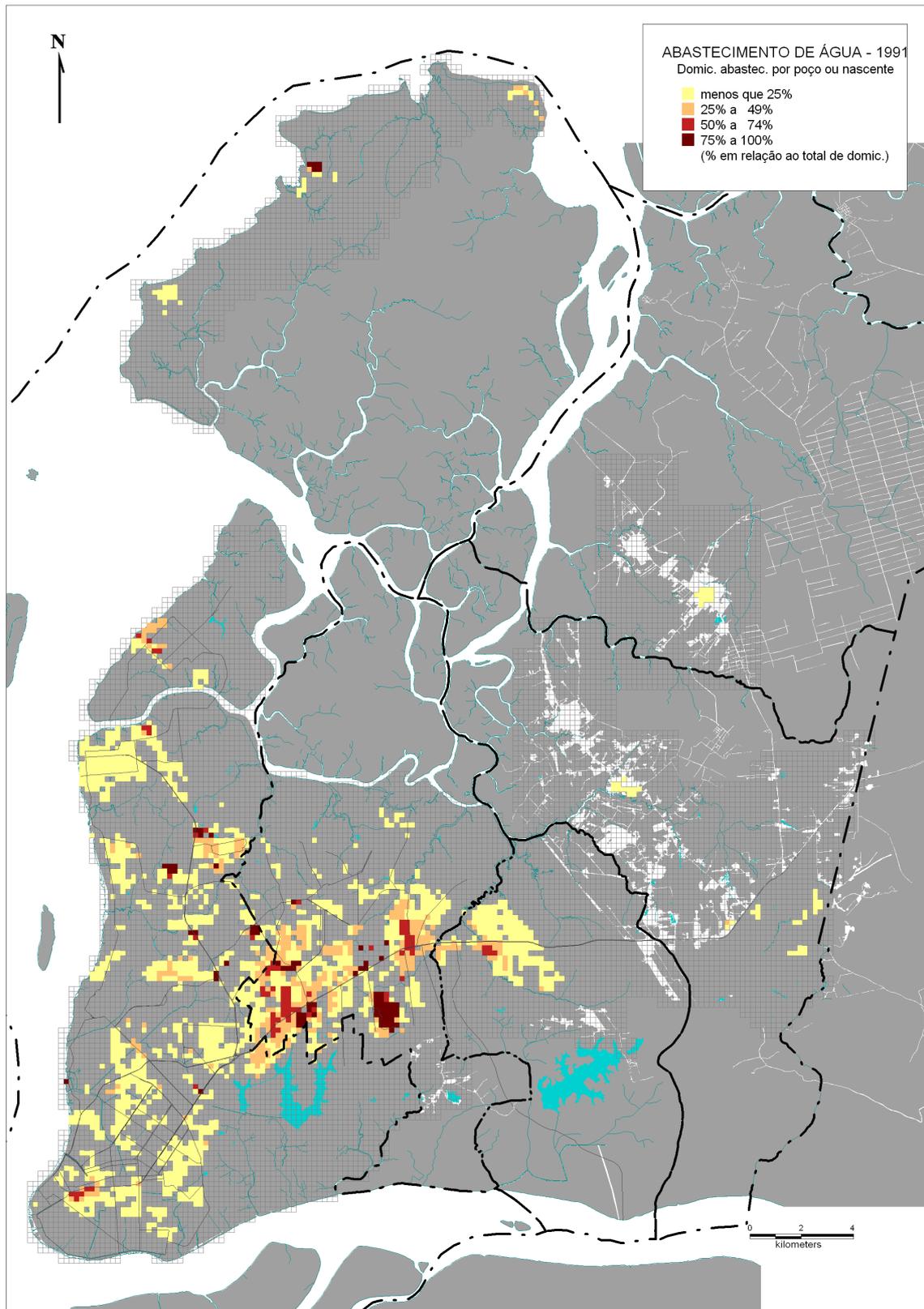
Figura 25 - Variação absoluta do número de domicílios ligados à rede geral de água na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/2000.

Foi observado que essa redução no percentual de domicílios atendidos também ocorreu em diversas áreas da periferia, mas por motivos variados. De um lado, nos assentamentos de classe média, em muitos destes conjuntos habitacionais, repetiu-se o mesmo comportamento da Primeira Léguas, com a substituição da água encanada por poço tubular como principal fonte de abastecimento d'água. De outro, o percentual caiu devido ao surgimento de um grande número de residências de baixa renda, boa parte delas localizadas em ocupações irregulares, sem que o poder público tivesse condições de implantar o serviço no mesmo ritmo de crescimento das mesmas, aumentando, dessa forma, a participação dos domicílios não atendidos em relação à situação anterior.

Tal comportamento pode ser confirmado pela análise das figuras 25 a 28 que mostram, respectivamente, a distribuição do percentual de domicílios com abastecimento d'água por poço ou nascente, em 1991 e em 2000, e as variações absoluta e percentual entre eles.

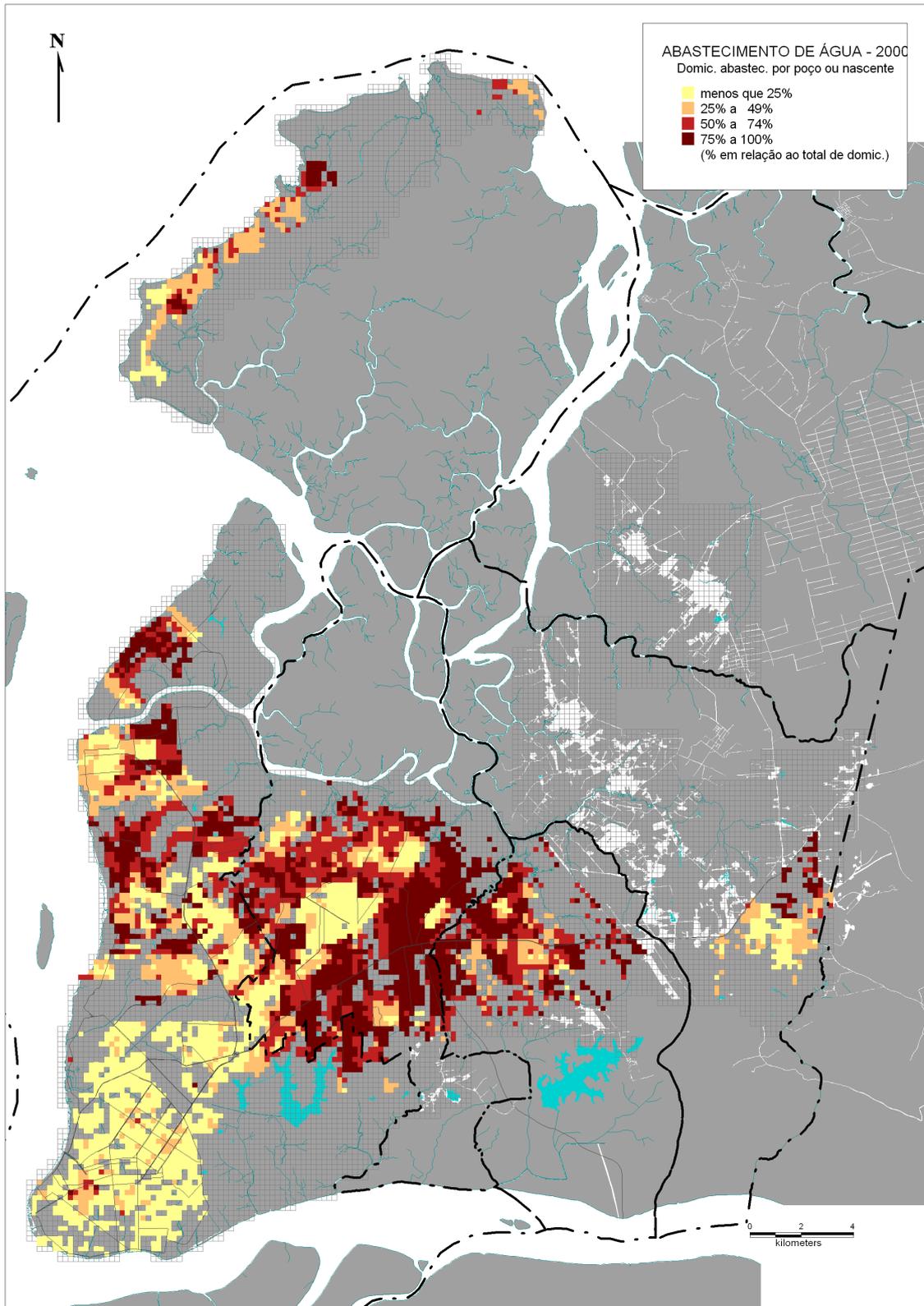
Observa-se um nítido crescimento dessa modalidade de oferta de água potável, particularmente nas áreas da periferia que tiveram maior crescimento demográfico. Sem embargo desse incremento, o confronto entre as situações retratadas nas figuras do ano de 2000, mostram que o abastecimento por meio de rede geral ainda era dominante no conjunto da RMB, com exceção dessas áreas periféricas mencionadas.

Segundo o estudo da SEGEP, o aumento da oferta por meio de poço ou nascente levanta questionamentos de duas naturezas. A primeira, de ordem sanitária, considerando o risco de contaminação dessas fontes, especialmente nas áreas mais pobres, tendo em vista o elevado custo da construção de poços com profundidade suficiente para evitar ou reduzir significativamente tais riscos, em relação aos baixos rendimentos auferidos por esse segmento da população. A segunda, de ordem econômica, visto que a proliferação da solução individual do poço representa perda de mercado para as empresas provedoras de água por rede geral, com a conseqüente elevação do custo do serviço pela redução da economia de escala.



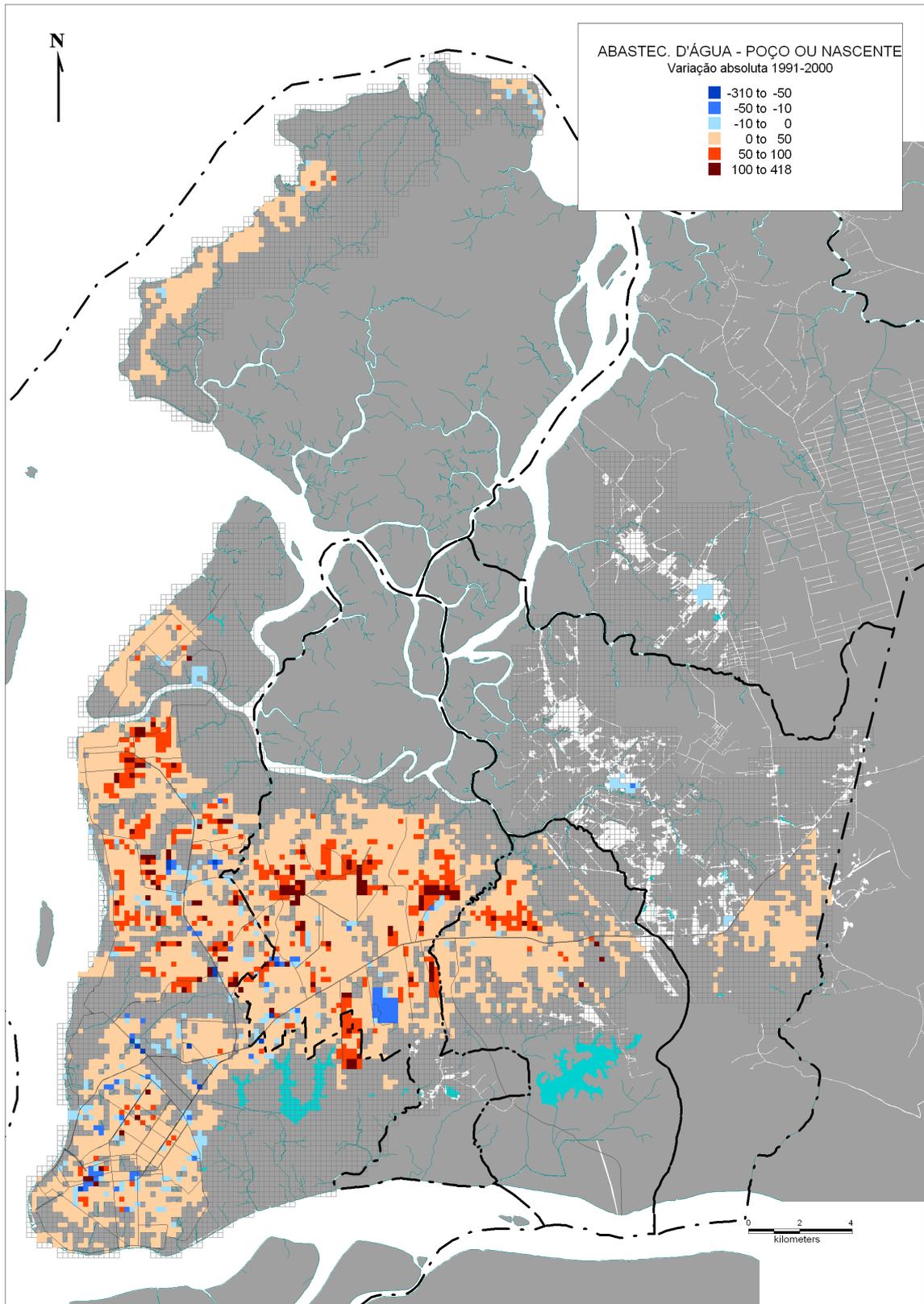
Fonte: Censo Demográfico (1991).

Figura 26 - Percentual de domicílios abastecidos por poço ou nascente na RMB, por célula de 4 hectares, 1991.



Fonte: Censo Demográfico (2000).

Figura 27 - Percentual de domicílios abastecidos por poço ou nascente na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.



Fonte: Censos Demográficos (1991) e (2000).

Figura 28 - Variação absoluta do número de domicílios abastecidos por poço ou nascente na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/ 2000.

O aumento das ligações do sistema público de abastecimento de água ocorridos na Bacia do Una para o ano de 2000, são decorrentes do avanço do Projeto da Macro Drenagem da Bacia do Una que teve início em 1994.

Atualmente, a empresa responsável pelo gerenciamento e operacionalização do sistema de abastecimento de água no Município de Belém é a Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA. Em 2010, o Serviço de Abastecimento Autônomo de Água e Esgoto de Belém (SAAEB), repassou, através de contrato, todos os sistemas de abastecimento de água e esgoto para a COSANPA.

Traduzindo as figuras apresentadas anteriormente em números, observa-se que o abastecimento de água nos bairros envolvidos é realizado em sua maioria (90%) pela rede geral (COSANPA). Poços tubulares e amazonas também são utilizados para o abastecimento (9%), e menos de 1% da população das duas bacias são desprovidos de abastecimento de água.

Na tabela 06 estão apresentados os dados relativos ao tipo de abastecimento de água nos bairros envolvidos pelas bacias hidrográficas, lembrando que os dados divulgados pelo CENSO 2000, apresentam algumas das modificações ocorridas na bacia do Una, porém a implantação do projeto foi intensificada a partir de 2000 com sua conclusão efetiva em 2004.

Tabela 06 – Tipo de abastecimento de água na Bacia do Una e da Estrada Nova, antes das intervenções públicas.

Bairro	Forma de abastecimento de água			
	Total	Rede geral	Poço ou nascente (na propriedade)	Outra forma
Batista Campos	5.138	4.406	708	24
Cidade Velha	2.601	2.525	65	11
Condor	8.753	8.640	45	68
Cremação	6.998	6.441	545	12
Guamá	22.138	21.192	817	129
Jurunas	13.320	12.883	283	154
Marambaia	14.333	12.387	1.869	77
Marco	15.528	13.683	1.798	47
Nazaré	5.256	3.395	1.854	7
Pedreira	16.339	14.103	2.014	222
Sacramenta	9.928	9.203	655	70
São Bras	5.040	4.390	642	8
Souza	3.292	2.482	808	2
Telégrafo	9.135	8.839	213	83
Umarizal	7.501	6.729	761	11
Percentual (%)	100	90,36	9,00	0,64

Fonte: IBGE - Censo Demográfico (2000)

Entretanto, mesmo com esse elevado nível de atendimento, ainda existem áreas com precariedade (bairros com intermitência no abastecimento, vazões e pressões inadequadas etc.) e áreas não atendidas pelo sistema de abastecimento de água (conjuntos habitacionais com soluções próprias de abastecimento e ocupações desordenadas).

A água produzida pela COSANPA é proveniente dos lagos Água Preta (10.550.000 m³) e Bolonha (2.100.000 m³), localizados na Área de Proteção Ambiental (APA - Belém), abastecendo cerca de 80% da população da RMB. A água bruta é captada no rio Guamá, armazenada no lago Água Preta e encaminhada ao lago Bolonha por meio de um canal cuja vazão é de 13 m³/s. A água do lago Bolonha é recalçada por 2 estações elevatórias de água bruta (Bolonha e Utinga) para 3 Estações de Tratamento de Água (ETA) (Bolonha, São Braz e Marco).

Nas periferias de Belém, ainda existe o abastecimento de água a partir dos sistemas hidrogeológicos profundos, contemplando de forma principal o sistema aquífero Pirabas. Isso é o caso dos pontos de produção de água do SAAEB que tem todos os seus sistemas de abastecimento baseados em poços tubulares completados no sistema Pirabas, explotando os aquíferos com profundidades acima de 200 m.

A proteção da bacia hidrográfica dos lagos Bolonha e Água Preta, foi adotada na concepção do projeto da Macrodrenagem do Una, onde toda drenagem e lançamento de esgoto sanitário do Una, não interferiria na bacia dos mananciais de Belém, e juntamente com a implantação da macrodrenagem, foi implantado o muro de proteção da APA – Belém e remoção das famílias que residiam na sua área, pela parceria da Secretaria Estadual de Obras Públicas (SEOP) e da Companhia de Habitação do Estado do Pará (COHAB).

Os 9% restantes da distribuição do abastecimento de água de Belém são provenientes do auto abastecimento. Isso é uma realidade tanto nas invasões como nas áreas de expansão e nos núcleos consolidados.

Com o intenso processo de verticalização de Belém, a cidade apresenta um adensamento populacional muito grande, onde alguns bairros estão aumentando suas demandas por água em taxas muitos maiores que outros locais dentro da RMB.

Nestas áreas já existe estabelecido um sistema público de distribuição de água. Estudos em andamento indicam que mesmo nessa área, há um considerável auto abastecimento com uma participação aproximada de 30% da população, por meio da construção de poços tubulares rasos que explotam os sistemas aquíferos mais superficiais (livre e topo do sistema Barreiras).

Esse percentual cresceu bastante nas últimas décadas em função da baixa confiabilidade do abastecimento público, confiabilidade que hoje se tenta recuperar, como também por razões de natureza econômica.

As águas do auto abastecimento têm custos menores que os praticados pela COSANPA e assim, os maiores usuários dessa opção, os condomínios residenciais e verticais, veem contabilizadas economias significativas em suas despesas fixas quando o promovem.

Para as chamadas “áreas de invasão”, como é denominada uma parte do bairro do Guamá e Terra Firme em Belém, o auto abastecimento através de poços tipo amazonas ou cacimbas é muito comum.

Os poços do tipo Amazonas são de propriedades particulares e, na maioria dos casos, estão funcionando de acordo com as posses, necessidades e circunstâncias de cada usuário. Vale ressaltar que boa parte desses poços, no período de estiagem máxima, secam, obrigando o aprofundamento dos mesmos ou a utilização de outras alternativas para solucionar, em parte, o problema de abastecimento. É evidente que esse número está muito subestimado uma vez que se sabe ser essa alternativa a mais utilizada nas áreas de invasão recentes, as quais não são poucas na RMB. Para construção de um poço desse tipo, não se gasta nem R\$ 300,00 ou ainda o próprio dono do imóvel o constrói.

No intervalo entre 50 – 180 m a quantidade de poços existentes não é grande. Nesse intervalo os teores de ferro encontrados nas águas são sempre bastante elevados com valores entre 5-10 ppm como de ocorrência comum.

A maioria dos poços tubulares com profundidade de até 25 m foram perfurados manualmente, sendo que dá quase totalidade dos mesmos não existe registro de dados técnicos, dificultando, sobremaneira, a determinação de importantes parâmetros, tais como: vazão, nível dinâmico, posição dos filtros, dentre outros. Dentre os poços que alcançam profundidades maiores, na faixa de 50-60 m, a construção normalmente se dá utilizando-se máquinas rudimentares.

Nesses tipos de poços é que se localizam os maiores pontos de contaminação do aquífero livre, onde nenhuma norma é seguida e nenhum controle é realizado.

A expansão das cidades, muitas vezes de forma espontânea e sem planejamento para áreas que não dispunham de serviços infra estruturais, dentre eles o de fornecimento de água, fez com que a opção por água subterrânea fosse a única alternativa de suprimento. Mesmo quando o poder público ali chegou tentando imprimir um mínimo de ordenamento, por não existir linhas de adução que ligassem essas áreas às redes existentes, ou de redes de

distribuição interna, teve que se valer das águas subterrâneas, construindo poços profundos e disponibilizando assim água de qualidade para essas populações.

Estabeleceu-se dessa forma sistemas de abastecimento isolados, localizados nessas áreas, os quais foram paulatinamente sendo expandidos e assumidos pelo poder público.

Mesmo considerando todos os esforços realizados o crescimento da demanda nas áreas periféricas continuou e continua e assim assiste-se ainda hoje a uma progressão do auto abastecimento, sobretudo nas áreas ainda pouco ordenadas, a exemplo do bairro do Guamá.

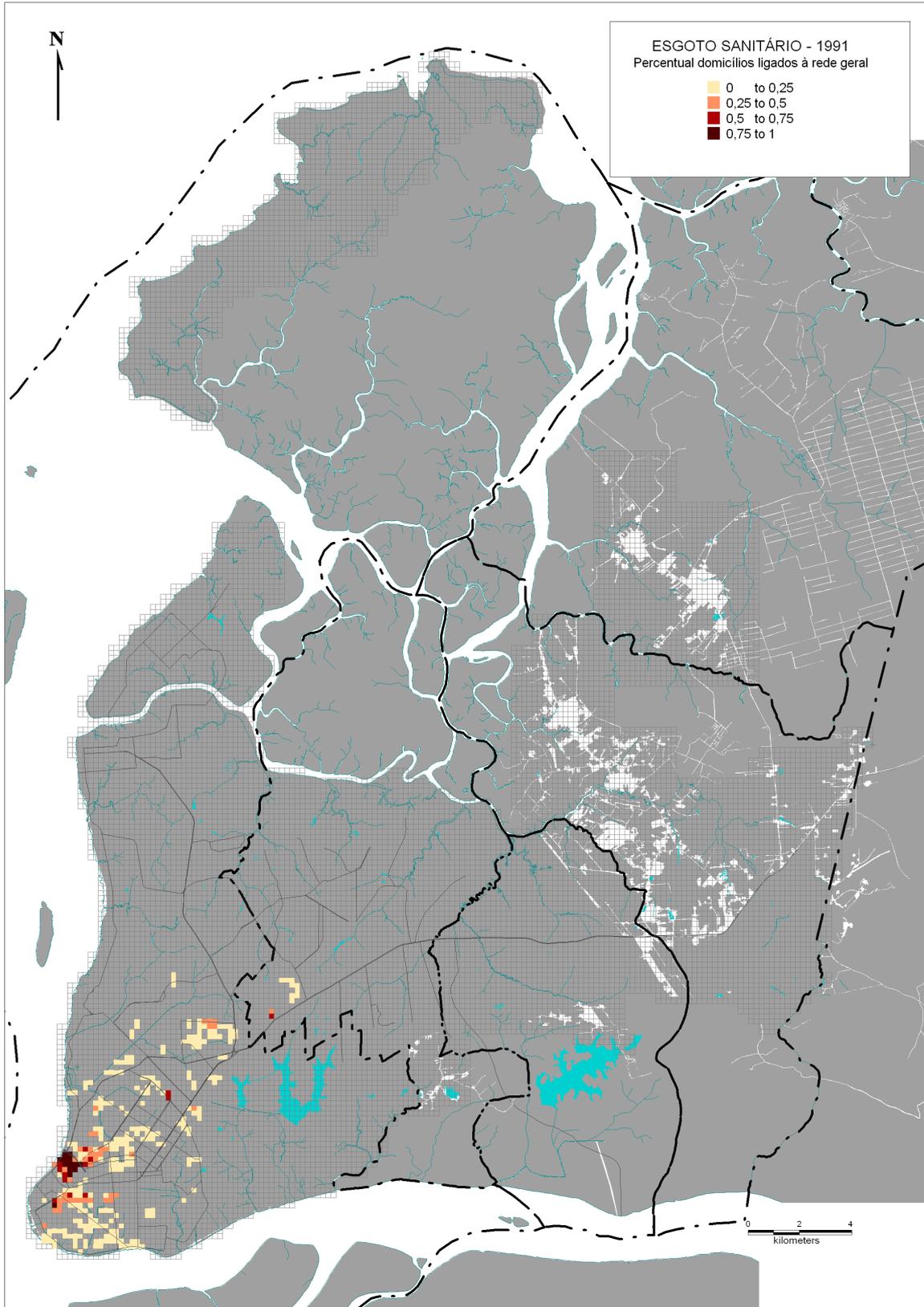
2.3.1.2. Esgotamento sanitário

O percentual de domicílios ligados à rede geral de esgotamento sanitário ainda é bastante reduzido na RMB, a julgar pela observação das figuras 29 (1991) e 30 (2000), e ainda permanecia fortemente concentrado nas áreas de alta e média rendas da Primeira Léguas Patrimonial, principalmente nos bairros de Batista Campos, Campina, Nazaré, Reduto, Umarizal e Marco, neste caso ao longo do eixo da Avenida Almirante Barroso e arredores. Já na periferia, os níveis de cobertura superiores a 50% ocorrem apenas em poucas áreas.

A comparação entre os dados de 1991 e 2000 ficou comprometida pela mudança, promovida pelo IBGE, na definição do que é “rede geral de esgotamento sanitário”, pois o censo de 2000 incluiu, nessa categoria, o despejo de efluentes domiciliares na rede de drenagem de águas pluviais. Dessa forma, os números de 2000 tornaram-se mais favoráveis que os de 1991 mesmo que não houvesse melhoria na situação real.

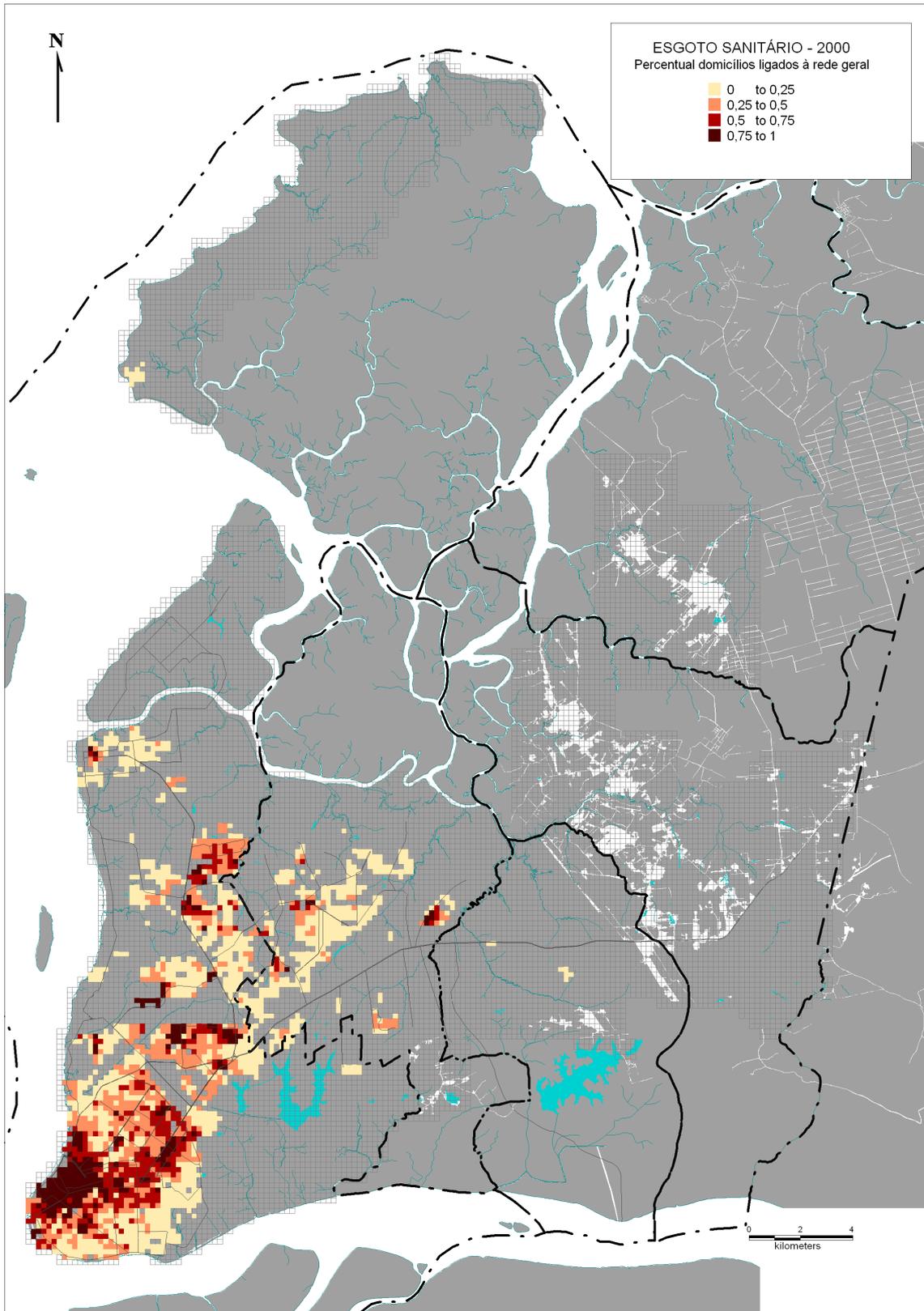
Isso acabou por prejudicar também os dados de fossa séptica (Figuras 31 e 32), já que o censo registra apenas uma modalidade de esgotamento, seguindo uma ordem na qual o item “rede geral de esgoto ou pluvial” precede o item “fossa séptica”. Como os dados referentes à modalidade “rede geral de esgoto ou pluvial” foram aumentados em 2000 pela simples mudança do critério de contagem, como visto, os números referentes à fossa séptica tenderam a sofrer redução comparativamente a 1991.

Por esse motivo, os mapas comparativos entre os anos de 1991 e 2000, referentes ao tema saneamento, não serão apresentados.



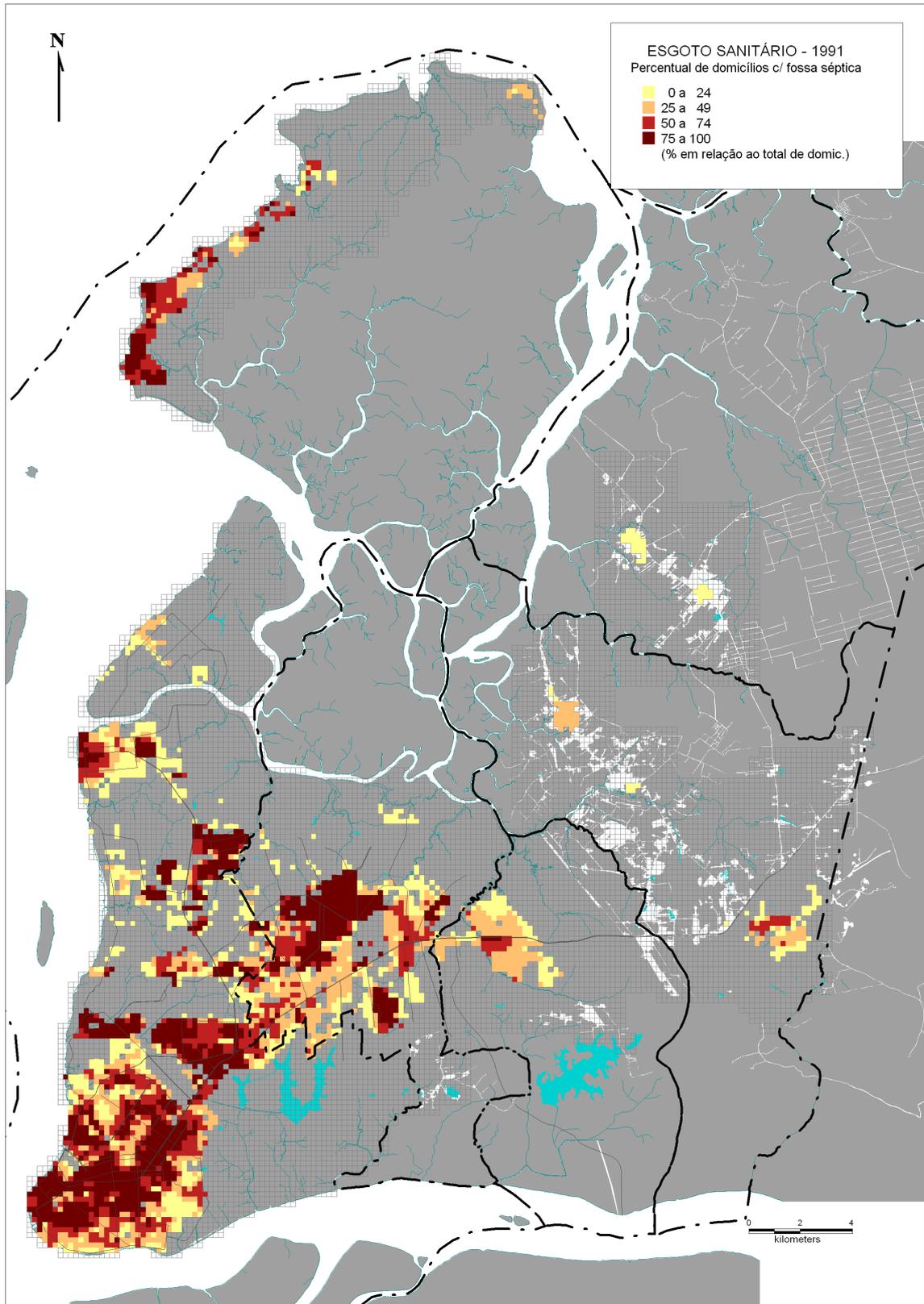
Fonte: Censo Demográfico (1991).

Figura 29 - Percentual de domicílios ligados à rede geral de esgoto na RMB, por células de 4 hectares, 1991.



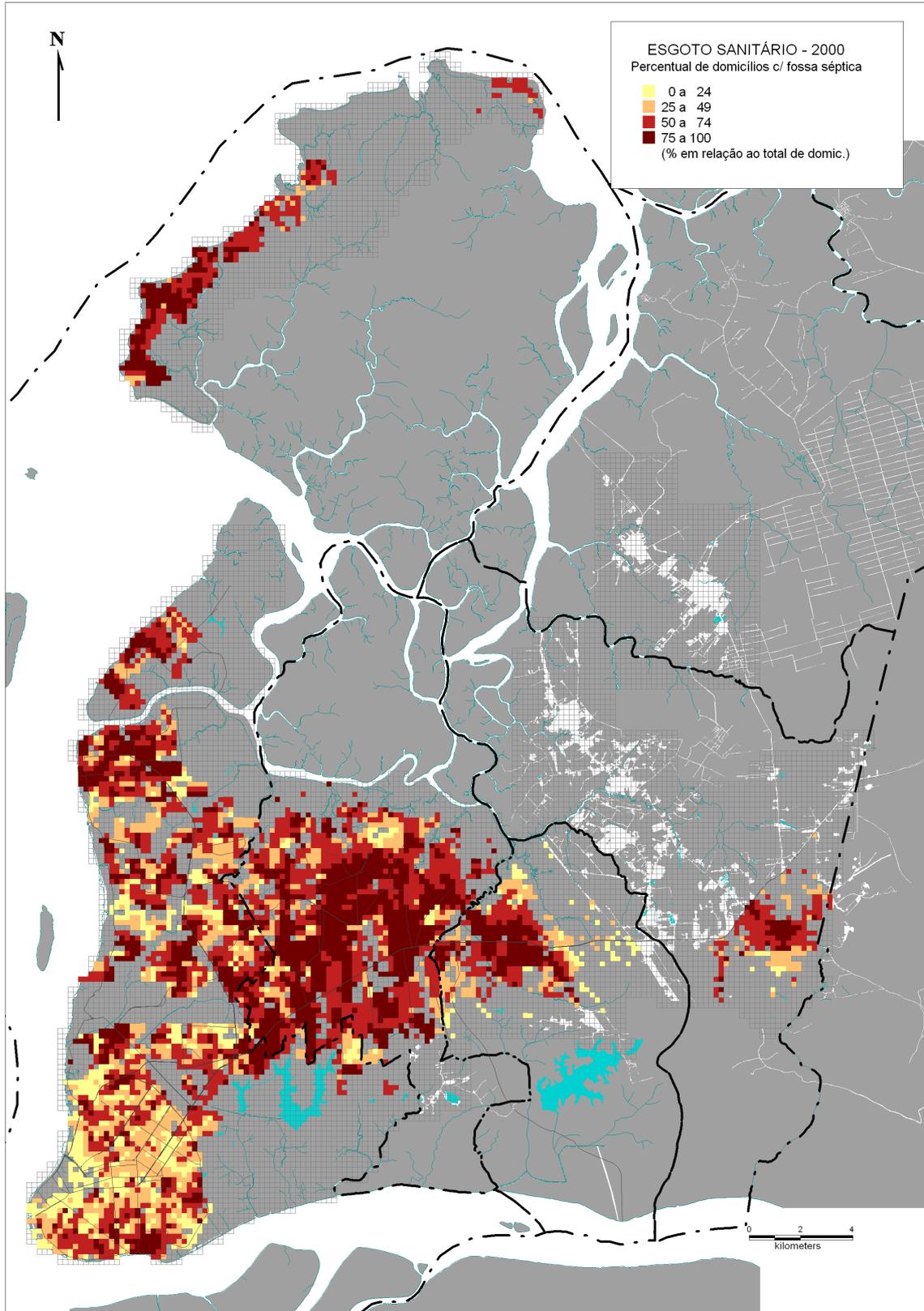
Fonte: Censo Demográfico (2000).

Figura 30 - Percentual de domicílios ligados à rede geral de esgoto na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.



Fonte: Censo Demográfico (1991).

Figura 31 - Percentual de domicílios que possuem fossa séptica na RMB, por célula de 4 hectares, 1991.



Fonte: Censo Demográfico (2000).

Figura 32 - Percentual de domicílios que possuem fossa séptica na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.

As áreas das bacias não dispõem de programas / projetos específicos para o esgotamento sanitário. No sistema de esgotamento sanitário foram identificadas a inexistência de: um sistema público de esgotamento sanitário tipo separador absoluto, de um sistema de tratamento de esgoto e a inexistência e/ou insuficiência de redes coletoras e interceptoras de esgoto. O estudo aponta que não existem redes coletoras na área de estudo, sendo que as ligações de esgotos domiciliares são feitas no sistema de microdrenagem.

A existência de edificações tipo palafitas facilita o lançamento direto dos esgotos nas coleções de água. A adoção de fossas negras por boa parte da população contribui sobremaneira para a contaminação do lençol freático.

Outros problemas identificados referem-se à inexistência de áreas disponíveis para localização de unidades de tratamento de efluentes sanitários, e a resistência da população em aderir à interligação da rede coletora de esgotos.

Ressalta-se que, grande percentual do esgoto doméstico produzido nas bacias são lançados “*in natura*” nos corpos d’água, visto que o município de Belém é provido de rede coletora de esgoto em alguns locais, como no bairro de Nazaré, porém não possui Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em funcionamento para tratá-lo. Ou seja, no índice da informação do IBGE, o esgoto coletado em alguns bairros de Belém, é lançado na drenagem pluvial praticamente sem tratamento. Somente próximo ao canal do Una que existe a única ETE em funcionamento da capital paraense, e trata apenas 6% do esgoto gerado pelo município (BRASIL, 2008).

A tabela 07 apresenta os dados relativos ao tipo de esgotamento sanitário nos bairros envolvidos pelas bacias hidrográficas para o ano de 2000, situação praticamente inalterada até os dias de hoje.

Tabela 07 – Tipo de esgotamento sanitário na Bacia do Una e da Estrada Nova, antes das intervenções públicas.

Bairro	Tipo de esgotamento sanitário							
	Total	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro escoadouro	Não tinham banheiro nem sanitário
Batista Campos	5.138	3.189	1.775	48	86	-	4	36
Cidade Velha	2.601	1.795	664	8	45	63	6	20
Condor	8.753	1.888	5.376	457	783	17	30	202
Cremação	6.998	2.622	3.558	335	419	-	8	56
Guamá	22.138	2.378	12.325	3.314	2.474	591	333	723
Jurunas	13.320	3.867	6.656	790	1.364	213	134	296
Marambaia	14.333	5.757	6.040	897	1.404	5	17	213
Marco	15.528	8.131	5.229	1.074	810	2	132	150
Nazaré	5.256	4.270	961	20	-	-	1	4
Pedreira	16.339	6.485	7.297	874	1.202	6	240	235
Sacramenta	9.928	2.178	4.595	890	1.860	29	167	209
São Bras	5.040	3.214	1.483	132	196	-	6	9
Souza	3.292	1.059	2.139	18	59	1	3	13
Telégrafo	9.135	2.184	4.179	862	1.181	304	64	361
Umarizal	7.501	4.592	2.351	243	286	4	2	23
Percentual (%)	100	36,90	44,48	6,86	8,38	0,85	0,79	1,75

Fonte: IBGE - Censo Demográfico (2000)

Verifica-se que os outros tipos de esgotamento sanitário, além da drenagem pluvial e fossas sépticas, somam praticamente 20 %. Ou seja, além da drenagem pluvial e fossas sépticas não serem um tratamento ou disposição final do efluente sanitário adequadas, ainda existe 20 % de disposição mais inadequadas, comprometendo cada vez mais os recursos hídricos locais e aumentando a vulnerabilidade a contaminação dos aquíferos superiores.

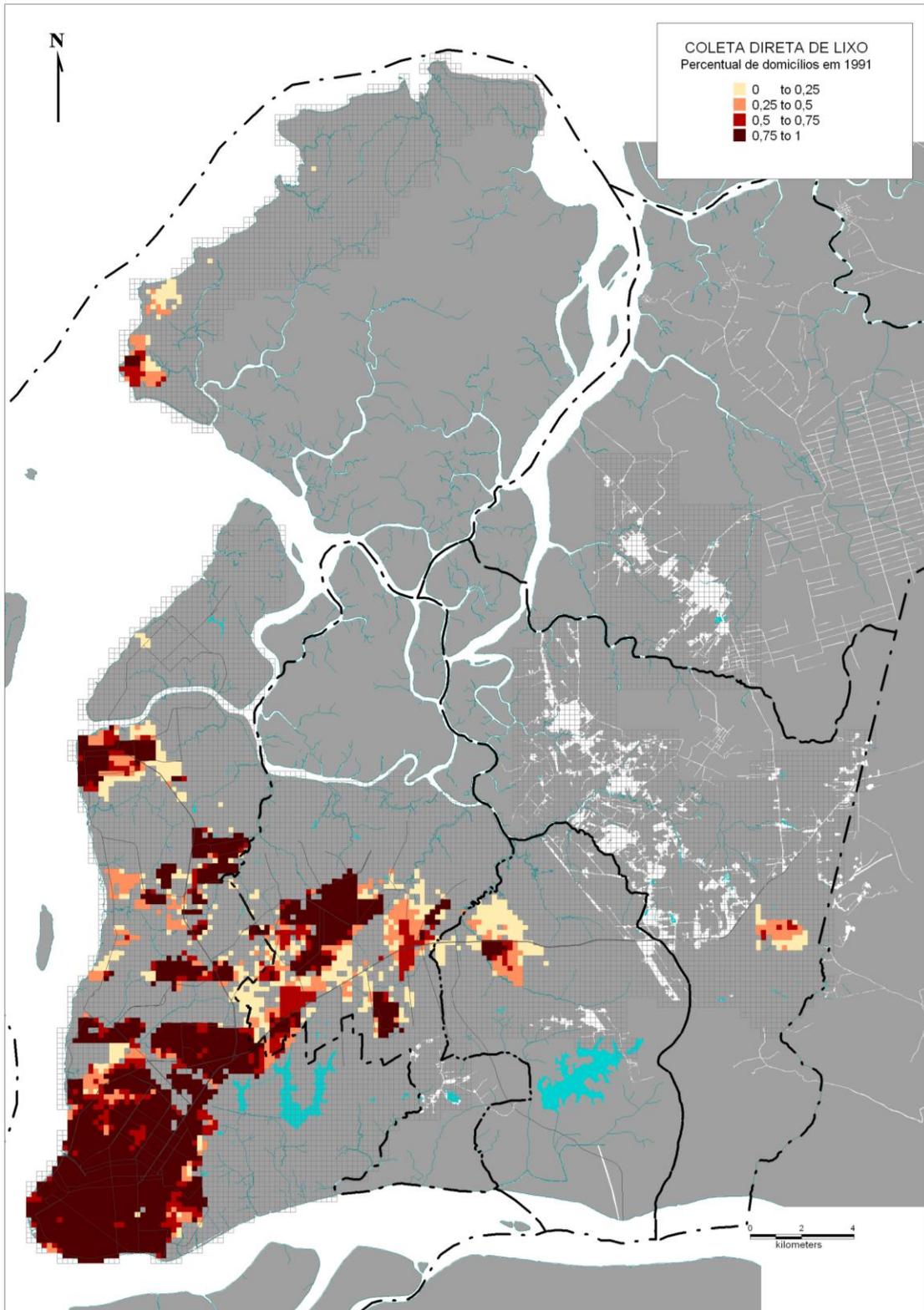
2.3.1.3. Resíduos sólidos

A coleta de lixo domiciliar de Belém pode ser considerada satisfatória, pelo menos no que diz respeito à cobertura do serviço, visto que a coleta direta alcança percentual superior a 75% na grande maioria do território metropolitano. As figuras 33 e 34 mostram as situações existentes em 1991 e 2000.

No confronto entre os dois anos analisados, verifica-se que a situação melhorou, com incremento no número absoluto e no percentual de domicílios atendidos em áreas de baixada e na periferia em geral (Figuras 35 e 36).

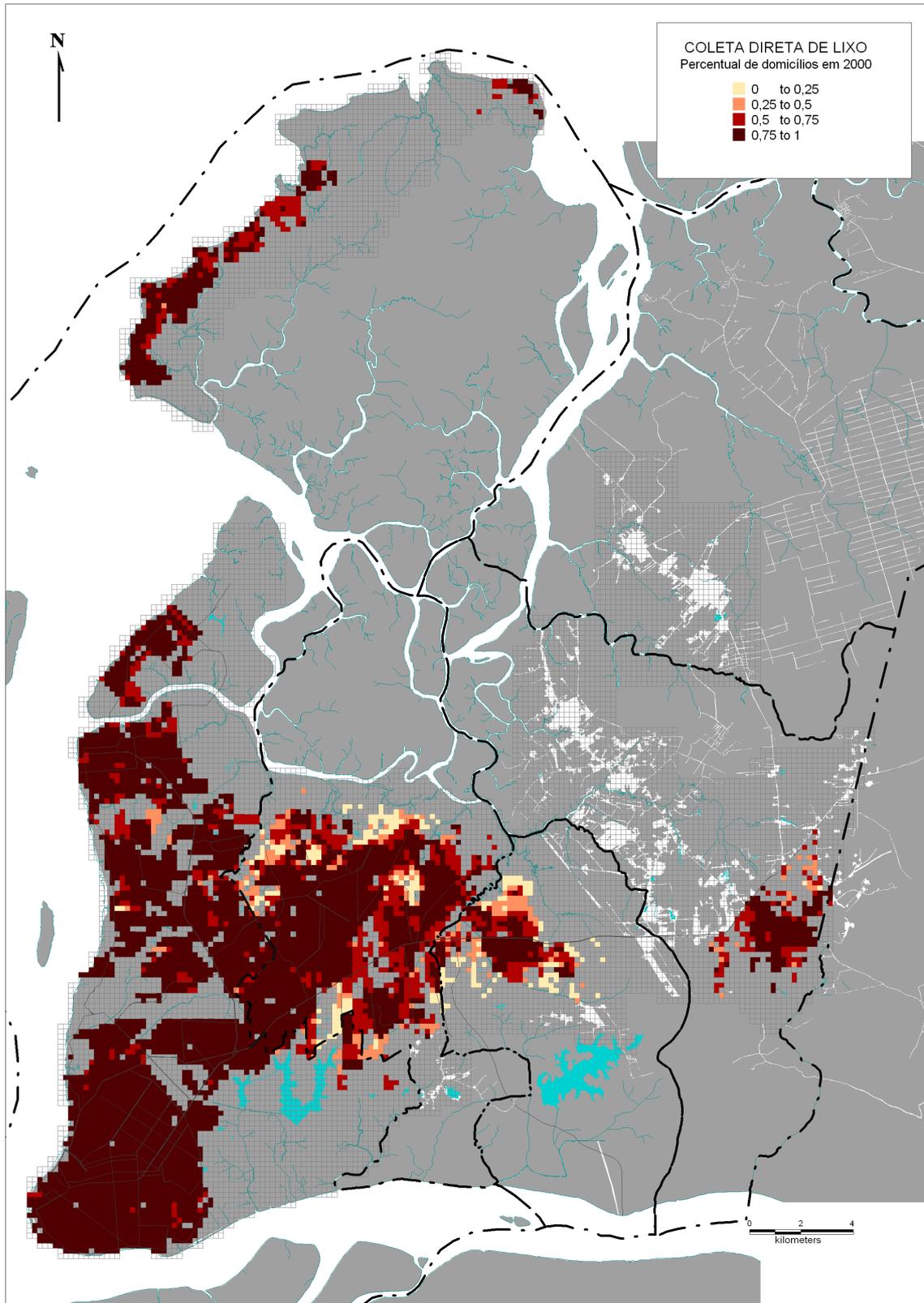
As reduções observadas, situam-se predominantemente em lotes lindeiros ao longo de importantes vias de transporte intraurbano. Devem-se principalmente a imóveis que sofreram mudança do uso habitacional para comercial ou de serviços, que não são considerados no censo demográfico, que registra, dessa forma, redução do número de domicílios (uso habitacional).

O melhor do desempenho da coleta direta provocou a redução generalizada da coleta indireta, exceto nas áreas de baixa renda da periferia onde houve elevado crescimento demográfico, bem como em alguns locais da Primeira Légua Patrimonial.



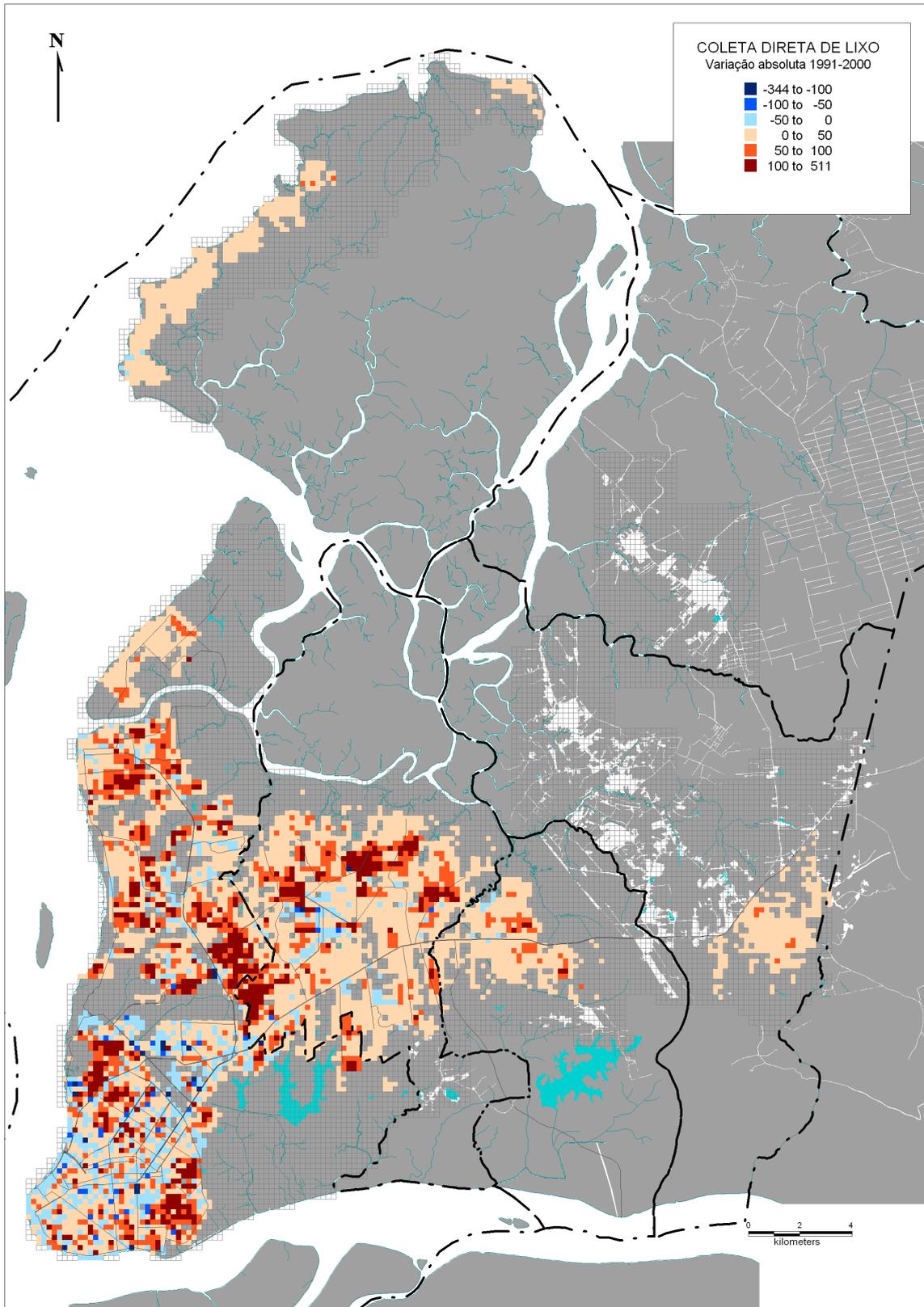
Fonte: Censo Demográfico (1991).

Figura 33 - Percentual de domicílios que possuem coleta direta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991.



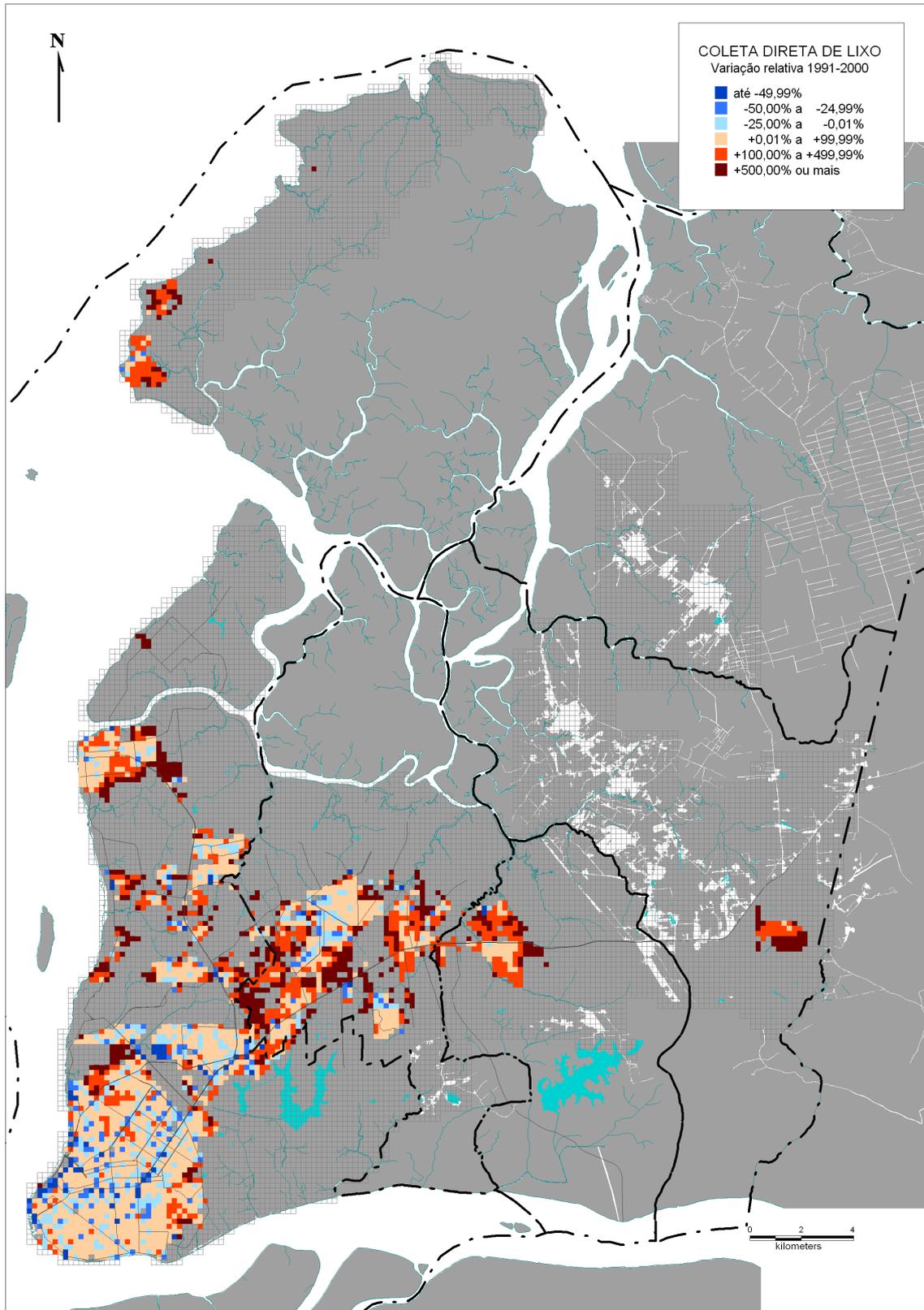
Fonte: Censo Demográfico (2000).

Figura 34 - Percentual de domicílios que possuem coleta direta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.



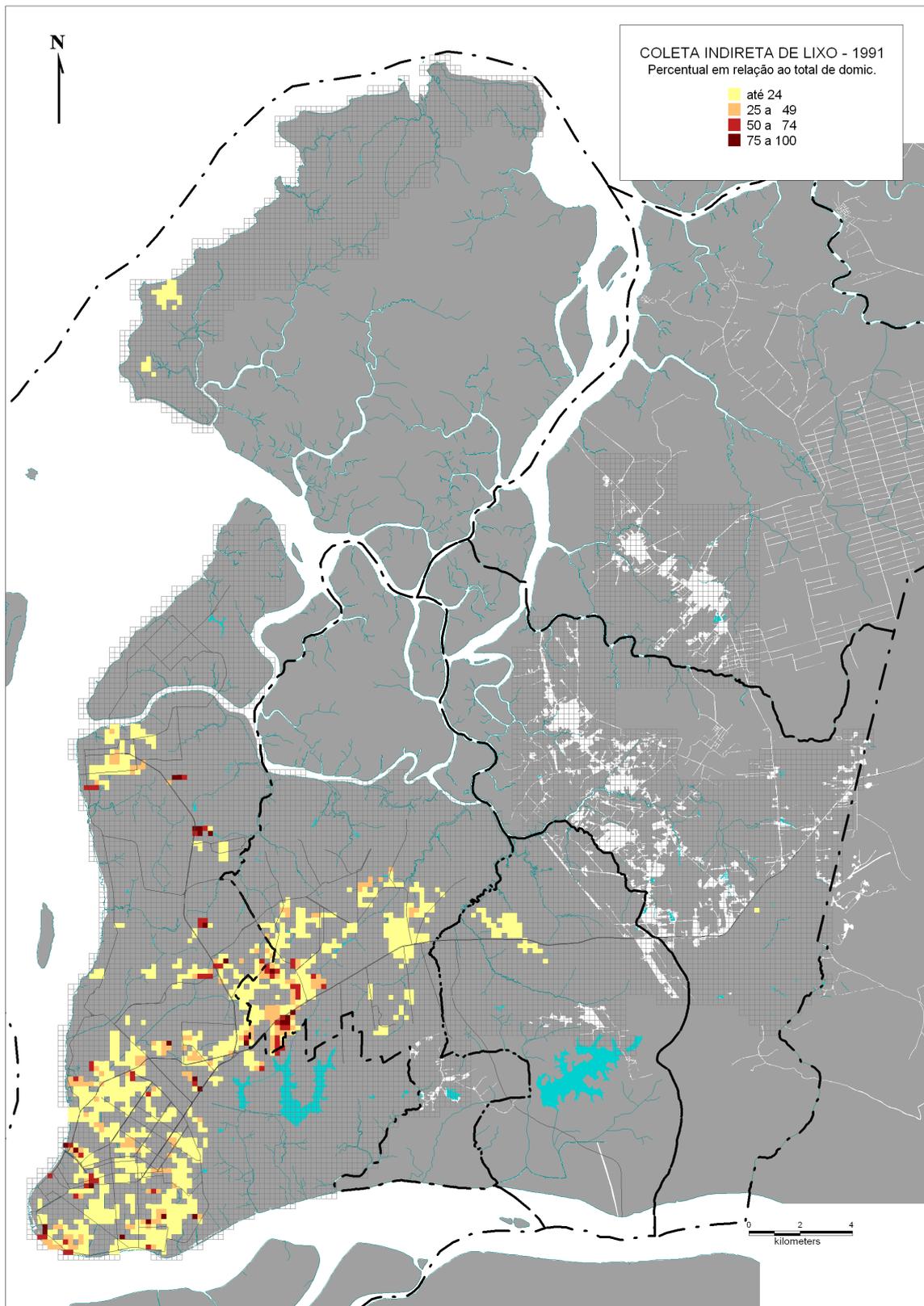
Fonte: Censos Demográficos (1991) e (2000).

Figura 35 - Variação absoluta do número de domicílios que possuem coleta direta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/2000.



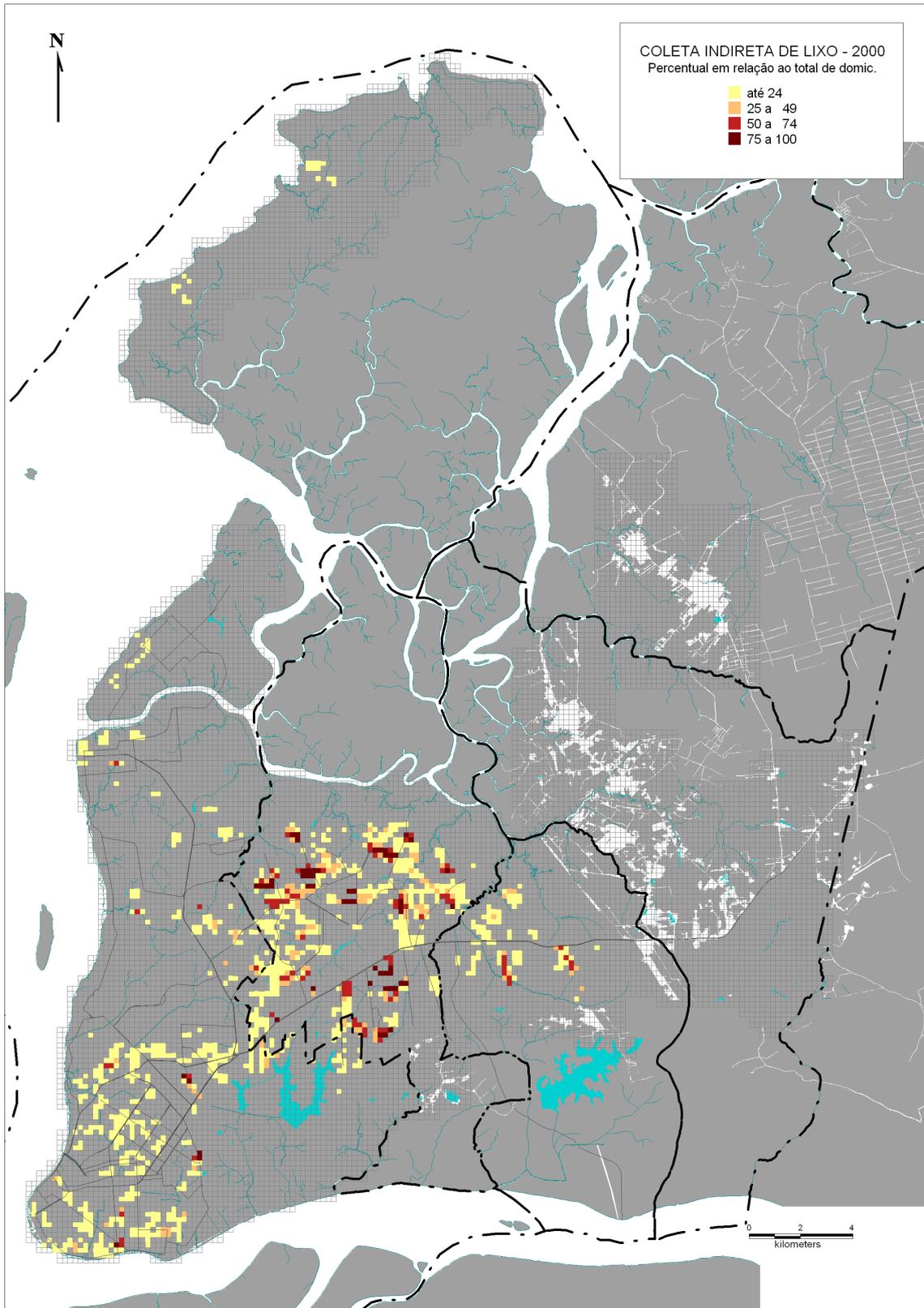
Fonte: Censos Demográficos (1991) e (2000).

Figura 36 - Variação relativa do número de domicílios que possuem coleta direta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/2000.



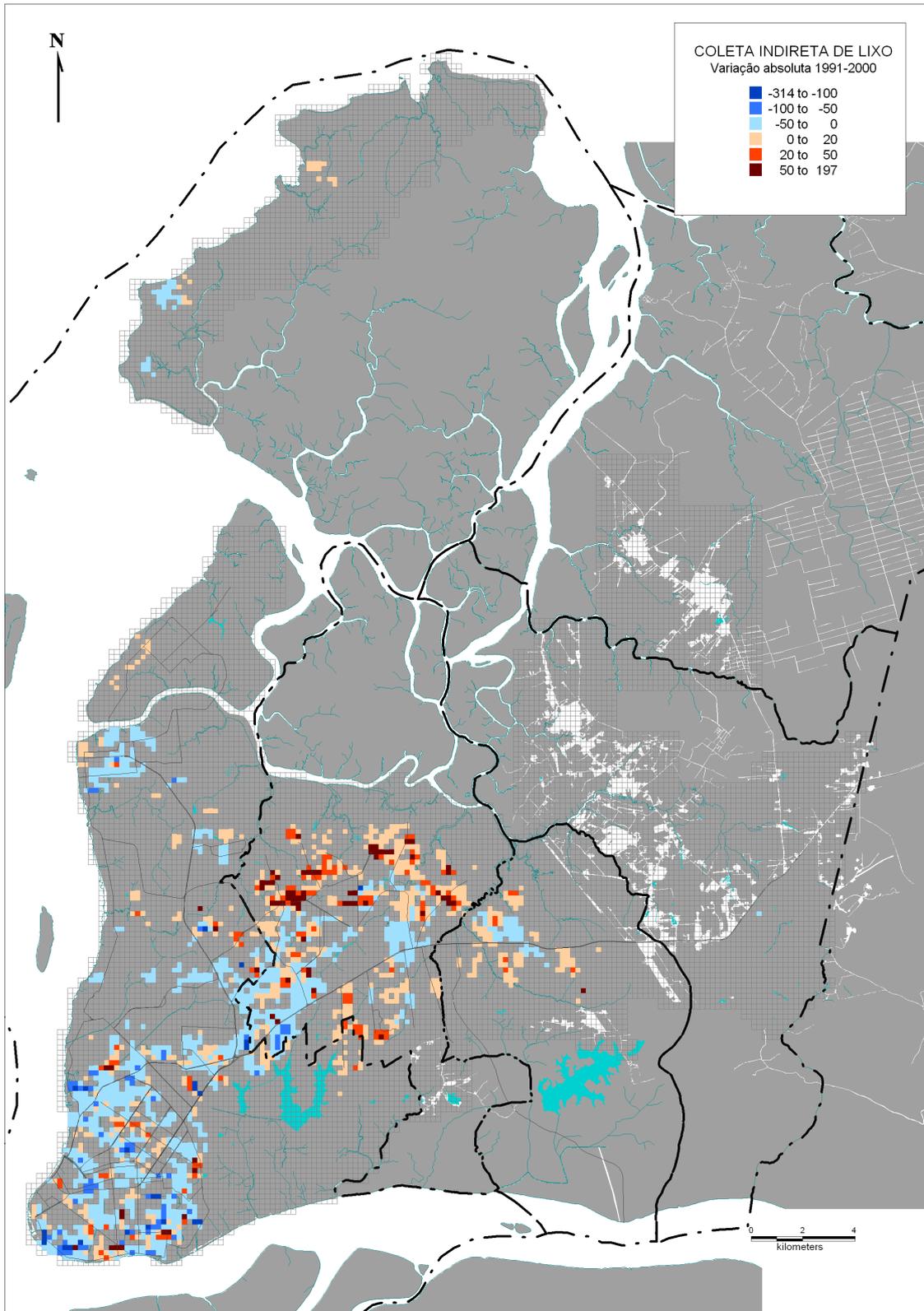
Fonte: Censo Demográfico (1991).

Figura 37 - Percentual de domicílios que possuem coleta indireta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991.



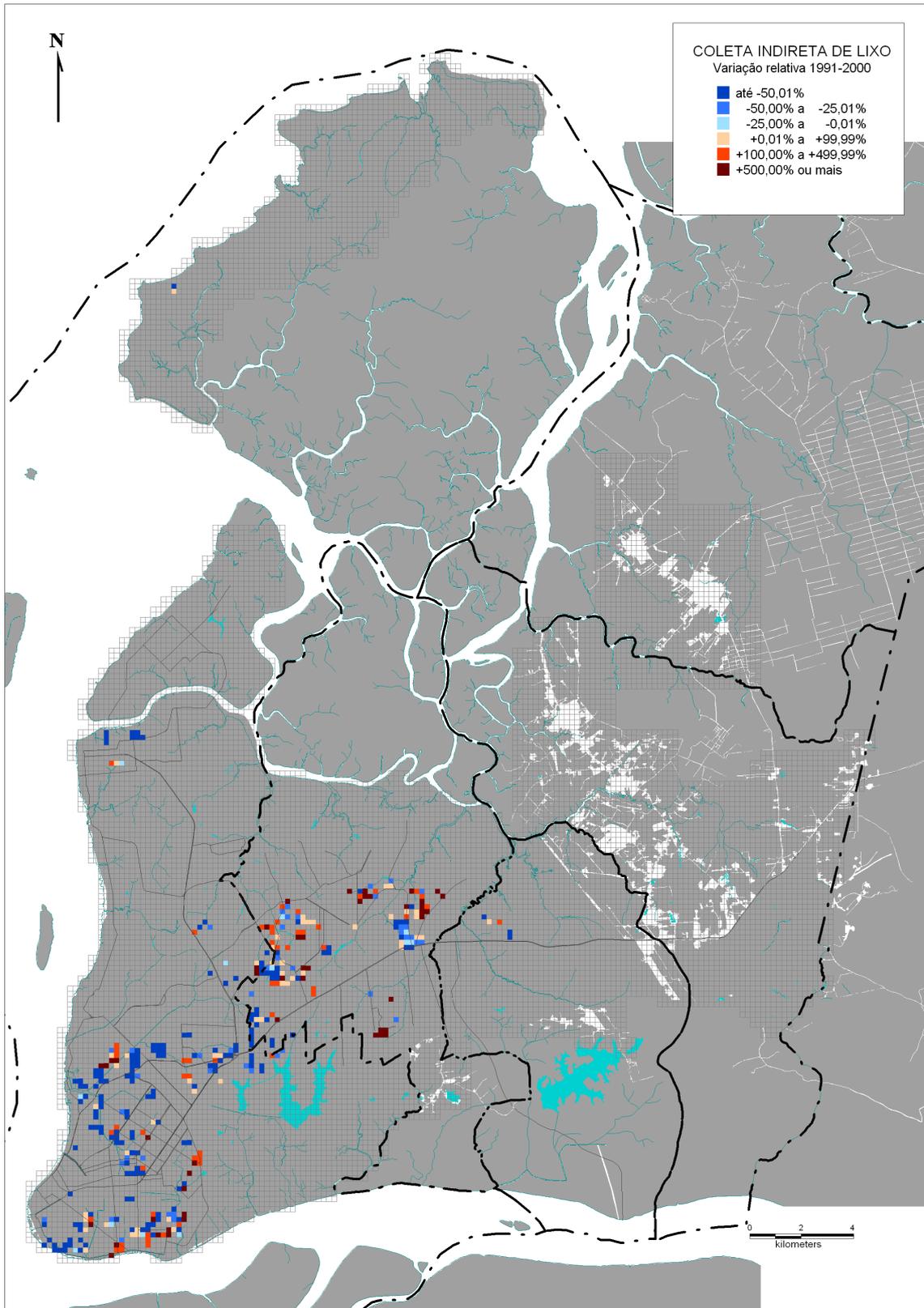
Fonte: Censo Demográfico (2000).

Figura 38 - Percentual de domicílios que possuem coleta indireta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 2000.



Fonte: Censos Demográficos (1991) e (2000).

Figura 39 - Variação absoluta do número de domicílios que possuem coleta indireta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/2000.



Fonte: Censos Demográficos (1991) e (2000).

Figura 40 - Variação relativa de domicílios que possuem coleta indireta de lixo na RMB, por célula de 4 hectares, 1991/2000.

A Gestão de Resíduos Sólidos no Município de Belém é realizada através de serviços terceirizados por empresas particulares, sob a fiscalização da Secretaria Municipal de Saneamento - SESAN, através do Departamento de Resíduos Sólidos - DRES e compreende os serviços de varrição de vias públicas, coleta, transporte e disposição final no Aterro Controlado do Aurá.

Os resíduos sólidos gerados no município são de origem domiciliar e industrial, oriundos das atividades comerciais e de prestação de serviços, e hospitalares (serviços de saúde), além dos materiais inertes (entulhos produzidos pela construção civil). O volume de lixo coletado por mês é de aproximadamente 3.533 toneladas, sendo aproximadamente 1.747 m³ de resíduos domiciliares e o restante (394 m³) hospitalar (SNIS, 2008).

Um diagnóstico do sistema de limpeza urbana das Bacias da Estrada Nova e do Una aponta o problema de acúmulo de lixo em determinados pontos críticos nas vias públicas. Ressalta-se que o fato de não existirem as vias já projetadas, ou de existirem vias sem qualquer pavimentação, compromete a acessibilidade viária tanto para pedestres quanto para veículos, prejudicando os serviços de coleta de resíduos sólidos e limpeza urbana, bem como a realização de outros serviços urbanos, como, por exemplo, a rastelação e a roçagem das margens dos fundos de vale.

Outro agravante da área das Bacias Hidrográfica da Estrada Nova e do Una diz respeito à falta de conscientização da população do seu papel na sociedade, tornando-se também uma fonte de poluição, tendo em vista hábitos e procedimentos inadequados, como o lançamento de lixo e entulho diretamente no solo, nas vias públicas ou diretamente nos corpos d'água. Cabe ressaltar que não existem projetos de coleta seletiva nas Bacias Hidrográficas da Estrada Nova e do Una, e muito menos uma disciplina de educação ambiental nas escolas em todo o município de Belém.

Além disso, há lançamentos clandestinos de entulhos e outros detritos nas margens e nas calhas de todos os cursos d'água (igarapés) da bacia hidrográfica, contribuindo para a degradação ambiental dos mesmos. A limpeza e roçagem dos cursos d'água são realizadas com recorrência semestral.

Todos os resíduos sólidos coletados na área das bacias são encaminhados para disposição final no Aterro Controlado do Aurá, que localiza-se a aproximadamente 15 km do centro de Belém, na Estrada do Aurá s/nº – Bairro Santana do Aurá, em área de proteção ambiental.

Observa-se que a coleta regular de lixo atende “teoricamente” a todos os bairros, como observado nas figuras. Ocorre que existe uma pequena parcela da população que não tem a

agenda do dia da coleta, amontoando seus dejetos na via pública, ocasionando a proliferação de ratos e até animais peçonhentos.

2.3.1.4. Uso e Ocupação do Solo

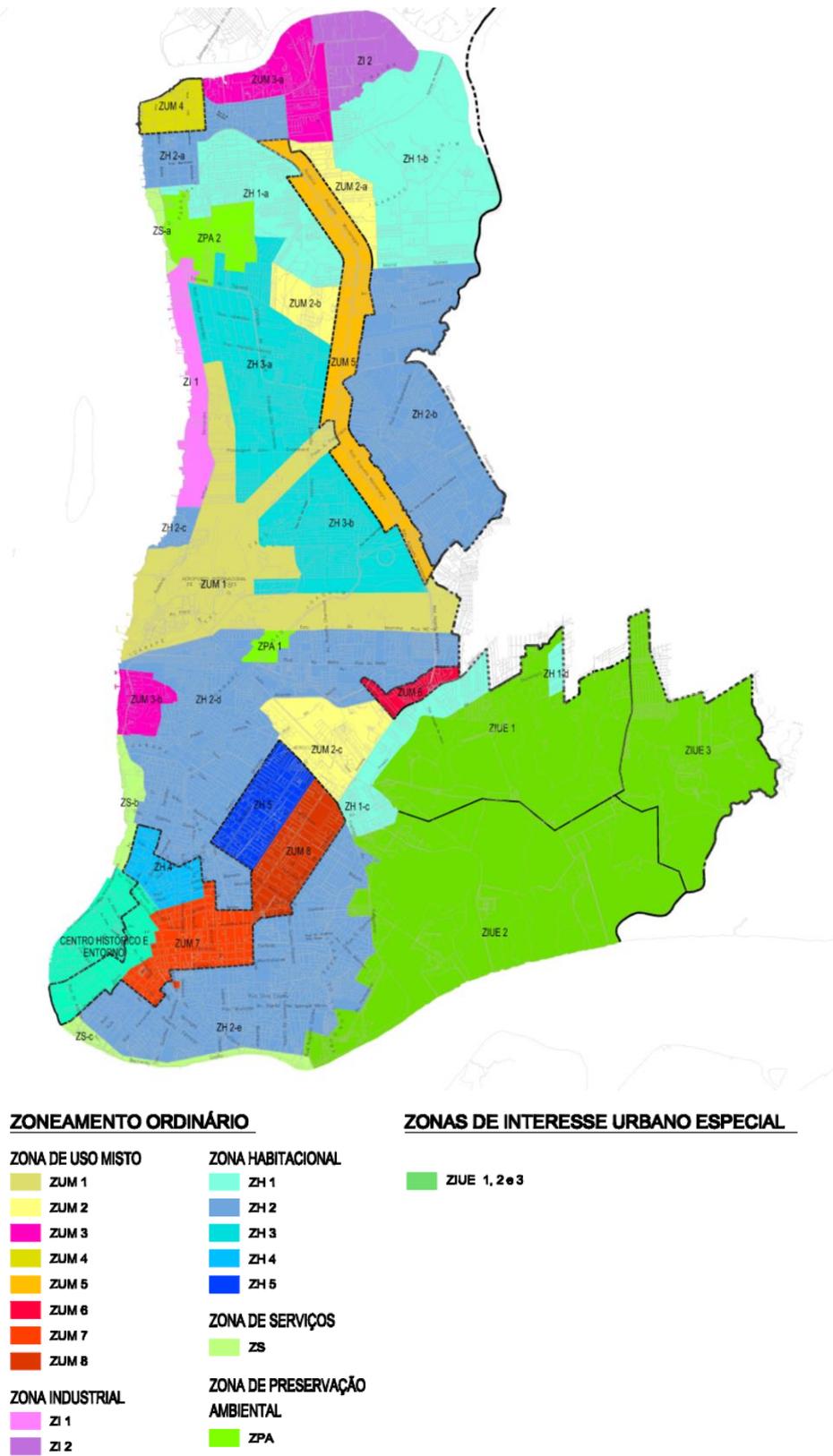
O crescimento urbano é uma temática amplamente discutida na dimensão ambiental, pois a ausência ou o planejamento inadequado da urbanização ocasiona alterações no ambiente que podem influenciar direta e/ou indiretamente a qualidade de vida da população local e, conseqüentemente, regional.

Um dos graves problemas neste processo de desenvolvimento urbano resulta da expansão, geralmente irregular, que ocorre sobre as áreas públicas e áreas ribeirinhas dos corpos d'água, dificultando o ordenamento das ações não-estruturais do controle ambiental urbano, como visto anteriormente.

O Município de Belém conta com o Plano Diretor Urbano - PDU (Lei Municipal nº 7.603 de 13 de janeiro de 1993) e a Lei de Regulamentação da Política Urbana – Lei Municipal nº 10.257/01, conhecida como Estatuto da Cidade, como principais instrumentos de regulação urbana.

Os cursos d'água das Bacias Hidrográficas da Estrada Nova e do Una estão com suas faixas de domínio ocupadas na maioria das vezes por edificações irregulares, o que gera diversos tipos de problemas tais como disposição irregular de lixo, uso de canal como “banheiro público”, assoreamento e outros mais.

A figura 41 mostra o Mapa de Uso e Ocupação do Solo apresentando o zoneamento, conforme o Plano Diretor Urbano – PDU.



Fonte: PDU – Belém (2000)

Figura 41 – Mapa de uso e ocupação do solo de acordo com o PDU do município de Belém

Observa-se que as Áreas de Preservação Permanente (APP) de todos os rios e canais do município de Belém estão descaracterizadas pela presença das habitações e vias públicas.

A Bacia da Estrada Nova possui uma grande parcela do seu zoneamento para o uso comercial e industrial, devido a sua localização ser a margem do rio Guamá, favorecendo a instalação de portos praticamente ao longo de toda a sua orla, que na maioria são formados por estâncias de material para construção.

A Bacia do Una é predominantemente residencial, sendo de uso comercial e industrial, próximo ao canal do Una e Jacaré, antes do lançamento na baía do Guajará. Nesta área também estão instalados muitos portos, sendo que na sua maioria, são clandestinos (ilegais) não contradizendo a mesma realidade para a Bacia da Estrada Nova.

2.3.1.5. Qualidade do Nível de Vida

O nível de vida da população das áreas das bacias é apresentado, baseando-se em dados referentes à:

- Renda;
- Educação;
- Saúde;
- Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

1.4.2.2.26. Renda

O rendimento mensal dos responsáveis pelos domicílios dos bairros envolvidos nas bacias é um fator crítico e está apresentado na tabela 08.

Tabela 08 - Valor do rendimento nominal mensal dos responsáveis pelos domicílios, segundo os bairros envolvidos da Bacia da Estrada Nova e Una.

Bairro	Classes de rendimento nominal mensal								
	Total	Até 1/2 salário mínimo	Mais de 1/2 a 1 salário mínimo	Mais de 1 a 2 salários mínimos	Mais de 2 a 5 salários mínimos	Mais de 5 a 10 salários mínimos	Mais de 10 a 20 salários mínimos	Mais de 20 salários mínimos	Sem rendimento
Batista Campos	5.138	9	253	323	592	971	1.274	1.409	307
Cidade Velha	2.601	8	268	343	526	601	413	217	225
Condor	8.753	164	2.128	2.180	2.207	820	251	64	939
Cremação	6.998	43	1.128	1.182	1.669	1.130	743	487	616
Guamá	22.138	273	4.851	5.622	5.413	2.152	777	337	2.713
Jurunas	13.320	150	3.097	2.969	2.931	1.609	722	395	1.447
Marambaia	14.333	94	2.123	2.483	3.659	2.716	1.360	554	1.344
Marco	15.528	84	1.833	2.298	3.550	3.290	2.327	1.271	875
Fátima	2.882	31	554	583	693	362	150	66	443
Nazaré	5.256	2	107	128	457	1.119	1.437	1.825	181
Pedreira	16.339	119	2.560	2.921	4.004	2.741	1.706	842	1.446
Reduto	1.863	1	54	64	229	397	516	556	46
Sacramenta	9.928	144	2.260	2.531	2.754	1.022	366	76	775
São Bras	5.040	2	342	384	865	1.233	1.032	916	266
Souza	3.292	7	198	341	716	964	691	261	114
Telégrafo	9.135	139	2.025	1.911	2.319	1.182	457	141	961
Umarizal	7.501	22	639	679	1.289	1.676	1.430	1.224	542
Barreiro	5.085	110	1.305	1.435	1.075	185	28	5	942
Maracangalha	5.974	81	1.285	1.419	1.568	648	165	40	768
Miramar	9	-	-	-	-	2	4	3	-
Mangueirão	8.242	83	1.194	1.486	2.162	1.410	479	112	1.316
Castanheira	5.865	54	890	1.042	1.612	982	436	137	712
Guanabara	426	14	98	115	102	15	5	3	74
Bengui	6.137	116	1.499	1.648	1.505	381	74	15	899
Cabanagem	6.579	130	1.483	1.936	1.614	319	55	13	1.029

Fonte: IBGE - Censo Demográfico (2000)

Observando a tabela apresentada anteriormente, destaca-se que o Rendimento Nominal Mensal mais baixos recaem nos bairros do Condor, Jurunas, Bengui, Cabanagem, Sacramento e Guamá, enquanto o mais aquinhoados são os de Nazaré, Umarizal e Batista Campos.

Claramente percebe-se que os bairros mais populosos são os mesmos com menor poder aquisitivo e que mais sofrem com os problemas infra estruturais do município.

Também deve ser observado que os bairros carentes estão difundidos nas duas bacias hidrográficas, como o Condor e Guamá para a Estrada Nova, e Sacramento e Bengui para o Una. Isso mostra a similaridade entre as bacias hidrográficas que passam pelos mesmos

problemas, tais como adensamento populacional nas áreas de risco, alagamentos, segurança pública e demais problemas estruturais urbanos.

1.4.2.2.27. Educação

O sistema de educação do Município de Belém apresenta as seguintes características, conforme dados do IBGE - 2000: 380 escolas do ensino fundamental, 112 escolas do ensino médio e 189 escolas do ensino pré-escolar, perfazendo o número de 222.058 alunos matriculados no ensino fundamental, 99.470 alunos matriculados no ensino médio e 17.353 alunos matriculados no ensino pré-escolar.

No que se refere ao nível de escolaridade nos bairros envolvidos nas Bacias Hidrográficas da Estrada Nova e Una, as pessoas responsáveis pelos domicílios possuem um nível de escolaridade equivalente ao nível de renda dos domicílios, ou seja, os bairros mais pobres também possuem o menor nível de escolaridade, como pode ser observado na tabela 09.

Tabela 09 - Distribuição do nível de escolaridade das pessoas responsáveis por domicílios.

Bairro	Grupos de anos de estudo da pessoa responsável pelo domicílio							
	Total	Sem instrução e menos de 1 ano	1 a 3 anos	4 a 7 anos	8 a 10 anos	11 a 14 anos	15 anos ou mais	Não determinados
Batista Campos	5.138	72	211	571	448	1.575	2.251	10
Barreiro	5.085	608	1.259	1.916	869	385	28	20
Bengui	6.137	517	1.301	2.163	1.180	882	91	3
Cabanagem	6.579	643	1.390	2.351	1.365	750	76	4
Carananduba	1.085	155	266	371	165	111	16	1
Castanheira	5.865	298	721	1.682	1.136	1.528	478	22
Cidade Velha	2.601	62	218	519	403	859	525	15
Condor	8.753	727	1.615	2.804	1.548	1.821	213	25
Cremação	6.998	251	738	1.739	1.174	1.995	1.045	56
Fátima	2.882	168	394	829	513	748	223	7
Guamá	22.138	1.871	4.061	7.211	3.971	3.930	1.075	19
Guanabara	426	38	114	151	70	48	4	1
Jurunas	13.320	1.107	2.268	3.842	2.258	2.833	1.003	9
Mangueirão	8.242	285	986	2.161	1.748	2.390	638	34
Maracangalha	5.974	343	1.050	1.932	1.314	1.155	167	13
Marambaia	14.333	633	1.743	3.629	2.682	4.186	1.406	54
Marco	15.528	390	1.283	3.319	2.391	5.028	3.096	21
Miramar	9	-	-	1	-	1	7	-
Nazaré	5.256	18	87	455	360	1.640	2.692	4
Pedreira	16.339	613	1.778	3.978	2.742	4.864	2.342	22
Pratinha	4.228	329	871	1.598	825	501	97	7
Reduto	1.863	8	35	154	151	710	783	22
Sacramenta	9.928	583	1.576	3.181	2.106	2.144	322	16
São Bras	5.040	35	170	804	560	1.763	1.698	10
Souza	3.292	33	147	447	489	1.281	893	2
Telégrafo	9.135	662	1.447	2.858	1.719	2.021	396	32
Umarizal	7.501	98	337	1.224	891	2.507	2.428	16

Fonte: IBGE - Censo Demográfico (2000)

Observa-se que Nazaré e Umarizal são os bairros cujos responsáveis possuem o maior nível de escolaridade, e este índice está vinculado diretamente as condições de zelo que a população tem com a sua moradia, como exemplo, nesses bairros suas condições de limpeza e higiene são melhores que nos demais.

A população mais instruída tem maior frequência em dispor o seu lixo no local, em recipientes e no horário adequado, reduzindo a influência de catadores e animais, caracterizando esses bairros como mais limpos, sendo que o município de Belém possui uma coleta regular de lixo em, praticamente, 100% da cidade.

Desta forma, o nível de escolaridade está conectado as condições ambientais do sítio onde aquela pessoa reside. Isto implica o tipo abastecimento de água que ela possui, o tipo de esgotamento sanitário e tratamento que ela dará ao seu resíduo, ou seja, a escolaridade ou o grau de instrução é fundamental para as condições ambientais do entorno da população local.

1.4.2.2.28. Saúde

O Sistema de Saúde do Município de Belém apresenta as seguintes características, conforme dados do IBGE - 2000: 330 estabelecimentos de saúde, 138 unidades do SUS (Sistema Único de Saúde), 4.226 leitos hospitalares e 2.539 leitos do SUS, perfazendo um total de 303 habitantes por leito hospitalar, muito acima do recomendado pelo Ministério da Saúde de 2,5 leitos por 1000 habitantes.

A Secretaria Municipal de Saúde tem cadastrado um número considerável de doenças de veiculação hídrica no Município de Belém. Só de “doenças diarreicas agudas” no ano de 2004, foram atendidos, em 39 Unidades de Saúde capacitadas para monitoramento das doenças diarreicas, 10.476 casos graves, só de residentes no município, ou seja, cerca de 1% da população de 2004 (contagem demográfica de 1.386.482 habitantes para 2004, segundo o IBGE .

Segundo os dados referentes ao ano 2006, os casos de Doenças Diarreicas Agudas, notificadas nos bairros que integram a Bacia da Estrada Nova, foram de 5.838.

Destaca-se que os números referentes aos anos de 2004 e 2006 para este tipo de doença apontam que o maior número de casos foi registrado no Distrito Administrativo do Guamá, que se caracteriza por ser um distrito populoso e apresentar condições de higiene e saneamento básico bastante precário, com total carência de sistema público de infraestrutura urbana (redes coletoras de efluentes sanitários, redes de distribuição de água potável, drenagem e serviços de limpeza urbana).

O Distrito Administrativo do Guamá abrange os bairros da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, e dentre os bairros com graves problemas ambientais e de saúde, destacam-se:

- Bairro do Guamá
- Bairro do Jurunas
- Bairro da Cremação
- Bairro do Condor

Doenças de veiculação hídrica

Com a insuficiente infraestrutura urbana e as precárias condições de vida, aliadas à baixa instrução, a saúde da população dos bairros envolvidos é prejudicada devido às doenças de veiculação hídrica. As formas de contaminação são: bebendo água contaminada, comendo alimentos lavados com água contaminada, tomando banho em águas poluídas ou pela picada de mosquito.

As principais doenças de veiculação hídrica que atingem os bairros envolvidos nos programas são:

- Leptospirose
- Hepatite
- Febre tifoide
- Dengue

A seguir, serão observados dados disponibilizados pelo Departamento de Vigilância Sanitária da Secretaria Municipal de Saúde de Belém (DEVS/SESMA) relativos ao ano de 2000 e 2005.

Essas duas datas foram selecionadas para identificar o nível de endemia das doenças de veiculação hídrica nas bacias antes das intervenções públicas (2000) e depois da intervenção pública (2005) para o caso da bacia do Una, onde será observado o comportamento na bacia da Estrada Nova que não passou por nenhuma intervenção ainda.

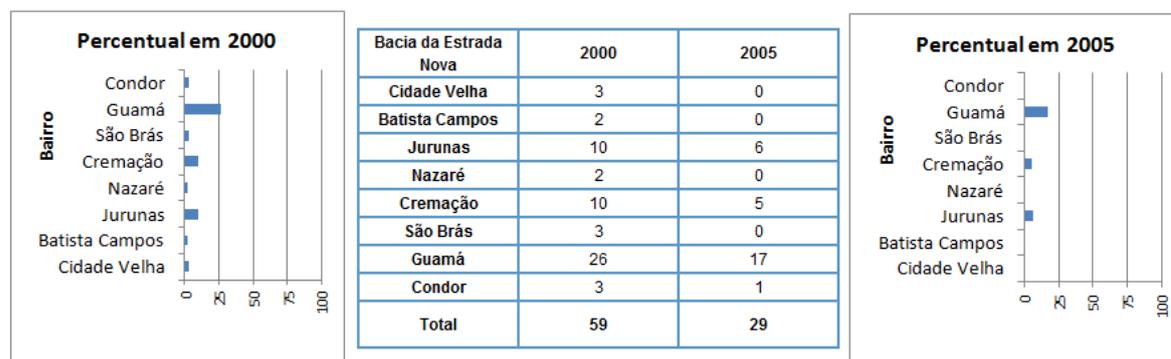
Ressalta-se novamente que no ano de 2000, o Projeto da Macrodrenagem do Una já estava sendo implantado, porem representava cerca de 60 % do total do projeto.

➤ **Leptospirose**

Para a leptospirose, observa-se que considerando a ausência de equipamento público e precária malha de infraestrutura, o Bairro do Guamá apresentou 44,06 % dos casos abordados para Bacia da Estrada Nova no ano de 2000, ou seja, quase metade do número de ocorrências do total de notificações dos oito bairros envolvidos.

Já para o ano de 2005, apesar de menos casos notificados, o Bairro do Guamá apresentou 58,62 % em relação aos demais bairros da bacia, representando mais da metade das notificações. A figura 10 apresenta os casos notificados de leptospirose para os anos de 2000 e 2005 para a Bacia da Estrada Nova.

Tabela 10 - Número de casos notificados de leptospirose, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia da Estrada Nova

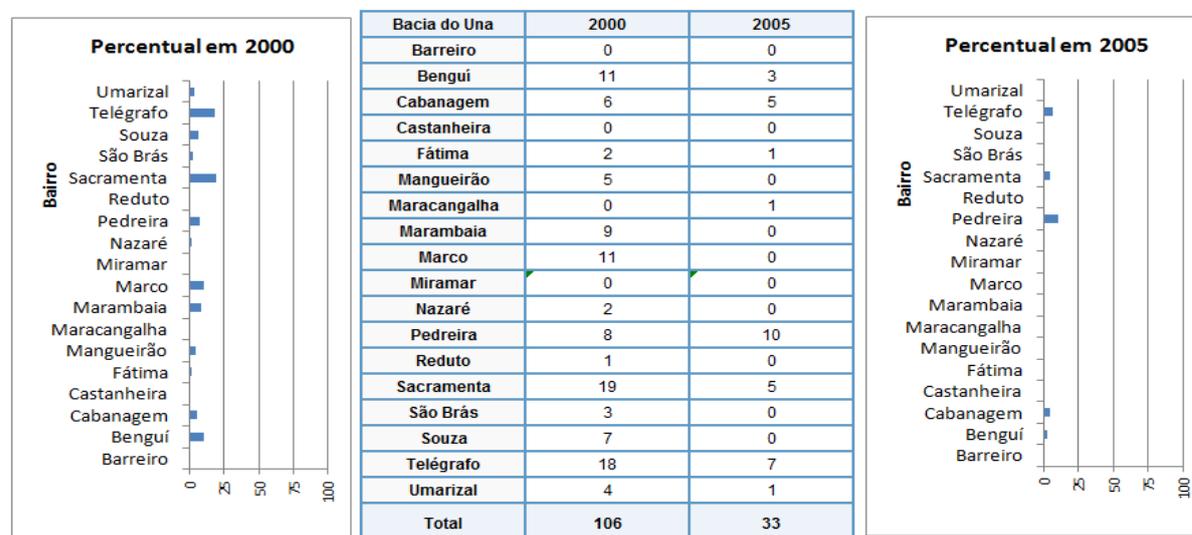


Para a Bacia do Uma, no ano de 2000, observa-se que os bairros da Sacramento e Telégrafo, apresentaram os maiores índices com 17,92 % e 16,98 %, respectivamente. Esses bairros não são os mais populosos da bacia, porem são os de maior concentração habitacional per capita, mostrando sua vulnerabilidade quanto a ocupação de leito de canais e adensamento em regiões impróprias para moradia.

Para ano de 2005, observou-se uma melhoria de praticamente 70 % dos casos notificados. Essa melhoria tem como maior agente a conclusão do Projeto da Macro Drenagem da Bacia do Una, proporcionando melhores condições de habitação e saúde para a população daquela bacia.

A tabela 11 apresenta os dados relativos a leptospirose para a Bacia do Una para os anos de 2000 e 2005.

Tabela 11 - Número de casos notificados de leptospirose, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia do Una.



O quantitativo total de casos notificados para a bacia do Una, no ano de 2000, é praticamente o dobro de vezes para a Bacia da Estrada Nova, porem a dimensão e a população residente na bacia também é praticamente o dobro.

Já no ano de 2005, observa-se que a Bacia do Una obteve uma melhoria de quase 70 % dos casos notificados e a Bacia da Estrada Nova, obteve uma melhoria de apenas 30 %. Isso se justifica pelo fato da não implantação da infraestrutura necessária para habitação daquela bacia, e por mais que as campanhas educacionais e de saúde contra este tipo de doença tenham efeito, não se comparam a uma intervenção pública proporcionando uma melhoria para a população local.

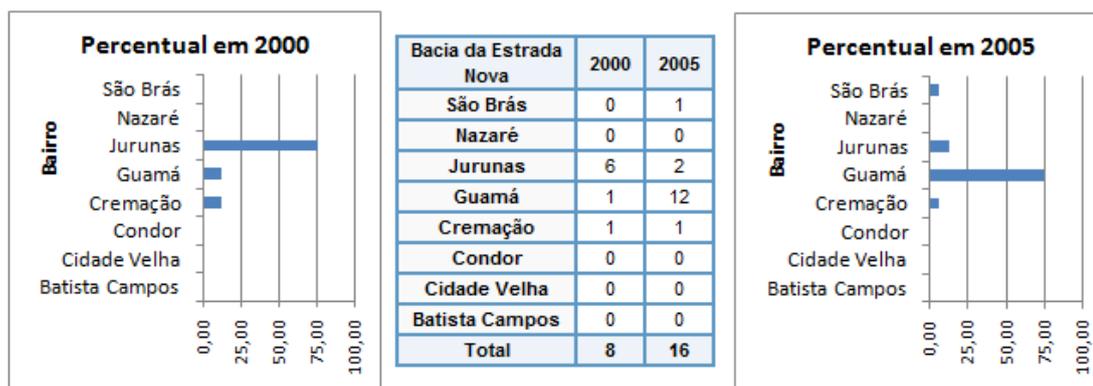
➤ Febre Tifoide

Para a bacia da Estrada Nova, segundo o Departamento de Vigilância Sanitária, o Bairro do Jurunas apresentou um alto índice de “tifo” para o ano de 2000 (75,00 %). Os bairros do Guamá e Cremação apresentaram apenas 1 caso notificado, representando 12,50 % para cada bairro.

Para o ano de 2005 houve uma inversão das proporções de casos entre os bairros da Estrada Nova. O bairro do Guamá apresentou 75,00 % dos casos notificados e o Jurunas com 12,50 %.

O Guamá é realmente o bairro mais propenso a ter casos de “tifo” uma vez que em vários pontos sua canalização de água potável está submersa no esgoto que é exposto a “céu aberto”. A Tabela 12 apresenta o número de casos de febre tifoide nos bairros envolvidos para bacia da Estrada Nova.

Tabela 12 - Número de casos notificados de febre tifoide, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia da Estrada Nova.



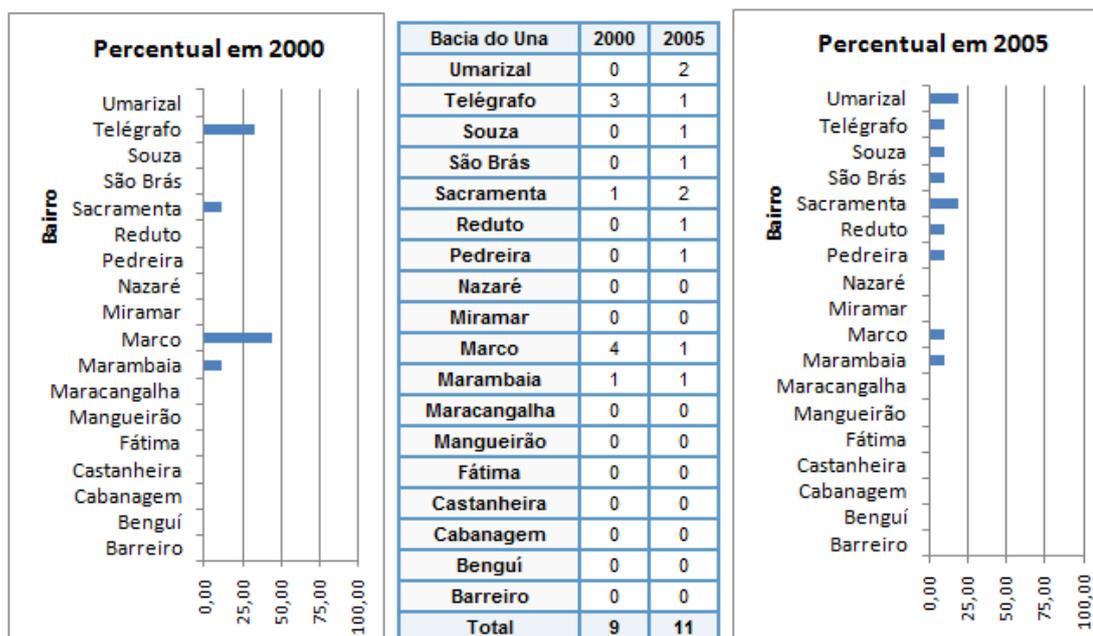
Na bacia do Una, novamente, verifica-se que apesar de ser quase o dobro da população da Estrada Nova possui o mesmo percentual de casos notificados para o ano de 2000 e ainda menos casos no ano de 2005.

Observa-se também que não houve melhorias neste índice após a implantação da Macro Drenagem em 2005, apesar de que o percentual em alguns bairros diminuiu e onde não havia índice em 2000, passou a ter em 2005.

Em 2000, os bairros do Telegrafo e Marco apresentaram os maiores números de casos notificados, com 3 (33 %) e 4 (44 %) respectivamente. Para 2005, os bairros do Umarizal e Sacramento apresentaram 2 casos notificados, representando 18 % dos casos.

A Tabela 13 apresenta o número de casos de febre tifoide nos bairros envolvidos para bacia do Una.

Tabela 13 - Número de casos notificados de febre tifoide, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia do Una.



➤ Hepatite Viral

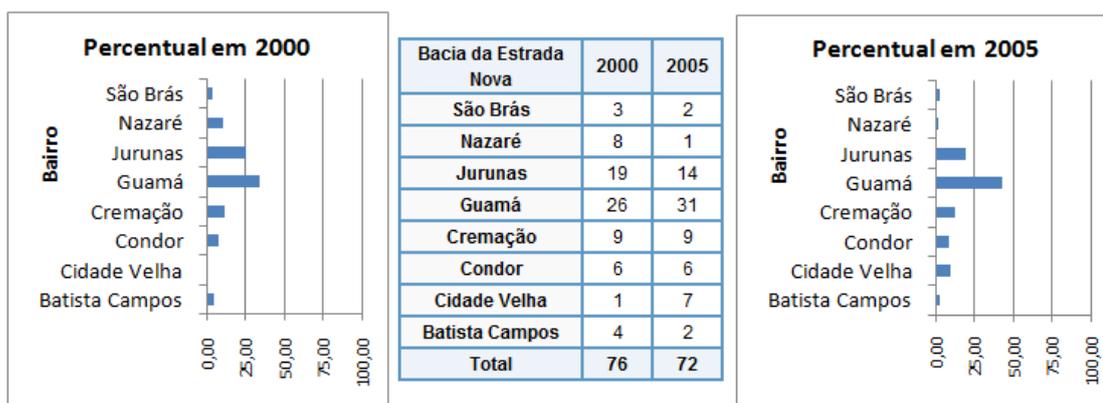
Para este índice, também se observa um comportamento semelhante ao da Febre Tifoide.

A transmissão da hepatite viral é feita por alimentos mal preparados e água contaminadas por fezes contendo o vírus (transmissão fecal-oral), além da possível presença de fômites no ciclo. Pode até ser absorvido de marisco proveniente de águas contaminadas com esgotos.

Apesar disso, houve uma leve melhora nos índices entre os anos de 2000 e 2005 para a bacia da Estrada Nova mesmo sem a implantação de uma infraestrutura urbana necessária para a população local. O bairro do Guamá apresentou os maiores índices para os dois anos com 26 (34 %) casos para o ano de 2000 e 31 (44 %) para o ano de 2005.

A Tabela 14 apresenta o número de casos de hepatite viral nos bairros envolvidos para bacia da Estrada Nova.

Tabela 14 - Número de casos notificados de hepatite viral, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia da Estrada Nova.



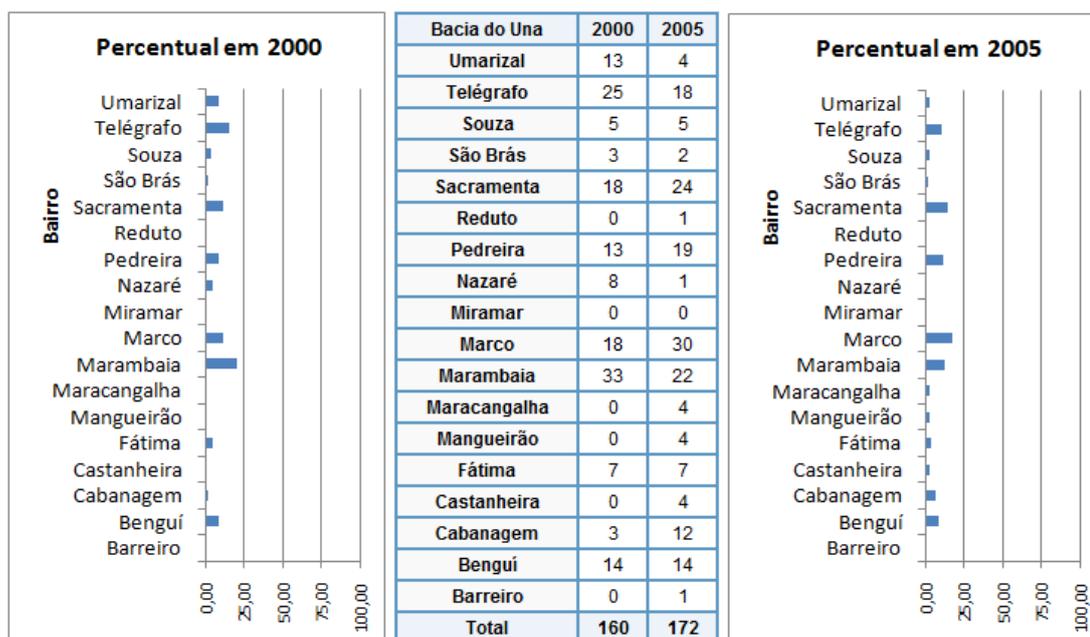
Na bacia do Una, mesmo após a conclusão das obras da Macro Drenagem, não houve melhoria no índice de casos notificados de hepatite. Isto se justifica pelo fato de que, o projeto teve como conceito a utilização de tanques sépticos para o tratamento de esgoto sanitário da bacia, e posteriormente o efluente tratado é lançado na rede de drenagem que consequentemente, lança o efluente nos canais urbanos de Belém.

Tanques sépticos são sistemas de tratamento de nível primário e secundário se associado a um filtro anaeróbio, porém sua eficiência máxima de remoção de matéria orgânica é de 65 %. Ou seja, mesmo com o tratamento implantado e desaguando o efluente nos canais de Belém, o risco a contaminação da água por esgoto ainda persiste, tornando o aquífero livre vulnerável a contaminação, que é uma das principais fontes de abastecimento de água da cidade.

O bairro da Marambaia foi o que apresentou o maior número de casos notificados com 20 % para o ano de 2000 e o Marco no ano de 2005 com 17 % dos casos. Ainda pode ser verificado o crescimento do índice entre os anos de 2000 e 2005, de 160 casos para 172, respectivamente.

A Tabela 15 apresenta o número de casos de hepatite viral nos bairros envolvidos para bacia do Una.

Tabela 15 - Número de casos notificados de hepatite viral, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da Bacia do Una.



➤ Dengue

A dengue é um dos principais problemas de saúde pública no mundo. Endêmica no Brasil desde a década de 1980, a dengue é considerada uma das principais ameaças à saúde em nosso país. Nos últimos anos vem se disseminando de tal forma que, segundo dados do Ministério da Saúde, somente em 1998, 529,4 mil pessoas foram contaminadas. É uma doença causada por um vírus, e transmitida de uma pessoa doente para uma pessoa sadia por meio de um mosquito, o *Aedes aegypti*.

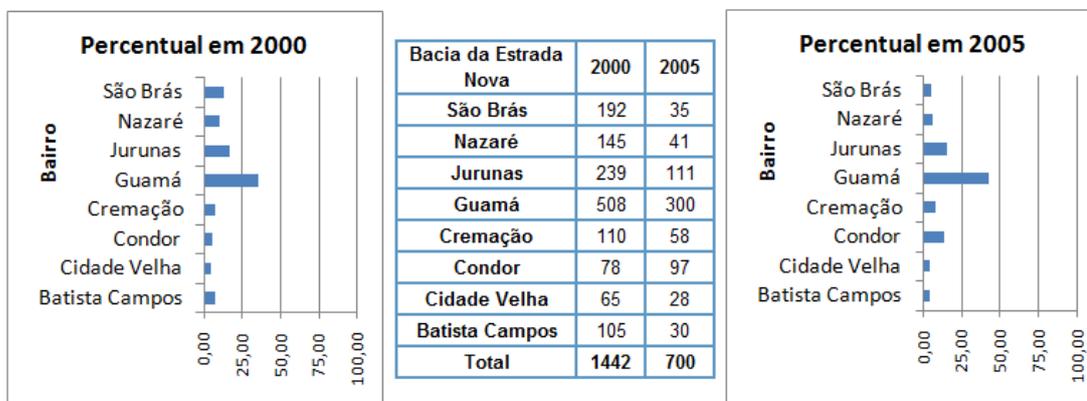
O mosquito vive e se reproduz em ambientes com água limpa, próximos à habitação humana, devido ao acúmulo de água parada em pneus, caixa d'água, vasos, tambores, latinhas, copos descartáveis, etc.

A dengue, segundo os bairros da bacia da Estrada Nova, apresenta grande incidência no Bairro Guamá (em 2000 e 2005) devido à falta de equipamento público, principalmente com o acúmulo de resíduos, o que favorece a proliferação do mosquito.

Mesmo sem a implantação dos equipamentos públicos, mas através da intensa campanha de conscientização tanto do governo municipal, estadual e federal, este índice obteve uma queda de 50 % do ano de 2000 para o ano de 2005, mas mesmo assim é um índice muito alto para uma população de aproximadamente 300.000 pessoas.

A Tabela 16 apresenta os casos notificados de dengue nos anos de 2000 e 2005, segundo os bairros envolvidos na bacia da Estrada Nova.

Tabela 16 - Número de casos notificados de dengue, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da bacia da Estrada Nova.



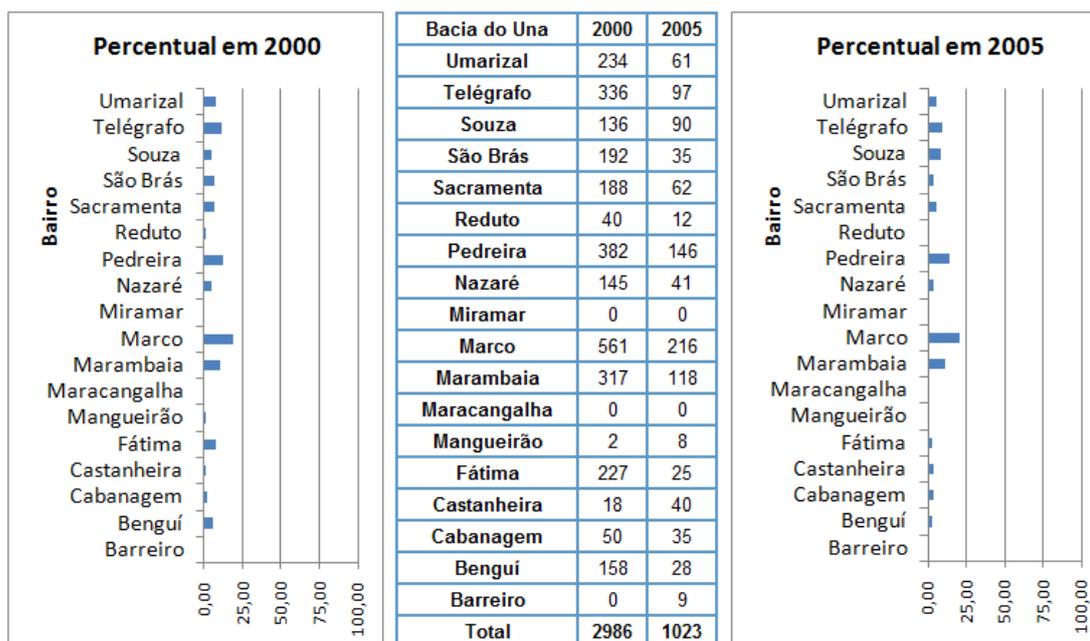
Para os bairros da bacia do Una observa-se uma queda do índice entre 2000 e 2005 de aproximadamente 30 % (de 2986 para 1023 casos notificados).

Essa diferença se justifica tanto pelos programas de governo de conscientização quanto pelo termino da implantação das obras da Macro Drenagem.

O bairro do Marco apresentou a maior quantidade de casos notificados para os dois anos comparativos, seguido da Marambaia e depois da Pedreira também para os dois anos.

A Tabela 17 apresenta os casos notificados de dengue nos anos de 2000 e 2005, segundo os bairros envolvidos da bacia do Una.

Tabela 17 - Número de casos notificados de dengue, para os anos de 2000 e 2005 nos bairros da bacia do Una.



Proporcionalmente, a bacia da Estrada Nova apresentou a mesma proporção de casos notificados comparados com a bacia do Una para o ano de 2000, antes das intervenções públicas.

Desta forma, verifica-se a importância das obras infraestruturas que contribuíram para a melhoria da situação da bacia do Una, mais de 20 % do que a melhoria sofrida pela Estrada Nova que foi baseada simplesmente em programas de conscientização e agentes públicos de saúde.

➤ **Análise integrada sobre as doenças de veiculação hídrica**

Conforme podemos constatar nos quadros anteriormente apresentados, referentes à incidência de doenças de veiculação hídrica, observamos que praticamente em todos eles, o bairro do Guamá na bacia do Una e o bairro da Pedreira para a Estrada Nova, apresentam números de notificações muito mais elevado do que os demais bairros pesquisados. Isso nos permite inferir que a carência de serviços públicos, principalmente no que diz respeito à infraestrutura de saneamento básico, que apontam ter uma inter-relação direta com a incidência destas doenças, demandando a urgência de implantação desses serviços para atendimento da população local.

Desta forma, pode se relacionar que os índices de elevada contaminação por doenças de veiculação hídrica está intimamente ligado a áreas alagadas e conseqüentemente a áreas mais

pobres de Belém, e devido a bacia da Estrada Nova ser mais populosa e com os bairros mais carentes da área de estudo, a incidência dessas doenças também é maior nessa área.

Para os bairros de Nazaré, Batista Campo e Umarizal fica constatado que estão em áreas mais nobres, altas e menos populosas, então os índices possuem menores indicadores nessas áreas.

Foi observado também que nem todos os parâmetros apresentados estão ligados diretamente ao saneamento básico, a exemplo da hepatite viral e da febre tifoide que apresentaram um acréscimo de casos notificados de 2000 para 2005 nas duas bacias.

Somente para dengue foi possível caracterizar uma ligação direta ao saneamento das bacias e, muito provavelmente, está relacionado as áreas alagadas que obtiveram uma redução entre os anos de 2000 e 2005 para bacia do Una.

Ainda percebe-se que a educação ambiental no cotidiano da população através de programas e campanhas educativas de como se prevenir contra dengue são efetivadas pela população e desta forma, se justifica o decréscimo do índice de dengue para bacia da Estrada Nova, uma vez que a extensão das áreas alagáveis não foi modificada entre os anos 2000 e 2005, e também justifica como a redução do índice para o Una foi muito maior.

1.4.2.2.29. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

O IDH foi criado para medir o nível de desenvolvimento humano a partir de indicadores de educação (alfabetização e taxa de matrícula), longevidade (expectativa de vida ao nascer) e renda (PIB per capita). Seus valores variam de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total). O nível do desenvolvimento humano é classificado da seguinte forma: IDH até 0,499 são considerados de desenvolvimento humano baixo; com índices entre 0,500 e 0,799 são considerados de desenvolvimento humano médio; e com índices maiores que 0,800 são considerados de desenvolvimento humano alto.

Belém vem evoluindo em relação ao nível de desenvolvimento humano nas últimas décadas, passando de um desenvolvimento humano médio para alto, conforme a tabela 18 apresentada.

Tabela 18 - Evolução do IDH em Belém (PA).

Parâmetro	1991	2000
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	0,767	0,806
Educação	0,883	0,928
Longevidade	0,710	0,758
Renda	0,708	0,732

No período 1991-2000, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de Belém cresceu 5,08%, passando de 0,767 em 1991 para 0,806 em 2000. A dimensão que mais contribuiu para este crescimento foi a Longevidade, com 41,0%, seguida pela Educação, com 38,5% e pela Renda, com 20,5%. Neste período, o hiato de desenvolvimento humano (a distância entre o IDH do município e o limite máximo do IDH, ou seja, $1 - \text{IDH}$) foi reduzido em 16,7%. Se mantivesse esta taxa de crescimento do IDH-M, o município levaria 22,8 anos para alcançar São Caetano do Sul (SP), o município com o melhor IDH-M do Brasil (0,919).

Em 2000, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de Belém era 0,806. Segundo a classificação do PNUD, o município estava entre as regiões consideradas de alto desenvolvimento humano (IDH maior que 0,8). Em relação aos outros municípios do Brasil, Belém apresentava uma situação boa: ocupava a 444ª posição, sendo que 443 municípios (8,0%) estavam em situação melhor e 5063 municípios (92,0%) estavam em situação pior ou igual. Em relação aos outros municípios do estado, Belém apresentava uma situação boa. Ocupava a 1ª posição entre os 143 municípios do estado.

Sobre a metodologia de instituição do IDH, deve ser ressaltado que o índice possui críticas severas sobre a sua comparação temporal e forma de índice absoluto. Segundo o economista Bryan Caplan (2009) a forma como as pontuações do IDH são produzidas, cada um dos três componentes são limitados entre zero e um. Como resultado disso, os países ricos não podem efetivamente melhorar a sua classificação em certas categorias, embora haja muito espaço para o crescimento econômico e longevidade. Desta forma, o índice tem um certo descrédito sobre a sua usabilidade.

3. INTERVENÇÕES DO PODER PÚBLICO NAS BACIAS DO UNA E DA ESTRADA NOVA

As informações discutidas neste capítulo foram retiradas de relatórios oficiais do Governo do Estado do Pará para o Projeto Una e da Prefeitura Municipal de Belém para o PROMABEN.

Para o Projeto Una, foi disponibilizado o Relatório de Informações Gerais do Projeto Una, elaborado pela COSANPA no ano de 2006, após a entrega oficial do projeto para a Prefeitura Municipal de Belém.

Para a Macrodrenagem da Bacia da Estrada Nova (PROMABEN) foi utilizado como referência o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) encomendado pela Prefeitura Municipal de Belém no ano de 2007. O estudo retrata todas as informações do projeto e não apenas no nível conceitual, pois para se ter uma análise ambiental de todos os impactos se precisa de o máximo de informações possíveis sobre o projeto.

Baseado nas informações destes bancos de dados, esse capítulo foi construído e analisado a partir dessas informações conceituais para ambos projetos e suas premissas.

3.1. TIPO DE INTERVENÇÃO URBANA

As intervenções urbanas que ocorreram na Bacia do Una e as que irão ocorrer na Bacia da Estrada Nova foram projetadas a partir dos quatro pilares básicos de obras estruturantes:

- Drenagem da bacia, com adequação do sistema de macro e microdrenagens;
- Saneamento básico, com melhoria nos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta urbana de resíduos sólidos;
- Urbanismo e habitação, com implantação de novas vias urbanas e equipamentos urbanísticos, melhoria na habitação e o reassentamento e relocação da população das áreas de risco;
- Revitalização urbano-ambiental, com a implantação de infraestrutura urbana que proporcionará a implantação e o desenvolvimento de atividades e a integração socioeconômica da população residente na bacia.

3.1.1. Drenagem

3.1.1.1. Macrodrenagem

A macrodrenagem, antídoto usado contra o estrangulamento do sistema hídrico natural, concretamente não é mais que a abertura, retificação, dragagem, revestimento e outras

melhorias pertinentes (como construção de galerias, etc.) dos principais cursos d'água, em uma bacia hidrográfica.

No caso da Bacia do Una, os trabalhos relativos a esses aspectos compreenderam 24,9 km de canais, 2 comportas, e 1,8 km de galeria de tubo ARMCO que somam 26.700 metros de extensão.

Este complexo de obras relativas a macrodrenagem tem por complemento duas estruturas de comportas ou barragens de regularização, sendo uma na foz do Canal Jacaré (com sete unidades) e a outra na embocadura do Canal do Una (com dezoito unidades).

A concepção da drenagem na Bacia da Estrada Nova foi desenvolvida a partir dos resultados dos estudos do comportamento de vazões em função da precipitação regional, da topografia, do espaço público impermeabilizado, da ocupação do solo e das condições atuais de canalização existentes.

Assim, a uniformidade no tratamento da drenagem foi considerada um modelo não aplicável ao caso. Na Bacia da Estrada Nova está prevista a construção de 9,5 km de canais, 3 bacias de retenção de cheias e 8 comportas hidráulicas ao longo do canal da Bernardo Sayão.

3.1.1.2. Microdrenagem

O trabalho relativo a microdrenagem realizada na Bacia do Una compreendeu a construção de: 128,0 km de canaletas em concreto armado; 127,0 km de meios-fios/sarjetas; 2.768 poços de visita, 2.018 bocas-de-lobo, 5.876 caixas coletoras; além da instalação de 109,0 km de rede em tubos de concreto armado de 400 a 1.200 mm de diâmetro, e 0,34 km em galeria em concreto armado.

Na Estrada Nova o quantitativo geral de itens componentes do sistema de drenagem pluvial ainda não foram levantados, porém serão divididos ao longo de 65 km de rede coletora.

3.1.2. Esgoto Sanitário

Menos visível que a maioria dos outros componentes ou aspectos do Projeto, o sistema de esgoto sanitário é de grande importância.

Na Bacia do Una esse sistema envolve basicamente: a implantação de 25.731 fossas sépticas individuais e de 91 fossas coletivas (cada uma destas, aliás, com capacidade variável para atender de 10 a 30 domicílios, ou de 50 a 150 pessoas); implantação de 307,0 km de rede coletora (inclusive ramais da rede principal); 2.164 poços de inspeção; 3.867 dispositivos

complementares (terminais de inspeção e limpeza); e, um leito de secagem do lodo das fossas sépticas, composto de 24 células.

Para a Bacia da Estrada Nova vai ser adotado um sistema diferente do da Bacia do Una. Foram dimensionadas 3 Estações de Tratamento de Esgoto (ETE`s) com o sistema separador absoluto com o intuito de tratar 100% do esgoto gerado na bacia. E além das ETE`s para o sistemas, serão distribuídos 12 estações elevatórias de esgoto em toda a bacia. Para tal serão instalados 22 km de interceptores de esgoto e 164 km de rede coletora.

3.1.3. Água Potável

Na bacia do Una, o Projeto da Macro drenagem implantou 152,0 km de rede de distribuição, em tubulações de PVC (de 50 a 250 milímetros de diâmetro), ainda eliminou a baixa pressão na rede distribuidora, e a ampliação do processo de produção de água e da execução de 28.500 ligações domiciliares.

Tal como no caso do sistema de esgoto sanitário, a integração com outros projetos executados pela COSANPA, beneficiou o sistema de abastecimento de água potável da área em referência, através de melhorias resultantes da captação de águas subterrâneas por 06 (seis) poços com 270 metros de profundidade (cada), situados na área do Conjunto Residencial “Paraíso dos Pássaros” (CRPP), que dispõe de reservatórios apoiados com capacidade para 1.300 m³ e 4.200 m³ e um elevado para 1.200 m³, assim como uma estação elevatória composta por 04 (quatro) conjuntos moto-bombas e unidade de operação e tratamento, constituído de distrito operacional, atendimento ao público e casa de química, para atender famílias do residencial e de parte do bairro do Barreiro, projetada para um alcance de dez anos (2000-2010), com atendimento de 120.000 habitantes.

Na Bacia da Estrada Nova o quadro de hoje é bem diferente do que a Bacia do Una antes das intervenção pública, como visto anteriormente. A bacia é atendida pelo sistema público de abastecimento de água em 91% do seu território. Sendo assim, sua melhoria será em ligações domiciliares e no sistema existente da COSANPA, com aumento de pressão e melhoria na infra-estrutura existente. Ainda não foi quantificado a extensão de rede e ligações necessárias para atendimento em 100% da bacia.

3.1.4. Limpeza Urbana

A problemática do lixo pressupõe mais do que a adoção de técnicas avançadas de tratamento. Uma concepção moderna e sustentável de gestão de resíduos implica a formação de uma nova cultura e no estabelecimento de uma relação do poder público com a

comunidade que promova a participação efetiva da sociedade civil organizada, na constituição de parcerias e/ou nos processos de educação e mobilização sociais.

O tema da limpeza urbana está assumindo papel de destaque entre as crescentes demandas da sociedade brasileira e das comunidades locais. Seja pelos aspectos ligados à veiculação de doenças e, portanto, à saúde pública, seja pela contaminação de cursos d'água e lençóis freáticos, na abordagem ambiental, seja pelas questões sociais ligadas aos catadores – em especial às crianças que vivem nos lixões – ou ainda pelas pressões advindas das atividades turísticas, fato que vários setores governamentais e da sociedade civil começam a se mobilizar para enfrentar o problema, por muito tempo relegado ao segundo plano.

No Pará, o Fórum Estadual Lixo e Cidadania (FELC), ao fundamentar sua atuação nos princípios do UNICEF “Criança no Lixo Nunca Mais” que propõem a erradicação do trabalho infanto-juvenil com o lixo, apoiar e fortalecer o trabalho de catadores com a coleta seletiva, a reutilização e a reciclagem do lixo, a erradicação dos lixões, recuperando as áreas já degradadas e implantando aterros, deixa claro o compromisso de enfrentar o desafio de promover a gestão dos resíduos sólidos no Estado, com os seguintes objetivos:

- Identificar problemas causados pela má acomodação e destinação do lixo;
- Implementar a criação de Fóruns Municipais;
- Implementar Campanhas Educativas nos municípios sobre o lixo;
- Fortalecer e democratizar a gestão do lixo, assegurando a participação efetiva dos diferentes segmentos sociais atuantes no processo de desenvolvimento do Estado.

O FELC já está instalado na Cidade de Belém e incorpora estas diretrizes no Programa de Revitalização Urbano-Ambiental da Bacia da Estrada Nova - PROMABEN não só como meio de promover a saúde e o resgate da cidadania, mas também como sendo uma das principais ferramentas de gestão para o saneamento e escoamento satisfatório das águas dos igarapés.

Assim, o PROMABEN prevê implantar a estrutura necessária para coletar e transportar os resíduos sólidos urbanos em toda a bacia de Estrada Nova.

Para que esta ação estratégica de gestão seja incorporada pela população de forma responsável, antes, durante e após a execução das obras estruturantes os planos de educação e mobilização social deverão ser implantados e monitorados seus resultados.

Na Bacia do Una, o projeto usou as mesmas concepções do Projeto da Estrada Nova e além da melhoria das vias de acesso para coleta de lixo urbano, o Projeto Una fez uma doação de vários equipamentos para a Prefeitura Municipal de Belém para auxiliar na coleta de lixo.

3.1.5. Infraestrutura Viária

Atualmente, dentro dos limites da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, o traçado das vias é bastante irregular, com largura (caixa das vias) também irregular e interrupções no que diz respeito à continuidade.

Nota-se que os problemas encontrados em toda a Bacia da Estrada Nova se devem também à ocupação urbana desordenada, deficiência na prestação de serviços de limpeza urbana (coleta, varrição, etc.), insuficiência de área disponível para a implantação de faixa de servidão para locação de redes de esgotamento sanitário e abastecimento de água.

Sendo assim, para o bom desenvolvimento, fluidez e articulação do tráfego na bacia hidrográfica, algumas intervenções serão necessárias, tais como regularização das larguras das seções das vias e o prolongamento de algumas delas, perfazendo a continuidade de seus traçados.

Para tanto, na tentativa de amenizar esses problemas e com o objetivo de dar maior agilidade e ordenação ao tráfego, possibilitando maior fluidez e segurança na malha viária da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova serão pavimentados 32 km de vias urbanas, construídas 20 pontes para veículos e 22 passarelas para pedestres.

Na Bacia Hidrográfica do Una as melhorias que foram realizadas no sistema viário resultam: na pavimentação de 155,3 km de vias, sendo 72,8 km com revestimento primário, 73,9 km com revestimento asfáltico, 7,3 km com pavimento em blocos de concreto (tipo blocet), e 1,3 km com pavimento rígido; e, da correção de traçado, desobstrução e sinalização de ruas, travessas e passagens diversas.

Convém lembrar que deste sistema viário, através de uma das margens do canal São Joaquim, o maior da Bacia do Una, faz parte a Avenida Independência, a qual, depois de concluída, constituir-se-á numa das maiores vias de ligação da Região Metropolitana de Belém (RMB), atravessando os Municípios de Belém e Ananindeua.

3.2. MELHORIAS APÓS A INTERVENÇÃO DO PODER PÚBLICO NA BACIA DO UNA

O Projeto de Macrodrenagem da Bacia do Una começou a ser elaborado em 1983, pela Prefeitura de Belém, mas nunca chegou a ser implantado. Em 1993 foi assinado o contrato com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), principal financiador do projeto, com o Governo do Estado do Pará.

O início das obras ocorreu no ano de 1994 e sua conclusão efetiva foi em 2004. Para o ano de 2000, a intervenção estava aproximadamente com 60% concluída. As obras estavam

um pouco atrasadas devido ao baixo valor do dólar, que era a moeda do maior financiador do projeto, sendo 70% do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o restante dividido entre o Governo do Estado, através de recursos próprios e financiamentos obtidos junto à Caixa Econômica Federal e ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), e de verbas do Orçamento da União.

A Macrodrenagem da Bacia do Una foi a maior obra de saneamento urbano da América Latina. Beneficiou diretamente 600 mil habitantes da cidade de Belém e uma pequena parte de Ananindeua, dispondo em suas avenidas, travessas, ruas, passagens e vilas de serviços de esgoto e água potável, além de redes de drenagem e melhorias no sistema viário, após décadas sobrevivendo em palafitas e andando sobre estivas, nas chamadas áreas de baixadas.

Abrangendo nove bairros (Umarizal, Fátima, Marco, Telégrafo, Pedreira, Sacramento, Marambaia, Souza e Benguí), a Macrodrenagem retificou 23 quilômetros de canais e galerias, na área da Bacia do Una, a maior de Belém, e implantou 60 km de rede de drenagem. Com isso, o fluxo das águas pluviais para a Baía do Guajará foi normalizado, ao mesmo tempo em que o conserto das comportas do Una impediu a entrada nos canais da maré alta, o que provocava os constantes alagamentos.

Resumindo as informações sobre a Macrodrenagem da Bacia do Una, citado em capítulo anterior, para números diretos tem-se o seguinte: além da rede de drenagem e dos canais, foram construídos 154 km de rede de abastecimento de água, 135 km de esgotos e 120 km de meio-fio, além de 32 pontes de concreto, 13 pontes de madeira, e 24 passarelas metálicas. Apenas do Canal São Joaquim, o maior dos 13 envolvidos na obra, foram retirados 300 mil metros cúbicos de entulho. Para ter ideia dessa montanha de lixo, compara-se a um prédio de 10 andares.

Após observada a melhoria nos índices de saúde para a bacia do Una, podemos afirmar que alguns indicadores estão ligados diretamente com a saúde ambiental da bacia, melhorada através da intervenção da Macrodrenagem.

Verificou-se que com o acompanhamento do número de casos notificados de leptospirose e dengue, consegue-se aferir a melhoria da qualidade de vida e da condição ambiental da bacia. Para ambos indicadores houve uma melhora de 70% dos resultados, constatando a eficácia da intervenção urbana. O mesmo não pode ser dito para Febre Tifoide e Hepatite, onde os indicadores até pioraram cerca de 10% entre os anos de 2000 e 2005.

Para se discutir melhor este resultado, a seguir será apresentado a forma de etiologia (causa) de cada doença estudada:

Leptospirose - A infecção humana na maioria das vezes está associada ao contato com água, alimentos ou solo contaminados pela urina de animais portadores da leptospirose. As bactérias são ingeridas ou entram em contato com a mucosa ou pele que apresentem solução de continuidade. Os animais classicamente lembrados são os roedores, mas bovinos, equinos, suínos, cães, e vários animais selvagens são responsabilizados pela difusão da doença. A contaminação entre pessoas doentes é absolutamente rara.

Dengue - A Dengue é uma doença infecciosa. Tem como etiologia qualquer uma das quatro variedades (sorotipos), do vírus da dengue. Os sorotipos (variedades) são identificados pelas siglas DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4. Trata-se de um arbovírus (vírus da família do vírus da febre amarela) que só pode ser transmitido ao homem por um vetor (transmissor) um artrópode hematófago (inseto que tem os membros articulados e alimenta-se com sangue - o mosquito *Aedes aegypti*). Não há transmissão homem-homem, sem a ação do vetor.

Hepatite - Ocorre pela via chamada fecal-oral, na maioria das vezes com fezes de pacientes contaminando a água de consumo e os alimentos. Pode ocorrer também entre pessoas que utilizam piscinas com água mal tratada e compartilham toalhas e lençóis imperceptivelmente contaminados por fezes, por exemplo. Não raro ocorrem surtos em acampamentos ou em grupos que realizam caminhadas e trilhas e utilizam água de rio, lagos ou poços para consumo. Essas águas não tratadas podem estar aparentemente limpas, porém contaminadas.

Febre Tifoide - Sua transmissão se dá através do contato direto com fezes, urina, vômito e secreções da pessoa infectada. Ocorre também através da ingestão de água ou alimentos contaminados por despejos humanos com a bactéria salmonella entérica sorotipo *Typhi*. A principal forma de contágio é pela ingestão de alimentos e a água, por sua vez, são contaminados através do contato com urina ou fezes humanas contendo a bactéria. Pode ocorrer um contágio direto pela mão levada à boca em situações de mão suja de fezes, urina, secreção respiratória, vômito ou pus contaminados. Essa forma de contágio é bastante rara.

Nota-se que a Dengue e a Leptospirose são indicadores que estão mais ligados a áreas alagadas, seja na proliferação do mosquito ou no contato com o vírus simplesmente por andar em água contaminada. A Hepatite e a Febre Tifoide precisa de vetores mais específicos que estão em menor quantidade ou disponibilidade na bacia, que nesses casos especificamente são pessoas enfermas.

Desta forma, compreende-se que um bom indicador para acompanhamento da gestão pública seria o monitoramento do número de casos notificados de Dengue e Leptospirose, que estão ligados a áreas passíveis de alagamento, como beira de canais e terrenos baldios,

criando ninhos para desova dos mosquitos da dengue e acumulando lixo para proliferação de roedores.

Ressalta-se que no caso específico da Leptospirose, em áreas onde a vulnerabilidade do aquífero subterrâneo superior é alta, existe o risco de contaminação do mesmo e a causa da doença, além de ser pelo contato com a pele, será pela ingestão da água ou de alimentos lavados com esta água contaminada, aflorando o caso mais perigoso da doença. O mesmo pode ser dito para todas as doenças virais com foco sobre áreas vulneráveis para o aquífero superior.

Esta afirmação só pode ser coerente para a Dengue nos casos onde poços ou cacimbas forem alagados e descobertos, se tornando um local de desova para o mosquito.

Sobre a vulnerabilidade do aquífero superior em relação às melhorias sofridas no saneamento da bacia hidrográfica, comprova-se que sobre o ponto de vista médico, ambiental e sanitário, a vulnerabilidade do aquífero diminuiu enormemente comparativamente as condições primitivas da bacia anteriormente a intervenção da Macro drenagem.

3.3. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DOS PROJETOS UNA E ESTRADA NOVA

3.3.1 Programa da Macro drenagem da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova – PROMABEN

Foi estimado um investimento de U\$ 266 milhões em 2007, para implantação das melhorias propostas no PROMABEN. Para aplicar a correção monetária sobre este valor e poder comparar os investimentos com o mesmo valor monetário, utilizamos os seguintes dados:

- Cambio do dólar médio entre 2007 e 2012: R\$ 1,93
- Inflação entre 2007 e 2012: 33,68
- Correção monetária: valor investido x cambio médio x inflação do período

Desta forma, através da correção monetária para 2012, tem-se uma estimativa de R\$ 686 milhões de reais para serem investidos na Bacia da Estrada Nova.

O planejamento estratégico do PROMABEN direciona as intervenções a serem implantadas a partir dos quatro pilares básicos de obras estruturantes:

1. Drenagem da bacia, com adequação do sistema de macro e micro drenagens;
2. Saneamento básico, com melhoria nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário;

3. Urbanismo e habitação, com implantação de novas vias urbanas e equipamentos urbanísticos, melhoria na habitação e o reassentamento e relocação da população das áreas de risco;

4. Revitalização urbano-ambiental, com a implantação de infraestrutura urbana que proporcionará a implantação e desenvolvimento de atividades e a integração socioeconômica da população residente na bacia.

3.3.2. Projeto da Macrodrenagem da Bacia do Una

Envolvendo recursos da ordem de US\$271 milhões, a Macrodrenagem da Bacia do Una representou uma das maiores obras de saneamento da América Latina, e a maior já realizada na RMB.

Aplicando a correção monetária sobre o investimento na Bacia do Una, utilizou-se os seguintes dados:

- Cambio do dólar médio entre 2004 e 2012: R\$ 2,92
- Inflação entre 2004 e 2012: 51,73
- Correção monetária: valor investido x cambio médio x inflação do período

Desta forma, através da correção monetária para 2012, tem-se uma estimativa de R\$ 1,20 bilhões de reais que foram investidos na Bacia da Una. Ou seja, praticamente o dobro do investimento previsto para Estrada Nova.

Os números oficiais do Projeto Una indicam que foram beneficiadas cerca de 550 mil pessoas, distribuídas em 16 dos 20 bairros existentes na área da bacia. Além da drenagem dos cursos d'água, seguidas ou não de canalização, o projeto implantou as comportas nos canais do Una e do Jacaré, destinadas a controlar o fluxo de água entre os canais e a baía do Guajará, bem como obras de esgotamento sanitário (que incluiu a implantação de 26 mil fossas residenciais, para reduzir o lançamento de despejos domiciliares nos canais), calçamento, aterramento de quintais, pavimentação de vias e construção de mais de 157 km de galerias tubulares (PARÁ, 2006).

O aterramento de quintais e a pavimentação de vias, ações que não estavam previstas no projeto, foram concretizadas graças aos recursos adicionais provenientes da desvalorização do real frente ao dólar, no momento da conversão do empréstimo em moeda estrangeira para a moeda nacional (PARÁ, 2006).

Ainda segundo os números oficiais, a realização do projeto implicou o remanejamento de cerca de 2,9 mil imóveis, muitos deles palafitas situadas nas margens dos canais. Para

abrigar os remanejados, foi implantado um conjunto habitacional, o Paraíso dos Pássaros, situado no bairro de Val-de-Cães. Outros 4,6 mil imóveis foram indenizados.

Observa-se que o investimento para os dois projetos são da mesma proporção, sendo que a bacia do Una tem o dobro da população da Estrada Nova e uma área 3 vezes maior.

Desta forma, o custo de implantação para bacia da Estrada Nova está estimado na ordem de R\$ 2,24/habitante, enquanto para bacia do Una foi de R\$ 2,18/habitante, ou seja, um investimento praticamente similar na ótica de investimento por habitante, porém a Bacia da Estrada Nova é três vezes menor que a Bacia do Una, resultando em equipamentos de melhor qualidade e mais redes de distribuição de água, coleta de esgoto e pavimentação de vias.

Assim, existe uma expectativa muito grande que a qualidade das intervenções na bacia da Estrada Nova sejam bem superiores aquelas oferecidas para o Una. Ainda mais pelo oferecimento de um sistema de coleta e tratamento de esgoto do tipo separador absoluto que está sendo planejado para a Estrada Nova, que tem uma eficiência bem superior do que as fossas sépticas implantadas no Una, oferecendo uma maior proteção para os recursos hídricos locais.

Este tipo de intervenção é um exemplo prático de que é muito melhor investir em prevenção do que em remediação para saúde pública. Nenhum tratamento de qualquer doença ligada ao saneamento ambiental, chega na ordem de R\$ 2,00/habitante, por mais que este número não tenha sido apresentado neste estudo, devido a sua alta complexidade de cálculo. Desta forma, fica claro que obras de saneamento ambiental estão tratando uma problemática na sua raiz, atuando em prevenção de doenças ligadas ao recurso hídrico e melhorando a qualidade de vida da população.

3.4. INDICADORES DE QUALIDADE DE VIDA PARA A BACIA ESTRADA NOVA

A qualidade de vida de uma população está diretamente relacionada com a infraestrutura urbana em que a mesma está inserida. Desta forma, segundo Dubos (1965), citado por Heller (1997), “Saúde é o resultado do equilíbrio dinâmico entre o indivíduo e o meio ambiente”. Essa definição resume a relação existente entre todos os fatores externos ao indivíduo que exercem pressões sobre o seu bem-estar, levando à ocorrência de agravos à saúde.

A problemática da relação saúde-ambiente é caracterizada pela multidisciplinaridade dos fatores que a compõe. Eles podem ser de ordem política, econômica, social, cultural, psicológica, genética, biológica, física e química. Segundo Rouquayrol (1987), a associação

destes fatores é sinérgica, isto é, dois fatores estruturados aumentam o risco de doença mais do que faria a sua simples soma.

Corvalán (2004) define saúde ambiental como sendo os aspectos da saúde humana e das enfermidades que são determinados por fatores ambientais. De acordo com a Funasa (2006), a Organização Mundial da Saúde (OMS) conceitua saúde ambiental como a parte da saúde pública que se ocupa das formas de vida, das substâncias e das condições em torno do homem que podem exercer alguma influência sobre a saúde e o bem-estar. Desta forma, a conservação e a proteção do meio ambiente assumem papel decisório nas medidas relativas à promoção da saúde nas populações.

A infraestrutura sanitária deficiente desempenha uma nítida interface com a situação de saúde e com as condições de vida das populações dos países em desenvolvimento, nos quais as doenças infecciosas continuam sendo uma importante causa de morbidade e mortalidade (Daniel, 2001). A prevalência dessas doenças constitui um forte indicativo da fragilidade dos sistemas públicos de saneamento.

Costa et al (2006) elaborou uma listagem de doenças relacionadas às deficiências de saneamento ambiental, com a finalidade de explorar os Sistemas de Informações de Saúde, conforme a distribuição dessas doenças no Brasil. Tais doenças serão abordadas a seguir.

Segundo Borja e Moraes (2003A), no campo do saneamento ambiental, é urgente a estruturação de um sistema de indicadores para avaliar as condições ambientais, principalmente pela necessidade de se dispor de instrumentos confiáveis que respaldem o planejamento, a execução e a avaliação da ação pública, e não apenas pela fragilidade dos indicadores existentes.

Os indicadores têm como papel principal a transformação de dados em informações relevantes para os tomadores de decisão e o público. Em particular, eles podem ajudar a simplificar um arranjo complexo de informações sobre saúde, meio ambiente e desenvolvimento, possibilitando uma visão “sintetizada” das condições e tendências existentes (VON SCHIRNDIN G, 2002).

O processo de construção de um sistema de indicadores ambientais envolve uma série de decisões e exige uma concepção integrada do meio ambiente e, conseqüentemente, uma abordagem interdisciplinar (BORJA; MORAES, 2003B). Essa abordagem deve considerar condições ambientais, demográficas, comportamentais, culturais e socioeconômicas (HELLER; AZEVEDO, 2006).

Como observado anteriormente, a dengue e a leptospirose se apresentaram como melhores indicadores para serem acompanhados na bacia da Estrada Nova, com vistas a avaliar modificações em termos de qualidade ambiental.

Acredita-se que os índices de melhoria a serem alcançados na Estrada Nova, sejam acima de 90%, devido a tecnologia escolhida para o tratamento de esgoto e drenagem da bacia. Para o Una foram aplicadas soluções rudimentares e econômicas, devido a grande extensão da bacia, quantidade de população envolvida e época de elaboração do projeto (década de 1980).

A bacia da Estrada Nova tem um projeto bastante atualizado tecnologicamente, com uma população que é a metade do Una, menor área de abrangência da bacia e quase o dobro do orçamento para implantação.

Ao que tudo isso indica está bacia terá indicadores socioambientais melhores em função da maior disponibilidade de recursos infraestruturas que são de suma importância para dispor de uma boa condição de vida para população e diminuir ainda mais a vulnerabilidade do aquífero superior, que para Estrada Nova, atualmente, é muito mais vulnerável que a bacia do Una, seja em pontos de contaminação ou em nível de exposição a contaminantes (maior percentual de área alagável, densidade demográfica, postos de combustível entre outros).

Além dos índices citados para acompanhamento, deve-se ressaltar a dificuldade para disponibilização de dados pela Secretaria de Saúde do Município de Belém (SESMA). Muitos dos indicadores que deveriam ser levantados neste estudo, não puderam ser apresentados devido à inexistência de dados por parte do poder público.

Os quatro indicadores apresentados neste estudo, eram os únicos indicadores com dados disponíveis desde 2000 com sua classificação por bairro. Sendo que em alguns casos, os dados não estavam nem tabelados ou catalogados em planilha. Para esses casos, uma pilha de planilhas de unidades de saúde foram emprestadas para tabulação deste estudo.

Isso representa que os dados são apontados pelo poder público, mas não são utilizados como ferramenta de gestão. Pelo visto, não são nem informados para outras esferas governamentais, a exemplo da malária que não existe nenhuma tabela ou planilha digital contendo os dados da doença para o município de Belém, mesmo para os dias atuais.

Desta forma, está relacionado a seguir quais deveriam ser os indicadores ideias para serem acompanhados antes, durante e após a conclusão da Macrodrenagem da Bacia da Estrada Nova.

Por ingestão de água contaminada:

- Cólera
- Disenteria amebiana
- Disenteria bacilar
- Febre tifoide e paratifoide
- Gastroenterite
- Giardise
- Hepatite infecciosa
- Leptospirose
- Paralisia infantil
- Salmonelose

Por contato com água contaminada:

- Escabiose (doença parasitária cutânea conhecida como Sarna)
- Tracoma (mais frequente nas zonas rurais)
- Verminoses, tendo a água como um estágio do ciclo
- Esquistossomose

Por meio de insetos que se desenvolvem na água:

- Dengue
- Febre Amarela
- Filariose
- Malária

Entre todas as doenças listadas, a SESMA possui somente 4 índices apontados para os anos de 2000 e 2005 (leptospirose, dengue, febre tifoide e hepatite).

4. ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO UNA E DA ESTRADA NOVA

A realidade do abastecimento de água na RMB revela que mesmo nas áreas onde existe o sistema de abastecimento público, a população continua a praticar o autoabastecimento.

Dados levantados por Abreu (2009) para o Banco Mundial indicam valores que situam esse autoabastecimento ao redor de 30%, tendo como base a construção de poços tubulares nos sistemas hidrogeológicos superficial e raso (profundidade de até 50 metros).

Mesmo com as ações previstas para a intervenção em andamento na Estrada Nova é certo que parte da população continuará com a prática de prover o seu próprio abastecimento de água e nesse sentido se justifica um estudo de maior abrangência sobre a qualidade e vulnerabilidade de águas subterrâneas nessa bacia.

Para que a avaliação da vulnerabilidade ambiental hídrica das duas bacias hidrográficas seja possível, foi analisado o tipo de abastecimento de água assim como a qualidade dos canais drenantes das mesmas, a fim de qualificar e quantificar o risco ambiental da população e do ambiente que as bacias sofrem.

Posteriormente, foram abordados os pontos vulneráveis a contaminação de cada bacia, juntamente com a elaboração de mapas temáticos justificando a sua vulnerabilidade.

4.1. REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL

Para avaliar os níveis de concentração dos parâmetros detectados na qualidade das águas amostradas, foram utilizadas as seguintes legislações normativas:

- Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões para lançamento de efluentes, e dá outras providências;
- Resolução CONAMA Nº 397/2008 - Altera o inciso II do § 4º e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA nº 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes;
- CONAMA nº 396 de 03 de abril de 2008, a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, dentre outras providências no que se refere à caracterização das Águas Subterrâneas, os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos são avaliados quanto à sua magnitude;

- Portaria Nº 2914/11 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Além da legislação citada, este estudo também se baseou na Lei Estadual nº 6.381 de 25 de julho de 2001, que dispõe sobre a Política de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado do Pará, e na Lei Federal nº 9433 de 08 de janeiro de 1997 que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos.

4.3. ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

A quantidade de água disponível nos dias de hoje em todo o planeta é praticamente a mesma desde que a Terra ganhou forma definitiva. Embora a quantidade de água permaneça a mesma, esta água tem distribuição e utilização diferentes do que eram 500 milhões de anos atrás (REBOUÇAS, 1999).

Além da quantidade, a qualidade das águas também sofre alterações em decorrência das causas naturais e antrópicas, ou seja, causadas pelo modo de viver do homem e do modelo de desenvolvimento econômico intensivo em recursos naturais.

A crescente urbanização nos municípios brasileiros nas últimas décadas e o insuficiente atendimento com sistemas de infraestrutura sanitária adequados, particularmente, o sistema de coleta e tratamento de esgotamento sanitário contribui para a degradação da qualidade das águas de rios, lagos, córregos etc.

Em 70% dos municípios brasileiros o esgoto coletado não passa por nenhum tipo de tratamento, ou melhor, a quase totalidade do esgoto produzido é despejado *in natura* nos cursos d'água ou no solo, sendo uma das principais causas da insalubridade da água e da morbidade e mortalidade precoce que afetam a população (PROSAB, 2006).

O município de Belém não difere do resto dos municípios brasileiros quando se trata de coleta e tratamento de esgoto sanitário, e quem sofre as consequências são os canais drenantes de Belém, que deveriam ser apenas uma canalização para escoamento de água pluvial, se transformaram em esgoto a céu aberto, e até tem função de lagoa de estabilização de esgoto, visto a vasta quantidade de horas que o efluente fica aprisionado nos canais.

Apesar deste fato lamentável do esgotamento sanitário, Belém não possui grandes carências no abastecimento de água, tanto pelo abastecimento público quanto para o auto abastecimento.

O sistema de abastecimento público da cidade possui uma produção e fornecimento de água de boa qualidade e adequada para a população, porém seu principal problema

operacional está ligado a falta de manutenção da infraestrutura existente, e desta forma o sistema de abastecimento é passível de contaminação através de uma tubulação danificada ou de um reservatório que está sem a sua limpeza em dia.

4.3.1. Caracterização das águas de abastecimento público

A fim de determinar a qualidade e água fornecida por órgãos públicos nas bacias, para identificar pontos de contaminação, nível de qualidade de vida da população e confrontar a qualidade da água com os índices de doenças de veiculação hídrica nas bacias, foram utilizados os dados de controle de qualidade da empresa concessionária deste serviço público no município de Belém, a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA).

De acordo com a Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, assim como o plano de amostragem para que a empresa concessionária de água tenha um controle de qualidade dos seus serviços prestados a população, a COSANPA possui tal plano de amostragem aprovado pelo Ministério da Saúde abrangendo a malha amostral mínima da referida Portaria.

Desta forma, será apresentado o resumo das análises da qualidade da água referente ao mês de janeiro de 2010 para a Estação de Tratamento de Água (ETA) do Bolonha (tabela 19), fonte de abastecimento de água para as bacias hidrográficas, e dos setores de abastecimento envolvidos nos bairros das bacias hidrográficas.

A tabela 20 apresenta o demonstrativo do mês de janeiro de 2010 das análises físico química, bacteriológica antes e depois do tratamento da ETA Bolonha, e as análises da rede de distribuição para os bairros envolvidos, de acordo com o plano de amostragem aprovado pelo Ministério da Saúde. Posteriormente à apresentação dos resultados é feita uma discussão dos mesmos.

Tabela 19 – Demonstrativo da qualidade da água do mês de janeiro de 2010 da Estação de Tratamento de Água (ETA) Bolonha.

	pH		Cor		Turbidez		Cloreto		Cloro	Flúor
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Saída	Saída
Média	6,32	6,33	55,71	13,73	8,56	3,92	20,50	22,50	1,39	0,53
Desv Pad.	0,45	0,41	1,07	0,89	0,90	0,35			0,26	
Máximo	8,82	7,32	65	25,0	12,41	5,72	25,0	27,0	2	0,67
Mínimo	4,4	4,44	42,5	10	5,58	1,3	15,0	15,0	0,3	0,3
Nº Análises	120	120	120	120	120	120	4	4	120	4
Potabilidade	Entre 6,0 e 9,5		> 15		> 5		> 250		Entre 0,2 e 2,0	> 1,5

Fonte: COSANPA (2010)

Tabela 20 – Demonstrativo da qualidade da água do mês de janeiro de 2010 na rede de distribuição e nos reservatórios dos bairros envolvidos nas bacias hidrográficas.

	pH	Cor	Turbidez	Cloro	Flúor	Presença de coliformes.
Média	6,60	14,24	3,42	0,37	0,35	0,01
Máximo	8,30	35,0	7,90	0,80	0,5	1
Mínimo	5,95	5,00	1,18	0,00	0,2	0
Fora do padrão	2	9	5	4	0	1
Nº Análises	46	46	46	46	4	46

Fonte: COSANPA (2010)

Em relação ao pH, este parâmetro oscilou, em geral, entre 4,0 e 8,0, com a média dos resultados um pouco abaixo da neutralidade (pH = 6,0). Considerando-se os valores limites estabelecidos pela legislação ambiental, a média geral deste parâmetro está de acordo com a Portaria 2914/11, tanto para os registros da ETA Bolonha quanto para o controle de qualidade da rede de distribuição, sendo que as águas superficiais da região amazônica tendem a ser ligeiramente ácidas, e a água tratada pela ETA Bolonha é captada do rio Guamá.

A figura 42 apresenta o comportamento do pH para entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

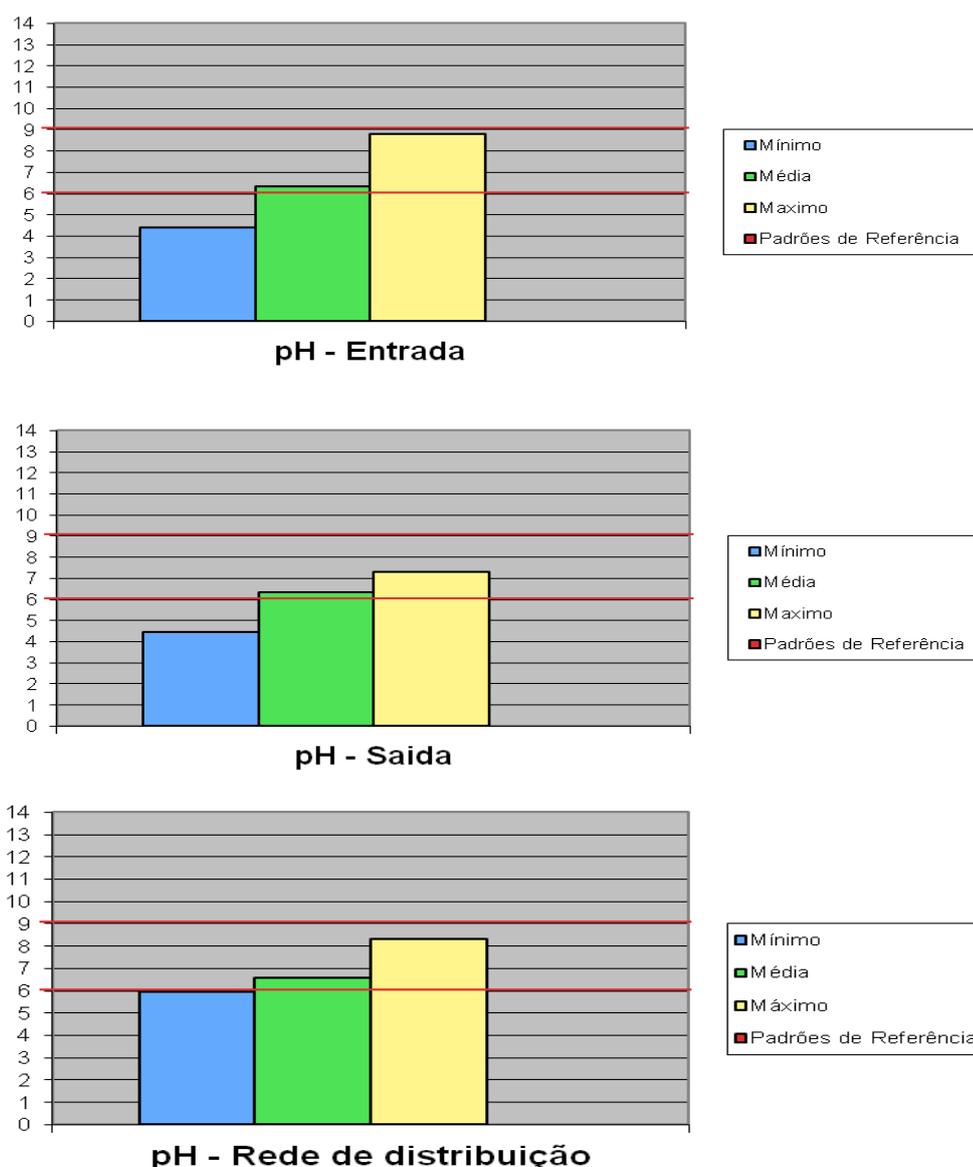


Figura 42 – Comportamento do pH para entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

A turbidez acompanhando as concentrações em geral reduzidas de sólidos em suspensão, mostra valores que variaram de 1,18 a 7,9 UT, sendo que as médias gerais (3,92 e 3,42) se encontram abaixo dos limites estabelecidos pela Portaria 2914/11 (5,0 UT).

A figura 43 apresenta o comportamento da turbidez para entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

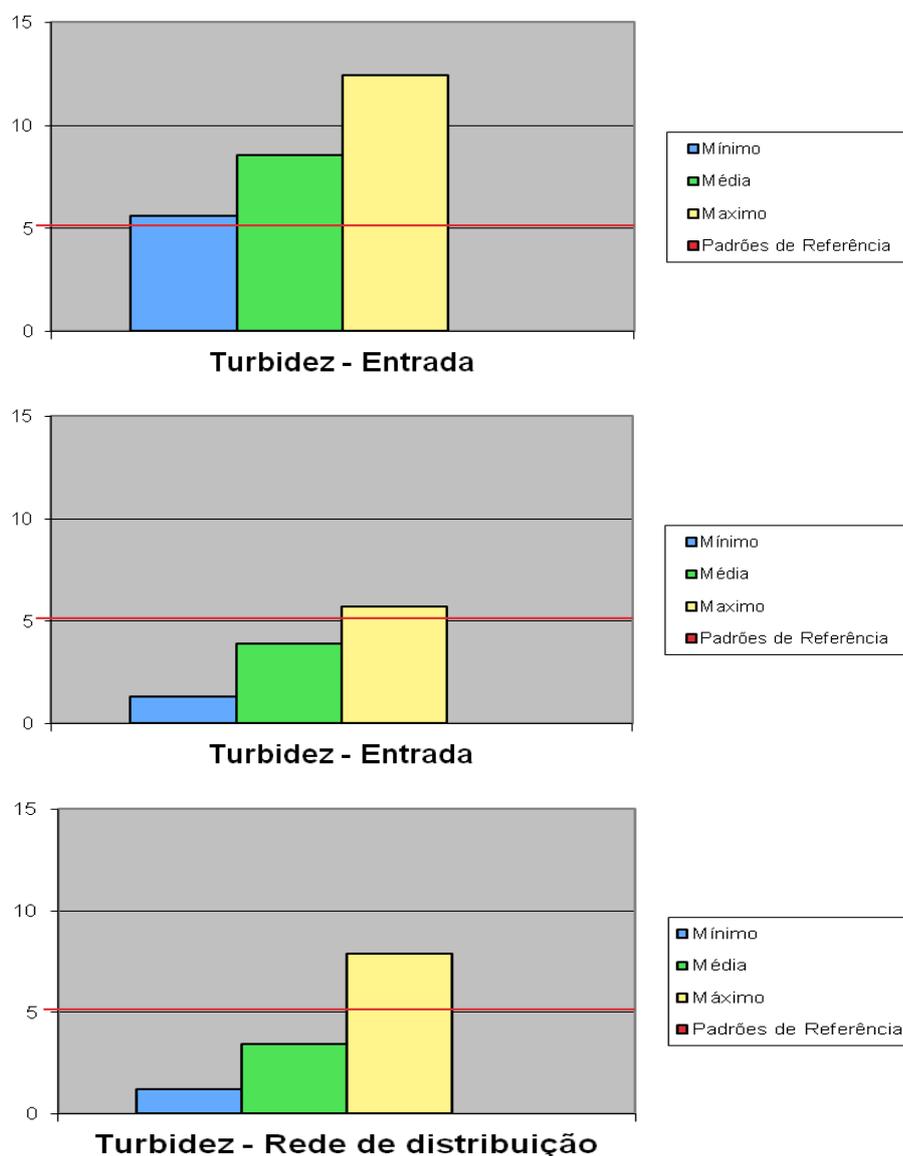


Figura 43 – Comportamento da turbidez para entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

A cor da água pode ser considerada consequência das substâncias dissolvidas. Considerando-se os resultados de cor verdadeira obtidos, estes foram reduzidos, oscilando entre 5 e um máximo de 35 mg Pt/L. Alguns resultados se encontraram fora ao padrão de 15 mg Pt/L estabelecido, porém as médias gerais se encontram abaixo deste limite. As águas

amazônicas também possuem em sua característica básica, muito sedimento e, conseqüentemente, elevados teores de cor.

A figura 44 apresenta o comportamento da cor na entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

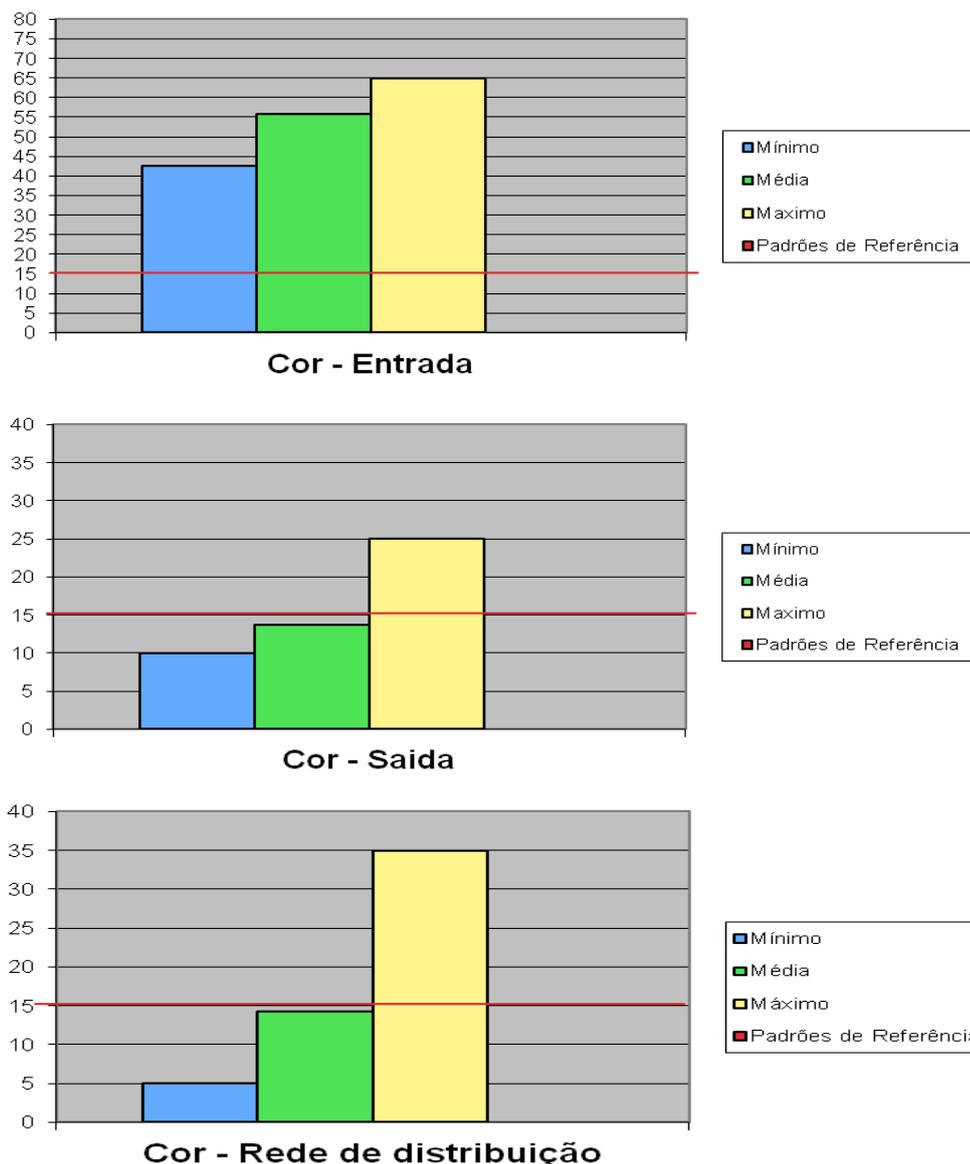


Figura 44 – Comportamento da cor para entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

Em relação ao cloreto, as concentrações deste parâmetro apresentaram-se bastante reduzidas, oscilando entre 15 e um valor máximo de 27 mg/L. Todos os resultados se apresentaram bastante inferiores ao padrão de 250 mg/L estabelecido.

A figura 45 apresenta o comportamento de cloretos para entrada e saída da ETA Bolonha.

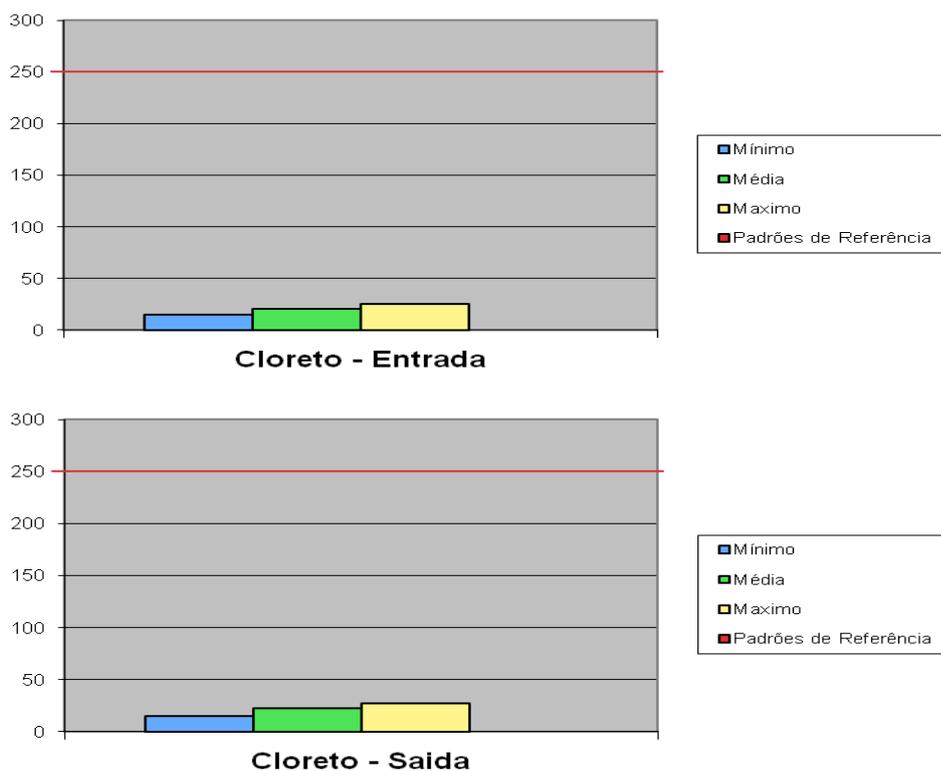


Figura 45 – Comportamento de cloretos para entrada e saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

Foi observado que a concentração de Cloro Residual Livre (CRL) está dentro dos padrões de potabilidade na saída da ETA Bolonha, porém na rede de distribuição em 4 amostras não foi constatada a presença de CRL. Esse fato pode ser explicado por rachaduras na tubulação, onde o cloro é consumido pela matéria orgânica presente na própria tubulação. Ao perder água da tubulação pelas rachaduras, cloro está sendo desperdiçado na água, não sendo suficiente para manter o parâmetro dentro do padrão. Na média geral, tanto a ETA Bolonha quanto a rede de distribuição estão dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria 2914/11. A figura 46 apresenta o comportamento de Cloro Residual Livre para saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

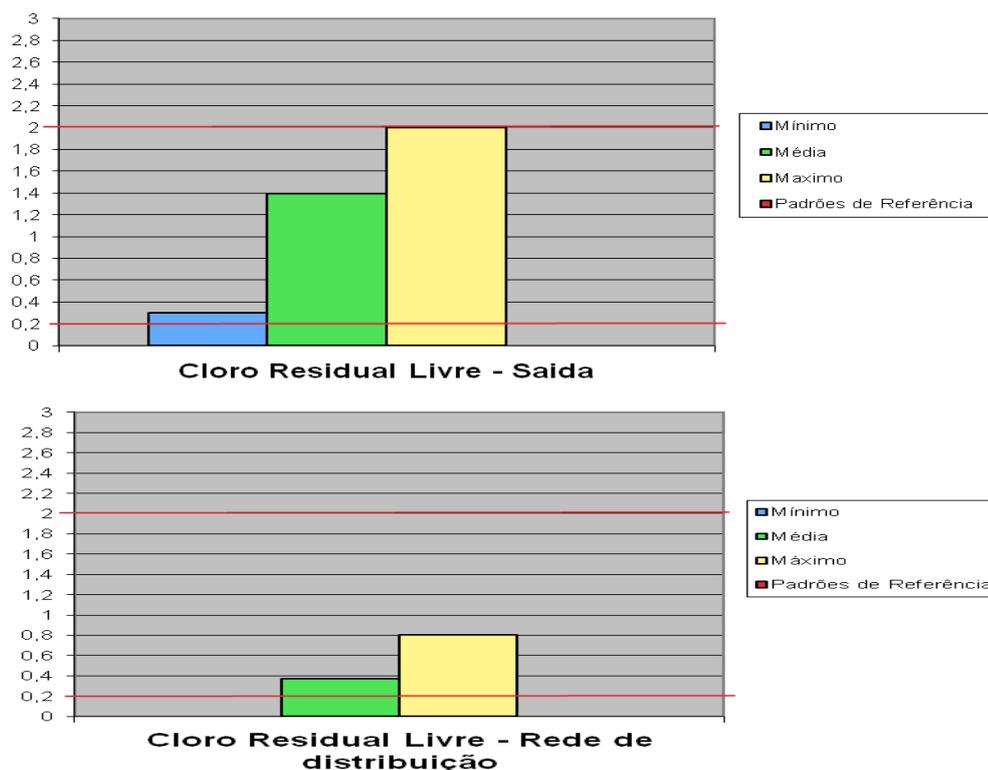


Figura 46 – Comportamento de Cloro Residual Livre para a saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

Para o parâmetro flúor, foi observado que a sua concentração está de acordo com a legislação vigente, onde suas médias gerais foram 0,53 mg/L para a ETA Bolonha e 0,35 mg/L para a rede de distribuição, onde não foi verificado em nenhum ponto este elemento fora do padrão (acima de 1,5 mg/L). A adição de flúor na água é uma medida preventiva adotada pelo Ministério da Saúde para combate a cáries dentárias, porém se adicionado acima do limite padrão pode provocar algumas doenças graves como fluorose. A figura 47 apresenta o comportamento do flúor para saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

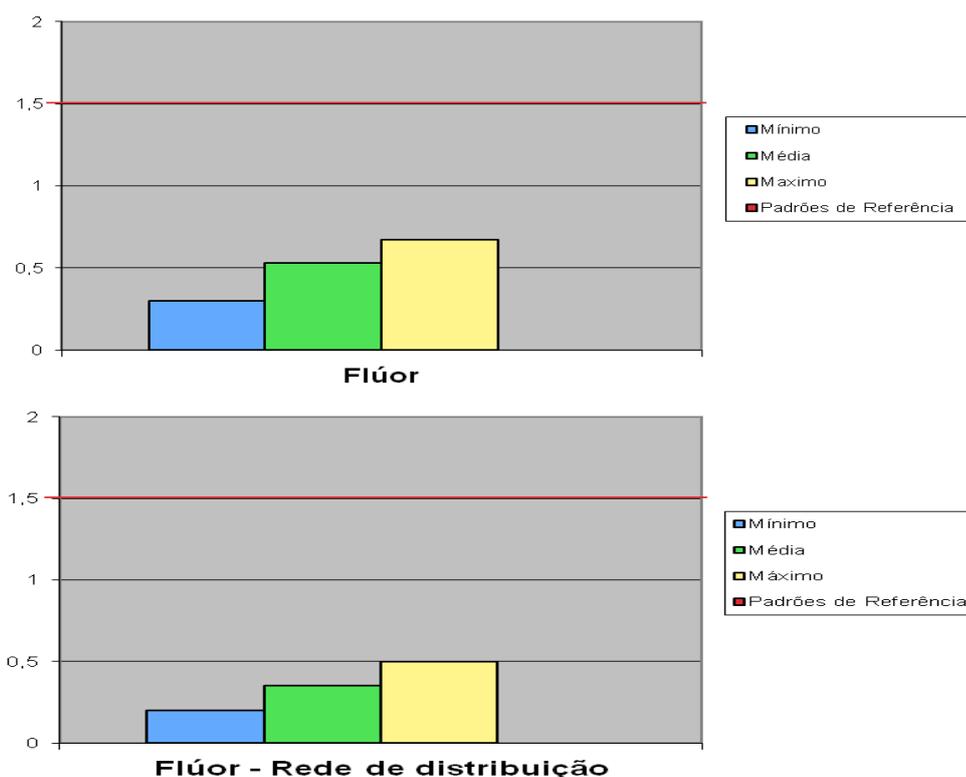


Figura 47 – Comportamento do flúor para a saída da ETA Bolonha e controle de qualidade da rede de distribuição.

Em relação aos parâmetros bacteriológicos, foi analisado o coliforme fecal (termo tolerante), onde a Portaria 2914/11 preconiza a detecção da presença ou ausência do mesmo, não importando a quantificação. Este parâmetro apresentou-se presente em apenas um ponto na rede de distribuição de acordo com o plano de amostragem previsto para o mês de janeiro. A figura 48 apresenta o comportamento da presença de coliformes no controle de qualidade da rede de distribuição.

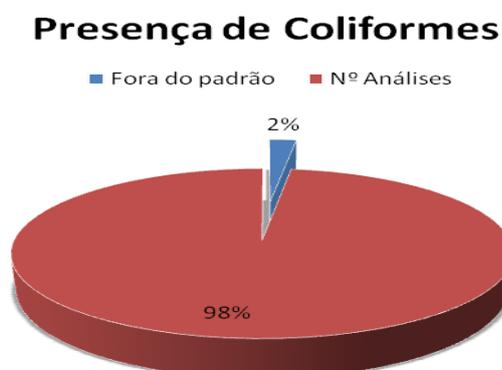


Figura 48 – Comportamento da presença de coliformes no controle de qualidade da rede de distribuição.

Avaliando-se os resultados de uma maneira geral, percebe-se que a água de abastecimento do município de Belém possui um pH próximo da neutralidade, baixa presença

de íons e materiais dissolvidos, baixa presença de matéria orgânica e presença reduzida de sólidos em geral, o que leva a valores reduzidos de turbidez.

Em relação às amostras fora do padrão observou-se que, praticamente, em todos os parâmetros ocorreram desvios no padrão exigido pela Portaria do Ministério da Saúde, porém tais desvios foram abaixo de 20% que é a margem permitida pela Portaria.

4.3.2. Caracterização das águas subterrâneas

Para avaliar a vulnerabilidade do aquífero freático das bacias envolvidas, assim como a vulnerabilidade da população residente nas mesmas, foram utilizados somente poços freáticos, que em sua maioria são poços amazonas, próximos aos canais drenantes das bacias hidrográficas, e estão espacializados conforme apresentado anteriormente na figura 02.

A tabela 21 apresenta a média dos resultados da qualidade das águas referente as 3 campanhas amostrais (em janeiro de 2010) para os 10 poços freáticos do estudo, lembrando que os parâmetros analisados tentam identificar qualquer tipo de alteração antrópica no aquífero freático.

Tabela 21 – Qualidade das águas dos poços freáticos da área de estudo.

Parâmetro	Unidade	Bacia da Estrada Nova					Bacia do Una					Padrões de Referência	
		P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10		
		Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Portaria 2914/11 - MS
pH		6,04	6,06	5,93	6,15	6,37	6,03	6,64	7,10	6,13	6,52	6 a 9	-
Cor	mg/l Pt-Co	5,00	7,50	5,00	15,00	7,50	5,00	17,50	12,50	5,00	5,00	≤ 15	-
Turbidez	UT	0,66	1,36	0,55	1,16	0,90	0,37	2,89	2,63	0,72	0,39	≤ 5	-
Amônia	mg/l NH ₃	4,00	4,00	5,00	4,50	2,20	3,50	0,70	1,00	3,50	4,50	≤ 1,5	-
Nitrato	mg/l N	15,00	16,00	30,00	15,00	35,00	20,00	0,35	14,00	16,00	30,00	≤ 10	≤ 10
Nitrito	mg/l N	0,01	0,00	0,03	0,07	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	≤ 1	≤ 1
Cloretos	mg/l Cl	43,00	41,00	42,00	40,00	58,00	40,00	15,00	40,00	40,00	50,00	≤ 250	≤ 250
Dureza	mg/l CaCO ₃	74,00	70,00	80,00	60,00	116,00	70,00	14,00	72,00	88,00	124,00	≤ 500	-
Alcalinidade	mg/l CaCO ₃	28,00	28,00	40,00	26,00	42,00	38,00	10,00	34,00	20,00	62,00	-	-
COT	mg/l O ₂	0,20	0,40	0,60	0,60	1,00	0,80	0,80	0,40	0,60	0,40	-	-
Sulfatos	mg/l SO ₂	57,38	60,83	38,55	66,35	66,58	48,33	5,75	258,55	88,45	37,18	≤ 250	≤ 250
DBO	mg/l O ₂	11,40	14,60	12,70	20,70	20,20	11,70	19,80	5,80	14,20	6,10	-	-
DQO	mg/l O ₂	30,60	39,30	47,50	50,30	50,30	36,90	49,20	23,50	45,20	26,90	-	-
Presença de coliformes fecais	Und.	A	P	A	P	P	A	P	P	P	A	A	-

Notas:

A= Ausência / P = Presença

Os resultados das campanhas foram comparados aos padrões estabelecidos pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, de potabilidade, e da Resolução CONAMA Nº 396/08 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, que coincidentemente possuem os mesmos limites padrões para os parâmetros levantados.

Em relação ao parâmetro pH, este oscilou, em geral, entre 6,0 e 7,0, com a maioria dos resultados um pouco abaixo da neutralidade (pH = 6,0), sendo bem plausível de compreender devido o aquífero freático ter influência da rede de drenagem que são ácidos. O valor mais elevado (superior a 7,0) foi obtido no P08. O valor mais reduzido, 5,93, foi obtido P03. Considerando-se os valores limites estabelecidos pela legislação ambiental, todos os pontos amostrados se apresentaram dentro do limite estabelecido.

A figura 49 apresenta o comportamento do pH para os poços amostrados.

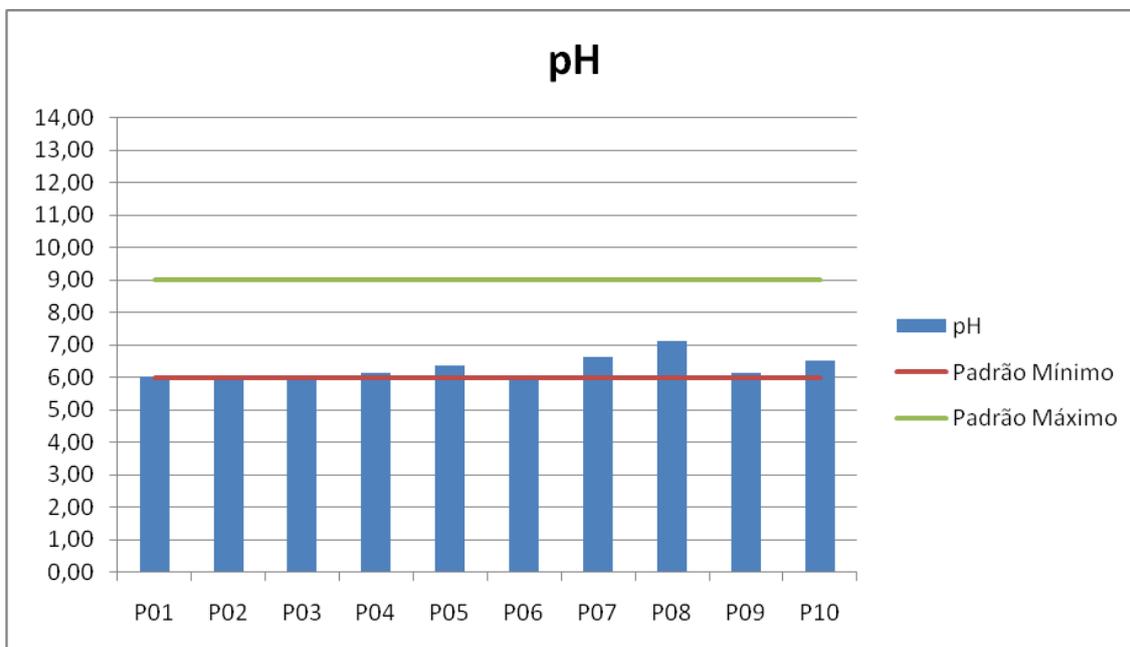


Figura 49 – Comportamento do pH para os poços amostrados.

Considerando-se os resultados de cor verdadeira obtidos, estes foram reduzidos, oscilando entre 5 e um máximo de 17,50 mg/l Pt. Com exceção do ponto P07 (17,50 mg/l), os demais pontos apresentaram resultados em conformidade ao padrão de 15 mg/l Pt estabelecido. A figura 50 apresenta o comportamento deste parâmetro.

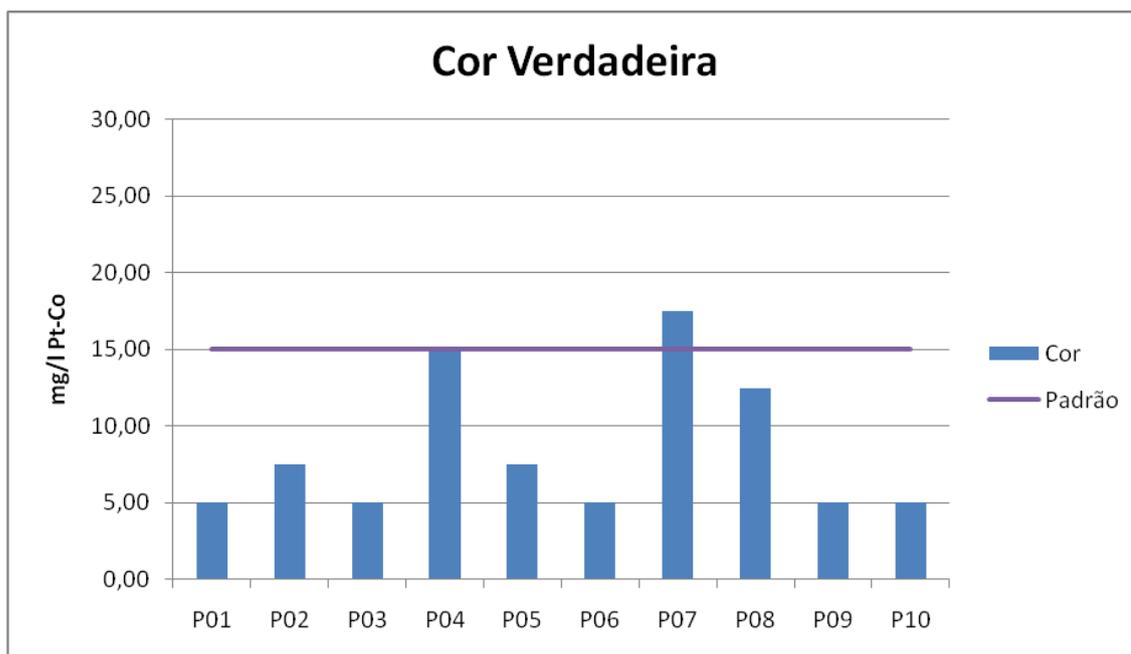


Figura 50 – Comportamento da Cor Verdadeira para os poços amostrados.

Para o parâmetro turbidez, verificou-se que o mesmo apresentou valores que variaram entre 0,37 a 2,89 UT. Observa-se que todos os valores se encontraram em conformidade ao limite de 5 UT estabelecido pela legislação ambiental vigente, e dentro da normalidade para poços, mesmo que na sua maioria sejam do tipo amazonas. A figura 51 apresenta o comportamento da turbidez para os poços amostrados.

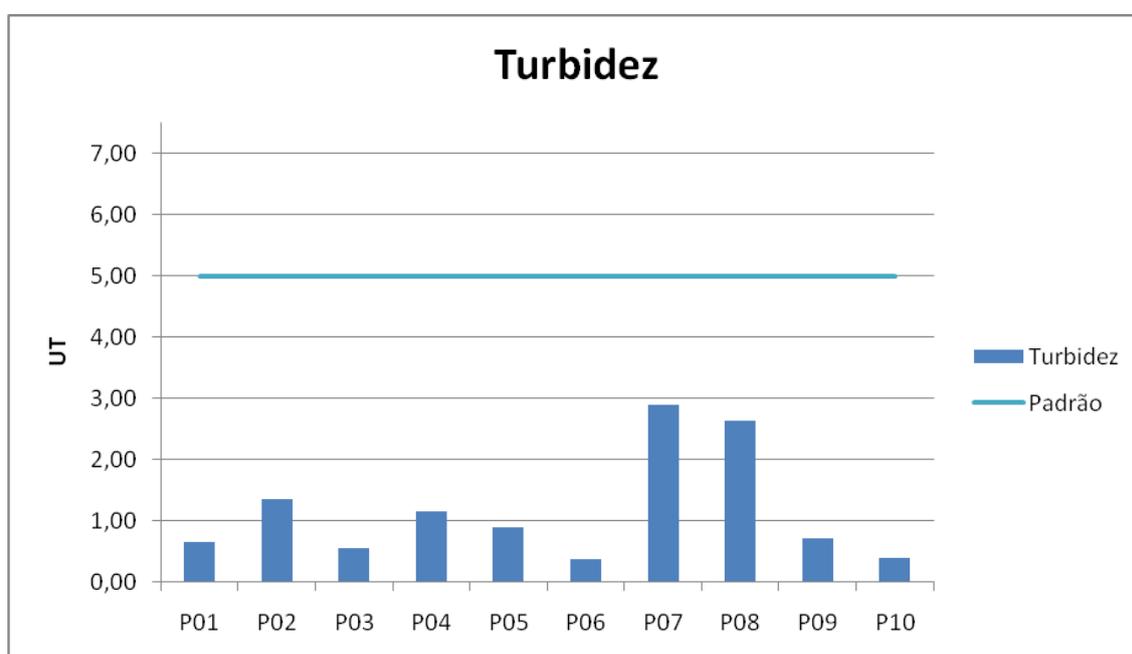


Figura 51 – Comportamento da Turbidez para os poços amostrados.

Em relação aos parâmetros nitrogênio, foram analisados a amônia, nitrato e nitrito. Estes parâmetros apresentaram concentrações significativas na sua maioria, com exceção do nitrito.

Considerando-se a amônia, esta foi detectada acima do preconizado pela legislação vigente em praticamente todos os pontos e campanhas, à exceção dos pontos P07 e P08 que apresentaram resultados baixos de 0,7 e 1,0 mg/l, respectivamente. A amônia livre é a primeira fase do ciclo do nitrogênio no solo, através do processo de amonificação, onde o nitrogênio livre (N_2) se transforma em amônio (NH_4^+), e indica contaminação recente por nitrogênio orgânico.

Em relação ao nitrito, segunda fase do ciclo do nitrogênio, se apresentou dentro dos padrões de potabilidade para todas as amostras, ou seja, abaixo de 1,0 mg/L.

O nitrato obteve o mesmo comportamento da amônia, sendo detectado em praticamente todas as amostras. O nitrato é a última fase do ciclo do nitrogênio onde o nitrito é oxidado por bactérias nitrificantes, transformando-se em nitrato. Problemas de saúde pública relacionadas a presença excessiva de nitrato são a metahemoglobinemia e possível formação de nitrosaminas carcinogênicas.

As figuras 52, 53 e 54 apresentam o comportamento da serie nitrogenada.

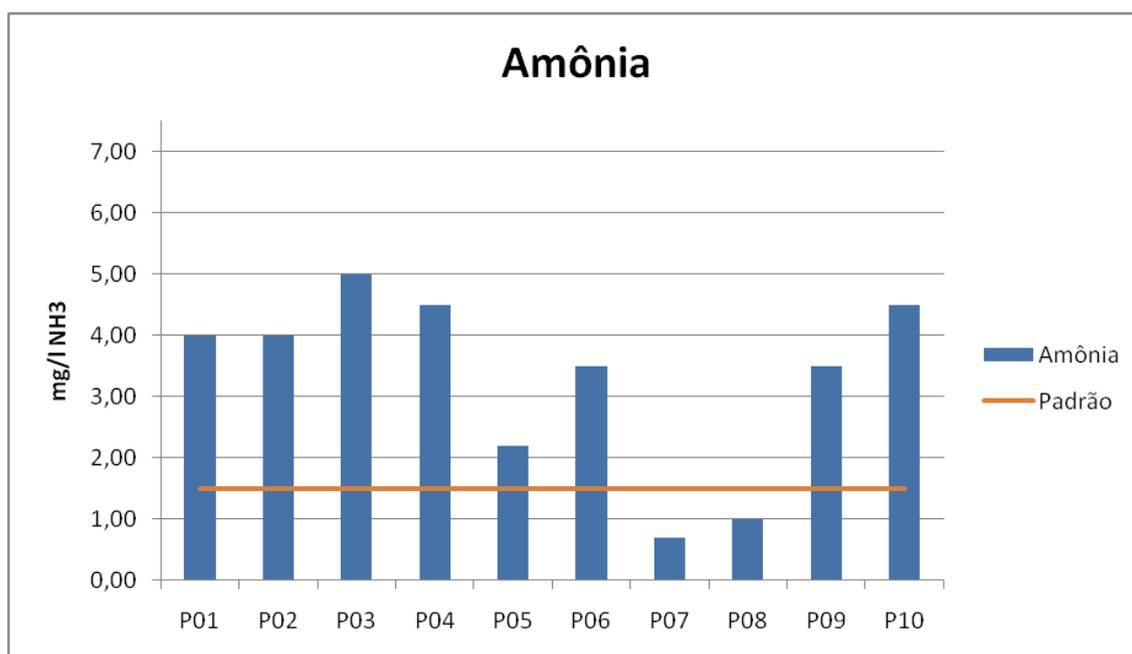


Figura 53 – Comportamento da Amônia para os poços amostrados.

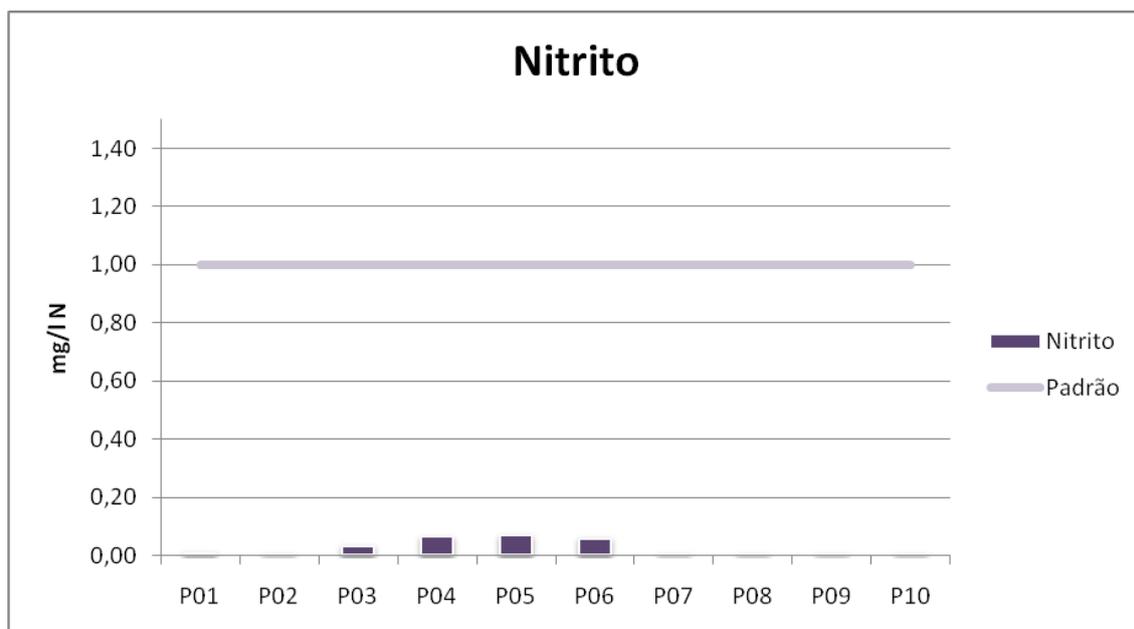


Figura 54 – Comportamento do Nitrito para os poços amostrados.

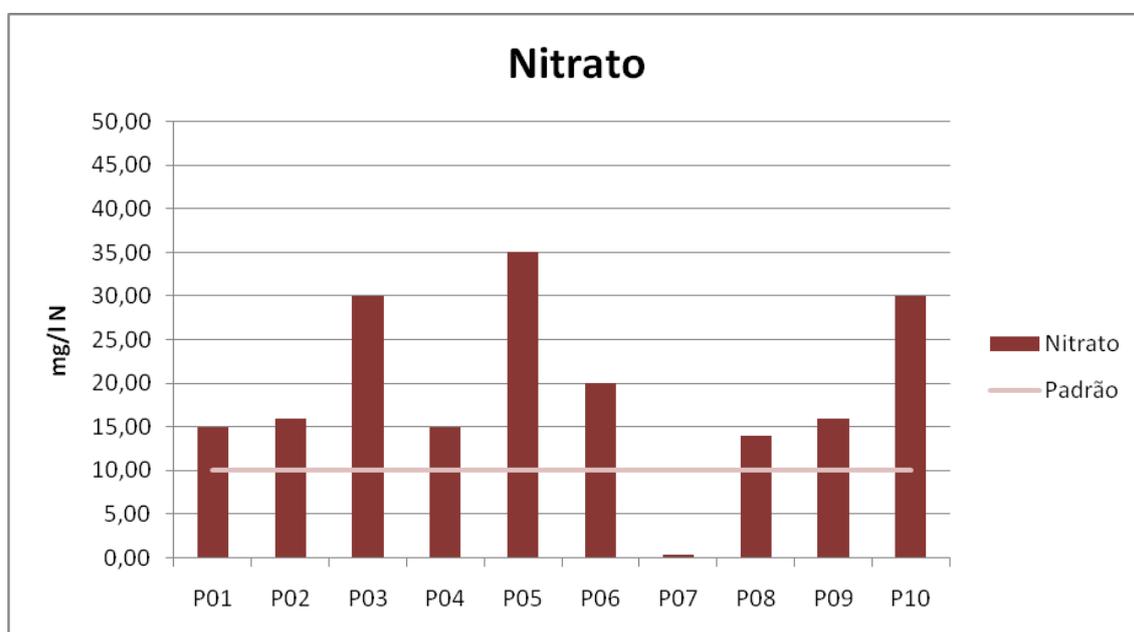


Figura 55 – Comportamento do Nitrato para os poços amostrados.

O cloreto mostra concentrações reduzidas, oscilando entre 15 e um valor máximo de 50 mg/L. Todos os resultados se apresentaram bastante inferiores ao valor máximo permitido de 250 mg/L estabelecido (Figura 56).

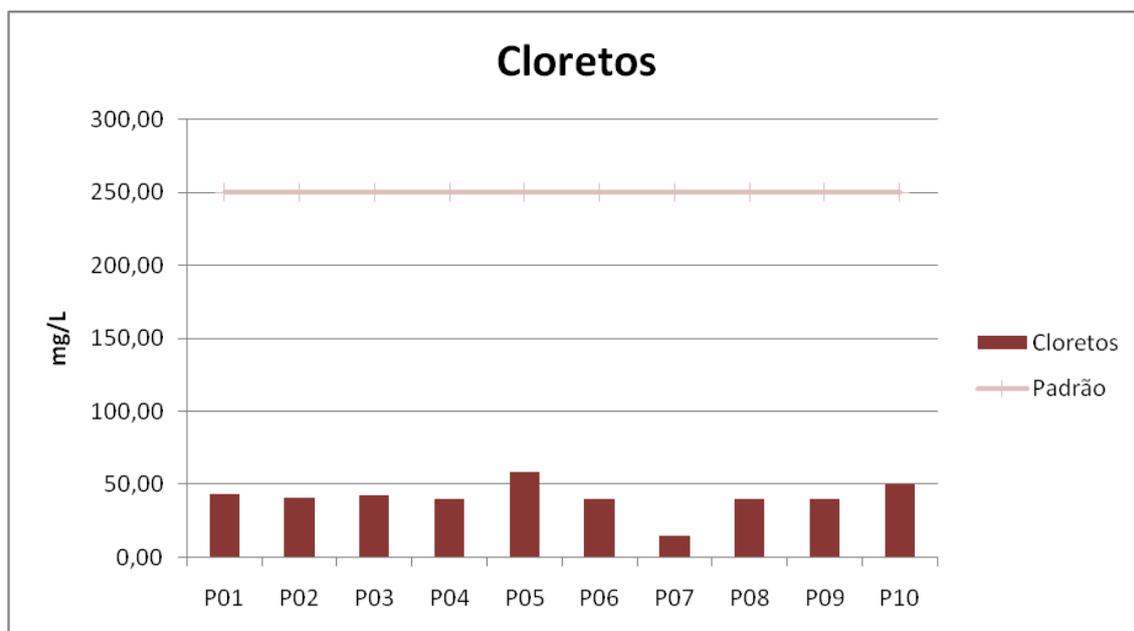


Figura 56 – Comportamento de Cloretos para os poços amostrados.

Em relação à dureza total, esta é definida como a concentração de cátions multimetálicos em solução, sendo os cátions divalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} os mais frequentemente associados. As principais fontes naturais de dureza constituem-se na dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, e rochas calcáreas. Considerando-se os pontos amostrados, foram obtidos valores reduzidos para este parâmetro, os quais variaram entre 14 e 130 mg/L, e o valor limite para este parâmetro é de 500,00 mg/L, como pode ser observado na figura 57.

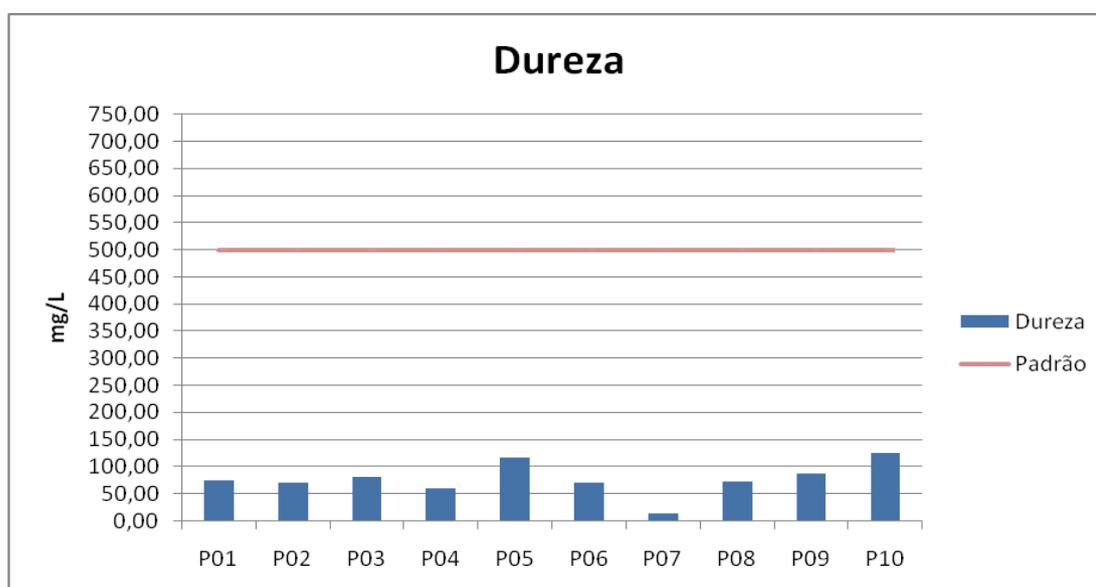


Figura 57 – Comportamento da Dureza para os poços amostrados.

Considerando-se os resultados de alcalinidade total obtidos para os pontos amostrados, são percebidos valores oscilando entre 10 e 60 mg/L. Desta forma, apesar de terem sido verificadas algumas diferenças de valores entre os pontos, esta não foi significativa. Considerando-se, por sua vez, as três campanhas de amostragem, analisando-se os pontos individualmente, também não são percebidas quaisquer diferenças significativas entre as campanhas.

A figura 58 apresenta o comportamento do parâmetro.

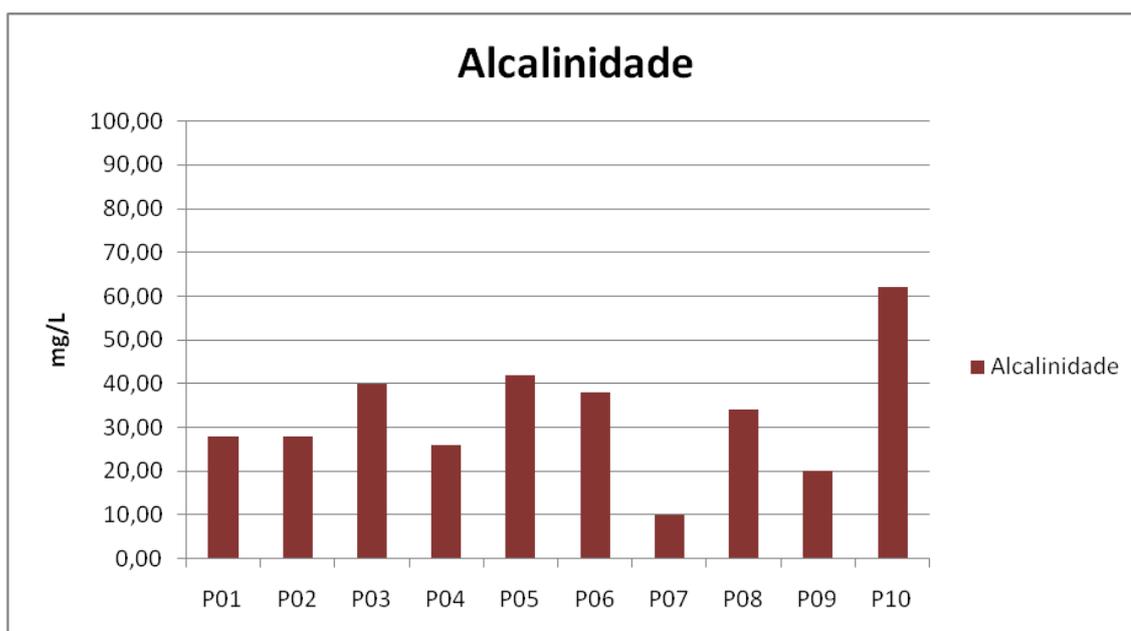


Figura 58 – Comportamento da Alcalinidade para os poços amostrados.

Quanto aos parâmetros relacionados especialmente a compostos orgânicos, o parâmetro COT é essencial para a manutenção dos ecossistemas aquáticos naturais. De acordo com a legislação ambiental, não existe padrão estabelecido para este parâmetro, apenas é um indicativo de matéria orgânica no meio. Em relação aos resultados obtidos, todos os pontos amostrados apresentaram consumo de oxigênio em seu meio, indicando a presença de matéria orgânica, e consumo impróprio desta água, conforme apresentado na figura 59.

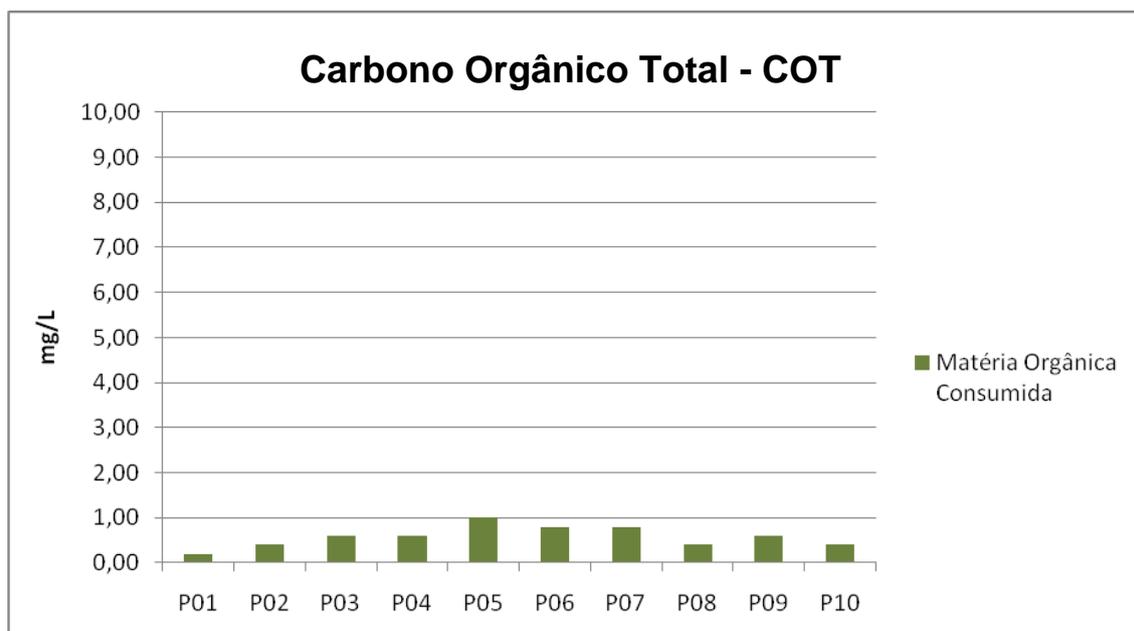


Figura 59 – Comportamento do Carbono Orgânico Total para os poços amostrados.

Em relação ao sulfato, foram observados resultados reduzidos para praticamente todos os pontos amostrados, com exceção do ponto P08 onde o valor máximo permitido é ultrapassado (250 mg/L). Este teor de sulfato presente nas amostras é comum em águas ácidas como a da região amazônica, sendo que em teores superiores ao estabelecido pela legislação, podem causar efeito laxativos quando consumido.

A figura 60 apresenta o comportamento para este parâmetro nos pontos amostrados.

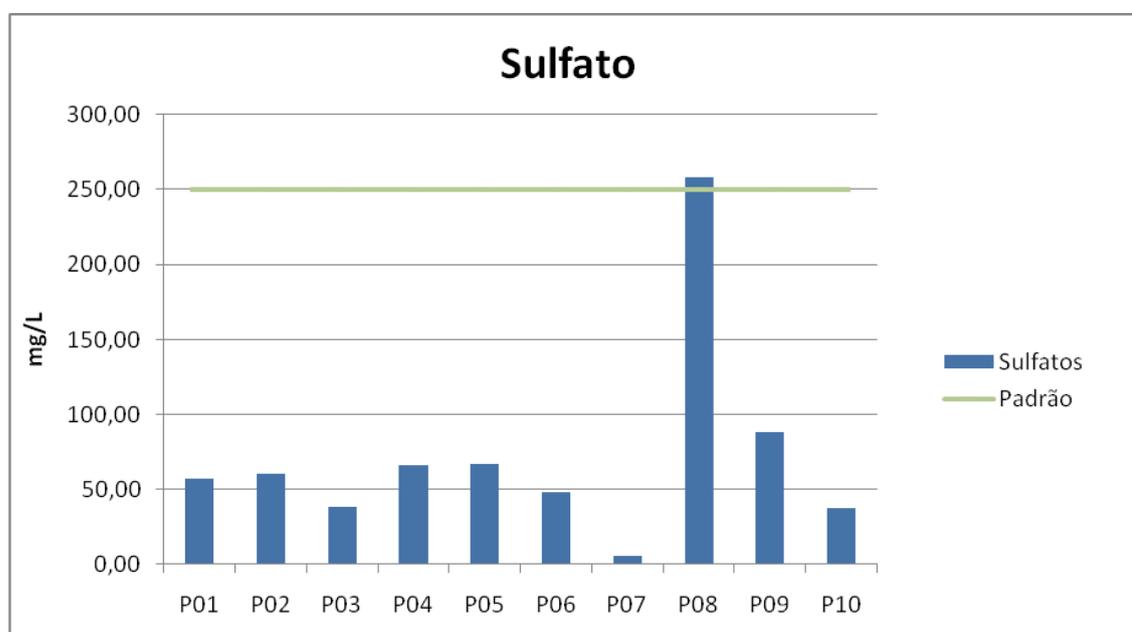


Figura 60 – Comportamento do Sulfato para os poços amostrados.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, apresentou-se elevada para alguns pontos de amostragem, oscilando entre um valor de 5,0 e 20,0 mg O₂/L. Este parâmetro não possui padrão estabelecido para águas subterrâneas ou potáveis, porém deve ser nulo ou próximo a zero. Se considerarmos o limite de 5 mg O₂/L definido para águas de Classe 2, todos os resultados ultrapassaram a este padrão. Os resultados elevados de DBO, indicando uma presença de matéria orgânica nas águas, confirmam os resultados elevados na matéria orgânica consumida.

A figura 61 apresenta o comportamento para este parâmetro nos pontos amostrados.

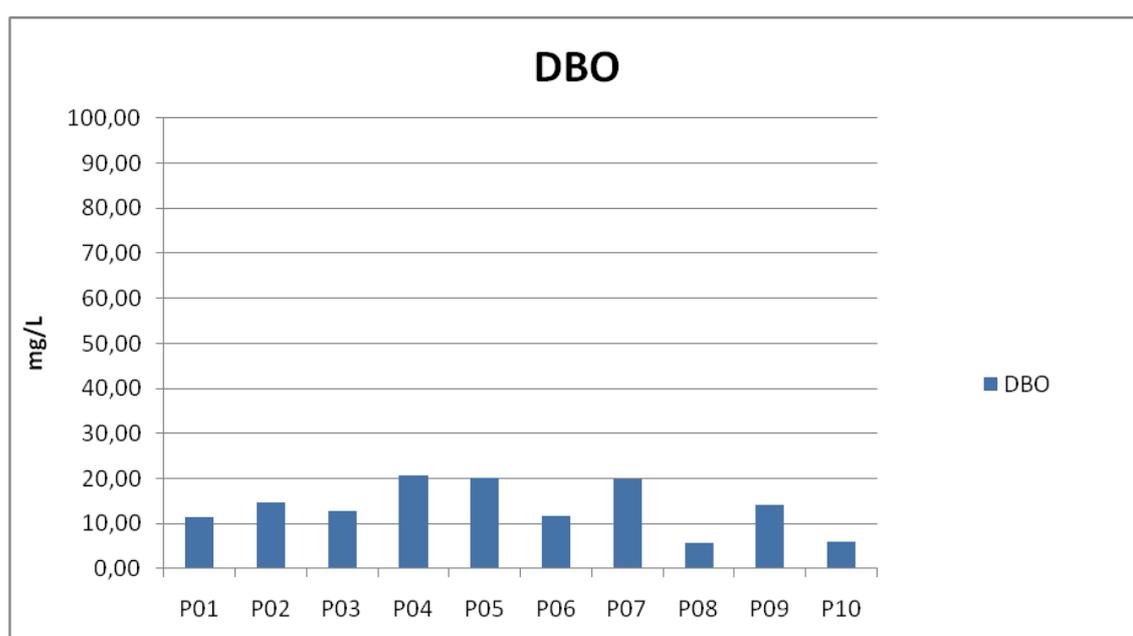


Figura 61 – Comportamento da DBO para os poços amostrados.

Para a Demanda Química de Oxigênio - DQO, os resultados se apresentaram em valores mais significativos ainda comparados a DBO, oscilando entre 20,0 e 50,0 mg O₂/L. Observa-se que a legislação ambiental não estabelece limite para este parâmetro também (Figura 62).

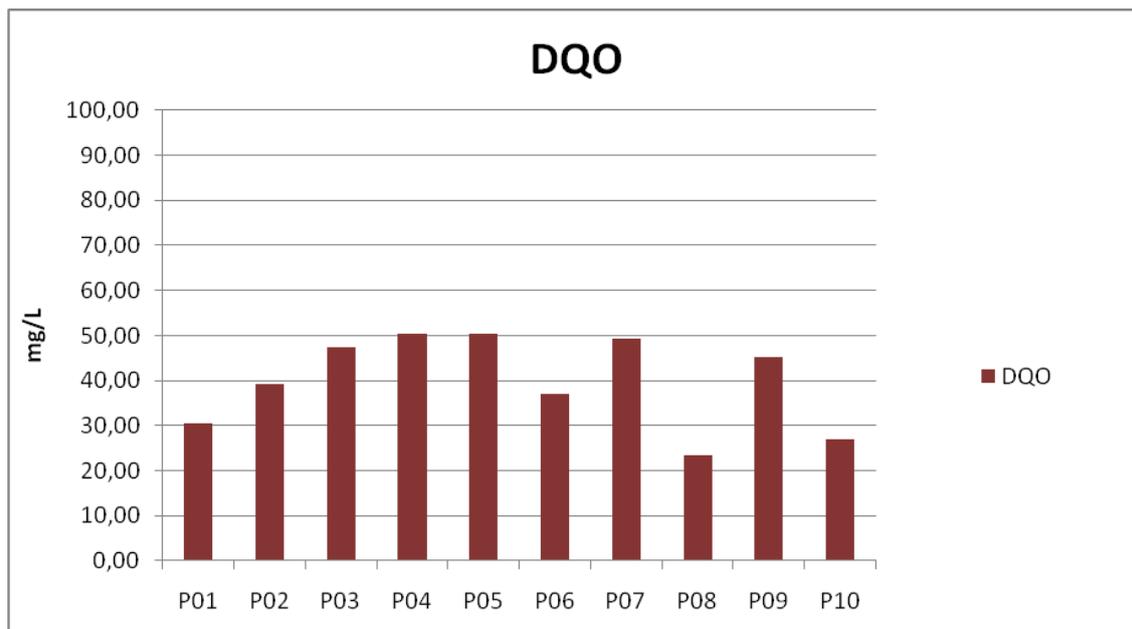


Figura 62 – Comportamento da DQO para os poços amostrados.

Em relação aos parâmetros bacteriológicos, foram analisados os coliformes fecais (termo tolerantes), através do mesmo método preconizado para a COSANPA, indicando a presença e ausência do parâmetro na água. Observou-se que a presença do parâmetro ocorreu em quase todas as amostras, indicando que essas águas estão impróprias para o consumo humano.

Essa bactéria tem sua origem nas interações dos poços com fossas sépticas ou negras em função da falta de critério na locação e construção dessas obras nos aglomerados urbanos da área. A consequência é uma série de doenças de veiculação hídrica, doenças relacionadas com as situações de pobreza que dominam essas áreas de invasão.

Essa situação pode ser interpretada como contaminação por efluentes líquidos (principalmente esgotos domésticos) nas águas superficiais que interagem com as águas subterrâneas, somadas à presença de fossas sépticas/negras e ajudadas pela inexistência de saneamento básico. Tudo isso é somado a um nível estático muito raso nessas áreas, muitas vezes inferior a 5 m e algumas vezes sub aflorante.

Esses resultados das análises bacteriológicas mostraram quão frágil é o sistema hidrogeológico Barreiras aos processos de contaminação, principalmente aqueles resultantes de ações antrópicas, potencializados pela quase total ausência de saneamento básico nessas áreas.

Dessa forma, dadas as condições ambientais desses aglomerados humanos é praticamente impossível impedir que as cargas contaminantes atinjam os aquíferos rasos e se criem assim as condições para a proliferação de doenças de veiculação hídrica.

Avaliando-se os resultados de uma maneira geral, percebe-se que as águas subterrâneas das bacias hidrográficas possuem um pH próximo da neutralidade, baixa presença de íons e materiais dissolvidos, porém com presença de matéria orgânica, elevado consumo de oxigênio e presença de coliformes fecais.

Ou seja, em condições naturais as águas subterrâneas desse sistema freático são qualitativamente boas e se tornam impróprias ao consumo humano pela ação antrópica.

4.3.2.1. Condições sanitárias dos poços amostrados

Pode-se verificar a precária condição ambiental dos poços, o que agrava mais ainda o risco a saúde humana.

Como já mencionado, as coletas foram realizadas em dez poços rasos nas bacias hidrográficas do Una e da Estrada Nova, mais precisamente localizados nos bairros Batista Campos, Cremação, Jurunas, Condor e Guamá.

Um dos grandes problemas observados nos poços da região foi a falta de manutenção dos mesmos, o que pode acabar interferindo na qualidade da água subterrânea, uma vez que a maioria da população utiliza a mesma para diversos fins, inclusive para consumo humano.

Nas figuras 63 e 64 pode-se verificar a coleta de amostras de poços freáticos nos bairros selecionados para realização da pesquisa.



Figura 63 - Coleta da amostra no ponto P01.



Figura 64 - Interferência da vegetação na qualidade da água subterrânea no ponto P01.

Outra observação relevante constatada na coleta de campo foi a forma de vedação do poço por parte dos moradores de algumas residências, a exposição do balde utilizado para coleta e a sua falta de higiene, como pode ser observado nas figuras 65, 66 e 67 respectivamente.



Figura 65 - Vedação do Poço P07.



Figura 66 - Exposição do balde no ponto P05.



Figura 67 - Aspectos higiênicos do balde usado para coleta de água para consumo no ponto P09.

Em outras residências a coleta foi realizada na torneira das residências, pois os moradores disponibilizavam de um sistema hidráulico simples, composto por uma bomba, reservatório elevado e tubulação de distribuição por gravidade da água captada no poço freático. A coleta da amostra foi realizada com pode ser visto na figura 68.



Figura 68 - Coleta de amostra na torneira no ponto P02.

4.3.3. Principais canais das Bacias Hidrográficas

São apresentados a seguir os resultados das análises sobre a qualidade das águas dos principais canais drenantes das bacias hidrográficas do Una e da Estrada Nova. Da mesma

forma que foi apresentado a qualidade da água dos poços, os pontos de coleta de água dos canais são próximos a estes, a fim de diagnosticar a influência dos canais nos poços.

A tabela 22 apresenta a média dos resultados da qualidade das águas referente às 3 campanhas amostrais para os 10 pontos de coleta de água nos canais de estudo, com os mesmos parâmetros amostrados para as águas subterrâneas e serão comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para corpos hídricos de água doce de Classe 4.

Tabela 22 – Qualidade das águas dos principais canais da área de estudo.

Parâmetro	Unidade	Bacia da Estrada Nova					Bacia do Una					Padrões de Referência
		C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	Res. CONAMA 357/05 (Classe 4)
		Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	
pH		6,31	6,47	6,13	6,55	7,03	6,88	6,50	6,90	6,43	6,38	6 a 9
Cor	mg/l Pt-Co	385,00	320,00	265,00	405,00	290,00	360,00	450,00	420,00	365,00	295,00	≤ 75
Turbidez	UT	72,30	45,90	39,70	33,20	26,80	65,20	68,10	73,50	46,80	52,80	≤ 100
Amônia	mg/l NH ₃	21,73	32,98	25,56	27,32	22,41	34,30	2,86	17,19	20,94	19,34	≤ 13,3
Nitrato	mg/l N	59,95	72,36	62,90	66,16	51,19	70,45	12,40	39,78	36,67	86,08	≤ 10
Nitrito	mg/l N	7,23	13,30	14,21	9,81	8,99	16,28	8,43	6,42	11,64	17,60	≤ 1
Cloretos	mg/l Cl	56,30	66,29	67,62	76,41	94,12	63,55	328,12	439,83	81,82	54,63	≤ 250
Dureza	mg/l CaCO ₃	156,00	170,00	99,00	130,00	198,00	214,00	165,00	203,00	182,00	134,00	-
Alcalinidade	mg/l CaCO ₃	116,00	132,00	158,00	166,00	121,00	134,00	98,00	142,00	138,00	122,00	-
COT	mg/l O ₂	6,70	8,60	10,20	13,60	9,20	7,60	19,40	23,40	8,90	7,70	-
Sulfatos	mg/l SO ₂	57,38	60,83	38,55	55,04	66,57	48,33	7,87	181,76	44,57	35,31	≤ 250
DBO	mg/L O ₂	50,50	51,10	52,40	51,60	51,60	53,30	53,00	53,50	53,80	54,20	≤ 10
DQO	mg/L O ₂	180,00	184,00	176,00	160,00	285,00	162,00	164,00	116,00	141,00	136,00	-

Além dos parâmetros apresentados, foi observado que todos os canais apresentam odor e aspectos que não são objetáveis para todas as classes (especial a 4), como material flutuante, e óleos e graxas visíveis.

O parâmetro pH, oscilou em geral entre 6,0 e 7,0, com a maioria dos resultados um pouco abaixo da neutralidade (pH = 6,50), sendo bem plausível de compreender devido a intensa atividade biológica e matéria orgânica nos canais. O valor mais elevado (próximo a 7,0) foi obtido no C05. O valor mais reduzido, 6,13, foi obtido C03. Considerando-se os valores limites estabelecidos pela legislação ambiental, todos os pontos amostrados se apresentaram dentro do limite estabelecido.

A figura 69 apresenta o comportamento do pH para os canais das bacias hidrográficas.

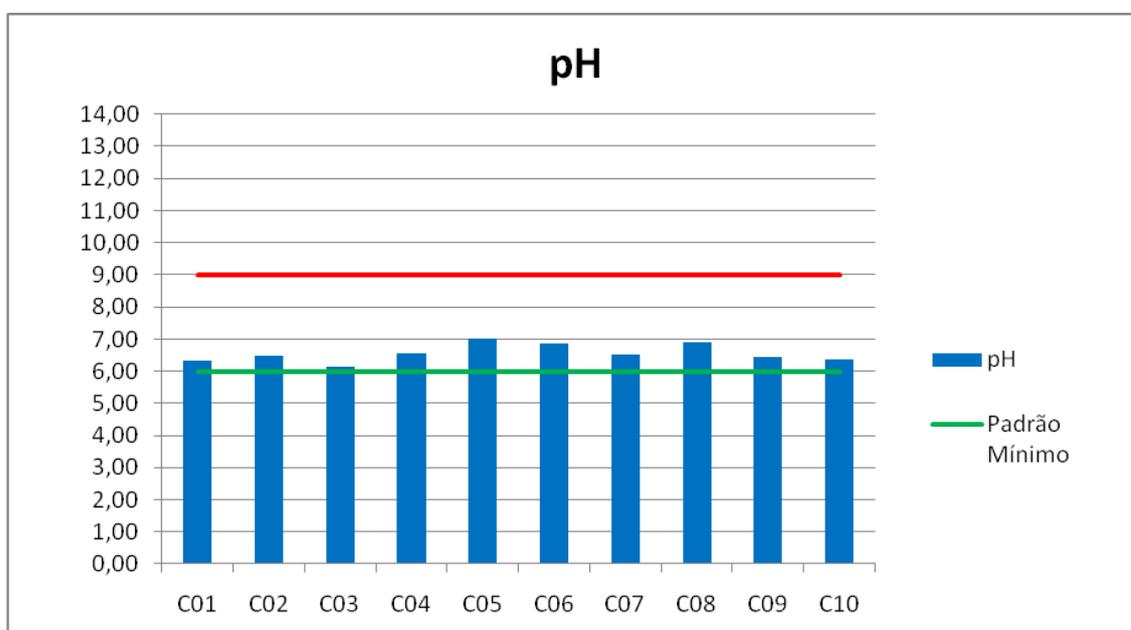


Figura 69 – Comportamento do pH para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

Considerando-se os resultados de cor verdadeira obtidos, estes foram bastante elevados, oscilando entre 250 e um máximo de 450 mg/l Pt, onde todos os pontos amostrais se apresentaram com resultados acima do padrão de 75 mg/l Pt estabelecido pela Res. CONAMA. Na figura 70 apresentando o comportamento deste parâmetro.

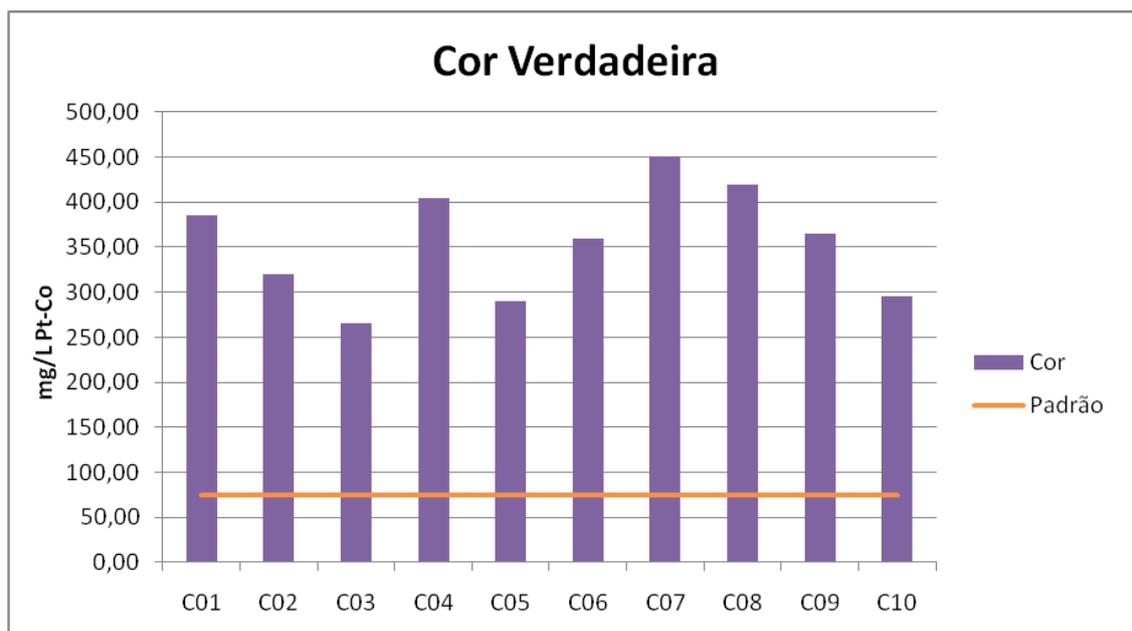


Figura 70 – Comportamento da Cor Verdadeira para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

Para o parâmetro turbidez, verificou-se que o mesmo apresentou valores que variaram de 20 a 80 UT. Observa-se que todos os valores se encontraram em conformidade ao limite de 100 UT estabelecido pela legislação ambiental vigente, e apresentando os mesmos níveis de concentração do rio Guamá e da Baía do Guajará em alguns pontos (em torno de 60 UT). A figura 71 apresenta o comportamento.

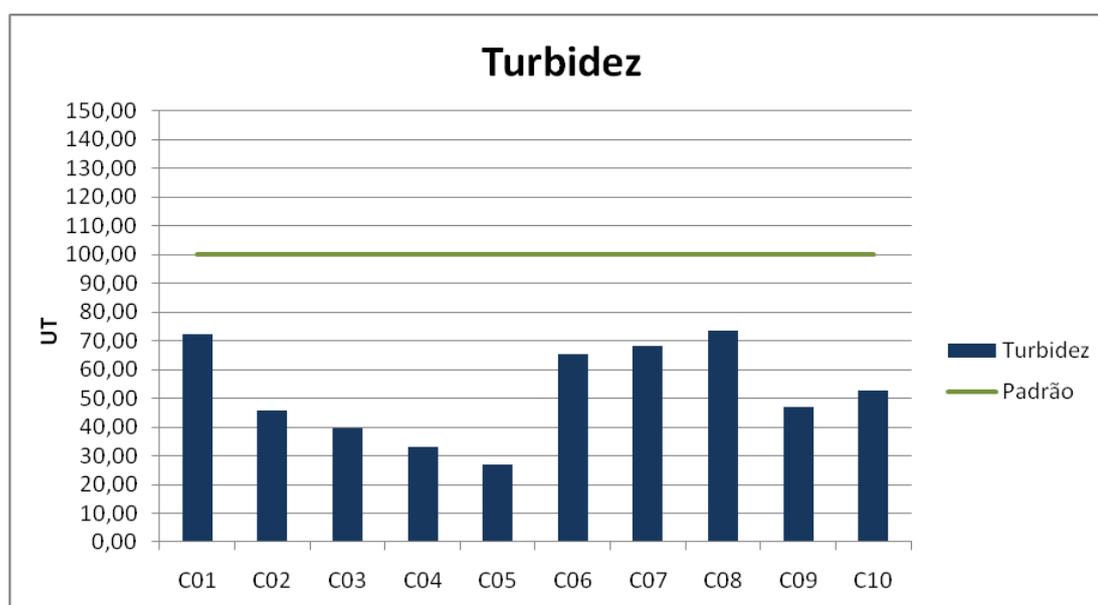


Figura 71 – Comportamento da Turbidez para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

Em relação aos parâmetros contendo nitrogênio, também foram analisados a amônia, nitrato e nitrito. Estes parâmetros apresentaram concentrações significativas na sua maioria.

Considerando-se a amônia, esta foi detectada acima do preconizado pela legislação vigente em praticamente todos os pontos e campanhas, à exceção do ponto C07 com resultado reduzido de 2,86 mg/L. Os demais pontos amostrais apresentaram resultados acima do limite preconizado pela legislação vigente de 13,3 mg/L.

Em relação ao nitrito, o mesmo se apresentou em concentrações muito superiores aos padrões legais para todas as amostras, ou seja, bem acima de 1,0 mg/L. O nitrato também manifestou o mesmo comportamento dos anteriores, sendo detectado em todas as amostras, em concentrações superiores a 10 mg/L (padrão legal), indicando a alta carga poluidora resultante de inúmeros lançamentos de esgoto sanitário nos canais das bacias hidrográficas.

As figuras 72, 73 e 74 apresentam o comportamento da série nitrogenada.

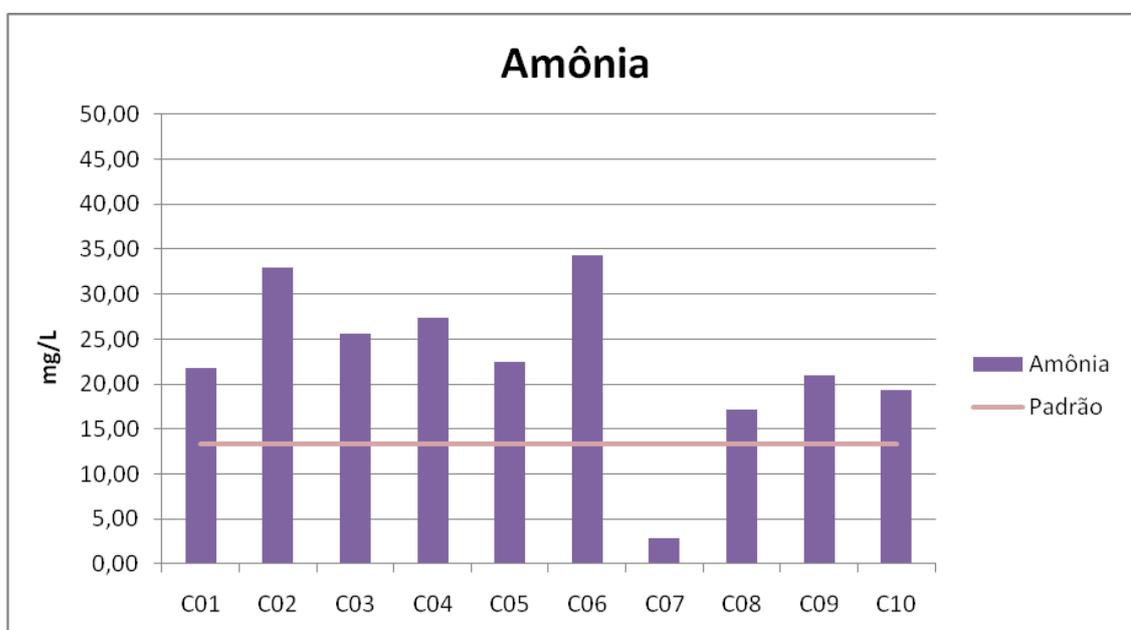


Figura 72 – Comportamento da Amônia para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

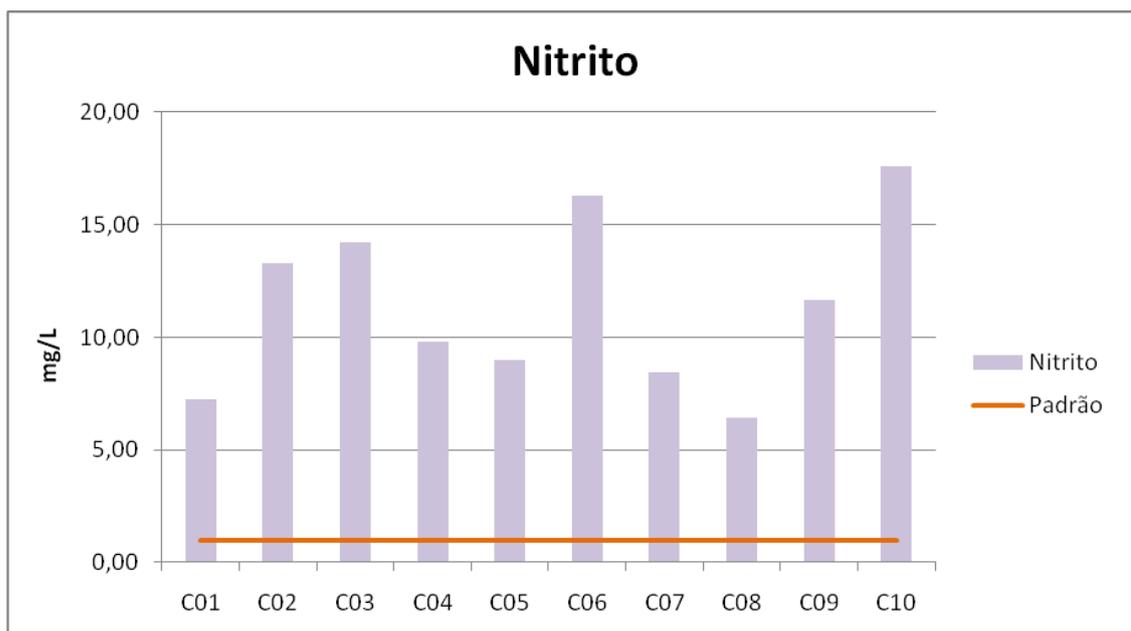


Figura 73 – Comportamento do Nitrito para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

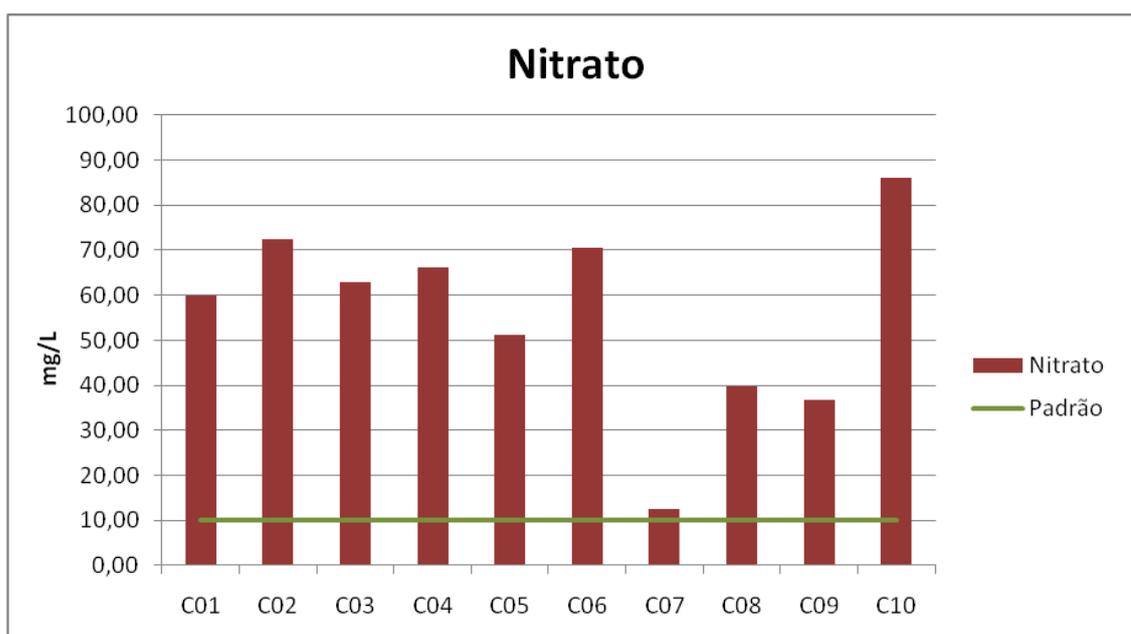


Figura 74 – Comportamento do Nitrato para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

As concentrações do parâmetro cloretos apresentaram-se reduzidas, na maioria dos pontos amostrais, entre 50 e 100 mg/L, porém nos pontos C07 e C08, foram obtidos resultados bem acima do preconizado pela Res. CONAMA 357/05 (250 mg/L). Este parâmetro indica uma forte fonte de contaminação para esses pontos (C07 e C08).

A figura 75 apresenta o comportamento deste parâmetro para os pontos amostrais.

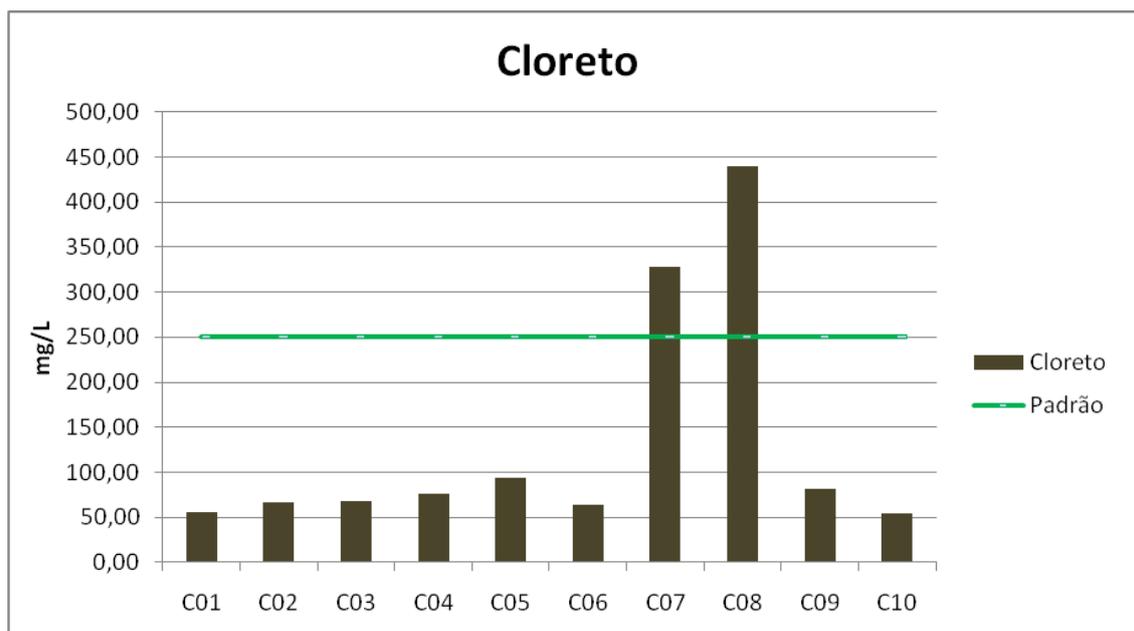


Figura 75 – Comportamento de Cloreto para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

Em relação à dureza total, foram obtidos valores reduzidos para este parâmetro, os quais variaram entre 100 e 200 mg/L, sendo que não existe padrão para este parâmetro para corpos hídricos de Classe 3 segundo a Res. CONAMA 357/05, como pode ser observado na figura 76.

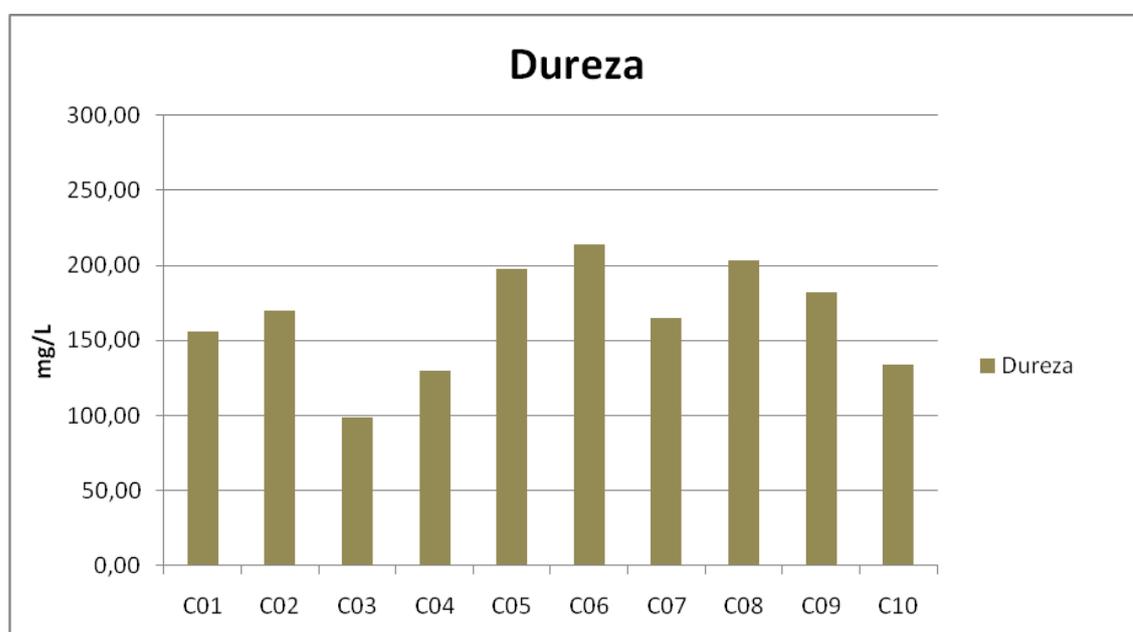


Figura 76 – Comportamento da Dureza para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

Considerando-se os resultados de alcalinidade total obtidos para os pontos amostrados, são percebidos valores significativos oscilando entre 100 e 150 mg/L, para as amostras de superfície. A figura 77 apresenta o comportamento do parâmetro.

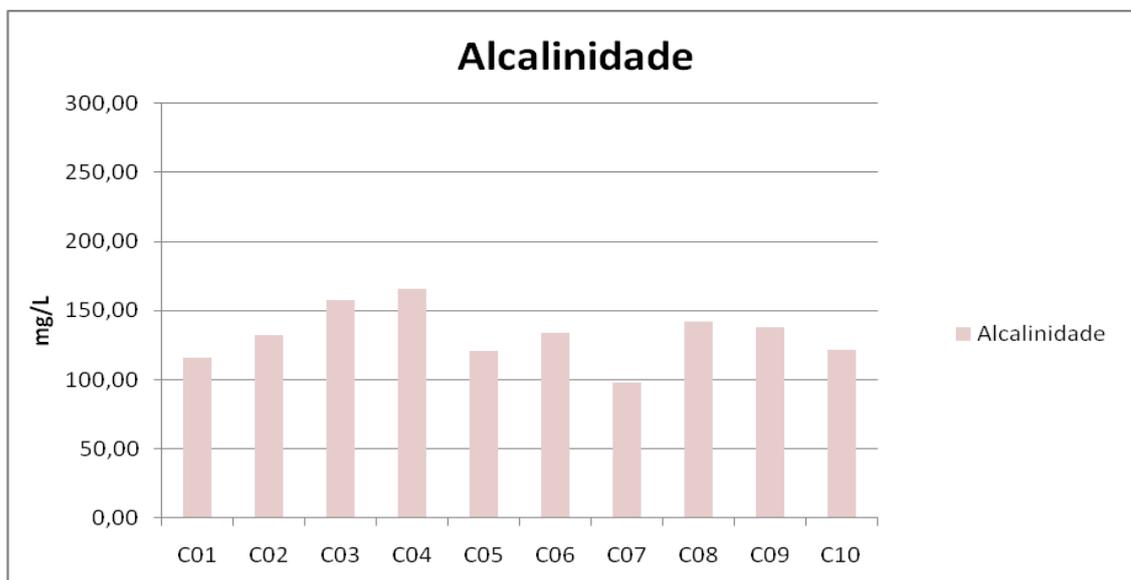


Figura 77 – Comportamento da Alcalinidade para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

Em relação aos resultados obtidos para o parâmetro Matéria Orgânica Consumida, todos os pontos amostrados apresentaram consumo de oxigênio bastante acentuado em seu meio, indicando a presença de matéria orgânica (figura 78).

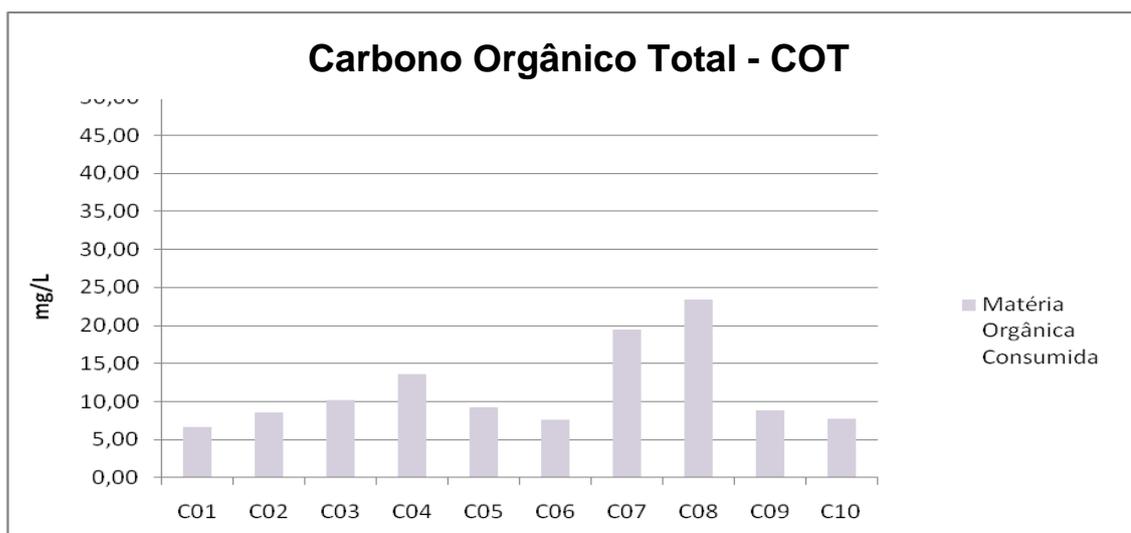


Figura 78 – Comportamento da Matéria Orgânica Consumida para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

Em relação ao sulfato, foram observados resultados reduzidos para praticamente todos os pontos amostrados, com exceção do ponto C08 onde está presente em concentrações mais altas, porém não ultrapassa o limite padrão da Res. CONAMA 357/05 (250 mg/L).

A figura 79 apresenta o comportamento para este parâmetro nos pontos amostrados.

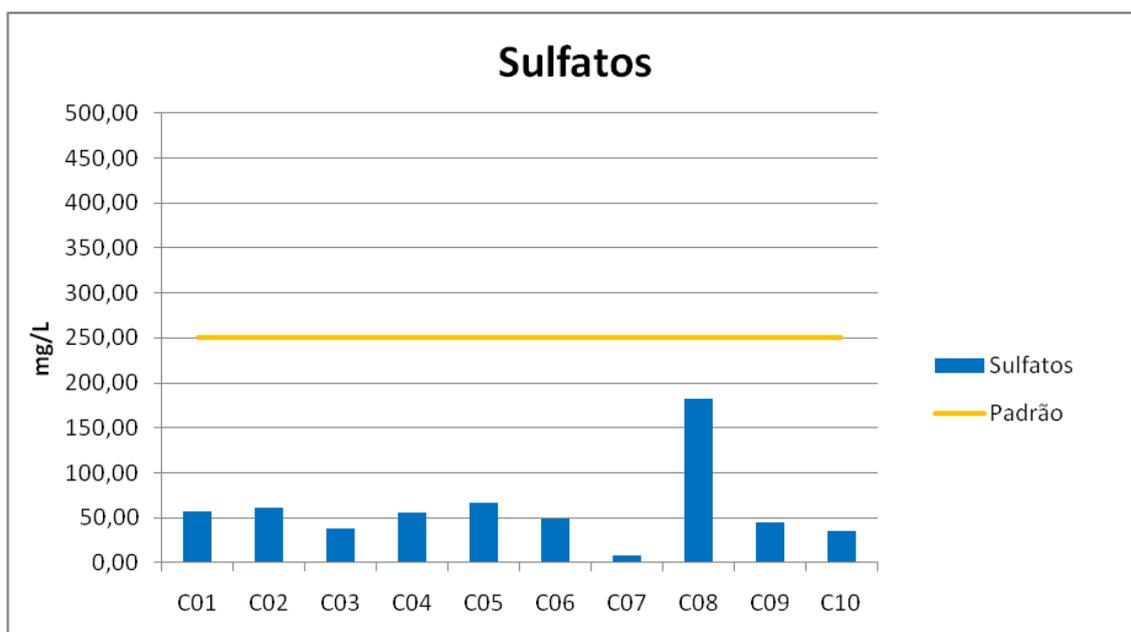


Figura 79 – Comportamento do Sulfato para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO apresentou-se elevada para todos os pontos de amostragem, oscilando em torno de 50,0 mg O₂/L. Se considerarmos o limite de 10,0 mg O₂/L, todos os resultados ultrapassaram a este padrão. Os resultados elevados de DBO, indicando uma presença de matéria orgânica nas águas, confirmam os resultados elevados na matéria orgânica consumida.

A figura 80 apresenta o comportamento para este parâmetro nos pontos amostrados.

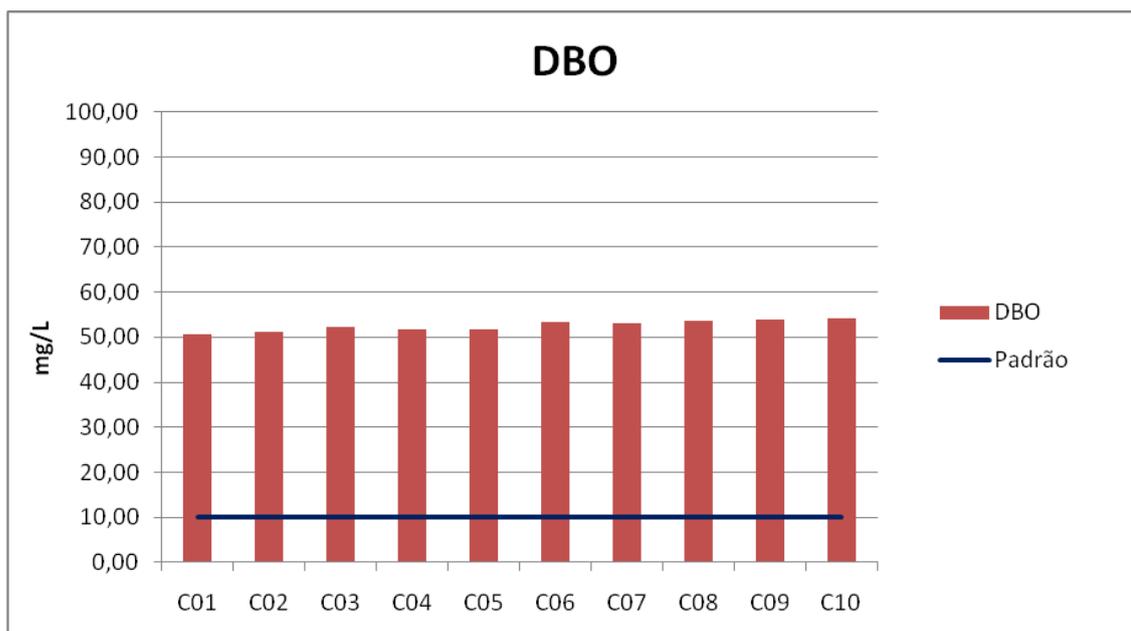


Figura 80 – Comportamento da DBO para os canais drenantes das bacias hidrográficas.

Os resultados para a Demanda Química de Oxigênio – DQO (Figura 81), se apresentaram em valores mais significativos ainda comparados a DBO, oscilando entre 100,0 e 300,0 mg O₂/L. Observa-se que a legislação ambiental também não estabelece limite para este parâmetro. Porém, é um fato de que muito oxigênio está sendo consumido. Os despejos de esgotos industriais podem ser os maiores responsáveis pela concentração deste parâmetro.

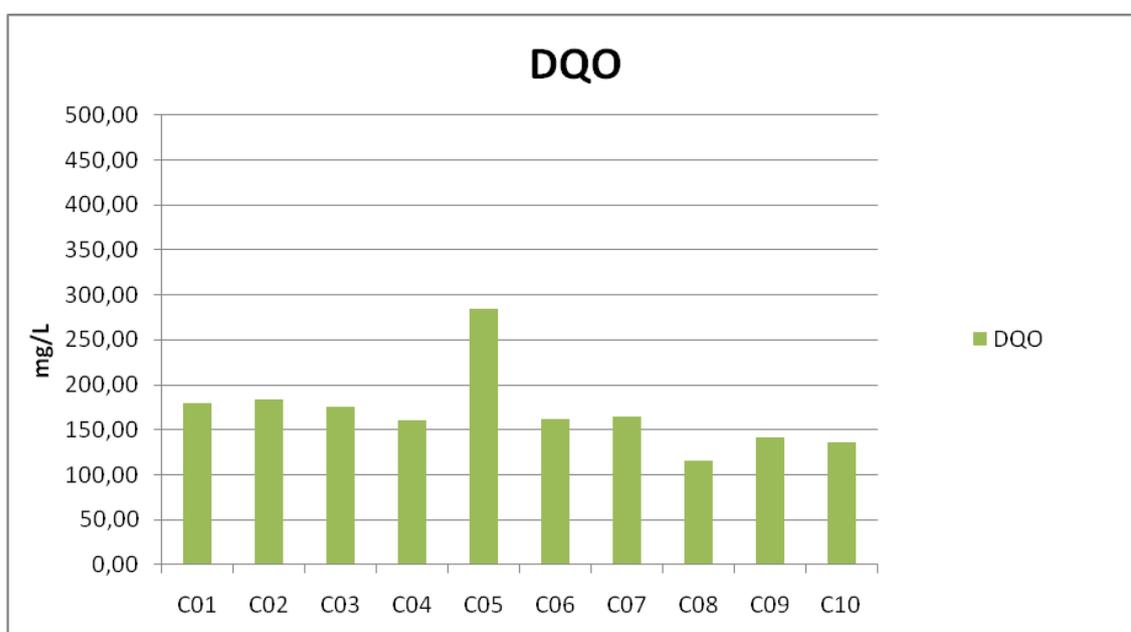


Figura 81 – Comportamento da DQO para os poços amostrados.

Avaliando-se os resultados de uma maneira geral, percebe-se que todos os pontos apresentaram parâmetros que não possibilitaram enquadrar as águas dos canais na Classe 3 e nem na Classe 4 da Res. CONAMA 357/05.

A alta taxa de contribuição de esgoto doméstico e industrial nos canais das bacias hidrográficas do Una e da Estrada Nova, alteram totalmente as características naturais dos igarapés que dão origem aos canais drenantes.

Está clara a presença de muita matéria orgânica nos canais, assim como um grande consumo de oxigênio e da presença da série nitrogenada, mais uma vez, reforçando o fato de que o lançamento de esgoto altera a qualidade da água dos canais.

4.3.3.1. Condições sanitárias dos canais drenantes das bacias hidrográficas do Una e da Estrada Nova

Através da coleta de amostras nos canais, foi possível observar as condições sanitárias e ambientais dos mesmos. As figuras 82 e 83 apresentam o ato da coleta utilizando um balde e garrafas pet para coletar e armazenar as amostras respectivamente.

Na figura 82 observam-se uma grande quantidade de macrófitas e outro tipo de vegetação instaladas as margens do canal Bernardo Sayão, diagnosticando baixa velocidade de escoamento nos canais e a ocorrência do fenômeno da eutrofização, causado pela alta concentração de nitrogênio e fósforo nas águas.

Na figura 83 pode ser observado a coloração e a turbidez da água, que tem como fonte o esgoto doméstico e a contribuição pluvial das bacias hidrográficas.



Figura 82 - Coleta da amostra no ponto C03



Figura 83 - Armazenamento das amostras em garrafa pet.

Os resíduos lançados pela população nos canais, como, também, os que sofrem transporte através do escoamento superficial, dificultam a manutenção e o escoamento dos

mesmos, sem considerar os impactos ambientais provocados por estes resíduos, como pode ser visualizado na figura 84, no canal do Una, resíduos acumulados nas comportas do canal.

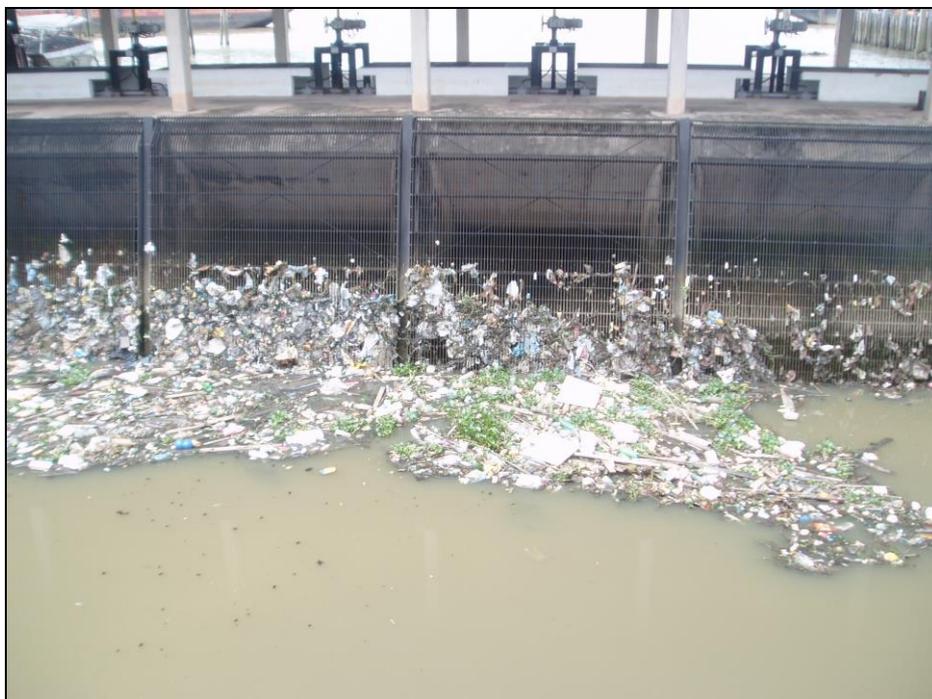


Figura 84 - Resíduos presentes no canal do Una (ponto C09).

Tronco de árvore, dois sofás, uma caixa de som, mesa, pneus de carros, orelhão (telefone público), galinheiro, janela de madeira, armário, velocípede e uma bicicleta são alguns dos objetos que normalmente são retirados dos canais de Belém.

Desta forma, conclui-se que a conservação ambiental dos canais das bacias hidrográficas depende muito mais de uma questão educacional. A própria população tem que se reeducar, não jogar lixo nas margens dos canais, tão pouco jogar lixo e dejetos diretamente neles, e adotar algum tipo de tratamento primário e secundário de esgotamento sanitário.

Ainda pode-se ressaltar novamente que a Bacia da Estrada Nova vive uma situação de profunda pobreza e miséria, com grandes áreas alagáveis, canais a céu aberto sem qualquer estrutura de operação. Isso pode ser observado claramente nos resultados da pesquisa epidemiológica, onde a concentração de doenças de veiculação hídrica está muito mais concentrada na Bacia da Estrada Nova do que na do Una. É uma área crítica com os piores indicadores possíveis tanto na área ambiental como no ponto de vista de saúde pública.

5. VULNERABILIDADE DO SISTEMA AQUÍFERO SUPERIOR DAS ÁREAS DE ESTUDO

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Como observado anteriormente, apenas 6% da população de Belém é beneficiada pelo esgotamento sanitário, enquanto o restante usa fossas sépticas e negras ou lançando os dejetos “in natura” diretamente nos igarapés e canais que drenam o núcleo urbano. O levantamento de qualidade de água realizado atesta que a maioria dos poços rasos avaliados apresenta índices de contaminação por nitrato acima dos valores aceitáveis pela portaria de potabilidade do Ministério da Saúde, tendo como fundamento as análises laboratoriais, cujos resultados revelaram teores de até 20 mg/l de nitrato, inclusive em poços amazonas.

Essa contaminação muitas vezes está associada ao fato de que as camadas geológicas das porções mais superficiais de sub superfície serem predominantemente arenosa, facilitando a lixiviação de contaminantes, e ainda à construção de poços sem critérios técnicos adequados. Sob estas condições, outras formas de contaminação vêm alcançando os aquíferos mais superiores do município, como são aquelas decorrentes de vazamento em postos de combustíveis, disposição inadequada do lixo, esgoto a céu aberto, efluentes de limpa-fossa, resíduos industriais, lixo hospitalar, necro chorume e outras.

Para que se possa entender a vulnerabilidade dos aquíferos superiores das bacias hidrográficas estudadas, é necessário conhecer as áreas de recargas do aquífero superficial da região, assim como o fluxo do mesmo.

Também é necessário conhecer a extensão e a delimitação das áreas alagáveis e alagadas das bacias, que através do cruzamento dessas informações comparativamente com o mapeamento da situação endêmica das doenças de veiculação hídrica, facilmente poderá ser observado as zonas de vulnerabilidade dos aquíferos subterrâneos superiores.

Com base nessas informações, diretrizes para a mitigação das fontes de contaminação serão apresentadas posteriormente a este capítulo.

5.2. DADOS E INFORMAÇÕES LOCAIS

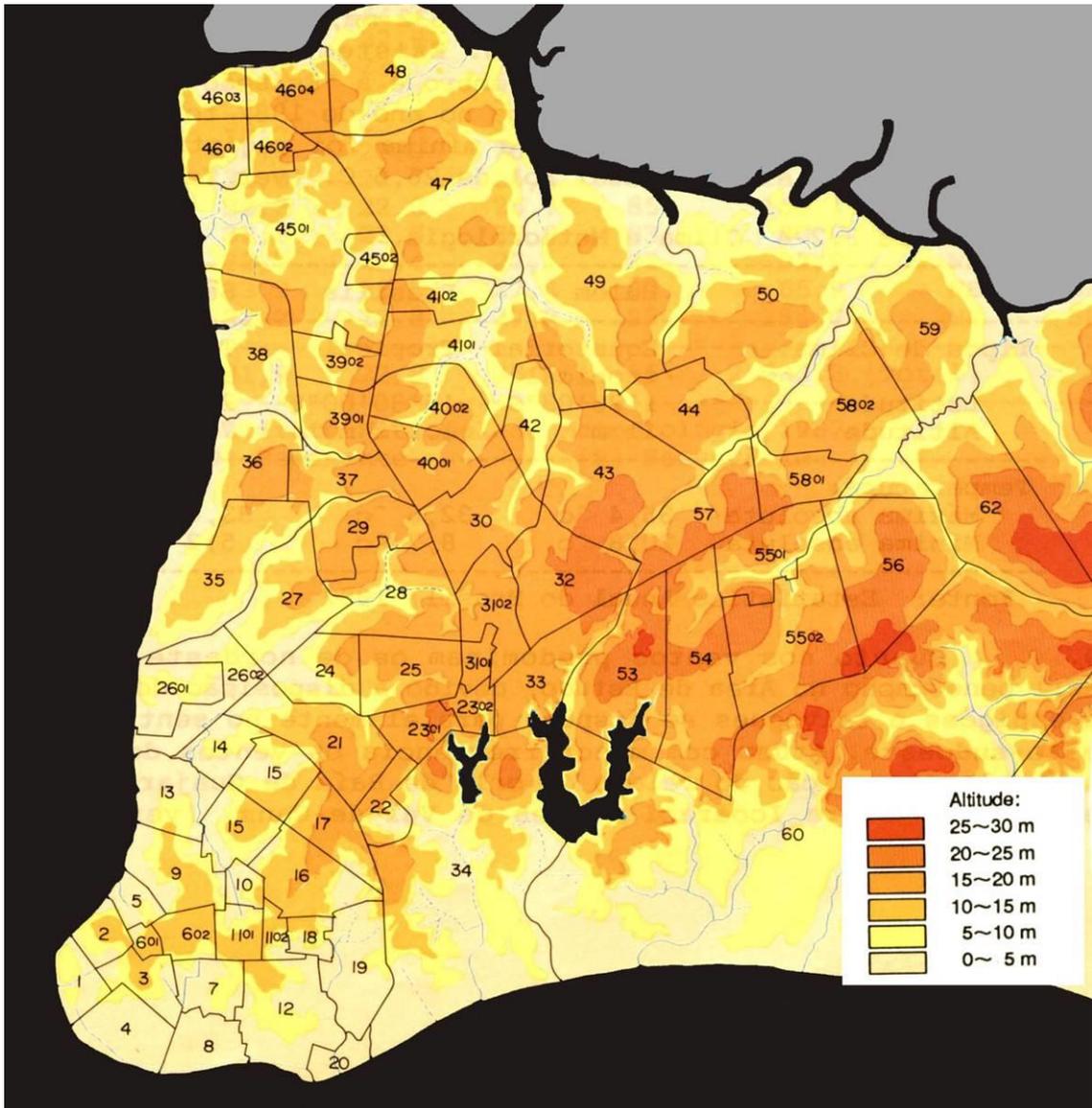
5.2.1. Áreas alagadas e alagáveis

Para que seja possível delimitar as áreas alagadas e alagáveis do município de Belém, assim como das bacias hidrográficas objeto deste estudo, serão sintetizadas informações acerca da morfologia do município, bem como procedida a análise da sua topografia através do mapa digital da elevação do terreno.

Segundo Mercês (1997), o relevo de Belém é bastante uniforme, variando de plano a suavemente ondulado. A altitude máxima no município de Belém está situada na ilha de Mosqueiro, e tem cota de 25 metros.

Morfologicamente, Belém foi construída sobre formas erosivas, constituídas por superfícies pediplanadas e por plena planície fluvial, caracterizado por um emaranhado de canais recentes, paleocanais, furos, igarapés, paranás, meandros abandonados e lagos, que marcam um complexo de terra e água em evolução atual, com partes sujeitas a inundação periódica, quer pela água das chuvas, quer pelas águas das marés diárias ou de equinócio. A cota de 4 metros, verificada ao longo das orlas (continental e insulares) da metrópole belenense, é considerada a maior altitude sujeita a tais inundações. As áreas situadas do nível do mar até esta cota de 4 metros são denominadas “baixadas” no município de Belém.

O mapa de relevo da área continental, e o mapa de áreas alagadas e alagáveis do território metropolitano, são constituintes das Figuras 85 e 86, respectivamente. Mostram a presença de um espigão divisor de águas configurado, fundamentalmente, em “Y”, cujo tronco é constituído, basicamente, pelas avenidas Nazaré e Almirante Barroso até o Entroncamento, a partir de onde se bifurca, tendo então como eixos referenciais a Rodovia BR-316 e a Avenida Augusto Montenegro, sendo esta na direção de Icoaraci e aquela no rumo de Ananindeua. Mostram também as áreas de “baixadas”, grande parte das quais, localizadas ao longo das orlas dos rios Guamá e Maguari, bem como da baía do Guajará.



Fonte: JICA; EMTU (1991)
 Figura 85 - Relevo da área continental na RMB.

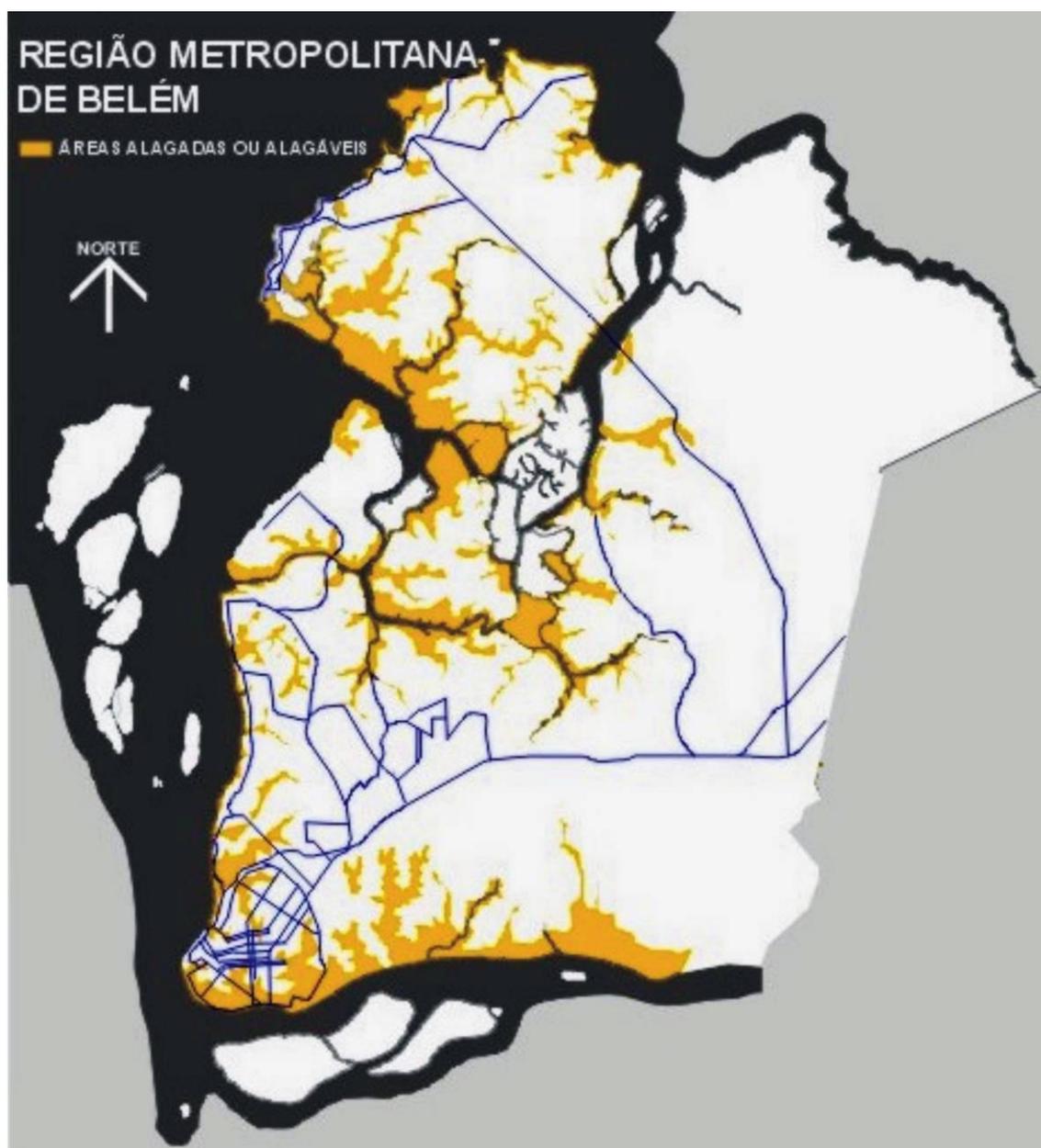


Figura 86 - Áreas alagadas e alagáveis da RMB. Fonte: Mercês et al. (1997)

A seguir poderá ser visualizado a delimitação das áreas alagadas e alagáveis das bacias do Una e da Estrada Nova, através do cruzamento da topografia do município com espaçamento de 2 metros e das aero fotos da CODEM do ano de 2000.

A figura 87 apresenta as áreas alagadas e alagáveis da bacia do Una.

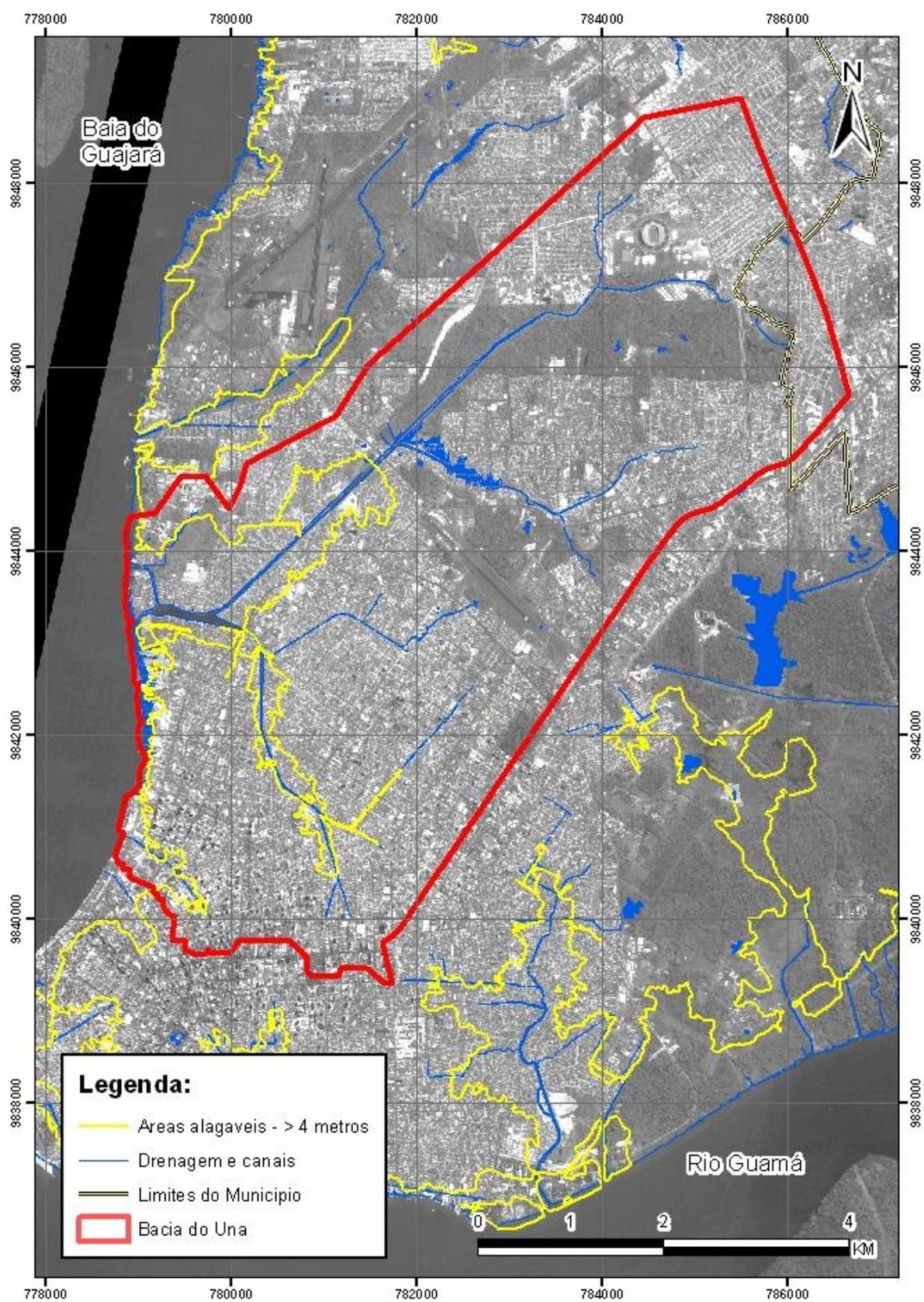


Figura 87 - Áreas alagadas e alagáveis da bacia do Una. Fonte: CBERS e SISCON (2000) adaptado por Eduardo Leão.

A figura 88 apresenta as áreas alagadas e alagáveis da bacia da Estrada Nova.

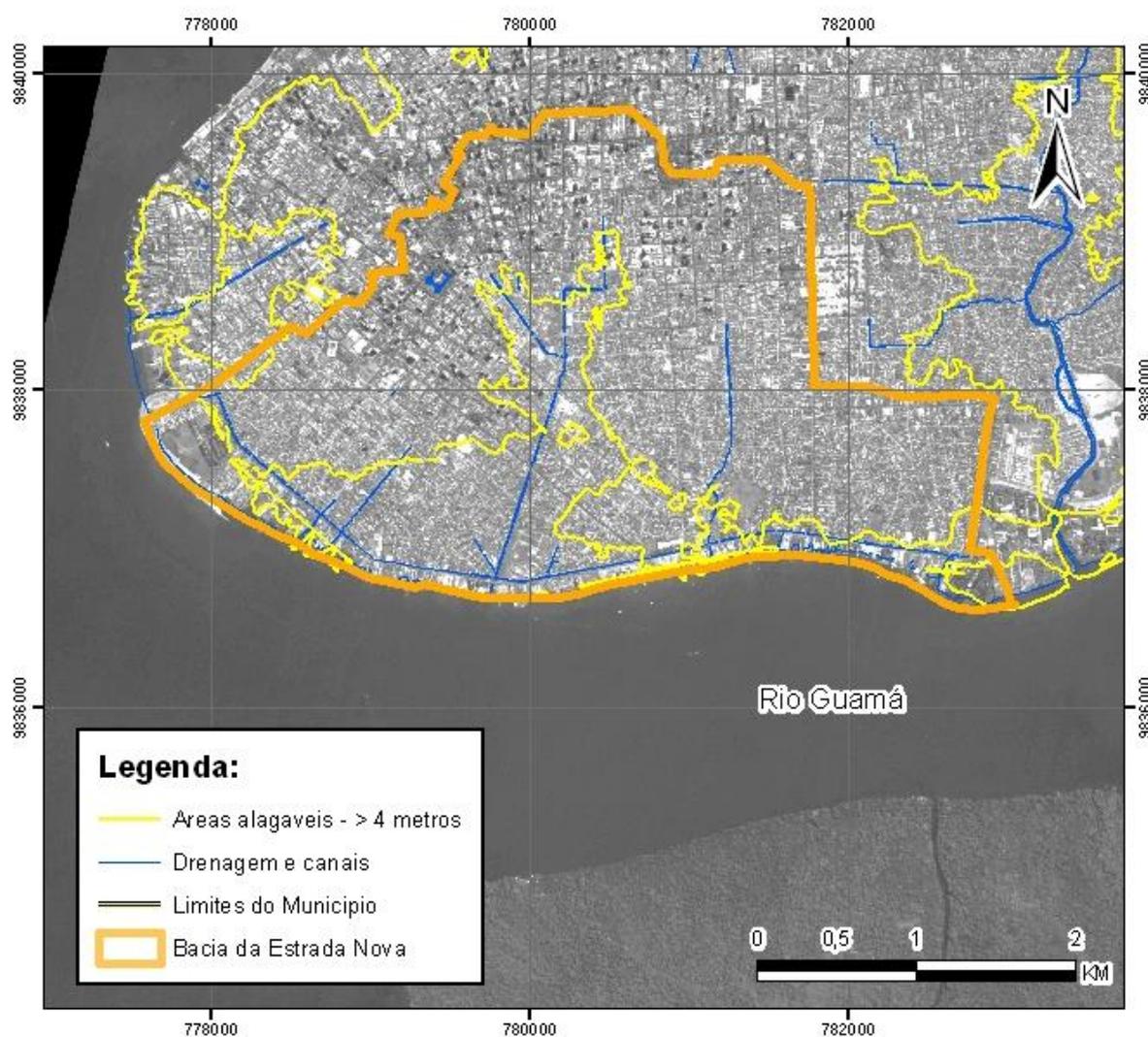


Figura 88 - Áreas alagadas e alagáveis da bacia da Estrada Nova. Fonte: CBERS e SISCON (2000) adaptado por Eduardo Leão.

Através das figuras expostas com este grande nível de detalhes, verifica-se novamente que as áreas alagadas ou alagáveis ou de “baixadas” estão situadas as margens dos principais canais drenantes do município e as margens dos seus rios confinantes, Guamá e Guajará.

5.3. FONTES DE VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS LIVRES

O assunto tratado neste item enfoca os níveis atuais de poluição ou de risco de contaminação dos aquíferos livres. Tais riscos estão relacionados aos usos dos canais drenantes de Belém, onde constatou-se anteriormente que alguns desses cursos d’água são zonas de recarga dos aquíferos.

5.3.1. Níveis Atuais de Poluição

Inúmeras atividades do homem introduzem no meio ambiente substâncias que modificam as características físicas que ali não existiam antes, ou que existiam em quantidades diferentes. A este processo chamamos de contaminação ou poluição.

Mesmo que os canais drenantes de Belém funcionem como bacias de acumulação de água de chuva e dreno de água servida da cidade, são essas alterações da qualidade e quantidade das águas que mudam os níveis de poluição.

No geral, os depósitos de água subterrânea são bem mais resistentes aos processos poluidores do que os de água superficial, pois a camada de solo sobrejacente atua como filtro físico e químico. A facilidade de um poluente atingir a água subterrânea dependerá dos seguintes fatores (Costa, 2004):

a) Tipo de aquífero.

Os aquíferos freáticos são mais vulneráveis do que os confinados ou semi confinados. Aquíferos porosos são mais resistentes dos que os fissurais, e entre estes os mais vulneráveis são os cársticos.

b) Profundidade do nível estático: (espessura da zona de aeração)

Como esta zona atua como um reator físico-químico, sua espessura tem papel importante. Espessuras maiores permitirão maior tempo de filtragem, além do que aumentarão o tempo de exposição do poluente aos agentes oxidantes e adsorventes presentes na zona de aeração.

c) Permeabilidade da zona de aeração e do aquífero.

A permeabilidade da zona de aeração é fundamental quando se pensa em poluição. Uma zona de aeração impermeável ou pouco permeável é uma barreira à penetração de poluentes no aquífero. Aquíferos extensos podem estar parcialmente recobertos por camadas impermeáveis em algumas áreas enquanto em outras acontece o inverso. Estas áreas de maior permeabilidade atuam como zona de recarga e têm uma importância fundamental em seu gerenciamento.

Por outro lado, alta permeabilidade (transmissividade) permite uma rápida difusão da poluição. O avanço da mancha poluidora poderá ser acelerado pela exploração do aquífero, na medida em que aumenta a velocidade do fluxo subterrâneo em direção às áreas onde está havendo a retirada de água. No caso de aquíferos litorâneos, a super exploração poderá levar à

ruptura do frágil equilíbrio existente entre água doce e água salgada, produzindo o que se convencionou chamar de intrusão de água salgada ou da cunha salina.

d) Teor de matéria orgânica existente sobre o solo

A matéria orgânica tem grande capacidade de adsorver uma gama variada de metais pesados e moléculas orgânicas. Estudos no Estado do Paraná (FEITOSA, 1997), onde está muito difundida a técnica do plantio direto, têm mostrado que o aumento do teor de matéria orgânica no solo tem sido responsável por uma grande diminuição do impacto ambiental da agricultura. Têm diminuído a quantidade de nitrato e sedimentos carregados para os cursos d'água. Segundo técnicos estaduais isto tem modificado o próprio aspecto da água da represa de Itaipu.

e) Tipo dos óxidos e minerais de argila existentes no solo.

Sabe-se que estes compostos, por suas cargas químicas superficiais, têm grande capacidade de reter uma série de elementos e compostos.

Na contaminação de um solo por nitrato, sabe-se que o manejo de fertilizantes, com adição de gesso ao solo, facilita a reciclagem do nitrogênio pelos vegetais e, conseqüentemente, a penetração do nitrato no solo é menor. Da mesma forma, a mobilidade dos íons nitratos é muito dependente do balanço de cargas. Solos com balanço positivo de cargas suportam mais nitrato. Neste particular, é de se notar que nos solos tropicais os minerais predominantes são óxidos de ferro e alumínio e caolinita, que possuem significante cargas positivas, o que permite interação do tipo íon-íon (interação forte) com uma gama variada de produtos que devem sua atividade pesticida a grupos moleculares iônicos e polares.

Um poluente após atingir o solo, poderá passar por uma série de reações químicas, bioquímicas, fotoquímicas e inter-relações físicas com os constituintes do solo antes de atingir a água subterrânea. Estas reações poderão neutralizar, modificar ou retardar a ação poluente. Em muitas situações a biotransformação e a decomposição ambiental dos compostos fitossanitários podem conduzir à formação de produtos com uma ação tóxica aguda mais intensa ou, então, possuidores de efeitos injuriosos não caracterizados nas moléculas precursoras.

Os processos que agem sobre os poluentes que atingem o solo podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- Adsorção-desorção
- Ácido-base

- Solução-precipitação
- Oxidação-redução
- Associação iônica (complexação)
- Síntese celular microbiana
- Decaimento radioativo

Frente ao acelerado processo de urbanização do município de Belém, a demanda hídrica aumentou significativamente, além de terem esses mesmos usos provocando a degradação dos recursos hídricos, não apenas os superficiais, como também os subterrâneos.

Dentro desse contexto, o município é uma área rica em recursos hídricos, que, no entanto, não se distribuem proporcionalmente em relação às áreas de maior demanda. Observa-se que o maior problema enfrentado pelos órgãos de saneamento básico, no que se refere ao abastecimento público de água às populações dos municípios, é a qualidade dos mananciais superficiais utilizados. Esses mananciais se encontram bastante comprometidos pelo lançamento de esgotos industriais e domésticos sem tratamento, pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, pelo uso de agrotóxicos, pelo vazamento de combustíveis dos tanques enterrados e/ou a migração de poluentes de outras naturezas. Esta situação requer um conjunto de medidas que visem reverter esta tendência, passando pelo gerenciamento do uso da água, que vai desde a outorga de uso até a implantação de eficazes sistemas de tratamento de esgotos.

Segundo o levantamento dos pontos d'água do município de Belém apresentado no estudo elaborado pelo CPRM em 1998, foi possível verificar, através de parâmetros físicos, químicos e biológicos, o comprometimento qualitativo de praticamente todos os cursos d'água e os aquíferos mais superficiais.

Os aquíferos, especialmente os mais profundos, apresentam potencialidade para servirem de mananciais para o abastecimento público e industrial. Eles não estão imunes a problemas, uma vez que, também, podem ser alcançados por contaminantes similares àqueles que comprometem os recursos hídricos superficiais.

Convém registrar que as análises bacteriológicas realizadas nas principais drenagens demonstram que os rios urbanos estão comprometidos pelos elevados teores de coliformes fecais e totais, turbidez e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Na maioria das amostras coletadas, são altas as concentrações de amônia e nitrogênio e extremamente baixas as de oxigênio dissolvido (OD), chegando a zero em época de estiagem prolongada, como pôde ser verificado anteriormente para a área de estudo e como apresentado na tabela 23 para o entorno do município.

Tabela 23 - RESULTADOS ANALÍTICOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS PARA RMB LEVANTADO PELO CPRM.

PARÂMETROS ANALISADOS	IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA AMOSTRA													
	Ig. da Pedreirinha	Ig. das Toras	Ig. das Toras	Rio Uriboça	Ig. das Toras	Ig. Itabira	Rio Mocajatuba	Ig. Curuçambá	Ig. 40 Horas	Afl. do Ig. Maguari	Afl. do Ig. Maguari	Ig. Itabira	Afl. do Rio Aurá	Água da COSANPA
pH	5,5	4,7	4,7	4,7	5,2	5,5	5,2	5,2	5,2	6,0	6,0	6,0	4,5	6,5
Oxig. Dissolvido mg/IO ₂	1,30	3,55	5,30	3,80	3,00	4,95	5,95	5,20	2,90	0,90	2,00	1,10	5,30	-
OD de Saturação mg/IO ₂	7,91	8,06	8,07	7,91	8,07	7,91	7,59	7,75	7,75	7,75	7,75	7,59	8,07	-
Saturação de OD %	16,43	44,04	65,67	48,04	37,17	62,58	78,39	67,10	37,42	11,61	25,81	14,49	65,68	-
DBO ₅ mg/IO ₂	5,0	<5	6,5	<5	<5	6,0	6,5	13,0	8,0	9,0	6,0	10,0	<5	<5
DQO mg/IO ₂	20	10	30	10	20	20	10	20	30	20	20	20	10	10
T do ar °C	29	28	29	30	30	32	32	31	34	35	35	35	34	-
T da água °C	28	27	27	28	27	28	30	29	29	29	29	30	27	-
Sólidos Totais mg/l	117	22	35	27	73	140	54	81	123	320	247	172	21	196
Condutividade µS / cm	180,7	22,7	39,1	28,4	74,0	142,0	54,8	82,7	124,8	328,0	251,0	176,1	21,2	200,0
Turbidez	16	10	10	14	10	7	21	14	14,5	7	9	7	7	5
Dureza Total mg/l CaCO ₃	50	3	6	6	17	32	12	16	30	86	55	36	3	99
Cloretos mg/l	19,68	13,92	11,04	10,08	14,88	18,72	13,92	17,76	18,72	24,48	25,44	23,03	16,66	21,6
Sulfatos mg/l	15,35	7,43	4,95	14,61	11,74	10,30	21,73	17,13	18,38	16,56	16,17	11,48	4,76	10,04
Nitr. Amoniacal mg/l NH ₃	2,34	0,05	0,05	0,10	0,13	2,88	1,32	1,96	1,02	0,84	0,76	0,95	0,45	0,52
Nitritos mg/l	0,01	0,01	0,07	0,01	0,06	0,02	0,01	0,03	0,02	ND	0,02	0,01	0,01	ND
Nitratos mg/l	1,07	1,85	8,32	1,33	6,33	2,65	1,19	3,27	2,74	0,50	2,45	1,21	1,84	0,25
Nitrogênio Tot. mg/l	9,2	9,7	20,7	8,6	20,4	18,5	10,0	17,2	10,1	8,6	12,0	4,5	3,0	1,7
Fosfato total mg/l	0,14	ND	ND	ND	ND	0,87	ND	ND	0,1	0,05	0,13	0,28	ND	ND
Ferro total mg/l	1,72	0,63	0,48	1,51	1,07	1,35	0,92	0,69	0,68	1,74	0,95	0,49	0,14	0,08
Coliformes Tot. NMP/100 ml	11 x 10 ⁶	43 x 10 ⁴	46 x 10 ⁵	46 x 10 ⁵	93 x 10 ³	93 x 10 ⁴	23 x 10 ³	23 x 10 ³	23 x 10 ³	43 x 10 ³	43 x 10 ³	24 x 10 ⁵	4,3 x 10 ²	0
Coliformes Fec. NMP/100 ml	93 x 10 ³	43 x 10 ²	93 x 10 ³	15 x 10 ³	23 x 10 ³	11 x 10 ⁴	43 x 10 ²	15 x 10 ³	23 x 10 ³	23 x 10 ³	23 x 10 ³	9 x 10 ⁴	4,3 x 10 ²	0

Fonte: CPRM (1998).

ND = Não Detectado

- = Não Analisado

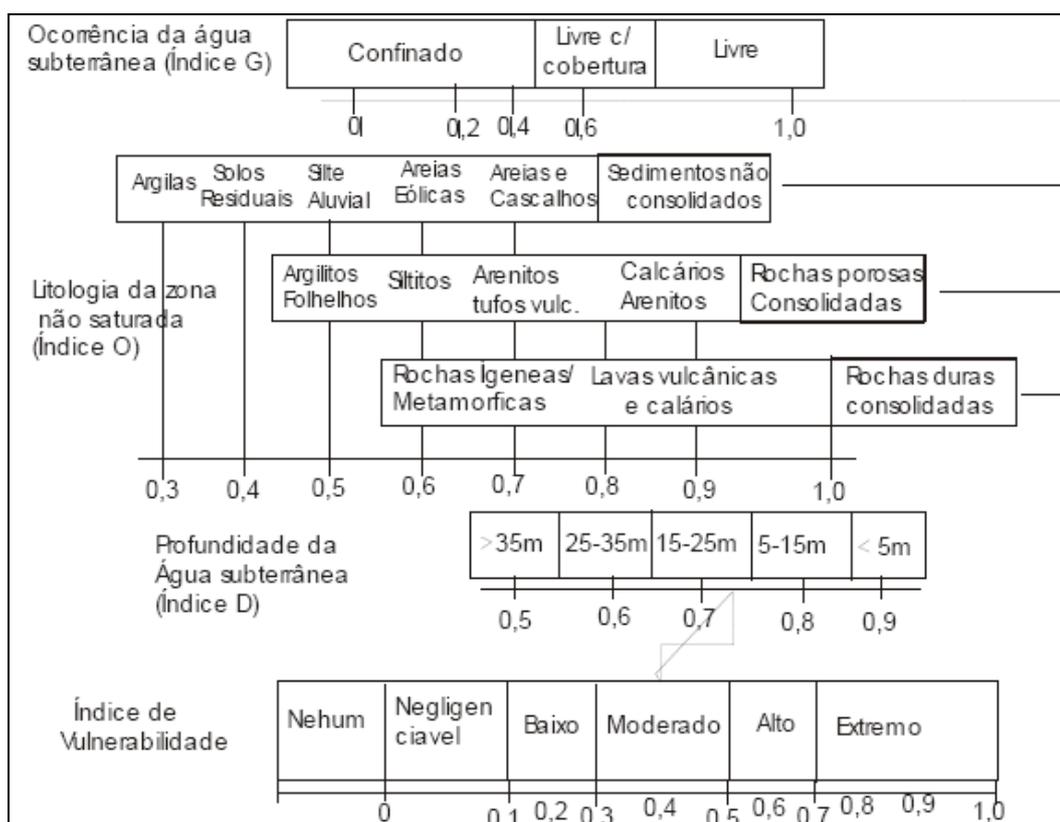
Esse quadro deplorável dos recursos hídricos é proveniente da falta de saneamento básico, em virtude da ineficiência das redes de esgotamento sanitário e das respectivas estações de tratamento. Assim, toda carga orgânica gerada é, em sua maior quantidade, lançada nos cursos d'água da região. Os aquíferos mais superficiais, os mais utilizados pela população periférica, estão, em parte, contaminados pela infiltração dos resíduos sólidos decompostos e de efluentes.

O primeiro a definir, em 1968, o conceito de vulnerabilidade de águas subterrâneas foi Margat (apud Hirata, 1994), expondo que o grau de vulnerabilidade de um aquífero representa a maior ou menor resistência que este oferece à penetração de contaminantes. Este termo geralmente está ligado à contaminação dos aquíferos, mas também pode estar relacionado a aspectos quantitativos. Portanto, este tópico no trabalho é de extrema relevância, pois auxiliará na indicação das áreas mais susceptíveis à contaminação da água subterrânea.

O mapeamento da vulnerabilidade natural dos aquíferos superficiais presentes neste trabalho foi realizado através da metodologia denominada GOD, proposto por Foster & Hirata (1993). Este método foi utilizado por melhor se adaptar à área estudada.

No método GOD, cada letra representa um parâmetro a ser avaliado, sendo “G” (Groundwater occurrence) o tipo de ocorrência da água subterrânea; “O” (Overall lithology of aquiperm) o litotipo da zona não saturada e “D” (Depth of water) a profundidade do nível estático. Os índices desses três parâmetros são multiplicados entre si, gerando um índice final de vulnerabilidade para o aquífero.

A figura 89 representa o fluxograma da metodologia adotada para classificação da vulnerabilidade dos aquíferos que também foi adotada também pela CPRM em 1998 para elaboração da vulnerabilidade dos aquíferos superficiais da Região Metropolitana de Belém.



Fonte: Adaptado por Foster e Hirata (1988)

Figura 89 - Fluxograma para avaliação de vulnerabilidade à contaminação de um aquífero (Adaptado de Foster e Hirata, 1988).

O tipo de ocorrência da água subterrânea ou condição do aquífero em Belém apresenta: aquíferos livres com cobertura argilosa (índice 0,6) e aquíferos livres (índice 1,0). Subjacente ao aquífero livre ocorrem os aquíferos confinados (índice 0,2).

A litologia considerada da zona não saturada, nesta avaliação, constitui-se de: argilas (índice 0,35); siltes, argilas arenosas, areias argilosas (índice 0,5); e areias com ou sem seixos (índice 0,8).

A profundidade do nível d'água ou espessura da zona não saturada foi tomada em quatro classes: > 35 m (índice 0,5); de 35 a 25 m (índice 0,6); de 25 m a 15 m (índice 0,7), de 15 m a 5 m (índice 0,8) e < 5 m (índice 0,9).

Com esses três parâmetros e seus respectivos índices definidos e multiplicando-os entre si, obteve-se o índice de vulnerabilidade versus grau de contaminação da água subterrânea na Região Metropolitana de Belém (Tabela 24).

Tabela 24 - Vulnerabilidade versus grau de contaminação

ZONA NÃO SATURADA	Espessura (m)	< 5	5 a 15	15 a 25	25 a 35	> 35
	Índice	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50

OCORRÊNCIA		AQUÍFERO		GRAU DE VULNERABILIDADE				
Tipo Litológico	Índice	Tipo	Índice					
Arenoso	0,75	Livre	1,00	0,68	0,60	0,53	0,45	0,38
				Alta	Alta	Moderada	Moderada	Moderada
		Livre com Cobertura	0,60	0,41	0,36	0,32	0,27	0,23
				Moderada	Moderada	Baixa	Baixa	Baixa
		Confinado	0,20	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08
				Baixa	Baixa	Baixa	Negligível	Negligível
Argilo Arenoso	0,50	Livre	1,00	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
				Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Baixa
		Livre com Cobertura	0,60	0,27	0,24	0,21	0,18	0,15
				Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
		Confinado	0,20	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
				Negligível	Negligível	Negligível	Negligível	Negligível
Argiloso	0,35	Livre	1,00	0,32	0,28	0,25	0,21	0,18
				Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
		Livre com Cobertura	0,60	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11
				Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Negligível
		Confinado	0,20	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04
				Negligível	Negligível	Negligível	Negligível	Negligível

5.3.2. Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas

O risco potencial de contaminação das águas subterrâneas, em sua conceituação básica (Foster, et al., 1987; Foster, et al., 1988; Hirata, et al. 1990; e Bastos, et al., 1990), é atribuído à interação entre dois fatores fundamentais. Primeiro, a carga contaminante lançada no solo como resultado da atividade humana; e, a vulnerabilidade natural do aquífero ser afetado pela carga contaminante. Essa carga é caracterizada em função de sua classe, intensidade, modo de disposição e duração no terreno, enquanto a vulnerabilidade do sistema aquífero depende da litologia e da estrutura geológica do terreno. Portanto, a carga contaminante pode ser controlada ou modificada, o que não acontece com a vulnerabilidade do aquífero, a não ser

quando as condições naturais são alteradas, mediante a remoção de solos (caso das fossas sépticas, por exemplo) ou de material da zona insaturada, o que pode tornar o aquífero mais vulnerável, semelhante ao que ocorre em Belém.

Para a área de estudo pode ser observado que a carga contaminante não cessa. Ou seja, os rios e cursos d'água urbanos sempre estão recebendo a contribuição de esgoto doméstico, industrial e água servida do município de Belém e adicionalmente, têm-se poços mal construídos, fora das mínimas condições técnicas e de higiene.

Um poço tubular deve ser visto como uma obra de engenharia hidrogeológica, que requer um projeto construtivo, um profissional especialista competente (geólogo), um conhecimento das características hidrogeológicas locais e o cumprimento de todas as etapas construtivas que envolvem: locação do poço, perfuração, completação, desenvolvimento e teste de bombeamento (Cavalcante, 1998).

A atividade de construção de poços “de quintal”, representada unicamente por poços do tipo escavado (amazonas) cresceu rapidamente na RMB. Hoje são milhares de poços escavados, principalmente na zona periférica das cidades. Desnecessário se enfatizar que a associação poço/fossa é um dos problemas mais sérios, não existindo a distância mínima recomendada pela ABNT (30 m).

Com o tempo, os poços escavados vêm sendo substituídos por poços tubulares rasos, que, como os anteriores, captam o sistema aquífero mais superior, extremamente vulnerável à poluição, sobre o qual se desenvolve intensa atividade humana. Essa substituição se verifica sem qualquer preocupação com as normas técnicas e sem a assistência de profissionais habilitados para essa tarefa.

Para agravar esse quadro, vários poços profundos encontram-se desativados, sendo que a maioria deles não foram tamponados e estão abertos. Essa situação coloca os aquíferos mais profundos em conexão direta com os meios poluentes da superfície. Já no que se refere aos poços tubulares profundos em operação, a maioria não apresenta manutenção satisfatória e suas bocas quase sempre estão abertas, aumentando os riscos de contaminação.

As situações descritas nesses poços passam a se constituir em risco potencial de condução das cargas poluentes até as camadas aquíferas mais profundas, que ao ultrapassar as camadas confinantes para atingir os aquíferos confinados rompem a proteção natural existente, possibilitando a contaminação desses aquíferos menos vulneráveis.

Em resumo, a carga contaminante no município de Belém sempre está presente na superfície das zonas de recargas dos aquíferos e os aquíferos livres presentes na região apresentam uma vulnerabilidade de moderada a alta, como será observado a seguir.

5.3.3. Risco de Contaminação das Águas Superficiais

Como foi observado anteriormente, a região de Belém existe uma densa rede de drenagem caracterizada por rios perenes e pela presença de três grandes lagos. O aproveitamento hídrico para o abastecimento público utiliza dois desses lagos (Bolonha e Água Preta), os quais têm uma relativa proteção ambiental e que se encontram conectados ao rio Guamá, através de uma adutora.

Uma extensa rede de igarapés e canais recorta Belém, sendo que os mesmos encontram-se completamente poluídos, se constituindo agravos ao quadro de contaminação que já se constata nos sistemas hidrogeológicos mais rasos.

A Baía do Guajará, que margeia a área estudada pelo setor oeste, caracteriza-se por ambiente fluvial com influências marinhas. O estuário Guajarino forma-se na confluência dos rios Pará, Acará e Guamá. Tem como elementos hídricos principais o rio Mojú e os igarapés do Tucunduba e Aurá.

O rio Guamá, que margeia a área ao sul, de Belém, apresenta grande interesse pela sua expressão em volume de água dentro do arranjo geográfico-hidrológico. Os impactos ambientais provocados pela sazonalidade nos períodos de alta e baixa pluviosidade associada à forte influência da penetração de águas salinas oriundas do Atlântico, compõem uma dinâmica que termina por influir o contexto hidrológico da área de estudo, alterando as condições físico-químicas e bacteriológicas das águas superficiais.

Nas regiões em que os níveis freáticos são rasos a sub aflorantes a vulnerabilidade dos aquíferos é muito grande a essas cargas poluentes.

Todo esse complexo arranjo de interações é fator decisivo para a dispersão das cargas poluentes que são despejadas nos recursos hídricos superficiais exatamente por não existir esgotamento sanitário adequado em Belém e mesmo não existir sequer uma rede coletora de esgotamento sanitário exclusiva.

5.3.3.1. Postos de Serviços (combustível)

Existem aproximadamente 150 postos de serviço em Belém e dezenas deles apresentavam problemas de vazamento por corrosões causadas por falhas no revestimento de tanques e tubulações (Oliveira et al., 2002). Essa situação representa uma fonte potencial de poluição das águas subterrâneas, principalmente aquelas dos aquíferos mais superiores.

Os compostos – benzeno, tolueno etil-benzeno – são bastante conhecidos como prejudiciais a saúde humana, estando relacionados à vazamento de gasolina, óleo diesel e querosene.

Nas cercanias do Complexo do Utinga, atualmente existem seis postos de combustível que estão dentro da bacia de captação e que podem oferecer risco potencial de contaminação aos lagos. Esses postos estão distribuídos ao longo da Avenida Almirante Barroso, Perimetral, João Paulo Segundo e BR-316.

O grande perigo representado por esses postos de serviço resulta no fato de haver derramamentos ou descuido no manuseio de óleos, lubrificantes, gasolina e demais produtos derivados do petróleo, ou de rompimentos, corrosão, vazamentos e fissuramentos das tubulações e tanques de armazenamentos. Indubitavelmente nessas situações acontecerá a contaminação das águas tanto pelo escoamento superficial quanto pela infiltração no solo, que descarregará essas cargas poluidoras nos corpos d' água superficiais e no aquífero livre.

As lavagens e lubrificação de veículos, sem que o estabelecimento disponha de um adequado sistema de tratamento de água residuárias, pode causar o escoamento de derivados de petróleo, além de outras substâncias nocivas como os resíduos sólidos e detergentes.

5.3.3.2. Cemitérios

A preocupação com os cemitérios como fontes potenciais de poluição das águas remonta a década de 1980, manifestada por pesquisadores do Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas – CEPAS/USP que iniciaram um projeto sobre o tema. Resultado desses estudos foi a proposição de diretrizes básicas para a localização de cemitérios e seus contextos sociais (Pacheco, 1986; Pacheco, et al, 1988; Pacheco & Mendes, 1990; Pacheco et al, 1990; Martins et al, 1991; Pacheco et al, 1992; Migliorini, 1994, apud Cavalcante (1998)).

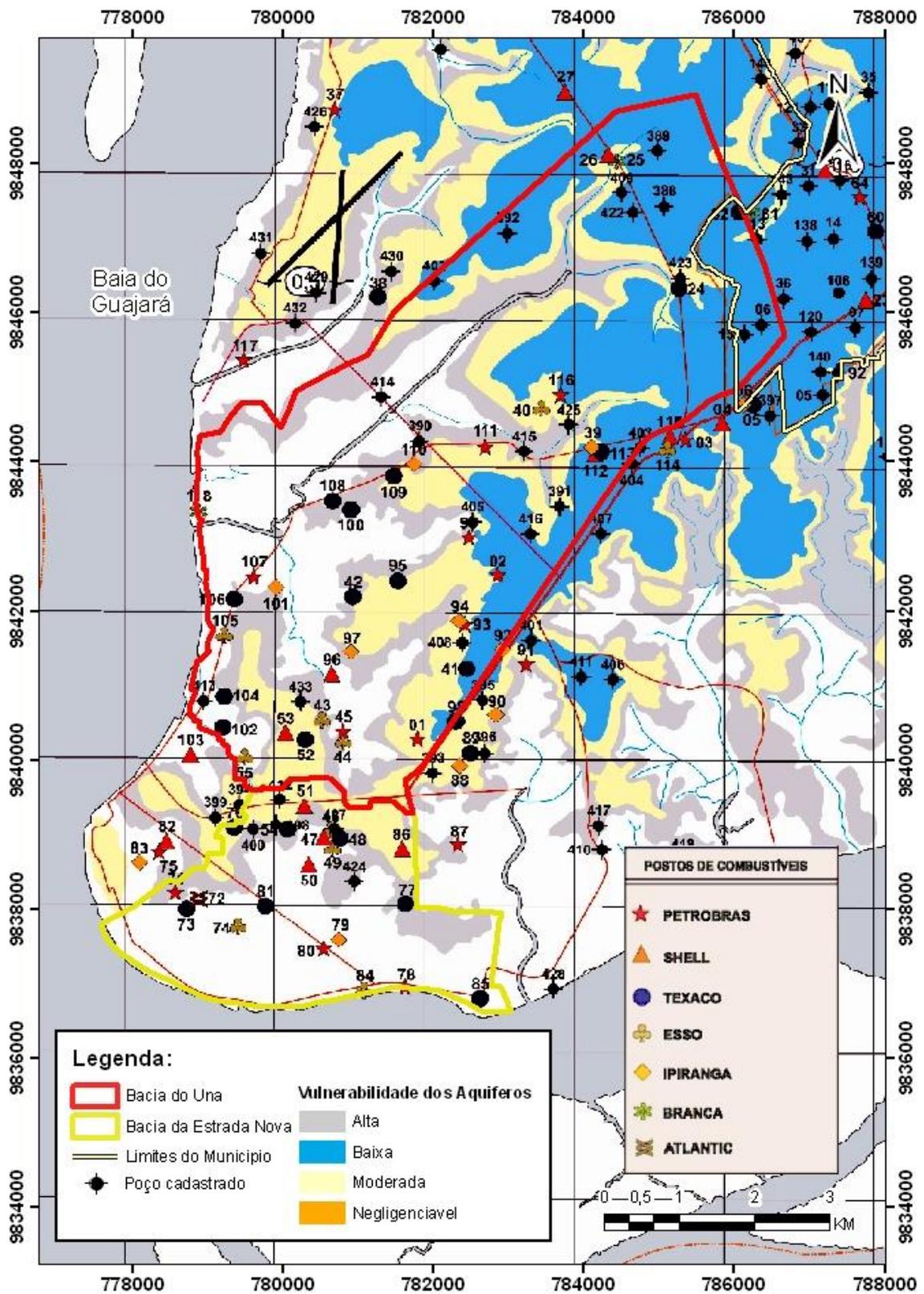
Pouco se tem estudado na região de RMB os problemas dos riscos ambientais relacionados aos cemitérios. Sabe-se que estão relacionados ao potencial de contaminação das águas subterrâneas por micro-organismos que passam a proliferar em função da decomposição dos corpos e diversos constituintes químicos como o nitrato.

Não é conhecido o número exato de cemitérios existentes na RMB, mas estima-se que cheguem a duas dezenas. Um dos mais novos, o Cemitério Recanto da Saudade, foi edificado no município de Ananindeua, e suas instalações encontram-se junto à uma das nascentes do Lago Água Preta, e no interior de uma cava abandonada de uma atividade de mineração. O prolongamento desta e de outras cavas próximas, interceptam o lençol freático, cujo nível estático encontra-se a uma profundidade de 10m, formando extensas lagoas que são utilizadas

pela população local para lavagem de roupas e recreação. O desnível entre a superfície do terreno e o nível d'água das cavas é inferior a 1m, possibilitando o sepultamento dos cadáveres ao nível do lençol freático ou muito próximo a ele.

5.3.4. Caracterização da Vulnerabilidade dos Aquíferos da área de estudo

O mapa de vulnerabilidade da água subterrânea está relacionado às características hidrogeológicas do ambiente sub superficial que determinam sua maior ou menor vulnerabilidade. A distribuição espacial dos graus de vulnerabilidade dos sistemas aquíferos na área de estudo é apresentada na figura 90, considerando os graus de vulnerabilidade (tabela 18 acima) obtidos para os aquíferos situados mais próximos à superfície do terreno, que são as coberturas quaternárias e o Grupo Barreiras.



Fonte: CPRM (1998) adaptado por Eduardo Leão
 Figura 90 - Mapa de vulnerabilidade dos aquíferos de Belém com ênfase nas bacias hidrográficas do estudo.

A vulnerabilidade do sistema aquífero Barreiras para área de estudo foi classificada como alta e moderada para a bacia da Estrada Nova, e de alta a baixa para a bacia do Una. Esta vulnerabilidade está fundamentada na grande área passível de alagamento das bacias, os inúmeros pontos de contaminação dispersos (postos de combustíveis, cursos d'água contaminados, esgotos domésticos e industriais, cemitérios, lixões, poços abandonados e outras) e a pouca espessura de proteção natural do aquífero.

Observa-se que onde está classificado como baixa vulnerabilidade na bacia do Una é a região mais alta da área de estudo, ou seja, a proteção natural do aquífero se deve basicamente à presença dos aquitardes e/ou aquiocludes intercalados entre os aquíferos livres e aqueles mais profundos. Estes possuem, portanto, maior proteção natural à infiltração de contaminantes a partir da superfície e são, pois, menos vulneráveis à poluição, como são os aquíferos Barreiras e, principalmente, o Pirabas (Matta, 2002).

Segundo Palheta (2008) o aquífero confinado Pirabas, situado a partir de 200 metros de profundidade, pode ser recarregado por falhas ou fraturas, localizadas na extensão da Região Metropolitana de Belém, e outra possibilidade de recarga deste aquífero seria no afloramento de rochas permoporosas da Formação Pirabas, localizado na região do Salgado paraense a mais de 150 km de Belém, porém essa possibilidade é a mais remota devido a complexidade que seria o fluxo subterrâneo influenciado pela tectônica que afeta aquela área, assim como todo o Nordeste paraense. Ou seja, a água meteórica adicionada a água dos rios e igarapé de Belém, infiltra-se no sub-solo, penetra e interage com as diversas camadas de distintas profundidades, através de fraturas e falhas, e secundariamente, pelos poros, principalmente nas áreas distensivas, que servem de condutoras de conexão vertical, tornando o aquífero Pirabas também vulnerável na região de Belém.

Não obstante a essa proteção deve-se considerar as características do aquífero livre, tendo em vista o risco de contaminação que poderá afetar os aquíferos confinados.

As contaminações do solo e água subterrânea geram passivos que permanecem mesmo após o fim de qualquer atividade impactante. Conhecendo-se a contaminação, é imprescindível aplicar medidas mitigadoras sobre esses contaminantes, a fim de preservar o meio ambiente. Nesse sentido, é de suma importância o Mapa de Vulnerabilidade, a ser utilizado como mais um instrumento pelos gestores estaduais e municipais, quando da seleção de sítios para instalação de qualquer empreendimento que possa causar impacto ambiental.

5.3.5. Locação de zonas críticas de doenças de veiculação hídrica

De acordo com o item 2.2.1.5. Nível de Vida, apresentou-se o número de casos notificados para algumas doenças de veiculação hídrica nas bacias hidrográficas envolvidas no estudo para os anos de 2000 e 2005.

A partir disso foram elaborados mapas temáticos identificando as zonas mais críticas para cada doença de veiculação hídrica em relação ao ano da informação.

Assim o mapa diagnosticará qual a zona mais crítica da doença e qual a situação ambiental da bacia hidrográfica, antes ou depois da intervenção para o caso da bacia do Una, e ainda será comparado com o mapa de vulnerabilidade do aquífero superior para visualizar o grau de comprometimento da bacia hidrográfica. Este método é uma forma de averiguar o grau de veracidade do estudo de vulnerabilidade do aquífero.

Desta forma, a seguir serão apresentadas as zonas críticas de doenças de veiculação hídrica para as bacias hidrográficas do Una e da Estrada Nova.

5.3.5.1. Para a Bacia da Estrada Nova

- *Leptospirose*

Os mapas das figuras 91 e 92 mostram a espacialização de casos notificados de Leptospirose para os bairros que compõe a bacia da Estrada Nova para os anos de 2000 e 2005.

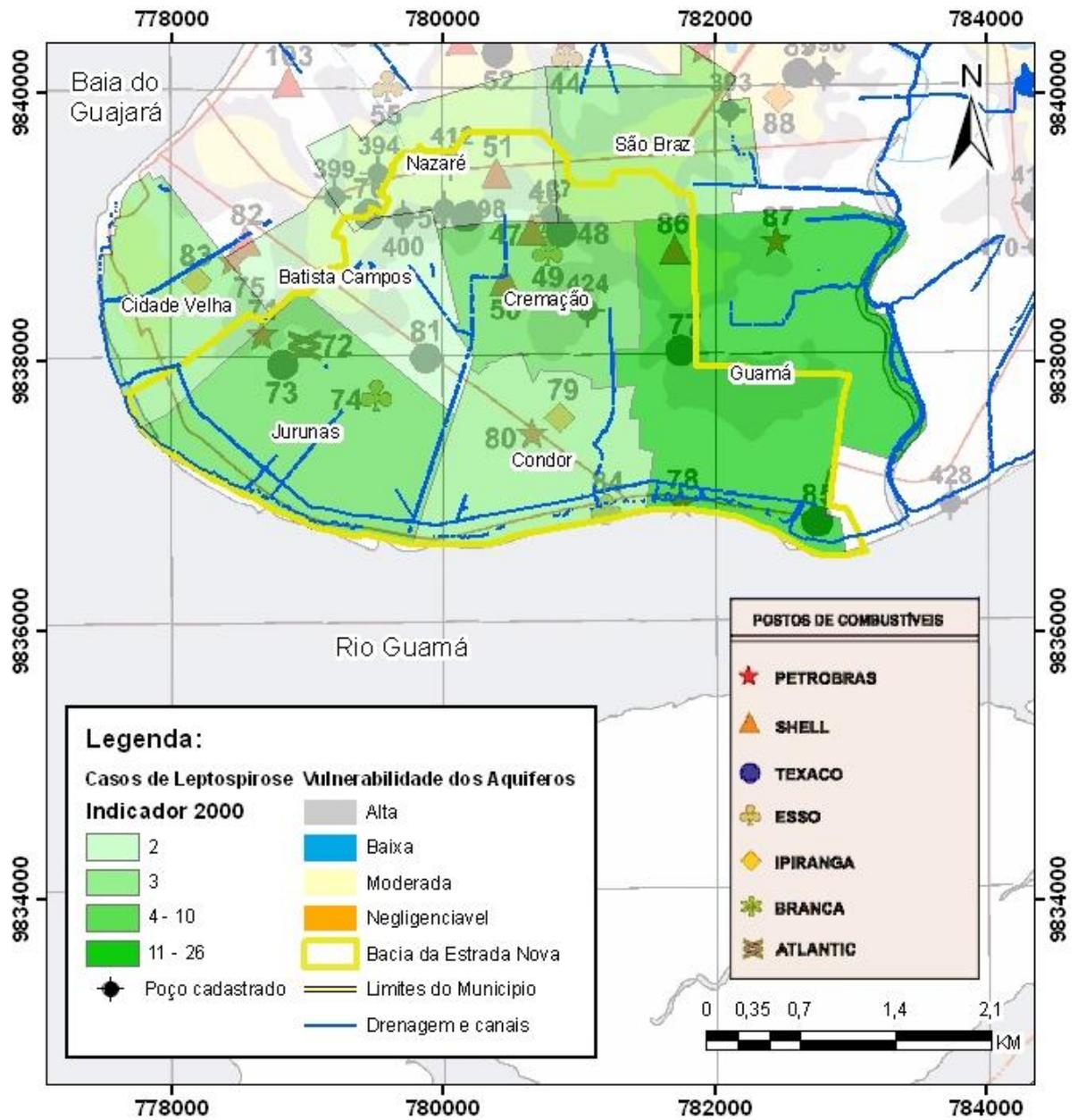


Figura 91 - Identificação de casos notificados de Leptospirose para Bacia da Estrada Nova em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior

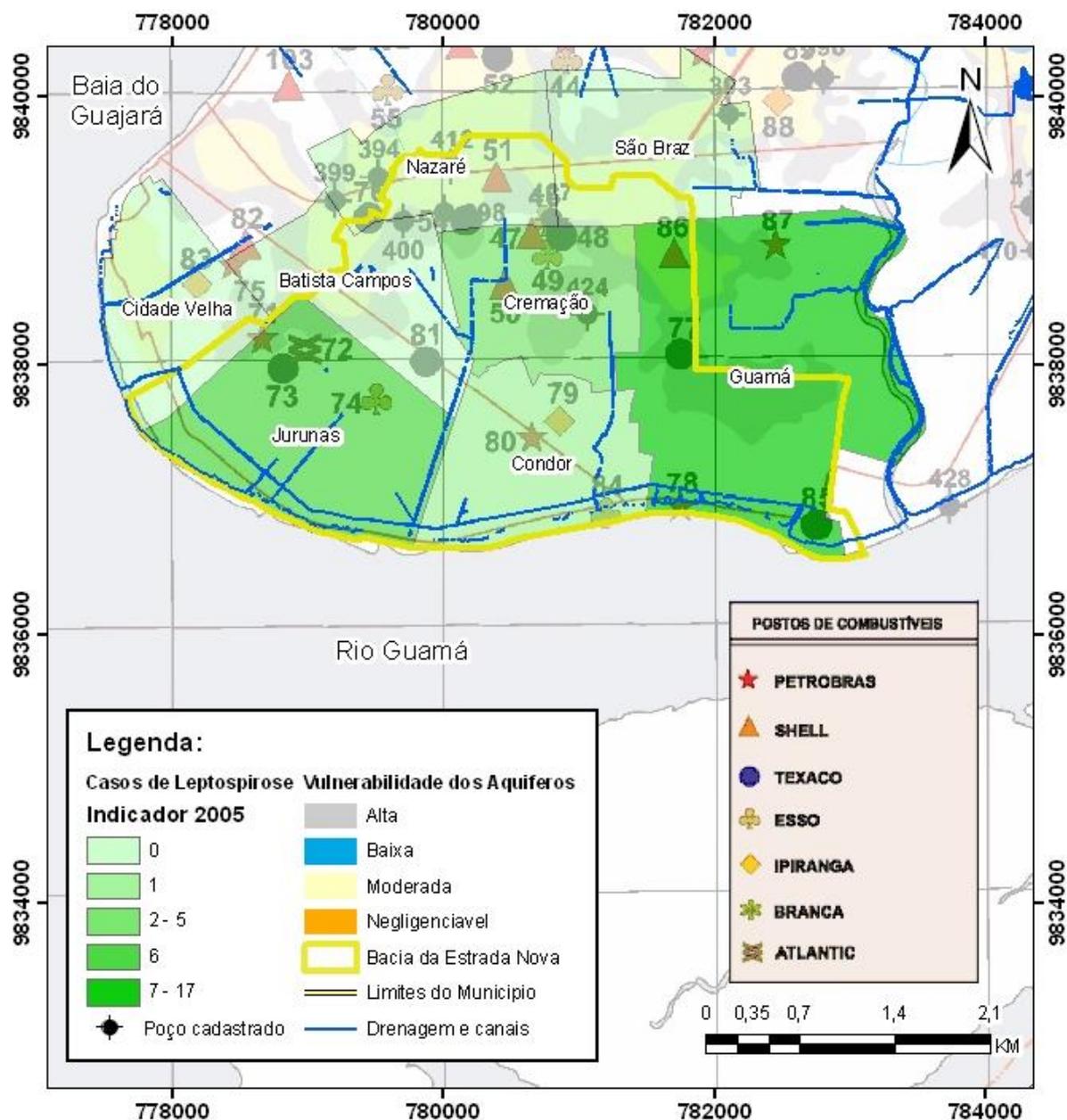


Figura 92 - Identificação de casos notificados de Leptospirose para Bacia da Estrada Nova em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior

Observa-se que o bairro do Guamá, tanto para o ano de 2000 como para 2005, apresentou o maior número de casos notificados para leptospirose. Este fato deve-se ao bairro ser o mais vulnerável de infraestrutura pública, o mais populoso, grande quantidade de área passível de alagamento, maior vulnerabilidade do aquífero subterrâneo e, conseqüentemente, maior probabilidade de contato com água contaminada.

Ressalta-se também que mesmo sem qualquer intervenção na infraestrutura existente, o número de casos notificados baixou de 2000 para 2005. Uma das alternativas para justificar

esse fato se deve as campanhas de comunicação via televisão e rádio, ou as equipes de saúde que visitam os bairros mais carentes do município.

Igualmente ao bairro do Guamá, o Jurunas apresentou-se na segunda colocação para os anos de 2000 e 2005. Este bairro não apresenta alto índice de vulnerabilidade para seu aquífero superior, porém possui uma grande área alagável e uma população bastante carente.

Os bairros de Nazaré e Batista Campos apresentaram os menores indicadores. Ao contrário do Jurunas e do Guamá, estes bairros possuem as melhores condições a infraestrutura do município, as menores áreas passíveis de alagamento e uma população mais esclarecida com conhecimento e poder aquisitivo, mesmo que estes bairros apresentem a maior vulnerabilidade do aquífero superior.

Devido a essa melhor infraestrutura urbana, a população não necessita de poços rasos ou cacimbas para abastecimento de água, possui rede de esgotamento sanitário, tratamento de esgoto e de água para consumo, e desta forma, se tornam menos vulneráveis a doenças de veiculação hídrica.

- Dengue

Os mapas das figuras 93 e 94 apresentam os casos notificados de Dengue para os bairros que compõe a bacia da Estrada Nova para os anos de 2000 e 2005.

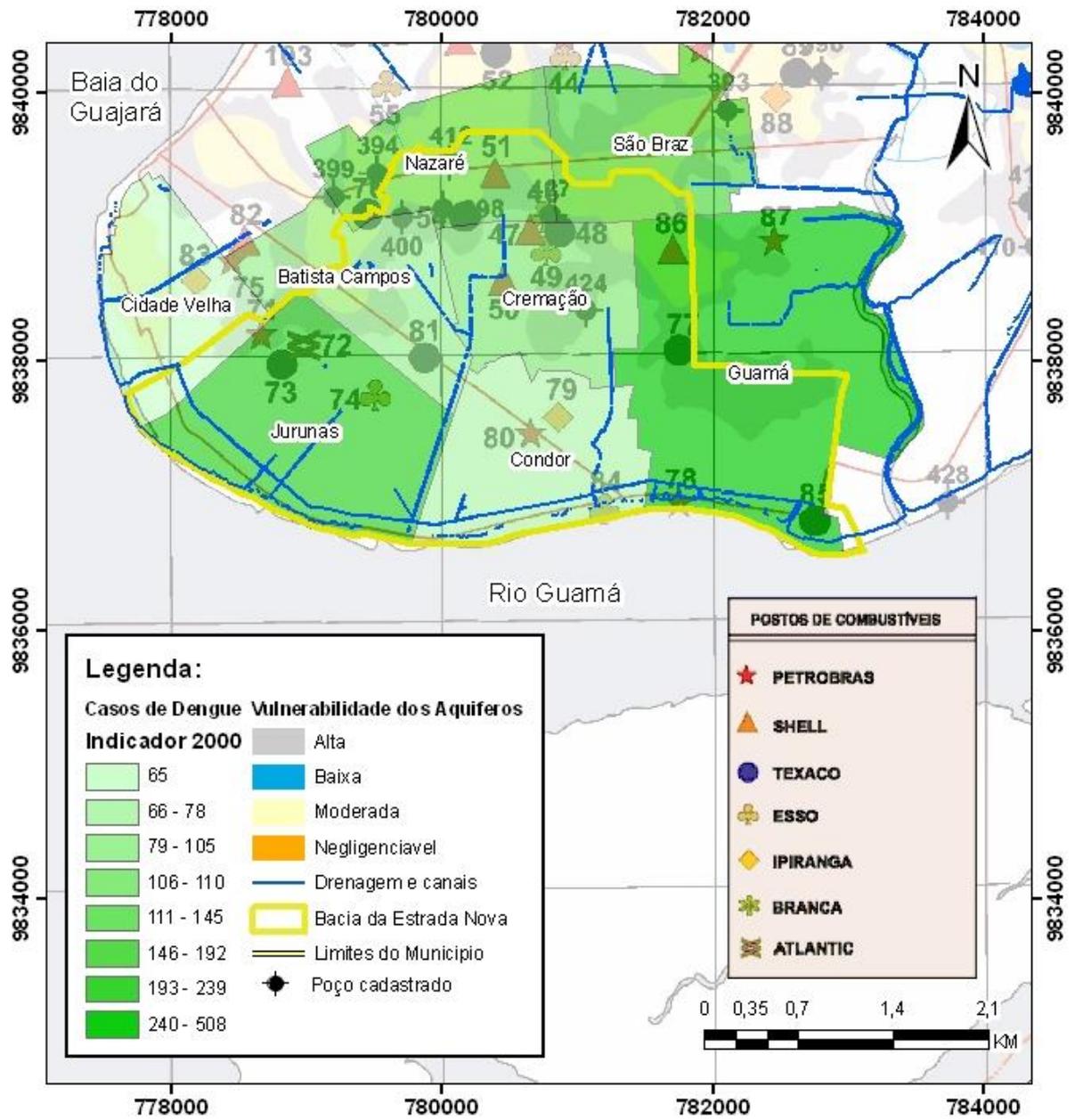


Figura 93 - Identificação de casos notificados de Dengue para Bacia da Estrada Nova em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior

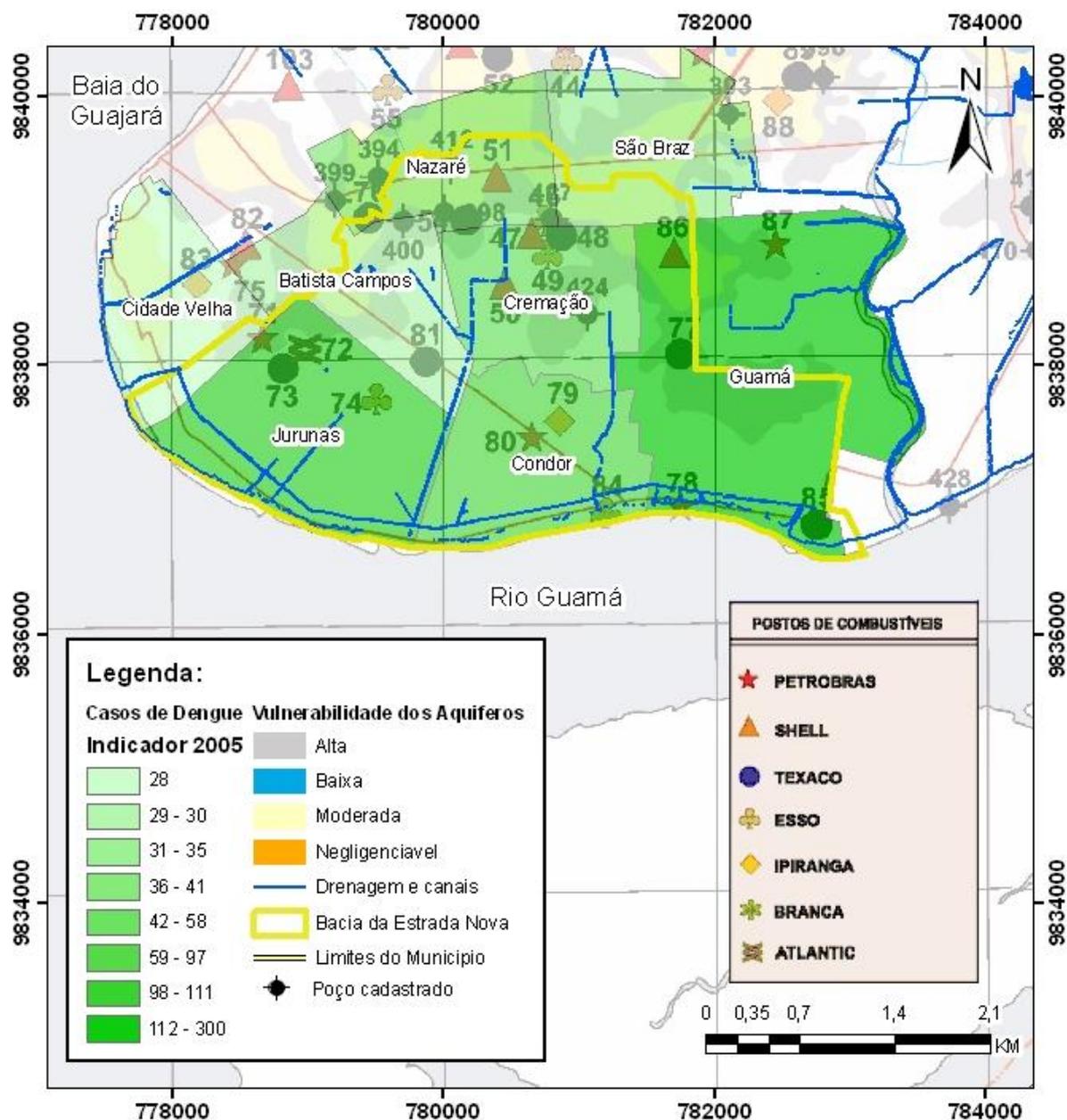


Figura 94 - Identificação de casos notificados de Dengue para Bacia da Estrada Nova em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior

Novamente o bairro do Guamá obteve a maior quantidade de casos notificados e para o ano de 2000 a 2005. Houve uma grande redução de número de casos (quase 40%). Acredita-se que as campanhas de comunicação e equipes de saúde sejam mesmo as únicas formas para explicar a erradicação desses casos notificados, pois nenhuma intervenção foi realizada nesse bairro entre 2000 e 2005.

- Hepatite

Os mapas das figuras 95 e 96 apresentam os casos notificados de Hepatite para os bairros que compõe a bacia da Estrada Nova para os anos de 2000 e 2005.

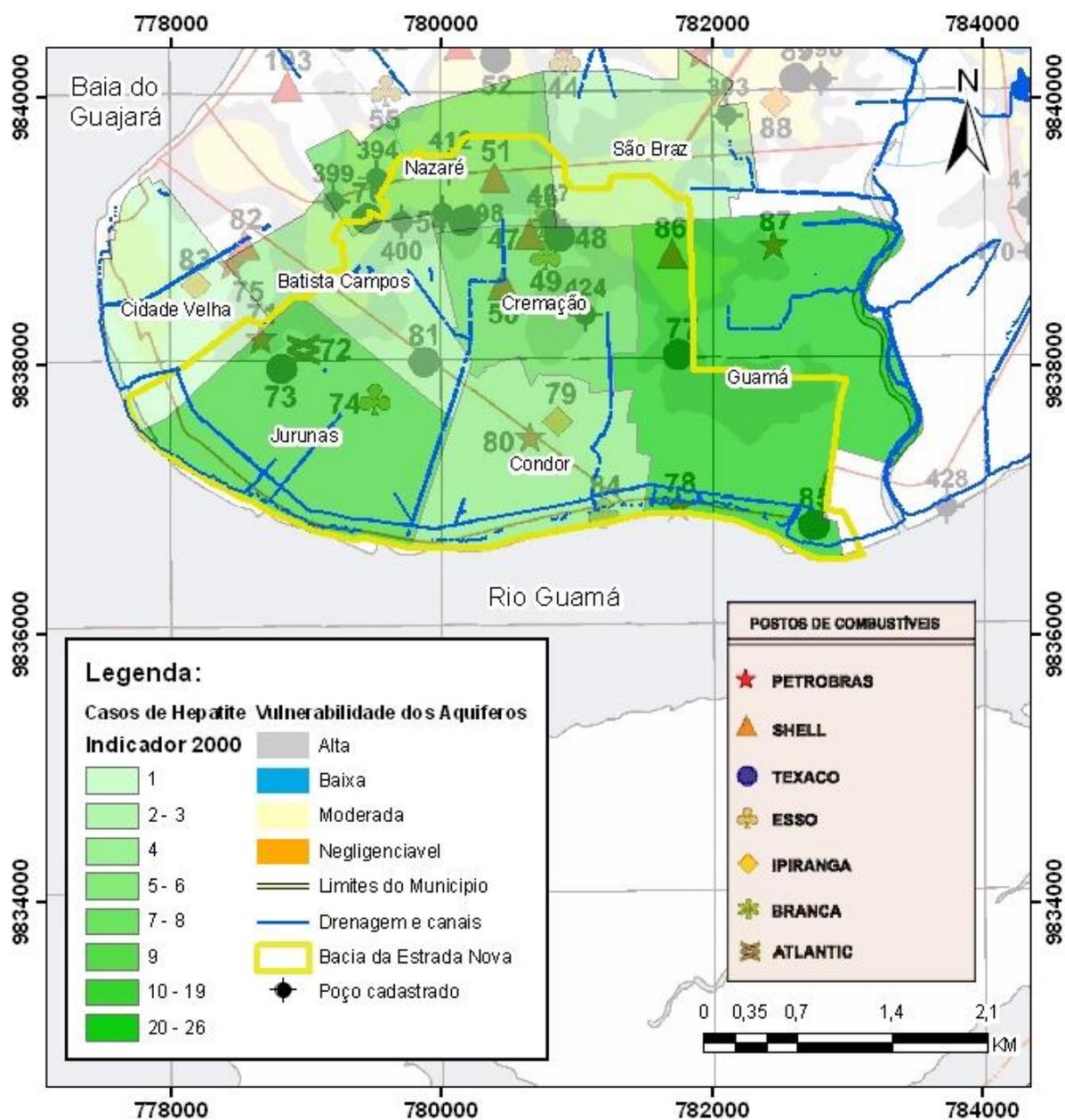


Figura 95 - Identificação de casos notificados de Hepatite para Bacia da Estrada Nova em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior

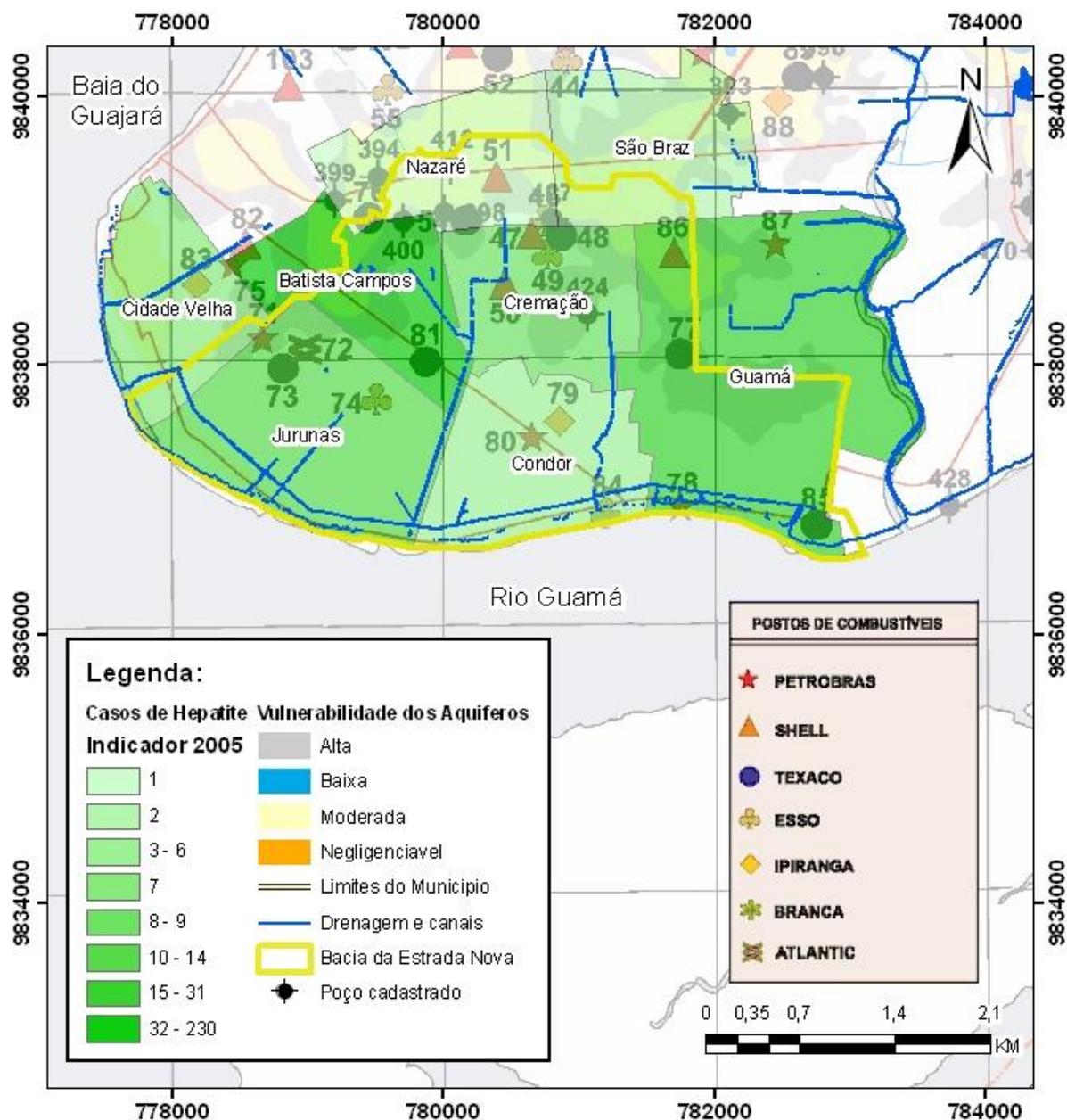


Figura 96 - Identificação de casos notificados de Hepatite para Bacia da Estrada Nova em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior

Este indicador obteve o mesmo comportamento dos anteriores, onde os bairros do Guamá e Jurunas apresentaram os maiores números de casos notificados e os bairros de Nazaré e Batista Campos, apresentaram os menores índices.

- Febre Tifoide

Os mapas das figuras 97 e 98 apresentam os casos notificados de Febre Tifoide para os bairros que compõem a bacia da Estrada Nova para os anos de 2000 e 2005.

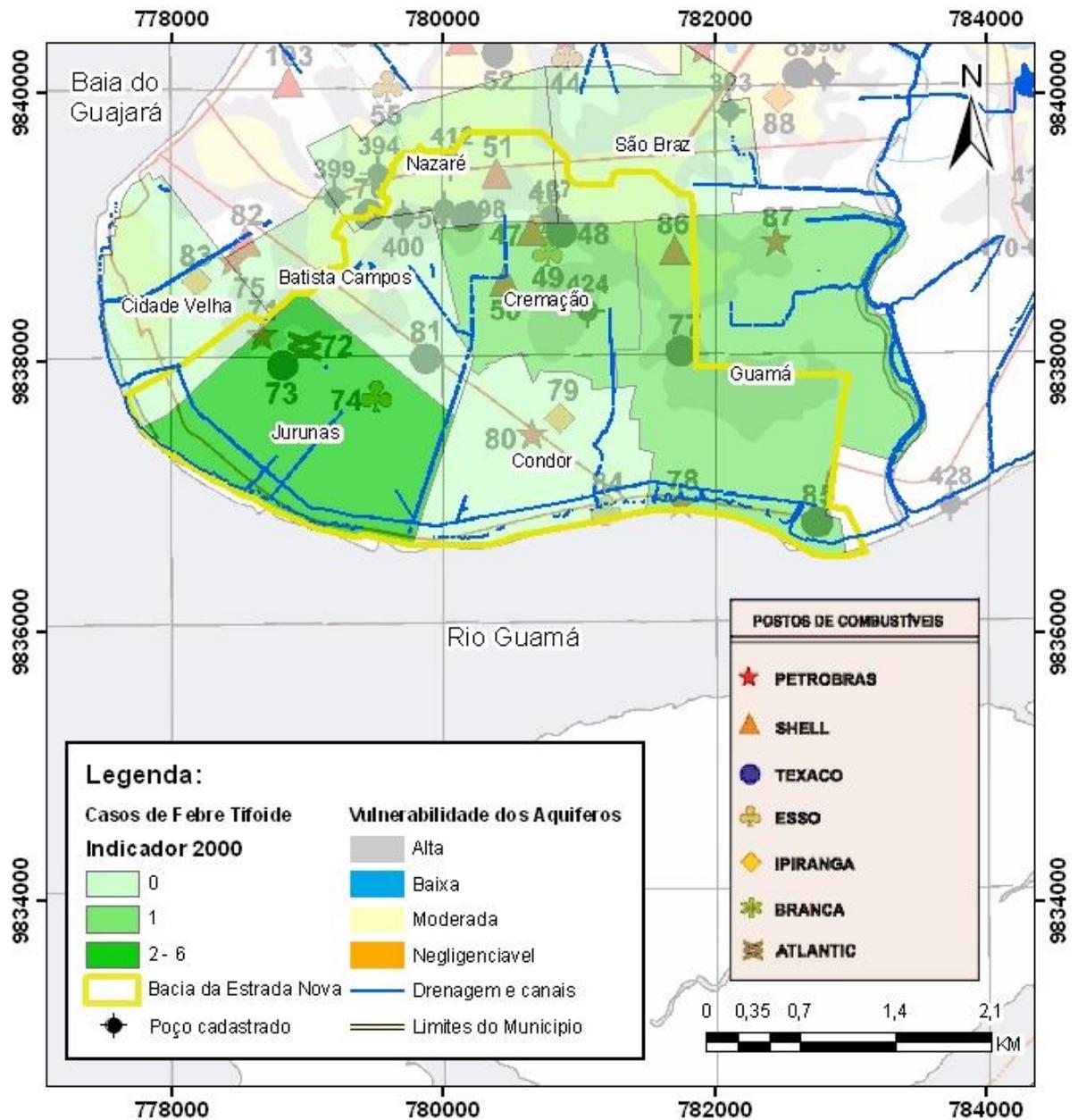


Figura 97 - Identificação de casos notificados de Febre Tifoide para Bacia da Estrada Nova em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior

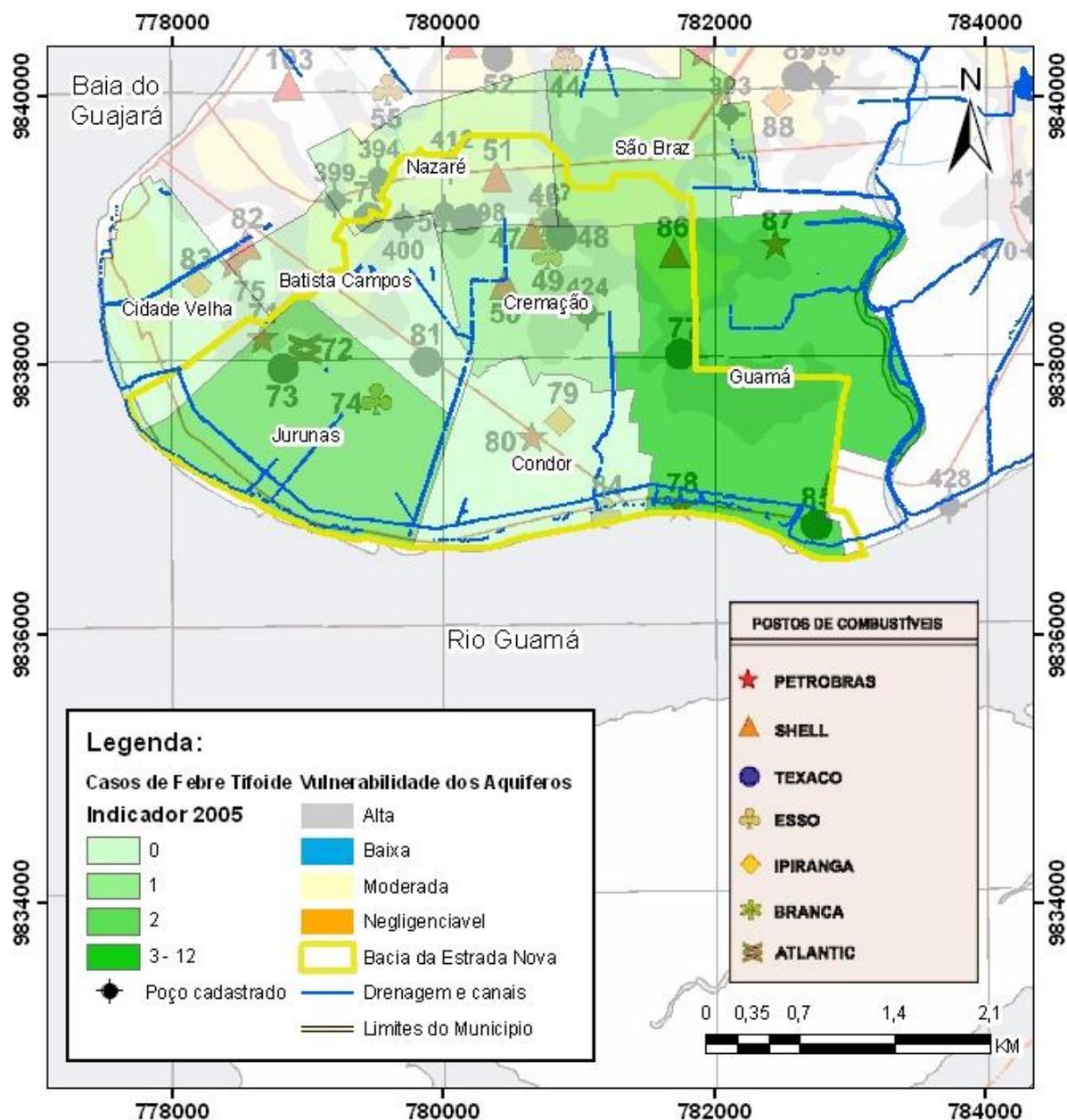


Figura 98 - Identificação de casos notificados de Febre Tifoide para Bacia da Estrada Nova em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior

Este indicador obteve o mesmo comportamento dos anteriores, onde os bairros do Guamá e Jurunas apresentaram os maiores números de casos notificados e os bairros de Nazaré e Batista Campos, apresentaram os menores índices.

1.4.2.2.30. 5.3.5.1.1. Resultados obtidos da comparação para bacia da Estrada Nova

De uma forma geral, o bairro do Guamá apresentou os maiores indicadores tanto para o ano de 2000 como para 2005. Este fato deve-se ao bairro ser o mais vulnerável de infraestrutura pública, o mais populoso, grande quantidade de área passível de alagamento,

maior vulnerabilidade do aquífero subterrâneo e, conseqüentemente, maior probabilidade de contato com água contaminada.

Ressalta-se também que mesmo sem qualquer intervenção na infraestrutura existente, o número de casos notificados baixou de 2000 para 2005. Uma das alternativas para justificar esse fato se deve as campanhas de comunicação via televisão e rádio, ou as equipes de saúde que visitam os bairros mais carentes do município.

Igualmente ao bairro do Guamá, o Jurunas apresentou-se na segunda colocação para praticamente todos os indicadores para os anos de 2000 e 2005. Este bairro não apresenta alto índice de vulnerabilidade para seu aquífero superior, porém possui uma grande área alagável e uma população bastante carente.

Os bairros de Nazaré e Batista Campos, geralmente, apresentaram os menores indicadores. Ao contrário do Jurunas e do Guamá, estes bairros possuem as melhores infraestruturas do município, as menores áreas passíveis de alagamento e uma população mais “nobre” com conhecimento e poder aquisitivo, mesmo que estes bairros apresentem a maior vulnerabilidade do aquífero superior.

Devido a essa melhor infraestrutura urbana, a população não necessita de poços rasos ou cacimbas para abastecimento de água, possui rede de esgotamento sanitário, tratamento de esgoto e de água para consumo, e desta forma, se tornam menos vulneráveis a doenças de veiculação hídrica.

5.3.5.2. Para a Bacia do Una

- Leptospirose

Os mapas das figuras 99 e 100 apresentam os casos notificados de Leptospirose para os bairros que compõe a bacia do Una para os anos de 2000 e 2005.

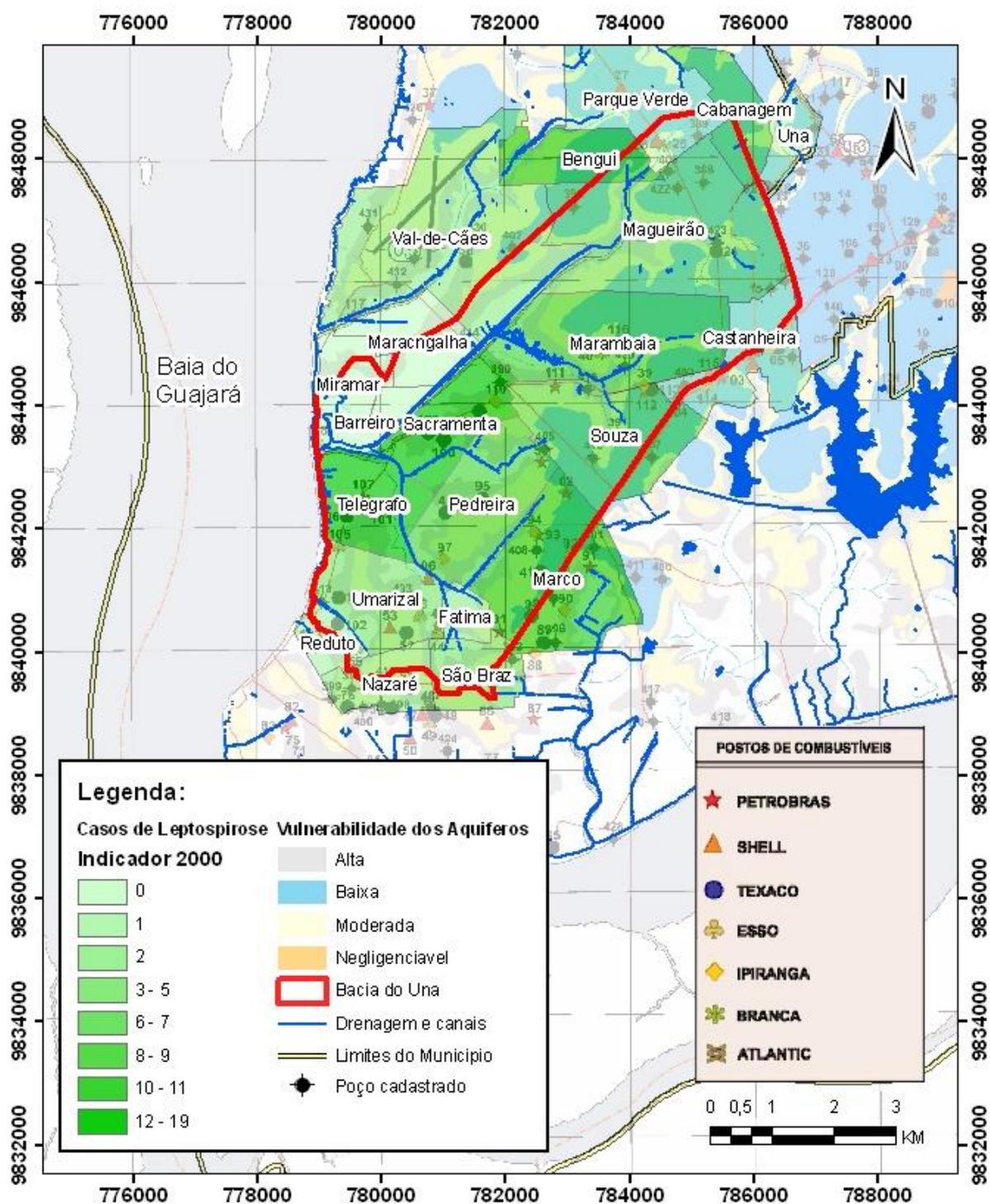


Figura 99 - Identificação de casos notificados de Leptospirose para Bacia do Una em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior

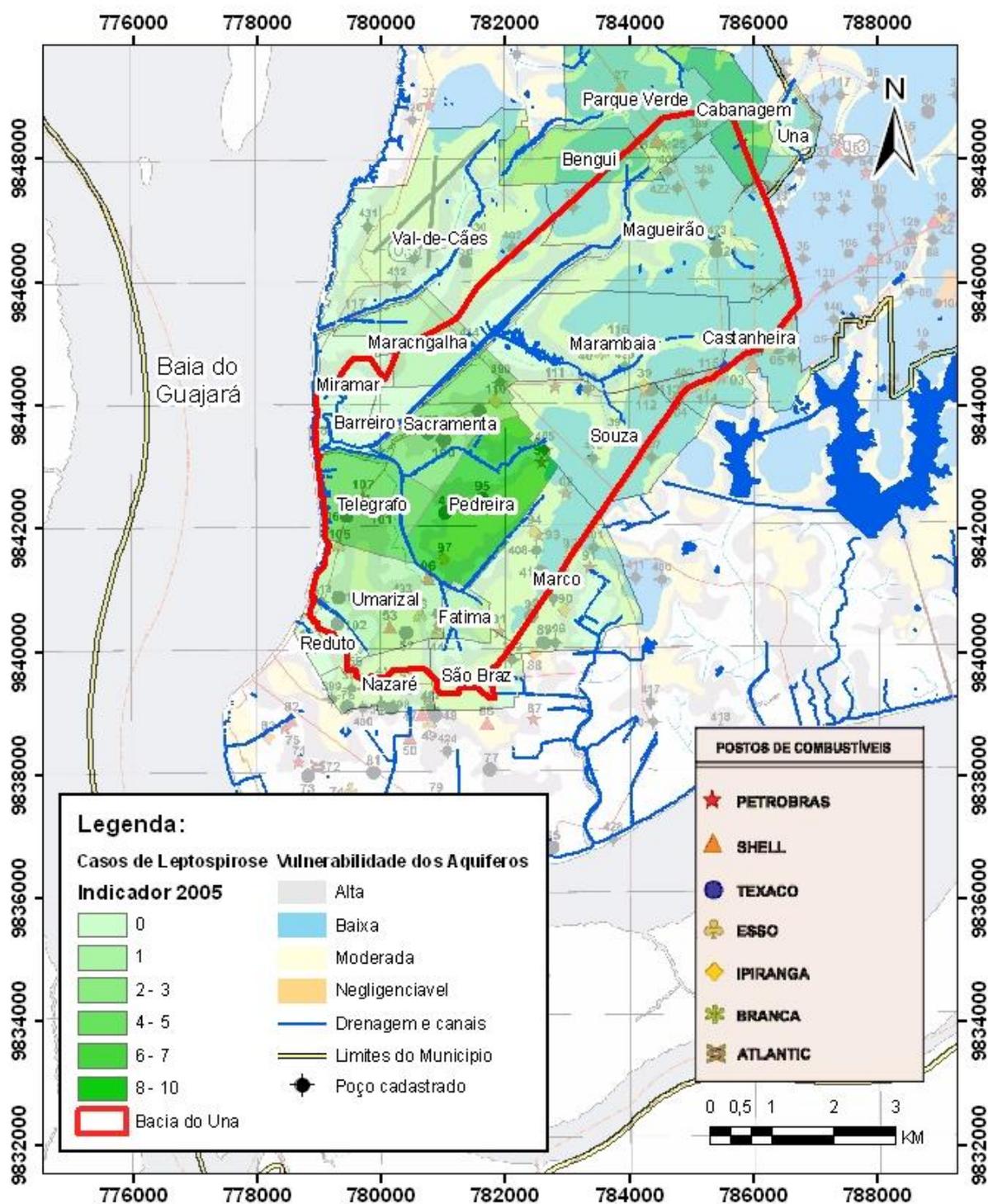


Figura 100 - Identificação de casos notificados de Leptospirose para Bacia do Una em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior

É visível a melhora deste indicador para o ano de 2000 e 2005. Para o ano de 2000 a bacia do Una obteve 103 casos notificados de leptospirose e para 2005 houve uma redução de praticamente 70%, diminuindo para 33 casos notificados.

Os bairros da Sacramento e Telegrafo apresentaram os maiores indicadores para o ano de 2000 (19 e 18 casos notificados, respectivamente). Estes bairros não são os mais populosos da bacia, porém são os que apresentam maior vulnerabilidade do aquífero superior.

Para 2005, após a conclusão da Macrodrenagem da bacia do Una, a redução dos casos notificados foi superior a 50%, demonstrando a eficiência da intervenção na bacia. Logicamente as campanhas de comunicação sobre a erradicação da doença também podem ser atribuídas a redução deste indicador. Observa-se novamente que o bairro de Nazaré representa os menores índices.

Os índices levantados para os bairros de Nazaré e São Brás se confundem para as duas bacias. O sistema de saúde do município de Belém faz seu controle de casos notificados por bairro, e como as duas bacias de estudo dividem esses bairros, os mesmos podem apresentar um resultado mascarado dependendo da análise.

- Dengue

Os mapas das figuras 101 e 102 apresentam os casos notificados de Dengue para os bairros que compõe a bacia do Una para os anos de 2000 e 2005.

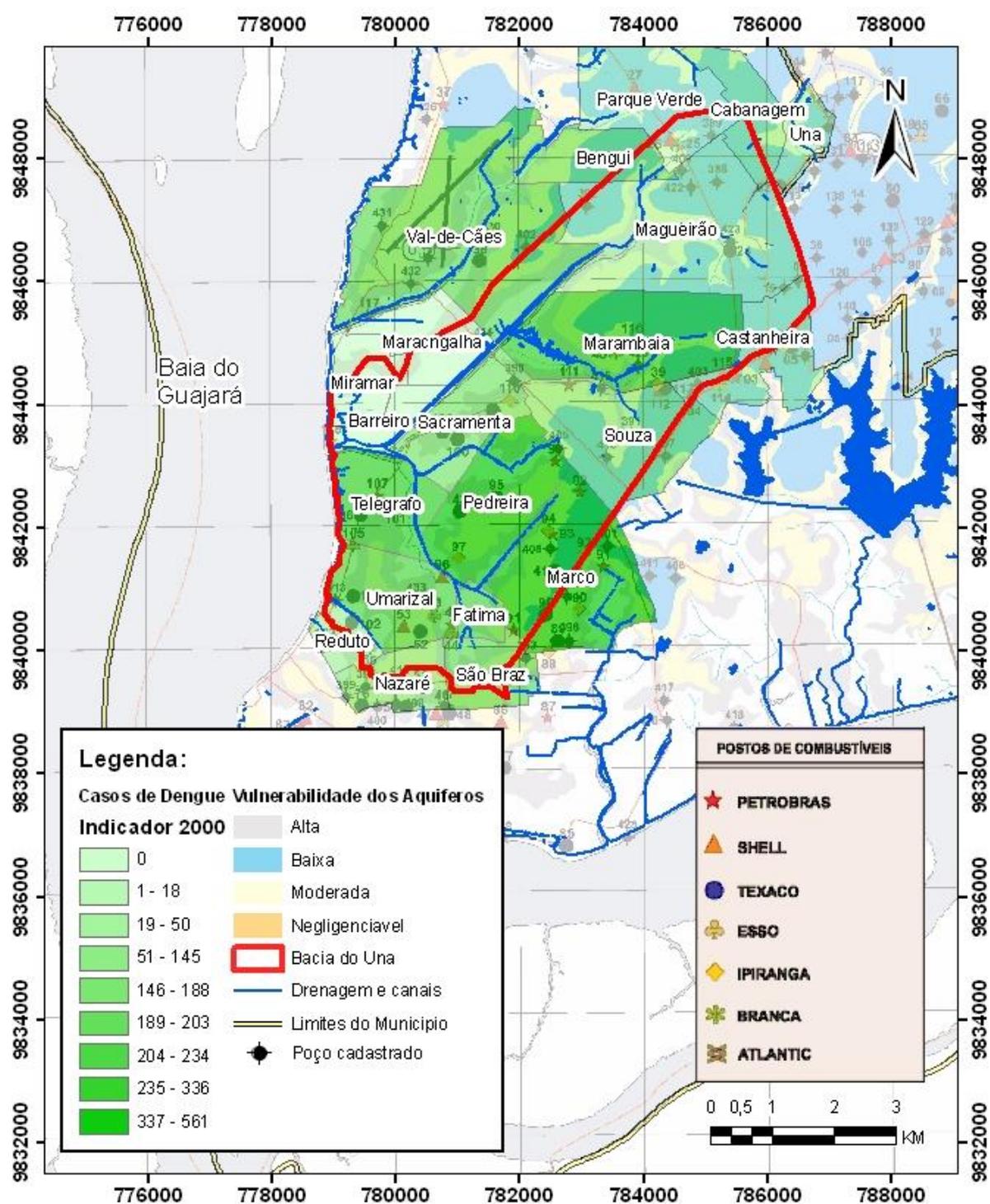


Figura 101 - Identificação de casos notificados de Dengue para Bacia do Una em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior

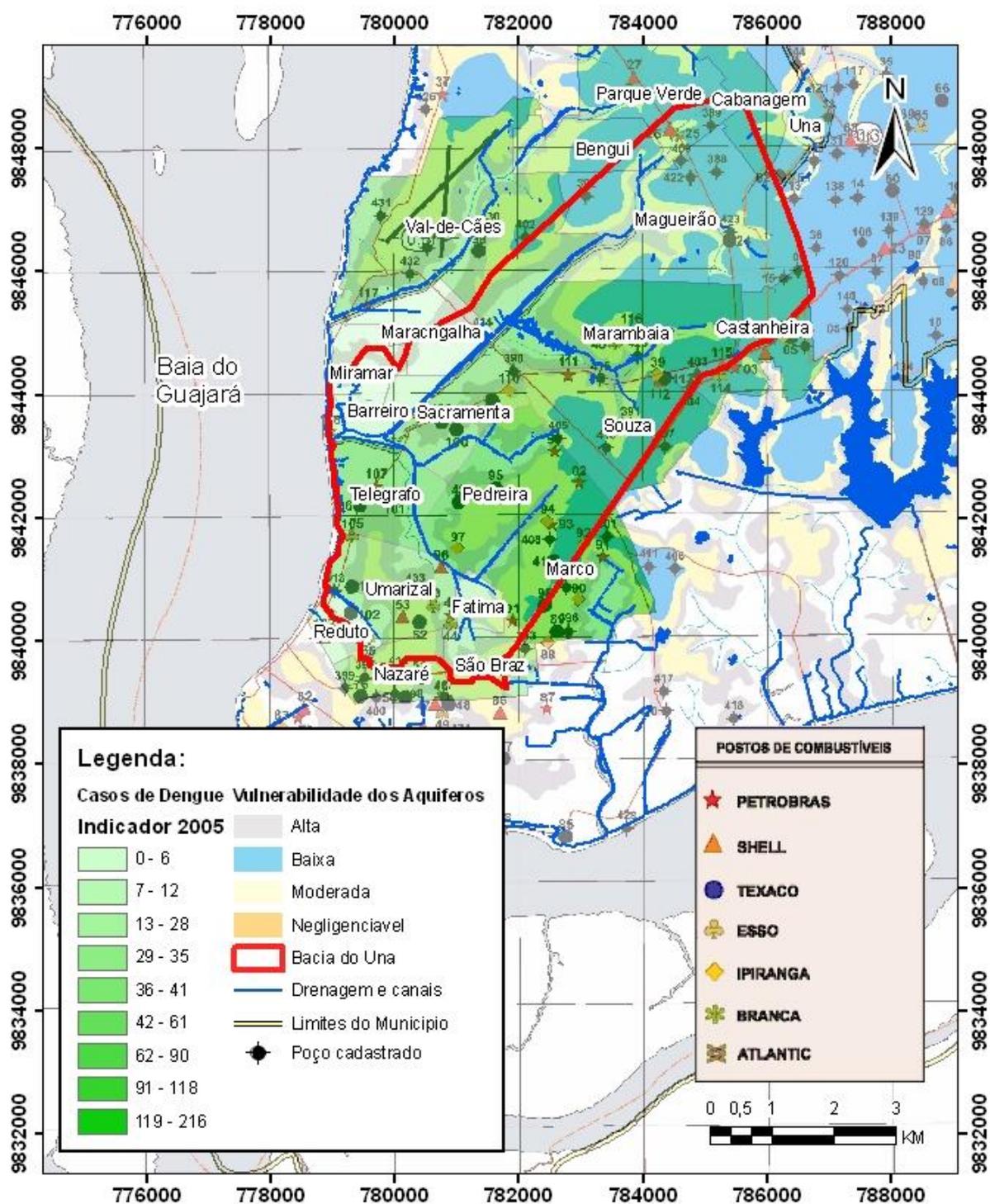


Figura 102 - Identificação de casos notificados de Dengue para Bacia do Una em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior

Este indicador apresentou o mesmo comportamento que a Leptospirose. Houve uma redução de praticamente 70% deste índice entre os anos de 2000 e 2005.

O bairro do Marco apresentou o maior índice, seguido da Pedreira, Telegrafo e Marambaia. Devido a dengue ser uma doença de fácil disseminação e seu vetor ser um

mosquito, o bairro do Marco é o mais populoso da bacia, e dessa forma é normal que a maior quantidade de casos notificados seja nele. E mesmo assim, este indicador obteve uma redução de 38% entre os anos de 2000 e 2005, após a conclusão da Macro drenagem do Una, com a redução de áreas alagáveis na bacia.

- Hepatite

Os mapas das figuras 103 e 104 apresentam os casos notificados de Hepatite para os bairros que compõe a bacia do Una para os anos de 2000 e 2005.

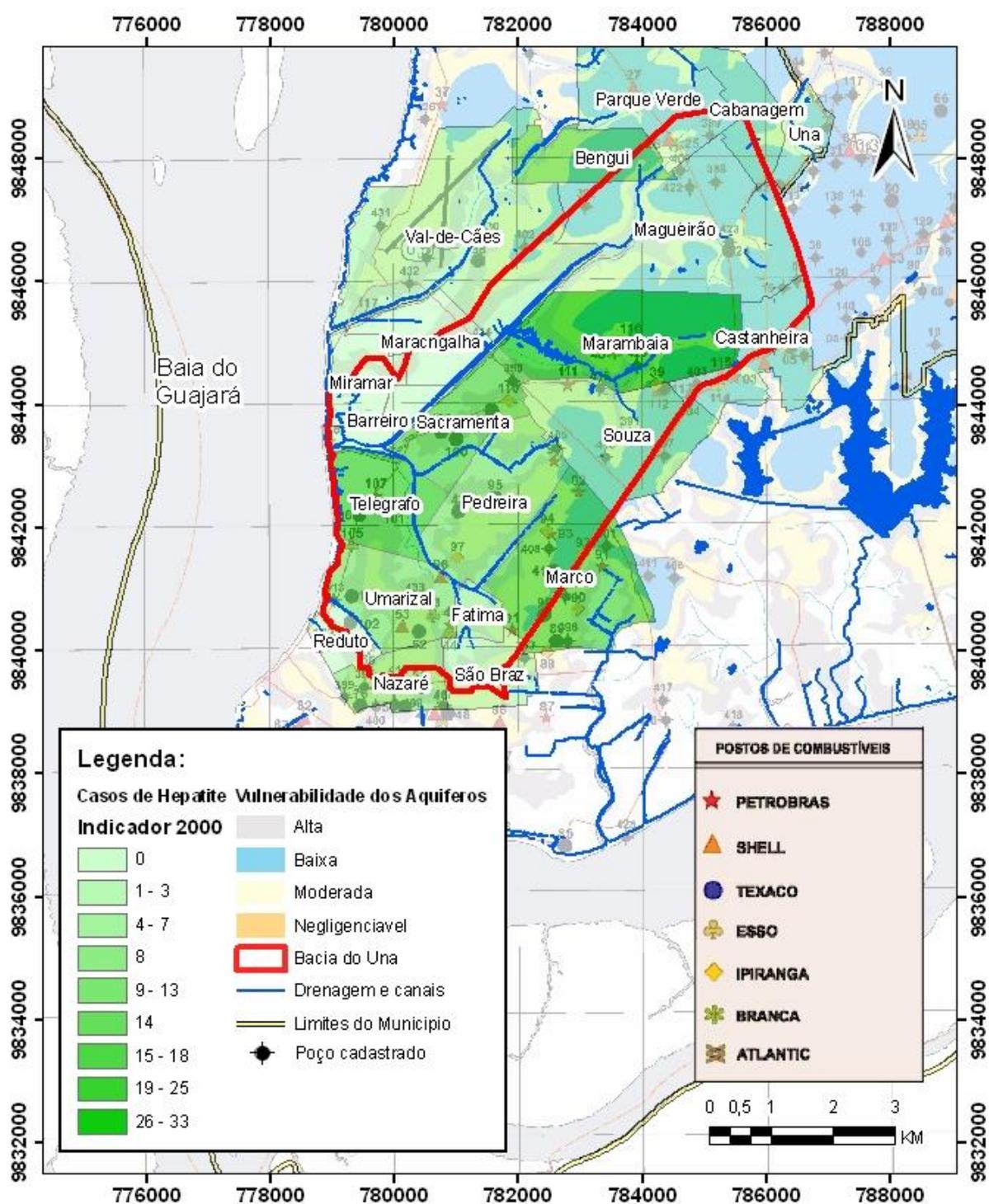


Figura 103 - Identificação de casos notificados de Hepatite para Bacia do Una em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior

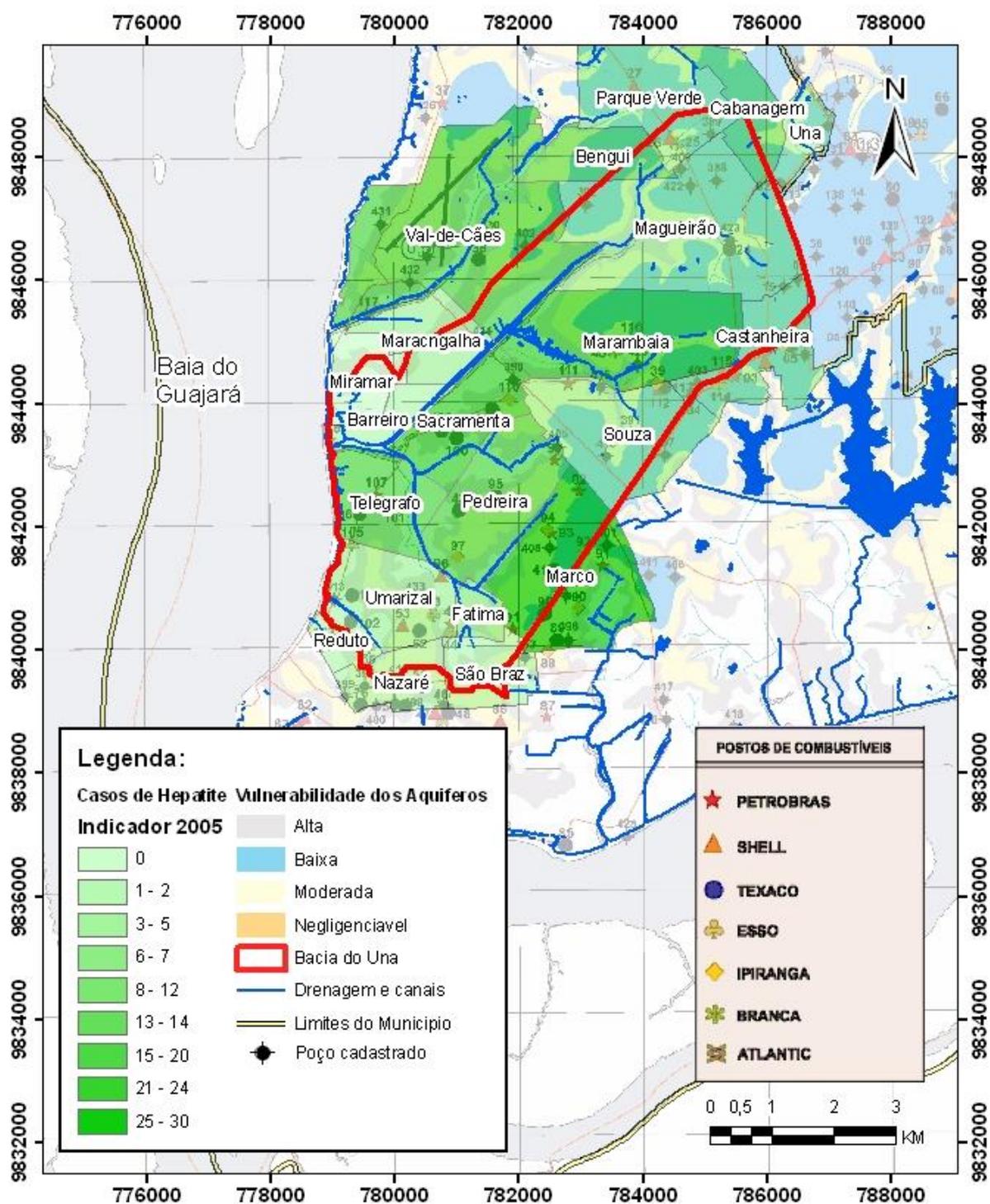


Figura 104 - Identificação de casos notificados de Hepatite para Bacia do Una em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior

Para este indicador ocorreu uma movimentação inesperada. A quantidade de casos notificados aumentou de 2000 para 2005, de 160 para 172 casos, respectivamente. Aparentemente as melhorias sofridas na bacia não afetaram este indicador.

Para o ano de 2000, os bairros com maiores indicadores foram Marambaia e Telegrafo, com 33 e 25 casos notificados, respectivamente. Para 2005, os maiores indicadores foram Marco e Sacramento, com 30 e 24 casos notificados, respectivamente.

Até houve uma diminuição nos índices da Marambaia e Telegrafo, porém também houve um acréscimo de casos notificados para Marco e Sacramento, não apresentando nenhum padrão de comportamento após a conclusão da Macro drenagem da bacia.

- Febre Tifoide

Os mapas das figuras 105 e 106 apresentam os casos notificados de Febre Tifoide para os bairros que compõe a bacia do Una para os anos de 2000 e 2005.

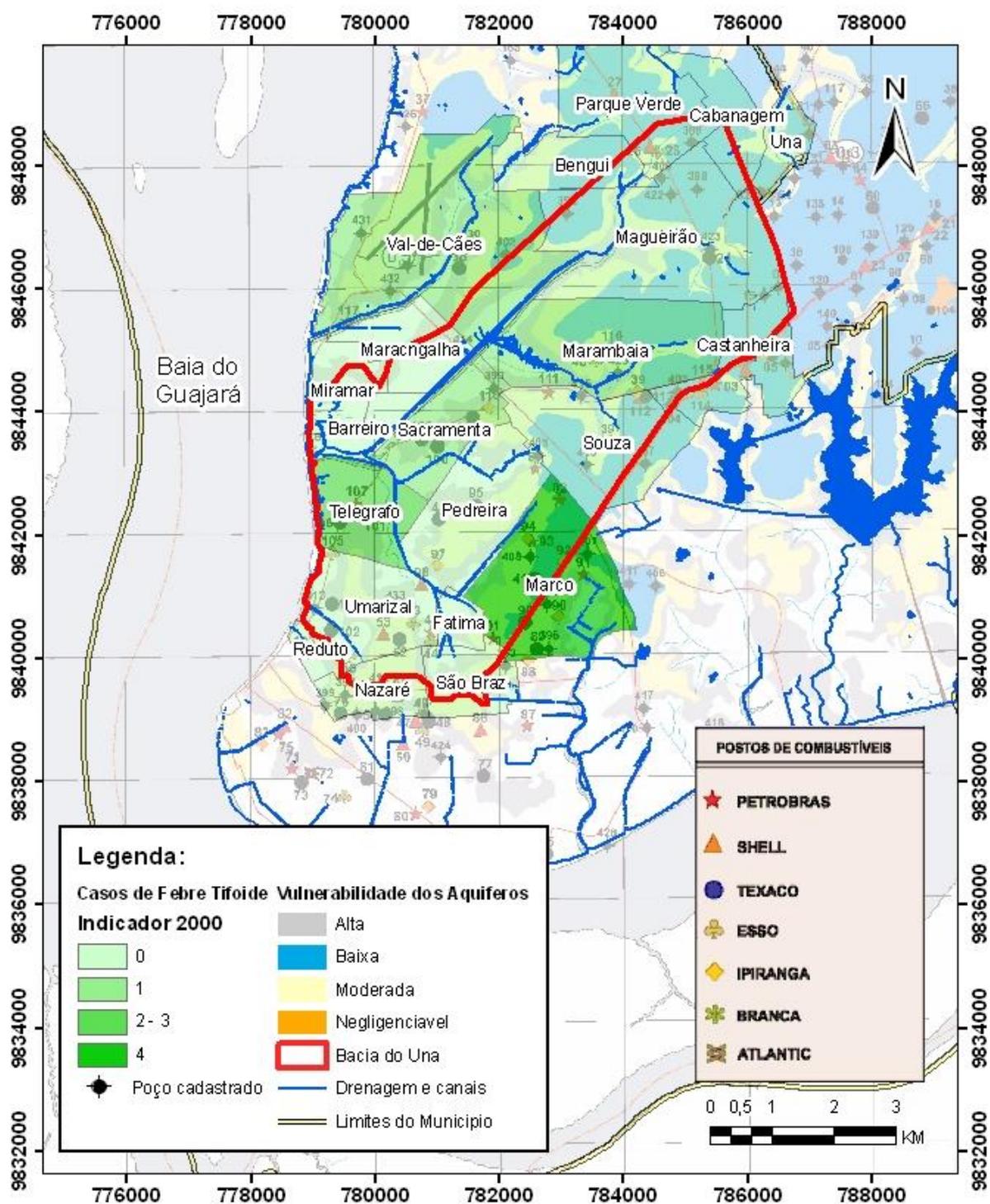


Figura 105 - Identificação de casos notificados de Febre tifoide para Bacia do Una em 2000 x Vulnerabilidade do aquífero superior

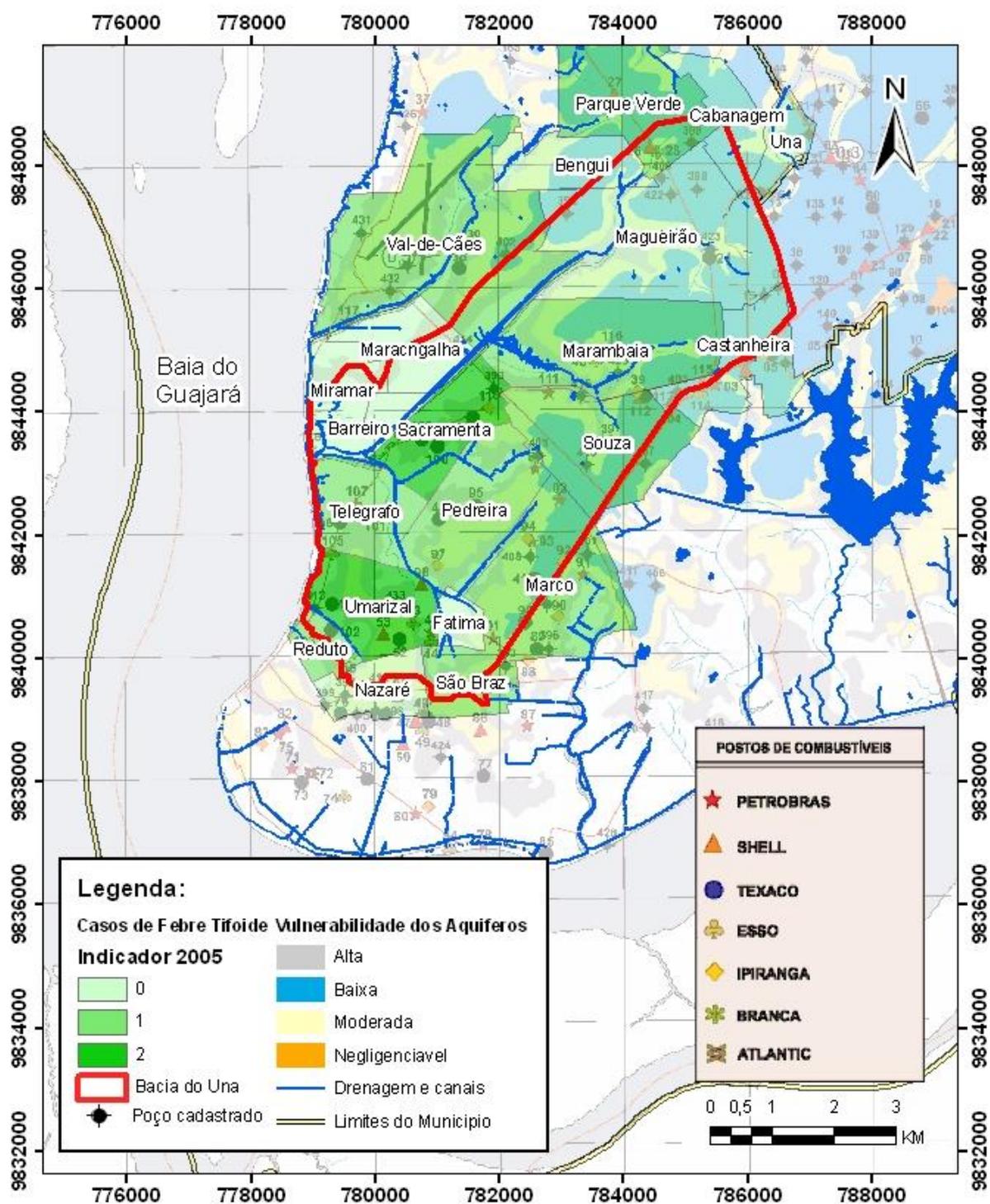


Figura 106 - Identificação de casos notificados de Febre tifoide para Bacia do Una em 2005 x Vulnerabilidade do aquífero superior

Para este indicador também ocorreu uma movimentação irregular. O número de casos identificados para bacia aumentou de 2000 para 2005, porem houve uma redução do número de casos por bairro.

Para 2000, o bairro com maior índice foi o Marco com 4 casos notificados. Em 2005 este índice reduziu para 1 caso notificado. Além do Marco, o bairro do Telegrafo obteve o segundo maior índice para o ano de 2000.

Para 2005, os maiores índices pertenceram aos bairros da Sacramenta e Umarizal, com 2 casos notificados para cada bairro. Observa-se que mesmo após a conclusão da Macrodrenagem do Una, estes bairros estão localizados nas zonas de maior vulnerabilidade do aquífero superior e isso pode ser uma suposta explicação para a ocorrência dos casos notificados.

O sistema de tratamento de esgoto adotado para a Macrodrenagem não é a melhor solução do mercado, porém devido à grande área da bacia e população atingida, optou-se pela adoção de tanques sépticos como tratamento, porém ele tem uma eficiência baixa para tratamento. Este fato deixará sempre esta bacia vulnerável para transmissão de doenças de veiculação hídrica.

6. INDICADORES DE QUALIDADE HIDRO AMBIENTAIS

A proposta para a construção e utilização de indicadores de qualidade hidro ambiental como uma ferramenta de gestão surgiu do fato, de que existe uma imensa quantidade de dados armazenados e sistematizados e dessa forma são um “banco de dados” os quais se fossem utilizados de forma correta poderiam se tornar informação, mas esses dados não viram informação. Muitas vezes tais dados não têm qualidade e assim precisam ser descartados sendo que em outras situações a quantidade existente é muito grande, porém não existe uma organização dos mesmos, o que dificulta sobremaneira a sua utilização.

Os sistemas de informação armazenam e processam a grande quantidade de informação até mesmo de informação inútil, de tal forma que se uma organização não for capaz de selecioná-las e produzir mecanismos para buscá-las para o seu aproveitamento como um dado de qualidade, ter muitos dados significa muitas vezes um problema. A grande dificuldade não é de acesso à informação, mas de decifrar o seu valor estratégico para utilizá-la no momento oportuno.

No caso da saúde pública, existe uma diversidade de indicadores, parâmetros, cadernetas e prontuários em que são anotados dados os quais não são tabulados. Ou seja, eles podem até se transformar em informação por algum tempo, mas depois são esquecidos em arquivos gigantes e não são tabulados e sistematizados para uso fruto da gestão pública. Isso teve implicação direta sobre a qualidade de vida de toda uma sociedade quando não se tem um dado estratégico.

A qualidade de vida de uma população está diretamente relacionada com a infraestrutura urbana em que a mesma está inserida. Desta forma, segundo Dubos (1965), citado por Heller (1997), “Saúde é o resultado do equilíbrio dinâmico entre o indivíduo e o meio ambiente”. Essa definição resume a relação existente entre todos os fatores externos ao indivíduo que exercem pressões sobre o seu bem-estar, levando à ocorrência de agravos à saúde.

A problemática da relação saúde-ambiente é caracterizada pela multidisciplinaridade dos fatores que a compõe. Eles podem ser de ordem política, econômica, social, cultural, psicológica, genética, biológica, física e química. Segundo Rouquayrol (1987), a associação destes fatores é sinérgica, isto é, dois fatores estruturados aumentam o risco de doença mais do que faria a sua simples soma.

Corvalán (2004) define saúde ambiental como sendo os aspectos da saúde humana e das enfermidades que são determinados por fatores ambientais. De acordo com a Funasa (2006), a Organização Mundial da Saúde (OMS) conceitua saúde ambiental como a parte da saúde

pública que se ocupa das formas de vida, das substâncias e das condições em torno do homem que podem exercer alguma influência sobre a saúde e o bem-estar. Desta forma, a conservação e a proteção do meio ambiente assumem papel decisório nas medidas relativas à promoção da saúde nas populações.

A infraestrutura sanitária deficiente desempenha uma nítida interface com a situação de saúde e com as condições de vida das populações dos países em desenvolvimento, nos quais as doenças infecciosas continuam sendo uma importante causa de morbidade e mortalidade (Daniel, 2001). A prevalência dessas doenças constitui um forte indicativo da fragilidade dos sistemas públicos de saneamento.

Costa et al (2006) elaborou uma listagem de doenças relacionadas às deficiências de saneamento ambiental, com a finalidade de explorar os Sistemas de Informações de Saúde, conforme a distribuição dessas doenças no Brasil. Tais doenças serão abordadas a seguir.

Segundo Borja e Moraes (2003A), no campo do saneamento ambiental, é urgente a estruturação de um sistema de indicadores para avaliar as condições ambientais, principalmente pela necessidade de se dispor de instrumentos confiáveis que respaldem o planejamento, a execução e a avaliação da ação pública, e não apenas pela fragilidade dos indicadores existentes.

Os indicadores têm como papel principal a transformação de dados em informações relevantes para os tomadores de decisão e o público. Em particular, eles podem ajudar a simplificar um arranjo complexo de informações sobre saúde, meio ambiente e desenvolvimento, possibilitando uma visão “sintetizada” das condições e tendências existentes (VON SCHIRNDING, 2002).

O processo de construção de um sistema de indicadores ambientais envolve uma série de decisões e exige uma concepção integrada do meio ambiente e, conseqüentemente, uma abordagem interdisciplinar (BORJA; MORAES, 2003B). Essa abordagem deve considerar condições ambientais, demográficas, comportamentais, culturais e socioeconômicas (HELLER; AZEVEDO, 2006).

Como observado anteriormente, a dengue e a leptospirose se apresentaram como melhores indicadores para serem acompanhados na bacia da Estrada Nova, com vistas a avaliar modificações em termos de qualidade ambiental.

Acredita-se que os índices de melhoria a serem alcançados na Estrada Nova, sejam acima de 90%, devido a tecnologia escolhida para o tratamento de esgoto e drenagem da bacia. Para o Una foram aplicadas soluções rudimentares e econômicas, devido a grande

extensão da bacia, quantidade de população envolvida e época de elaboração do projeto (década de 1980).

A bacia da Estrada Nova tem um projeto bastante atualizado tecnologicamente, com uma população que é a metade do Una, menor área de abrangência da bacia e quase o dobro do orçamento para implantação.

Ao que tudo isso indica está bacia terá indicadores socioambientais melhores em função da maior disponibilidade de recursos infraestruturas que são de suma importância para dispor de uma boa condição de vida para população e diminuir ainda mais a vulnerabilidade do aquífero superior, que para Estrada Nova, atualmente, é muito mais vulnerável que a bacia do Una, seja em pontos de contaminação ou em nível de exposição a contaminantes (maior percentual de área alagável, densidade demográfica, postos de combustível entre outros).

Além dos índices citados para acompanhamento, deve-se ressaltar a dificuldade para disponibilização de dados pela Secretaria de Saúde do Município de Belém (SESMA). Muitos dos indicadores que deveriam ser levantados neste estudo, não puderam ser apresentados devido à inexistência de dados por parte do poder público.

Os quatro indicadores apresentados neste estudo, eram os únicos indicadores com dados disponíveis desde 2000 com sua classificação por bairro. Sendo que em alguns casos, os dados não estavam nem tabelados ou catalogados em planilha. Para esses casos, uma pilha de planilhas de unidades de saúde foram emprestadas para tabulação deste estudo.

Isso representa que os dados são apontados pelo poder público, mas não são utilizados como ferramenta de gestão. Pelo visto, não são nem informados para outras esferas governamentais, a exemplo da malária que não existe nenhuma tabela ou planilha digital contendo os dados da doença para o município de Belém, mesmo para os dias atuais.

Desta forma, está relacionado a seguir quais deveriam ser os indicadores ideias para serem acompanhados antes, durante e após a conclusão da Macro drenagem da Bacia da Estrada Nova.

Por ingestão de água contaminada:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| - Cólera | - Hepatite infecciosa |
| - Disenteria amebiana | - Leptospirose |
| - Disenteria bacilar | - Paralisia infantil |
| - Febre tifóide e paratifóide | - Salmonelose |
| - Gastroenterite | |
| - Giardíase | |

Por contato com água contaminada:

- Escabiose (doença parasitária cutânea conhecida como Sarna)
- Tracoma (mais frequente nas zonas rurais)
- Verminoses, tendo a água como um estágio do ciclo
- Esquistossomose

Por meio de insetos que se desenvolvem na água:

- Dengue
- Febre Amarela
- Filariose
- Malária

Entre todas as doenças listadas, a SESMA possui somente 4 índices apontados para os anos de 2000 e 2005 (leptospirose, dengue, febre tifoide e hepatite).

O que se esperava como conclusão deste item, seria um quadro onde se analisa o quanto cada indicador evoluiu dentro das bacias comparado ao seu tipo de intervenção. Por exemplo, seria esperado que a quantidade de casos notificados de leptospirose fosse muito menor na bacia da Estrada Nova entre os anos de 2005 e 2000 do que no Una, devido ao melhor tratamento de esgoto adotado, melhor malha viária e menor extensão da bacia.

Ou seja, este quadro serviria para analisar os resultados obtidos dos indicadores dentro do espaço temporal analisado para a bacia e ainda comparar a sua eficiência referente a outra bacia estudada.

Esse quadro seria da seguinte forma (Tabela 25):

Tabela 25 – Quadro comparativo de indicadores para as bacias estudadas no espaço temporal (2000-2005) e entre si

INDICADOR (nº de casos notificados)	BACIA DO UNA	BACIA DA ESTRADA NOVA	RESULTADO ESPERADO PARA ESTRADA NOVA POS INTERVENÇÃO PÚBLICA
Leptospirose	Redução de 70%	Redução de 50%	A redução será potencializada devido ao melhor controle sanitário e menos áreas alagáveis
Dengue	Redução de 70%	Redução de 50%	A redução será potencializada devido a menos áreas alagáveis
Febre Tifoide	Aumento de 8%	Estável	Não se demonstrou ser um indicador válido para monitoramento
Hepatite	Redução de 10%	Aumento de 100%	De extrema importância para a bacia devido o alto grau de crescimento. A redução ainda será potencializada devido ao melhor controle sanitário e tratamento de esgoto

Devido à escassez de mais indicadores para compor um quadro analítico considerável para as bacias, esse dado não seria relevante e agregaria valor nesse estudo. O que precisa ser feito é aprimorar o banco de dados e sistemas de informação do serviço de saúde e gestão pública para poder se fazer tal análise e comparação entre as bacias estudadas.

Como pôde ser observado, nem todo indicador será válido para monitoramento.

7. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Antes de se apresentar as conclusões desse estudo, deve-se ressaltar algumas dificuldades para realização do mesmo, como a seguir:

- Foi utilizado um banco de dados e informações extremamente extenso e de diversas fontes (acadêmicas, públicas e primárias), além de muito trabalho que foi transformar um “bando de dado” em um banco de dados consistente;
- Muitos temas precisavam ser abordados embora não fossem os temas centrais da dissertação, em função da natureza do estudo, caracteristicamente interdisciplinar;
- A imprecisão e mesmo a falta de catalogação e montagem de banco de dados e informações por parte de quem tem o dever e fazê-lo (poder público), aumentam ainda mais as dificuldades e o trabalho de se conseguir informações e tabular os dados em ordem para posterior análise, o que tornou o trabalho ainda mais oneroso.

Todos esses fatores foram limitantes para que se chegasse a conclusões mais aprofundadas e mais abrangentes nesse estudo, o que não invalida em absoluto que se realize uma análise criteriosa do conjunto de informações e dados a que se conseguiu chegar, na consideração de que não se tenha o ideal para realizar tal análise.

Mesmo considerando essas limitações pode-se avançar nos seguintes pontos como conclusão:

1) **Espaço Físico**

a) Os parâmetros geológicos que determinam a morfologia e a fisiografia da RMB dividem essa região em áreas ditas de “terra firme”, as porções mais elevadas topograficamente e aquelas ditas de “baixada” ou “alagadas”, limitadas pela cota 4 metros, as quais se constituem áreas de risco para a ocupação humana;

b) As características geológicas e geomorfológicas das bacias do Una e da Estrada Nova são similares entre si e retratam as características da RMB, de ocorrência natural de áreas naturalmente alagáveis e sob o efeito da maré, que também pode alagar áreas através da tubulação da drenagem pluvial;

c) Alia-se a isso a alta pluviosidade da região e a elevada umidade do ar como condição agravante desse quadro;

d) Essa compartimentação natural do espaço físico pautou as diferenças em indicadores sociais entre os bairros da RMB refletidos pela oferta, ou não de equipamentos sociais como esgotamento sanitário, arborização, drenagem entre outros, o que levou a

instalação de pessoas muito carentes nestas áreas menos favoráveis para o adensamento humano;

e) Também pode ser observado que a bacia da Estrada Nova, apresenta uma vulnerabilidade para incidência de doenças de veiculação hídrica muito maior que a bacia do Una, devido ao percentual de área alegável, pontos de contaminação, densidade demográfica e falta de equipamentos públicos. Todos esses fatos fazem com que a bacia da Estrada Nova seja um foco constante para contaminação dos aquíferos e com uma grandeza ainda maior que a bacia do Una;

2) A ocupação histórica desse espaço

f) O modelo de ocupação territorial a partir do centro histórico de Belém devido à proximidade e importância que representa a Baía do Guajará, caracterizou-se desde o início da colonização como espontânea e quase ou nenhuma ação planejada;

g) Na perspectiva de guardar essa proximidade do Centro Histórico, as áreas passíveis de alagamento foram sendo paulatinamente ocupadas, principalmente pela população mais pobre;

h) Nessas áreas em razão das suas características físicas, a implantação de equipamentos sociais e serviços públicos foi e continua sendo muito difícil o que torna essas áreas como de risco para as populações que nelas habitam, favorecendo a proliferação de doenças;

i) O reflexo atual é a verticalização da RMB a qual avança áreas franjas dessas áreas alagadas;

3) As intervenções públicas

j) As intervenções públicas na bacia do Una melhoraram as condições de vida da população afetada pelas áreas passíveis de alagamento, o que demonstra ser possível conviver com as condições naturais do ambiente em condições dignas de vida;

k) A proposta de intervenção do poder público na bacia da Estrada Nova é uma iniciativa extremamente necessária para adequação ambiental daquela população, além de suprir outras necessidades do município como a melhoria e novos acessos viários a demais bairros. O custo de implantação desta intervenção está totalmente dentro da capacidade do governo, uma vez que, comparativamente, foi utilizado o dobro dos recursos financeiros para bacia do Una, a quase 10 anos de diferença de implantação de um projeto para o outro, e com um qualidade tecnológica dos serviços bem inferior;

l) O valor per capita investido nas intervenções são irrisórios comparado aos benefícios que se traduzem em melhoria na qualidade de vida. Um investimento, na ordem, de R\$ 2,00/habitante é incomparavelmente menor se comparados com o investimento que deve ser feito para tratar algumas das enfermidades levantadas neste estudo, por mais que esses número não tenha sido apresentado neste estudo, devido a sua alta complexidade como apresentação de custo de construção e operação de hospitais, custo com remédios, profissionais de saúde, energia elétrica e etc.;

m) Em termos de investimentos em sistemas e equipamentos urbanos de drenagem, esgotamento sanitário, abastecimento de água e equipamentos viários, a Bacia da Estrada Nova está melhor provida que a Bacia do Una, não só pelo volume de investimento mais também pela evolução tecnológica e definição conceitual do projeto, a exemplo do sistema de esgotamento sanitário que será através de ETE e não por fossas sépticas, com uma eficiência de tratamento muito superior;

4) A implicação de indicadores e de mecanismos de acompanhamento

n) Após a implantação das intervenções públicas na bacia da Estrada Nova, espera-se que, aproximadamente, 50% do território e 50% da população do município estejam vivendo em condições melhores e mais dignas para sua sobrevivência, reduzindo os índices de doenças de veiculação hídrica, ampliando a rede de esgoto do município, que é de apenas 6%, melhorando o fornecimento de água potável, restaurando e melhorando a rede de micro e macrodrenagem pluvial deste território, e harmonizando a malha viária do município, principalmente, nos bairros mais populosos;

E, finalmente, deve ser implantado um sistema de acompanhamento de indicadores de saúde ou qualidade de vida para melhor controle do poder público sob o monitoramento das suas intervenções, a fim de saber se foram efetivas e ainda mapear a necessidade de próximas intervenções no saneamento ambiental das áreas urbanas.

Observou-se que os indicadores apresentados não são suficientes para se controlar o índice de qualidade de hidro ambiental. Existem ainda mais de 15 indicadores ligados a recursos hídricos que envolvem diretamente o saneamento ambiental de uma bacia hidrográfica.

A utilização do gerenciamento pela área geográfica de uma bacia, também se mostra como uma ferramenta muito importante para a gestão pública, onde cada bacia pode ter um tratamento ambiental diferenciado e sem impacto em outra, não obedecendo aos limites atualmente utilizados como divisão por bairros.

REFERÊNCIAS

- Abreu Auriléa Gomes. 1998. *Urbanização e remoção: por que e para quem?* Belém, UFPA. 165p. (Coleção Igarapé).
- AGAINST THE HUMAN DEVELOPMENT INDEX COMMENT POSTED May 22, Bryan Caplan 2009 – Library of Economics and Liberty
- Almeida F.M. de, Matta M.A. da S., Dias E.R.F., Bandeira, I.C.N., Prado, J.B. do, Figueiredo A.B.de. 2004. Estudos Hidrogeológicos da Bacia Hidrográfica do Tucunduba - Belém/Pa, com base para uma proposta alternativa de abastecimento de água. *In: XIII Congresso Brasileiro de Aguas Subterrâneas, 2004, Cuiabá-MT.*
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION 1999. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington: 18 ed., APHA, 1999. 1100p.
- Arai, M.; Uesugui, N.; Rossetti, D.S.; Góes, A.M.. *Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no nordeste do estado do Pará* 1988. *In: Congresso Brasileiro de Geologia 35. 1988, Belém. Anais... Belém: SBG. v.2, p. 738-752*
- Bandeira, I.C.N.. *Neotectônica E Estruturação Dos Sistemas Hidrogeológicos Da Região De Castanhal / PA* 2008. Belém: Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências. 144 p. (Dissertação de Mestrado)
- BELEM (PA), Prefeitura Municipal De. 2005. *Diagnostico da Estrutura Intra-Urbana de Belém.*
- BELEM (PA), Prefeitura Municipal De. 2007. *Programa de Recuperação Urbano-Ambiental da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova. Estudo de Impacto Ambiental.*
- Berredo, José Francisco; Ribeiro, Hebe Morganne C.; Sales, Maria Emília da Cruz; Silva, Alcione Batista da; Nascimento, K. A F. do; Martins, M. G. M; Barbosa, S. S de Deus J. da S.; Oliveira, Maria de Lourdes S. *Caracterização Química, Físico-Química e Microbiológica da Água Superficial da Baía do Guajará, Belém-Pará.* Disponível em: www.iepa.ap.gov.br/temp1/IEPA/CPAq/PETRORISCO/OUTROS/JoseBerredo_resumo_Petrorisco_PA.pdf
- Borja, P.C.; Moraes, L.R.S. 2003A. *Indicadores de saúde ambiental com enfoque para a área de saneamento. Parte 1 – aspectos conceituais e metodológicos.* Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 13-25, jan./mar.
- Borja, P.C.; Moraes, L.R.S. 2003B. *Indicadores de saúde ambiental com enfoque para a área de saneamento. Parte 2 – estudo de caso.* Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 26-38, abr./jun.
- Bower, H. 1978. *Ground water hydrology*. New York, McGraw Hill.
- BRASIL, Governo Do. 2008. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). *Diagnostico dos Serviços de Água e Esgoto.*

- Cabral, N.M.T. 2004. *Impacto da Urbanização na qualidade das águas subterrâneas nos bairros do Reduto Nazaré e Umarizal- Belém Pará*. Belém: Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências. 278 p. (Tese de Doutorado)
- Carvalho, L.M.F. 1999. *Contribuição da Geometria das Camadas Aquíferas do Bairro do Umarizal com base para uma proposta de Abastecimento de Água Subterrânea*. TCC. Universidade Federal do Pará-CG. DGL. 81p, 1999
- Cavalcante I. N. 1998. *Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza Estado do Ceará*. São Paulo, Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 164p (Tese de Doutorado)
- Cavalcante, L.M. 2000. *Neotectônica na área do Tiracambú (NE do Estado do Pará, NW do Estado do Maranhão)*. Belém: Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências. (Dissertação de Mestrado)
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2012. *Variáveis de qualidade das águas*. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em 20 de novembro de 2012.
- Christofoletti, A. 1974. *Geomorfologia*. São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo. 149p, 1974
- CODEM – Companhia De Desenvolvimento Da Área Metropolitana De Belém. 1975. *Plano de Desenvolvimento da Grande Belém: metodologia, estudos básicos, prognósticos, desenvolvimento e sistema*. Belém, DNPM-CPRM. v.1.
- CODEM – Companhia De Desenvolvimento Da Área Metropolitana De Belém. 1998. *Levantamento aerofotogramétrico da área urbana e de expansão de Belem – Ortofotocarta. Escala 1:2000*. CD-ROM, 1998
- COHAB - Companhia De Habitação Do Pará. [Base de dados]. CD ROOM. Belém, 2003
- Corvalán, C. *Processos de toma de decisiones en Salud Ambientale*. Brasília: World Health Organization, 2004.
- COSANPA - Companhia De Saneamento Do Pará. 2006. *Plano Diretor Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém*. Belém – Pará.
- Costa, F. R. DA. 2004. *Influência da neotectônica sobre os arranjos geométricos dos aquíferos na Região Metropolitana de Belém*. Belém: Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências. 157 p. (Dissertação de Mestrado)
- Costa, Jbs; Bemerguy, R. L; Hasui, Y.; Borges, M. S.; Junior, C.R.P.F.; Bezerra, P. E. L.; Costa, M. L.; Fernandes, J. M. G. 1996. *Neotectônica da região Amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais*. *Geonomos*, v.4, n. 2, p. 23-44.
- Costa, M.A. et al. 2006. *Impactos na Saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado*. In: Fundação Nacional da Saúde. 1º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública. 2. ed. Brasília: Funasa, p. 7-27.

- Costa, T. C. D. da, 2001. *Análise crítica das metodologias gerais de mapeamento geotécnico visando formulação de diretrizes para a cartografia geotécnica no Trópico e aplicação na Região Metropolitana de Belém, Escala 1:50.000*. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 2V. (Tese de Doutorado)
- CPRM, Companhia De Pesquisa De Recursos Minerais. 2002. *Projeto Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belem e Adjacencias*. Belem.
- Daniel, L.A. (Coord.). 2001. *Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Projeto Prosab*, Rio de Janeiro: Rima/ABES.
- Deffontaines, B. & Chorwicz, J. 1991. *Principles of drainage basin analysis from multisource data: application of the structural analysis of the Zaire Basin*. *Tectonophysics*, Amsterdam, 194: 237-267.
- Dias, E. R. F. 2002. *Caracterização Geométrica das Camadas Aquíferas da Bacia do Paracuri. Distrito de Icoaracé e dos Aspectos Físico-Químicos de suas Águas, como Base para uma Proposta de Abastecimento de Água Subterrânea*. Relatório Técnico – Científico. Universidade Federal do Pará. PROINT. 53p.
- Dias, E.R.F.; Almeida, F.M. De; Matta, M.A. Da S.; Figueiredo, A.B.De; Bandeira, I.C.N. 2004. *Caracterização Geométrica e qualidade das Águas dos aquíferos da Bacia Hidrográfica do Paracuri e adjacências, Belém/Pa, com base para a Gestão dos Recursos Hídricos*. In: XIII Congresso Brasileiro de Aguas Subterrâneas, Cuiabá-MT.
- Dubos, R. 1965. *Man adapting*. New Haven: Yale Press University.
- Feitosa, F.A.C. e Manoel Filho (Org). 1997. *Hidrogeologia, Conceito e Aplicações*, CPRM Serviço Geológico do Brasil.
- Ferreira Júnior, C. P.R. 1996. *Neotectônica na área da Bacia de São Luis*. Belém Universidade Federal do Pará Centro Geociências (Dissertação de Mestrado)
- Ferreira, C.S. & Cassab R.C.T. 1985. *Implicações faciológicas da família Pectinidae (Mollusca-Bivalvia) da Formação Pirabas. Oligo Mioceno do norte e nordeste do Brasil*. In: CAMPOS, Diógenes de Almeida et al. (Org.). *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*. Brasília. MME-DNPM. p. 205-209. (Série Geológica 27. Seção Paleontologia e Estratigrafia v2).
- Ferreira, C.S. & Cunha O. R. 1957. *Contribuição à paleontologia do Estado do Pará. Notas sobre a Formação Pirabas com a descrição de novos invertebrados fósseis*. 1. (Mollusca – Gastropoda). Bol. Museu Paraense Emilio Goeldi, nova série Geológica. 2:1-61.
- Ferreira, C.S. 1966. *Características Lito-paleontológicas da Formação Pirabas, Estado do Pará*. In: CONF. GEOL. GUIANAS, 6, Belém. Anais... Rio de Janeiro, DNPM., da Divisão de Geologia e Mineralogia p. 101-111. (avulsos 41).
- Ferreira, C.S. 1967. *Contribuição a paleontologia do Estado do Pará. O gênero Orthaulax Gabb, 1872 na Fazenda Pirabas*. In: SIMP. BIOTA AMAZ., 1, Belém. Atas, Rio de Janeiro, CNPq v.1 p. 169-181

- Ferreira C.S. 1980. *Correlação da Formação Pirabas (Mioceno Inferior). N e NE do Brasil, com as Formações Chipola e Tampa da Península da Florida, USA*. In: Latinoamer. Paleont., 1., Buenos Aires. Atas. Buenos Aires, APA. (3):49-55.
- Ferreira, C.S. 1982. *Notas Estratigráficas sobre o Cenozóico Marinho do Estado do Pará*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1. Belém. Anais, p. 84-88.
- Ferreira, C.S., & Francisco, B.H.R. 1988. *As Relações da Formação Pirabas (Oligoceno-Mioceno) com as Formações Continentais do Nordeste do Pará*. In: CONGRESSOS BRASILEIROS DE GEOLOGIA, 35, Belém, Anais. SBG, v.6.
- Fetter, C.W. 2001. *Applied Hydrogeology (4th ed.)*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 598p.
- Foster, S. & Hirata, R. 1993. *Determinação dos riscos de contaminação das águas subterrâneas, um método baseado em dados existentes*. São Paulo, Ed. Instituto Geológico (Bol., 10). 93p.
- Foster, S. 1987. *Fundamental concepts in aquifer vulnerability risk and protection strategy*. Proc Intl Conf. "Vulnerability of soil and groundwater to pollutants" (Noordwijk, The Netherlands/April).
- Foster, S. S. D. & Hirata, R. 1988. *Riscos de Poluição de Águas Subterrâneas*. In: CONGRESSO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, 1988. Anais... São Paulo: ABAS, P.175 - 185.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A. 1979. *Groundwater*. New Jersey: Prentice-Hall, 604 pp.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAUDE (FUNASA). 2006. *Programa de cooperação técnica*. Fundação Nacional de Saúde, Brasília: Funasa.
- Góes A. M., Rossetti, D. F.; Nogueira A. C. R., Toledo P. M. 1990. *Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do Pará*. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. Serie Ciências da Terra v.2, p.3-15
- Guerra, A. T. 1993. *Dicionário Geológico Geomorfológico*. 8ª ed. Rio de Janeiro. Fundação IBGE. 446 p.
- Heller, L. 1997. *Saneamento e saúde. Organização Panamericana de Saúde da Organização Mundial da Saúde*. Representação do Brasil. Brasília.
- Heller, L.; Azevedo, E.A. 2006. *Exclusão sanitária em Belo Horizonte, MG: caracterização e associação com indicadores de saúde*. In: Fundação Nacional da Saúde. 1º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública. 2. ed. Brasília: Funasa. p. 71-98.
- Hirata, R. C. 1994. *Fundamentos e estratégias de proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas. Estudos de casos no estado de São Paulo*. USP- Instituto de Geociências, São Paulo, (Tese de Doutorado, IGUSP).
- Howard, A.D. 1967. *Drainage analysis in geologic interpretation: summatio*. Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol. Chicago, 51(11):2246-2259.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2008. *Estimativas / Contagem da População 2007*. (14 de novembro de 2007). Página visitada em 31 de maio de 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2001. *Censo demográfico 2000: características da população e dos domicílios (resultado do universo)*. Rio de Janeiro, 2001.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 1998. *Normais climatológicas (1931 a 1997)* - Brasília – DF.
- King, L.C. 1956. *A Geomorfologia do Brasil Oriental*. *Revistas Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro. (1892): 147-265.
- Leão, N.; Alencar, C; Veríssimo, A. 2008. *Belém Sustentável 2007*. BELÉM: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. 140P.
- Logan, J. 1965. *Interpretação de Análises Químicas da Água*. U.S. Agency for International Development, Trd. Lemos, A.M., Recife.
- Matta, M. A. S., 2000. *Águas Superficiais e Subterrâneas da Bacia Tocantins-Araguaia como Subsídio para um Estudo de Impacto Ambiental*. In: Congresso Mundial Integrado De Águas Subterrâneas, 1., Fortaleza-CE, Anais. Fortaleza-Ce. ABAS. CD-ROM.
- Matta Milton Antonio da Silva. 2002. *Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil*. / Milton Antonio da Silva Matta; orientador, Aldo da Cunha Rebouças: Tese de doutorado. 292p.
- Maury, C.J. 1925. *Fósseis terciários do Brasil com novas descrições de Formas Cretáceas*. Rio de Janeiro. Serviço Geológico e mineralógico do Brasil. 665p. (Monografia 4).
- Mazzeo, T. E. 1991. *Avaliação Ambiental das Vias de Drenagem da Região Metropolitana de Belém (PA), quanto a distribuição dos elementos Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 141p. (Dissertação de Mestrado).
- Mercês, Simaia do Socorro Sales das (coord.). 1997. *Relatório ambiental da RMB*. Belém: COHAB.
- MICRONAL. *Artigo: Saúde da Água*. Disponível em: <http://www.micronal.com.br/artigostecnicos/saude_agua.htm> Acessado em: 09/05/12
- Minns, S. A. 1993. *Conceptual model of local e regional ground water flows in the eastern Kentucky Coal Field*. Thesis (Master) – University of Kentucky. Lexington. 194p.
- Monteiro, C. A. F. 1976. *Teoria e clima urbano*. São Paulo : IGEOG-USP. (Série Teses e Monografias, 25).
- Monteiro, E.C.; Luczynski, E.; Souza, P.G.N. 1992. *Estágio de Campo III – Ilha de Mosqueiro/PA (Projeto Nordeste do Pará)*. Belém. Universidade Federal do Pará/Centro de Geociências. 116 p. (Relatório Final).

- Monteiro, M.F.; & Silva, T.C. 1979. *Aspectos fluviais importantes para a fotointerpretação*. 2.ed. Salvador: Centro Editorial e Didático da Universidade Federal, 44p.
- Moraes, M. C. da S. 1999. *Avaliação do Regime de Precipitação na Região de Belém (RMB) e sua Relação Hidrologia Subterrânea*. UFPA. CG/DMET. 45p. (Trabalho de Conclusão de Curso).
- Mutó, J. 1997. *Caracterização Geométrica das camadas Aquíferas da Região Metropolitana de Belém - Bairro de Nazaré*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 69p. TCC.
- Oliveira, J. R. de. A. 1998. *Caracterização preliminar das potencialidades aquíferas do município de Ananindeua com proposta técnica para perfuração de poços tubulares profundos para captação de água subterrânea – Belém, CPRM/PEHRMB*.
- Oliveira, J. R.. (Coord.). 2002. *PHRMB – Projeto Estudos Hidrogeológicos Da Região Metropolitana De Belém E Adjacências*. Belém, CRPM. CD ROM (Relatório Final).
- Ouchi, S. 1985. *Response of Alluvial Rivers to Slow Active Tectonic Movement*. Geological Society of Amariucan Bulletin, 96 504-5115.
- Palheta, E. S. M. 2008. *Estudo da compartimentação e arcabouço neotectônico da ilha de Mosqueiro–Pará empregado no conhecimento hídrico subterrâneo*. Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Tese de Doutorado.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ (COSANPA). 2006. *Projeto de Drenagem, Vias, Agua e Esgoto das Zonas Baixas de Belem – Projeto Una. Informações Gerais*.
- PARÁ, SECRETARIA DE INDÚSTRIA COMÉRCIO E MINERAÇÃO (SEICOM). 1995. *Plano Diretor de Mineração em Áreas Urbanas da Região Metropolitana de Belém e Adjacências: projeto estudo do meio-ambiente em sítios de extração de materiais de construção na região Belém-Benevides*, Estado do Pará. Belém, 157 p. (Relatório Final).
- Petri, S. 1957. *Foraminíferos Miocênicos da Formação Pirabas*. Boletim da Faculdade da Filosofia ciências Letras (geologia) – Universidade de São Paulo, 216: 79 p.
- Pinheiro, R. V. L. 1987. *Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará-Belém (PA)*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 1674p. (Dissertação de Mestrado).
- PNRH, Plano Nacional de Recursos Hídricos. 2004. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Relatório Final
- PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (PROSAB). 2006. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/fundossetoriais.açãotransversal.PDF>>. Acesso em: 023 de março de 2009.
- Rebouças, A. C. 1999. *Águas doces no Brasil: “Capital ecológico uso e conservação”*. São Paulo, Escrituras Editora. 717p,

- Richter, C. A.; Netto, J. M. de A. 1991. *Tratamento de água- Tecnologia atualizada*. Editora Edgard Blucher, São Paulo.
- Rossetti, D. F. ; Góes, A. M. ; Souza, L. S. B. 2001. *Estratigrafia da Sucessão Sedimentar Pós-Barreiras (Zona Bragantina, Pará) com base em Radar de Penetração no Solo*. Revista Brasileira de Geofísica, Sao Paulo, v. 19, n. 2, p. 113-130.
- Rossetti, D.F.; Trukenbrodt, W;Góes, A.M. 1989. *Estudo Paleoambiental e Estratigráfico dos Sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na Região Bragantina, Nordeste do Pará*. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Série Ciências da Terra), 1 (1): 25-74.
- Rouquayrol, M.Z.; Almeida Filho, N. 1987. *Epidemiologia e saúde*. 2. ed. Rio de Janeiro: Medsi.
- Sá, J.H.S. 1969. *Contribuição a geologia dos sedimentos terciários e quaternários da região Bragantina*. Boletim Instituto Geologia. Rio de Janeiro v. 3, p.21-3.
- Santos, A.C. 1997. *Noções De Hidroquímica*. In: Feitosa, F.A.C. & Manuel Filho, J. *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. CPRM. cap.5. p.81-108.
- Sauma Filho, M. 1996. *As Águas Subterrâneas de Belém e Adjacências: Influência da Formação Pirabas e Parâmetros físico-químicos para Medidas de Qualidade*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 128p. (Dissertação de Mestrado).
- Schumm, S. A. 1986. *Alluvial River Response to Active Tectonics*. Active Tectonics, Studies in Geophysics. National Academy Press. p. 80-94.
- Simonsen, M.H. 1970. *Gradualismo e Tratamento de Choque (Princípios da Correção/Atualização Monetária)*. Editora APEC.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOREFERENCIAIS DO ESTADO DO PARÁ (SIGIEP). 2001. Secretaria especial de Infra-Estrutura - Belém, CD-ROM PARÁ.
- Soares J. A. C. 1999. *Vulnerabilidade Natural dos aquíferos livres da região de Barcarena-PA*. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, Trabalho de conclusão de curso.
- Souto, F. A. F. 1997. *Projeto de Abastecimento de Água para a Região de Invasão, "Riacho Doce" - Belém/PA*. Universidade Federal do Pará. CG. TCC. 47p.
- Souza Junior, C.M.; Quadros, M.L. Do E.S.; Bezerra, O.V. 1992. Projeto: Relatório final estágio de campo III, Município de Castanhal. Belém: Universidade Federal do Pará.
- Souza, C. W. F, 1993. *Correlação de Perfis Geofísicos de poços da Área de Belém*. TCC. Universidade Federal do Pará. CG. DGL. 35p.
- Tancredi A. C. F. N. S. 1980. *Projeto reconhecimento dos recursos naturais da região metropolitana de Belém*. Belém - Pará, IDESP. 9 p.
- Thornthwaite C. W. & Mather J. R. 1955. The water balance. *Climatology* 8 (1).

Von Schirnding. 2002. *Health in sustainable development planning: the role of indicators*. Geneva, World Health Organization.

ANEXOS

ANEXO 1 - Cadastro dos poços de amostragem do aquífero livre da RMB

ANEXO 1 - Cadastro dos poços de amostragem do aquífero livre da RMB
QUADRO 01 – CADASTRO DOS POÇOS DE AMOSTRAGEM DO AQUÍFERO LIVRE DA RMB

NUMERO CADASTRO	TIPO DO POÇO	MUNICÍPIO	PROFUNDIDADE (m)	NÍVEL		COORDENADAS		COTA	CARGA HIDRÁULICA
				ESTÁTICO	DINÂMICO	LONGITUDE	LATITUDE		
1855	Tubular	MARITUBA	18.00	4.76	-	795.018	9.849.705	10.00	5.24
1858	Tubular	MARITUBA	18.00	3.40	-	794.429	9.849.804	5.00	1.60
1868	Tubular	MARITUBA	24.00	6.00	-	795.779	9.850.138	8.00	2.00
1875	Tubular	MARITUBA	18.00	5.77	-	795.520	9.848.769	15.00	9.23
1876	Tubular	MARITUBA	18.00	6.33	-	795.849	9.848.072	12.00	5.67
1878	Tubular	MARITUBA	25.00	3.75	-	795.859	9.847.712	7.00	3.25
1881	Tubular	MARITUBA	18.00	1.18	-	796.320	9.847.347	5.00	3.82
1901	Tubular	MARITUBA	24.00	9.34	-	797.445	9.847.514	23.00	13.66
1922	Tubular	MARITUBA	45.00	5.65	-	801.436	9.849.185	15.00	9.35
1927	Tubular	MARITUBA	20.00	1.97	-	798.403	9.851.524	10.00	8.03
1949	Tubular	MARITUBA	24.00	8.39	-	797.408	9.849.545	18.00	9.61
1965	Tubular	MARITUBA	18.00	5.27	-	796.534	9.850.766	9.00	3.73
1972	Tubular	MARITUBA	30.00	1.39	-	796.486	9.851.842	5.00	3.61
1979	Tubular	MARITUBA	30.00	4.75	-	796.339	9.851.004	10.00	5.27
1985	Tubular	MARITUBA	12.00	2.49	-	795.698	9.851.046	5.00	2.51
1987	Tubular	MARITUBA	15.00	4.79	-	796.537	9.850.010	14.00	9.21
1993	Tubular	MARITUBA	24.00	6.78	-	796.163	9.849.062	20.00	13.22
419	Tubular	OUTEIRO	22.00	6.45	-	781.903	9.860.481	9.00	2.55
425	Tubular	OUTEIRO	18.00	6.40	-	780.233	9.858.982	9.00	2.60
426	Escavado	OUTEIRO	13.00	7.10	-	781.382	9.858.981	10.00	2.90
427	Escavado	OUTEIRO	12.00	6.45	-	780.592	9.857.784	8.00	1.55
438	Tubular	OUTEIRO	18.00	6.65	-	781.010	9.859.640	15.00	8.35
457	Tubular	OUTEIRO	13.00	2.86	-	782.594	9.861.444	4.00	1.14
461	Tubular	OUTEIRO	18.00	6.40	-	782.815	9.861.785	9.00	2.60
479	Tubular	OUTEIRO	12.00	0.50	-	782.078	9.860.795	4.00	3.50
482	Tubular	OUTEIRO	12.00	2.00	-	782.284	9.861.020	3.00	1.00
508	Tubular	OUTEIRO	18.00	7.57	-	784.279	9.859.457	10.00	2.43
511	Tubular	OUTEIRO	18.00	8.04	-	783.382	9.862.093	10.00	1.96
517	Tubular	OUTEIRO	18.00	8.38	-	785.681	9.859.239	13.00	4.62
520	Tubular	OUTEIRO	17.00	4.40	-	783.286	9.859.833	10.00	5.60
622	Escavado	MOSQUEIRO	10.08	9.12	-	781.450	9.871.632	10.00	0.88

632	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	2.92	-	782.543	9.871.177	5.00	2,08
635	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	3.03	-	782.904	9.870.808	5.00	1.97
649	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	3.25	-	781.896	9.871.284	5.00	1.75
660	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	3.57	-	783.014	9.874.263	8.00	4.43
669	Tubular	MOSQUEIRO	24.00	5.71	-	782.178	9.873.469	10.00	4.29
680	Tubular	MOSQUEIRO	24.00	8.91	-	782.208	9.872.846	10.00	1.09
684	Tubular	MOSQUEIRO	16.00	5.35	-	781.906	9.872.286	7.00	1.65

734	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	3.52	-	782.091	9.874.168	5.00	1.48
755	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	7.81	-	792.988	9.880.047	10.00	2.19
767	Tubular	MOSQUEIRO	24.00	3.17	-	782.919	9.874.616	5.00	1.83
809	Tubular	MOSQUEIRO	15.00	2.90	-	783.089	9.873.416	4.00	1.10
848	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	3.59	-	783.893	9.874.276	5.00	1.41
869	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	2.02	-	784.323	9.875.820	6.00	3.98
877	Tubular	MOSQUEIRO	24.00	5.38	-	784.242	9.874.789	10.00	4.62
881	Escavado	MOSQUEIRO	5.15	3.44	-	783.681	9.874.810	5.00	1.56
889	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	1.46	-	785.204	9.876.022	3.00	1.54
907	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	4.20	-	785.658	9.876.128	5.00	0.80
909	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	6.00	-	786.456	9.876.647	7.00	1.00
912	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	5.39	-	786.013	9.875.682	10.00	4.61
918	Tubular	MOSQUEIRO	22.00	6.90	-	785.907	9.876.504	9.00	2.10
945	Tubular	MOSQUEIRO	24.00	6.14	-	788.204	9.878.576	8.00	1.86
953	Tubular	MOSQUEIRO	20.00	4.63	-	788.011	9.877.131	10.00	5.37
969	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	3.91	-	786.507	9.877.271	5.00	1.09
985	Tubular	MOSQUEIRO	25.00	4.83	-	787.588	9.877.581	10.00	5.17
1011	Tubular	MOSQUEIRO	22.00	7.27	-	787.053	9.878.616	8.00	0.73
1029	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	6.17	-	789.096	9.877.914	10.00	3.83
1043	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	6.00	-	789.572	9.881.156	10.00	4.00
1048	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	8.18	-	790.003	9.881.370	10.00	1.82
1054	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	2.58	-	789.205	9.878.921	6.00	3.42
1064	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	5.91	-	788.375	9.879.078	10.00	4.09
1088	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	10.00	-	791.519	9.881.730	12.00	2.00
1093	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	4.06	-	797.262	9.881.216	5.00	0.94
1110	Tubular	MOSQUEIRO	18.00	1.75	-	796.969	9.882.168	4.00	2.25
2000	Tubular	BENEVIDES	18.00	6.90	-	801.924	9.849.497	20.00	13.10
2008	Escavado	BENEVIDES	12.00	4.77	-	799.869	9.853.248	10.00	5.23

2030	Tubular	BENEVIDES	18.00	4.00	-	800.883	9.852.853	15.00	11.00
2037	Tubular	BENEVIDES	24.00	6.28	-	801.778	9.852.393	15.00	8.72
2041	Tubular	BENEVIDES	28.00	6.90	-	805.409	9.850.305	20.00	13.10
2043	Tubular	BENEVIDES	25.00	5.73	-	803.783	9.851.781	10.00	4.27
2044	Tubular	BENEVIDES	27.00	5.24	-	802.809	9.854.120	10.00	4.76
2046	Tubular	BENEVIDES	18.00	4.47	-	803.168	9.854.874	5.00	0.53
2054	Tubular	BENEVIDES	24.00	6.00	-	798.377	9.855.513	15.00	9.00
2084	Tubular	BENEVIDES	18.00	3.89	-	799.801	9.854.380	8.00	4.11
2121	Tubular	BENEVIDES	30.00	2.04	-	797.270	9.855.138	5.00	2.96
2157	Tubular	BENEVIDES	25.00	0.97	-	800.491	9.856.194	10.00	9.03
2161	Tubular	BENEVIDES	16.00	4.10	-	800.552	9.858.142	15.00	10.90
2170	Tubular	BENEVIDES	18.00	3.59	-	798.560	9.856.771	5.00	1.41
2175	Tubular	BENEVIDES	18.00	5.53	-	799.527	9.856.934	12.00	6.47
223	Tubular	BENEVIDES	25.00	6.28	-	797.483	9.858.476	9.00	2.72
322	Tubular	BENEVIDES	24.00	5.27	-	805.279	9.848.991	20.00	14.73
326	Tubular	BENEVIDES	18.00	7.71	-	805.493	9.847.715	18.00	10.29
537	Tubular	BELÉM	23.00	3.34	-	781.928	9.844.355	5.00	1.66
553	Tubular	BELÉM	30.00	5.72	-	783.423	9.841.638	15.00	9.28
557	Tubular	BELÉM	24.00	4.38	-	782.635	9.843.256	8.00	3.62
558	Tubular	BELÉM	38.00	8.77	-	784.514	9.841.108	15.00	6.23
566	Tubular	BELÉM	26.00	8.65	10.75	782.500	9.841.600	10.00	1.35
572	Tubular	BELÉM	39.00	10.50	22.46	780.063	9.839.440	12.00	1.50
575	Tubular	BELÉM	18.00	1.84	-	781.420	9.844.963	5.00	3.16
578	Tubular	BELÉM	40.00	10.00	15.00	783.416	9.843.097	15.00	5.00
579	Tubular	BELÉM	18.00	1.89	6.83	784.322	9.839.104	5.00	3.11
580	Tubular	BELÉM	24.00	7.61	-	785.445	9.938.646	10.00	2.39
582	Tubular	BELÉM	20.00	6.00	-	783.654	9.851.974	12.00	6.00
589	Tubular	BELÉM	12.00	2.84	-	785.415	9.846.604	8.00	5.16
607	Tubular	BELÉM	27.00	5.70	13.37	780.339	9.840.785	7.00	1.30
2242	Tubular	STA.BARBARA	18.00	7.66	-	797.749	9.862.625	9.00	1.34
2243	Tubular	STA.BARBARA	21.00	7.06	-	804.517	9.860.210	16.00	8.94
2246	Tubular	STA.BARBARA	40.00	8.00	-	805.366	9.870.895	10.00	2.00
2250	Tubular	STA.BARBARA	52.00	6.81	-	803.500	9.862.252	12.00	5.19
2251	Tubular	STA.BARBARA	18.00	0.77	-	798.922	9.869.481	11.00	10.23
2252	Tubular	STA.BARBARA	18.00	5.60	-	807.333	9.873.407	18.00	12.40
2253	Tubular	STA.BARBARA	20.00	8.00	-	807.468	9.872.127	17.00	9.00

2254	Tubular	STA.BARBARA	19.00	8.15		804.456	9.875.118	10.00	1.85
2255	Tubular	STA.BARBARA	18.00	8.06		807.174	9.869.144	17.00	8.94
2256	Tubular	STA.BARBARA	21.00	5.23		803.348	9.862.887	10.00	4.77
2257	Tubular	STA.BARBARA	18.00	5.05		803.494	9.862.884	9.00	3.95
2258	Tubular	STA.BARBARA	18.00	4.44		803.617	9.862.573	16.00	11.56
2259	Tubular	STA.BARBARA	35.00	5.37		804.953	9.876.370	10.00	4.63
2260	Tubular	STA.BARBARA	48.00	3.00		796.455	9.870.591	8.00	5.00
2261	Tubular	STA.BARBARA	8.42	6.80		797.855	9.862.477	9.00	2.20
2262	Escavado	STA.BARBARA	4.00	3.00		797.206	9.862.587	7.00	4.00
2263	Tubular	STA.BARBARA	8.00	4.80		803.627	9.862.583	16.00	11.20
21	Tubular	ICOARACI	20.00	7.00		779.577	9.856.624	7.00	0.01
74	Tubular	ICOARACI	18.00	6.00		780.979	9.856.969	6.00	0.01
117	Tubular	ICOARACI	16.00	4.68		780.301	9.856.177	12.00	7.32
59	Tubular	ICOARACI	17.00	6.15		779.601	9.855.349	13.00	6.85
16	Tubular	ICOARACI	13.00	5.00		780.765	9.855.439	11.00	6.00
165	Tubular	ICOARACI	18.00	2.80		779.787	9.854.441	8.00	5.20
62	Tubular	ICOARACI	15.00	5.00		780.831	9.854.772	12.00	7.00
71	Tubular	ICOARACI	15.00	4.00		781.311	9.855.331	13.00	9.00
248	Tubular	ICOARACI	16.00	1.28		780.936	9.853.727	5.00	3.72
247	Tubular	ICOARACI	16.00	1.54		780.059	9.851.706	5.00	3.46
273	Tubular	ICOARACI	18.00	5.88		781.744	9.853.291	11.00	5.12
211	Tubular	ICOARACI	21.00	6.25		780.537	9.852.955	12.00	5.75
215	Tubular	ICOARACI	16.00	0.93		780.661	9.852.115	7.00	6.07
237	Tubular	ICOARACI	20.00	7.70		781.185	9.852.846	11.00	3.30
179	Tubular	ICOARACI	22.00	6.50		781.651	9.852.192	12.00	5.50
239	Tubular	ICOARACI	18.00	6.87		781.297	9.851.704	11.00	4.13
310	Tubular	ICOARACI	18.00	1.70		781.721	9.851.195	11.00	9.30
300	Tubular	ICOARACI	18.00	2.83		782.975	9.850.929	16.00	13.17
324	Tubular	ICOARACI	12.00	2.00		782.146	9.850.265	12.00	10.00
323	Tubular	ICOARACI	12.00	2.50		782.211	9.849.722	12.00	9.50
330	Tubular	ICOARACI	16.00	1.90		782.959	9.851.179	13.00	11.10
326	Tubular	ICOARACI	18.00	6.00		782.270	9.850.962	15.00	9.00
333	Tubular	ICOARACI	12.00	4.00		782.892	9.852.170	4.00	0.01
363	Tubular	ICOARACI	18.00	5.22		783.977	9.851.314	16.00	10.78
373	Tubular	ICOARACI	18.00	3.32		785.323	9.851.865	4.00	0.68
378	Tubular	ICOARACI	18.00	5.31		784.635	9.851.652	12.00	6.69

360	Tubular	ICOARACI	12.00	6.70		784.586	9.852.396	12.00	5.30
356	Tubular	ICOARACI	18.00	4.10		785.076	9.852.458	11.00	6.90
347	Tubular	ICOARACI	18.00	2.80		785.873	9.852.977	5.00	2.20
349	Tubular	ICOARACI	18.00	3.21		785.759	9.852.459	7.00	3.79
359	Tubular	ICOARACI	18.00	1.63		784.938	9.852.861	5.00	3.37
233	Tubular	ICOARACI	16.00	5.80		783.748	9.852.993	16.00	10.20
231	Tubular	ICOARACI	14.00	6.95		783.022	9.853.009	12.00	5.05
159	Tubular	ICOARACI	22.00	4.27		783.608	9.854.437	12.00	7.73
184	Tubular	ICOARACI	18.00	5.90		783.002	9.854.596	12.00	6.10
76	Tubular	ICOARACI	16.00	5.00		782.307	9.856.166	13.00	8.00
1143	Tubular	ANANINDEUA	18.00	8.00		788.249	9.848.280	21.00	13.00
1189	Tubular	ANANINDEUA	17.00	5.00		788.348	9.849.629	17.00	12.00
1228	Tubular	ANANINDEUA	21.00	7.00		789.273	9.849.000	18.00	11.00
1290	Tubular	ANANINDEUA	24.00	8.94		791.293	9.846.418	23.00	14.06
1294	Tubular	ANANINDEUA	18.00	5.37		788.766	9.850.416	17.00	11.63
1299	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.06		789.506	9.849.832	18.00	11.94
1316	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.05		790.031	9.850.415	17.00	10.95
1328	Tubular	ANANINDEUA	18.00	3.13		790.394	9.851.141	14.00	10.87
1354	Tubular	ANANINDEUA	13.00	5.92		791.288	9.850.858	14.00	8.08
1365	Tubular	ANANINDEUA	15.00	6.63		788.887	9.851.864	17.00	10.37
1366	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.63		789.796	9.851.866	13.00	6.37
1377	Tubular	ANANINDEUA	18.00	4.85		790.335	9.852.249	18.00	13.15
1382	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.61		791.170	9.851.924	15.00	8.39
1387	Tubular	ANANINDEUA	18.00	7.98		792.911	9.850.192	16.00	8.02
1394	Tubular	ANANINDEUA	18.00	1.95		795.098	9.848.845	8.00	6.05
1395	Tubular	ANANINDEUA	16.00	3.94		795.065	9.848.000	15.00	11.06
1400	*Tubular	ANANINDEUA	36.00	10.81		795.203	9.845.764	15.00	4.19
1401	Tubular	ANANINDEUA	16.00	6.84		795.247	9.846.216	18.00	11.16
1411	Tubular	ANANINDEUA	18.00	7.33		792.213	9.852.872	13.00	5.67
1416	Tubular	ANANINDEUA	12.00	4.36		791.081	9.853.755	8.00	3.64
1417	Tubular	ANANINDEUA	24.00	6.13		794.352	9.846.824	22.00	15.87
1424	Tubular	ANANINDEUA	24.00	9.27		790.867	9.852.598	14.00	4.73
1426	Tubular	ANANINDEUA	15.00	3.86		789.861	9.854.012	7.00	3.14
1432	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.04		794.102	9.847.497	22.00	15.96
1436	Tubular	ANANINDEUA	23.00	7.05		793.460	9.848.046	15.00	7.95
1445	Tubular	ANANINDEUA	12.00	3.80		787.340	9.850.449	12.00	8.20

1452	Tubular	ANANINDEUA	18.00	5.16		786.505	9.851.012	10.00	4.48
1460	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.38		786.186	9.851.985	11.00	4.62
1478	Tubular	ANANINDEUA	18.00	11.37		786.661	9.852.525	12.00	0.63
1483	Tubular	ANANINDEUA	18.00	7.12		786.972	9.851.582	17.00	9.88
1484	Tubular	ANANINDEUA	24.00	4.47		793.907	9.843.644	21.00	16.53
1485	Tubular	ANANINDEUA	30.00	9.86		794.774	9.843.012	22.00	12.14
1486	Tubular	ANANINDEUA	27.00	12.16		793.293	9.842.905	16.00	3.84
1493	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.10		787.862	9.851.428	12.00	5.90
1494	Tubular	ANANINDEUA	18.00	2.34		792.825	9.848.247	6.00	3.66
1496	Tubular	ANANINDEUA	21.00	8.47		793.501	9.846.156	22.00	13.53
1500	Tubular	ANANINDEUA	18.00	4.72		792.960	9.847.498	14.00	9.28
1504	Tubular	ANANINDEUA	24.00	5.75		792.565	9.845.854	21.00	15.25
1505	Tubular	ANANINDEUA	24.00	7.66		792.097	9.848.123	17.00	9.34
1511	Tubular	ANANINDEUA	18.00	1.00		792.467	9.846.972	15.00	14.00
1519	Tubular	ANANINDEUA	12.00	6.53		791.203	9.847.728	20.00	13.47
1523	Tubular	ANANINDEUA	18.00	5.52		793.760	9.848.859	15.00	9.48
1534	Tubular	ANANINDEUA	18.00	5.96		788.227	9.851.618	12.00	6.04
1537	Tubular	ANANINDEUA	18.00	7.01		788.054	9.852.567	12.00	4.99
1538	Tubular	ANANINDEUA	18.00	2.40		787.278	9.852.133	12.00	9.60
1542	Tubular	ANANINDEUA	16.50	7.87		787.225	9.853.421	8.00	0.13
1548	Tubular	ANANINDEUA	18.00	8.00		788.946	9.853.113	15.00	7.00
1564	Tubular	ANANINDEUA	12.00	3.37		789.715	9.852.677	9.00	5.63
1568	Tubular	ANANINDEUA	16.00	3.15		790.641	9.846.931	12.00	8.85
1596	Tubular	ANANINDEUA	15.00	7.30		788.244	9.847.077	23.00	15.70
1607	Tubular	ANANINDEUA	25.00	9.20		790.328	9.845.793	21.00	11.80
1615	Tubular	ANANINDEUA	18.00	3.65		789.023	9.847.117	21.00	17.35
1618	Tubular	ANANINDEUA	16.00	6.53		791.079	9.845.354	18.00	11.47
1624	Tubular	ANANINDEUA	18.00	7.25		791.134	9.844.242	19.00	11.75
1635	Tubular	ANANINDEUA	16.00	4.03		789.478	9.848.108	13.00	8.97
1645	Tubular	ANANINDEUA	18.00	5.60		789.725	9.845.915	19.00	13.40
1646	Tubular	ANANINDEUA	18.00	8.50		789.699	9.845.032	21.00	12.50
1669	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.65		789.361	9.846.816	20.00	13.35
1677	Tubular	ANANINDEUA	24.00	6.47		790.438	9.848.163	18.00	11.53
1683	Tubular	ANANINDEUA	18.00	10.64		788.711	9.844.891	22.00	11.36
1693	Tubular	ANANINDEUA	18.00	8.78		788.511	9.845.779	14.00	5.22
1707	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.21		791.580	9.849.096	19.00	12.79

1712	Tubular	ANANINDEUA	18.00	8.33		787.745	9.845.942	18.00	9.67
1724	Tubular	ANANINDEUA	12.00	0.94		791.263	9.850.024	5.00	4.06
1742	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.80		792.704	9.849.366	17.00	10.20
1746	Tubular	ANANINDEUA	10.00	2.42		793.576	9.849.708	12.00	9.58
1754	Tubular	ANANINDEUA	14.50	6.48		793.909	9.850.877	16.00	9.52
1756	Tubular	ANANINDEUA	24.00	4.53		795.109	9.851.253	11.00	6.47
1766	Tubular	ANANINDEUA	12.00	2.44		786.441	9.847.147	14.00	11.56
1768	Tubular	ANANINDEUA	22.00	3.54		786.495	9.845.974	17.00	13.46
1775	Tubular	ANANINDEUA	12.00	2.85		786.796	9.846.334	18.00	15.15
1776	Tubular	ANANINDEUA	18.00	4.58		794.007	9.852.095	12.00	7.42
1778	Tubular	ANANINDEUA	18.00	4.85		793.177	9.852.447	5.00	0.15
1785	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.77		792.797	9.851.579	15.00	8.23
1798	Tubular	ANANINDEUA	12.00	4.30		787.460	9.847.158	22.00	17.70
1804	Tubular	ANANINDEUA	18.00	5.00		787.125	9.847.879	18.00	13.00
1806	Tubular	ANANINDEUA	18.00	9.09		786.991	9.848.478	17.00	7.91
1812	Tubular	ANANINDEUA	18.00	3.37		787.927	9.849.165	15.00	11.63
1820	Tubular	ANANINDEUA	25.00	7.93		786.493	9.849.344	17.00	9.07
1824	Tubular	ANANINDEUA	20.00	2.77		786.947	9.849.697	8.00	5.23
1827	Tubular	ANANINDEUA	18.00	6.80		787.315	9.845.021	17.00	10.20

