

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Fernando Cardoso de Matos

**CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS CAUSADOS PELA OCUPAÇÃO URBANA NO
IGARAPÉ DO TUCUNDUBA, BELÉM, PA.**

Taubaté – SP
2010

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Fernando Cardoso de Matos

**CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS CAUSADOS PELA OCUPAÇÃO URBANA NO
IGARAPÉ DO TUCUNDUBA, BELÉM, PA.**

Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté-SP.

Área de Concentração: Ciências Ambientais
Orientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa

Taubaté – SP
2010

M433c Matos, Fernando Cardoso de

Caracterização qualitativa dos impactos ambientais causados pela ocupação urbana no igarapé do Tucunduba. Belém. PA / Fernando Cardoso de Matos. - 2010.

120 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2010.

Orientação: Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa, Departamento de Ciências Agrárias.

FERNANDO CARDOSO DE MATOS
CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS
PELA OCUPAÇÃO URBANA NO IGARAPÉ DO TUCUNDUBA, BELÉM, PA.

Dissertação apresentado como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais.
Orientador: Prof .Dr. Marcelo dos Santos Targa

Data: 20.04.2010.

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA:

Prof .Dr. Marcelo dos Santos Targa. Universidade de Taubaté

Assinatura_____

Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista. Universidade de Taubaté

Assinatura_____

Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte. Universidade Federal do Pará

Assinatura_____

Dedico este trabalho a minha família, minha fiel colaboradora.

A minha esposa, Katiane, meus pais,
Abílio e Francisca “in memorium”, a
minha mãe de criação Jesus e a meu irmão
Fabio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me concedido o dom da vida e sobre ela ter me dado saúde e força de vontade para vencer todos os obstáculos.

Ao Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa, pela orientação dada ao nosso trabalho.

Ao Prof. Dr. Nelson Wellausen Dias, pelas orientações fornecidas ao nosso trabalho.

Ao Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista, pelas orientações sobre as ferramentas computacionais.

Ao Prof. Dr. Cyro de Barros Rezende Filho, pelas dicas importantes dadas ao trabalho.

Ao Governo do Estado do Pará, por ter me concedido bolsa de estudo e pela licença para o estudo.

À Prefeitura Municipal de Belém, pela licença para o estudo.

À minha esposa Katiane Moraes de Matos, pela paciência e compreensão nas horas de estudo.

Ao meu pai Prof. Esp. Abílio Ortiz de Matos, pelo carinho, orientações e apoio.

A minha mãe Francisca Cardoso de Matos “in memoriam”, pela força espiritual.

A minha mãe de criação Maria de Jesus Leão Cardoso, por sempre se preocupar comigo.

A Sra Eliane Pereira pela força.

Ao meu irmão M.Sc. Fabio Cardoso de Matos, pela força positiva.

Aos meus primos, em especial a Luis Cardoso Moraes pela ajuda no trabalho de campo.

Ao meu primo, Luciano Cardoso Moraes, pela força dada aos meus estudos.

Ao colega Danny Silvério Ferreira Sousa, pelas horas dedicadas à construção dos mapas gerados por meio do software ArcGis, que juntos fizemos nos Laboratórios da Universidade Federal do Pará.

Ao Prof. Dr. Andre Montenegro Duarte, pela preocupação e orientações dadas ao trabalho, que foram de suma importância.

Ao meu tio Prof. M.Sc. Edson Ortiz de Matos, pelas orientações a mim fornecidas.

Ao meu tio Prof. Esp. Ubiracy Ortiz de Matos, por estar, sempre ao meu lado e me orientando.

Ao meu colega Leomaris Cordeiro Barbosa, pelas orientações.

Ao meu colega Paulo Sérgio do Livramento Magno pelo pensamento positivo.

Ao colega e arquiteto Uyraquê Soares de Holanda Lima pelas dicas e amizade.

A colega Elaine Angelin pela ajuda na parte computacional.

A Professora M. Sc. Sueli Melo de Castro Menezes por todo apoio dado a mim e a turma.

Ao professor Paraguassu Elléres pela gentileza de me receber em sua casa e deixar fotografar o igarapé, além de conversarmos sobre o mesmo.

Aos meus colegas de trabalho João Guilherme e Iraldo Novaes.

À Universidade de Taubaté, que cedeu seus professores para vir a Belém e ministrar às aulas.

À biblioteca da Universidade de Taubaté, pelos momentos de leitura.

À Universidade Estadual Vale do Acaraú, por nos proporcionar o curso e por estar, sempre, ao nosso lado, além de ajuda financeira.

À Universidade Federal do Pará, em especial à biblioteca central, biblioteca do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos e o Instituto de Tecnologia.

À biblioteca da Universidade da Amazônia, pelas consultas em seu acervo.

À Prof. Dra. Carmena Fadul Ferreira, pela orientação dada sobre a região de estudo.

Ao meu amigo Professor e geógrafo Marcelo Bastos Gomes, pelas dicas e pela nossa amizade.

Ao meu amigo Welbi da Silva Nunes, pela nossa amizade.

A todos os professores que fazem parte do programa de Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, pelo tratamento prestado à nossa turma.

Aos meus colegas de curso, pela força que um dá ao outro e por juntos chegarmos até aqui.

“A mente que se abre a uma nova
idéia jamais voltará ao seu tamanho
original.

Albert Einstein

CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA OCUPAÇÃO URBANA NO IGARAPÉ DO TUCUNDUBA, BELÉM, PA.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação da degradação ambiental da área entorno do igarapé do Tucunduba. O igarapé do Tucunduba, por estar situado na área de expansão da cidade e caracterizado por um processo de urbanização acelerado, ocupada por uma população de baixa renda, especuladores e segregados e com total carência de serviços de infra-estrutura, como: água encanada, esgoto e coleta de lixo. O igarapé do Tucunduba, que é um dos 13 canais da bacia hidrográfica urbana do Tucunduba situa-se a uma latitude de 1° 26' 4,7" e a uma longitude de 48° 27' 20,9", que corresponde a sua nascente, é o principal corpo hídrico dessa bacia, possuindo extensão linear de aproximadamente 3900m, tendo seu exutório no Rio Guamá na parte litorânea da cidade. O aplicativo computacional Corel Draw X4 V14.0 foi utilizado para elaboração dos mosaicos das diversas imagens dos anos de 1972, 1977, 1998 e 2006, que foram importados e, posteriormente, exportados para o ArcGIS 9.0 para a interpretação da evolução urbana nas diversas imagens utilizadas. Os mapas resultantes revelaram um processo de urbanização acelerada no entorno do igarapé e conseqüentemente, diminuição da área verde, que em 1972 era de 3,4 km² e em 2006 reduz-se para de 0,4 km². Por meio de análise das fotografias de campo foi possível se registrar os impactos ambientais provocados por invasores que se apropriaram da área. Por meio de criteriosa análise documental foi possível se comprovar a degradação e contaminação do igarapé, além de se avaliar às obras de macrodrenagem executadas no igarapé, que naturalmente geram impacto ambiental negativo. Enfim, no estudo sobre urbanização realizada por meio da elaboração de mapas temáticos, foi possível se observar o rápido adensamento populacional no igarapé do Tucunduba e a conseqüente redução 755% da área de vegetação do igarapé, no período de 1972 para 2006, ocasionando assoreamento, provocado por aterros e resíduos sólidos inclusive metais pesados, retirada da vegetação para uso como lenha, construções e outros finalidades. Todos estes contribuíram para poluição e a degradação ambiental das águas como um todo.

PALAVRAS-CHAVE: Igarapé, urbanização acelerada, impacto ambiental.

QUALITATIVE CHARACTERIZATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY THE URBAN OCCUPATION IN TUCUNDUBA CREEK, BELÉM, PA.

ABSTRACT

This essay presents synthetically an evaluation of environmental degradation of the surrounding areas of draining basin of Tucunduba Creek. This river basin comprises an important section of Belem (Pa) city, occupied and dwelled irregularly in a rushing process of forced and undue urbanization. These areas settled usually by a low income, speculators and segregated population, overwhelmed by a complete absence of fundamental urban services as : running water, sewerage and garbage disposal. This waterway, besides thirteen (13) other ones, form the so called urban watershed of Tucunduba, having its original springs at 1° 26' 4.7" S of latitude, and 48° 27' 20.9" W of longitude. It is the main streamlet of the basin, with roughly 3,900m (Three Thousand and Nine Hundred Meters) in lenght, flowing towards Guamá river in the waterfront of the city. During the assembling and making of segments (mosaics) we used Corel Draw X4 V14.0, a computer aided application, using several footages, shot in the years 1972,1977,1998 and 2006, where they were imported from. In the sequence, exported to Arc Gis 9.0 for interpretation of the urban growth along the period involved. The resulting maps in the aftermath, revealed a rushing and disordinated occupation process, spreading throughout the draining basin, provoking consequently a huge decrease of green covered areas. In numbers, these areas were of 3.4 km² in the year 1972 ; in 2006 they had roughly 0.4 km². Through field shots it was possible to register the environmental impacts provoked by irregular settlers. According to criterious documental analysis it becomes clear and evident the degradation and contamination of the creek besides the evaluation of negative environmental impacts of macro-draining works carried out in the area. Conclusively, in the present urbanization studies, after plotting of thematic maps, we can easily observe the increasing densification of settlers in the Tucunduba creek, and consequent reduction of 755% of vegetation area during 1972 to 2006 period, causing a silting up of river bed, due to irregular earthworks, solid residues casting, including heavy metals, deforestation or clearcutting for firewood, construction, and for other purposes. All these factors contributed for the pollution and environmetal degradation of the waters as a whole.

KEYWORDS: creek, accelerated urbanization, environmental impact.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sedimentos suspenso no escoamento urbano.	27
Tabela 2 – Estimativas de produção de sedimentos de bacias urbanas brasileiras.	27
Tabela 3 - Concepção urbanística antiga e atual do Igarapé Tucunduba.	51
Tabela 4 – Evolução demográfica nos bairros da Bacia do Tucunduba no período de 1950 a 2000.	53
Tabela 5 – Mostra os valores das áreas, em Km ² , ocupadas no igarapé Tucunduba.	61
Tabela 6 – Análise temporal, em km ² , de croqui no igarapé Tucunduba.	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação física de uma bacia hidrográfica.	22
Figura 2 - Bacias Hidrográficas de Belém, PA	23
Figura 3 - Principais problemas decorrentes da urbanização, que incidem sobre a quantidade e qualidade das águas.	25
Figura 4 - Relação entre o hidrograma da bacia urbanizada e rural.	25
Figura 5 - Localização da Zona Ripária.	32
Figura 6 - Imagem de densidade populacional em Belém.	38
Figura 7 - Localização do Igarapé Tucunduba.	47
Figura 8 - Distribuição de Altitudes da Bacia do Tucunduba	45
Figura 9 - Tipo de solo da Bacia do Tucunduba.	47
Figura 10 - Mapa administrativo municipal.	52
Figura 11 - Mapa da vegetação em 1972.	55
Figura 12 - Mapa da vegetação 1977.	56
Figura 13 - Mapa de vegetação 1998.	57
Figura 14 - Mapa de vegetação de 2006.	58
Figura 15 - Mapa de evolução da intensidade de ocupação no igarapé do Tucunduba, no período de 1972 a 2006. Observa-se o decréscimo paulatino das florestas (verde) para a urbanização (róseo).	60
Figura 16 - Mapa da ocupação urbana, realçando os remanescentes da vegetação em verde.	62
Figura 17 - Mapa de localização de algumas fotografias de campo.	63
Figura 18 – Condição da nascente do Igarapé Tucunduba em 1980, situada nas coordenadas geográficas 01° 26' 5" S e 48° 27' 21" W.	64
Figura 19 - Condição da Nascente do Igarapé Tucunduba em 2009, situada nas coordenadas geográficas 01° 26' 4" S e 48° 27' 21" W.	65
Figura 20 - Resíduos sólidos às margens do igarapé, situado nas coordenadas geográficas 01° 28' 10" S e 48° 27' 9" W.	66

Figura 21 - Resíduos sólidos à beira do igarapé, situado nas coordenadas geográficas 01° 27' 44" S e 48° 27' 21" W.	66
Figura 22 - Mostra o bagaço da cana-de-açúcar e demais resíduos, situada nas coordenadas geográficas 01° 28' 7" S e 48° 27' 10" W.	67
Figura 23 – Piaçaba, folhas e serragem, nas margens do Tucunduba, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 53" S e 48° 27' 16" W.	67
Figura 24 - Caroços de açaí, restos de madeira, garrafas plásticas e demais entulhos, às margens do Tucunduba, nas coordenadas geográficas 01° 27' 54" S e 48° 27' 15" W.	68
Figura 25 - Amontoado de diversos resíduos próximo ao igarapé, situado nas coordenadas geográficas 01° 27' 50" S e 48° 27' 15" W.	68
Figura 26 - Ambiente de várzea aterrada com caroço de açaí.	69
Figura 27a - Acúmulo de resíduos, decorrente da construção das moradias, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 48" S e 48° 27' 22" W. 27b. Estivas sobre o igarapé, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 47" S e 48° 27' 21" W.	70
Figura 28 - Coletores de lixo colocando os resíduos deixados nas margens do Tucunduba, no caminhão, nas coordenadas geográficas 01° 27' 46" S e 48° 27' 16" W.	71
Figura 29 – Estivas sobre o igarapé e muitos resíduos, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 48" S e 48° 27' 21" W.	72
Figura 30 - Resíduos sob as casas.	74
Figura 31 - Procedimento de composição e estabilização das margens do igarapé do Tucunduba.	77
Figura 32 - Máquina "Drag Line" em operação de limpeza das áreas de margem já desapropriada, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 40" S e 48° 27' 22" W.	78
Figura 33 - Mostra um local desmatado e onde se tinham várias casas, que foram retiradas pelo Governo do Estado, pelo Projeto de Macrodrenagem do Igarapé do Tucunduba.	80
Figura 34 - Área onde será construído o conjunto habitacional.	81
Figura 35 - Obras de construção de um conjunto habitacional.	82
Figura 36 - Área desmatada próximo ao igarapé, para se construir conjunto habitacional.	83

Figura 37 - Palafitas às margens do igarapé, uma completa favelização, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 48" S e 48° 27' 16" W.	84
Figura 38 - Observa-se uma unidade sanitária sobre o curso de água, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 40" S e 48° 27' 22" W.	88
Figura 39 Canoa usada no transporte de moradores (baixo calado).	89
Figura 40a - Barco de porte médio a motor (médio calado). 40b. Navegação a motor, usada para transporte de pessoas e de mercadorias (médio calado).	90
Figura 41 - O momento em que uma embarcação apanha a madeira, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 48" S e 48° 27' 16" W.	90
Figura 42 - Comércio de madeira, situado nas coordenadas geográficas 01° 27' 46" S e 48° 27' 16" W.	91
Figura 43 – Ponto de comércio de madeira e tijolos, nas coordenadas geográficas 01° 27' 46" S e 48° 27' 17" W.	91
Figura 44 – Ponto de comercialização do carvão vegetal, nas coordenadas geográficas 01° 27' 48" S e 48° 27' 19" W.	92
Figura 45 - Local, completamente, adensado.	93
Figura 46 - Casas construídas umas coladas às outras e apenas a estiva para a locomoção das pessoas, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 15" S e 48° 27' 17" W.	93
Figura 47a - Ponte na Rua Nossa Senhora das Graças sobre o igarapé do Tucunduba. 47b. Resíduos às margens do igarapé, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 22" S e 48° 27' 15" W.	94
Figura 48 - Baixa da Rua Gentil Bittencourt com o igarapé.	95
Figura 49a - Imagem mostrando o igarapé poluído. 49b. Casas construídas sobre os cursos de água, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 16" S e 48° 27' 17" W.	95
Figura 50a - Palafitas sobre o leito do igarapé. 50b. Despejo de efluentes domésticos lançado diretamente no corpo hídrico, situado nas coordenadas geográficas 01° 27' 9" S e 48° 27' 19" W.	96
Figura 51 - Resíduos obstruindo o curso da água, situado nas coordenadas geográficas 01° 26' 58" S e 48° 27' 12" W.	97
Figura 52 – Neste ponto o igarapé recebe águas do canal da Cipriano Santos. Afluente a margem direita, situada nas coordenadas geográficas 01° 26' 38" S e 48° 27' 21" W.	97
Figura 53 - Afluente a margem direita do igarapé, situado nas coordenadas geográficas 01° 26' 53" S e 48° 27' 12" W.	98

Figura 54 - Ponto de lançamento de efluentes, no bairro do Guamá, situado nas coordenadas geográficas 01° 28' 18" S e 48° 27' 14" W.	98
Figura 55 - Ponto de lançamento de efluentes, próximo a Rua Perimetral, situado nas coordenadas geográficas 01° 28' 18" S e 48° 27' 14" W.	99
Figura 56 - Ponto de lançamento de efluentes próximo a primeira ponte na Avenida Perimetral, situado nas coordenadas geográficas 01° 28' 18" S e 48° 27' 14" W.	99
Figura 57a - Ponto de lançamento de efluentes submerso no interior na UFPA observada de ângulos diferentes. 57b. Efluente localizado dentro do campus universitário, situado nas coordenadas geográficas 01° 28' 30" S e 48° 27' 16" W.	100
Figura 58 - Ponto de lançamento de efluentes, sem tratamento dentro do Campus da UFPA, situado nas coordenadas geográficas 01° 28' 29" S e 48° 27' 16" W.	101
Figura 59 - Outro ponto de lançamento de efluentes, próximo ao pequeno porto do igarapé Tucunduba.	101
Figura 60 - As águas barrentas no igarapé Tucunduba. Ponte para transporte de veículos dentro do campus universitário da UFPA.	103
Figura 61 - O exutório do Igarapé Tucunduba à margem direita do Rio Guamá, situado nas coordenadas geográficas 01° 28' 35" S e 48° 27' 13" W.	103
Figura 62 - Águas do rio Guamá entram na várzea do igarapé Tucunduba, situada nas coordenadas geográficas 01° 28' 35" S e 48° 27' 13" W.	104
Figura 63 - Árvores às margens do igarapé Tucunduba.	105
Figura 64a - Aningas nas margens. 64b. Mostra diversos resíduos às margens do igarapé, entre eles um pneu.	106
Figura 65 - Uso do gabião para conter a erosão.	106
Figura 66 - Bambus plantados pela PMB, pelo projeto de macrodrenagem da bacia.	107
Figura 67 - Canal após obras do projeto de macrodrenagem, com asfalto nas marginais. Nas marginais gramíneas e mato.	108
Figura 68a. Igarapé Tucunduba no ano de 2009. Figura 68b. Mostra o curso do igarapé em 1963.	109
Figura 69 - Crianças tomando banho no igarapé.	109

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	18
3 REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1. Impactos Ambientais	19
3.2. Impactos ambientais em Bacias Hidrográficas	21
3.2.1. Bacia Hidrográfica	21
3.2.2.1 Impactos em Bacias Hidrográficas	24
3.2.2.2 Qualidade da água	28
3.3. Igarapés	30
3.3.1. Área de Preservação Permanente (APP)	31
3.3.2. Zona Ripária	32
3.3.3. Impactos ambientais em igarapés	33
3.4. Macrodrenagem	34
3.5. Sensoriamento Remoto, Sistema de Informação Geográfica e Geoprocessamento	35
3.6. Histórico da Ocupação do Igarapé Tucunduba	38
4. MATERIAL E MÉTODO	43
4.1. Descrição da área de estudo	43
4.2. Aspectos Climatológicos de Belém	44
4.3. Relevo	45
4.4. Vegetação	45
4.5. Solos	46
4.6. Hidrografia e Navegação	47
4.7. Análise espacial	48

4.8. Trabalho de campo	49
4.8.1. Projeto de Macrodrenagem	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1. Evolução da ocupação urbana sobre a área do Igarapé Tucunduba	52
5.2. Avaliação do projeto de macrodrenagem do Igarapé Tucunduba	63
5.3. A qualidade da água do Igarapé Tucunduba	83
5.4. Erosão, sedimentação e assoreamento do Igarapé Tucunduba	92
5.5. A vegetação ciliar do Igarapé Tucunduba	105
6. CONCLUSÃO	111
7. RECOMENDAÇÕES	112
8. REFERÊNCIAS	113

1. INTRODUÇÃO

No planeta Terra praticamente, não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência antrópica, como a derrubada das árvores, contaminação de lençol freático e dos ambientes aquáticos.

Devido ao crescimento populacional, a necessidade do ser humano de ocupar novos espaços, seja para moradia ou para realização de suas atividades, ficou cada vez maior o que vem a provocar a ocupação de áreas periféricas das cidades. Suas atividades não planejadas geram impactos negativos ao meio ambiente, criando ambientes hostis à vida humana. A solução ou a mitigação destes problemas passam por um processo de planejamento de uso e ocupação do solo.

Embora, o planejamento urbano nas cidades necessite de fundamentos interdisciplinares, para sua implantação, na prática isto nem sempre ocorre, resultando em ocupações desordenadas que causam diversos impactos ambientais.

A água consiste em um dos recursos naturais que sofreu maiores impactos decorrentes da evolução das cidades e sua deterioração vem acontecendo de forma cada vez mais rápida. Até recentemente utilizado de maneira abundante, os recursos hídricos não têm mais garantia de disponibilidade em muitas regiões e vêm se tornando cada vez mais escassos, à medida da expansão urbana.

O processo de urbanização, que ocorre em todo o planeta, mostra com clareza os limites das soluções clássicas de drenagem urbana, que as cidades e os cursos d'água têm uma ligação muito importante na história da humanidade, pois desde as primeiras civilizações, as cidades se desenvolveram próximo aos cursos de água, devido ao suprimento para o consumo e higienização, além de se considerar as necessidades de transporte para comunicação e comércio.

Em áreas com grande concentração populacional, as agressões ao meio ambiente se tornam ainda maior sobre os recursos naturais, decorrentes da desinformação e falta de recursos, aliada às péssimas condições de vida, que é o que ocorre com os recursos hídricos, onde são lançados efluentes domésticos e industriais em sua maior parte sem tratamento, tornando os ecossistemas aquáticos grandes corredores de esgoto a céu aberto. Moradias são construídas as margens de rios, facilitando o processo de erosão, devido à retirada da vegetação ciliar,

provocando com isso um aumento de sedimento no leito do rio, além de aumento da vazão.

Com relação à urbanização na cidade de Belém, no estado do Pará, é preocupante a situação dos cursos d'água, os quais são retificados e transformados em canais, onde se despeja tanto a água pluvial, como os esgotos sem tratamento.

A Bacia do Tucunduba, localizada na porção sudeste da cidade de Belém do Pará é composta por 13 canais com 14.175 metros de extensão. O igarapé do Tucunduba afluente do rio Guamá pela margem direita é o principal da Bacia do Tucunduba, com 3.600 metros de extensão, sendo este curso d'água e seus afluentes os responsáveis pelos alagamentos dos terrenos localizados nos bairros que compõem a referida bacia.

Para propor ações que venham a mitigar os impactos ambientais em áreas urbanizadas de igarapés, é importante estudar e conhecer como se deu o processo de ocupação urbana no entorno e definir quais as principais fontes de poluição e quais os seus impactos sobre os igarapés.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL:

O objetivo deste estudo é identificar os impactos ambientais ocasionados, pelo processo de urbanização nas margens dos cursos d'água do igarapé do Tucunduba em Belém.

2.2. ESPECÍFICOS:

Verificar como se deu o processo de urbanização no entorno do igarapé Tucunduba no período de 1972 a 2006.

Verificar como se deu implantação do sistema de Macrodrenagem do igarapé do Tucunduba.

Verificar estudos associados à qualidade da água do Igarapé Tucunduba.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Impactos Ambientais

Impacto ambiental caracteriza-se como “Mudança sensível, positiva ou negativa, nas condições de saúde e bem estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema do que depende a sobrevivência humana. Essas mudanças podem resultar de ações acidentais ou planejadas, provocando alterações direta ou indiretamente” (ROHDE, 2004).

Segundo o CONAMA (1986), considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria e energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

É importante compreender que o conceito de impacto ambiental abrange apenas os desdobramentos da ação humana sobre o meio ambiente, ou seja, não considera as repercussões advindas de fenômenos naturais que se processam lentamente, ou na forma de catástrofes naturais.

A Lei Federal n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a política nacional de recursos hídricos, trouxe para o âmbito do Direito a devida amplitude do conceito de meio ambiente, em seu art. 3.º; inciso I que define: Meio ambiente, o conjunto de condições, leis influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;”

A mesma Lei em seu artigo 2.º, Inciso I, considera o meio ambiente como patrimônio público a ser, necessariamente, assegurado e protegido, uma referência direta ao meio ambiente como uma figura jurídica própria, um bem jurídico a ser protegido.

De acordo com Leff (2001), o ambiente é integrado de processos tanto de ordem física como social, definidos pela racionalidade econômica dominante e dos quais fazem parte a superexploração da natureza, a degradação sócio-ambiental, a perda da diversidade biológica e cultural, a pobreza associada à destruição do

patrimônio, desigual dos custos ecológicos do crescimento e a deterioração da qualidade de vida.

Desses conceitos pode-se inferir que o dano ambiental consiste de uma ou várias lesões aos recursos naturais com conseqüente degradação e alteração do equilíbrio ecológico. Este equilíbrio ecológico pode ser, por exemplo, uma determinada modificação nas propriedades físicas e químicas de um determinado elemento natural e que este venha a perder parcialmente ou totalmente, sua propriedade ao uso.

Oliveira (1995) considera dano ambiental qualquer lesão ao meio ambiente causada por ação de pessoa, seja ela física ou jurídica, de direito público ou privado.

Os processos de degradação ambiental que ocorrem no meio ambiente urbano, e que acompanham a própria produção da cidade, vinculam-se aos modos de como a sociedade se relaciona com a natureza na produção do espaço. Ou seja, não podemos prescindir, em nossa análise, dos modos de apropriação da natureza, do destino dado, do tipo de uso atribuído a cada parcela apropriada da natureza e de suas características naturais, do tipo de relação entre os indivíduos em sociedade, e da produção do espaço-mercadoria.

Na década de 60, o estabelecimento de grandes projetos gerou movimentos ambientalistas que protestavam contra derramamentos de petróleo, construção de grandes represas, rodovias, complexos industriais, usinas nucleares, projetos agrícolas e de mineração, dentre outros.

A partir da década de 70, vários países adotaram o sistema de EIAs, que consiste em processo de estudo utilizado para prever as conseqüências ambientais resultantes do desenvolvimento de um projeto. Na Alemanha o EIA começou em 1971, Canadá em 1973, França e Irlanda em 1976 e Holanda em 1981. Desde sua criação, o EIA tem sido considerado como um instrumento valioso para a discussão do planejamento, em todos os níveis, permitindo que o mesmo atinja plenamente os anseios conservacionistas, sociais e econômicos da sociedade (GOULART e CALLISTO, 2003). A partir da metade dos anos 80 pode-se falar realmente num interesse sistemático da ciência pela questão ambiental no Brasil.

Neste sentido, torna-se urgente a necessidade de preservação e recuperação dos recursos naturais, especialmente na área urbana e no seu entorno, tendo em vista o alto grau de degradação ambiental em que se encontra e, sobretudo, porque é na cidade que a degradação é mais intensa. Preservar o meio ambiente é uma

necessidade crescente, tanto para assegurar a continuidade de espécies vegetais e animais para a posteridade quanto para a melhoria das condições de vida urbana e para a existência futura do homem (SILVA e RODRIGUES, 2004).

Nos Estudos de Impacto ao Ambiente (EIA) e seus consequentes relatório (RIMA), que dão origem à Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) para os licenciamentos exigidos por lei, três setores são estudados e enfocados por equipes multidisciplinares, objetivando obter o cenário daquele momento, a fim de que se possa construir um programa que controle o uso múltiplo dos recursos naturais envolvidos. São eles: Meio Físico – estuda a climatologia, qualidade do ar, o ruído, a geologia, a geomorfologia, os recursos hídricos (hidrologia, hidrologia superficial, oceanografia física, qualidade das águas, uso da água), e o solo; Meio Biológico - estuda os ecossistemas terrestre, aquático e de transição; Meio Antrópico - estuda a dinâmica populacional, o uso e a ocupação do solo, o nível de vida, a estrutura produtiva e de serviço e a organização social (COSTA et al., 2005).

3.2. Impactos ambientais em Bacias Hidrográficas

3.2.1. Bacia Hidrográfica

A água sempre teve papel fundamental na evolução da civilização, e as primeiras cidades surgiram nos vales dos grandes rios. Há muitos milênios os habitantes dos vales dos rios Tigre e Eufrates, Indus, Nilo e Amarelo já dependiam da agricultura e de conhecimentos sobre a água. Mas, apesar desta dependência, alguns aspectos fundamentais da hidrologia, como o próprio ciclo hidrológico, permaneceram obscuros por um longo período COLLISCHONN (2001).

A definição de bacia hidrográfica abrange aspectos técnicos, ambientais, legais, sociais e de gestão, dependendo do interesse de abordagem. Segundo Garcez e Alvarez (1988), bacia hidrográfica (Figura 1) é o conjunto das áreas com declividade no sentido de determinada seção transversal de um curso d'água, medidas às áreas em projeção horizontal.

A bacia hidrográfica pode ser definida, também, como uma determinada área de terreno que drena água, partículas de solo e material dissolvido para um ponto de saída comum, situado ao longo de um rio, riacho ou ribeirão.

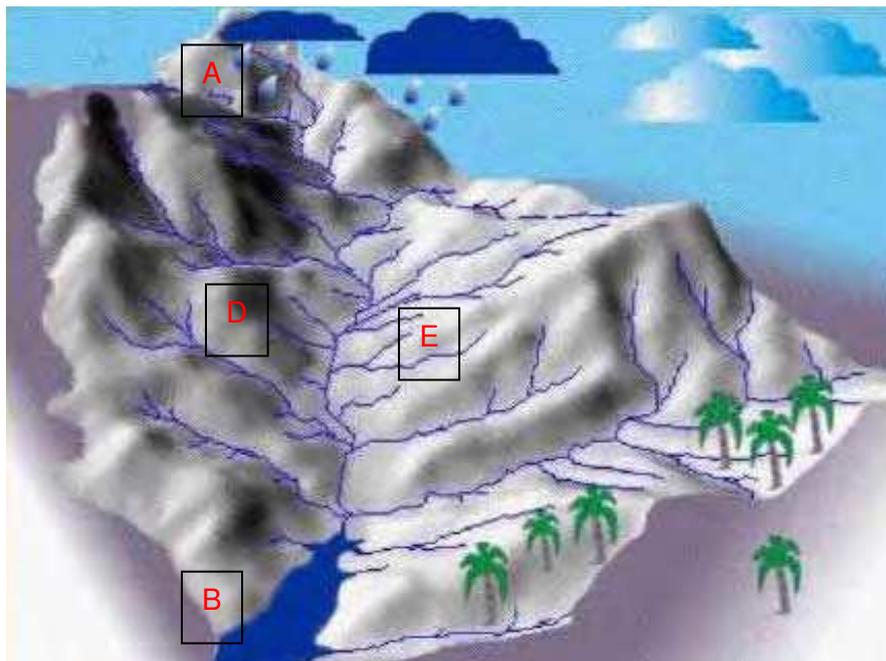


Figura 1. Representação física de uma bacia hidrográfica. Fonte: modificado de (ANA, 2007).

O ponto A é a nascente, o ponto B o exutório, o ponto E margem esquerda e o ponto D é a margem direita, ambos em relação ao ponto A. O leito é aonde corre o rio e rede hidrográfica que é o conjunto composto pelo rio e seus afluentes.

Mesmo em países como o Brasil, com abundância de recursos hídricos, em certas regiões, há que se ressaltar que a escassez da água ainda é uma das principais causas de empobrecimento da população, devido à distribuição desigual dos recursos entre regiões geográficas. A premissa de distribuição isotrópica dos recursos hídricos e da população não se aplica na prática. A Região Norte, com o maior potencial hídrico possui baixa densidade populacional, enquanto o Nordeste tem alta concentração populacional, baixa disponibilidade hídrica e uma alta demanda de uso de água (REBOUÇAS, 2002).

Segundo Lima e Zakia (2000), as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.

Rebouças (1997) relata que a moderna gestão dos recursos hídricos (águas atmosféricas, superficiais e subterrâneas) impõe a prática de princípios como: adoção de bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento, usos múltiplos integrados da água, reconhecimento da água como bem natural limitado e de valor econômico, e gestão descentralizada e participativa. No paradigma de desenvolvimento global sustentável, a disponibilidade de água doce é reconhecida como fator competitivo ambiental, econômico e essencial do mercado global.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecida pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, reconhece a bacia hidrográfica como a unidade de seu gerenciamento (BRASIL, 1997).

A região metropolitana de Belém (RMB) é formada pelos municípios de Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará e as suas principais bacias hidrográficas estão podem ser observadas na Figura 2.

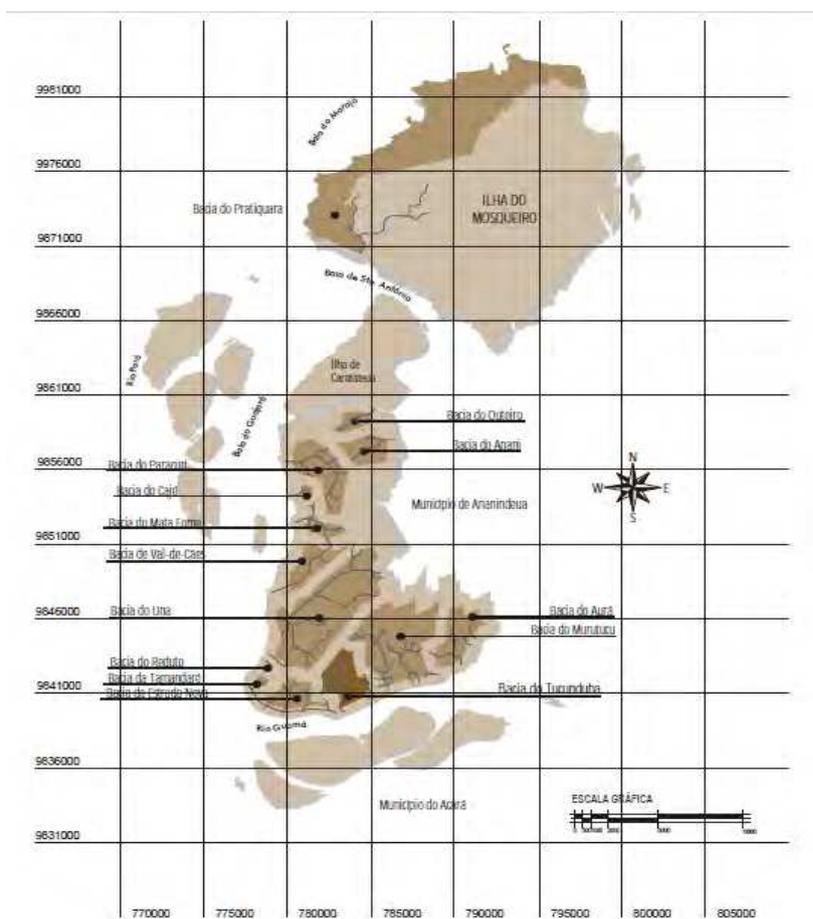


Figura 2. Bacias Hidrográficas de Belém, PA. Fonte: (PMB, 2000).

3.2.2. Impactos em Bacias Hidrográficas

No Brasil, um fator que agravou os impactos ambientais sobre as bacias hidrográficas foi a rápida transição de uma sociedade, tipicamente, rural para urbana, causando efeitos no escoamento da água nas bacias hidrográficas de montante para jusante. Segundo Tucci (2007), as causas se devem a alteração do solo e como a mesma foi realizada, considerando que impermeabilizações aceleram o escoamento e produzem erosão, a poluição aérea também pode ser a fonte de contaminação da qualidade das águas superficiais, além de outras induzidas pela urbanização.

O processo de urbanização mundial foi impulsionado pela Revolução Industrial, que se inicia em meados do século XVIII. Em países como França, Inglaterra e Alemanha a população aumentou de forma surpreendente. A população cresceu quase que em proporção direta à industrialização. Segundo Tucci (2008), O crescimento urbano ocorrido nas últimas décadas transformou o Brasil num país essencialmente urbano (83% de população urbana). A urbanização aumenta com o crescimento econômico, quando o perfil da renda se altera e o emprego se concentra mais nos serviços e na indústria do que na agricultura.

A concentração urbana no Brasil contempla 83% da população e o seu desenvolvimento tem sido realizado de forma pouco planejada, com grandes conflitos institucionais e tecnológicos. Um dos principais problemas relacionados com a ocupação urbana são as inundações e os impactos ambientais. A tendência anual do limitado planejamento urbano integrado está levando as cidades a um caos ambiental urbano com custo extremamente alto para a sociedade (GERRA e CUNHA, 2005).

O município de Belém (PA), por exemplo, cresceu entre 1980 e 2000 com taxas médias anuais de aproximadamente 3,6 % (FAURE, 2002). Esse crescimento causa mudanças no uso e cobertura do solo e incide diretamente sobre a quantidade e a qualidade da água (Figura 3).

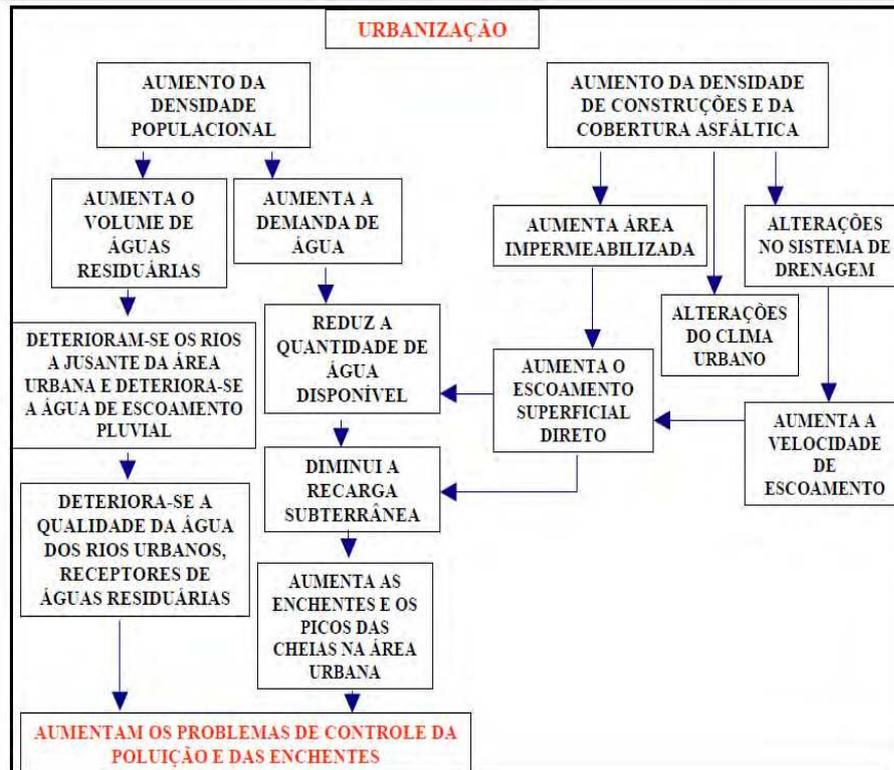


Figura 3. Principais problemas decorrentes da urbanização que incidem sobre a quantidade e qualidade das águas. Fonte: Modificado de TUNDISI (2003).

A modificação de bacia rural para urbanizada provoca impacto físico, como aumento do volume de escoamento superficial, já que a água que antes infiltrava ou era evaporada, escoava para jusante e causa o aumento do pico de cheia do rio, conforme se pode observar no hidrograma de eventos chuvosos (Figura 4).

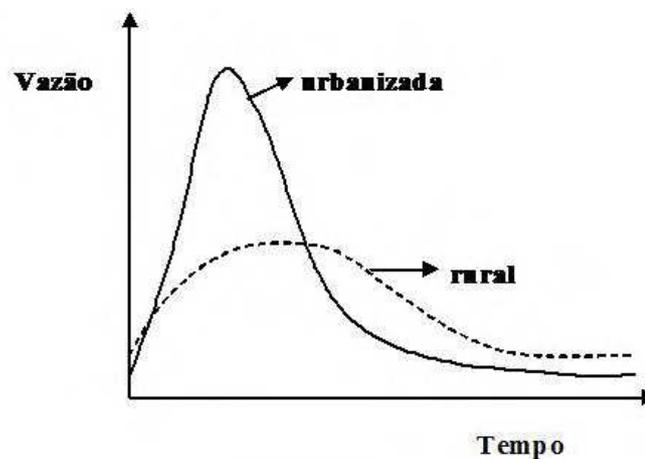


Figura 4. Relação entre o hidrograma da bacia urbanizada e rural. Fonte: (TUCCI, 2007).

Segundo Tucci (1995), os principais impactos provocados pela urbanização nas redes de drenagem são:

- i – aumento do escoamento superficial, vazão máximas dos hidrogramas (em até 7 vezes Tucci e antecipação dos picos;
- ii – redução da evapotranspiração, do escoamento subterrâneo e do lençol freático;
- iii – aumento da produção de material sólido que chega a bacia hidrográfica proveniente de limpeza de ruas e a armazenagem inadequada do lixo pela população;
- iv – deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrânea principalmente no início das chuvas, pela drenagem de águas que carregam material sólido e lavam as superfícies urbanas, além das ligações clandestinas de esgoto sem tratamento.

Os principais tipos de enchentes em áreas urbanas ocorrem devido: a urbanização da bacia hidrográfica, pois ocorre a impermeabilização do solo e construção da rede de condutos pluviais, aumentando com isto o escoamento superficial; ocupação de áreas ribeirinhas, que são as ditas enchentes naturais, onde o rio extravasa seu leito menor para sua várzea onde estão presentes as moradias da população.

Esse tipo de ocupação do solo, próximo as margens dos rios, alteram as características de uma bacia hidrográfica, pois por meio do ciclo hidrológico, as chuvas precipitam sobre as vertentes formando o escoamento superficial, que irá carregar sedimentos e poluentes para a rede de drenagem.

Segundo Pereira (2003), a erosão consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas de solo causado pela ação da água (erosão hídrica) ou do vento (erosão eólica). No Brasil, localizado em grande parte na região tropical, a erosão hídrica apresenta maior interesse por ser de ocorrência mais freqüente, processar-se com maior rapidez e causar grandes prejuízos não só ao setor agrícola, como também a diversas outras atividades econômicas e ao próprio meio ambiente.

Segundo Tucci e Collischonn (1998), o transporte de sedimentos traz consigo a carga de poluentes agregados aos sedimentos. A associação de poluentes tóxicos com materiais finos produz redução da qualidade da água. Os depósitos de sedimentos associados com esgoto sanitários devido a interligação clandestinas dos sistemas pluviais são fontes de degradação anaeróbia que se formam na rede de escoamento.

Na Tabela 1, são apresentados valores de produção de sedimentos em suspensão médios nas águas de alguns países europeus e dos Estados Unidos.

Tabela 1. Sedimentos suspensos no escoamento urbano.

Pais/Região	Carga de Sedimentos (Ton.Km ⁻² .ano ⁻¹)	EMC (mg. L ⁻¹)
Reino Unido	49 (35 - 234)	190 (21 – 2582)
França	146 (80 – 265)	364 (15 - 3780)
Alemanha	104 (26,3 – 150)	170 (46 -2700)
Escandinávia	-	323 (5 – 1040)
EUA	-	150 (2 – 2890)

Observação: EMC é a concentração média de sedimentos por evento. Os valores entre parênteses indicam a faixa de valores medidos. Fonte: (ELLIS, 1996).

Na Tabela 2, têm-se estimativas da produção de sedimentos de bacias urbanas brasileiras.

Tabela 2. Estimativas da produção de sedimentos de bacias urbanas brasileiras.

Local	Tipo de estimativa	Volume (m ³ .km ⁻² .ano ⁻¹)	Referência
Rio Tietê SP	Material dragado	566	Nakae e Brighetti (1993)
Rio Tietê SP	Material do leito dos afluentes	1680	Lloret Ramos et al. (1993)
Represa da Pampulha MG	Assoreamento 1957 a 1994	1307	Oliveira e Baptista (1997)
Lagoa Primavera Bauru SP	Assoreamento 1975 a 1997	3530	Almeida Filho e Campognoli (1998)
Arroio Dilúvio RS	material dragado	490	DEP (1993)

Fonte: (TUCCI e COLLISCHONN, 1998).

Segundo Pereira (2007), ao realizar um estudo de impactos ambientais, na bacia do Córrego Água Boa, no Mato Grosso do Sul, que se encontra em processo de degradação, pois a bacia não tem mata ciliar em suas nascentes, tendo como consequência o assoreamento. O cenário atual da bacia do Córrego Água Boa apresenta alta e desordenada ocupação urbana, presença de vias de alta impermeabilidade e tráfego intenso, assoreamento do córrego, supressão da vegetação ciliar, lançamento de esgoto no córrego, canalização de nascentes

secundárias e corpo d'água, acúmulo de resíduos, canalização do córrego em alguns trechos e aprovação de loteamentos em áreas de constantes alagamentos no entorno urbano da bacia.

Segundo Benini (2003), a implantação do Campus Universitário II da USP de São Carlos na área de influência de drenagem da bacia do córrego do Mineirinho, a partir de estudos de uso e ocupação do solo, demonstrou que a retenção hídrica era maior, uma vez que o escoamento de água era mais lento, pois não havia impermeabilização na área de drenagem, com forte interferência sob a retenção hídrica do subsolo, resultando assim um maior escoamento superficial e por, conseguinte, aumentando o volume de água no córrego. Quanto ao processo de infiltração, simulado a partir de precipitação de 50 mm verificou-se uma menor infiltração, decorrente do processo de impermeabilização pelas construções urbanas e pelo desmatamento da vegetação original para o uso agrícola, o que acarretará um maior escoamento superficial.

As moradias concentradas em locais de várzea podem ocasionar alguns impactos a sua população. Os principais impactos sobre a população são, segundo (TUCCI, 2002):

- i – prejuízos de perdas materiais e humanas;
- ii – interrupção das atividades econômicas nas áreas inundadas;
- iii - contaminação por doenças de veiculação hídrica como cólera e leptospirose;
- iv – contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamento entre outros.

3.2.2.2. Qualidade da água

Á água não se caracteriza, apenas pela sua fórmula H_2O , pois devido as suas propriedades de solvente e sua capacidade de transportar partículas, a mesma incorpora diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água, que pode ser resultante de fenômenos naturais e da ação antrópica.

Poluição é uma alteração significativa das características físico-químicas ou biológicas da água, sendo que o homem fica limitado em relação ao seu uso e causam rupturas nos ecossistemas aquáticos (SILVEIRA e SANT'ANNA, 1990).

Segundo Mota (1999), a poluição hídrica é originada por quatro tipos de fontes: 1) a poluição natural: que é uma forma de poluição quase sempre não

associada à atividade humana e é causada principalmente, pelas chuvas, erosão das margens dos rios, salinização e decomposição de vegetais. 2) a poluição agropastoril: que se caracteriza por um tipo de poluição decorrentes das atividades ligadas a agricultura e à pecuária por meio do uso de herbicidas, fungicidas, inseticidas, fertilizantes e excremento de animais. 3) a poluição urbana: que se trata de uma modalidade de poluição acarretada por esgotos sanitários e resíduos sólidos lançados direto ou indiretamente lançados aos corpos d'água. 4) poluição industrial: é quase sempre o fator de maior peso em termos de poluição. É constituído pelos resíduos dos processos industriais em geral.

Poluição pontual refere-se àquelas onde os poluentes são lançados em pontos específicos dos corpos d'água e de forma individualizada, as emissões ocorrem de forma controlada, podendo-se identificar um padrão médio de lançamento, enquanto que a poluição difusa se dá quando os poluentes atingem os corpos d'água de modo aleatório, não havendo possibilidade de estabelecer qualquer padrão de lançamento, seja em termos de quantidade, freqüência ou composição, como os lançamentos das drenagens urbanas. Por esse motivo o seu controle é bastante difícil em comparação com a poluição pontual (MIERZWA, 2001).

Os problemas de poluição causados pelo deflúvio superficial (volume de água que escoar da superfície de uma determinada área devido à ocorrência de uma chuva torrencial sobre aquela área) estão associados, principalmente, ao transporte de fósforo solúvel para os corpos de água uma vez que a fração solúvel predomina sobre a particulada. Com isso, o risco de poluição é maior, já que a forma solúvel é prontamente utilizada pelas algas (MERTEN e MINELLA, 2002).

Segundo Tucci (2002), a qualidade da água da rede pluvial depende de vários fatores: da limpeza urbana e sua freqüência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso de área urbana.

As bacias hidrográficas nas grandes cidades brasileiras são transformadas em esgotos a céu aberto, pois além de transportar as águas pluviais, transportam o esgoto sem tratamento, recebendo com isto alta quantidade de contaminantes, como: resíduos sólidos, sedimentos e materiais flutuantes; substâncias com elevadas DBO e DQO; patógenos (vírus, bactérias e outras doenças relacionadas com a água); derivados de petróleo, metais pesados e substâncias orgânicas sintéticas (pesticidas, herbicidas) (PORTO, 1995).

Durante o desenvolvimento urbano, o aumento da produção de sedimentos da bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias entre outras coisas.

3.3. Igarapés

Os igarapés (nome regional para rios de pequena ordem) são componentes importantes da floresta (Lima e Gascon, 1999). Além disso, mantêm uma fauna diversa que é sustentada energeticamente pelo material orgânico proveniente das florestas adjacentes (Henderson e Walker, 1986; Nolte, 1988; Nessimian et al., 1998 *apud* Fidelis, 2008). Esta dependência produz, em tese, uma associação marcada entre as características da floresta que circunda o igarapé e a riqueza em espécies, sua distribuição e abundância.

Com relação aos aspectos hidrológicos, essas áreas servem como alimentadores de lençóis freáticos e reservatórios de água, absorvendo as águas das chuvas, diminuindo os riscos de enchentes. Mais ainda, como são áreas abertas, as áreas úmidas minimizam o risco de erosão na linha de costa, diminuindo a vazão e conseqüentemente a força com que as águas atingem o litoral (TAKIYAMA, 2003).

Santos (2005), ao estudar o processo de urbanização e impactos ambientais no Igarapé Judia, no Acre, enfatiza que o forte movimento de urbanização verificado no fim da segunda Guerra Mundial é contemporâneo de forte crescimento demográfico, resultado de uma taxa de natalidade elevada e de uma queda nas taxas de mortalidade, possibilitadas pelos progressos sanitários e melhoria relativa nos padrões de vida. Em virtude disso, a migração da população da zona rural para os centros urbanos contribui para a concentração dessa massa populacional em uns poucos pontos privilegiados do espaço, como as margens dos igarapés, que ao longo do tempo, em conseqüência do processo de desmatamento e urbanização, tornaram-se praticamente igarapés urbanos com diversas moradias situadas às suas margens, fornecendo aos habitantes água e comida, por meio da pesca de subsistência

Em termos de qualidade de água, as áreas úmidas são vistas como purificadoras de água, pois a vegetação e sedimento podem reter nutrientes, além de todos os microorganismos que decompõem compostos orgânicos como

pesticidas e dejetos humanos. Os sedimentos carregados pelo escoamento das águas das chuvas também são retidos nas áreas úmidas devido a baixa velocidade do fluxo da água (TAKIYAMA, 2003).

3.3.1. Área de Preservação Permanente (APP)

Segundo CONAMA (2002), em sua resolução nº 303 de 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, relata em seu art. 3º que constitui uma APP toda área situada:

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

- a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
- b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;
- c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;
- d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;
- e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;

II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

IV - em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;

VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;

XII - em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, à critério do órgão ambiental competente;

XIII - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;

XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.

3.3.2. Zona Ripária

A zona Riparia ou área com matas ciliares são de grande importância para a proteção, preservação e manutenção dos recursos naturais. Atuam também como controladoras do assoreamento das nascentes, estabilizam a temperatura do ambiente, agem como corredores ecológicos favorecendo a sobrevivência, e contribuindo para a troca genética entre a população da região (CAMPOS, 2006).

De um modo geral a cobertura vegetal interfere nos mecanismos de transporte de águas, reduz a erosão e aumenta o potencial de infiltração, sendo fundamental para a recarga dos aquíferos (TUNDISI et al., 2008).

Lindner e Silveira (2003) relatam que a zona ripária, como área de vegetação natural, estende-se para além da orla do talude do rio, conforme Figura 5.

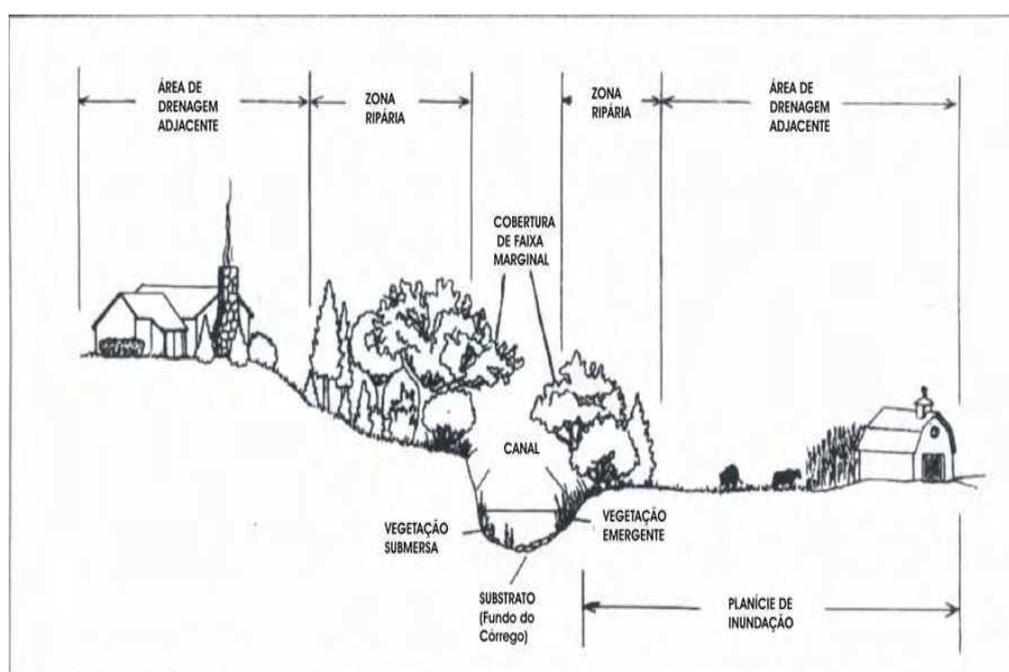


Figura 5. Localização da Zona Ripária. Fonte: (LINDNER e SILVEIRA, 2003)

Para LIMA (2008), a importância da vegetação ripária pode ser observada pelas suas diferentes funções, tais como:

- Estabilização das ribanceiras dos rios pelo desenvolvimento e manutenção de um emaranhado radicular;
- Barreira natural, como tampão e filtro entre os terrenos mais altos e o ecossistema aquático. Os sistemas radiculares das espécies existentes além de exercerem a

função de sustentação, contribuem no controle do ciclo de nutrientes e filtragem de sedimentos. Desta forma, interferem na estruturação e infiltração d'água do solo, minimizando o escoamento superficial para os canais da bacia hidrográfica;

- Contribuir para a manutenção da qualidade da água da rede hidrográfica, proporcionando cobertura e alimentação para peixes e, outros componentes da fauna aquática;
- O sistema aéreo protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva no solo, que ocasionaria as enxurradas e conseqüentemente arraste de partículas, material existente na superfície do solo, direto para o reservatório;
- Manter a biodiversidade do ecossistema aquático e do ecossistema terrestre;
- Intercepta e absorve a radiação solar, proporcionando a estabilidade térmica dos pequenos cursos de água. Evita-se, assim a diminuição do teor de oxigênio.

3.3.3. Impactos ambientais em igarapés

Segundo Allan (1996, *apud* Maranhão, 2007), as principais alterações antrópicas causadoras de impactos ambientais em rios são os barramentos de fluxo, as canalizações, a captação e/ou desvio de água, a transformação da terra nas bacias hidrográficas e a introdução de espécies exóticas.

Segundo Abrahão (2008), ao estudar as possibilidades de intervenção e de desenvolvimento urbanos em área de assentamento espontâneo no igarapé do Paracuri em Belém, PA, desde o início do processo de ocupação, no final da década de 1990, a paisagem arborizada, típica do lugar, foi bastante modificada devido ao parcelamento excessivo dos lotes na várzea ocasionando a diminuição da largura e alteração de curso dos igarapés em um local sujeito a influência da maré, provocando enchentes que alteram rotineiramente as condições de acesso às habitações.

No bairro onde está situado o igarapé do Paracuri em Belém no estado do Pará, Brasil, não há coleta e tratamento de esgoto e é de praxe utilizar fossas, que acabam contaminando o solo e por consequência o lençol freático, de onde é tirada a água para o consumo (ABRAHÃO, 2008).

Ferreira (2005), ao estudar os impactos ambientais provocados pela ocupação urbana na bacia hidrográfica do Igarapé Batista, em Rio Branco, capital do estado do Acre na região Norte do Brasil, relata que não é adequado a construção

do sistema viário próximo aos igarapés e as linhas de drenagem natural, devido a baixa drenabilidade e alta expansibilidade dos solos. O solo expansivo seja ele no estado natural, ou compactado, é aquele em que a variação volumétrica é muito elevada, de forma a produzir efeitos prejudiciais nas obras construídas sobre os mesmos ou nas proximidades (PRESA, 1980).

O Igarapé Val-de-Cães está inserido num contexto sócio-econômico de grande importância para o município de Belém, PA, pois apresenta em sua microbacia o Aeroporto Internacional de Belém, importante terminal de petróleo e derivados em sua área de abrangência que recebe, estoca e movimenta milhões de litros de petróleo. Maranhão (2007) verificou que os principais impactos ambientais no igarapé Val-de-Cães foram: as palafitas erguidas no interior do corpo hídrico transformam as águas em córregos receptores de efluentes domésticos e os resíduos sólidos lançados as margens do igarapé acabam sendo transportados para as águas e conseqüentemente contaminando-as. As fontes poluidoras domésticas e industriais representam considerável risco à qualidade das águas e ao equilíbrio biótico do Igarapé, indicando a ausência ou ineficiência dos processos de tratamento sanitário. Os impactos só não são maiores porque ainda existem vestígios de vegetação na microbacia, isto é, a mata ciliar em áreas institucionais pertencentes às Forças Armadas. A qualidade da água a jusante do Igarapé está severamente comprometida devido às descargas de efluentes, à impermeabilização do solo e retificação de seu curso.

A qualidade da água nos igarapés que cortam a cidade de Manaus, segundo Borges (2006), se encontra, altamente, alterada pela gama de influências antrópicas, sejam de origem doméstica ou industrial, sendo impossível a utilização das águas para abastecimento doméstico, dessedentação de animais e irrigação. O referido autor cita que até a década de 1970 os igarapés eram usados para recreação e desde o aumento populacional ocorrido devido a instalação da zona Franca em Manaus, suas margens vem sendo ocupadas o que impede sua utilização para este fim.

3.4. Macrodrenagem

A água da chuva tem seu caminho topograficamente bem definido pelos sistemas de drenagem natural, mas após a implantação de uma cidade, seu

percurso em geral é alterado, se tornando caótico, pois quando há uma enxurrada o percurso da água, passa a ser determinado pelo traçado das ruas e o que vem a alterar sua qualidade e quantidade, perdendo assim, seu comportamento original.

Tucci (2002) comenta alguns princípios sobre o Plano Diretor de Drenagem urbana:

- o plano diretor de drenagem urbana faz parte do Plano de desenvolvimento Urbano e Ambiental da cidade, pois a drenagem faz parte da infraestrutura urbana;
- o escoamento durante os eventos chuvosos não pode ser ampliado pela ocupação da bacia;
- o plano de controle da drenagem urbana deve contemplar as bacias hidrográficas sobre as quais a urbanização se desenvolve;
- o plano deve prever a minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial;
- o plano diretor de drenagem urbana, na sua regulamentação, deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas;
- o controle de enchentes deve ter medidas estruturais e não estruturais (deve-se considerar a bacia como um todo e não em trechos isolados);
- a educação de todos desde os engenheiros até a população para que as tomadas de decisões sejam conscientes.

3.5. Sensoriamento Remoto, Sistema de Informação Geográfica e Geoprocessamento

Pode-se definir sensoriamento remoto como a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos da superfície terrestre a partir da detecção e mensuração das mudanças que estes impõem ao campo eletromagnético (ELACHI, 1987).

O Sistema de Informação geográfica (SIG), como definido por Burrough (1986), constitui-se em um “poderoso elenco de ferramentas para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real”.

Segundo Bonhan e Carter (1996), SIG é um sistema de software com o qual a informação pode ser capturada, armazenada e analisada, combinando dados espaciais de diversas fontes em uma base unificada, empregando estruturas digitais variadas que representam fenômenos espaciais também variados, por meio de uma série de planos de informação que se sobrepõe corretamente em qualquer localização. Os SIG's permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados.

Geoprocessamento é a parte do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratar uma informação geográfica, que podem ser mapas, cartas topográficas e plantas.

Coelho (2007) usou as ferramentas do SIG ArcGIS 9.1 para confeccionar/manipular os mapas de uma bacia hidrográfica, realizando a edição dos dados georreferenciados, exportação, entre outros comandos. Foi traçado: os limites da bacia, delimitação da rede de canais, seleção e delimitação das sub-bacias mais representativas. Para cada um dos mapas elaborados foi realizado um cruzamento confrontando com os dados/informações das cartas topográficas do IBGE correspondente a área e, também, a conferência em campo com uso de GPS demonstrando uma excelente precisão e confiabilidade dos produtos gerados, portanto, indicado como um instrumental de apoio a inúmeras pesquisas físico-territoriais estudos hidrodinâmicos e gestão em bacias hidrográficas de médio e grande porte.

Segundo Oliveira e Galvício (2008), realizaram um estudo de caracterização ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó, através do balanço de radiação. Utilizaram duas imagens do mapeador temático do satélite Landsat 5 de órbita e ponto 215/66 com passagem em 27-09-1992 e 12-10-2003, que foram processadas, organizadas e analisadas em ambiente GIS. No pré-processamento das imagens de satélite, aplicação dos índices escolhidos e montagem final dos *layout* foram utilizados os softwares Erdas Imagine 9.3 e ArcGIS 9.3. Concluíram que a diminuição da cobertura vegetal foi evidente na análise temporal e espacial das duas datas analisadas, ocorrendo um aumento do Albedo, entre 27 de agosto de 1992 e 12 de setembro de 2003 na bacia hidrográfica do rio Moxotó. No geral as áreas mapeadas como áreas de solo exposto e/ou atividades antrópicas apresentaram uma diminuição na densidade da cobertura vegetal e conseqüentemente, aumento nos valores de albedo e temperatura.

Segundo Rodrigues (1993), geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltado para um objetivo específico.

Faure et al. (2003) realizaram estudo das formas de urbanização em aglomerações do litoral amazônico, elaborando um índice de densidade populacional, a partir de mapas de densidade populacional do IBGE e baseado na textura de imagens orbitais, dos satélites SPOT e LANDSAT, para a cidade de Belém, PA. Os autores demonstraram (Figura 6) uma maior concentração de pessoas em regiões costeiras e na região onde se localizam os bairros que fazem parte do igarapé do Tucunduba.

No caso da Região Metropolitana de Belém (RMB), apesar de uma verticalização importante do habitat no centro de Belém, aparecem valores médios do índice, enquanto as áreas da periferia imediata caracterizam-se por valores indicando altas densidades urbanas. Essas áreas constituem as zonas baixas da cidade, onde casas de palafitas e formas desordenadas de urbanização predominam, e onde as malhas urbanas são extremamente densas. Esses caracteres, associados a altos números de moradores por domicílios, explicam a repartição do índice de densidade populacional. A orla industrial e comercial de Belém, onde galpões e áreas não residenciais dominam, traduz-se por valores baixos do índice (FAURE et al., 2003).

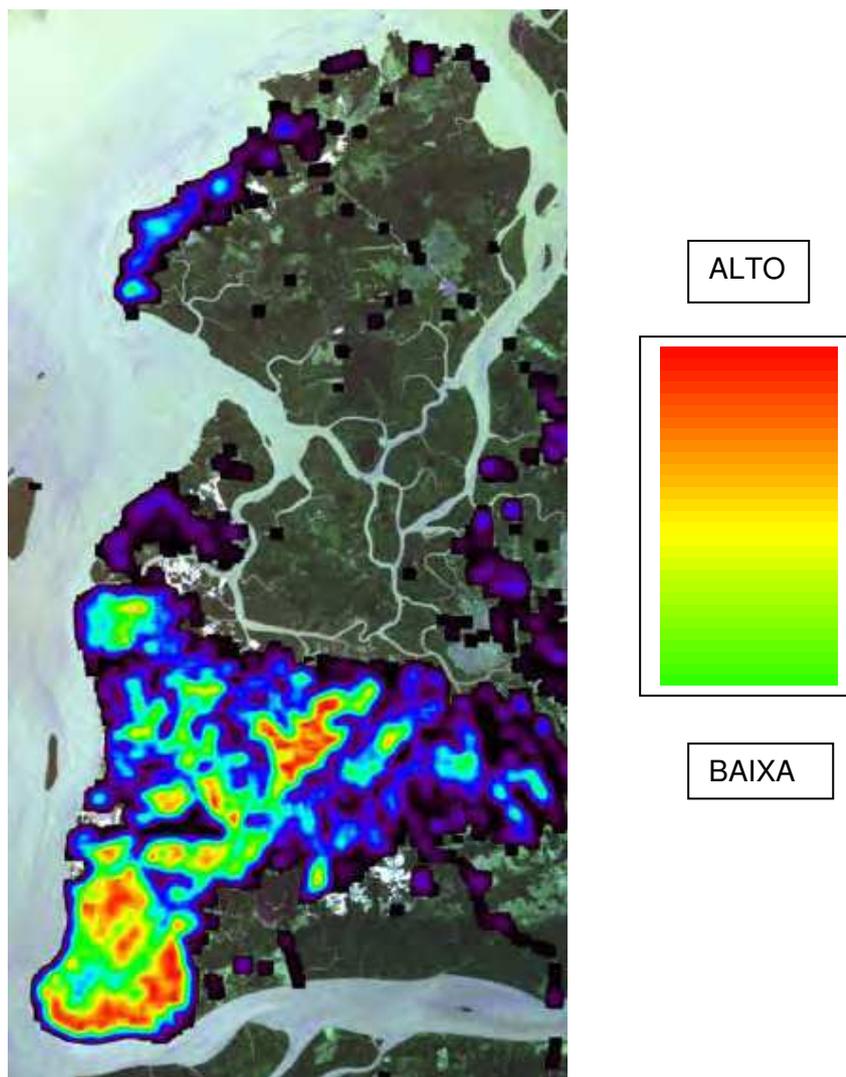


Figura 6. Imagem de densidade populacional de Belém. Fonte: (FAURE et al., 2003).

3.6. Histórico de ocupação da Bacia do Tucunduba

O primeiro sinal de ocupação do bairro do Guamá refere-se a constituição de uma fazenda denominada Tucunduba, localizada próximo ao igarapé, a qual teve origem em uma sesmaria doada pelo rei de Portugal ao senhor Theodoretto Soares Pereira, em 1728, para a exploração das madeiras e a agricultura e para que promovesse todo o desenvolvimento necessário da área, como edificações de pontes e portos, pagando apenas um dízimo que era cobrado pelo governo.

Segundo Ramos (2002), em 1755 a fazenda Tucunduba foi adquirida pelos padres mercedários. Devido à expulsão de Belém destes padres em 1794, por meio da reforma política promovida pelo ministro português Marques de Pombal, alguns dos seus bens entre eles a fazenda Tucunduba, que ficava às margens do igarapé

do mesmo nome foi confiscada e doada a Santa Casa de Misericórdia do Pará. Mais tarde na mesma área foi construído uma olaria, para produzir tijolos e telhas para a capital, tornando o interesse pelo local ainda maior.

Nas primeiras décadas do século XIX a olaria deu lugar ao Leprosário Tucunduba (1815-1938), que seria um espaço de exclusão social, pois o local abrigava escravos e muitos doentes com hanseníase, constituindo-se no primeiro leprosário da Amazônia intitulado “Hospício dos Lázaros do Tucunduba”.

Em função de uma epidemia de varíola, que vitimou várias habitantes em Belém, na segunda metade do século XIX, a Santa Casa de Misericórdia inaugura em 1866, no Tucunduba, em prédio não muito distante do leprosário, uma enfermaria para atender aos acometidos pela varíola. A partir de 1873 a Santa Casa de Misericórdia do Pará, passou a adquirir áreas para a construção do atual cemitério de Santa Izabel, próximo ao igarapé Tucunduba, e em 1900 a construção de um hospital, denominado “Hospital dos Lázaros”, que fazia o isolamento de doenças infecto-contagiosas.

Segundo Ramos (2002), até a metade do século XX, o bairro do Guamá era pouco habitado, desde então apresentava problemas de infra-estrutura, onde as casas eram principalmente, de madeira e palha e a maior parte da área era ocupada por matas que ofereciam muita caça e frutas para os poucos residentes no local. O leito do igarapé Tucunduba, nesta época servia, basicamente para o tráfego de pequenos barcos e para tomar banho (RAMOS, 2002).

Segundo Ferreira (1995), na década de 40 a construção de um grande dique, de 6 Km de extensão, para a contenção das águas do rio Guamá e ensecamento das várzeas adjacentes, acompanhando a orla do rio desde as proximidades do igarapé Pedreira na foz no Guamá até o igarapé de Arsenal, pelo Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), propiciou uma valorização maior das áreas alagáveis da referida orla e, principalmente, depois da construção, sobre o dique, na atual avenida Bernardo Sayão. Tal fato desencadeou, a partir da década de 50, uma série de apropriações e aterramentos nas áreas atravessadas pelo dique e a conseqüente instalação de indústrias, serrarias e pontos comerciais, atraídos não só pela valorização das terras, mas também pela oportunidade de possuírem seus trapiches particulares na beira do rio, facilitando o embarque e desembarque de mercadorias, ficando então a visão do rio completamente obstruída. Hoje, estão instalados, na Avenida Bernardo Sayão, às proximidades do Campus Universitário do Guamá e do

trecho meridional da várzea do Tucunduba, várias serrarias, bares e outros estabelecimentos comerciais e industriais de pequeno porte.

A Amazônia foi esquecida pelos portugueses durante muito tempo após o início da colonização e só foi integrada ao resto do país em 1950 com a criação do Programa de Integração Nacional (PIN) do Governo Federal, pois antes esta ligação era feita por meio marítimo ou aéreo, que pretendia ligar a Amazônia ao resto do país. Houve a construção em especial da rodovia Belém-Brasília que incidiu de forma transformadora na capital do estado do Pará, pois facilitou a entrada de produtos industrializados de outras regiões. Contudo, a produção de leite que saía da capital para as demais regiões do estado começara a diminuir dando início a modificar, o tipo de uso do solo pela população.

A atividade que mais se destacou na economia do estado do Pará foi à exploração da borracha, desde meados do século XIX até o início do XX, sendo sua economia sustentada pelo extrativismo até o ano 1960. Após a década de 60 o estado modificou sua economia com uma política de incentivos fiscais definida pelo Governo Federal para estimular o desenvolvimento da região amazônica, resultando na implantação de vários projetos industriais, agrícolas e pecuários (MANIÇOBA, 2006).

Segundo Ferreira (1995), a várzea do igarapé do Tucunduba ficou à margem da expansão da malha urbana de Belém até o início da década de 60. Embora estivesse dentro do contexto urbano, a várzea do igarapé possuía um uso do solo diferente dos que se via nas últimas três décadas do século XIX. Era destinado, a atividades agropastoris, como: a bovinocultura leiteira que abastecia Belém de leite e as hortas, pois era um terreno desocupado ou não construído, ou se constituía em área de reserva, apresentando densidade demográfica muito baixa.

A área plana do Tucunduba, definida pela PMB como toda área de cota topográfica até 4m, é uma das muitas áreas que compõe a periferia de Belém e que apresenta um posicionamento logístico significativo por estar muito próximo ao centro da cidade, das principais vias de circulação da cidade, além de fazer um elo com o interior do estado, devido seu exutório ser no rio Guamá. Trata-se de uma região importante, pois próximo ao exutório do Tucunduba encontra-se instalada a Universidade federal do Pará (UFPA) e nas suas proximidades congregam-se outras, importantes, instituições de ensino e pesquisa da União, como a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), o Núcleo Pedagógico Integrado

(NPI) e o Museu Emílio Goeldi, que faz a região ser considerada como o cinturão institucional CODEM (1986).

Na primeira metade dos anos 60, a Misericórdia havia optado pela venda de suas terras da bacia do Tucunduba por meio de loteamentos ou desmembramentos para venda a vista ou a prestações, ou mesmo para doações.

Na década de 70 ocorreram grandes transformações no contexto político, econômico e social em Belém, época em que a várzea do igarapé se tornou urbanizada, provocando uma intensa ocupação das planícies pela população que migrava para a capital ou que se deslocava dos setores valorizados da cidade. Os bairros que compõe o igarapé Tucunduba por ser uma região de área pouco construída e por estar próximo do centro urbano da capital paraense, foi um dos locais onde esta população se concentrou algumas vezes de modo coordenado, outras vezes por doação de terras por influencia de políticos atrás de votos e ainda, por especulação imobiliária.

Entre as décadas de 70 e 80 a imigração e a mobilidade para trabalho foram os fatores que predominaram e foram fundamentais para o crescimento urbano.

Com a valorização, a ocupação por conjuntos habitacionais e por indústrias em algumas áreas das várzeas passaram a ocorrer. Com o tempo, a pressão populacional fomentou também a ocupação de setores do próprio cinturão institucional (área de instituições públicas e militares), rompendo o bloqueio da expansão urbana, sendo um bom exemplo, a ocupação dos terrenos da Universidade Federal do Pará na várzea do Tucunduba (FERREIRA, 1995).

Dessa maneira, o crescimento vegetativo, que é a diferença entre a taxa de natalidade e a de mortalidade, somado aos movimentos migratórios para Belém, transformou os terrenos das planícies de inundação em espaços de moradia da população de baixa renda.

A ocupação inicial, pioneira no igarapé do Tucunduba, implantou-se pelo desmatamento, pela construção das palafitas e estivas de madeira. Essa ocupação inicial, as vezes, apresenta uma organização que se manifesta no traçado retilíneo das estivas no eixo de instalação das palafitas, substituindo-as. O adensamento da ocupação, se fez pela reivindicação dos moradores, organizados em Centros Comunitários, por infra-estrutura urbana junto à Prefeitura Municipal de Belém, e pela atuação de políticos em épocas de eleição, quase sempre terminava com a deliberação da solução pelo aterro da várzea. O primeiro aterro é feito geralmente

com lixo ou outros detritos, como caroços de açaí e serragem. Depois, vem o aterro com laterita ou piçarra. O lixo ou a laterita depositados nas ruas são aproveitados para aterrar também a frente das casas, provocando represamento ou estagnação de água sob as casas ou nos seus quintais. As ruas aterradas, no lugar das estivas de madeira, propiciam a retificação de canais de drenagem, a instalação de ruas laterais, e a substituição gradativa das palafitas de madeira por casas de alvenaria (FERREIRA, 1995).

A construção do Campus da Universidade Federal do Pará, no final dos anos 60 e início dos anos 70, no século passado, acarretou na produção de um novo ambiente com a alteração principalmente das características da várzea e da cobertura vegetal, na área da confluência entre o igarapé do Tucunduba e o rio Guamá, e num trecho de cerca de 3 km na margem direita deste rio, pela quantidade de trabalho humano que foi materializado. A Universidade Federal do Pará foi criada pela Lei nº 3.191, de 2 de julho de 1957, sancionada pelo Presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira, após cinco anos de tramitação legislativa. Para a construção do campus estudantil foram desapropriadas várias áreas e praticamente todos da várzea do igarapé Tucunduba.

Por falta de verbas a UFPA não ocupou todas as terras desapropriadas, sendo as mesmas invadidas. Os invasores repartiram as terras, sem respeitar as leis ambientais, o que vem ocasionar hoje uma região, bastante degradada (FERREIRA, 1995).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição da área de estudo

O presente trabalho foi realizado no município de Belém no estado do Pará, Brasil, na área entorno do igarapé do Tucunduba. A cidade de Belém do Pará com área territorial de 1065 km² tem, segundo o censo do IBGE (2004), 1.279.861 habitantes está localizada a 1º 20' de latitude sul e 48º 30' de longitude oeste de Greenwich e apresenta altitude máxima de 15 metros.

A Bacia do Tucunduba é composta por 13 canais, com 14.175 metros lineares, sendo estes: o Igarapé do Tucunduba, Lago Verde, Caraparú, 2 de Junho, Mundurucus, Gentil Bittencourt, Nina Ribeiro, Santa Cruz, Cipriano Santos, Vileta, União, Leal Martins e Angustura. O Igarapé Tucunduba é o principal da Bacia hidrográfica do Tucunduba, com 3.600 metros de extensão, sendo este curso d'água e seus afluentes os responsáveis pelos alagamentos dos terrenos localizados nos bairros que compõem a Bacia do Tucunduba. Está localizado a 1º 26' 4,7" de latitude e 48º 27' 20,9" de longitude, coordenada de sua nascente, como mostrado na Figura 7 e possui 1.055ha, dos quais 575ha são áreas de "baixadas", correspondendo a 21% das áreas de várzea de Belém. (PMB, 2000).

A várzea do igarapé tem cerca de 37% de sua de sua área constituída de terrenos de cota inferior ao da maré máxima de 3,70 m. Mesmo com pouca navegabilidade o igarapé possibilita o intercâmbio da população que mora em suas margens a outras localidades da região.

O igarapé do Tucunduba tem sua nascente na Tv. Angustura, 3579 entre as Avenidas Almirante Barroso e João Paulo II (bairro do Marco) e seu exutório na margem direita do Rio Guamá (bairro do Guamá), em área da Universidade Federal do Pará, sendo que ao longo de seu percurso sofre ainda com atividades antrópicas que tornam o igarapé bastante poluído a ponto de impedir o seu efetivo aproveitamento (SILVA, 2003).

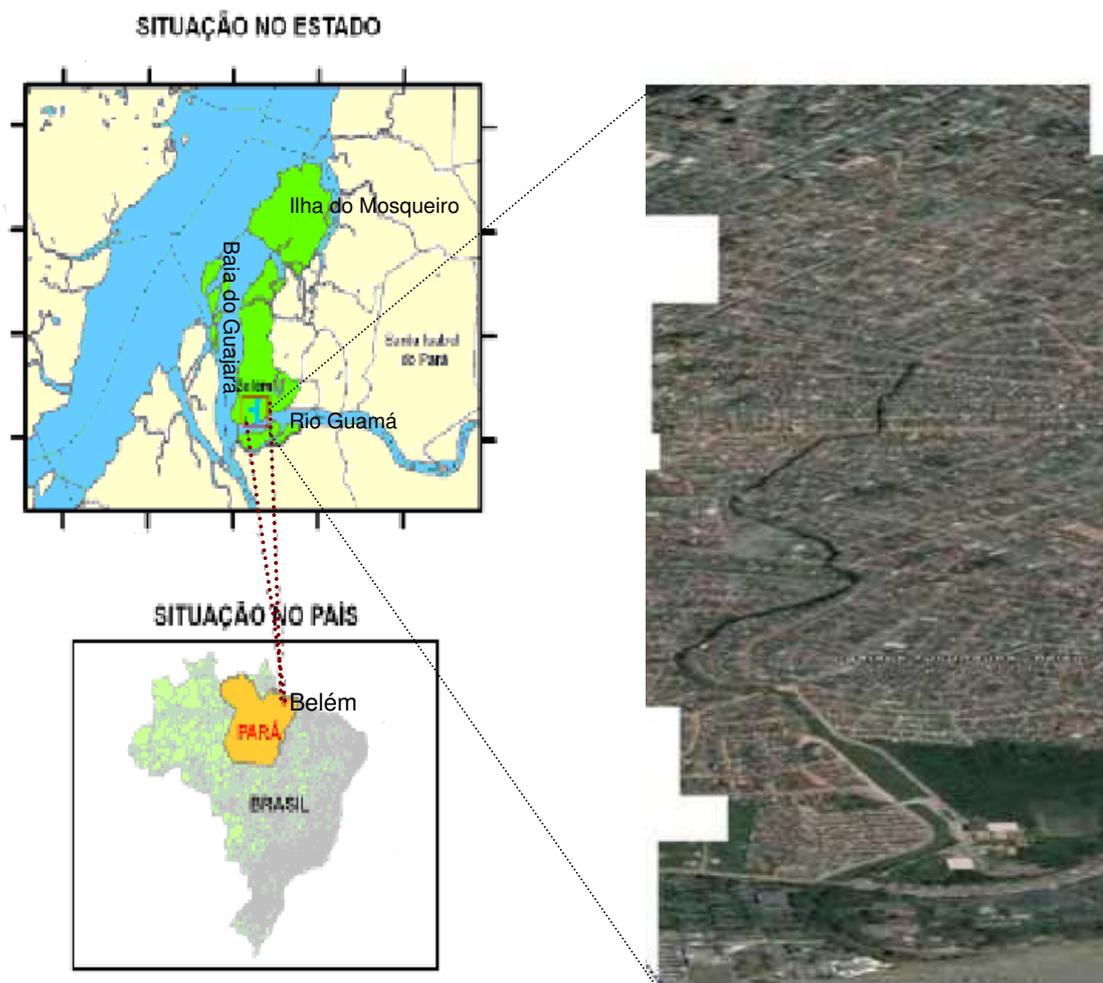


Figura 7. Localização do Igarapé Tucunduba. Fonte: Google Earth adaptado.

4.2. Aspectos Climatológicos de Belém

Segundo Nascimento (1995), o clima de Belém é quente e úmido, com temperatura média variando entre 22 e 25°C. Umidade relativa do ar chegando a 91% nos meses mais chuvosos. Sem estações climáticas definidas, possui dois períodos sazonais: chuvoso (dezembro a maio) e menos chuvoso (julho a novembro). A precipitação média anual de 2.500 a 3.000 mm, logo Belém é uma das cidades mais chuvosas do Brasil. A precipitação pluviométrica total média anual de 2.893mm e possui uma estação chuvosa de dezembro a maio, regionalmente chamada de Inverno, e outra menos chuvosa que vai de junho a novembro, regionalmente chamada de Verão (INMET, 1992).

4.3. Relevo

A topografia da cidade de Belém apresenta-se muito plana e baixa, resultado de uma superfície acidentada com poucas elevações. Nessa superfície, encontram-se dois elementos básicos deste território: as planícies com suas várzeas e a terra firme da área Metropolitana de Belém. As planícies constituíram-se de quatro patamares dos três níveis: o nível dos altos, maior que 15 metros, não chegando a atingir 16 metros, níveis intermediários entre 10 a 15 metros, o qual abrange boa parte da cidade, nível baixo maior que 5 e menor que 10 metros e o nível inferior, abaixo de 5 metros, é onde está a área mais sujeita as condições pluviais e que no período chuvoso sofre com as inundações. (SUDAM, 1979).

Segundo Cacela Filho et al. (2007), a Figura 8 mostra a área geográfica da bacia do Tucunduba em relação à elevação do terreno, obtida a partir de carta planialtimétrica, em escala 1:10.000 contendo as curvas de níveis da Bacia do Tucunduba, fornecida pela Secretaria de Saneamento –SESAN – PMB.

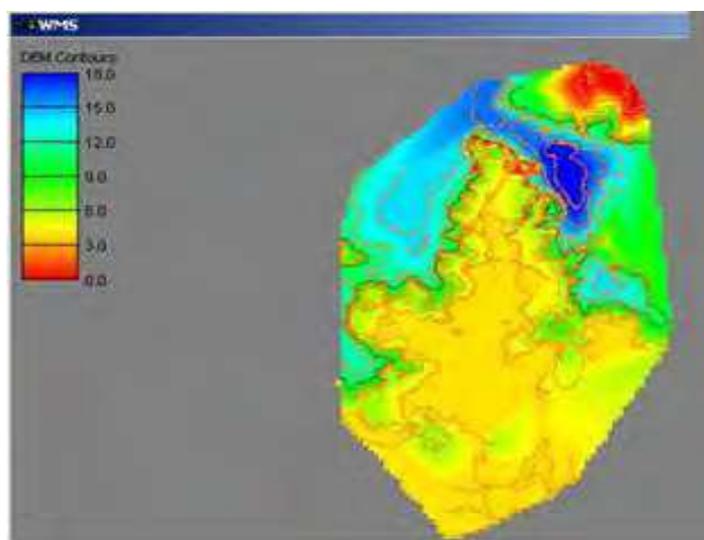


Figura 8. Distribuição de Altitudes da Bacia do Tucunduba. Fonte: (CACELA FILHO et al., 2007),

4.4. Vegetação

Segundo Santos (1997), a cobertura vegetal predominante na região amazônica é a floresta densa ocorrendo manchas de cerrado.

A diferença fitofisionômica varia em função do tipo de solo, da topografia e da água, não existindo áreas campestres naturais, pois dentro do perímetro urbano de Belém pouco se vê evidências da antiga floresta tropical, a qual pode ser ainda encontrada nas ilhas formadas pelo macro sistema de drenagem na região.

As vegetações de capoeira e de várzea apresentam características semelhantes e representam uma vegetação não muito exuberante, devido às condições físico-químicas do solo, enquanto que a floresta de igapó é encontrada em níveis topográficos mais baixos e, portanto, em regiões alagadas, como no igarapé do Tucunduba (SANTOS, 1997).

4.5. Solos

Em Belém o Latossolo amarelo representa 48,00% da área do município, e atinge profundidades de 200 metros.

Segundo Moreira (1966, *apud* Santos, 1997) Belém apresenta três tipos de solos: solo de igapó, solo de várzea e solo de terra firme.

Os solos de igapó são encharcados, inconsistentes e excessivamente ácidos e deficientes de drenagem natural.

Os solos de várzea apresentam má drenagem, são argilosos e úmidos, porém ficam encharcados só no inverno e apresentam pH neutro na sua parte superior, sendo estas várzeas do tipo “várzea de maré”, pois se enriquecem continuamente com os depósitos deixados pelas marés.

Os de terra firme são em sua maioria de arenoso-argiloso, secos e soltos, porém lixiviados e ácidos e apresentando boa drenagem.

Segundo Ferreira (1995), os processos geológicos peculiares ao clima amazônico, geraram um modelado, em Belém, que se divide em duas grandes unidades morfológicas: os terraços de idade pleistocênica, também chamados de terras-firmes, livres das inundações periódicas, caracterizando-se por vários níveis de patamares espaçados de declive suave, capeados por laterita, tendo os igarapés, como o do Tucunduba, trabalhado esses terrenos por meio de sulcos discretos.

Cacela Filho et al. (2007) produziram um artigo de análise do sistema a área do entorno do Igarapé Tucunduba, no município de Belém, utilizando mapas digitais e dados hidrológicos para fornecer um ambiente detalhado da região hidrográfica com o propósito de monitorar seu comportamento.

Neste estudo os autores fizeram o mapeamento do solo do igarapé do Tucunduba, definiram que solos de baixa permeabilidade constituem na maioria da área da bacia urbana, existindo, contudo áreas de permeabilidade considerável. A maior parte do solo contém argilas expansivas e pouco profundas com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial, sendo classificado do tipo D, entretanto, existe solo do tipo A, que são solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração, constituindo-se de solos arenosos profundos com pouco silte e argila, conforme mostrado na Figura 9.

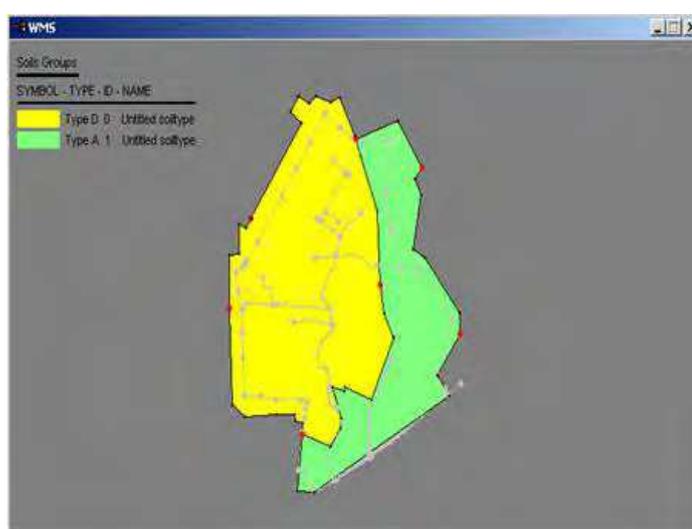


Figura 9. Tipo de solo da Bacia do Tucunduba. Fonte: (CACELA FILHO et al., 2007)

4.6. Hidrografia e Navegação

Os rios, sempre, configuraram como um dos agentes mais importantes da geografia humana, pois possibilita a expansão do comércio, a circulação de pessoas e produtos, unindo e caracterizando sociedades regionais.

O Estado do Pará recebe águas da Bacia Amazônica, sendo que a maior parte de sua população vive as margens dos rios e são conhecidas como população ribeirinha. Nesta situação, a navegação que desloca a população e transporta os produtos dos municípios para a capital e vice-versa, constituindo uma ligação entre Belém e os municípios interiores. A prática da navegação no Pará é do tipo médio e pequeno porte, também, chamada de navegação de cabotagem (navegação costeira praticada dentro de uma região), as quais estão relacionadas às atividades do

homem como, coleta ou extrativismo em diversas regiões do estado, retirando daí o sustento de sua família.

As famílias de baixa renda vindo do interior do estado ocupam a várzea do igarapé devido não terem um lugar em áreas mais centrais da cidade e a proximidade com os igarapés devido a atividades comerciais e de transporte, que permite uma migração diária da população em busca de melhores condições de trabalho e de vida.

Cerca de 13% das embarcações que trafegam no igarapé do Tucunduba é para o transporte de pessoas, 81% para o transporte de produtos e apenas 6% é para o lazer. O transporte é feito em barcos de média e pequena cabotagem que transportam os produtos como o carvão vegetal, a madeira, produtos de cerâmica, pescado salgado e frutas. A madeira vem 39% dos municípios de Barcarena, Moju e Abaetetuba; telhas e tijolos vêm entorno de 21% de Abaetetuba; o carvão vegetal 16% de Acará e Combu; o açaí, buriti e a banana 13% vem do Moju, Ilha do Cotijuba, Abaetetuba e Combu, enquanto que o pescado salgado 4% vem de Cotijuba, Abaetetuba, Combu e Moju. O principal ponto de comercialização dos produtos provenientes da atividade de navegação está no limite dos bairros do Guamá e Terra Firme, rua São Domingos (OLIVEIRA, 2002).

4.7. Análise Espacial

O presente trabalho foi realizado a partir das análises documental e espacial do processo de ocupação urbana do igarapé do Tucunduba no município de Belém, PA.

A evolução da ocupação urbana e da conseqüente redução das áreas florestais foi determinada por comparação da ocupação urbana nos anos de 1972, 1977, 1998 e 2006. Utilizou-se mosaicos georreferenciados de imagens sub-orbitais ortofotos retificados – CD - Evolução Urbana de Belém (BASTOS JUNIOR, 2000) de 1972, 1977 e 1998 adquiridos junto a Prefeitura Municipal de Belém. Estas imagens em escala diagnosticam o avanço da urbanização na área do Igarapé do Tucunduba obtendo-se uma visão espacial. As imagens aerofotogramétricas dos anos de 1972 e 1977 são em preto e branco, enquanto que a de 1998 e 2006 são coloridas, todas as fotos em escala 1:2.000, corrigidas por meio de projeção ortogonal, em escala, com referências cartográficas. A imagem de 2006 foi feita utilizando-se mosaicos georreferenciados de imagem orbital (satélite SPOT).

As imagens foram formadas a partir de vários recortes de imagens de áreas menores utilizando o aplicativo computacional Corel Draw X4 V14.0 para elaboração dos mosaicos das diversas imagens. As imagens foram ajustadas e agrupadas formando um único mosaico dos anos de 1972, 1977, 1998 e 2006.

As imagens de todos os quatro anos foram georreferenciadas dentro de uma base cartográfica digital do município de Belém. Todos os mosaicos foram importados em arquivos shapefile na base de dados do programa ArcMap, criando-se diversos layer's, para que em seguida fossem georreferenciados no programa ArcGis 9.0, onde foi possível manipular, editar e analisar os dados, realizando a interpretação da evolução urbana nas diversas imagens utilizadas.

A interpretação visual dos mosaicos georreferenciados na base cartográfica da Região Metropolitana de Belém foi possível classificar as áreas de vegetação densa, área desmatada e ocupação do igarapé do Tucunduba, além da vetorização das informações.

Todo o trabalho com o programa ArcGis foi realizado no Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (ITEC).

4.8. Trabalho de Campo

4.8.1. Projeto de Macrodrenagem

Em 1998 foi proposto pela PMB a elaboração do Projeto Tucunduba, envolvendo parcerias entre a Caixa Econômica Federal, UFPA, entidades não governamentais e lideranças sociais, tais como as associações de moradores e centros comunitários, representativas dos interesses da população residente na área (PMB,1999).

Segundo a PMB (2000), o Projeto de Macrodrenagem e Urbanização do Tucunduba, desde 1998, visavam revitalizar áreas alagáveis na Bacia do Tucunduba, principalmente áreas de ocupação Riacho Doce e Pantanal, por meio de intervenções físicas e ambientais, com inclusão social dos moradores do entorno gerando trabalho e renda, incentivando a permanência no local e criando a gestão participativa na manutenção do bem público e previa as seguintes ações:

- a) desocupação da margem e calha do Igarapé do Tucunduba;

- b) dragagem de margem e fundo do canal, resolvendo problemas de inundações na área;
- c) drenagem pluvial de ruas que chegam à margem do igarapé;
- d) urbanização das margens do igarapé,

Essa urbanização proporcionaria a criação, nas suas laterais, acesso viário e ciclístico, praças, portos e outras benfeitorias, além de possibilitar a organização do acesso fluvial; criação de mecanismos de inclusão social aos moradores do seu entorno, pelo incentivo a ocupação ordenada de sua margem com atividades comerciais, turísticas e de lazer objetivando a geração de trabalho e renda.

Inicialmente, havia dois projetos de macrodrenagem: Projeto HABITAR BRASIL iniciado em 1996 realizaria a macrodrenagem com os canais das Travessas Angustura, Leal Martins, Timbó e Vileta e o Projeto INFRA-MARCO iniciado em 2003 que previa a construção dos canais das Rua dos Mundurucus, Avenida Gentil Bittencourt, Travessa Cipriano Santos e Rua Santa Cruz (BARBOSA 2003).

Segundo Barbosa (2003), no período de 1997 a 1999, com a execução do Infra-Marco e Habitar Brasil, os procedimentos adotados para o deslocamento das famílias foram: o reassentamento das famílias no conjunto habitacional Eduardo Angelim construído a partir da sobra financeira oriunda da reavaliação e reformulação dos projetos e a indenização dos imóveis retirados, quando se passou então a solicitar que as famílias procurassem casas em locais regulares, isto é, dentro de padrões de avaliações compatíveis com as benfeitorias existentes para que o poder público pudesse comprá-las.

Em janeiro de 2000, desenvolveu-se um projeto inovador de gestão de rios urbanos, e o Igarapé Tucunduba entrou em uma nova concepção de intervenção, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Concepção urbanística antiga e atual do Igarapé Tucunduba.

Discriminação	Concepção antiga	Concepção nova
Revestimento do canal	Em placas de concreto	Em grama
Talude do canal	Inclinação de 1V:2H/1V:1,5H com berma de 3m/4m, com grande movimento de terra avançado sobre a calha do canal.	Inclinação de 1V:2H/1V:3H com pouco movimento de terra, acompanhado muitas das vezes o próprio talude natural.
Ciclovias	Não incluso	Incluso
Distância projetada para o canal na 1ª fase	Da Av. Perimetral até a Rua Lauro pessoa (1 km)	Da Av. Perimetral até a Rua São Domingos (1,25Km)
Vias marginais	15m de largura, com calçadas	12m de largura, com calçadas
Urbanização das margens	Não contemplava	Criação de espaços de lazer e geração de renda
Drenagem	Superficial e profunda de até 60m das ruas que terminam as marginais do igarapé	Foi ampliada esta meta até aonde se faz necessária uma drenagem mais eficiente

Fonte: (BARBOSA, 2003).

Em 2008 o Governo do Estado do Pará assumiu as obras para a implantação do projeto de macrodrenagem no igarapé iniciada pela Prefeitura Municipal de Belém. O projeto visa remanejar as famílias das margens do igarapé, promover a dragagem e limpeza do igarapé, afim de que se pudesse manter o fluxo natural da água. Segundo Leal (2009), foram previstas, também, ações como regularização fundiária, ações de geração de renda, como formação de cooperativas, além de incentivos a projetos culturais.

Nas visitas a bacia do Tucunduba, a documentação fotográfica de evidências da ação antrópica sobre o igarapé foi feita por meio de câmera digital modelo DSC-W35 de 7.2 Mpixels, máxima_resolução: 3072 x 2304, zoom óptico de 3x (38 – 114 mm equiv.). Os pontos fotografados foram também georreferenciados utilizando-se um GPS Garmin e software versão 2.30, com precisão variando de 4 a 10 m.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Evolução da ocupação urbana sobre a área do Igarapé Tucunduba

Belém é cortada por vários igarapés, mas estes estão comprometidos devido a ocupações desordenadas que se situam as margens dos mesmos e que comprometem a qualidade do corpo hídrico.

O mapa administrativo, na Figura 10, construído a partir dos layers da RMB georreferenciado, que mostra a delimitação dos bairros e ruas que fazem parte do igarapé e o curso do mesmo, desde sua nascente na Trav. Angustura até seu exutório no rio Guamá.

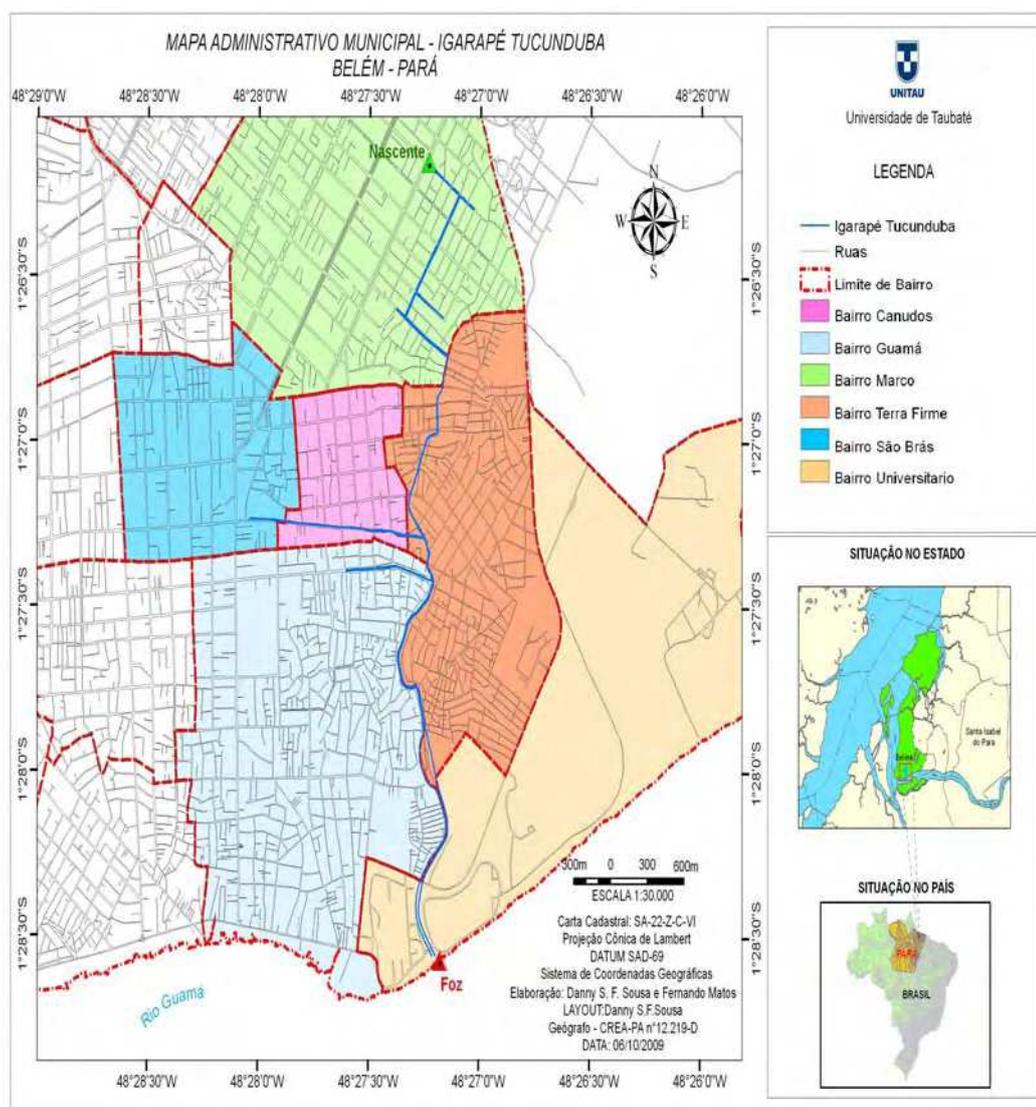


Figura 10. Mapa administrativo municipal.

A Tabela 4 mostra a evolução demográfica nos bairros da Bacia do Tucunduba, segundo o Censo 2000 do IBGE.

Tabela 4. Evolução Demográfica nos bairros da Bacia do Tucunduba no período de 1950 a 2000.

ANOS						
BAIRROS	1950	1960	1970	1980	1991	2000
Guamá	13.885	23.400	55.764	83.128	90.252	102.161
Terra Firme	-	4.210	10.075	28.281	31.190	63.267
Universitário	-	-	-	-	-	2.628
Canudos	11.975	15.686	13.155	15.143	12.924	14.617
Marco	26.286	40.550	59.170	72.209	67.571	63.823

Fonte: IBGE/Censos 1950, 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000 *apud* BARBOSA, 2003).

Estimativamente pode-se inferir que os bairros: Universitário, Terra Firme e Canudos estão 100% na área do Igarapé Tucunduba, o bairro do Guamá, entorno de 70%, o bairro do Marco cerca de 45% e São Braz pouco mais de 50% pertence à área da Bacia Hidrográfica do Tucunduba.

A vegetação densa ou de capoeira alta em 1972, representava 3,4 Km², (Figura 11), cuja maior parte localizava-se a margem esquerda do igarapé Tucunduba, onde se estão os órgãos da União e do Estado, como a Universidade do Estado do Pará, Universidade Federal Rural da Amazônia, Eletronorte, entre outros, e portanto, áreas que sempre contou com elevado nível de controle e proteção. A margem esquerda, de outra forma, apresenta uma área verde menor, devido aos bairros, como Guamá, Canudos e Marco já estarem urbanizados. Segundo Ferreira (1995), até a década de 70 o uso do solo no Tucunduba era destinado a atividades agropastoris, além de apresentar uma baixa densidade demográfica.

Observa-se no mapa de 1972 áreas verdes próxima ao exutório do lado direito do igarapé Tucunduba, justamente no interior da UFPA no campus básico.

Há presença de vegetação próxima à nascente, que segundo LIMA (2008) é de vital importância, pois propicia a estabilização das ribanceiras dos rios, é uma barreira natural, contribui para a manutenção da qualidade da água da rede

hidrográfica, proporcionando cobertura e alimentação para a fauna aquática, mantendo sua biodiversidade, entre outros benefícios.

Tundisi et al. (2008) relatam que a vegetação reduz a erosão e aumenta o potencial de infiltração, sendo fundamental para a recarga dos aquíferos.

Proteger uma área de nascente está descrito no Código Florestal, garante o fornecimento de água para o igarapé já que a nascente é uma área onde aflora o lençol freático a abastece o igarapé.

O Código Florestal estabelece como Áreas de Preservação Permanente (APP), definidas como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

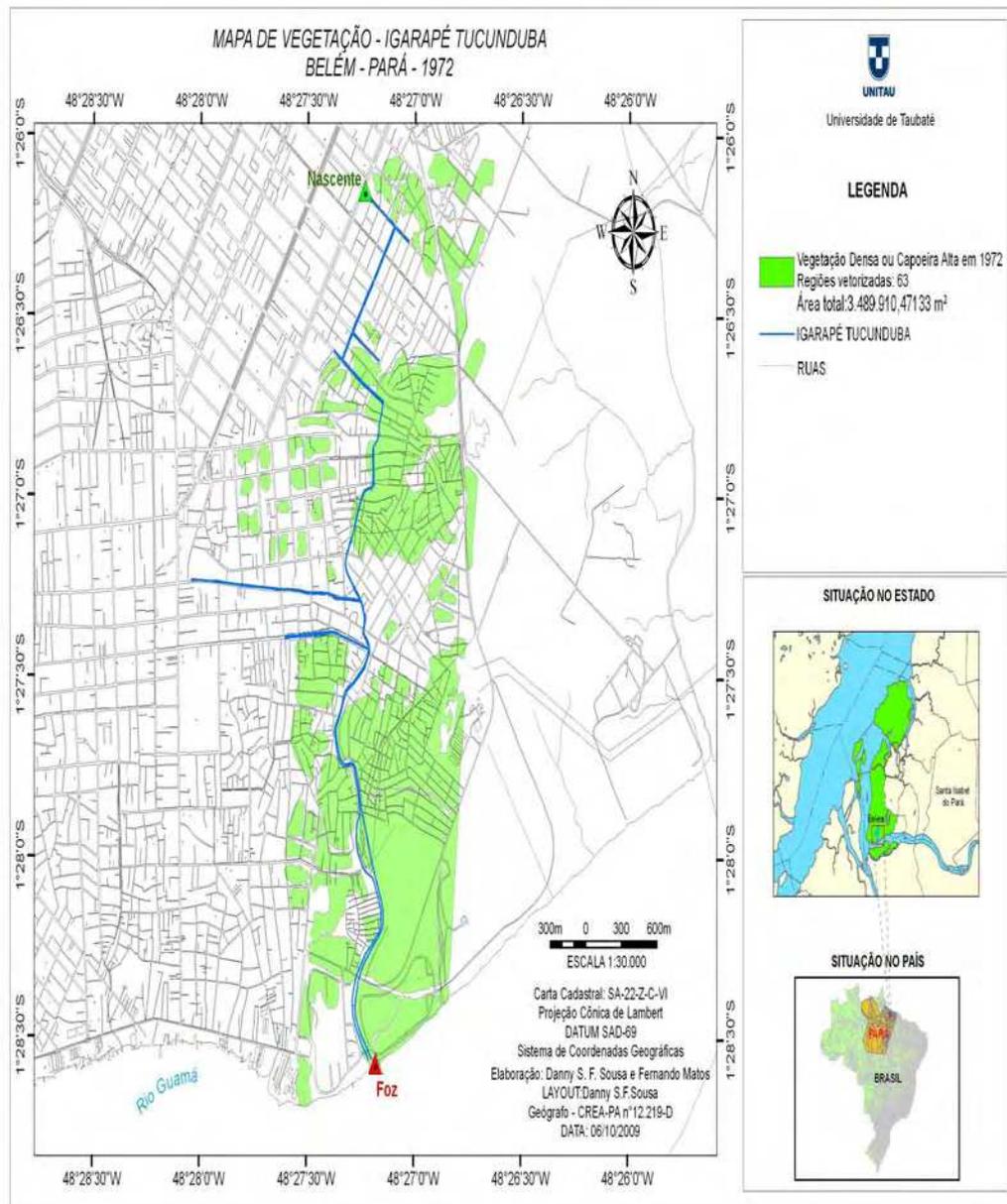


Figura 11. Mapa da vegetação em 1972.

Na Figura 12, observa-se uma redução na área de 3,4 Km² em 1972 para 2,4 Km² em 1977 principalmente na margem esquerda, devido a ocorrência de invasões clandestinas e ocupações sem planejamento. Essa constatação está em acordo com as afirmações de Ferreira (1995) de que a partir da década de 70, o igarapé do Tucunduba deixa de ter suas características originais, devido a modificações nas atividades produtivas de pecuária, pesca e plantações. Outro aspecto é que foram construídos novos prédios do campus universitário profissional da UFPA no lado do igarapé do Tucunduba.

Observa-se também uma região desflorestada próxima a nascente, decorrente do processo de urbanização do Igarapé Tucunduba.

O cinturão institucional formado por diversos órgãos federais, que estão situados do lado direito do Igarapé Tucunduba, conforme Figura 12, começam a perder espaço do solo para ocupações clandestinas a partir de 1970.

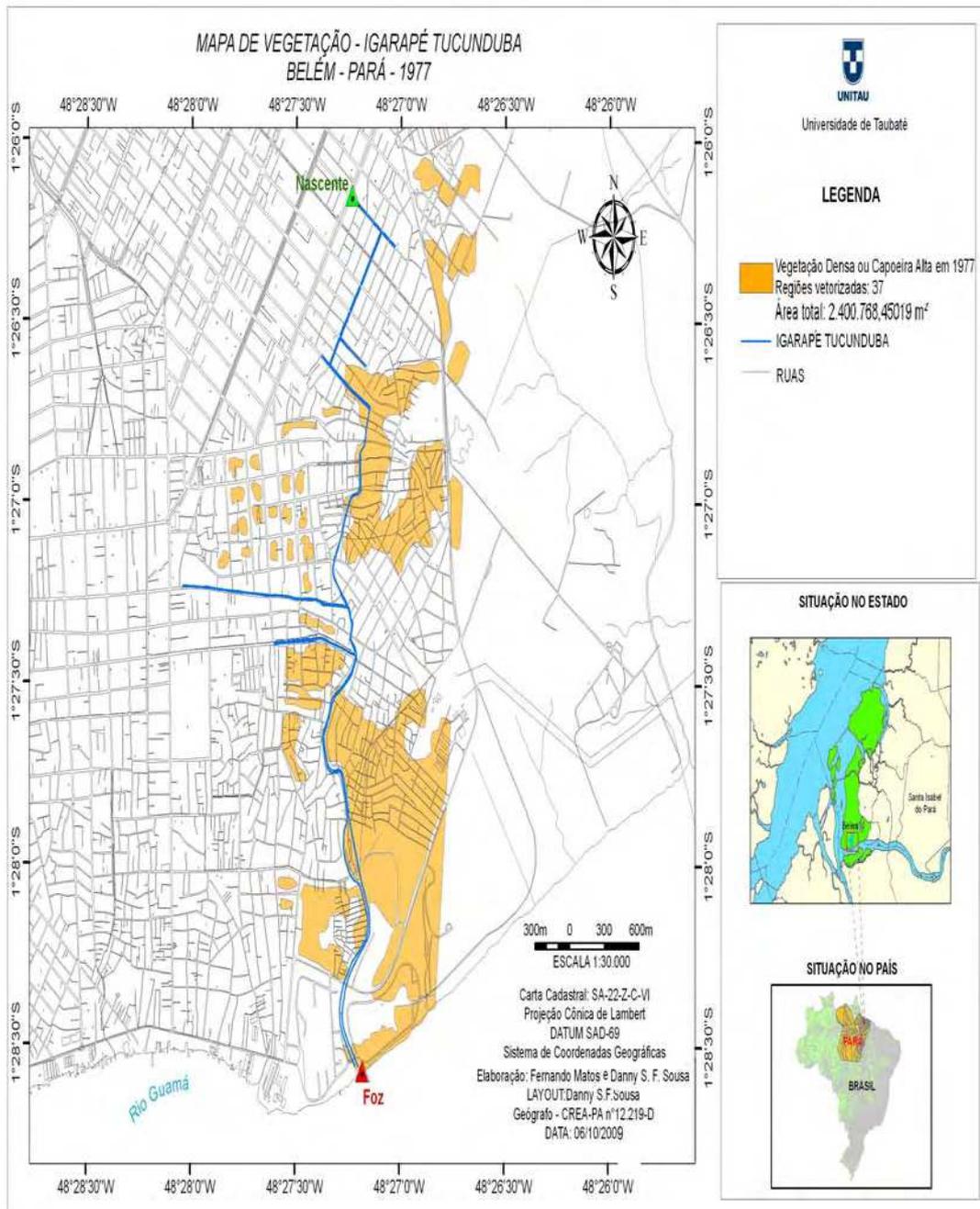


Figura 12. Mapa da vegetação 1977.

Na Figura 13, observa-se que após 11 anos a área de vegetação densa estava com somente 0,5 Km². Quase não se observa áreas verdes nos bairros Universitário e Terra Firme, que se situam a margem direita do igarapé Tucunduba, conforme o mapa de 1998 e praticamente, encontra-se o lado esquerdo do igarapé todo urbanizado.

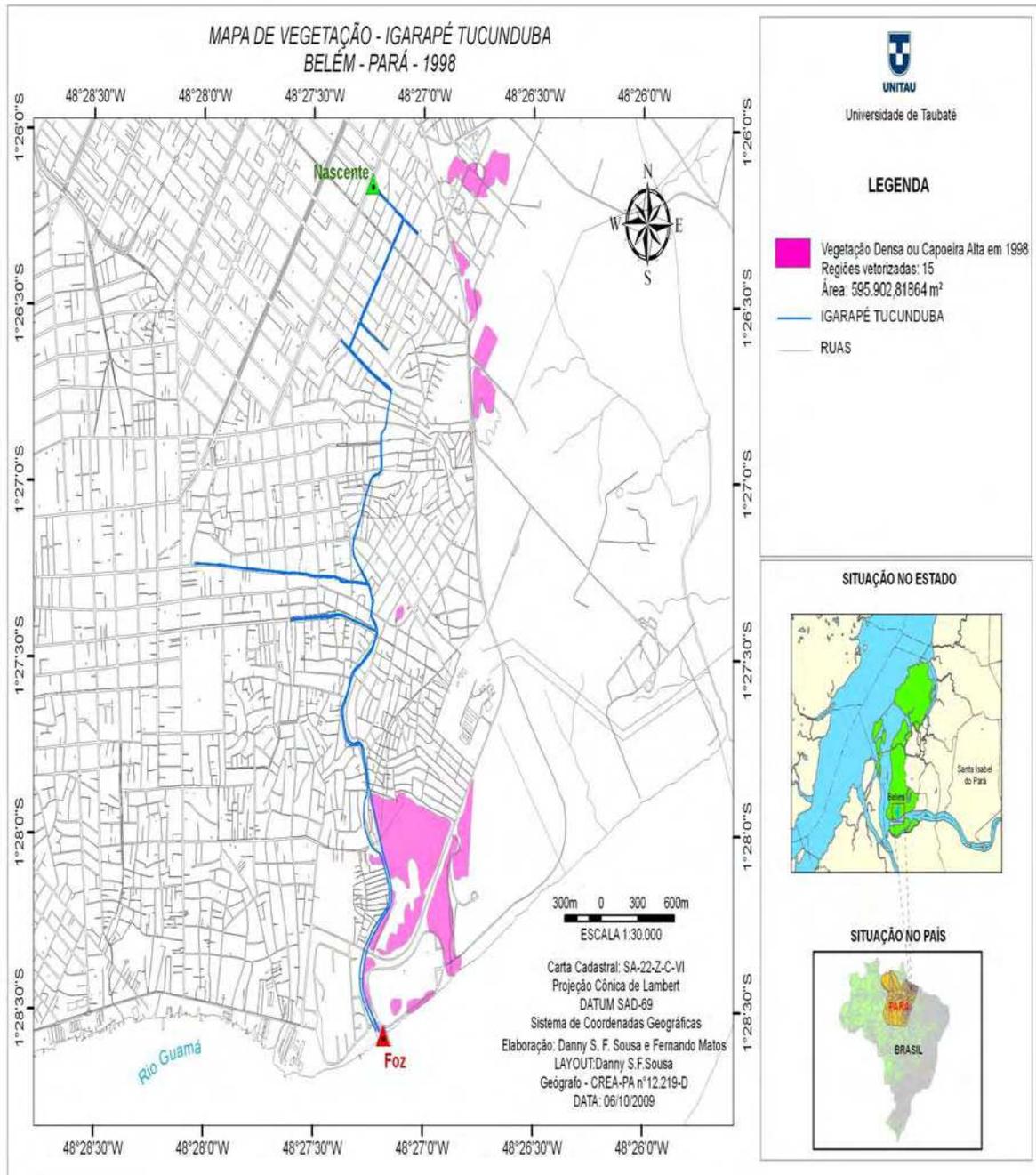


Figura 13. Mapa de vegetação 1998.

Em 2006, observa-se uma área verde de 0,4 Km², um decréscimo em relação à área de 1998, pois desde então houve uma estabilização nos processos de ocupação devido à área do Igarapé Tucunduba está altamente adensada e o desenvolvimento do projeto de macrodrenagem desenvolvido a partir de 1998 pela Prefeitura Municipal de Belém, além do trote ecológico dos alunos calouros da UFPA que plantaram mudas, havendo assim um reflorestamento, mantendo-se algumas áreas verdes, como se observa na Figura 14.

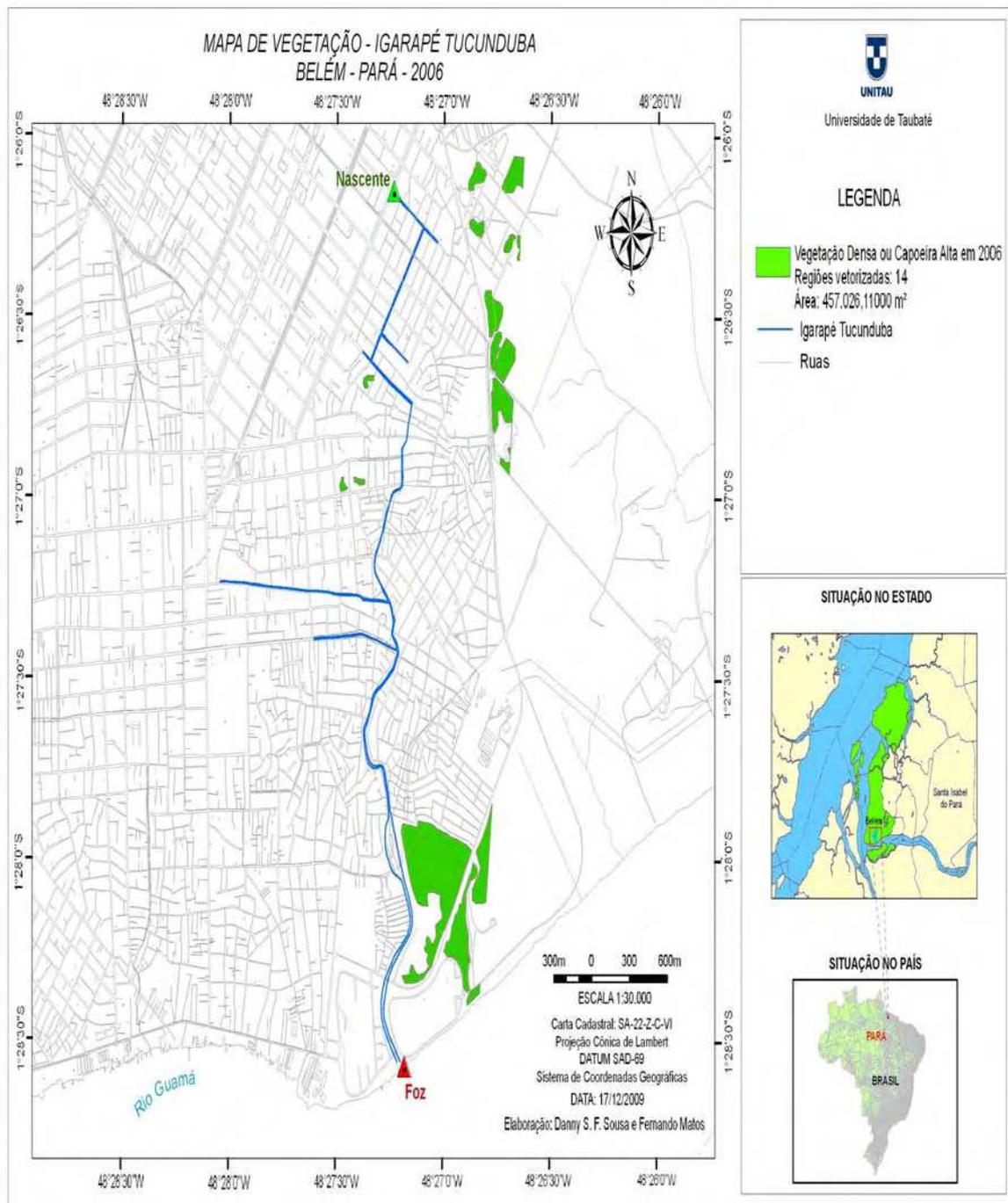


Figura 14. Mapa de vegetação de 2006.

Os termos alta, média e baixa ocupação se aplicam pela intensidade que o processo de ocupação se dá na interpretação das imagens dos mosaicos.

No igarapé Tucunduba tem-se poucas áreas verdes, e mais caminhos feitos com piçarra, concreto e asfalto. A Baixa ocupação é quando há árvores nas ruas, grama nas áreas de passagem, uma menor concentração de pessoas, além de casas com jardim e quintal. Os recuos entre as edificações são mais amplos e elas não se grudam umas às outras, permitindo uma maior ventilação. Portanto, áreas verdes proporcionam uma melhor qualidade de vida aos seus moradores, pois áreas verdes propiciam sombra às moradias, permitem a infiltração da água no solo, o que é excelente para a circulação da água subterrânea, liberam o dióxido de carbono, mas, também, o capturam da atmosfera terrestre. No caso da Alta ocupação as construções ficam encostadas umas as outras e praticamente não se tem área verde. Verificam-se na alta ocupação calçadas estreitas, ruas asfaltadas e estivas dando acesso à margem do igarapé, além de uma maior concentração de pessoas. A Alta ocupação proporciona uma diminuição das áreas de recarga devido o solo está quase todo impermeabilizado, favorecendo as inundações e as enxurradas. Por serem locais adensados há pouca ventilação e o conseqüente aumento de temperatura. A Média ocupação não é tão adensada, mas já se observa uma aproximação entre as moradias e uma diminuição das áreas verdes.

De acordo com os mapas da evolução de intensidade na ocupação no igarapé Tucunduba, conforme se observa na Figura 15, tem-se um aumento das ocupações ao longo do igarapé do Tucunduba.

Em 1972, tem-se a área em róseo menor do lado esquerdo do igarapé. A maior parte é de Média ocupação, sendo que se observa em marrom claro uma área de mais de 1,8 km² de Média ocupação. A área de Baixa ocupação de 4,3 km² era a que mais se presenciava.

Em 1972, tem-se a área em róseo menor do lado esquerdo do igarapé. A maior parte é de Média ocupação, sendo que se observa em marrom claro uma área de mais de 1,8 km² de Média ocupação. A área de Baixa ocupação, com mais de 4,4 km² era a que mais se presenciava.

Em 1977, a área que representa a Alta ocupação já aumentou em quase 2 km² em relação a 1972, enquanto que as áreas de Média e Baixa ocupação diminuíram em relação a 1972, sendo a redução mais significativa na média ocupação.

No mapa de 1998, passados 26 anos em relação ao primeiro mapa, a Alta ocupação é o que predomina, com uma área de 7,5 km². Observa-se uma área de 0,2 km² de Média ocupação. A Baixa ocupação que predominava no mapa de 1972 com uma área de 4,3 km² reduziu para 1,1 km², mostrando uma área já urbanizada.

No mapa de 2006, ainda em relação a Figura 15, observa-se a Alta ocupação quase igual à de 1998, uma Média ocupação menor que o ano de 1972, mas maior que 1977 e 1998. A Baixa ocupação é a menor nos 4 anos analisados.

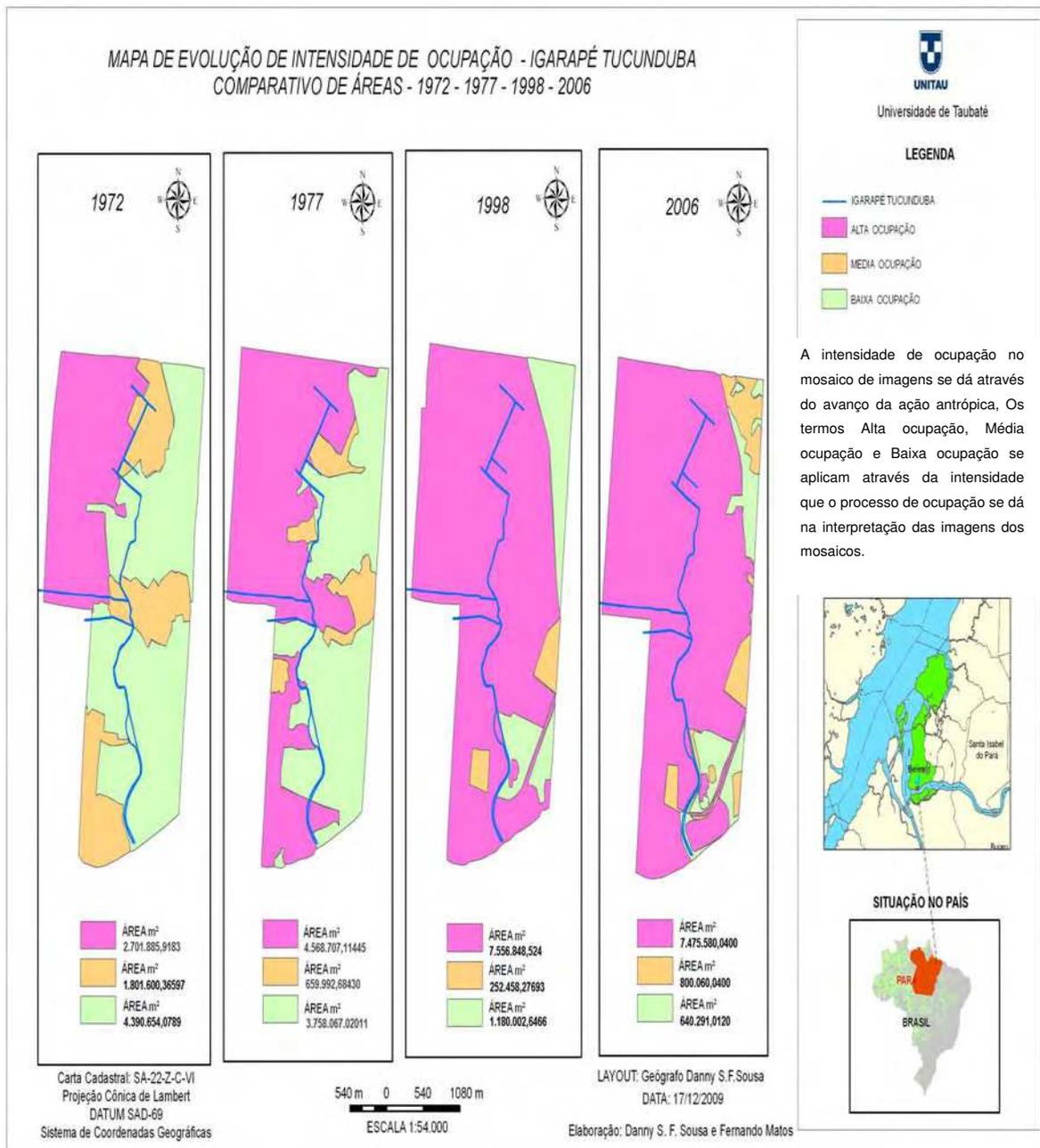


Figura 15. Mapa de evolução da intensidade de ocupação no igarapé do Tucunduba, no período de 1972 a 2006. Observa-se o decréscimo paulatino das florestas (verde) para a urbanização (róseo).

Verificam-se na Tabela 5 os resultados das áreas de alta média e baixa ocupação, onde a alta representa ruas, casas, enquanto que a baixa representa uma área com poucas edificações e concentração populares, sendo a média uma situação intermediária.

Tabela 5. Mostra os valores das áreas, em Km², ocupadas no igarapé Tucunduba.

Anos	1972	1977	1998	2006
Alta Ocupação	2,7	4,5	7,5	7,4
Média ocupação	1,8	0,6	0,2	0,8
Baixa ocupação	4,3	3,7	1,1	0,6
TOTAL (Km ²)	8,8	8,8	8,8	8,8

Pela comparação das imagens da Figura 15 e leitura da Tabela 5 é possível se observar a evolução da ocupação no igarapé do Tucunduba, entorno de 9,0km² de área ocupada, em sua maioria por residências.

Observa-se na Figura 16 a evolução temporal da ocupação e diminuição da área de vegetação. Em 1972 a maior parte das áreas do entorno do igarapé era área de vegetação, enquanto que em 2006 o mapa mostra uma área mínima de vegetação, que ainda não foi devastada, pois faz parte da UFPA.

É possível se observar que nos mapas de 1972 e 1977 poucas áreas verdes à esquerda do igarapé e no exutório, enquanto que nos mapas de 1998 e 2006 não aparecem mais. Ainda no mapa de 72 é possível se observar áreas verdes próxima a nascente, a qual já não se observa mais a partir de 1977.

Nos mapas de 1977 e 1998 já se nota o avanço da construção de moradias e boa parte da vegetação é devastada pelo processo de urbanização, em ambas as margens do igarapé Tucunduba.

É possível se notar na Figura 16, que a ocupação do Igarapé Tucunduba se deu da nascente para a foz da margem direita para a esquerda.

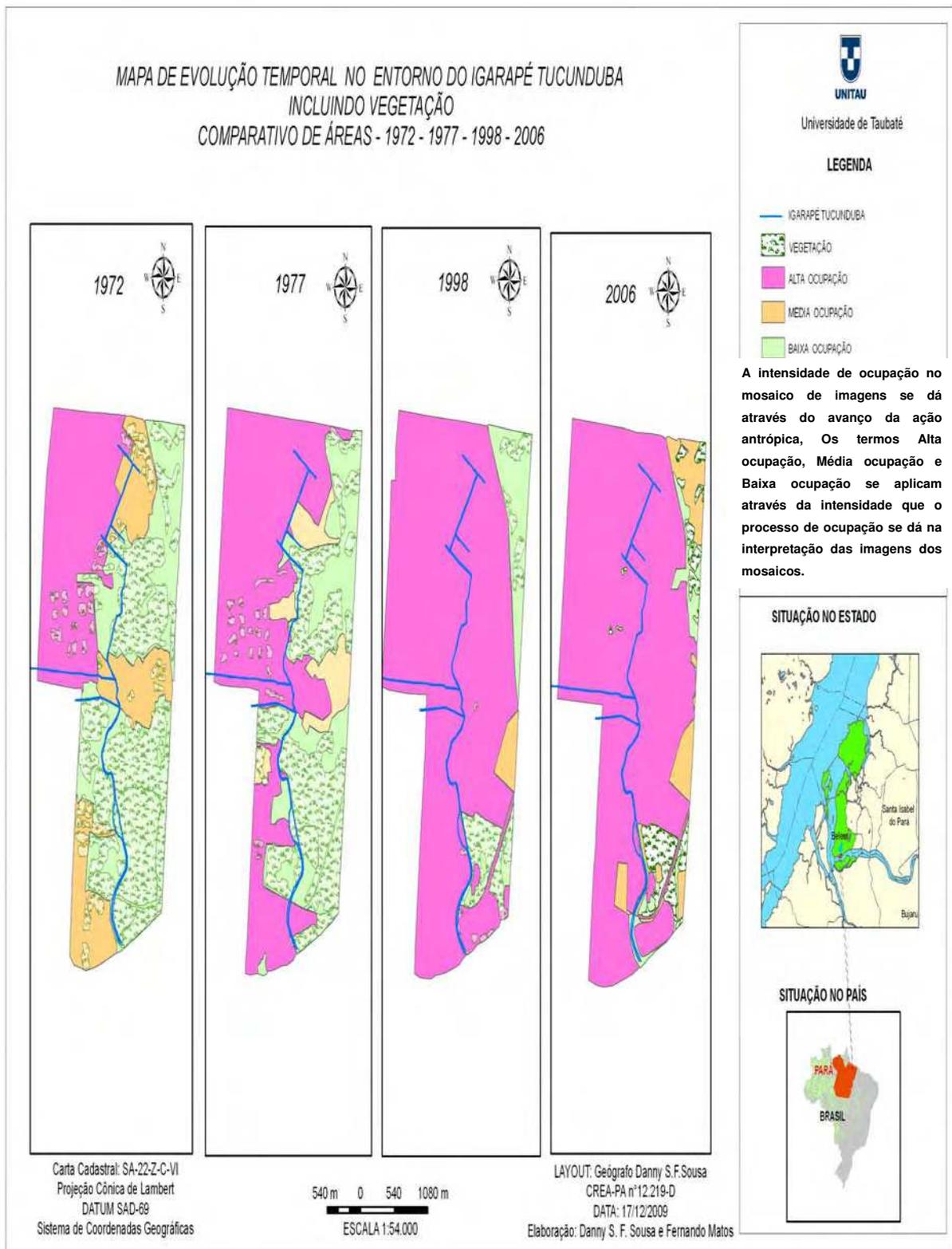


Figura 16. Mapa da ocupação urbana, realçando os remanescentes da vegetação em verde.

5.2. Avaliação do projeto de macrodrenagem do Igarapé Tucunduba

Na Figura 17 são identificados espacialmente com fotografias os locais em que há presença de atividade antrópica impactante na bacia do Tucunduba, tais como pontos de lançamento de efluentes, estivas, palafitas e resíduos, são mostradas na Figura 17.



Figura 17. Mapa de localização de algumas fotografias de campo.

A nascente do igarapé está dentro de uma residência situada na Rua Angustura entre a Avenida Almirante Barroso e João Paulo II. Nas Figuras 18 e 19 têm-se as imagens da nascente nos anos de 1980 e 2009. Segundo CONAMA (2002), em sua resolução N^o 303 relata que toda nascente é uma APP, e portanto essa nascente deveria ter um raio mínimo de 50m de vegetação ciliar preservada. O proprietário do imóvel onde se localiza a nascente cria algumas espécies de peixes e quelônios.



Figura 18. Condição da nascente do Igarapé Tucunduba em 1980, situada nas coordenadas geográficas 01^o 26' 5" S e 48^o 27' 21" W. Fonte: BEZERRA e LOPES, 2001.

Na Figura 19 observa-se a residência já terminada, e a área de nascente do igarapé Tucunduba.



Figura 19. Condição da Nascente do Igarapé Tucunduba em 2009, situada nas coordenadas geográficas 01° 26' 4" S e 48° 27' 21" W.

A área do igarapé do Tucunduba pode ser considerada como uma zona de característica prioritária para uso residencial, onde se constatam a existência de diversas atividades econômicas, principalmente aquelas relacionadas às necessidades diárias dos moradores, tais como padarias, farmácias, açougues, quitandas, etc. (FADESP/SESAN, 1997).

Percorrendo-se a várzea do igarapé do Tucunduba até suas margens, é possível observar o acúmulo de resíduos sólidos (Figuras 20 a 23).

A crescente urbanização implica em alterações no ciclo hidrológico, pois com a ocupação do solo, as áreas de recarga diminuem, aumentando o escoamento superficial, pois aumenta a impermeabilização, bem como o lançamento de dejetos esgoto doméstico, portanto, acelerando a contaminação, poluição e erosão do solo. Essas alterações podem ser agravadas com o assoreamento em canais e galerias, diminuindo suas capacidades de condução do excesso de água.



Figura 20. Resíduos sólidos às margens do igarapé, situado nas coordenadas geográficas 01° 28' 10" S e 48° 27' 9" W.



Figura 21. Resíduos sólidos à beira do igarapé, situado nas coordenadas geográficas 01° 27' 44" S e 48° 27' 21" W.

Restos de cana de açúcar e material para se fazer vassoura (piaçaba) são visíveis às margens do canal, como mostra as Figuras 22 e 23.



Figura 22. Mostra o bagaço da cana-de-açúcar e demais resíduos, situada nas coordenadas geográficas 01° 28' 7" S e 48° 27' 10" W.



Figura 23. Piaçaba, folhas e serragem, nas margens do Tucunduba, situado nas coordenadas geográficas 01° 27' 53" S e 48° 27' 16" W.

Na região há muitos comércios de açaí e serrarias, como exemplificado nas Figuras 24 e 25. Observa-se na Figura 25 um sofá e várias garrafas de conhaque.



Figura 24. Caroços de açaí, restos de madeira, garrafas plásticas e demais entulhos, às margens do Tucunduba, nas coordenadas geográficas 01° 27' 54" S e 48° 27' 15" W.



Figura 25. Amontoado de diversos resíduos próximo ao igarapé, nas coordenadas geográficas 01° 27' 50" S e 48° 27' 15" W.

Resíduos de madeira, serragem e caroços de açaí são utilizados na região do igarapé Tucunduba para aterrar as áreas próximas as casas com a finalidade de atenuar os efeitos das cheias e alagamentos, como se observa na Figura 26.



Figura 26. Ambiente de várzea aterrada com caroço de açaí. Fonte: Aluizio Figueiredo (1993, *apud* Ferreira, 1995).

A região apresenta elevado consumo de açaí produzindo uma relativa quantidade de caroços que são utilizados no aterramento de áreas de várzea. Estes resíduos poderiam ser utilizados pelas indústrias para alimentar fornos, substituindo a lenha.

Na Figura 27 observa-se a poluição urbana, pois resíduos sólidos são lançados na água pelos próprios moradores da área.

Em toda a extensão do igarapé observa-se a poluição do tipo difusa, pois no entorno do igarapé Tucunduba se encontra diversos tipos de resíduos.



Figura 27a. Acúmulo de resíduos, decorrente da construção das moradias, situada nas coordenadas geográficas (01° 27' 48" S e 48° 27' 22" W). 27b. Estivas sobre o igarapé, situada nas coordenadas geográficas (01° 27' 47" S e 48° 27' 21" W).

Observa-se na Figura 28, o caminhão do lixo fazendo coleta às margens do Igarapé Tucunduba. Quando o caminhão passa para recolher antes da chuva temos um impacto ambiental menor, mas no escoamento superficial a água da chuva acaba levando os resíduos para o igarapé, pois os resíduos estão na margem do igarapé.

Segundo Maranhão (2007), estes resíduos quando transportados para a água acabam contaminando-a.

No igarapé do Tucunduba se observa os efeitos causados pela urbanização nas redes de drenagem, segundo (TUCCI, 1995).



Figura 28. Coletores de lixo colocando os resíduos deixados nas margens do Tucunduba, no caminhão, nas coordenadas geográficas 01° 27' 46" S e 48° 27' 16" W.

Uma coleta de lixo ineficiente, somada a um comportamento indisciplinado dos cidadãos, causa o entupimento de bueiros e galerias do sistema de drenagem (Tucci, 2007) e deteriora ainda mais a qualidade da água.

Grande parte dos materiais poluentes que atingem o leito do Igarapé Tucunduba provém dos imóveis residenciais instalados às suas margens, sem nenhum tratamento.

Por toda a extensão do igarapé do Tucunduba, desde sua nascente, num dos pontos altos da cidade, até seu exutório, no encontro de suas águas com o rio Guamá é notável o adensamento populacional de famílias de baixa renda, morando em palafitas, as quais caminham por estivas construídas pelos próprios moradores, como se fossem ruas o que vem a contribuir para o assoreamento do curso de água. Há insegurança, risco à saúde e conflitos na região, que vem se agravando ao longo do tempo, pois hoje é considerada uma área de grande risco, principalmente, devido ao acesso nas ruas dos bairros que compõe o igarapé ser dificultoso e de possuir vários becos de fuga.

Na Figura 29, é possível se observar as estivas e palafitas, as quais criam um obstáculo à passagem de resíduos sólidos. Devido ao lançamento no corpo hídrico de matéria orgânica, ocorre diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido nas

massas líquidas pela decomposição da carga orgânica contida nesses resíduos, o que pode tornar o ambiente anaeróbio, com acúmulo de material no fundo, produção de odores desagradáveis e mortandade de peixes e algas. Segundo Tundisi (2008), o fluxo de água é muito importante, pois o fluxo e sua distribuição espacial-temporal determinam as características do transporte de materiais, elementos e substâncias na bacia hidrográfica.

Segundo Maranhão (2007), no igarapé de Val-de-Cães em Belém, PA, as palafitas erguidas sobre o corpo hídrico transformam os igarapés em córregos receptores de efluentes domésticos, fato que também pode ser observado no Tucunduba.



Figura 29. Estivas sobre o igarapé e muitos resíduos, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 48" S e 48° 27' 21" W.

Não há tratamento de esgoto doméstico no igarapé Tucunduba. Além de degradar a qualidade da água e possibilitar a veiculação de moléstias, a deficiência de redes de esgoto contribui também para aumentar a possibilidade de ocorrência de inundações. A estes problemas somam-se a ocupação indisciplinada das várzeas, que é um problema advindo de um mau planejamento urbano. A introdução de redes de drenagem ocasiona uma diminuição considerável no tempo de concentração e maiores picos de vazão à jusante.

Na Figura 30 é possível se observar os resíduos lançados por moradores, diretamente no igarapé, mesmo sabendo que o caminhão do lixo passa pra recolher. Diversos estudos sobre os impactos das atividades antrópicas, bem como sobre o regime hidrológico de bacias hidrográficas, têm sido desenvolvidos em todo o mundo.

Ferreira (1995) relata que a forma de se produzir o espaço em Belém, sempre seguiu um modelo contraditório em relação ao quadro natural de várzea de seu sítio, é evidente que todos os igarapés e planícies de inundação da cidade se transformam em canais de escoamento das águas servidas e em depósitos para os detritos da cidade. A várzea do Tucunduba tornou-se num destes canais, por quase toda a década de 70, um dos maiores depósitos de lixo de Belém, que se chamava Estiva do Curió que funcionou durante o período de 1974 a 1980 e se localizava em área alagável, próxima ao divisor nordeste da bacia. Foram depositados cerca de 500.000 m³ de lixo, sendo que uma parte desse lixo foi depositada na área contínua do lixão e a outra parte foi utilizada fragmentariamente como aterro de ruas, que iam substituindo gradativamente as estivas locais. Essas ruas se constituíam em ramais que iam sendo abertos não só para dar acesso ao lixão, mas também para servir de eixo de aterro daquele setor de várzea em função da sua ocupação por famílias de baixa renda. As estivas circundavam e também davam acesso ao lixão do Curió, indicando a propagação da ocupação urbana. As populações ocupantes da várzea são utilizadas como os elementos pioneiros, remetidos para lá pelo sistema, com a função de preparar o ambiente para os investimentos futuros do grande capital em Belém. Na Estiva do Curió, colocou-se 84,91% do lixo produzido na cidade de Belém.

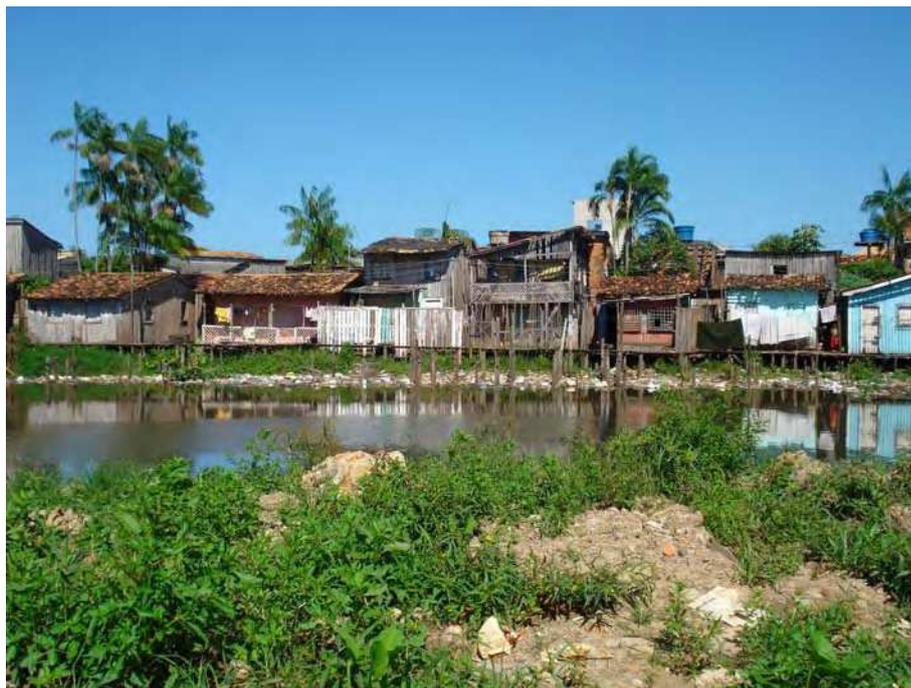


Figura 30. Resíduos sob as casas.

A primeira conferência sobre a Água, que foi realizada em março de 1977, organizada pelas Nações Unidas em Mar del Plata, Argentina, recomendou aos Estados-membro que fossem criadas entidades para administrar bacias hidrográficas, a fim de permitir melhor planejamento integrado dos recursos hídricos (Dourojeanni, 1997). No Estado do Pará, esta gestão de bacias hidrográficas ainda não existe. O que se tem são obras de macrodrenagem dos canais, na capital e no interior.

Observa-se no igarapé, como nos demais canais de Belém nos meses com maiores índices pluviométricos, que vai de janeiro a abril uma preocupação da Prefeitura em desobstruir a rede existente de esgoto, frequentemente, prejudicada por mau uso e falta de manutenção periódica.

O igarapé Tucunduba já não tem mais seus aspectos originais, pois está completamente, adensada por uma população de baixa renda que vive sem condições dignas. Para solucionar os problemas, o governo municipal a partir de 1997, elegeu uma política pública de saneamento ambiental e buscou recuperar o meio ambiente degradado na capital paraense. A PMB com esta proposta de trabalho valorizou a identidade cultural e a tradição da cidade de usar os rios e igarapés como escoamento da produção agro-extrativista nas ilhas circunvizinhas. Houve a construção das pontes na Travessa Barão do Igarapé Miri e na Rua São

Domingos, ambas com um tabuleiro de 384 m², segundo BARBOSA (2003). Essa infraestrutura urbana é fundamental para a ligação intermodal, para o embarque e desembarque de mercadorias nos dois pontos, contendo pátios de 2.000 m² cada um, o qual serve ao armazenamento e transbordo de cargas.

Segundo Barbosa (2003), os referidos projetos apresentavam falhas técnicas de concepção, pois as ações de macrodrenagem estavam previstas apenas para as partes intermediárias da bacia do Tucunduba, não considerando os vetores de jusante a montante. As ações davam conta do assoreamento, mas não resolviam a questão da insalubridade das habitações ao longo da bacia e nem tratavam das benfeitorias edificadas sobre o leito dos igarapés.

O Projeto de Macrodrenagem e Urbanização do Tucunduba executado pela Prefeitura Municipal de Belém, desde 1998, que visava revitalizar áreas alagáveis, no Igarapé Tucunduba concluiu parte da desocupação da margem e calha do Igarapé do Tucunduba; a dragagem de margem e fundo do canal, resolvendo em parte problemas de inundações na área, o problema é que no local existia um “Curtume Santo Antonio”, portanto, a quantidade de cromo hexavalente era altíssima e o material resultante da dragagem deveria ser armazenado em local específico, sem riscos a população e ao ambiente; a drenagem pluvial de ruas que chegam a margem do igarapé foi realizado; a urbanização das margens do igarapé, criando, nas suas laterais, acesso viário e ciclístico, o que hoje se encontra em péssimas condições, praças e portos (foi construído um), além de possibilitar a organização do acesso fluvial, que não aconteceu; a criação de mecanismos de inclusão social aos moradores do seu entorno, pelo incentivo a ocupação ordenada de sua margem com atividades comerciais, turísticas e de lazer (não ocorreu), objetivando a geração de trabalho e renda. O que faltou neste caso foi realizar projetos de educação preventiva aos moradores.

Nenhum projeto de drenagem funcionará perfeitamente, sem um plano ordenado de educação ambiental, impedindo o lançamento indiscriminado de dejetos na rede de esgotos e nos córregos. A Prefeitura tem a função de impedir o crescimento desordenado dessas áreas de preservação permanente, como os igarapés. A educação e seus efeitos só será efetivamente cumprida mediante a um exaustivo trabalho de fiscalização destas áreas e em alguns casos a aplicação de multas.

A partir de 2002, o igarapé Tucunduba entrou em um novo projeto de gestão de rios urbanos, ainda executado pela Prefeitura Municipal de Belém que, por exemplo, mudou-se o revestimento de concreto das margens para grama, construção de ciclovias que não tinha nos dois projetos iniciais e vias marginais que diminuiriam de 15m de largura para 12m incluindo calçadas, construção de duas pontes e 2 portos. Este projeto foi dividido em 3 partes e só foi executado a primeira, que contempla os primeiros 1250m do igarapé do Tucunduba.

Uma transformação que as administrações não colocaram em prática, consiste na utilização dos canais como vias de transporte urbano, como ocorre na Holanda e Venezuela. A aplicação de um modal fluvial poderia ser integrado ao transporte terrestre como rodoviário e utilização de bicicletas.

Foram concluídos a retificação de parte do Igarapé Tucunduba, a drenagem pluvial das vias longitudinais e transversais, a pavimentação asfáltica das vias marginais com faixa de 12m de largura, aonde ocorreram desapropriações, a pavimentação com blokret sextavado, que melhora a infiltração, das vias transversais das áreas Riacho Doce, Pantanal e Nova Terra Firme, iluminação pública e implementação de ciclofaixas nas vias marginais. A sinalização horizontal e vertical das vias e o revestimento natural de seu leito não foram concluídos.

Em 2008 o Governo do Estado do Pará reiniciou as obras de Macro drenagem no igarapé. Serão beneficiadas 4.813 famílias nos bairros da Terra Firme, Guamá, Canudos e Marco, que hoje moram próximas às margens do igarapé, em condições precárias de saneamento há cerca de 30 anos com títulos de terra resultantes da regularização fundiária que está ocorrendo nos bairros o qual o Igarapé Tucunduba está inserido.

Na Figura 31 o trabalho de uma máquina escavadeira realizando a terraplanagem na margem direita do igarapé Tucunduba. Como está sendo colocado aterro boa parte dele sedimenta no fundo do igarapé, além de alterar o tipo de solo das margens.

Segundo Tucci e Collischonn (1998), o transporte de sedimentos traz consigo a carga de poluentes misturada aos sedimentos.



Figura 31. Procedimento de composição e estabilização das margens do igarapé do Tucunduba.

As dimensões dos canais não são arbitrárias, estando ajustadas à quantidade de água que passa, pelo adequado estudo científico de vazão. Através do aumento da descarga rio abaixo, a área de drenagem, assim como a largura e a profundidade média do canal, deverão similarmente modificar-se, segundo (KNIGHTON, 1974).

No Igarapé Tucunduba não se observa este controle com a largura em função da descarga.

A construção das pontes na travessa Barão de Igarapé Miri e na rua São Domingos, ambas com um tabuleiro de 384m² já foram concluídas, faltando apenas a pavimentação asfáltica dos tabuleiros e acessos.

Segundo Barbosa (2003), com a instalação das famílias no conjunto habitacional construído, os procedimentos adotados durante o reassentamento não se mantiveram estáticos. Na medida em que os projetos iam sendo executados e as famílias deslocadas várias situações de impactos sociais e econômicos surgidas a partir do reassentamento, levaram a administração municipal a adotar novas medidas institucionais para o deslocamento das famílias, pois os moradores tinham que se deslocar para o outro lado da cidade.

Na Figura 32, observa-se uma máquina “Drag Line” retirando resíduo deixado pelas moradias que foram remanejadas. O igarapé torna-se mais largo neste ponto, alterando assim seu curso natural. O Plano Diretor de Drenagem urbana contempla

a minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial, mas as obras passam muito tempo paradas o que resulta no aumento dos sedimentos no igarapé, prejudicando o livre fluxo e estrangulamento da vazão.



Figura 32. Máquina “Drag Line” em operação de limpeza das áreas de margem já desapropriada, situada nas coordenadas geográficas 01° 27’ 40” S e 48° 27’ 22” W.

Segundo Rodrigues et. al (2001), as marginais do igarapé Tucunduba foram aterradas no limite da Avenida Perimetral até parte do Pantanal. Foram aterradas pelo projeto de Dragagem e revestimento do Canal do Tucunduba, com a seguinte metodologia: 1) escavação até chegar a tabatinga (terra firme); 2) aterro, que consiste no preenchimento de escavações para elevação de cotas de terraplenos; 3) piçarra até atingir a cota de 3,60 metros, o que seria uma das cotas mais altas, alterando a vazão. Em alguns trechos, pela instabilidade do solo e composição sedimentar frágil a melhor solução seria a contenção dos taludes, principalmente, quando se tem as marés de sizígia, que costumam transbordar o canal.

Segundo Fendrich e Malucelli (2000), para a preservação dos fundos de vale, seriam necessárias as seguintes ações:

- Relocar os moradores das áreas impróprias para a proteção da população contra as enchentes urbanas e, nas áreas ocupadas, prever usos possíveis como lazer e recreação, por meio de parques lineares, garantindo a

manutenção da flora e da fauna, que é o que o Governo do Estado do Pará pretende com o projeto de macrodrenagem;

- Estabelecer um processo de desadensamento habitacional e executar melhorias urbanas que garantam condições adequadas de qualidade de vida é o que também, o projeto contempla;
- Elaborar zoneamento das áreas das várzeas, definindo os usos compatíveis. O que não se observa no projeto;
- Nos casos críticos de enchentes, efetuar desapropriações das áreas e implementar parques municipais com lagoas para contenção de cheias e mecanismos de dissipação de energia das águas, o que não se observa no igarapé Tucunduba;
- Evitar canalizações e retificações de córregos de rios. Observa-se retificações no córrego;
- Revegetar com matas ciliares o entorno dos canais de macrodrenagem das águas pluviais, a fim de evitar processos erosivos. O que se observa no igarapé são gramíneas nas margens e alguns bambus que foram plantados, ainda pela Prefeitura Municipal de Belém;
- Fiscalizar e controlar as atividades nas áreas de cabeceiras, o que não se observa no igarapé Tucunduba devido ao difícil acesso e insegurança;
- Incentivar a educação ambiental. Neste item os moradores são instruídos, mas continuam deixando seus resíduos às margens do igarapé;
- Implantar as redes de esgotos sanitários, o que o projeto contempla; desde quando era executado pela Prefeitura Municipal de Belém o que deve diminuir os índices de coliformes fecais no igarapé;
- Melhorar os serviços de limpeza pública, no local é há coleta de lixo, mas ainda se observa muito entulho nas vias marginais. Neste caso tem que haver uma ação sinérgica entre poder público e população.

A retificação do Igarapé Tucunduba e o revestimento natural de seu leito foram concluídos, bem como a drenagem pluvial das vias longitudinais e transversais, com rede de tubos de concreto armado, de diâmetros variados.

Observa-se na Figura 33 uma área já desapropriada às margens do igarapé do Tucunduba. O igarapé perdeu sua proteção natural, portanto, verifica-se um solo desprotegido, podendo em período chuvoso aumentar a erosão.

O controle de erosão só será possível por meio de um esquema integrado de prevenção e combate, segundo BIGARELLA e MAZUCHOWSKI (1985). A área que se observa na Figura 33, não foi estudada dentro de uma ótica holística e sistêmica, envolvendo as lideranças urbanas junto com as entidades governamentais.



Figura 33. Local desmatado e onde se tinham várias casas, que foram retiradas pelo Governo do Estado, pelo Projeto de Macrodrenagem do Igarapé do Tucunduba.

O Projeto de macrodrenagem da bacia do Tucunduba contempla áreas a serem desenvolvidas, segundo os princípios de um Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Segundo Lisboa (2009), o projeto de urbanização do Governo do Estado do Pará no canal do Tucunduba prevê o remanejamento de 1.300 famílias que residem no entorno. O deslocamento dessas famílias será necessário para que sejam concluídas, até abril de 2010, as obras de saneamento e urbanização em execução na área e que irão beneficiar diretamente mais de 4 mil famílias que vivem naquele local. Além dessas obras, haverá a integração por malha viária de quatro bairros (Guamá, Marco, Terra Firme e Canudos) ao centro de Belém. Dados da coordenação da área de projetos sociais da COHAB indicam que, das 1.300 famílias que serão remanejadas do Tucundunba, 528 já fecharam acordo para deixar a área. Deste total, 438 já recebem auxílio-moradia e irão ganhar unidade habitacional em

um dos residenciais que o governo do estado está construindo na Avenida Perimetral (Guamá) e no Curtume Santo Antonio, na Terra Firme. Somente 89 famílias optaram por receber indenização, cujo valor é calculado com base no valor das benfeitorias.

Observou-se que o escoamento durante os eventos chuvosos diminuíram devido à retirada de parte dos moradores das margens, aumentando o processo de infiltração do solo.

A COHAB informa que um conjunto residencial para as famílias remanejadas de seus locais de origem será construído em área cedida pela UFPA entre a Avenida Perimetral e a marginal do Tucunduba, conforme se observa na Figura 34.

No projeto atual de macrodrenagem do Igarapé Tucunduba as famílias residentes nos bairros discutem e tomam decisões junto ao Estado sobre orçamento e projetos implementados em suas comunidades, tendo noções de educação ambiental para que tomem decisões conscientes.

Nos meses em que o índice pluviométrico é mais alto de fevereiro a junho o Igarapé Tucunduba tem sua cheia e chega a sofrer com as enchentes, principalmente no mês de março quando se tem às marés mais altas, já que o mesmo sofre a influência do rio Guamá, o que poderia ser resolvido por um adequado sistema de comportas, mas com a retirada da população das margens tende a diminuir e que segundo Tucci (1997), causam os impactos devido à impermeabilização do solo.



Figura 34. Área onde será construído o conjunto habitacional. Fonte: COHAB.

Esta área apresentada na Figura 34 é uma das poucas áreas de mata nativa que restam, até então preservada por fazer parte da UFPA. Uma área que deveria ser preservada pelo estado, parte dela servirá para a construção do conjunto habitacional. Nas Figuras 35 e 36, observa-se a construção dos conjuntos habitacionais que irão servir de moradias às famílias que moram às margens do Igarapé Tucunduba.

Nesta área onde será construído o conjunto habitacional, a largura do igarapé Tucunduba tem, aproximadamente, 20 m e pelo Art 3^o da resolução do CONAMA (2002), a distância para se construir deveria ser de 50 m e na realidade se tem 46,27 m da margem esquerda do igarapé, portanto, continua dentro de área de APP.



Figura 35. Obras de construção de um conjunto habitacional.



Figura 36. Área desmatada próxima ao igarapé, para se construir conjunto habitacional.

Observa-se a impermeabilização do solo e desmatamento na área de APP. Segundo Tucci (2002), enquanto um loteamento é implementado, o solo fica desprotegido; na mesma forma na construção de grandes áreas ou quando os lotes são construídos ocorre, também, grande movimentação de terra, que é transportado por escoamento superficial, existindo pouca produção de resíduos, pois o que predomina é a produção de sedimentos.

O projeto de macrodrenagem está mais voltado com a identificação dos efeitos imediatos e locais do que com o estudo e a interpretação dos processos. A compreensão ambiental requer um esforço permanente de articulação da micro e macroescala de análise.

5.3. A qualidade da água do Igarapé Tucunduba

Belém deixou de crescer no seu centro, mas se expande de forma desordenada na periferia, justamente onde se encontram a maioria dos mananciais. As casas foram construídas em áreas alagadas do igarapé e segundo (Mitsch e Gosselink, 1986 *apud* Tundisi, 2008), estas áreas podem ou não sofrer flutuações de nível, o que implica em condições hidrológicas peculiares, sistema de retenção e transporte de nutrientes, além de rápida reciclagem da matéria orgânica. Estas áreas podem ter alta diversidade de espécies, sendo uma reserva de espécies

fundamental para o repovoamento e colonização de outras regiões da bacia hidrográfica e dos sistemas aquáticos lânticos. Segundo Tundisi (2008), deve se preservar as áreas alagadas, pois estas podem ser usadas como um possível sistema de desnitrificação e de acúmulo de metais pesados. É possível se presenciar o desmatamento, o intenso processo de favelização, e a ausência de condições sanitárias mínimas, como se vê na Figura 37:



Figura 37. Palafitas às margens do igarapé, uma completa favelização, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 48" S e 48° 27' 16" W.

O esgoto doméstico é uma mistura de várias substâncias orgânicas com poucos nutrientes inorgânicos, como os detergentes. Os rios em Belém representam hoje o principal meio de descargas de esgotos sem tratamento, já que a cidade quase não possui tratamento de esgoto, resultando em processos de modificações bióticas e abióticas, afetando não só os organismos aquáticos, mas todos os seres vivos.

O material utilizado para lavar louças das casas contém fósforo que é lançado diretamente no corpo hídrico e segundo Merten e Minella (2002), este elemento químico na forma solúvel quando está presente na água causa poluição já que o fósforo é utilizado pelas algas. Estas altas taxas de material em suspensão na água diminuem a quantidade de oxigênio dissolvido, o que prejudica os organismos que dependem de oxigênio.

Tucci (2002) comenta que os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais.

O lançamento de compostos químicos no rio pode torná-lo tóxico. No igarapé existia um Curtume “Santo Antonio” que para o beneficiamento do couro usava o elemento químico cromo. Este confere uma elevada estabilidade hidrotérmica ao couro, sendo este elemento químico lançado diretamente no igarapé. Os resíduos sólidos dos curtumes são essencialmente resíduos orgânicos: pêlos, gordura, carne e lodos do tratamento biológico. Este material pode causar alergias e edemas ao ser humano. Hoje o curtume encontra-se desativado e em seu lugar será construído casas populares, no entanto o dano já está estabelecido.

Xavier (2003) realizou uma pesquisa em vários pontos ao longo do igarapé Tucunduba, com o Cr^{+6} e constatou a seguinte situação entre os anos de 1991 e 2003, conforme pode ser observado na Tabela 6. Os valores chegaram a 9600 PPM em 1991 em pleno funcionamento do curtume. Segundo a resolução N° 20 de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estabelece que a concentração máxima de Cr^{6+} nos efluentes a serem descartados seja inferior a 0,5 p.p.m. É notório que os níveis de cromo estão altos.

Tabela 6. Análise temporal de cromo no igarapé do Tucunduba.

Cr^{+6} em PPM	
1991	2003
11	29
11	25
22	45
70	26
5714	72
380	14
9632	127
915	54

Fonte: (XAVIER, 2003).

O Cromo era utilizado no “Curtume Santo Antônio” como agente curtente. Segundo Rocha (1985), a atividade biológica do cromo, isto é, seu efeito como metal

essencial à vida, está restrita à sua forma trivalente. Não se conhece nenhum efeito produzido por excessivo consumo de cromo. De acordo com a "Environmental Protection Agency - EPA" (1976) conhece-se mais os problemas relacionados às deficiências de cromo na dieta, levando os animais do teste à hiperglicemia e atraso no crescimento. Já o cromo hexavalente, que é usado no curtimento do couro, é corrosivo à mucosa, podendo ser absorvido por ingestão, por meio da pele ou inalação, provocando câncer de pulmão, perfuração do septo nasal e outras complicações respiratórias.

Bezerra e Lopes (2001), ao avaliarem em seu estudo os níveis de contaminação do Igarapé Tucunduba, relatam que a carga orgânica que chega ao Igarapé Tucunduba está aumentando ao longo dos anos, pois os níveis de Oxigênio Dissolvido encontrados em 2000 e os níveis de cromo total encontrado no igarapé diminuíram.

Capela (1989), ao analisar as águas do igarapé Tucunduba observou que o igarapé apresenta um menor grau de poluição no seu curso médio e com índice de alta poluição na sua foz. Ao analisar o fósforo verificou que a maior quantidade está na cabeceira do igarapé.

Santos (1997), ao analisar diversos parâmetros das águas de vários igarapés de Belém, relatou que a condutividade elétrica do Tucunduba está entorno de 225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no período chuvoso, enquanto que no período de estiagem varia de 215 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Outro parâmetro analisado foi a alcalinidade que no Tucunduba teve uma variação de 41 a 171 ppm de CaCO_3 para o período chuvoso e 255 ppm de CaCO_3 no período de estiagem. No período chuvoso apresentou uma temperatura de 29 °C (máxima) e de 29 °C (mínima); pH de 5,8 (máximo) e 5,5 (mínimo); oxigênio dissolvido 0,80 ppm O_2 (máximo) e 0,73 ppm O_2 (mínimo); oxigênio consumido 45 ppm de O_2 ; Fosfato 3,98 ppm PO_4^{-3} ; Nitrato 2,71 ppm NO_3 ; DBO 173 ppm O_2 (máximo) e 26 ppm O_2 (mínimo); DQO 1380 ppm O_2 (máximo) e 124 ppm O_2 (mínimo); 17,25 ppm N de Nitrogênio amoniacal; 332 ppm CO_2 (máximo) e 218 ppm CO_2 (mínimo) de CO_2 livre e 2321 ppm OG de óleos e graxas. No período de estiagem a temperatura manteve-se a mesma, o pH aumentou; o

oxigênio consumido diminuiu; a alcalinidade aumentou; o fosfato e o nitrato aumentaram; a DBO máxima aumentou e a mínima diminuiu; a DQO diminuiu; o Nitrogênio amoniacal diminuiu; O CO₂ livre aumentou e óleos e graxas diminuíram para 25 ppm OG. Observando a resolução CONAMA 357 (MMA,2008), tem-se um pH ácido, uma elevada DQO e valores altíssimos de óleos e graxas no período de estiagem.

Segundo Almeida et al. (2009), as águas do Tucunduba apresentam 95% de contaminação bacteriológica (contaminação com termotolerantes) e apresentam concentrações de cor e turbidez acima do recomendado pela OMS e pela portaria nº 1469/2000 do Ministério da Saúde.

Braz et al. (2007) avaliaram a evolução da contaminação da água do igarapé Tucunduba-PA, por meio da comparação de resultados de análises de coliformes fecais, obtidos em estudos anteriores com os resultados atuais, num intervalo de 17 anos. Os coliformes como indicadores microbiológicos de poluição, cumpriram sua função ao demonstrar a grande quantidade de despejos fecais que atingem seu leito, visto que as palafitas assentadas às margens direcionam os seus resíduos para as águas do igarapé, aumentando a quantidade de efluentes sanitários que contaminam suas águas. Pela análise dos resultados observa-se que os mais elevados, da ordem de 10⁷ NPM (Número Mais Provável), foram encontrados no ano de 1989, permanecendo próximo a esse patamar durante dez anos. O padrão fornecido pela portaria GM/13 de 15 de janeiro de 1976 tolera, em relação ao NMP/100 ml, no máximo 20.000 coliformes totais e até 4.000 coliformes de origem fecal. Em 2000, houve um decréscimo no índice de coliformes fecais. Às margens do igarapé que estavam ocupadas por imóveis residenciais e alguns, até comerciais (estâncias, movelarias) foram desapropriadas para permitir a construção de vias laterais na área da Invasão do Riacho Doce, próximo ao campus da UFPA, desse modo, as palafitas instaladas nas margens que lançavam todos os seus resíduos, tanto líquidos quanto sólidos, para o interior da massa líquida foram remanejadas, evitando assim a contaminação por essa via, além de ser realizada periodicamente a limpeza do leito do canal, evitando o acúmulo de resíduos no interior do curso d'água, o que pode ser comprovado pelos valores de coliformes obtidos, variando de 10³ a 10⁵ NPM. Entretanto, entre 2000 e 2006 os valores voltaram a se elevar devido à paralização do projeto de macrodrenagem.

Desse modo, é grande a lista de doenças veiculadas hidricamente que atingem a comunidade instalada às margens do igarapé do Tucunduba. Conforme Aguiar (2000), em pesquisa realizada no igarapé do Tucunduba, constatou-se que 45,8% dos entrevistados já contraíram alguma doença gastrointestinal, comumente chamada de diarreia, 23,3% a esquistossomose, 23,3% a leptospirose, 19,1% vermes, 38,3% cólera e 11,6% a hepatite infecciosa. Existem ainda outras doenças em que, embora a água não atue como veículo, pode constituir ambiente favorável para a proliferação dos vetores de sua transmissão. São exemplos, a dengue 45,8%, febre amarela 2,5% e malária 0,8%.

Segundo Braz e Menezes (1989), uma característica marcante ao longo de toda a extensão do igarapé é a ausência de saneamento básico na área ribeirinha, notadamente com relação a distribuição de água, sistema de esgoto e coleta de lixo. Com exceção do trecho dentro do campus universitário, existem unidades sanitárias construídos na margem, provocando, invariavelmente, o despejo de urina e fezes humanas nas águas. Apesar disso, é comum as crianças tomarem banho em suas águas; contudo essa prática pode ter sérias conseqüências com relação a saúde como o aparecimento de doenças gastrointestinais, viroses ou dermatoses. A Figura 38 mostra uma unidade sanitária de uma casa sobre o curso da água.

Segundo Tucci (2002), a qualidade da água da rede pluvial depende de vários fatores: da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo do uso da área urbana.



Figura 38. Observa-se uma unidade sanitária sobre o curso de água, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 40" S, 48° 27' 22" W.

É comum no igarapé do Tucunduba a navegação a remo. Este tipo de navegação de montaria (pequenas embarcações de madeira a remo) é muito praticado pelos moradores da área, principalmente os de mais baixa renda. A população que tem algum tipo de comércio vê no igarapé uma fonte de trabalho e de renda, como pode observado nas Figuras 39 e 40.



Figura 39. Canoa usada no transporte de moradores (baixo calado).

O barco a remo não polui, mas o a motor, quando não há uma manutenção adequada, derrama o óleo no igarapé, contribuindo com a deterioração da qualidade da água. Não se observa em toda e extensão do igarapé, nenhuma pessoa pescando.



Figura 40a. Barco de porte médio a motor (médio calado). 40b. Navegação a motor, usada para transporte de pessoas e de mercadorias (médio calado).

Na Figura 41 observa-se um barco à espera para transportar madeira, a qual é comercializada às margens do igarapé.



Figura 41. O momento em que uma embarcação apanha a madeira, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 48" S e 48° 27' 16" W.

Na Figura 42, observa-se comércio de madeira à margem esquerda do igarapé Tucunduba. No local é comum encontrar resíduos suspensos na água.



Figura 42. Comércio de madeira, situado nas coordenadas geográficas 01° 27' 46" S e 48° 27' 16" W.

Na Figura 43 observa-se além do comércio de madeira, o de tijolos provenientes do interior do Estado. É considerável a quantidade de resíduos próximos aos locais de comercialização de madeira, telhas e tijolos.



Figura 43. Ponto de comércio de madeira e tijolos, nas coordenadas geográficas 01° 27' 46" S e 48° 27' 17" W.

Na Figura 44, observa-se a comercialização do carvão vegetal. A produção de carvão vegetal e a comercialização, ambos de forma clandestina, são atividades que complementam a renda da população do entorno do igarapé, mas que causam impacto na atmosfera pela liberação de dióxido de carbono.

Em seu trabalho de campo Oliveira (2002) relata que a maior parte das embarcações que navegam no Tucunduba tem origem da cidade de Abaetetuba (cerca de 29%) e da Ilha de Mosqueiro com uma menor intensidade (cerca de 5%).



Figura 44. Ponto de comercialização do carvão vegetal, nas coordenadas geográficas 01° 27' 48" S e 48° 27' 19" W.

5.4. Erosão, sedimentação e assoreamento do Igarapé Tucunduba

Ferreira (1995) comenta que o desmatamento das margens promove a erosão e o consequente assoreamento do leito dos igarapés, por meio do lançamento de detritos. Isso diminui a profundidade e a capacidade de contenção do

volume d'água transportado por esses igarapés, espreado-se e ameaçando a saúde humana pelo aumento da vazão, especialmente nas cheias.

Na várzea do igarapé do Tucunduba manifestam-se diversos níveis de degradação ambiental em consequência principalmente, do adensamento populacional, como pode ser observado nas Figuras 45 e 46. Um local que mostra a alta ocupação, casas coladas umas as outras, mato nas margens abaixo das casas, estivas, palafitas e pontes sobre o igarapé.



Figura 45. Local, completamente, adensado.



Figura 46. Casas construídas umas coladas às outras e apenas a estiva para a locomoção das pessoas, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 15" S e 48° 27' 17" W.

As águas do igarapé têm um aspecto sujo, mas na realidade a ação antrópica levou a poluição do igarapé, pois a água suja, embora não afete a saúde da população, a poluída causa sérios problemas de saúde e ao meio ambiente.

Em todas as transversais do igarapé sempre se observa a mesma situação: palafitas, estivas e esgotos a céu aberto, ocupados por uma população de baixa renda.

Na Figura 47a e 47b, observa-se a vista dos dois lados da ponte da Rua Nossa senhora das Graças com o igarapé Tucunduba.



Figura 47a. Ponte na Rua Nossa Senhora das Graças sobre o igarapé do Tucunduba. 47b. Resíduos às margens do igarapé, situada nas coordenadas geográficas 01° 27' 22" S e 48° 27' 15" W.

Na Figura 48 observa-se a baixada da Rua Gentil com o igarapé Tucunduba. Observam-se pontes de madeira sobre o igarapé Tucunduba, palafitas, estivas e unidades sanitárias, com lançamento de resíduos direto no curso de água. No esteio que sustenta as casas é comum ter-se lixo acumulado.



Figura 48. Baixa da Rua Gentil Bittencourt com o igarapé.

As Figuras 49a e 49b, foram registradas sobre uma ponte, no cruzamento da Rua Vilhena com o igarapé Tucunduba. Tem-se a visão de um lado e de outro. O que se observa nessas figuras é o igarapé Tucunduba.



Figura 49a. Imagem mostrando o igarapé poluído. 49b. Casas construídas sobre os cursos de água, situada nas coordenadas geográficas $01^{\circ} 27' 16''$ S e $48^{\circ} 27' 17''$ W.

A Figura 50a foi registrada no cruzamento da Rua Celso Malcher, onde começa a Rua Olaria com o igarapé. O igarapé segue seu curso por baixo desta rua.

Observa-se na Figura 50b, o lançamento de efluentes doméstico direto no corpo aquático, vindo a causar diversos danos no ambiente, como: aumento da demanda bioquímica de oxigênio, sólidos em suspensão, N-amoniacal, nitratos, fosfatos, microrganismos e de sais. O aumento da demanda bioquímica de oxigênio pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis; os sólidos em suspensão podem causar danos ao organismos aquáticos; o N-amoniacal, que é um nitrogênio proveniente de um composto que é derivado do amoníaco, que é tóxico aos peixes; nitratos e fosfatos causando eutrofização (que é um fenômeno indesejável, pois modifica, substancialmente, as características físicas, químicas e biológicas d'água); microrganismos que diminuem o oxigênio dissolvido e os sais que causam um aumento da condutividade elétrica o que vem a acelerar algumas reações.



Figura 50a. Palafitas sobre o leito do igarapé. 50b. Despejo de efluentes domésticos lançado diretamente no corpo hídrico, situado nas coordenadas geográficas 01° 27' 9" S e 48° 27' 19" W.

Ponte sobre o igarapé com cruzamento com a Rua Roso Danin, como exemplifica a Figura 51. Observa-se o acúmulo de resíduos.

A poluição difusa está presente em todos os pontos do igarapé Tucunduba, pois a mesma se dá pela ação das águas da chuva ao lavarem e transportarem a

poluição nas suas diversas formas espalhada sobre a superfície do terreno para os corpos hídricos.



Figura 51. Resíduos obstruindo o curso da água, situado nas coordenadas geográficas $01^{\circ} 26' 58''$ S e $48^{\circ} 27' 12''$ W.

A Figura 52 mostra o igarapé no cruzamento da Rua Cipriano Santos onde recebe às águas do canal retificado de mesmo nome.



Figura 52. Neste ponto o igarapé recebe águas do canal da Cipriano Santos. Afluente à margem direita, situada nas coordenadas geográficas $01^{\circ} 26' 38''$ S e $48^{\circ} 27' 21''$ W.

Na Figura 53, se vê o igarapé do Tucunduba abaixo e recebendo águas que vem do canal da Rua Vileta, que é afluente à margem direita do igarapé Tucunduba.



Figura 53. Afluente a margem direita do igarapé, situado nas coordenadas geográficas 01° 26' 54" S e 48° 27' 12" W.

Em todas as transversais que passam pelo igarapé do Tucunduba observa-se a água com a mesma cor e cheiro muito forte. É comum se observar em todo o igarapé o lançamento de resíduos líquidos e sólidos, provenientes de tubo de esgoto, como se vê nas Figuras 54 a 59. Um das consequências destes resíduos na água é que tornam o ambiente eutrófico, quando que o ideal é termos um ambiente oligotrófico.

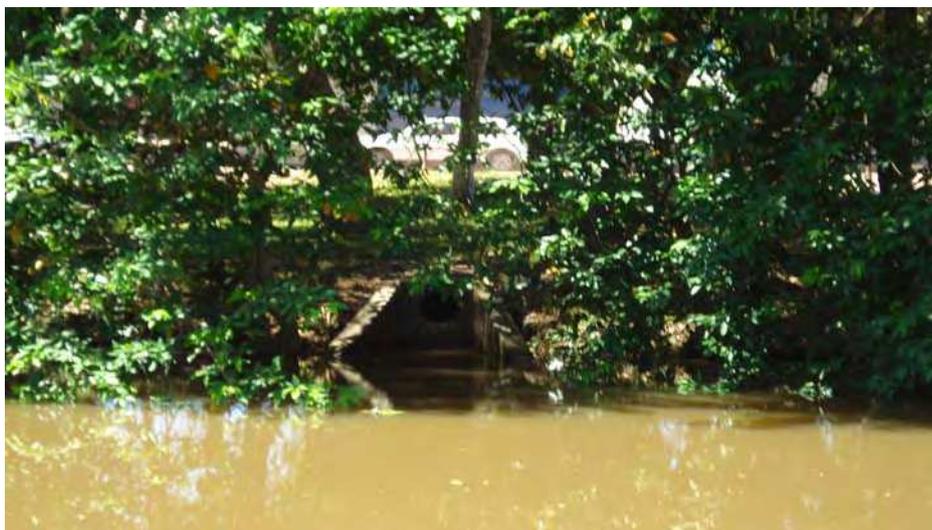


Figura 54. Ponto de lançamento de efluentes, no bairro do Guamá, situado nas coordenadas geográficas 01° 28' 18" S e 48° 27' 14" W.



Figura 55. Ponto de lançamento de efluentes, no bairro do Guamá, situado nas coordenadas geográficas $01^{\circ} 28' 18''$ S e $48^{\circ} 27' 14''$ W.



Figura 56. Ponto de lançamento de efluentes próximo a primeira ponte na Avenida Perimetral, situado nas coordenadas geográficas $01^{\circ} 28' 18''$ S e $48^{\circ} 27' 14''$ W.



Figuras 57a. Ponto de lançamento de efluentes submerso no interior na UFPA observada de ângulos diferentes. 57b. Efluente localizado dentro do campus universitário, situado nas coordenadas geográficas 01° 28' 30" S e 48° 27' 16" W.

Na Figura 58, observam-se resíduos orgânicos e inorgânicos em outro ponto de lançamento de efluente dentro da UFPA. A matéria orgânica lançada no corpo hídrico precisa ser decomposta e para isto as bactérias aeróbicas utilizam o oxigênio presente na água, diminuindo sua quantidade o que vem a prejudicar outros organismos que necessitam deste gás, como os peixes que acabam desaparecendo do igarapé. A prática de pesca que acontecia no igarapé a pesca, hoje, não acontece mais. Uma indicação do grau de contaminação.



Figura 58. Ponto de lançamento de efluentes, sem tratamento dentro do Campus da UFPA, situado nas coordenadas geográficas $01^{\circ} 28' 29''$ S e $48^{\circ} 27' 16''$ W.

Observam-se resíduos suspensos logo na saída da tubulação. Setas indicam a tubulação que conduz o material para o igarapé e indica os resíduos sólidos em suspensão.



Figura 59. Outro ponto de lançamento de efluentes, próximo ao pequeno porto do igarapé Tucunduba.

As águas do Guamá transportam substâncias em suspensão, cuja quantidade aumenta ou diminui conforme vários fatores, dentre os quais estão a ação dos ventos e das chuvas, as variações de correnteza e o volume das marés, essas águas “barrentas” depositam o material sedimentar mais pesado sobre o terreno da várzea mais próxima do rio e dos igarapés por onde também penetram, enquanto que o material fino e leve é transportado até os pontos mais centrais. A existência das águas “barrentas”, na região de Belém, relaciona-se especialmente à formação geológica e à litologia das áreas atravessadas pelos cursos d'água e à matéria orgânica. Hoje, com a ocupação das várzeas, a cor barrenta das águas também ocorre pelo remanejamento do “bota-fora”, dos entulhos e dos sedimentos gerados pela ação antrópica, como se observa na Figura 60 (FERREIRA, 1995).

As atividades domésticas de preparo de alimentos, higienização das residências, além das atividades fisiológicas normais do homem, são fontes de coloração das águas do igarapé Tucunduba.

Tundisi et al. (2008), ao se referirem ao conjunto de alterações produzidas pelo transporte de sedimentos para os ecossistemas aquáticos destaca: aumento da turbidez, interferência dos ciclos biogeoquímicos, interferência na hidrodinâmica dos rios, na direção e velocidade das águas, e no ciclo de vida de organismos aquáticos, pela modificação de substrato, acúmulo de metais pesados e substâncias tóxicas orgânicas em locais de alta sedimentação, diminuição do oxigênio dissolvido, quando ocorrem elevadas taxas de sedimentação e altas concentrações de material em suspensão na água. Verifica-se na Figura 60, a água, bastante turva impedindo a entrada da radiação solar na água, ocasionando a morte das algas.



Figura 60. As águas barrentas no igarapé Tucunduba. Ponte para transporte de veículos dentro do campus universitário da UFPA.

O exutório do Igarapé Tucunduba se encontra na margem direita do Rio Guamá (bairro do Guamá), como se vê nas Figuras 61 e 62.



Figura 61. O exutório do Igarapé Tucunduba à margem direita do Rio Guamá, situado nas coordenadas geográficas $01^{\circ} 28' 35''$ S e $48^{\circ} 27' 13''$ W.

Duas vezes ao dia às águas do rio Guamá, que é um dos principais corpos receptores da rede de esgoto de Belém, entram e saem do igarapé e fazem uma espécie de lavagem no mesmo, como se observa na Figura 62. As áreas de ocupação estão sujeitas a constantes alagamentos, principalmente no período mais chuvoso. Os bairros do Riacho Doce e Pantanal apresentam cotas menores em geral, que se constitui em mais um agravante das marés altas. Em decorrência destes alagamentos é que a população lança mão dos resíduos depositados nas proximidades para fazer aterramentos, que nem sempre são eficazes.

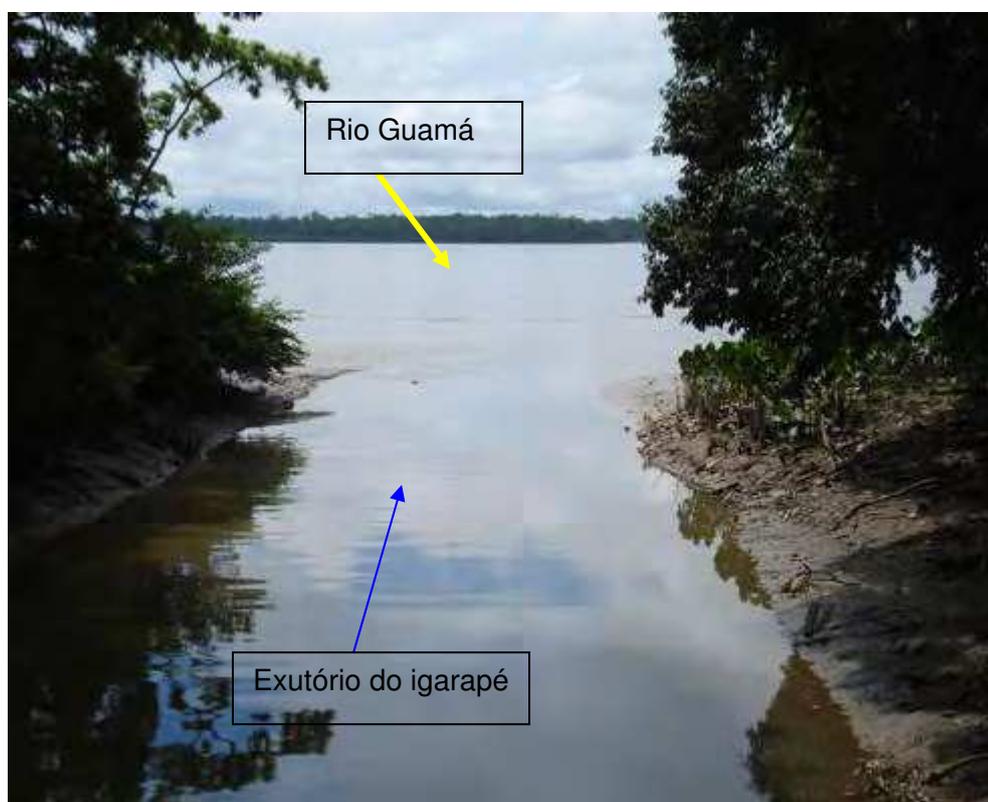


Figura 62. Águas do rio Guamá entram na várzea do igarapé Tucunduba, situada nas coordenadas geográficas 01° 28' 35" S e 48° 27' 13" W.

Bezerra e Lopes (2001) estudaram a influência da variação da maré e da sazonalidade na qualidade das águas do igarapé Tucunduba, com relação ao indicador Coliforme Fecal. Verificaram que a situação de maior relevância é no período sazonal. A maioria dos testes apresentou valores elevados no período chuvoso, pois o escoamento das águas da chuva provoca o carregamento dos resíduos sólidos e líquidos em direção ao igarapé.

5.5. A vegetação ciliar do Igarapé Tucunduba

A zona ripária é importante para o corpo hídrico. Segundo Gregory e Ashkenas (1990), o termo riparian (ripária) é derivado da palavra latina, para banco de areia ou de terra depositada junto à margem dos rios e/ou terra perto da água e simplesmente refere-se à área próxima ao corpo da água. É uma zona de floresta protegida entorno de rios, lagos, igarapés, etc. É um espaço dividido em 3 partes rio, solo e vegetação. Segundo Odum e Odum (1981), as matas ciliares são constituídas por vegetação adaptada as flutuações de nível com capacidade para tolerar níveis de águas elevados e extensos períodos de inundações, sendo que estas zonas de interface têm uma interação quantitativa e qualitativa para os sistemas terrestres e aquáticos.

No igarapé Tucunduba não se encontra mais mata ciliar, exceto em algumas áreas ainda preservadas pela UFPA. Em algumas partes dentro do Campus e fora do mesmo, têm-se áreas que apresentam sinais de preservação. No próprio campus universitário se verifica pouca vegetação ciliar. Observa-se árvores com copas maiores que criam sombras na água, o que vem a atenuar a radiação solar, contribuindo assim para a diminuição da temperatura do igarapé e retardando a produção primária do fitoplâncton em áreas de baixa circulação, como se observa na Figura 63 (TUNDISI, 2008).

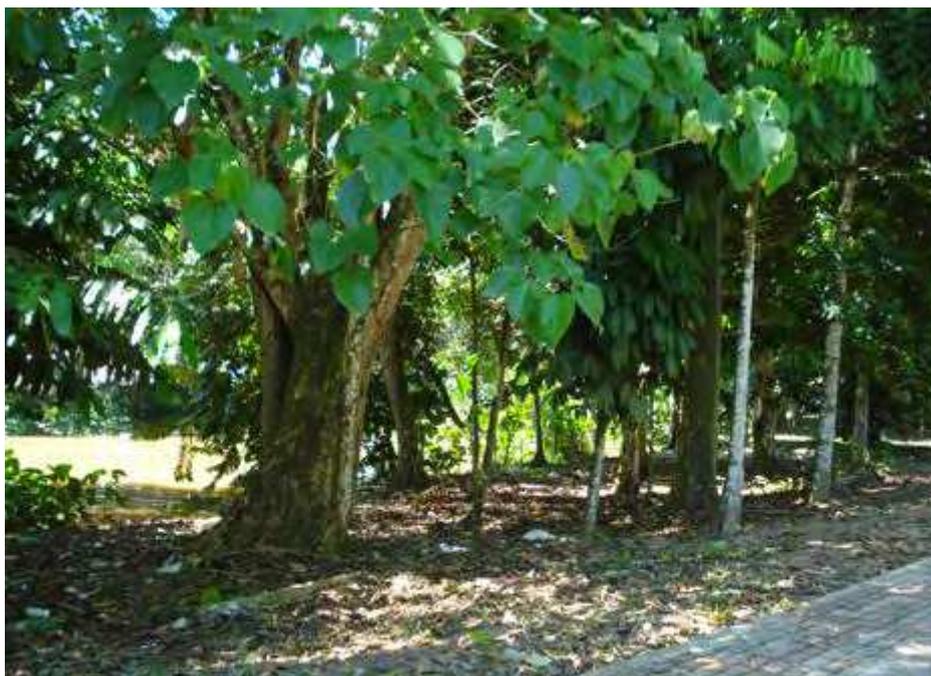


Figura 63. Árvores às margens do igarapé Tucunduba.

Encontramos “aningas” nas margens do igarapé próximo ao exutório, dentro do Campus universitário, como se verifica na Figura 64.

Os aterros assumiram o papel da vegetação e os materiais de cobertura superficial de formação natural, criando áreas de descontinuidades entre materiais heterogêneos, elevando a superfície original.



Figura 64a. Aningas nas margens. 64b. Mostra diversos resíduos às margens do igarapé, entre eles um pneu.

Na Figura 65, observa-se que mesmo dentro do campus é possível se notar danos causados ao igarapé, para conter a erosão, pelo menos dentro do campus universitário foram construídos próximo ao exutório um gabião, conforme se vê na Figura 65 delimitado pela linha amarela.



Figura 65. Uso de gabião para conter a erosão.

Observa-se na área entre a primeira ponte (na Avenida Perimetral) até a terceira ponte, que foram plantados bambus (Figura 66) para segurar o solo e gramíneas que se misturam com o mato, e além de atrair animais que comem o mato os mesmos não têm a função de reter alguns tipos de poluentes, como se vê na Figura 66. Segundo Rodrigues et al. (2001), com a necessidade de recuperação e conservação do talude do igarapé, a Fundação Parques e Áreas Verdes de Belém (FUNVERDE) utilizou espécies nativas da região como as palmeiras e as arbóreas de pequeno e médio portes, que eram adaptadas ao solo da região, após estudos realizados. Foram plantados o açai (*Euterpe oleracea*), buriti (*Mauritia flexouosa*) e ipê-rosa (*Tabebuia pentaphylla*).

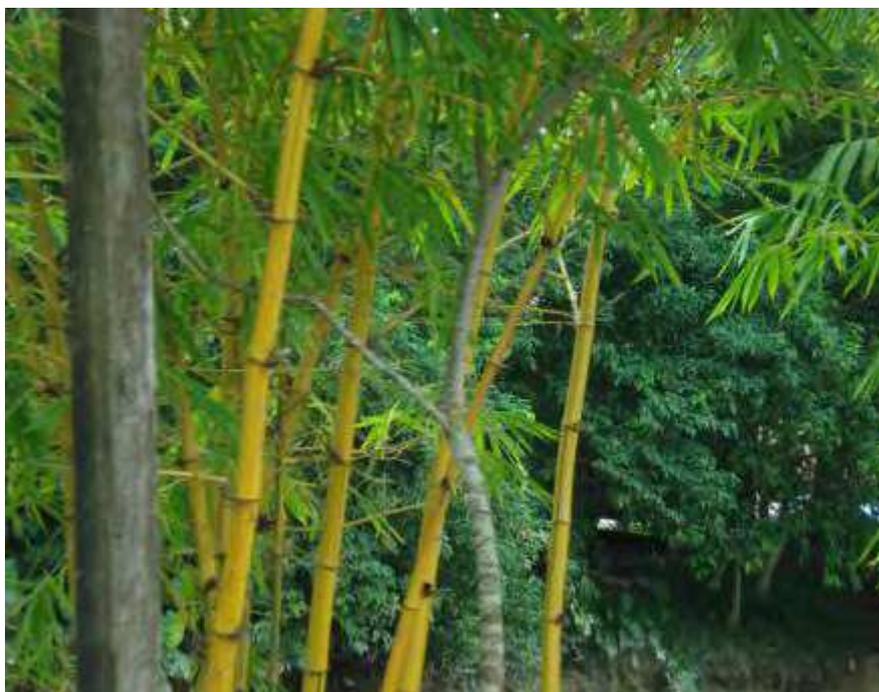


Figura 66. Bambus plantados pela PMB, pelo projeto de macrodrenagem da bacia.

A pavimentação das marginais com 12 metros de largura e 2500 metros lineares, como se observa na Figura 67, feitas depois da primeira etapa da macrodrenagem realizada pela PMB, acabam direcionando os fluxos hídricos, aumentando o escoamento superficial devido a pouca infiltração e geram padrões de drenagem inexistentes. Estas superfícies impermeabilizadas não permitem a infiltração da água no solo, assim como a circulação de ar e água, segundo (MARANHÃO, 2007). O asfalto absorve mais radiação solar, devido ser preto, o que

causa um aumento de temperatura nessas regiões e criam condições de movimento de ar ascendente que pode vir a aumentar a precipitação.

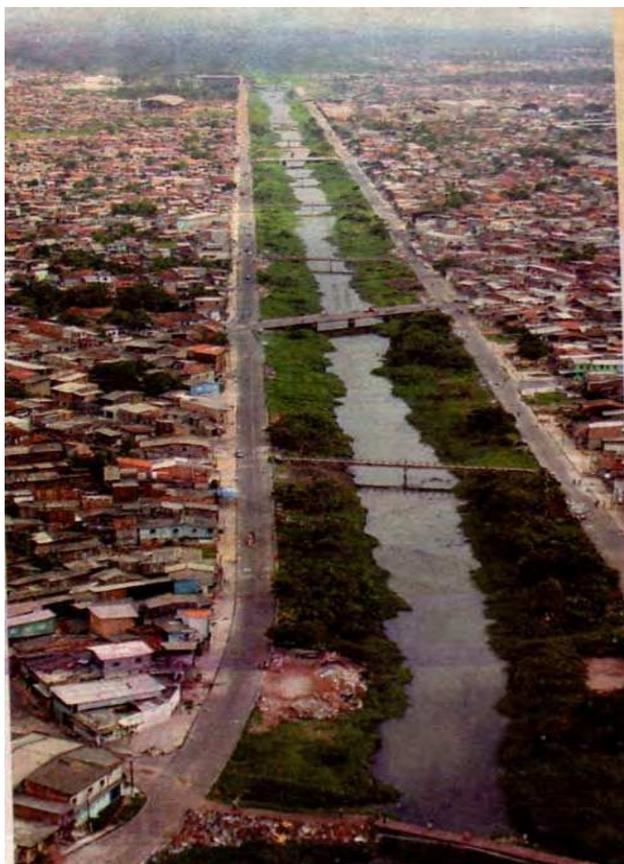


Figura 67. Canal após obras do projeto de macrodrenagem, com asfalto nas marginais. Nas marginais, gramíneas e mato. Fonte: (O LIBERAL, 2010).

As águas urbanas oriundas do escoamento superficial, podem se constituir em um importante agente poluidor, pois estas águas fazem uma espécie de lavagem nas ruas, calçadas, levando consigo restos de lixo, material particulado, resíduos sólidos, óleos e outros derivados de petróleo que provêm de veículos que circulam pelas ruas, o que pode ocasionar doenças de veiculação hídrica.

Segundo Wendland e Schalch (2003), a implantação de vias marginais altera o ciclo hidrológico e o uso do solo no entorno, direcionando o crescimento ao longo das faixas de proteção; vibração e poluição sonora, visual e atmosférica e supressão da vegetação ciliar.

Na Figura 68b, é possível se observar uma Planta de Parte Destacada das Terras destinadas ao Núcleo Universitário do Pará da década de 60, onde é possível se verificar como era a trajetória do igarapé. Observa-se na mesma Figura 68a, o curso do igarapé em 2009. Não se nota mais vários afluentes e efluentes.

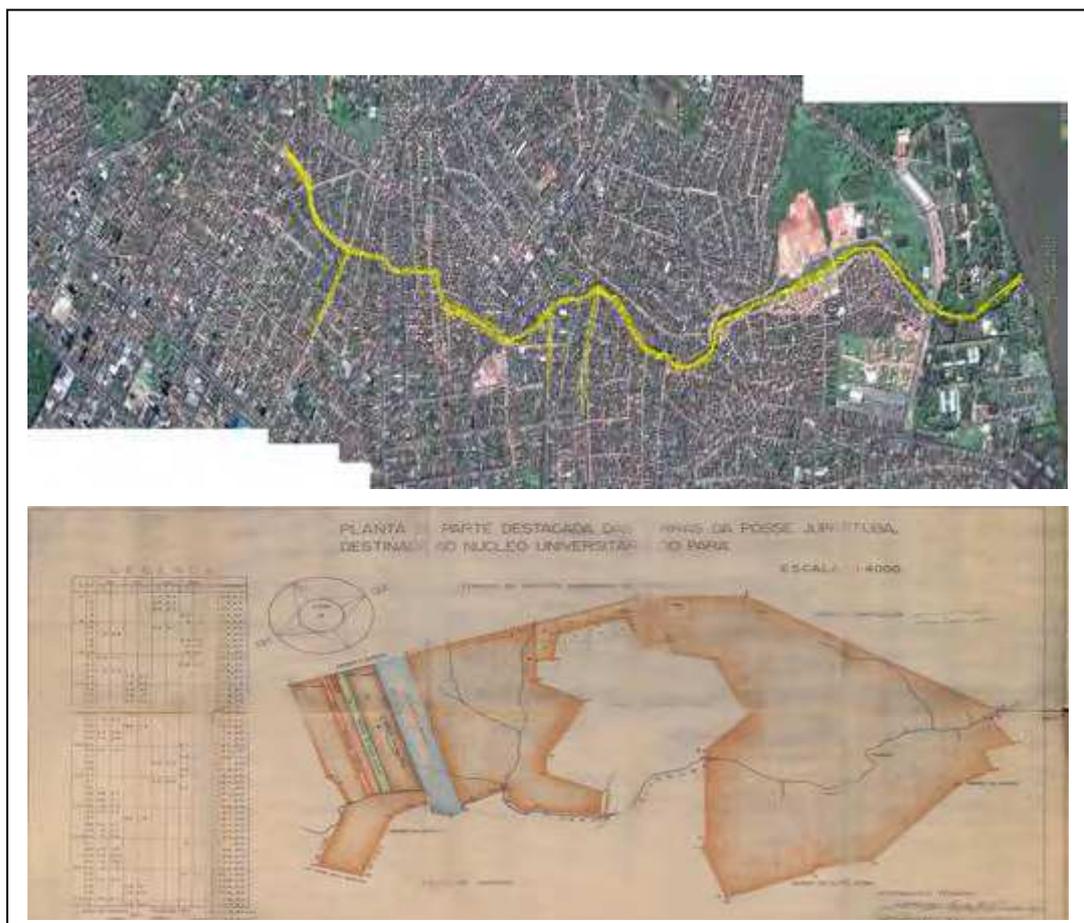


Figura 68a. Igarapé Tucunduba no ano de 2009. 68b. Mostra o curso do igarapé em 1963. Fonte: (UFPA, 1966).

Até os dias atuais os ribeirinhos tomam banho no igarapé, mesmo sabendo que o mesmo se encontra poluído, como se observa na Figura 69.



Figura 69. Crianças tomando banho no igarapé. Fonte: PMB/PDL (2002).

Para se mitigar a deterioração ambiental é necessário um planejamento adequado do uso do solo, por parte das autoridades governamentais, para uma ocupação ordenada e sustentável do meio físico de modo que o mesmo não sofra alterações negativas ou pelo menos que sejam minimizadas. Este planejamento precisa comportar as necessidades humanas, da fauna e da flora para que ambos possam viver em harmonia.

6.0 CONCLUSÃO

As fotografias aéreas ortorretificadas dos anos de 1972, 1977 e 1998, e o uso de imagem de satélite foram importantes para a análise do processo de ocupação e desmatamento na área da bacia do Igarapé Tucunduba.

A evolução do processo de urbanização ocasionou o adensamento populacional e a consequente redução 755% na área de vegetação do Igarapé, no período de 1972 para 2006.

A competição pelo uso do solo no Igarapé do Tucunduba resulta num aumento da degradação do recurso hídrico pela ação dos aterramentos feitos para evitar os alagamentos, da disposição de irregular de resíduos e do esgoto, lançado diretamente no corpo hídrico.

O diagnóstico realizado evidenciou um histórico e crônico problema da Cidade de Belém relacionado ao mau uso do solo urbano.

O levantamento de campo, com registro de fotografias revelou que as condições financeiras de uma vasta camada populacional aliada às ineficientes políticas públicas de habitação, evidenciam a ocupação de áreas inóspitas à moradia na cidade e que correspondem às áreas de preservação permanente.

As obras de macrodrenagem realizadas, que resolvem em parte o problema de moradia, geram um impacto ambiental negativo ao utilizar terras doadas pela UFPA para a construção de conjuntos habitacional sem respeitar os limites legais de distância das margens do curso d'água, além de ser uma das poucas áreas de mata virgem próximo ao Igarapé do Tucunduba. Os serviços de dragagem alteram o curso natural do Igarapé, gramíneas são utilizadas nas margens, mas que não têm a mesma eficácia da mata ciliar, além da construção de vias marginais que causam vários impactos negativos no corpo hídrico.

7. RECOMENDAÇÕES

A luz do que foi observado nesse trabalho pode-se fazer as seguintes recomendações:

Faz-se necessários estudos que subsidiem a instalação de um Comitê da Bacia do Tucunduba e a elaboração de um Plano de Gestão dos Recursos Hídricos;

A elaboração de trabalhos futuros quantitativos que relacionem população, área verde e parâmetros de qualidade da água, incidência doenças, área verde e parâmetros de qualidade da água, entre outros.

Deve-se fazer um plano de delimitação da Área de Preservação Permanente do Igarapé Tucunduba, onde os habitantes de suas margens, situados dentro da faixa legal de 50 metros do Igarapé, sejam removidos para outras áreas, por meio de políticas públicas dos governos municipal e estadual, como as obras de macrodrenagem.

Trabalhos de orientação aos moradores quanto a disposição dos resíduos nas margens do igarapé.

Reorientar a expansão urbana para fora da área dos cursos de água, visando a sua proteção e conservação.

8. REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, O. N. Possibilidades de intervenção e de desenvolvimento urbanos em área de assentamento espontâneo no contexto metropolitano de Belém: o caso do Paracuri Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. Belém, 2008.126 f.: il.; 30 cm.
- AGUIAR, S A. de. Degradação sócio ambiental: um estudo sobre a população residente na proximidade da foz do igarapé Tucunduba (Belém – Pará). Belém, 2000. 45p. Monografia (Especialização em Educação Ambiental) – Núcleo de Meio Ambiente (NUMA), Universidade Federal do Pará.
- ALMEIDA, F. M. et al. Qualidade das águas subterrâneas das Bacias Hidrográficas do Tucunduba e Paracuri, como base para a gestão das águas urbanas de Belém. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/projetomegam/anais/Grupo04.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2009.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Bacias Hidrográficas, 2002. Disponível em:<<http://www.Ana.gov.Br/Bacias/bacias.htm>>. Acesso em: 12 Set. 2007.
- BARBOSA, M. J. S. et al. Estudo de caso: Tucunduba: Urbanização do Igarapé Tucunduba, Gestão de Rios Urbanos – Belém/Pará – versão condensada. Belém: UFPA, 2003. 68 p.
- BASTOS JUNIOR. N. P. et al. Projeto CTM – Ortofotos para simples visualização e navegação . Belém. Sonopresss: 2000. 1 CD-ROM.
- BENINI, R. M. Caracterização da Bacia-Escola no Campus II – USP, São Carlos, SP. Pesquisa em meio ambiente: subsídios para a gestão de políticas públicas/organizado por Edson Wendland e Valdir Schalch – São Paulo: RIMA, 2003. p. 139 – 153.
- BEZERRA, M. S. M.; LOPES, D.F. A avaliação dos níveis de contaminação do Igarapé Tucunduba – Evolução histórica e atuais perspectivas. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Sanitarista. Departamento de Engenharia Química Centro Tecnológico. Belém: UFPA, 2001.
- BIRARELLA, J .J.; MAZUCHOWSKI, J. (1985). Visão integrada da problemática da erosão. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 3, Maringá (PR), 1985, Anais... Maringá (PR), ABGE/ADEA, 240 p.
- BONHAM-CARTER, G. F. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. Ottawa: Pergamon, 1996. 398 p.

- BORGES, J. T. Saneamento e suas interfaces com os igarapés de Manaus. T&C Amazônia, Ano IV, Número 9, Agosto de 2006.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Institui a política nacional de meio ambiente. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm >. Acesso em 21 Jan. 2010.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 jan1997. Seção IV, p. 45 Disponível em: http://www.ana.gov.br/Legsilacao/Especificas/BR_Lei_9433_08011997.htm. Acesso em: 10 Out. 2008.
- BRAZ, V. N. et al. Situação temporal da contaminação dos canais de drenagem da cidade de Belém - caso do igarapé Tucunduba. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG. 2007.
- BRAZ, V. N.; MENEZES, L. B.; Avaliação da poluição hídrica do igarapé Tucunduba - Belém (PA). Belém, 1989. Relatório final.
- BORROUGH, P.A. 1986. Principles of Geographical Information Systems: methods and requirements for land use planning. Clarendon Press, Oxford.
- CACELA FILHO, F. C. O. et al. Modelagem da bacia hidrográfica urbana utilizando o Watershed Modeling System (WMS). Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3303-3310.
- CAMPOS P. S. Análise da vegetação arbórea de três nascentes nos Municípios de Mineiros e Caipônia, Goiás, e elaboração de chave de identificação. Monografia de conclusão de curso - Curso de Engenharia Florestal das Faculdades Integradas de Mineiros-GO. 2006. 78 p.
- CAPELA, A. F. Considerações sobre a poluição hídrica no igarapé Tucunduba. Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Geografia. Universidade Federal do Pará. Out. 1989.
- CODEM. Projeto de recuperação das baixadas de Belém. Belém, 1986.
- CODIGO FLORESTAL BRASILEIRO. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 10 Jun. 2009.
- COELHO, A. L. N. Modelagem hidrológica da bacia do Rio Doce (MG/ES) COM BASE EM IMAGENS SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Caminhos de Geografia. Uberlândia. 2007. v.8, n.22. p. 116 – 131.
- COHAB. Disponível em: <<http://www.cohab.pa.gov.br/index.php?q=node/155>>. Acesso em: 28 set. 2009.

- COLLISCHONN, W. Simulação hidrológica de grandes bacias. Porto Alegre, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acesso em: 10 Jan. 2009.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Brasília, Distrito Federal. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/001-86.htm>>. Acesso em: 15 Jul. 2009.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO Nº 303, DE 20 DE MARÇO DE 2002. Brasília, Distrito Federal. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: Jan. 2009.
- COSTA, M. V. et. al . Uso das Técnicas de Avaliação de Impacto Ambiental em Estudos Realizados no Ceará. XXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação – UERJ – 5 a 9 de setembro de 2005.
- DOUROJEANNI, A. Management procedures for sustainable development. Serie Medio Ambiente y Desarrollo n.3. Santiago, Chile: Economic Commission for Latin America and the Caribbean, United Nations, 1997.
- ELACHI, C. Introduction to Physics and Techniques of Remote Sensing. New York. Wiley e Sons. 1987. p 412.
- ELLIS, J. B. Sediment yield and BMP control strategies in urban catchments. *Proceedings* Erosion and sediment yield: Global and regional perspectives. IAHS, Exeter. 1996. July.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Quality criteria for water. Washington, D.C., Pre-Publication Copy, 1976.
- FAURE, J. F. et al. Sensoriamento remoto das formas de urbanização em aglomerações do litoral amazônico: elaboração de um índice de densidade populacional. XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1771 – 1779.
- FAURE, J. F. Dinâmicas de urbanização em meio tropical Úmido: uso do sensoriamento remoto para a construção de Indicadores sócio-ambientais na Amazônia Oriental. Relatório de pesquisa, bolsa DCR CNPQ, 67 p., 2002.
- FENDRICH, R.; MALUCELLI, F. C. Macrodrenagem urbana: canais abertos versus canais fechados. Curitiba: PUC-PR, n. 1, p. 49-59, Papel. Ago. 2000.

- FERREIRA, C. F. Produção do Espaço Urbano e Degradação Ambiental: Um Estudo de Caso sobre a Várzea do Igarapé do Tucunduba Belém-Pará. São Paulo, 1995. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Coordenadoria de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo.
- FERREIRA, M. M. Impactos ambientais provocados pela ocupação urbana na bacia hidrográfica do Igarapé Batista, em Rio Branco – Acre. 2005. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais). Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Acre. Rio Branco – Acre.
- FERREIRA, K. Mau tempo alaga cidade e traz doenças. O LIBERAL. Pará, 31 jan. 2010. Cidade. P. 8.
- FIDELIS, L. et. al. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. Disponível em: <<http://acta.inpa.gov.br/fasciculos/38-1/BODY/v38n1a14.html>>. Acesso em: 27 Jun. 2009.
- FUNDAÇÃO DE AMPARO AO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA / SECRETARIA MUNICIPAL DE SANEAMENTO – FADESP/SESAN. Projeto de Dragagem e Revestimento do Canal Tucunduba. Belém, junho à setembro, 1997, FADESP/SESAN.
- GARCEZ, L.N.; ALVAREZ. G. A. Hidrologia. 2 ed. rev. e atual. São Paulo: Edgard Blücher, 1988.
- GERRA, A.J.T; CUNHA,S.B. Impactos Ambientais Urbanos no Brasil.3.ed Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 416p.
- GOULART, M. D. C; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. Minas Gerais, 2003 *Revista da FAPAM*, ano 2, n^o 1.
- GREGORY, S. V.; ASHKENAS, L. Riparian Management Guide. USDA Forest Service Pacific Northwest Region, 1990. 120p.
- IBGE. Resultados da amostra do Censo demográfico de 2000. Malha municipal Digital do Brasil, situação em 2001. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.
- INMET. Normais Climatológicas (1961-1990), INMET, Brasília-DF, 1992.
- LEAL, J. C. Obras do Tucunduba avançam com o remanejamento das famílias. Disponível em: <http://www.agenciapara.com.br/exibenoticiasnew.asp?idver=40183>. Acesso em: 20 set. 2009.
- LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

- KNIGHTON, A. D. "Variation in width-discharge relation and some implications for hydraulic geometry". Geol. Soc. American Bulletin, 1974. 85(7): 1.69-1.076.
- LEFF, E. Epistemologia ambiental. São Paulo: Cortez, 2001.
- LIMA, M.G.; Gascon, C. 1999. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. Biological Conservation, 91: 241-247.
- LIMA, W. de P. et al. Hidrologia de Matas Ciliares. <http://www.ipef.br/hidrologia/mafaciliar.html>; http://lcf.esalq.usp.br/lhf/apostila/cap1_1.pdf. Acesso em: 10 dez. 2008.
- LINDNER, E. A.; SILVEIRA, N. F. Q. A legislação ambiental e as áreas ripárias. I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias – Alfredo Wagner/SC – 2003.
- LISBOA, M. Famílias remanejadas do Tucunduba ganharão novas casas. Disponível em: <http://www.agenciapara.com.br/exibenoticiasnew.asp?id_ver=50505>. Acesso em: 21 Set. 2009.
- MANIÇOBA, R. S. Urbanização e qualidade de vida nos municípios da Amazônia Legal criados, após 1988. Tese (Doutorado). 2006. Centro de desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília. Brasília, DF.
- MARANHÃO, R. A. Impactos da ocupação urbana e qualidade das águas superficiais na microbacia de VAL-DE-CÃES (BELÉM/PA). 2007. Dissertação (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal do Pará, Belém-PA.
- METEN.G; MINELLA, J.P. Qualidade da Água em Bacias Hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. Agroecol. e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v.3, n.4, Out/Dez. 2002
- MIERZWA, F. A. Poluição das águas. 2001. Disponível em: <<http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material/Mierzwa/Aula4-MeioAquaticoll.pdf>>. Acesso em: 13/01/2007.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA N^o 357. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 22. mar. 2008.
- MOTA, S.. Urbanização e meio ambiente. Rio de Janeiro: ABES, 1999, cap. 3., p.36-81.
- NASCIMENTO, C. C. Clima e morfologia urbana de Belém. Universidade Federal do Pará. Numa, 1995. 160p.
- ODUM, H. T.; ODUM, E. C. "Energy Basis for Man and Nature". McGraw Hill, New York. 1981.

- OLIVEIRA, A. I. A. O Dano Ambiental e a sua reparação. Rio de Janeiro, 1995. n. p.
- OLIVEIRA, M. S. S. A navegação no igarapé Tucunduba e as atividades econômicas em Belém-Pa: o caso dos pequenos ancoradouros. Belém, PA 2002. Trabalho de conclusão de Curso. Curso de Geografia. Universidade Federal do Pará.
- OLIVEIRA, T. H. de; GALVÍNCIO, J. D. caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Moxotó – PE usando sensoriamento remoto termal. RBGF-Revista Brasileira de Geografia Física Recife-PE Vol.1 n.02 Set/Dez. 2008, p. 30-49.
- PEREIRA S. B. et al. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. Campina Grande, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.423-429, 2003.
- PEREIRA N. A. Subsídios às políticas de atuação em meio ambiente urbano: bacia do córrego Água Boa Dourados-MS. Mato Grosso do Sul – MS. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia área de concentração em Planejamento e Gestão Ambiental, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).
- PORTARIA N.º 1469, de 29 de dezembro de 2000. Disponível em:< [http://www. projergonet.com.br/arquivos/estrutura/00pf1469-.pdf](http://www.projergonet.com.br/arquivos/estrutura/00pf1469-.pdf) >. Acesso em: 10 Jan. 2009.
- PORTO, M. F. A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial m Áreas Urbanas. In: TUCCI, C.E.M; PORTO, R.L.L e BARROS, M.T. (Org.). *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995.
- PREFEITURA MUNICIPAL de BELÉM. Programa de Gestão dos Rios Urbanos: Projeto de Recuperação e Urbanização da Bacia do Tucunduba. Belém: PMB, 1999.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. Evolução urbana de Belém anos de 1972, 1977 e 1998. Sonopresss: 2000. 1 CD-ROM.
- PREFEITURA MUNICIPAL de BELÉM. Plano de Desenvolvimento Local Riacho Doce e Pantanal. Belém: PMB, 2000.
- PREFEITURA MUNICIPAL de BELÉM. Concepção Geral do Plano de Desenvolvimento Local Riacho Doce e Pantanal. Belém. 2002.
- PRESA, E. P. Parâmetros Convenientes para projetos de rodovias em Solo Expansivo. II Seminário Regional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações – NRBA/ABMS-Salvador-Ba. 1980.
- RAMOS, J. M. T. Entre dois tempos: um estudo sobre o bairro do Guamá/Escola Frei Daniel/Patrono.- Belém, 2002, 75p., il.
- REBOUÇAS, A.C. Panorama da água doce no Brasil. In Panoramas da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil. IEA/USP, Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1997. 150p.

- REBOUÇAS, A. C. *A água doce no mundo e no Brasil*. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.) *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo, Escrituras. p.01-37, 2nd edição, 2002.
- ROCHA, A. A. et al. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 19, n. 5, Oct. 1985 .
- RODRIGUES, F. A. et al. Projeto de Dragagem e Revestimento do Igarapé do Tucunduba. Plano de Forração dos Taludes do Igarapé do Tucunduba. FUNVERDE. PMB. Dez. 2001.
- RODRIGUES, M. (1993) Geoprocessamento: Um Retrato Atual. In: *Revista Fator GIS*, Ano 1, n.º 2, p. 20-23. Curitiba: Sagres.
- ROHDE, G. M. *Geoquímica Ambiental e Estudos de Impactos*. São Paulo, editora Signus, 2004. 2ª edição. 157p.
- SANTOS. M. T. P. Avaliação ambiental da matéria orgânica degradada nos canais de drenagem da região metropolitana de Belém (PA). Belém, 1997. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica.
- SANTOS, W. L. O processo de urbanização e impactos ambientais em bacias hidrográficas: o caso do Igarapé Judia – Acre – Brasil. 2005. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais da Universidade Federal do Acre. RIO BRANCO-AC.
- SILVA, A. M. Gestão de conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas urbanas. Belém, 2003. Dissertação de Mestrado apresentada para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Pará.
- SILVA, J.S; RODRIGUES, S. C. síntese ambiental e evolução do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego do Salto, Uberlândia (MG). Minas Gerais. *Caminhos de Geografia - revista on line*. P. 114-127, Jun. 2004
- SILVA, A. M. Gestão de conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas urbanas. Belém 2003. Dissertação de Mestrado apresentada para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Pará.
- SILVEIRA, S. S. B.; SANT'ANNA, F. S. P. Poluição hídrica. In: MARGULIS, S. (Ed.). *Meio ambiente, aspectos técnicos e econômicos*. Brasília: IPEA/PNUD, 1990. p. 57-86.
- SUDAM. 1976. *Monografias de Baixada de Belém*. 2 ed. Editora: Belém. 2 v.
- SUDAM. 1979. A ação da Sudam no Saneamento da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 10, Rio de Janeiro. n.p.

- TAKIYAMA, L. R. et al. Diagnóstico das Ressacas do Estado do Amapá: Bacias do Igarapé da Fortaleza e Rio Curiaú, Macapá-AP, CPAQ/IEPA e DGEO/SEMA, 2003, p.81-104.
- TUCCI, C. E. M. Enchentes urbanas in: drenagem urbana, cap. 1. Editora da Universidade, ABRH. 1995.
- TUCCI, C. E.M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepções. Porto Alegre. Revista Brasileira de Recursos Hídricos . v 2. n. 2. Jul/Dez 1997, 5-12.
- TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n.1, p.5-27, Jan/Mar.2002
- TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. RHAMA. 2007. 389 p.
- TUCCI, C. E.M. Águas urbanas. Estudos avançados. 22 (63). P. 97-112. 2008.
- TUCCI, C. E.M. ; COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e controle de erosão. Anais VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Presidente Prudente, SP. 1998.
- TUCUNDUBA. 1º 27' 40,81" S e 48º 27' 16,63" W. Google Earth. November 26, 2008.
- TUNDISI, J. G. Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez. São Carlos: RiMa, IIE, 2003.
- TUNDISI, J. G. et. al. Limnologia. São Paulo: Oficina de textos, 2008.
- UFPA. Projeto história do patrimônio imobiliário do campus universitário da UFPA. 1966.
- XAVIER, G. P. L. Avaliação da concentração de cromo do canal do Tucunduba, após a macrodrenagem de 2003. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de química Industrial para obtenção da graduação em Químico Industrial. Universidade federal do Pará. 2003.
- WENDLAND, E.; SCHALCH, V. Pesquisas em meio ambiente: subsídios para a gestão de políticas públicas. São Carlos: RiMa, 2003. 370 p.