

CAPÍTULO IV

PARTE A

Caracterização do Meio Físico

ÍNDICE

IV.A Meio Físico

IVA.1 - Caracterização Pedológica, Aptidão e Vulnerabilidade

IVA.1.1 Principais Solos da Área de Influência da Ponte Sobre o rio Negro

IVA.1.2 Considerações Finais

IVA.2 - Geomorfologia

IVA.3 - Recursos Hídricos

IVA.3 1 Aspectos da Bacia do Rio Negro

IVA.3 2 Legislação adotada para a Caracterização das Águas na Área de Influência do Empreendimento

IVA.3 3 Qualidade da Água.

IVA.3 4 Águas Subterrâneas nos Municípios de Manaus, Iranduba, Manacapuru e Novo Airão.

IVA.3 5 Sistema de Abastecimento de Água

IVA.4 - Batimetria

IVA.4.1 Elaboração e Análise dos Dados Referentes à Batimetria Transversal do rio Negro

IVA. 4 2 - Análises e Interpretações dos Resultados Obtidos

IVA.4 3 Caracterização do Regime Fluvial do rio Amazonas – Porto de Manaus

IVA.5 - Caracterização Climática

Referência Bibliográfica

Capítulo IV

Parte A – Meio Físico

Lista de Figuras

Figura IVA.1.01 - Detalhe de um perfil típico de Argissolo Vermelho-Amarelo textura média (Manaus-AM). Foto: H.N.Lima

Figura IVA.1.02 - Detalhes de um perfil típico de Latossolo Amarelo textura argilosa, com horizonte concrecionário, rico em petroplintita (Iranduba-AM). Foto: H. N. Lima

Figura IVA.1.03 - Detalhes de um perfil de Espodossolo, com destaque para a coloração clara do horizonte E, rico em areia quartzosa. Foto: H. N. Lima

Figura IVA.1.04 - Detalhes de um perfil de um Plintossolo Háptico com sinais visuais de deficiência de drenagem (mosqueamento na base do perfil) (Iranduba, AM). Foto: H. N. Lima

Figura IVA.1.05 - Área de Neossolo Flúvico com cultivo de feijão de corda, margem esquerda do rio Solimões (Iranduba-AM).

Figura IVA.1.06 - Terra Preta de Índio, com destaque de urnas destruídas pela construção da estrada, localidade Açutuba, margem direita do rio Negro (Iranduba-AM). Foto: W. G. Teixeira

Figura IVA.1.07 - Perfil de Terra Preta de Índio, localizada nas proximidades do Lago do Limão (Iranduba) evidenciado a grande concentração de artefatos cerâmicos pré-colombianos. Foto: W. G. Teixeira

Figura IVA.1.08 - Área de Espodossolo degradada pela mineração de areia para a construção civil.

Figura IVA.2 01 - Mapa geológico da região de Manaus com a área de influência direta e indireta do EIA/RIMA da ponte sobre o Rio Negro.

Figura IVA.2 02 - Mapa geológico da região de Cacau-Pirêra, Iranduba e Manacapuru.

Figura IVA.2 03 - Mapa geológico-estrutural da região de Manaus com a área de influência direta e indireta do EIA/RIMA da ponte sobre o Rio Negro.

Figura IVA.2 04 - Seção geológica E-W (esquemática) da compartimentação tectônica da região de Cacau-Pirêra a Manacapuru (SILVA *et al.* 2003 e 2007, no prelo, e SILVA 2005).

Figura IVA.2 05 - Unidades morfoestruturais na região do EIA/RIMA da ponte sobre o Rio Negro.

Figura IVA.2 06 - Modelo digital de elevação (MDT) da cidade de Manaus.

Figura IVA.2.07 - Perfil topográfico A – B envolvendo as cidades de Manaus e Cacau-Pirêra, mostrando a diferença da compartimentação entre o Planalto Dissecado Rio Trombetas – Rio Negro e a Planície Amazônica.

Figura IVA.2.08 - Falésia na margem direita do Rio Negro.

Figura IVA.2.09 - Falésia na margem esquerda do Rio Negro na cidade de Manaus.

Figura IVA.2.10 - Perfil topográfico C – D envolvendo as regiões de Manaus, Cacau – Pirêra e Iranduba.

Figura IVA.2.11 - Perfil topográfico E – F transversal ao Rio Negro

Figura IVA.2.12 - Modelo SRTM (Shutter Radar Topographic Mission) da região de Manaus e Iranduba que mostra a compartimentação em áreas altas (vermelho) e baixas (azul).

Figura IVA.2.13 - Perfil topográfico G – H na região do Rio Ariáú.

Figura IVA.2.14 - Mapa de drenagem da área estudada.

Figura IVA.3.01 - Bacia Hidrográfica do rio Amazonas (ANA, 2007)

Figura IVA. 3.02 - Cotograma do Rio Negro em Manaus. Fonte CPRM (2007).

Figura IVA.3.03 - Distribuição histórica das cotas máximas e mínimas medidas no porto de Manaus entre 1906 e 2006 (CPRM 2007).

Figura IVA.3.04. Número de ocorrências de cheias e secas ao longo do ano no período de 1903 a 2006.

Figura IVA.3.05. Mapa das bacias e micro-bacias do rio Negro e Solimões sob influência do empreendimento.

Figura IVA.3.06. Mapa das bacias e micro-bacias do rio Negro sob influência direta do empreendimento.

Figura IVA.3.10. Valores de temperatura dos pontos de coleta de água superficial.

Figura IVA.3.11 - Valores de pH dos pontos de coleta de água superficial.

Figura IVA.3.12 Valores de condutividade dos pontos de coleta de água superficial.

Figura IVA.3.13. Valores de transparência dos pontos de coleta de água superficial.

Figura IVA.3.14. Valores de cor dos pontos de coleta de água superficial.

Figura IVA.3 15. Valores de turbidez dos pontos de coleta de água superficial.

Figura IVA.3 16. Concentração de sólidos totais dos pontos de coleta de água superficial

Figura IVA.3.17- Concentração de oxigênio dissolvido nos pontos de coleta de água superficial

Figura IVA.3 19 - Concentração de nitrogênio total nos pontos de coleta superficial.

Figura IVA.3 20 - Concentrações de Nitrato nos pontos de coleta superficial.

Figura IVA.3 21 - Concentrações de Nitrito nos pontos de coleta superficial.

Figura IVA.3 22 - Concentrações de Amônia nos pontos de coleta superficial.

Figura IVA.3 23 - Concentrações de fósforo total nos pontos de coleta superficial.

Figura IVA.3 24 - Valores de dureza nos pontos de coleta superficial.

Figura IVA.3 25 - Níveis de qualidade de água

Figura IVA.3 26 - Pontos de coleta de água na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Quarenta (VEIGA, 2005).

Figura IVA.3 27 - Índices de qualidade (IQA) da água nos diferentes locais do Igarapé do Quarenta, ao longo dos meses (VEIGA, 2006).

Figura IVA.3.28 - Localização dos pontos de coleta de água superficiais na área de influência do empreendimento.

Figura IVA.3.29. Índices de qualidade (IQA) dos pontos amostrados.

Figura IVA.3.30. Zonas da água em subsuperfície (SILVA, 2005).

Figura IVA.3.31. Rede de distribuição de água pública em Manaus pela Empresa Águas do Amazonas.

Figura IVA.3.32 - Vista aérea das unidades de captação, bombeamento e tratamento da empresa Águas do Amazonas.

Figura IVA.3 33. Presença de atividade oleiras na vila do Cacau Pirera, município de Iranduba e grandes áreas escavadas e abandonadas pela atividade servem como reservatório de água oferecendo perigo à saúde da população.

Figura IVA.3 34. Parte da população da vila do Cacau Pirera utiliza água diretamente do rio, para consumo humano.

Figura IVA.3.35. Local de tratamento de água captada do lago Miriti no município de Manacapuru.

Figura IVA 3.36. Captação de água por adutora no município de Novo Airão.

Figura IVA.3 37. Lançamento de esgoto no igarapé do São Raimundo

Figura IVA.4.01 - Local dos transectos realizados entre Manaus – Ponta do Ouvidor (margem esquerda) e Porto do Brito (margem direita).

Figura IVA.4.02 - Ponta do Ouvidor, margem esquerda do Rio Negro em Manaus, no dia 25.08.07. Local onde será construída a ponte. Observar a presença do arenito na margem. Foto Francisco Bessa, (2007).

Figura IVA.4.03 - Ponta do Brito no dia 24.07.07 quando a cota do rio Negro estava em 27,61m. Local da margem direita onde deverá ser construída a ponte. Foto Francisco Bessa, (2007).

Figura IVA.4.04 — Perfil do rio Negro no local onde será construída a ponte. Observar a dissimetria do leito do rio caracterizada pela existência de dois talvegues. Orgs. Equipe batimetria (2007).

Figura IVA.4.05 - Perfil do rio Negro elaborado pela Empresa Geométrica em 23.03.2007. Observar a similaridade da dissimetria do leito do rio presente nos dois trabalhos. FONTE – GEOMÉTRICA – Engenharia de Projetos Ltda. Orgs. Equipe batimetria (2007)

Figura IVA.4.06 - Sobreposição dos perfis batimétricos transversais do rio Negro. O primeiro perfil (P0) corresponde ao local da ponte. P1, P2, P3 e P4 representam a sequência batimétrica no sentido jusante em ordem crescente. Orgs. Equipe batimetria (2007).

Figura IVA.4.07 - Sobreposição dos perfis batimétricos transversais do rio Negro. O primeiro perfil (P0) corresponde ao local da ponte. P1, P2, P3 e P4 representam a sequência batimétrica no sentido montante em ordem crescente. Orgs. Equipe batimetria (2007).

Figura IVA.4.08 – Afloramento de arenito na margem direita do rio Negro, à jusante do local da ponte, em outubro de 2001. Foto: Alberto Carvalho (2001).

Figura IVA.4.09 - Ensaio sobre cotas máximas de cheias e mínimas de vazantes no rio Negro. Orgs. Equipe batimetria (2007).

Figura IVA.4.10 - Mapa demonstrativo da distribuição espacial e temporal das chuvas na Amazônia. Fonte: Salati, 1983. Org. Alberto Carvalho (2007).

Figura IVA.4.11 – Curvas de cotas diárias do rio Negro. Observar a regularidade no regime hidrológico. Fonte: Administração do Porto de Manaus. Org. Alberto Carvalho (2007).

Figura IVA.5.01 – Intervalos normais de temperaturas mensais típicas para Manaus (°C).

Figura IVA.5.02 – Intervalos normais de temperatura máxima mensal em Manaus (°C).

Figura IVA.5.03 – Intervalos normais de temperatura mínima mensal em Manaus (°C).

Figura IVA.5.04 – Temperaturas máximas e mínimas mensais absolutas em Manaus (°C).

Figura IVA.5.05 – Precipitação total mensal (intervalo 35-65) em Manaus (mm).

Figura IVA.5.06 – Precipitação máxima mensal da série em 24 horas (mm).

Figura IVA.5.07 – Números de dias médios (sombreada clara) e máximos (sombreada escura) mensais com registro de ocorrência de trovoadas em Manaus.

Figura IVA.5.08 – Velocidades médias e máximas mensais do vento em Manaus (m/s).

Figura IVA.5.09 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, l, m) – Direções médias mensais do vento e respectivos percentuais de ocorrência em Manaus.

Figura IVA.5.10 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, l, m) – Características diurna e noturna do comportamento mensal do vento em Manaus.

Figura IVA.5.11 – Número de dias médio (sombreado escuro) e máximo (sombreado claro) mensal com ocorrência de rajadas de vento em Manaus.

Figura IVA.5.12 – Valores máximos mensais registrados das rajadas de vento em Manaus.

Lista de Tabelas

Tabela IVA.3.01 - Classificação das sub-bacias do rio Amazonas

Tabela IVA.3.02 - Histórico das cheias no Porto de Manaus. Fonte CPRM (2007).

Tabela IVA.3.03 - Padrão microbiológico de potabilidade para consumo humano segundo a Portaria Nº. 518 do Ministério da Saúde de 25 de março de 2004.

Tabela IVA.3.04 - Caracterização das águas superficiais do Igarapé do Mindu

Tabela IVA.3.05 - Caracterização das águas superficiais do Igarapé do S. Raimundo

Tabela IVA.3.06 - Caracterização das águas superficiais do Igarapé do Mindu em três pontos de coleta

Tabela IVA.3.07 - Caracterização de metais pesados em águas de igarapés da região do distrito.

Tabela IVA.3.08 - Caracterização de águas superficiais de Igarapés da região de Manaus-Am.

Tabela IVA.3.09 - Concentração de coliformes, coliformes termotolerantes, *Salmonella* e contagem padrão de bactérias nos pontos 25, 26 e 32.

Tabela IVA.3.10 - Peso dos Parâmetros de IQA.

Tabela IVA.3.11 - Números indicadores do sistema de abastecimento em Manaus

Tabela IVA.3.12 - Formas de abastecimento de água na cidade de Manaus

Tabela IVA.3.13 - Características do Aquífero Alter do Chão.

Tabela IVA.3.14 - Vazão e Profundidade dos poços do Município de Iranduba-AM.

Tabela IVA. 3.15 - Vazão e Profundidade dos poços do Município de Novo Airao-AM.

Tabela IVA. 3.16 - Cobertura do abastecimento de água e esgoto sob influência direta e indireta.

Tabela IVA. 4.01 - Índice dos meses com maior frequência de cheia e vazante no porto de Manaus (Período 1903 - 2007).

Tabela IVA. 4 02 – Índice das cotas das cheias e vazantes do rio Amazonas/Negro medidas no porto de Manaus – período 1903 - 2007.

Tabela IVA. 4.03 - Índice das cotas das cheias e vazantes excepcionais do rio Amazonas/Negro medidas no porto de Manaus – período 1903 - 2005.

Tabela IVA. 4.04 – Variação por década de cheia e vazante registrado no porto de Manaus.

Tabela IVA.4.05 - Dados comparativos de medições físico-químicas e de material em suspensão (MES) do rio Negro na estação hidrológica de Paricatuba 23 km à montante do porto de Manaus e Solimões no ano de 1998.

Tabela IVA.5. 01 – Intervalos mensais normais e anômalos de precipitação para cidade de Manaus (em mm).

Tabela IVA.5. 02 – Intervalos mensais normais e anômalos de dias de chuva para a cidade de Manaus (em nº de dias).

Lista de Anexos

Anexo IVA. 01 - Mapa de Solos da AII

Anexo IVA. 02 - Mapa de Solos da AID

Anexo IVA. 03 - Mapa Geológico da AII

Anexo IVA. 04 - Planta 1 e 2 - Levantamento Batimétrico – Traçado em planta e perfil Escalas: Horizontal 1:1.500 e Vertical 1:300 (Fonte Geométrica Ltda.)

Capítulo IV

Parte A - Caracterização do Meio Físico

Referência Bibliográfica

- AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ANA. Disponível em <<http://www.ana.gov.br/>>. Acesso em 27 de julho de 2007.
- ÁGUAS DO AMAZONAS. Disponível em <<http://www.aguasdoamazonas.com.br/>>. Acesso em: 25 de julho de 2007.
- AGUIAR, C. J. B Carta hidrogeológica da cidade de Manaus. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM. Manaus, 2002.
- AGUIAR, C.J.B.; HORBE, M.A.; GASNIER, T. A vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão na cidade de Manaus – um caso de contaminação por amônia e nitrato. In: I Simpósio De Recursos Hídricos da Amazônia, 2003, Manaus. Anais...Manaus: ABRH, 2003.
- AGUIAR, Francisco Evandro de O, As Alterações Climáticas em Manaus no Século XX. Rio de Janeiro, 1995. (Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro).
- ALCÂNTARA, J.M.; MARQUES, A.O. Clima e Hidrologia da Área Urbana de Manaus. In: XII Jornada de Iniciação Científica. PIBIC/INPA/ CNPq. Anais... PIBIC/INPA/ CNPq. Manaus, 2003.
- ALVES, L. F. Estudo sazonal da produção primária e fatores ecológicos num lago de terra firme da Amazônia central (lago Verde/rio Negro) Manaus-AM. 1983.132p, Dissertação (Mestrado INPA/FUA) Universidade do Amazonas, Manaus, 1983.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. Standard Methods of the Experimentation of Water and Wasterwater. New York.14 ed. 1985.
- ANDRADE, A.F.N. Comparação Das Águas Subterrâneas de uma Bacia Hidrográfica de Manaus com as do Município de Iranduba. Manaus. 2004. 20p. Relatório Final do Programa Nacional Bolsa de Iniciação Científica - PIBIC / INPA, Manaus, 2004.
- ASSUMPÇÃO, M., SUAREZ, G. Source mechanism of moderate size earthquakes and stress orientation in mid-plate South America: Geophysical Journal, v. 92, p. 253-267, 1988.
- ASSUMPÇÃO, M.; ORTEGA, R. & BERROCAL, J. O sismo de Codajás – AM, de 05.08.1983. Revista Brasileira de Geofísica, v. 2, p. 39-44, 1983.
- AZEVEDO, A.A.; ALBUQUERQUE FILHO, J.L. Águas subterrâneas. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. Geologia de engenharia. São Paulo: ABGE, 1998.
- AZEVEDO, R. P. de Caracterização de Água Subterrânea de Poços Tubulares em Comunidades Rurais na Amazônia Sujeitas à Inundação Periódica. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais ... Campo Grande/MS, 2005.
- BARBOSA, G.V., RENNÓ, C.V., FRANCO, E.M.S. Geomorfologia da Folha S.A.22-Belém. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radambrasil. Folha SA.22-Belém. Geomorfologia. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: MME/DNPM, 1974, v. 5, p. 66-133.
- BARRONCAS, P.P. Estudo da Concentração de Metais nos Igarapés Acará, Matrinchã. 1999. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Meio Ambiente) - Programa Centro de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 1999.
- BIZZI, L., SCHOBENHAUS, C., GONÇALVES, J.H., BAARS, F.J., DELGADO, I.M.O., ABRAM, M.B., LEÃO NETO, R., MATOS, G.M.M., SANTOS, J.O.S. 2001. Mapa geológico do Brasil. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: sistemas de informações geográficas – SIG. Mapas – Escala 1:2.500.000. CPRM, Brasília, registro digital. 4 CD-Rom.
- BRANCO, S.M. A água como meio ecológico. In: Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 3 ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, p.121-67, 1986.
- BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico. – IBGE. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. Publicado no Diário Oficial da União, em 17 de dezembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores / Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores / Industrializadores de Alimentos. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, DF, republicada em 06 nov/2002. Legislação Federal e marginália.

BRASIL. Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria Nº. 518 de 25 de março de 2004. Diário Oficial da União, 26 de março de 2004. Legislação Federal e marginália.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Levantamento Exploratório de Solos. Folha Manaus SA-20 – Projeto RadamBrasil. Rio de Janeiro. 1978. 628 p + mapas

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos d' água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Resolução CONAMA Nº. 357 de 14 de março de 2005. Disponível em <<http://www.presidencia.gov.br/legislação>>.

BRINGEL, S. R. B. Estudos do nível de poluição nos igarapés do Quarenta e do Parque Dez de Novembro, Manaus. Manaus: CODEAMA. Relatório Técnico. 1986.

CAMPELO N.S. Fabricação de agregado sintético de argila calcinada no pólo oleiro do município de Iranduba, para emprego em infra-estrutura viária e de construção civil, no estado do Amazonas. Fase I: Elaboração do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Comercial (EVTEC). Projeto PAPPE/FAPEAM, 2005.

CAPUTO, M. V., RODRIGUES, R., VASCONCELOS, D.N.N. Nomenclatura estratigráfica da Bacia do Rio Amazonas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26, 1972, Belém. Anais... Belém: SBG/NO, 1972, v.3, p.35-46.

CAPUTO, M.V. Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology Nd paleogeography of northern basins of Brazil. Santa Barbara 1984. 583p. Phd (Thesis) University of Califórnia.

CASTANY, G. Tratado práctico de las águas subterrâneas. Barcelona: Omega,. 672 p, 1971

CASTELO BRANCO, F.M. Apropriação do Espaço Urbano e Vegetação na Cidade de Manaus. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Centro de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 1999.

CASTRO, C.M.R. e MARQUES, A.O. Distribuição de Coliformes Totais e Fecais nas Bacias Hidrográficas das Áreas Urbana e Rural da Cidade de Manaus. Programa de Capacitação Institucional. INPA/CNPq Manaus: Relatório Técnico. Manaus, 2000.

CASTRO, R.F. Composição Inorgânica de duas gramíneas no Distrito Industrial de Manaus – AM. Universidade do Amazonas. 2000. 88p. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais). Departamento de Química. Universidade Federal do Amazonas. 2000.

CERDEIRA, J.F.S.; SILVA, M.S.R.; SILVA, M.L. Influência das atividades humanas nas águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Quarenta. In: XIV Jornada de Iniciação Científica PIBIC-INPA. Anais ... Manaus: 29p. 2005

CETEC. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Levantamento de reconhecimento de solos e aptidão agrícola em áreas abrangidas pelo PDRI - AM. Município de Manacapuru CETEC. Belo Horizonte. 1986. 185 p. + mapas

CETESB. Água subterrânea e poços tubulares. 3 ed. São Paulo: CETESB. 483p, 1978

CHAAR, J. S. ; REZENDE, M. O. O. ; SAAB, S. C. ; MARTIN NETO, L. . Conteúdo de Radicais Livres em Ácidos Húmicos Extraídos de Resíduos de Tratamento da Água e de Sedimentos do Rio Negro. In: 2º Encontro Brasileiro sobre Substâncias Húmicas, 1997, São Carlos. Anais ... São Carlos: EMBRAPA. Vol. Único. p. 154, 1997.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgard Blucher, 1981. vol. 1. 313 p.

CLETO FILHO, S.E.N. Efeitos da Ocupação Urbana sobre a Macrofauna de Invertebrados Aquáticos de um Igarapé (Mindu) da Cidade de Manaus/AM – Amazônia Central. 1998. Dissertação

- (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais), Manaus, INPA/ Universidade Federal do Amazonas, 1998.
- CLETO FILHO, S.E.N. Urbanização, poluição e biodiversidade na Amazônia. Revista Ciência Hoje, Rio de Janeiro, Vol 33, nº 193. 72-75p, 2003.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM e INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO E DE INFORMÁTICA - INPLAM. Base Cartográfica de Manaus. Manaus CD-ROM. 1996.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. Monitoramento Hidrológico.. Boletim de acompanhamento nº 20. 2007 a
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Coliformes Totais e Fecais: Determinação do Número Mais Provável pela Técnica dos Tubos Múltiplos. Método de Ensaio: São Paulo, 1986.
- COMPANHIA DE PRODUÇÃO E RECURSOS MINERAIS -CPRM. Carta hidrogeológica de cidade de Manaus. Relatório preliminar. Manaus: CPRM,. CD-ROM. 2002
- COMPANHIA DE PRODUÇÃO E RECURSOS MINERAIS -CPRM. Relatório de Cheias. Gerenciamento da cheia em Manaus. 2007. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/manaus/pdf/cheia2007.pdf>> Acesso em: 25 de julho de 2007.
- COSTA, A. M. O. de. Uso da água subterrânea na zona urbana da cidade de Manaus. 2004. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2004.
- COSTA, A. M. R. da ; WAICHMAN, A. V. ; SANTOS, E. E. A. dos . Uso da água Subterrânea na zona urbana de Manaus. In: I Simpósio De Recursos Hídricos da Amazônia, 2003, Manaus. Anais ... Manaus: ABRH, 2003.
- COSTA, A. M. R. da; WAICHMAN, A. V. ; SANTOS, E. E. A. dos . Caracterização da qualidade da água subterrânea na cidade de Manaus. In: Semana da Química 2005, Manaus - Amazonas, 2005. Anais... Manaus: 2005.
- COSTA, A. S. F. Avaliação da Colimetria em igarapés das Bacias hidrográficas de Tarumã, São Raimundo e Educandos. 2003. Relatório Final de PIBIC/ INPA.Manaus, 2003.
- COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; BEMERGUY, R.L.; BORGES, M.S.; COSTA, A.R.; TRAVASSOS, J.A.M; IGREJA, H.L.S. Aspectos Fundamentais da Neotectônica da Amazônia Brasileira. In: Simpósio Internacional do Quaternário da Amazônia, Manaus. Resumos e Contribuições Científicas. Manaus, UA/INPA/UNESCO. p.103-106. 1992.
- COSTERNON, J.W. & COWELL, R. Native Aquatic Bacteria: Activity and Ecology. American Association for Testing and Materials, ASTM-STO, 1979.
- COUTINHO, M. A. G. Hidroquímica das águas de superfícies de igarapés da Bacia Hidrográfica do São Raimundo, Manaus/AM. Relatório Final de PIBIC - INPA. Manaus, 23p, 2005.
- CUNHA, P.R.C., GONZAGA, F.G., COUTINHO, L.F.C., FEIJÓ, F.J. Bacia do Amazonas. Boletim de Geociências da PETROBRÁS, v. 8, nº. 1, p. 47-55, 1994.
- CUNHA, S. B. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. Cap. 07. In: *Questão Ambiental: Diferentes Abordagens*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil: 2003.
- CUSTODIO, E.; LLAMAS, R.M. Hidrología subterránea. Barcelona: Omega,. Tomo I, p.287-384, 1976
- DAEMON, R.F. Contribuição para a datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas. Revista Brasileira de Geociências, v.5, n.2, p.78-84, 1975.
- DALLAROSA, Ricardo Luiz G., Flavio N. M. de OLIVEIRA, Renato C. SENNA, Precipitação Diária em Manaus nos últimos 77Anos e o Recorde Histórico. Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu, Paraná, 2002.
- ELIAS, A.S.S e SILVA, M.S.R. Avaliação da Composição dos Sedimentos da Margem do rio Negro em Frente a Cidade de Manaus. In: IX Jornada de Iniciação Científica. PIBIC/INPA/ CNPq. Anais ... Manaus, 2000.
- ELIAS, A.S.S e SILVA, M.S.R. Hidroquímica das Águas e Quantificação de Metais nos Sedimentos de Fundo das Bacias Hidrográficas de Área Urbana de Manaus que Deságuam no Rio Negro. In: XI Jornada de Iniciação Científica. CNPq/ PIBIC/INPA. Anais. Manaus. Anais ... Manaus, 2002.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Levantamento semi-detalhado dos Solos da Estação Experimental do Caldeirão (Iranduba). Relatório Embrapa CPATU – Belém. 1990. 56 p + mapas
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 2ª. Ed. 2006. 306p
- ERTEL, J. R.; HEDGES, J. I.; DEVOL, A. H.; RICHEY, J. E.; Limmology. Oceanography., (31), 739. 1986.
- FALESI, I.C. Estado atual de conhecimentos de solos da Amazônia brasileira. Simpósio do trópico úmido, 1. Belém, 1984. Anais... Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986. p.168-191.
- FALESI, I.C. "O Estado Atual dos Conhecimentos sobre os Solos da Amazônia Brasileira", In: Simpósio sobre a Biota Amazônica. Rio de Janeiro. Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica: Geociências, Rio de Janeiro: p. 151-168, 1967.
- FERNANDES FILHO, L.A., COSTA, M.L., COSTA, J.B.S. Registros neotectônicos nos lateritos de Manaus – Amazonas. Geociências, v. 16, nº. 1, p. 9-33, 1997.
- FERREIRA, A.R.A.S. A Política de Recursos Hídricos Fatores de Proteção Quando da Utilização das Águas Subterrâneas. 2000. Dissertação (Mestrado no Centro de Ciências do ambiente). Universidade Federal do Amazonas. Manaus . 2000
- FILIZOLA, Naziano. et al. Caracterização Hidrológica da Bacia Amazônica. In: *Amazônia: uma perspectiva interdisciplinar*. Manaus: EDUA, 2002.
- FISHER, T. R. Plâncton e produção primária em sistemas aquáticos da bacia da Amazônia central. Acta Amazonica (Supl.) 8(4): p. 43-54. 1978.
- FONSECA, O.P.M.; SALEM, J.L. e GUARIM, V.L.. Poluição e Autopurificação do rio Negro nas Cercanias de Manaus. Acta Amazonica, 12(2): 271-278p, 1982.
- FORTI, M.C., MOREIRA-NORDEMANN, L.M. Rainwater and throughfall chemistry in a "terra firme" rain forest: Central Amazonia. Geophys. Res., v. 96, p. 7415-7421, 1991.
- FOSTER, S.; HIRATA, R. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 92p, 1993.
- FRANZINELLI, E.; IGREJA, H.L.S. Utilização de sensoriamento remoto na investigação da área do Baixo Rio Negro e Grande Manaus. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 6º Anais, vol. 3 p. 41-648, 1990.
- GATTO, L.C.S. Relevô. In: Geografia do Brasil – Região Norte. IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Rio de Janeiro: IBGE, 1991. p. 47-60.
- GESSNER, F. O regime do oxigênio do rio Amazonas. Bul. Mus. Paraense Emílio Goeldi, 1:43-71, 1962.
- GOLTERMAN, H.L. & CLYMO, R.S. Methods for Chemical Analysis of Fresh Water. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 160 p. (IBP Handbook, 8), 1971.
- GOLTERMAN, H.L. Methods for Chemical Analysis of Fresh Water. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 160 p. (IBP Handbook, 8), 1970.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S. & OHNSTAD, M. A. M. Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Water. Blackwell Scientific Publications, 213p (IBP Handbook, 8), 1978.
- GOULDING, M.G., CARVALHO, M.L. & FERREIRA, E.G. Rio Negro, rich life in poor water. Amazonian diversity and foodchain ecology as seen through fish communities. The Hague: SPB Academic Publishing. 200p, 1988.
- GRASSHOFF, K. Methods of seawater analysis. New York: Verlag Chemie, 419p, 1976.
- GUEDES, N.C. e SILVA, M.S.R. Caracterização Físico-Química das Águas e Sedimentos no Igarapé Mindu, Manaus-AM. In: VII Jornada de Iniciação Científica PIBIC/INPA/CNPq. Anais ... Manaus, 1998.
- HiBAm – Hidrologia da Bacia Amazônica. ORSTOM/CNPq/ANEEL/UnB. 12ª Campanha de medições de vazão e amostragem de água na bacia do rio Negro e no rio Amazonas: Campanha Negro 98. Brasília, 1998.
- HIRATA, R. Recursos hídricos. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (Orgs). Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.
- HORBE, A. M C.; GOMES, I. L. F.; MIRANDA, S. F.; SILVA, M. S. R. Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus – AM. Acta Amazonica. VOL. 35(2) 119 – 124p, 2005.

- IGREJA, H.L.S., FRANZINELLI, E. Estudos neotectônicos na região do baixo rio Negro – centro-nordeste do Estado do Amazonas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, 1990, Manaus. Anais... Manaus: SBG/NO, 1990, v. 5, p. 2099-2108.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Bases de informações por setor censitário: censo demográfico 2000 – Amazonas/Manaus. Sistema de Recuperação de Informações Georreferenciadas, versão 1.1. Rio de Janeiro, 2002.
- IPEAM. Os solos da área Cacau-Pirêra - Manacapuru. IPEAM. Belém. 198 p + 1 mapa. 1970. (Série: Solos da Amazônia, v. 2 – 3).
- IRMLER, U. Ecological studies of aquatic soils invertebrates in three inundation forest of Central Amazonia. Acta Amazoniana 3(3): 337-409p, 1975.
- JUNIOR, E. S.; ROCHA, J.C.; ROSA, A. H; ZARA, L. F.; SANTOS, A dos. Substâncias húmicas aquáticas: fracionamento molecular e caracterização de rearranjos internos após complexação com íons metálicos. Revista Química Nova, Vol. 24, N° 3, 339-344p, 2001.
- KITAGAWA, Y., MÖLLER, M.R.F. Clay mineralogy of some typical soils in the Brazilian Amazon region. Pesq. agropec. bras., 14:201-208, 1979.
- LAGES, A da S. & MIRANDA, S. A. F de. Qualidade da água do rio negro na orla de Manaus. In: XIV Jornada de Iniciação Científica, PIBIC/INPA/ CNPq. Anais... Manaus, 2005.
- LEAL, M.S. Gestão ambiental de recursos hídricos: princípios e aplicações. Rio de Janeiro: CPRM, 176p, 1998.
- LEENHEER, J. A. Origin and nature of humic substances in the waters of the Amazon River Basin. Acta Amazonica 10(3): 513-526p, 1980.
- LIMA, H. N. ; SCHAEFER, C. E. G. R. ; MELLO, J. W. V. ; GILKES, R. J. ; KER, J. C. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian lack Earth") of Western Amazonia. Geoderma, 110 (1-2): 01-17, 2002.
- LIMA, H.N. Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. Viçosa: UFV, 2001. 176p. Il. (Tese de Doutorado).
- LOURENÇO, R.S., MONTALVÃO, R.M.G., PINHEIRO, S.S., FERNANDES, P.E.C.A., PEREIRA, E.R., FERNANDES, C.A.C., TEIXEIRA, W. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. In: BRASIL. Projeto RADAM. Geologia das Folhas SA.20 Manaus. Rio de Janeiro, DNPM, 1978. p.19 -173.
- LOWE-MACCONNELL, R. H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes
- MACIEL FILHO, C.L. Introdução à Geologia de Engenharia. 2 ed. Santa Maria: UFSM; Brasília: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, 284p, 1997.
- MACKERETH, F J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. Water Analysis: Some revised methods for Limnologists. Freshwater Biological Association Cumbria. 121 p, 1978.
- MAIA, R.G.N., GODOY, H.O., YAMAGUTI, H.S., MOURA, P.A., COSTA, F.S.F., HOLANDA, M.A., COSTA, J.A. Projeto carvão no alto Solimões. Relatório Final, Manaus, CPRM/DNPM, v.1, 1977, 142p.
- MARLIER, G. Ecological studies on some lakes of the Amazon Valley. Acta Amazoniana, 1(2):91-115p, 1967.
- MEADE, R. H.; NORDIN, C. F.; CURTIS, W. F.; COSTA-RODRIGUES, F. M.; VALE, C. M. & EDMOND, J. M. Transporte de sedimentos no rio Amazonas. Acta Amazonica 9(3): 529-547 p, 1979.
- MELO E. G.F. & SILVA, M. S. R. Miranda, S.A. Influência Antrópica sobre Águas de Igarapés na Cidade de Manaus – Amazonas. Caminhos de Geografia-revista on-line 5 (16) 40 - 47, out/ - 2005 In: < <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>> Acesso: 25 de julho de 2007.
- MELO, E. G. F.; FRANKEN, W. K. Estudo físico-químico nas águas da bacia do Rio Taruma-Açu. In: XI Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA, 2002. Manaus. Anais ... 2002. Manaus.
- MELO, J.de L & CUNHA, H.B. Avaliação físico-química e bacteriológica de poços artesianos da região sul da cidade de Manaus. In: XI Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA, 2002. Manaus. Anais ... 2002. Manaus.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES -SECRETARIA EXECUTIVA em < <http://www.transportes.gov.br/bit/hidro/detrionegro.htm>> . Acesso em 15 de julho de 2007.
- MIOTO, J.A. Sismicidade e zonas sismogênicas do Brasil. Rio Claro, 1993. v. 1 e 2. Tese (Doutoramento) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP.

- MORAIS, J.O. Geologia no planejamento ambiental: Impactos na água. Revista Geologia. São Paulo, v.8, 229-51 p, 1995.
- MUNTZ, W.R.A. A penetração de luz nas águas de rios amazônicos. Acta Amazônica. Manaus (Brasil). V.8 N°.4, 613-620p, 1978.
- MURPHY, J ; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27: 31- 36p, 1962.
- NASA Shuttle Radar Topography Mission. 2000. The mission to map the world (<http://www.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>), accessed January 5, 2000.
- NASCIMENTO, D.A., MAURO, C.A., GARCIA, M.G.L. Geomorfologia da Folha SA.21-Santarém. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.22-Santarém. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: MME/DNPM, 1976. v. 10, cap. 2, p. 131-98.
- NETO, J. R.R.; CUNHA, H. B. Avaliação físico-química e biológicas de poços rasos “cacimbas” da região da cidade de Manaus. In: X Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA, 2001. Manaus. Anais ... 2001. Manaus.
- OLIVEIRA, E. et al. 5º Curso Internacional de Medição de Descarga Líquida em Grandes Rios. ANA. CPRM. Manaus. 2006.
- PETRELLA, R. O manifesto da água: argumentos para um contrato mundial. Rio de Janeiro: Ed. Vozes, 159p, 2002.
- PINTO, A.G.N. As Grandes Enchentes na Década de 70 – Fator Contribuinte à Migração para Manaus. 2002. Monografia. Departamento de Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2002.
- PINTO, N.L.S. Introdução. In: SBGE. Hidrologia de superfície. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.
- PROSAMIM, 2004 – Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus. Avaliação Ambiental Estratégica. Manaus. 339p.
- RAI, H e HILL, G. Establishing the pattern of heterotrophic bacterial activity in three Central Amazonian lakes. Hydrobiology. Volume 86, Numbers 1-2 / January, 121-126p, 1982.
- RAI, H. & HILL, G. Physical and chemical studies of lago Tupé: a central Amazon black water “ria lake”. Int. Revue Ges. Hydrobiology. 66(1): 37-82 p, 1981.
- RAMOS, A. M. Quantificação e avaliação dos metais pesados nas águas subterrâneas de Manaus. Relatório Final de PIBIC. INPA. Manaus. 23p, 2002.
- RAMOS, A.M.; SILVA, M.S.R. Avaliação e quantificação de metais pesados nas águas subterrâneas de Manaus-AM. In: XII Jornada de Iniciação Científica, Manaus: PIBIC/INPA/CNP. Anais ... Manaus: 2003.
- REBOUÇAS, A.C. Águas subterrâneas: fator para desenvolvimento. Rev. Águas Subterrâneas, v.3, 31-43 p, 1981.
- Referências Bibliográficas.
- REGO, Valéria S. et al. Levantamento de dados hidráulicos e morfodinâmicos para instalação de um gasoduto no Rio Negro. *Anais do I Congresso Internacional do Piatam: Ambiente, homem, gás e petróleo*. Manaus: UFAM/ Centro de Pesquisas da PETROBRAS, 2005, p. 181.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G.F. Pedologia: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 2002. 304p.
- RIBEIRO, J. S. B. Fatores ecológicos, produção primária e fitoplâncton em cinco lagos da Amazônia central. 1978. Estudo preliminar. Dissertação (Mestrado da Universidade Federal de São Carlos) São Paulo-SP. 143 p, 1978.
- RODRIGUES, T.E. Solos da Amazônia. In: O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. ALVAREZ, V. V.H.; FONTES, L.E.F. e FONTES, M.P.F. Viçosa, SBCS, 1996. p.19-60.
- SALATI, E.; MARQUES, J. e MOLLION, L.B. Origem e Distribuição das Chuvas na Amazônia. Interciência, (3) 200-250p, 1984.
- SALATI, Enéas. O Clima atual depende da floresta. In: *Amazônia; desenvolvimento, integração, ecologia*. São Paulo: Brasiliense; (Brasília) CNPq, 1983. 45-100 p.

- SAMPAIO, A. Q. Estudo dos metais pesados (Cu, Cd, Fe, Mn, Fe, Pb e Cr) em águas na região do distrito industrial de Manaus – (AM). Dissertação (Mestrado do Programa de pós Graduação da UFAM) Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 120p. 1999.
- SANTANA G.P. & BARRONCAS, P. S. R. Estudo dos metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). Acta Amazonica VOL. 37(1): 111 – 118p, 2007
- SANTOS, A.C.. Noções de Hidroquímica. In: Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 2ª. ed. CPRM/REFO, LABHID – UFPE, Fortaleza, Ceará. 81–107p, 2000.
- SANTOS, L. A.; WAICHMAN, A. V. Biodisponibilidade de metais pesados em igarapés da cidade de Manaus. In: 51ª Reunião Anual de SBPC, Porto Alegre. Livro de Resumos. 1999.
- SANTOS, R. D., LEMOS, R. C., SANTOS, H. G., KER, J. C., ANJOS, L. D. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5ª. Ed. Viçosa, SBSCS, 2005. 100p.
- SANTOS, U.M., RIBEIRO, M.N.G. A hidroquímica do rio Solimões-Amazonas. Acta Amazonica., v. 18, 145-72 p, 1988.
- SCHMIDT, G. W. Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. IV. On the primary productivity of phytoplankton in a bay of the lower rio Negro (Amazonas, Brazil). Acta Amazoniana 5(4): 517-528 p, 1976
- SILVA C.L., MORALES, N., CRÓSTA, A.P., COSTA, S.S., JIMENEZ-RUEDA, J.R. 2007. Analysis of tectonic-controlled fluvial morphology and sedimentary processes of the western amazon basin: an approach using satellite images and digital elevation model. Anais da Academia Brasileira de Ciências, no prelo.
- SILVA, C.L. Análise da tectônica cenozóica da região de Manaus e adjacências. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2005. 282p.
- SILVA, C.L., CARVALHO, J.S., COSTA, S.S., ALECRIM, J.D. Considerações sobre neotectonismo na cidade de Manaus (AM) e áreas adjacentes: uma discussão preliminar. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, SBG, Balneário Camboriú (SC). Anais... SBG, 1994, v. 2, p. 251-252.
- SILVA, C.L., CROSTA, A.P., NORBERTO, M., COSTA, S.S., RUEDA, J.R.J. Uso de modelo digital de terreno (SRTM) na elaboração de mapas temáticos aplicados a análise morfotectônica: exemplo da região sudoeste de Manaus - AM. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 52, SBG, Araxá (MG). Anais...SBG, 2004, 367p.
- SILVA, C.L., HORBE, A.M.C., HORBE, M.A., MORALES, N., COSTA, S.S., RUEDA, J.R.J. Bacias quaternárias ao longo do rio Solimões-Amazonas. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 8, Manaus, 2003.
- SILVA, M.L. Hidroquímica elementar e dos isótopos de urânio no aquífero de Manaus – AM. Rio Claro: UNESP, 1999. 82p. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos), Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, 1999.
- SILVA, M.L; BONOTTO, D.M. Hidrogeoquímica e isótopos de urânio das águas subterrâneas da Formação Alter do Chão, cidade de Manaus (Am) – Brasil. Rev. Bras. Geociências, 2007.
- SILVA, R.F.; SILVA, M.L. Hidroquímica das águas de subsuperfície da área de influência da bacia hidrográfica do igarapé do São Raimundo - Manaus-Am. In: XVI Jornada de Iniciação Científica, Manaus: PIBIC-FAPEAM-INPA, Anais... 25p, 2007.
- SIOLI, H. Hydrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon Region. Acta Amazoniana. Bd. I H. 3: 267–277p, 1968.
- SIOLI, H.1984. Introduction: History of the discovery of the Amazon and research of Amazonian waters and landscapes. p. 1-13. In: Sioli, H. (ed.)The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin. Monographiae Biologicae 56. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- SIPAM. Base pedológica da Amazônia Legal. Base em formato digital referente a levantamento em escala de detalhe compatível com a escala de 1:250.000. SIPAM / IBGE. 2001.
- SOARES, C.B.S.S.; TEIXEIRA, W.G.; PINTO, W. H. A.; COSTA, L.A. Geotecnologia aplicada ao estudo da dinâmica do uso e cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental (APA) Encontro das Águas – Iranduba (AM). In: Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis. INPE. p. 3163 – 3170. 2007
- SOARES, E.A.A., SILVA, C.L., NOGUEIRA, A.C.R., SUGUIO, K., BARROS, D.S., SANTOS, W.H.D. Os depósitos quaternários na confluência dos rios Negro e Solimões, municípios de Iranduba e

- Manacapuru, Amazonas. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 7, 2001, Belém. Anais... Belém: SBG/NO, 2001, v. 1, p. 19-22.
- SOARES, L.C. Hidrografia In: Geografia do Brasil – Região Norte. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. Vol. 3, 70-92 p, 1991
- SOMBROEK, W.G. Amazon soils; a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Wageningen, Centre for agricultural publications and documentation, 1966. 262p.
- SOUZA, M. M. Dois poços tubulares anômalos em Manaus-AM. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Recife. Anais... Recife, 323-328 p, 1994.
- STERNBERG, H.O.R. Vales tectônicos na planície amazônica?. Revista Brasileira de Geografia, v. 12, nº. 4, p. 3-26, 1950.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, R. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fish. Res. Board Canada Bull. 1968.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. Ambientes fluviais. 2 ed. Florianópolis: UFSC, 183p, 1990.
- TANCREDI, A.C.F.S.; LOBATO, J.R.B.; SERRA, V.H. Interpretação hidrogeoquímica das águas subterrâneas da ilha de Marajó. Acta Amazonica. Manaus, v.16/17, p. 293-316, 1987.
- TEIXEIRA, W. G. & G. C. MARTINS. Soil physical characterization. In: Lehmann, J.; Kern, D.C.; Glaser, B.; Woods, W. I. Amazonian Dark Earths: origin, properties and management. Kluwer, Dordrecht. 271 – 286. 2003
- TODD, D.K. Groundwater hydrology. New York: John Wiley & Sons, 535p, 1980.
- TRICART, J. *Tipos de planícies aluviais e de leitos fluviais da Amazônia brasileira*. Rev. Bras. de Geografia. Rio de Janeiro, 1977. p. 3 -37.
- tropicais. Editora EDUSP, São Paulo. 534p. 1999.
- VALDERRAMA, J.C. Simultaneous Analysis of Total Nitrogen and Total Phosphorus in Natural Waters. Marine Chemistry. Vol 10 109-122p. Elsevier Scientific Publish Company, Amsterdam. 1981.
- VEIGA, R.S.S. Avaliação da qualidade da água da bacia do igarapé do Quarenta, Manaus. 2005, Monografia (Curso de Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Amazonas, 60p, 2005.
- VILLIERS, M. Água. Rio de Janeiro: Ediouro, 457p, 2002.
- WAICHMAN, A. V.; TITO BORGES, J. Recursos Hídricos Urbanos – Proposta de um modelo de planejamento gestão integrada e participativa no Município de Manaus – AM. Revista T & C Amazônia. Org. FUCAPI. Dez. 2003.
- WAICHMAN, A.V. Variação Espacial e Temporal da Comunidade de Sulfobactérias em Igarapés da Cidade de Manaus e Sua Relação com a Qualidade da Água e dos Sedimentos. 1999. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). INPA/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1999.
- WALKER, I.; Revista Ciência Hoje Vol. 11, Nº. 64, p.44, 1990.
- WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Disponível em:<<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs257/en/print.html>> Acesso em: 11, fevereiro de 2005.
- XAVIER, Terezinha de M. B. S., Tempo de Chuva – Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional, 2001, Editora ABC. Fortaleza – Ceará, 478p.

CAPÍTULO IV

PARTE A - Caracterização do Meio Físico

IVA.1 - Caracterização Pedológica, Aptidão e Vulnerabilidade

Neste item, são apresentadas as informações do meio físico, recurso natural solo, obtidos no estudo de impacto ambiental da Ponte sobre o rio Negro.

Os solos são um dos mais importantes recursos naturais do nosso planeta e ocupam uma posição peculiar na paisagem ligada às várias esferas que influenciam a vida humana. Mais ainda, representam o substrato principal da produção de alimentos e uma das principais fontes de nutrientes e sedimentos que vão para os rios, lagos e mares (RESENDE et al., 2002).

É a partir do solo que cultivamos grande parte dos nossos alimentos, é também de onde retiramos material para confeccionar alguns objetos e material utilizado na construção de residências e também na confecção de objetos artesanais e utensílios domésticos, como panelas de barro. Também nos primórdios da civilização, os homens primitivos retiravam pigmentos para suas pinturas.

De maneira geral, a área que será influenciada direta e indiretamente antes, durante e após a construção do empreendimento se assenta sobre solos formados a partir de sedimentos atuais e rochas sedimentares desde o período Cretáceo até os tempos atuais.

A área em estudo é uma das áreas mais bem estudadas acerca de seus solos, como se pode depreender da lista de levantamentos e outros estudos levados a cabo nessa região.

IVA.1.1 Principais Solos da Área de Influência da Ponte Sobre o rio Negro

Aspectos gerais da classificação - O solo que classificamos é uma coleção de corpos naturais, compostos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, constituídos por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem. Ocasionalmente podem ter sido modificados por atividades humanas (EMBRAPA, 2006).

Quando examinados a partir da superfície, consistem de seções aproximadamente paralelas, denominadas horizontes ou camadas, que se distinguem do material de origem, inicial, como resultado dos processos de formação dos solos (adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria) e têm habilidade de suportar o desenvolvimento do sistema radicular de espécies vegetais, em um ambiente natural (EMBRAPA, 2006).

Antes de iniciarmos a descrição de cada ordem de solo em particular, apresentamos uma breve descrição geral do material de origem desses solos, o que ajuda na compreensão de suas características.

Os solos dessa área são derivados de sedimentos e rochas sedimentares da Formação Alter-do-Chão (Cretáceo), na área bem drenada de terra firme, e sedimentos da Formação Iça (Terciário) nas áreas de mal drenadas dos ambientes mais rebaixados dessa paisagem. Por último, nas várzeas, já nas margens do rio Solimões, os solos são derivados a partir de sedimentos holocênicos, portanto atuais, de origem andina e sub-andina.

Além do material de origem, o tempo de exposição, a posição na paisagem e a predominância de uma das classes de processos de formação do solo: laterização, podzolização e hidromorfismo levaram à formação de diferentes ordens de solo: Argissolos, Latossolos, Plintossolos, Espodossolos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos.

A espacialização dos solos na área de estudo é apresentada nos Anexos IVA 01 e IVA 02.

A seguir faz-se a descrição dos solos predominantes na área de estudo.

Os solos, cuja descrição é apresentada a seguir foram reunidos em três grupos, levando em consideração a sua posição na paisagem, a composição granulométrica e as condições de drenagem. Considerando esses três aspectos os solos ficaram assim agrupados: a) solos bem drenados de terra firme de textura média a muito argilosa; b) solos bem drenados de terra firme de textura arenosa; e c) solos mal drenados.

Solos bem drenados de terra firme de textura média a muito argilosa - Neste grupo estão incluídos os Argissolos, os Latossolos e os Plintossolos Pétricos, cujas principais características são apresentadas mais adiante. Esses solos são derivados a partir de um mesmo material de origem: sedimentos inconsolidados da Formação Alter-do-Chão.

Convém destacar que se procurou fazer uma descrição sucinta e menos tecnicista de cada uma das ordens de solos, de maneira que o texto seja de fácil compreensão mesmo para aqueles que não se dedicam à ciência do solo, como ramo preferencial de seus estudos. Sem, contudo deixar de atender com os elementos indispensáveis para a consecução do escopo do estudo de impactos ambientais.

Informações mais pormenorizadas sobre cada uma das ordens de solos podem ser obtidas por meio do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Argissolos - A ordem dos Argissolos compreende solos minerais, que têm como característica diferencial a presença de um incremento expressivo do conteúdo de argila do horizonte superficial (horizonte A) para o horizonte sub-superficial (horizonte B). Essa diferença se manifesta por meio de um gradiente de textura, normalmente mais arenosa na superfície e mais argilosa na sub-superfície. Por essa razão o horizonte B dos Argissolos é denominado “horizonte B textural”. Essa característica pode ser resultado da migração de argila do horizonte superficial para aquele sub-superficial ou também ser resultante da remoção lateral de argila, que se manifesta por meio desse gradiente.

Os Argissolos mais comumente ocupam áreas mais declivosas, terço médio e inferior de encostas. Esses aspectos são determinantes na erodibilidade desses solos, normalmente alta.

Esses solos podem apresentar profundidade variável. Podem ser muito bem drenados ou imperfeitamente drenados. Em geral apresentam cores com tonalidades amareladas ou avermelhadas, mas também podem ser brunados ou acinzentados (Figura IVA.1.01)

Na área de influência do empreendimento os Argissolos apresentam caráter forte a moderadamente ácido, baixa disponibilidade de nutrientes (teores mais elevados ocorrem nos horizontes superficiais devido à influência dos maiores teores de matéria orgânica). Apresentam também teores elevados de alumínio trocável, normalmente tóxico às plantas cultivadas.

A fração argila desses solos é dominada por caulinita, um tipo de argila silicatada de fraca ou desprezível expansibilidade, e em menores quantidades se encontra óxidos de ferro, especialmente goethita, e mais raramente hematita. A fração areia, por outro lado, é dominada quase que exclusivamente por quartzo. Portanto, além da pobreza química esses solos não apresentam reservas minerais para atender as necessidades das plantas.

Sob condições naturais, os Argissolos e Latossolos estão recobertos por uma densa e rica floresta de terra firme e ocorrem na parte mais elevada da paisagem, normalmente com os Latossolos ocupando os topos planos (os platôs) e os Argissolos o terço médio e inferior das encostas. O incremento textural típico dos Argissolos, com o horizonte superficial mais arenoso, é fundamental no processo erosivo, uma vez que a água tende a se infiltrar rapidamente na superfície arenosa e lentamente na subsuperfície mais argilosa. Essa diferença na velocidade de infiltração da água do solo resulta no escoamento subsuperficial da água, que pode levar à perdas significativas de solos por erosão.



Figura IVA.1.01. Detalhe de um perfil típico de Argissolo Vermelho-Amarelo textura média (Manaus-AM). Foto: H.N.Lima

Latossolos - Os Latossolos são solos minerais profundos e muito intemperizados, cuja característica diagnóstica é a presença de um horizonte B latossólico, isto é, um horizonte sub-superficial, com pelo menos 50 cm de espessura, que apresenta elevado grau de intemperismo. Em geral, os Latossolos são os solos mais evoluídos da paisagem e, como consequência das enérgicas transformações no material constitutivo, são praticamente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, além de apresentarem baixa reserva de nutrientes.

Por outro lado, apresentam uma boa estrutura, isto é, uma boa agregação entre as frações argila, silte e areia; também apresentam pequena variação no teor de argila em profundidade e teor de matéria orgânica de baixo a médio. Todas essas características conferem aos Latossolos menor erodibilidade do que as demais classes de solos e uma boa capacidade de regeneração natural após eventos impactantes, isto é, maior resiliência.

Como consequência do elevado grau de intemperismo e da pobreza do material de origem, esses solos são, em geral, muito ácidos, pobres em nutrientes disponíveis e apresentam elevado teor de alumínio trocável. Como na maioria dos solos muito intemperizados a matéria orgânica desempenha papel fundamental no processo de nutrição das plantas e de ciclagem de nutrientes.

A fração argila dos Latossolos é dominada por caulinita e óxidos de ferro, goethita e hematita. A presença ou ausência desses óxidos é determinante na cor desses solos, podendo ser classificados como Latossolos Amarelos (com goethita e sem hematita) (Figura IVA.1.02), Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos. A fração areia desses solos é dominada por quartzo, daí sua ausência de reserva de nutrientes.

Na área do empreendimento, principalmente no município de Iranduba, os Latossolos Amarelos são os solos dominantes na paisagem de terra firme. Sob condições naturais ocorrem sob floresta equatorial densa.



Figura IVA.1 02. Detalhe de um perfil típico de Latossolo Amarelo textura argilosa, com horizonte concrecionário, rico em petroplintita (Iranduba-AM). Foto: H. N. Lima

Plintossolos Pétricos - Os Plintossolos Pétrico, à semelhança dos Argissolos e Latossolos, são solos derivados de sedimentos cretáceos da Formação Alter-do-Chão. Quimicamente, também são muito semelhantes. Portanto, solos muito antigos e muito intemperizados, com baixa disponibilidade de nutrientes, elevada acidez e alto teor de alumínio trocável.

Um atributo que os torna bem diferentes dos demais é presença de concreções, normalmente ferruginosas, que se denomina petroplintita, ou, vulgarmente, piçarra. Essas concreções podem ocorrer distribuídas no perfil, desde a superfície até as camadas mais profundas, ou então concentrarem-se em uma camada próxima à superfície.

Quando as camadas ocorrem em profundidades superiores a 50 cm, os solos são classificados como Argissolos ou Latossolos, dependendo de quais os requisitos atenda para uma das ordens. Muitas dessas áreas são utilizadas como jazidas de piçarras para construção de estradas ou mesmo para a construção civil. Durante o processo de mineração da piçarra, faz-se a remoção da vegetação. Essa ação provoca um significativo impacto ambiental, comumente observado na área de estudo.

Solos bem drenados de terra firme de textura arenosa - Nesse grupo de solos foram incluídos os Espodossolos e os Neossolos Quartzarênicos. Solos caracteristicamente ricos em areia, representativos da bacia do rio Negro. São solos de potencial agrícola muito baixo onde se

desenvolve uma típica vegetação de capinas e campinaranas, quando bem drenados. É um dos ambientes mais frágeis da Amazônia, seja a susceptibilidade aos processos erosivos, seja pela fragilidade de sua vegetação e também pela dificuldade de revegetação.

Espodossolos - Compreende solos minerais com horizonte B espódico, isto é, um horizonte mineral subsuperficial, que apresenta acumulação de matéria orgânica e compostos amorfos de alumínio, podendo conter também ferro aluvial em quantidades variáveis.

Esse horizonte espódico, de cor escurecida, ocorre sob horizonte eluvial, isto é, um horizonte que sofreu remoção de material em suspensão ou em solução, normalmente de cor muito clara, reflexo da concentração elevada de quartzo. O qual é composto quase que exclusivamente por areia quartzosa (Figura IVA.1.03).

Essa areia quartzosa é muito usada para a construção civil, por isso os Espodossolos são frequentemente submetidos à exploração de areia. A atividade de mineração representa uma das mais importantes fontes de impacto desses solos, uma vez que muito poucos são usados para atividades agrícolas.

A textura desses solos é predominantemente arenosa, sendo menos comum a textura média e rara a argilosa no horizonte B. As condições de drenagem são muito variáveis, havendo estreita relação entre profundidade, grau de desenvolvimento, endurecimento ou cimentação do horizonte B e a drenagem do solo.

São solos muito pobres, moderada a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases muito baixa, sendo peculiares altos teores de alumínio trocável. São desenvolvidos principalmente a partir de materiais areno-quartzosos, sob condições de umidade elevada, em clima tropical e subtropical, em relevo plano, suave ondulado, abaciamentos e depressões.



Figura IVA.1.03. Detalhe de um perfil de Espodossolo, com destaque para a coloração clara do horizonte E, rico em areia quartzosa. Foto: H. N. Lima

Neossolos Quartzarênicos - Os Neossolos Quartzarênicos diferem dos Espodossolos por não apresentarem o horizonte B espódico. Sua seqüência de horizontes normalmente é constituída pelos horizontes A, mais rico em matéria orgânica, sobre um horizonte C.

Solos dessa ordem apresentam elevada permeabilidade, com fertilidade natural muito baixa, apresentando fortes limitações ao uso agrícola intensivo.

Por isso, os Neossolos Quartzarênicos, assim como os Espodossolos, apresentam muito baixa aptidão agrícola, sendo usados principalmente como fonte de areia para a construção civil e pavimentação. Podem ocorrer associados aos Argissolos arenosos e aos Espodossolos. Quando associados a estes são freqüentes sob vegetação de campinas e campinaranas; quando associados aos Argissolos, sob formações florestais.

Solos sujeitos ao excesso de água - Foram incluídos nesse grupo os Plintossolos Háplicos, os Gleissolos e os Neossolos Flúvicos. Esses solos diferenciam-se dos demais até aqui apresentados por serem derivados a partir de sedimentos do Quaternários da Formação Iça, no caso dos Plintossolos, e sedimentos holocênicos os demais, e por apresentarem condições mais restritas de drenagem, sendo o seu desenvolvimento condicionado por condições temporárias de hidromorfismos, especialmente os Plintossolos Háplicos e os Gleissolos.

As condições mais restritas de drenagem e sua posição mais baixa na paisagem resultam em solos menos intemperizados, de maior riqueza de minerais, embora com significativas restrições ao cultivo agrícola resultantes do excesso de água, e em alguns casos da pobreza em nutrientes e do excesso de alumínio trocável.

Destaca-se também que os Plintossolos Háplicos e os Gleissolos são predominantes na Ilha do Camaleão, onde grande parte da via de acesso à ponte será construída, no município de Iranduba.

Plintossolos Háplicos - constituem um grande grupo de solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade (hidromorfismo) (Figura IVA.1.04).

De maneira geral, são imperfeitamente ou mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintização isto é, formação de plintita. A plintita é uma formação constituída de mistura de argila, pobre em húmus e rica em ferro e alumínio, com quartzo e outros minerais. A textura destes solos é variável, podendo ser franco-arenosa ou mais fina no horizonte plíntico (rico em plintita).

Normalmente, esses solos estão relacionados a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suavemente ondulado, e menos freqüentemente ondulado, em zonas geomórficas de baixada, que apresentam restrição de drenagem.

Ocorrem também em terços inferiores de encostas ou áreas de surgentes, sob o condicionamento quer de oscilação do lençol freático, quer de alagamento ou encharcamento periódico por efeito de restrição à percolação ou escoamento de água. As áreas mais expressivas destes solos na área de influência deste projeto situam-se no município de Iranduba nas proximidades do Paraná do Ariaú.

De modo geral, os Plintossolos Háplicos apresentam baixa fertilidade natural, acidez elevada e sérias restrições à mecanização agrícola devido ao excesso de água durante uma significativa parte do ano, prejudicando seu uso com cultivos perenes.

A composição mineralógica da fração argila desses solos é dominada por caulinita, mica/ilita, vermiculita, pirofilita, quartzo, hematita e goethita, de acordo com LIMA (2001). A presença de minerais de argila expansivos, como mica e vermiculita, confere aos Plintossolos Háplicos a propriedade de se expandirem quando úmidos e se contraírem quando secos, provocando

rachaduras no solo, as quais são importantes durante a construção e manutenção de vias pavimentadas sobre esses solos.

Sua fração areia, por outro lado, é composta basicamente por quartzo, o que revela pobreza de reserva de minerais desses solos a exemplo dos solos bem drenados de terra firme dessa área.

Gleissolos - A ordem dos Gleissolos compreende solos minerais hidromórficos, isto é, solos onde o processo de hidromorfismo imprimiu características próprias, as quais se manifestam por meio de cores acinzentadas, azuladas e esverdeadas, típicas de um ambiente onde predomina durante parte do tempo o processo de redução.

O encharcamento a que esses solos estão sujeitos durante longo período do ano resulta em condições anaeróbicas, com conseqüente redução do ferro férrico para o estado ferroso (expressas pela cores típicas já descritas). Na sua forma reduzida, o ferro torna-se solúvel em água sofrendo translocação ou reprecipitação em ambientes mais bem oxidados.

Os Gleissolos apresentam como característica que os distinguem dos demais solos um horizonte glei, isto é, um horizonte mineral subsuperficial ou eventualmente superficial caracterizado pela intensa redução de ferro e formado sob condições de excesso de água. Esse horizonte glei deve ocorrer nos primeiros 50 cm de profundidade, ou a profundidade entre 50 a 125 cm, desde que imediatamente abaixo de horizontes A ou E (gleisados ou não).

Os Gleissolos apresentam fertilidade variada, embora em geral sejam de fertilidade elevada. Todavia, o excesso de água durante parte do tempo constitui importante limitação ao uso agrícola, evidenciando também sua inaptidão para uso com cultivos perenes e silvicultura.



Figura IVA.1 04. Detalhe de um perfil de um Plintossolo Háplico com sinais visuais de deficiência de drenagem (mosqueamento na base do perfil) (Iranduba, AM). Foto: H. N. Lima

A composição mineralógica de sua fração argila pode apresentar caulinita, esmectita, mica/ilita, clorita, vermiculita, quartzo, hematita, goethita, além de outros compostos de ferro de menor grau de cristalinidade (LIMA et al., 2002). A exemplo dos Plintossolos Háplicos, a presença de argilas expansivas (esmectita, mica, vermiculita) imprime a esses solos a propriedades de racharem quando secos.

Neossolos Flúvicos (Solos Aluviais) - Os Neossolos Flúvicos, como indica o próprio nome, incluem os solos mais jovens dessa paisagem, que ocorrem principalmente na planície aluvial ou várzea do

rio Solimões, nos municípios de Iranduba e Manacapuru e que são formados a partir de sedimentos holocênicos de origem andina.

Solos mais novos são menos estruturados, apresentam teores mais elevados de areia e silte e toleram menores perdas por erosão, sendo, portanto vulneráveis e necessitam maiores cuidados. Na maior parte da área, contudo, o processo de erosão causará poucas perdas aos Gleissolos, especialmente devido ao relevo plano a suave ondulado onde se encontram e a pequena diferença de cota entre o nível do solo e o nível das águas.

Os Neossolos Flúvicos estão associados principalmente ao dique aluvial (barranco do rio) e as partes mais elevadas do interior da várzea, enquanto os Gleissolos ocorrem na parte mais interior e mais rebaixada da várzea, por isso mais freqüentemente encontram-se saturados ou completamente submersos. Apesar de apresentarem, especialmente os Neossolos flúvicos, elevada fertilidade natural e elevada reserva de nutrientes, as condições de drenagem e a elevação sazonal do nível das águas tornam-se freqüentemente limitantes ao cultivo desses solos por parte significativa do ano (Figura IVA.1.05).

Não obstante essas limitações, esses solos são os mais cultivados pelos ribeirinhos. Portanto, todas as ações de alteração da cobertura do solo e remoção da camada superficial nas áreas de várzea possíveis de cultivo representarão um significativo impacto. Entretanto, a natureza da obra provavelmente não causará impactos diretos neste ambiente.



Figura IVA.1.05 – Área de Neossolo Flúvico com cultivo de feijão de corda, margem esquerda do rio Solimões (Iranduba-AM).

As áreas recobertas por matas ciliares deverão ser especialmente tratadas durante a construção da ponte, não só porque sua remoção resultará em maior erosão das margens, mas também porque parte da vegetação da mata ciliar representa fonte de alimentos para peixes e outros animais que habitam aquele ambiente de interface água-terra.

Solos antrópicos (Terras Pretas de Índio) - Outro grupo de solos que merecem especial atenção são os solos antrópicos, localmente denominados de Terra Preta de Índio (TPI), muito comuns na área de confluência dos rios Negro e Solimões. As Terras Pretas constituem registro da ocupação humana na Amazônia e estão associados a sítios arqueológicos, portanto, sujeitos à proteção do Instituto do Patrimônio Histórico (Figura IVA.1.06).

Esses solos apresentam tipicamente um horizonte A espesso e de cor escura, elevados teores de fósforo, cálcio e alguns micro nutrientes, como o manganês e o zinco (Sombroek, 1966), teores mais elevados de matéria orgânica em comparação com os solos adjacentes (Lima et al., 2002), além de fragmentos de cerâmica e, às vezes, material lítico (Figura IVA.1.07).

As Terras Pretas estão associadas a várias ordens de solo, como Latossolos, Argissolos, Espodossolos e Cambissolos e, portanto, suas características bem como sua susceptibilidade à erosão assemelham-se às aquelas descritas para as respectivas ordens já discriminadas anteriormente.

Esses solos têm sido observados principalmente às margens dos grandes rios da região, onde normalmente apresentam pequena extensão. Entretanto, em alguns locais podem ser extensos (mais de 90 hectares). Situam-se numa posição elevada da paisagem que permite uma boa visão do ambiente, especialmente da várzea.

Ocorrem também em áreas de interflúvios, embora nessas áreas normalmente sejam menos extensos e às vezes mais pobres em nutrientes.

A região entre Manacapuru e Iranduba é um dos ambientes mais ricos em terras pretas que se conhece dentro da Amazônia. Devido sua fertilidade natural esses solos são muito requeridos para o cultivo, em razão das altas produtividades a que se pode alcançar muitas das vezes sem a adição de fertilizantes.



Figura IVA.1.06 -Terra Preta de Índio, com destaque de urnas destruídas pela construção da estrada, localidade Açutuba, margem direita do rio Negro (Iranduba-AM). Foto: W. G. Teixeira



Figura IVA.1.07 - Perfil de Terra Preta de Índio, localizada nas proximidades do Lago do Limão (Iranduba) evidenciado a grande concentração de artefatos cerâmicos pré-colombianos. Foto: W. G. Teixeira

IVA.1.2 Considerações Finais

A área de influência do empreendimento está inserida na bacia sedimentar do Amazonas, preenchida por sedimentos continentais depositados desde o período Cretáceo (Formação Alter-do-Chão), até o tempo atual (sedimentos holocênicos). Portanto, os solos que ali se encontram são derivados desses diferentes materiais de origem, cujas fontes são os escudos cristalinos das Guianas ou do Planalto Central do Brasil, no caso daqueles mais antigos e os Andes no caso daqueles holocênicos.

Na terra firme, as características do material de origem, as boas condições de drenagem, o tempo de exposição e a atuação dos agentes bioclimáticos resultaram em solos profundos e em avançado estágio de intemperismo. Portanto, de modo geral, são solos ácidos, pobres em nutrientes, com teores relativamente elevados de alumínio trocável e baixos valores de soma de bases e de capacidade de troca de cátions (FALESI, 1986; RODRIGUES, 1996; LIMA, 2001), ou seja, são solos cujas principais limitações são de natureza química, uma vez que em geral apresentam boas características físicas.

A composição mineralógica desses solos é dominada por caulinita, ocorrem, ainda, goethita, gibbsita, hematita, mica, quartzo, minerais filossilicatos 2:1 e feldspatos como minerais acessórios ou traços (KITAGAWA e MOLLER, 1979).

Nas áreas de drenagem mais restritas, recobertas por sedimentos mais novos, os solos são menos intemperizados, devido principalmente o impedimento de drenagem e o menor tempo de exposição desses sedimentos aos processos de formação dos solos.

Esses solos apresentam grande variabilidade na disponibilidade de nutrientes. A maioria dos Gleissolos e Neossolos Fluídos apresenta elevada riqueza em nutrientes, sendo classificados como eutróficos, mas também podem ser pobres em nutrientes e ricos em alumínio trocável, sendo então classificados como álicos. Já os Plintossolos Háplicos, em geral, são solos muito ácidos, ricos em alumínio trocável e com baixa disponibilidade de nutrientes.

Portanto, para os Gleissolos e Neossolos Fluídos em geral a principal limitação é de natureza física, representada por condições temporárias de hidromorfismo, enquanto para os Plintossolos Háplicos, além da limitação física, também as características químicas podem representar um fator limitante ao uso. A composição mineralógica desses solos apresenta maior riqueza de componentes minerais, especialmente na fração argila, enquanto a fração areia é dominada por quartzo.

De modo geral, a erosão é mais acentuada nos solos de terra firme, notadamente aqueles que ocorrem em áreas com declividade mais acentuada e apresentam teores mais elevados de areia, e no caso dos Argissolos devido ao gradiente textural característico dos mesmos.

Destaca-se, finalmente, que grande parte da área que será afetada pelo empreendimento apresenta-se degradada, devido à mineração de argila para a produção de tijolos e telhas, a mineração de areia para a construção civil (Figura IVA.1.08), mineração de piçarra para pavimentação de estradas e construção civil e pela atividade agrícola e urbanização.



Figura IVA.1 08. Área de Espodossolo degradada pela mineração de areia para a construção civil.

IVA.2 Geomorfologia

Análise Geomorfológica da região da ponte sobre o rio Negro - Inicialmente, para analisar as características geomorfológicas da área onde será construída a ponte sobre o rio Negro é necessário abordar acerca dos aspectos geológicos e estruturais dessa região. Tais estudos são importantes, pois a morfologia do relevo e da drenagem é consequência da interação de processos geológicos, sedimentológicos e tectônicos. Após essas considerações, será discutida a formação do relevo e da drenagem sob a ótica da análise tectônica que, conceitualmente, significa que as causas da construção da paisagem amazônica são decorrentes da manifestação de estruturas tectônicas (falhas, fraturas, movimentação de blocos e etc.); o clima atuando de forma secundária. Deve-se ressaltar que tal estudo é, sobretudo, uma síntese fundamentada em trabalhos publicados nessa região (CAPUTO *et al.* 1972; NASCIMENTO *et al.* 1976, LOURENÇO *et al.* 1978, SOARES *et al.* 2001, SILVA 2005, CAMPELO 2005, SILVA *et al.* 2007, no prelo).

Geologia da região de Manaus e adjacências - As unidades geológicas que ocorrem na área de estudo estão inseridas no contexto da Bacia Sedimentar do Amazonas (CAPUTO 1984, CAPUTO *et al.* 1972 e CUNHA *et al.* 1994). Tais unidades englobam os depósitos sedimentares cretáceos da Formação Alter do Chão (Kac) e miocênicos da Formação Içá (TSi), além de sedimentos quaternários aluvionares (Q e Q₁), conforme representados no mapa geológico. Figura IVA.2. 01 e Anexo IVA.03.

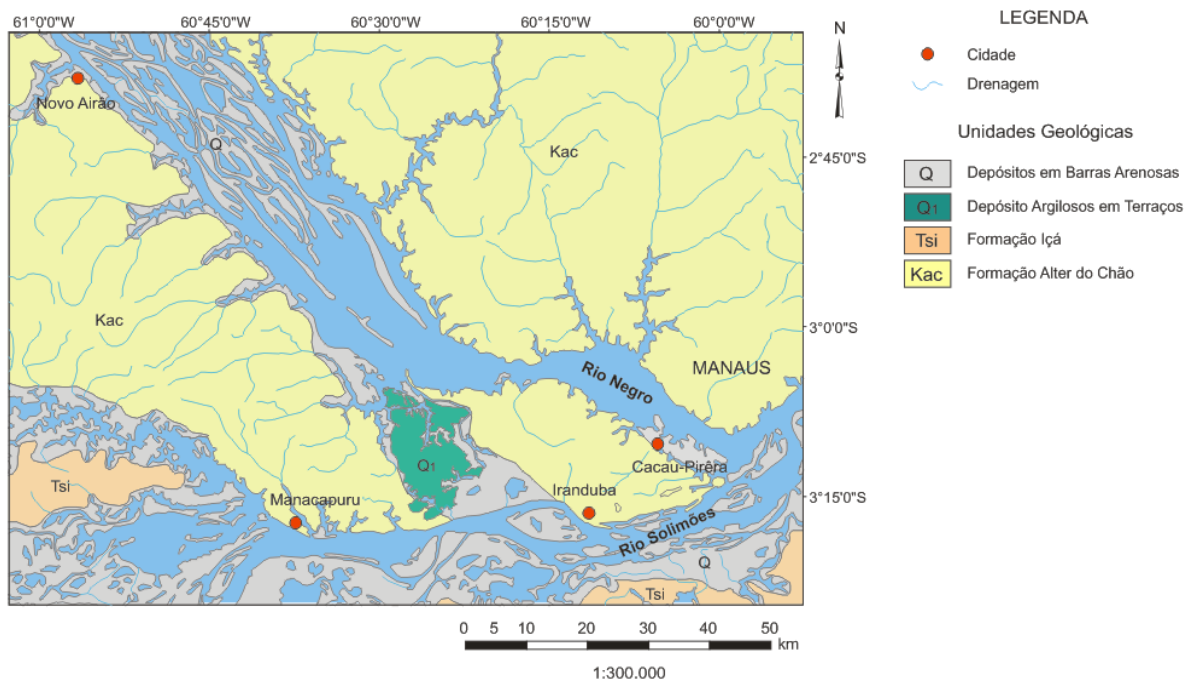


Figura IVA.2 01. Mapa geológico da região de Manaus com a área de influência direta e indireta do EIA/RIMA da ponte sobre o rio Negro.

A FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO - A principal unidade geológica que ocorre na área de influência da ponte é a Formação Alter do Chão, aflorando nas cidades de Manaus, Iranduba, Manacapuru e Novo Airão. Esta formação geológica é composta por arenitos silicificados avermelhados e arenitos inconsolidados com granulação fina a média, intercalados com níveis argilosos e cauliniticos. Apresenta estruturas sedimentares, tais como estratificações tabular, cruzada e plano-paralela, e ainda mostram ocorrências de fragmentos vegetais e de atividade biológica. Tais características denotam que a citada unidade é representativa de uma deposição em ambiente flúvio-lacustre.

A espessura desse pacote sedimentar na cidade de Manaus, conforme informações oriundas de perfurações para água subterrânea, é cerca de 200 metros, podendo alcançar 1.250 metros ao longo da bacia. A rocha denominada de “Arenito Manaus” é uma fácies sedimentar dessa unidade estratigráfica, sendo muito explorada na região como principal fornecedora de matéria-prima para agregados na construção civil.

A Formação Alter do Chão é coberta por solo argilo-arenoso amarelado, por vezes avermelhado, com espessura da ordem de poucos metros (8 m a 10 m), e por uma crosta laterítica geralmente ferruginosa (canga laterítica).

A FORMAÇÃO IÇÁ - Na região de abrangência deste estudo a Formação Içá, designada por Maia *et al.* (1977), tem sua ocorrência restrita a porção leste da cidade de Manacapuru e na margem direita do rio Solimões (Figura IVA.2 01). Morfologicamente, se caracteriza por relevo plano, vales abertos e baixa densidade de drenagem, cujos sedimentos são arenosos, com intercalações de frações finas, siltsos e argilosos típicos do ambiente fluvial. Apresenta baixo ou ausente conteúdo fossilífero, e se sobrepõem em discordância à Formação Alter do Chão.

DEPÓSITOS ALUVIONARES - Os depósitos aluvionares estão distribuídos ao longo dos rios Negro, Amazonas e Arariú, ocorrendo sob a forma de depósitos em barra e de planícies de inundação (várzea). Ao longo do rio Negro, nas cercanias da cidade de Novo Airão, o “Arquipélago das Anavilhanas” é formado por sedimentos depositados em barras de canal, em forma de cordões (ilhas fluviais) que se estendem até próximo à cidade de Manaus. Estão constituídas por depósitos

arenosos, às vezes conglomeráticos, argilas caulínicas, ricas em ferro, e areias derivadas da decomposição de rochas do substrato cristalino proterozóico e rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas (SIOLI 1984). Os sedimentos mais grossos (cascalhos e areias) predominam em depósitos de barras, no canal, enquanto que os sedimentos finos (areias finas, silte e argila) ocorrem nos sítios de inundação (planície e lagos).

Os depósitos de planície de inundação que ocorrem na região de Cacau-Pirêra, local da construção da ponte, são sedimentos aluvionares que repousam em discordância sobre o “Arenito Manaus” (Formação Alter do Chão). Semelhante ao material encontrado na comunidade de Paricatuba, esses depósitos são constituídos por sedimentos argilosos e arenosos com estratificações plano-paralela e cruzada, sendo derivados de planície de inundação, dique marginal e canal abandonado. A sondagem realizada por Campelo (2005) mostra que esse pacote de sedimentos chega a atingir cerca de 20 metros espessura naquela área, sendo constituídos por argilas (cinza, avermelhada e amarelada) com intercalações de sedimentos argilo-arenosos finos e pouco compactados (Figura IVA.2.02).

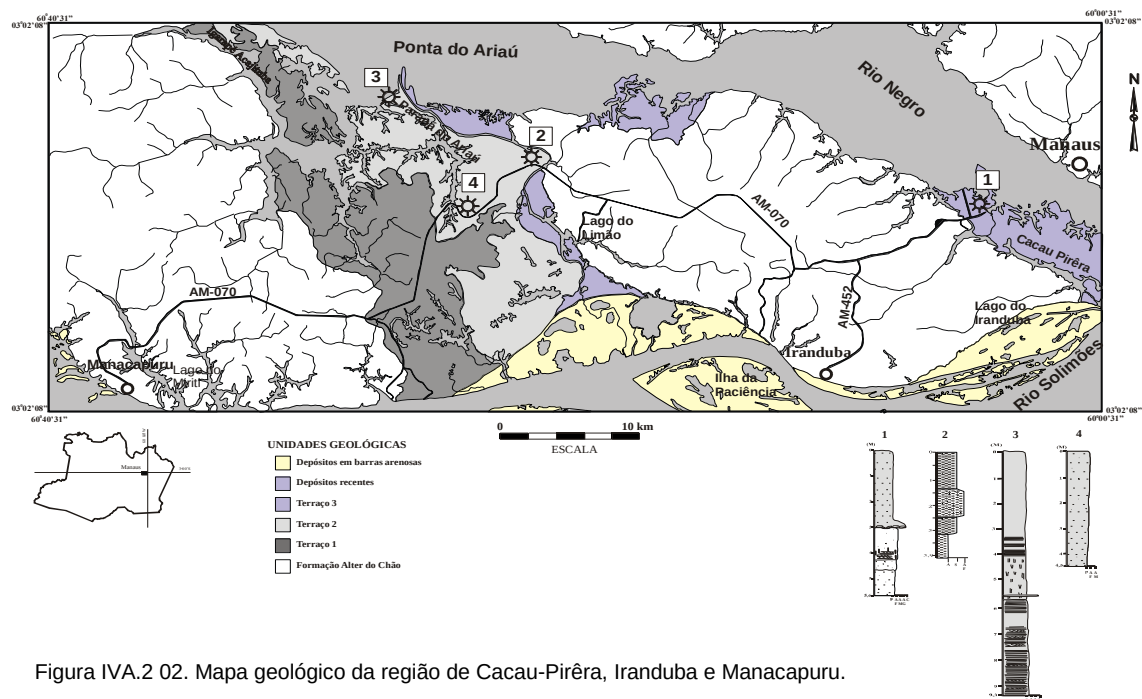


Figura IVA.2.02. Mapa geológico da região de Cacau-Pirêra, Iranduba e Manacapuru.

Na região do Paraná Ariáú ocorrem depósitos argilosos e siltosos com níveis arenosos intercalados e coloração cinza, utilizados na confecção de tijolos e telhas de barro na região (legenda Q₁ no mapa da Figura IVA.2.01 e diferentes níveis de terraços 1, 2 e 3 observados na Figura IVA.2.02). Essa cobertura sedimentar apresenta-se como uma superfície plana e rebaixada, com topografia inferior a 50 m e, inclusive, nível freático muito próximo à superfície. Esses sedimentos exibem laminação plano-paralela, definida pela intercalação de lâminas de pelito e areia muito fina, com sets centimétricos de estratificações cruzada, plano-paralela e, localmente, intercalações métricas de corpos arenosos maciços, intercalados nos sedimentos argilosos. Silva *et al* (2007 no prelo) mostraram que esses depósitos se encontram em terraços assimétricos e foram formados pelo resultado da migração do Paraná Ariáú para leste. Os perfis de sondagem realizados por Campelo (2005) mostram a predominância de sedimentos argilosos cinza com níveis areno-argilosos finos a médios, cuja espessura ultrapassa 60 m (SILVA 2005). Com as amostras de material proveniente dos furos de sondagem, observa-se que, em profundidade, esses sedimentos apresentam ocorrências de níveis argilosos compactados com freqüentes lentes arenosas. Acredita-se que a idade desse material seja relativa ao Quaternário.

Silva *et al.* (2003 e 2004) e Silva (2005) consideram que essa área pode ter sido um antigo vale do rio Negro onde os sedimentos argilosos estão confinados, e corresponde a uma bacia tectônica quaternária denominada “gráben assimétrico do paraná Ariaú”.

FALHAS GEOLÓGICAS NA ÁREA DE ESTUDO - Desde os trabalhos de Sternberg (1950), falhas geológicas e lineamentos estruturais têm sido reportados nessa região (IGREJA E FRANZINELLI 1990, SILVA *et al.* 1994, FERNANDES FILHO 1997 e SILVA 2005). De acordo com o mapa geológico/estrutural de Silva (2005) as principais falhas existentes são: a) com direção NW-SE: Falha do rio Negro, Baependi, Tarumã-Mirim, Manaus, Cacau-Pirêra, Iranduba e Manacapuru; b) com direção NE-SW: Falha da margem leste da cidade de Manaus; c) com direção E-W: Falha de Paricatuba; d) com direção N-S: Falha Tarumã-Açu (Figura IVA.2.03).

A falha do rio Negro é um importante lineamento geológico, com cerca de 80 km de extensão, que controla as duas margens desse rio. Essa feição estrutural compreende uma falha do tipo normal orientada N30W (SILVA 2005), a qual possui prolongamento para sudeste e compõem um dos limites do gráben assimétrico do paraná Ariaú.

Em Novo Airão, Silva (2005) afirma que a margem direita do rio Negro corresponde a uma falha normal com orientação N30W e mergulho 55 graus para nordeste, sendo similar à margem esquerda do rio, que também é controlada por uma zona de falha com a mesma orientação, porém com mergulho para sudoeste. A falha do Baependi é um lineamento geológico paralelo ao rio Negro, situado a nordeste da margem daquele rio nas rochas do embasamento cristalino, cujo prolongamento pode ser notado nas regiões do rio Cuieiras e próximo a Iranduba (SILVA 2005) (Figura IVA.2 03 – lineamento 7). Esse lineamento corresponde a uma falha normal com direção paralela à margem esquerda do rio Negro e mergulho para sudoeste.

Em Manaus, na área do Bairro da Ponta Negra, inúmeras falhas observadas coincidem com a direção estrutural da margem esquerda do rio Negro. De modo similar, em Cacau-Pirêra há evidências do controle tectônico por falhas. Silva (2005) mapeou uma zona de brecha de falha, com orientação N50W e mergulho de 70 graus para nordeste, que afetou o “Arenito Manaus” próximo ao porto daquela comunidade. Nessa compartimentação, observa-se que o porto de Cacau-Pirêra situa-se sobre uma área onde há extensa sedimentação aluvionar recente, mas também compreende uma zona de intensa ocorrência de falhas geológicas.

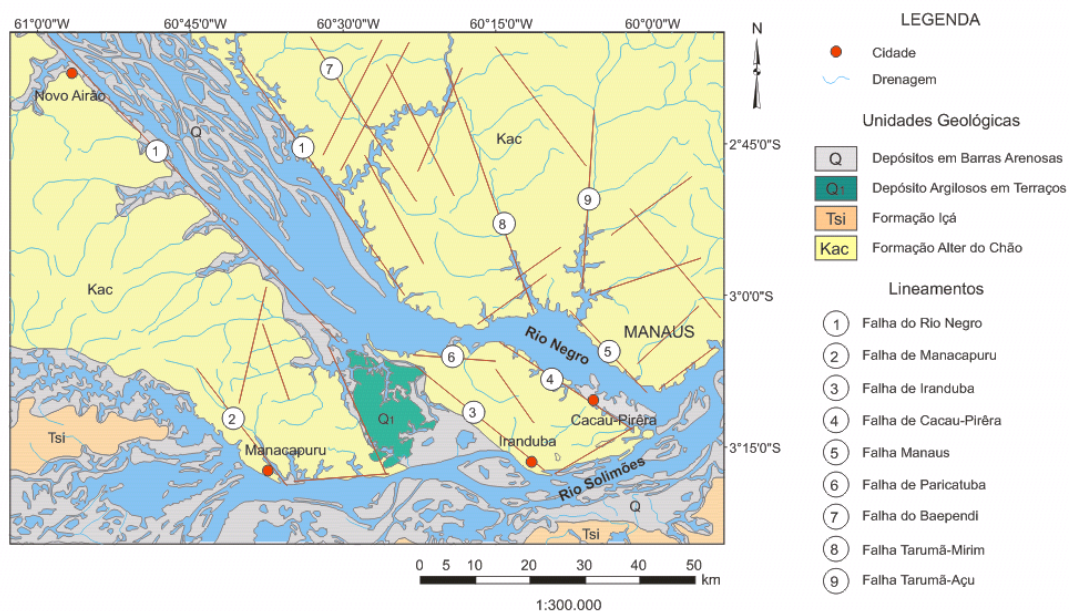


Figura IVA.2 03. Mapa geológico-estrutural da região de Manaus com a área de influência direta e indireta do EIA/RIMA da ponte sobre o rio Negro.

Falhas transcorrentes com direção E-W são mais raras, mas foram mapeadas nas proximidades de Paricatuba, conforme Silva (2005). De acordo com os estudos neotectônicos, a formação dessa falha geológica é responsável pelo desvio do curso do rio Negro para leste, próximo à Manaus. Na área do gráben assimétrico do paraná Ariaú os limites estruturais dessa feição tectônica compreendem, a oeste, a zona de falha do rio Negro (na margem direita), e, a leste, a zona de falha de Iranduba.

O esboço estrutural da região de estudo mostra a existência de um conjunto de falhas geológicas que formam estruturas do tipo *horsts* e *grabens*. Assim sendo, o rio Negro compreende a um amplo gráben tectônico, que se prolongava para a depressão do paraná Ariaú (Gráben Assimétrico do paraná Ariaú). Silva (2005) e Silva *et al.* (2007 no prelo) propuseram uma seção geológica esquemática que demonstra a intensa deformação tectônica mais recente (neotectônica) que afeta as regiões de Manaus, Iranduba e Manacapuru (Figura IVA.2 04).

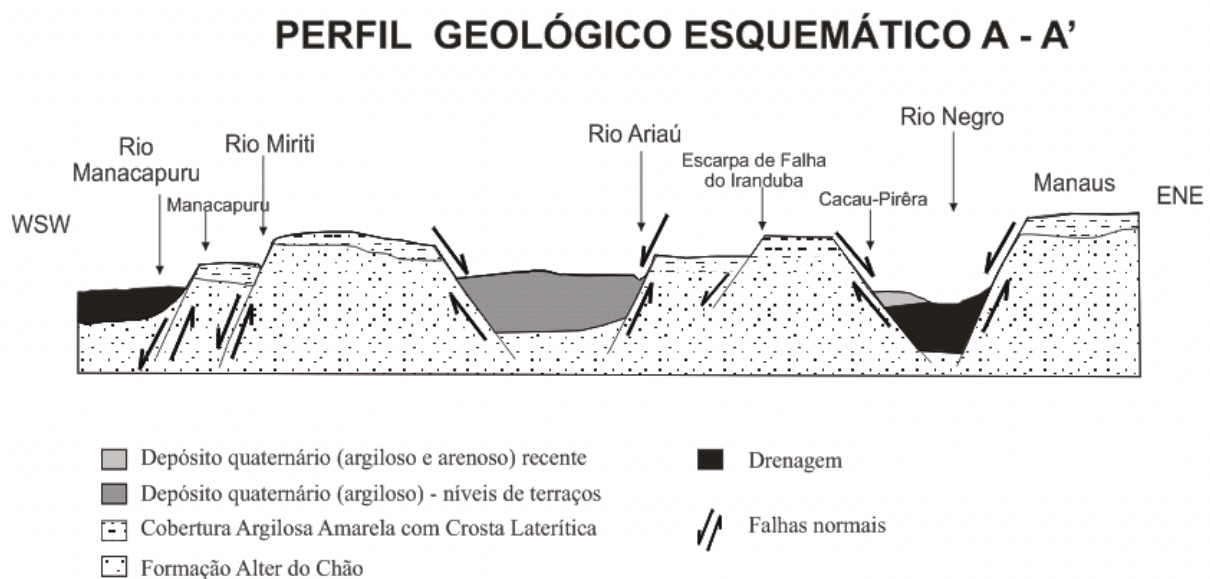


Figura IVA.2 04 Seção geológica E-W (esquemática) da compartimentação tectônica da região de Cacaupirera a Manacapuru (SILVA *et al.* 2003 e 2007, no prelo, e SILVA 2005).

ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA - Para essa análise serão apresentadas as principais morfologias do relevo (superfície e feições morfológicas) e o sistema de drenagem (padrões e anomalias) da área de estudo em particular. A discussão deve ser pautada na inter-relação dos processos geológicos e estruturais modernos formadores da paisagem.

SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGICAS - Até hoje o estudo das superfícies geomorfológicas na região da cidade de Manaus e adjacências segue o modelo apresentado no Projeto Radambrasil. Na área que envolve o EIA/RIMA da ponte sobre o rio Negro, duas unidades morfoestruturais são caracterizadas: o Planalto Dissecado rio Trombetas - rio Negro (NASCIMENTO *et al.* 1976) e a Planície Amazônica (BARBOSA *et al.* 1974) (Figura IVA.2 05). Essas unidades correspondem, respectivamente, às unidades Planalto Negro-Jari e Planícies Interioranas designadas pelo IBGE (GATTO 1991).

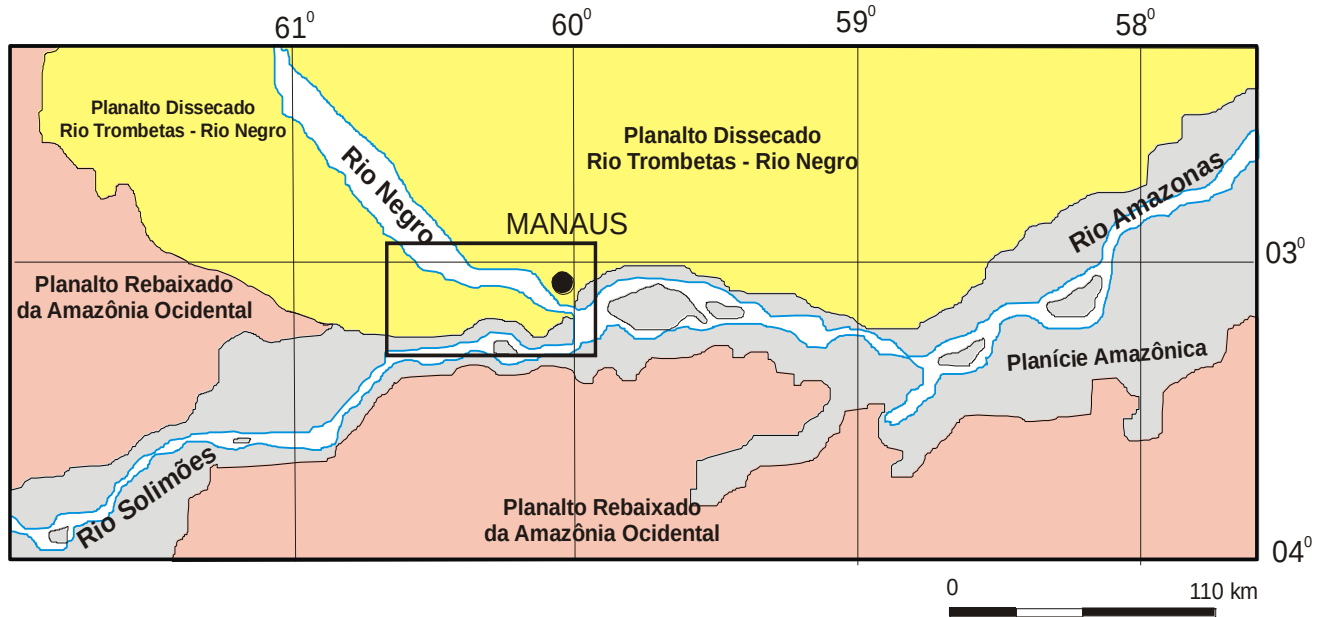


Figura IVA.2 05. Unidades morfoestruturais na região do EIA/RIMA da ponte sobre o rio Negro.

O PLANALTO DISSECADO RIO TROMBETAS – RIO NEGRO, desenvolvido sobre a Formação Alter do Chão, compreende o relevo formado por colinas pequenas e médias em processo de dissecção (erosão), vales fechados, drenagens subdendríticas e zonas de interflúvio estreitas e alongadas que separam bacias de drenagens assimétricas.

A paisagem na cidade de Manaus, por exemplo, está compartimentada em platôs com altitudes que alcançam no máximo 100 metros, enquanto que nas margens dos rios Negro e Amazonas predominam a morfologia de falésias fluviais com cerca de 40 metros de cota. No entanto, é de se destacar que as colinas e os interflúvios se apresentam bem dissecados e alongados nas direções NW-SE e NE-SW (Figura IVA.2 06). Nessa figura pode ser observado que predomina a dissecção do relevo e que as drenagens principais, dos igarapés São Raimundo e Educandos, fluem de nordeste para sudoeste.

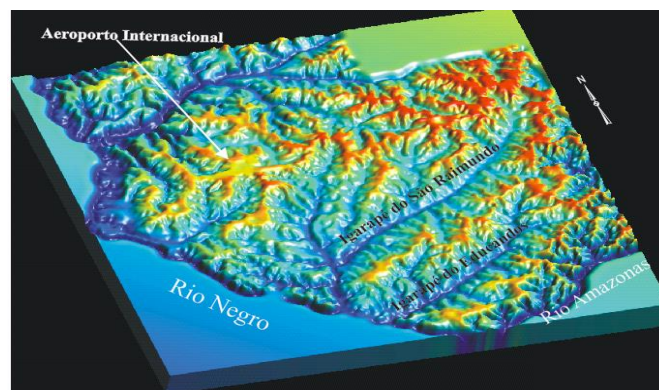


Figura IVA.2 06. Modelo digital de elevação (MDT) da cidade de Manaus.

Na margem direita do rio Negro, a morfologia da região de Iranduba é sensivelmente diferente do que a da cidade de Manaus. Na área de Iranduba a cota mais elevada não ultrapassa 80 metros e o relevo é pouco dissecado quando comparado a área da cidade de Manaus. O perfil topográfico elaborado para o trecho Manaus – Cacau-Pirêra mostra a diferença topográfica e o grau de dissecção nessas duas áreas (Figura IVA.2.07). As margens do rio, onde o substrato é formado pela Formação Alter do Chão, geralmente são escarpadas.

Essa quebra no relevo recebe a denominação de falésia e, conforme a referida figura, esta se situa em torno de 40 metros (Figura IVA.2 08 e Figura IVA.2 09). As áreas mais elevadas, nessa compartimentação do relevo, compreendem o Planalto Dissecado rio Trombetas – rio Negro, separado do vale do rio Negro e da planície onde está instalada a distrito de Cacau – Pirêra. Essa compartimentação fica mais evidente quando se observa um perfil topográfico que se estende até a região de Iranduba (Figura IVA.2 10).

Na região de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, o relevo é formado por colinas pequenas a médias, pouco dissecadas e com topo sub-horizontal. Predomina uma área mais aplainada e pouco rebaixada que é diferente de onde está situada a cidade de Manaus. Nessa porção da margem direita do rio Negro a altitude não ultrapassa 80 m, embora o substrato seja formado pela mesma Formação Alter do Chão e o solo argilo-arenoso amarelado. A compartimentação do relevo nessa área do Planalto Dissecado rio Trombetas – rio Negro mostra áreas dissecadas contrastando com outras pouco dissecadas (Figura IVA.2 11).

A análise do relevo no Planalto Dissecado rio Trombetas – rio Negro mostra um conjunto de feições tectônicas (escarpas de falha, vales, terraços assimétricos e depressões) e um sistema anômalo de drenagem enquadrado num arranjo assimétrico do relevo que representam baixos e altos estruturais, encontrados nos vários compartimentos que aí ocorrem. O interflúvio entre as bacias dos rios Negro e Manacapuru apresenta um arranjo alinhado do relevo orientado nas direções NW-SE e WNW-ESE, paralelo à direção dos referidos canais.

A margem direita do rio Negro representa uma importante feição morfoestrutural que corresponde a uma zona de escarpa que controla toda essa margem por mais de 70 km, desde Novo Airão até próximo à comunidade de Paricatuba (Figura IVA.2 11). Essa estrutura corresponde a uma importante escarpa de falha em ambas as margens do rio (Figura IVA.2 12).



Figura IVA.2 08 - Falésia na margem direita do rio Negro.



Figura IVA.2 09 - Falésia na margem esquerda do rio Negro na cidade de Manaus.

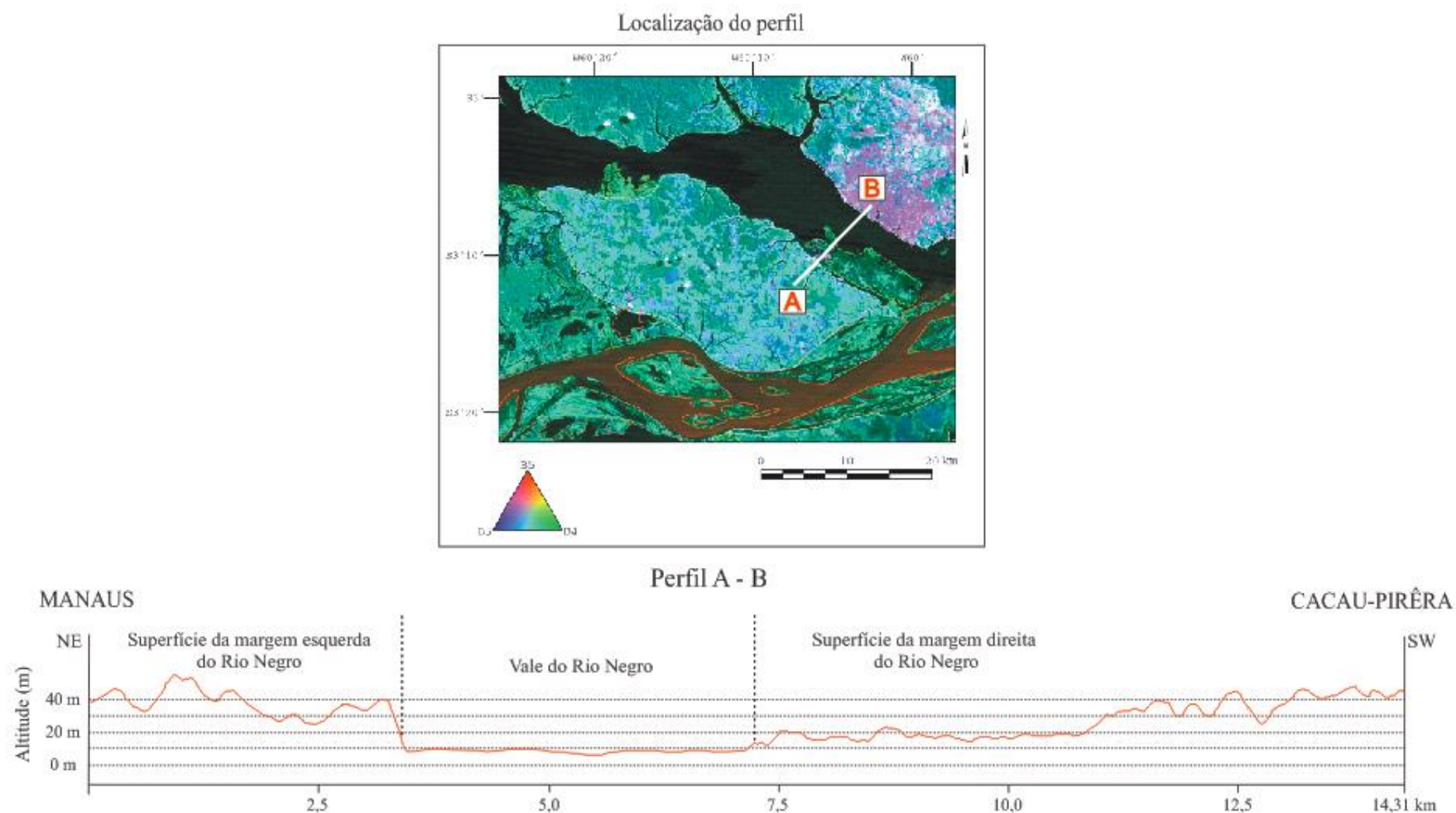


Figura IVA.2 07 - Perfil topográfico A – B envolvendo a cidade de Manaus e o Distrito de Cacau-Pirêra, mostrando a diferença da compartimentação entre o Planalto Dissecado rio Trombetas – rio Negro e a Planície Amazônica.

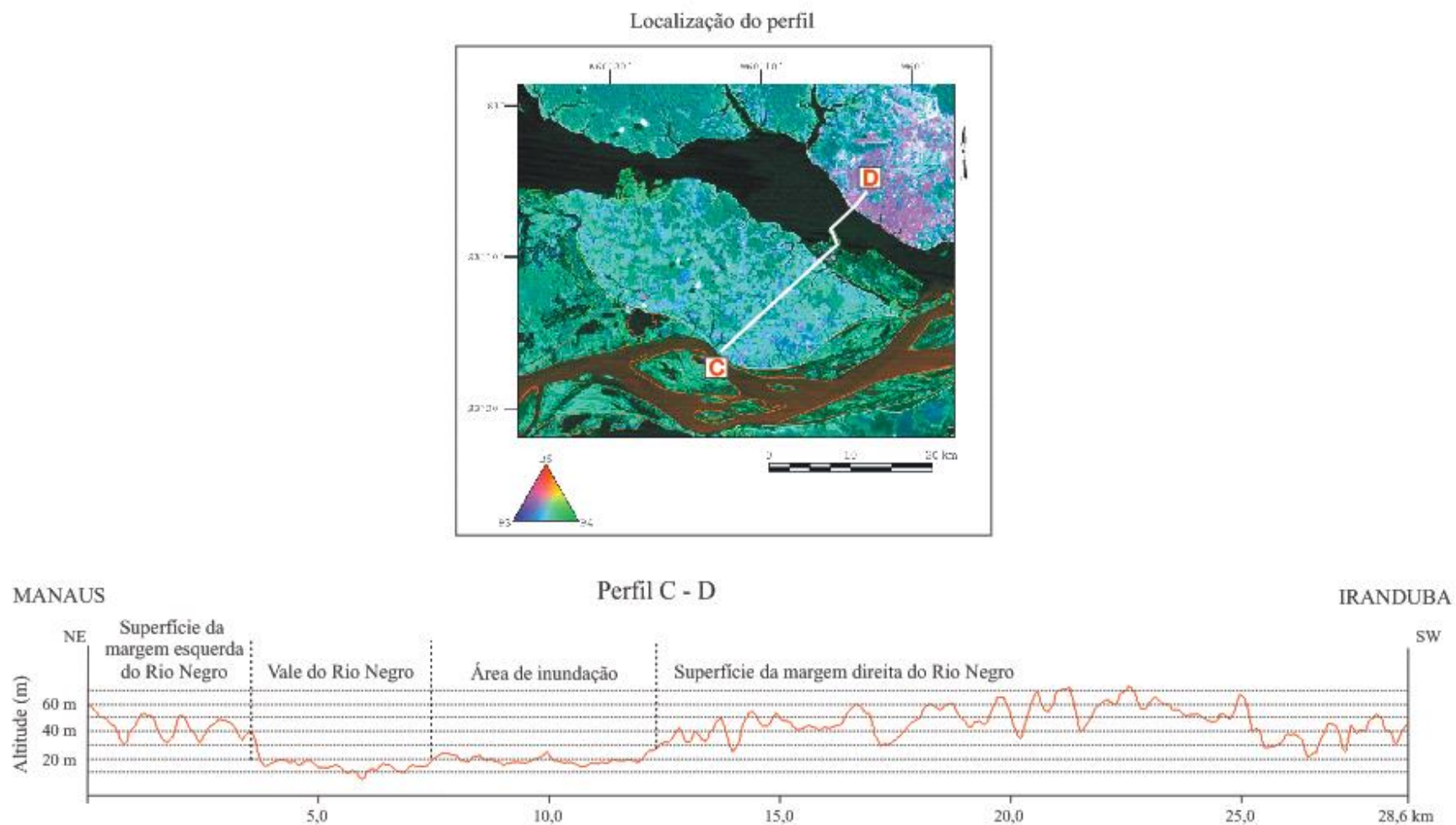


Figura IVA.2 10 - Perfil topográfico C – D envolvendo as regiões de Manaus, Cacau – Pirêra e Iranduba.

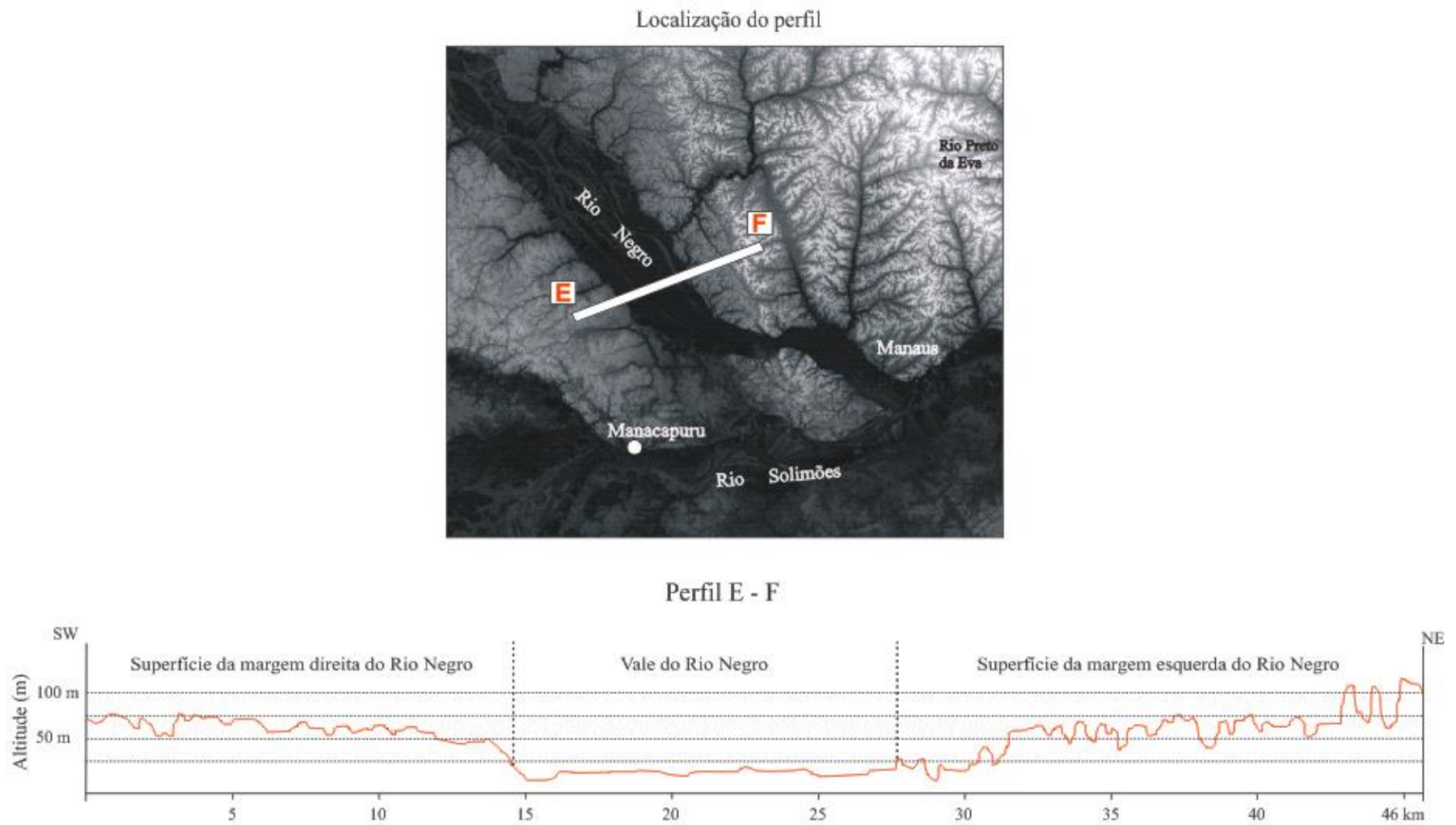


Figura IVA.2 11. Perfil topográfico E – F transversal ao rio Negro.

A escarpa de Falha do rio Negro se prolonga na região do rio Ariáú, conforme sugerido por Silva *et al.* (2007 no prelo), e marca a separação entre o relevo de planalto e a região caracterizada por relevo plano, pouco dissecado e suavemente inclinado para oeste, com altitude inferior a 40 m. Nessa área estão embutidos cerca de 60 m de espessura de sedimentos quaternários em forma de terraços (SILVA 2005). O limite dessa superfície plana com o planalto, na região da cidade de Iranduba, é marcado por um desnível de aproximadamente 20 m, correspondente à outra escarpa, demarcada pela curva de 50 m, onde está encaixado o rio Ariáú. A escarpa de Iranduba, assim denominada, tem morfologia encurvada na porção sul devido à erosão fluvial do rio Solimões. O alinhamento NW-SE delimitado pela curva de 50 m, na região de Iranduba e Manacapuru, configura a geometria retangular do Bloco de Iranduba.

Na área central desse bloco, o relevo mostra colinas residuais dissecadas e desniveladas abaixo de 70 m, como pode ser observado no modelo de elevação tridimensional (Figura IVA.2 12)

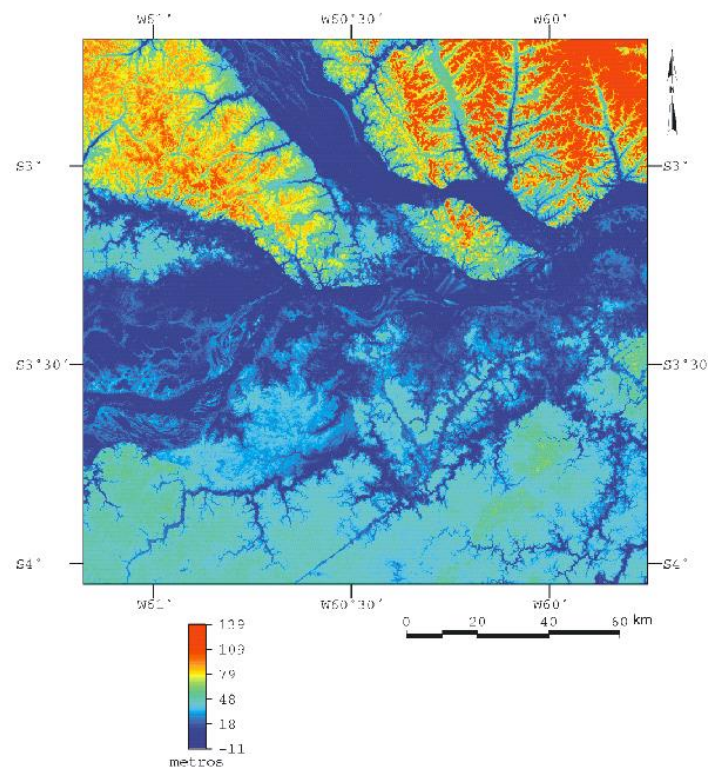


Figura IVA.2 12. Modelo SRTM (Shutter Radar Topographic Mission) da região de Manaus e Iranduba que mostra a compartimentação em áreas altas (vermelho) e baixas (azul). As áreas mais elevadas, em torno de 100 metros estão associadas ao Planalto Dissecado rio Trombetas – rio Negro. As mais baixas, relativas à Planície de Inundação, estão a 40 e 20 metros.

PLANÍCIE AMAZÔNICA - Nessa área onde predomina a sedimentação quaternária aluvial depositada em barras no canal dos rios e também às superfícies de terraço. Na região de Cacau-Pirêra, os terraços compreendem a superfície rebaixada, situada numa cota de 20 metros, observada nas figuras IVA. 2 07 e IVA.2 10 Essa superfície compreende os sedimentos que são depositados na foz do rio Negro devido à confluência com o rio Amazonas por barramento hidráulico (SILVA 2005). Nessa dinâmica fluvial a área de Cacau-Pirêra é considerada como área de sedimentação constante e a tendência é de ampliação de bancos arenosos no sentido à Manaus. De modo similar, a região de Paricatuba se assemelha a superfície geomorfológica de Cacau-Pirêra, porém de modo restrito àquela área. Os depósitos de barras arenosas no canal do rio Negro na região de Anavilhanas são decorrentes do amplo vale daquele rio, conforme pode ser observado nas Figuras IVA.2 11 e IVA.2.12.

Outra superfície de terraço é a região do rio Ariáú (Figura IVA.2.13). Nessa área observa-se que esse terraço não ultrapassa 40 metros de altura. O relevo é notavelmente diferente da superfície do planalto, sendo caracterizado por uma superfície pouco dissecada, com padrão de drenagem retangular, frequentemente inundada e formada por inúmeros lagos e igarapés represados.

De modo geral, os depósitos dessa planície de inundação estão assentados sobre a unidade cretácea. Mas a característica principal é que todos esses materiais, excluindo as barras arenosas de Anavilhanas, estão condicionados às inúmeras escarpas de falhas mapeadas nessa região por Silva 2005 e Silva *et al.* (2007, no prelo). Tais características são significativas e auxiliam para a implantação de obras de construção civil, como o caso da ponte sobre o rio Negro. Na região de Cacau-Pirêra destaca-se as escarpas do rio Negro. Em Paricatuba, o lineamento de relevo E-W reflete o condicionamento do rio Negro para leste. E a região do rio Ariáú está condicionada à Falha do rio Negro.

Essas linhas de fraquezas estruturais (lineamentos observados no relevo) constituem segmentos lineares que controlam o sistema de drenagem, os vales dos canais principais e as áreas de interflúvios.

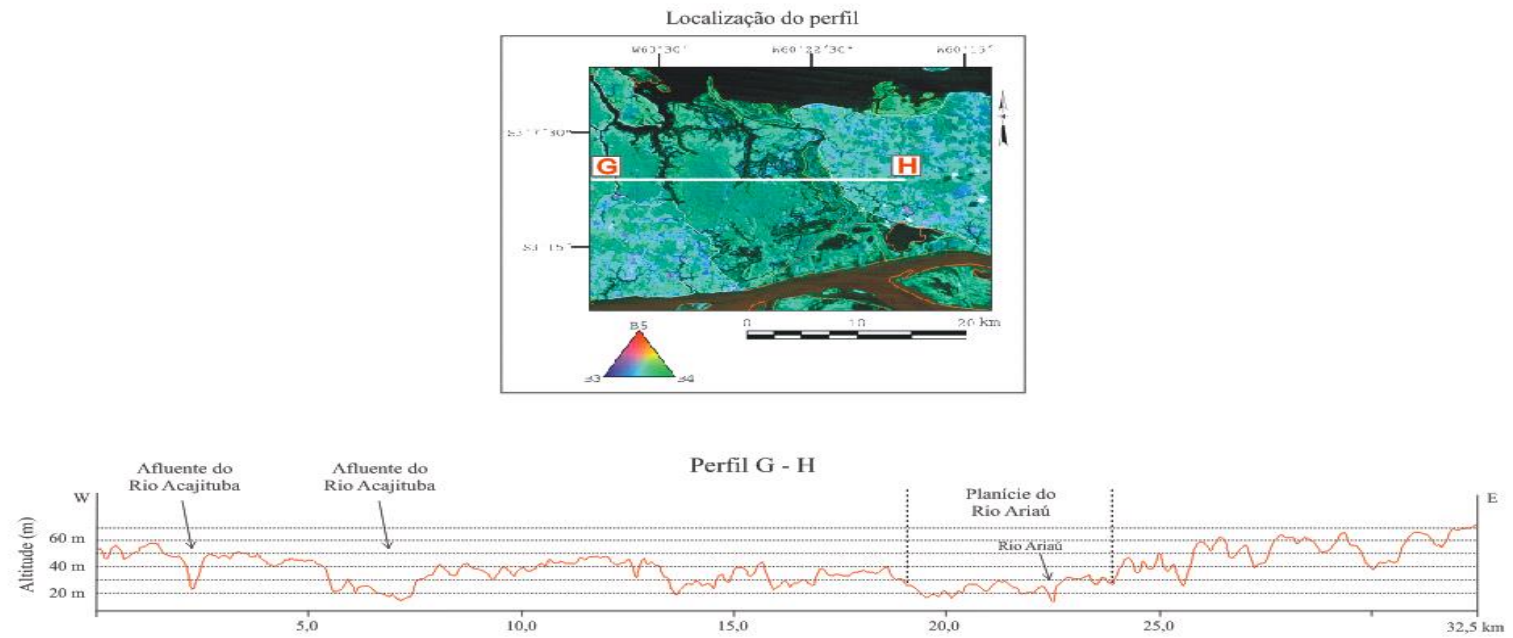


Figura IVA.2 13. Perfil topográfico G – H na região do paraná Ariaú. A planície do citado rio e a área do igarapé Acajutuba e afluentes estão situados numa superfície de terraço entre a superfície dissecada do Planalto Dissecado rio Trombetas – rio Negro. A cota desse terraço  da ordem de 40 metros de altura.

ANÁLISE DO SISTEMA DE DRENAGEM - Os afluentes do rio Negro, pela margem esquerda, são os igarapés Tarumã-Mirim e Tarumã-Açu, e, pela margem direita, os igarapés Tumbira e Acajituba. O paraná Ariaú que se situa na região de Iranduba é considerado um paraná. O mapa de drenagem da área em estudo é apresentado na Figura IVA.2.14. O rio Negro compreende um amplo canal anastomosado com largura de até 20 km, sendo caracterizado por extensos depósitos de barras longitudinais representado pelo “Arquipélago de Anavilhanas”. Desde Novo Airão, este rio retilíneo flui de NW para SE até próximo à cidade de Manaus. Na região de Paricatuba, ele se estreita e desvia seu curso na direção E-W, para, mais adiante, novamente continuar para sudeste até o rio Solimões e, assim, formar o rio Amazonas.

Os igarapés e rios tributários do rio Negro, em ambas as margens, têm sub-bacias orientadas segundo NE-SW e fluxo, no geral, para nordeste (Igarapé Açu e Acajatuba), sudoeste (rio Cuieiras) e sul-sudeste (Igarapés do Tarumã-Mirim e Tarumã-Açu). Na cidade de Manaus destaca-se os igarapés do São Raimundo e Educandos que fluem de nordeste para sudoeste.

A inflexão do rio Negro para leste, próximo à Manaus, tem implicações no barramento desse rio, ampliação do volume de água à montante, diminuição do gradiente e da velocidade do canal e, como consequência, sedimentação no que corresponde às barras arenosas em Anavilhanas. O depósito argilo-arenoso localizado em Cacau-Pirêra deve ter origem semelhante, vinculado à diminuição do fluxo do rio Negro, devido a um processo de barramento hidráulico causado pelo encontro com o rio Amazonas. Tal processo tem controle não somente morfológico e hidrodinâmico, mas também litológico e estrutural.

Conforme abordado por Silva *et al.* (2007 no prelo), o escape do rio Negro para leste coincide com a linha de escarpa E-W da região de Paricatuba, que tem continuidade com o lineamento de relevo observado na área urbana de Manaus.

Na região de Manaus, Iranduba e Manacapuru, o padrão das drenagens é subdendrítico formado por bacias que mostram formas alongadas e paralelas entre si. Os tributários dessas drenagens estão alinhados com os lineamentos do relevo e acompanham a direção da zona escarpada, resultando na formação de padrões paralelos e treliça e no aparecimento de confluências de canais anômalos. Um bom exemplo desse tipo de anomalia de drenagem é o igarapé Acajatuba, cujo curso resulta da confluência anômala de três canais, formando um padrão de drenagem em candelabro. O trecho E-W do Igarapé Acajatuba e do Lago do Ubin coincide com a direção da Cachoeira de Paricatuba, mais a leste.

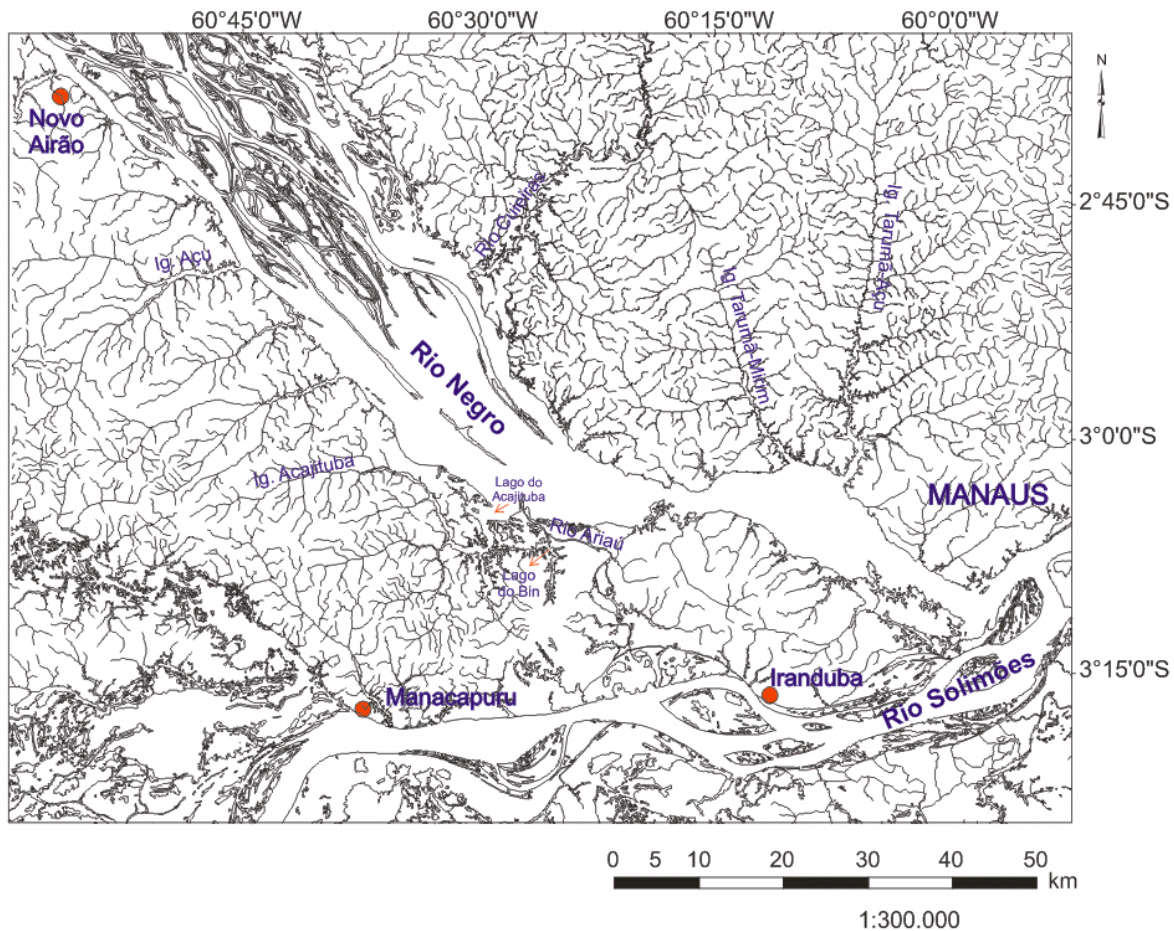


Figura IVA.2 14 - Mapa de drenagem da área estudada.

O paraná do Ariaú, que interliga os rios Negro e Solimões, encontra-se assimétrico na planície, encaixado no lineamento de Iranduba. O fluxo desse canal, ora para o rio Solimões ora para o rio Negro, favorece o surgimento de feições do tipo delta fluvial, que também é um processo comum ao longo do rio Solimões. O sistema de drenagem nessa região é fracamente desenvolvido, pois se situa em uma superfície rebaixada. Porém, existe uma complexidade de formas e padrões devido aos diferentes tipos de depósitos fluviais (terraços, barras de migração e recente do rio Ariaú) que formam canais afogados com padrão retangular (trechos do Igarapé Acajatuba), parans e lagos, além do canal meandrante do paraná Ariaú.

COMPARTIMENTAÇÃO MORFOTECTÔNICA DA ÁREA - A compartimentação morfotectônica da área de estudo compreende a região oeste de Manaus, envolvendo as regiões de Cacau-Pirera, Iranduba e Manacapuru. Duas superfícies geomorfológicas se destacam. O Planalto Dissecado rio Trombetas – rio Negro compreende o nível topográfico esculpido sobre as rochas da Formação Alter do Chão, enquanto que na Planície Amazônica predominam terraços altos (40 metros) e baixos (20 metros). Essas duas superfícies topográficas encontram-se condicionadas a importantes falhas geológicas que causam desnivelamento de blocos, abatimento de superfícies, diferença na manifestação de processos erosivos, condicionamento da rede de drenagem e modificação do perfil de solo. As principais estruturas são as falhas do rio Negro, Baependi, Manaus, Tarumã-Mirim, Tarumã-Açu, Cacau-Pirera, Iranduba, Paricatuba e Manacapuru. Tais feições são importantes condicionantes da paisagem na região de estudo.

ATIVIDADE SÍSMICA - O estudo da atividade sísmica numa região é relevante principalmente quando se trata de projetos de construção de obras, como a ponte sobre o rio Negro. Na região de Manaus e no rio Negro, os registros de terremotos são reportados há muito tempo: alto rio Negro (1798), Manaus (29/01/1885, 1922, 13/12/1963, 10/02/1967, 02/09/1980) e Careiro (16/08/1952).

Segundo Mioto (1993), a região de estudo está enquadrada numa importante área sismogênica denominada de Zona Sismogênica de Manaus. Os eventos sísmicos observados são atribuídos à ocorrência de falhas geológicas cujos epicentros estão centrados na Amazônia.

O maior evento sísmico registrado nessa região foi em Codajás em 1983 com magnitude de 5,5 Mb (ASSUMPÇÃO et al. 1983). Contudo, o recente registro do Parque Nacional do Jaú, em 08 de fevereiro de 2005, foi um importante sismo na intraplaca brasileira, similar ao de São Gabriel da Cachoeira (região do alto rio Negro) em 15.03.1999, com magnitude, para ambos, de 4,4 Mb. De acordo com Assumpção & Suarez (1988), o terremoto nas cercanias do rio Negro ocorreu às 00h 05 min 42 s (13/12/1963), teve epicentro localizado em 2,3⁰ N/ 61,01⁰ W, a 45 km de profundidade e magnitude 5,1 Mb. O sismo de Manaus ocorreu a 145 km da cidade de Manaus na margem esquerda do rio Negro.

IVA.3 - Recursos Hídricos

A região hidrográfica Amazônica ocupa uma área total de 6.925.674 km² (ANA, 2007), desde a suas nascente nos Andes Peruanos até a sua foz no Oceano Atlântico. Esta é constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas situada no território nacional, pelas bacias hidrográficas dos rios existentes na Ilha de Marajó, além das bacias hidrográficas dos rios situados no Estado do Amapá que deságuam no Atlântico Norte (Figura IVA.3.01) (Resolução CNRH n° 32, de 15 de outubro de 2003).

A Bacia Amazônica é a de maior superfície de água do mundo, 7.000.000 km² (LOWE MCCONEL, 1999). Esta bacia é caracterizada pelo rio Amazonas, seus tributários e os lagos de várzea que interagem com os rios. As flutuações no nível da água exercem uma importante função de força que dirige o funcionamento ecológico do sistema. Durante o período de nível alto dos rios, todo o sistema sofre inundação. Os rios e a várzea do Amazonas constituem um complexo de canais, rios, lagos, ilhas, depressões, permanentemente modificadas pela sedimentação e transporte de sólidos em suspensão, influenciando também a sucessão da vegetação terrestre pela constante modificação, remoção e deposição de material nos solos.

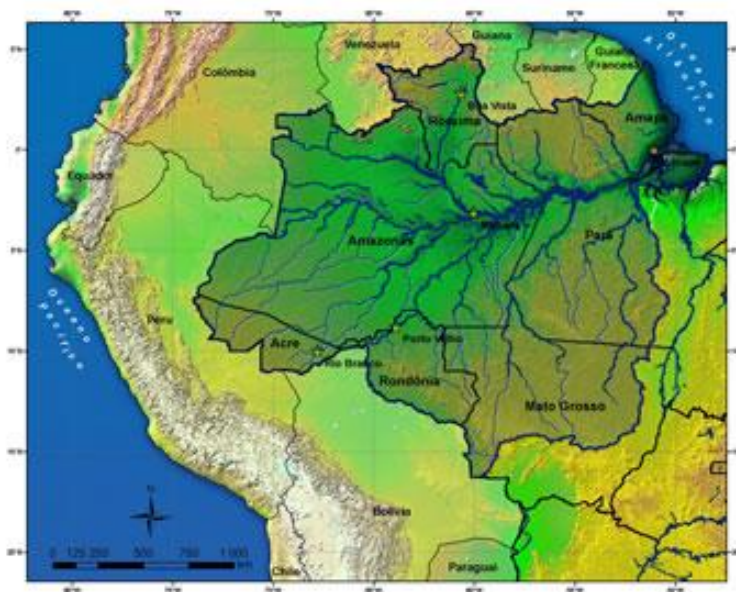


Figura IVA.3 01 - Bacia Hidrográfica do rio Amazonas (ANA, 2007)

O rio Amazonas, com 6.518 km de extensão, tem mais de sete mil afluentes. É o segundo do planeta em comprimento e o primeiro em vazão de água, mais de 100.000 m³ /s. Nasce no planalto de La Raya, no Perú, com o nome de Vilcanota, e ao longo de seu percurso recebe ainda os nomes de Ucaiali, Urubanda e Marañon. No Brasil recebe primeiramente o nome de Solimões, e, a partir da confluência com o rio Negro, próximo à cidade de Manaus, capital do Amazonas passa a ser chamado de rio Amazonas. A profundidade da calha do rio varia entre 40 e 50 m, mas pode ultrapassar 100 m em alguns pontos. Após deixar os Andes o desnível do Amazonas é muito pequeno: em Iquitos, a 3600 km do oceano Atlântico, o nível do rio na seca é de apenas 100 m acima do nível do mar; na foz do rio Negro, ainda 1500 km antes da desembocadura, ele está a somente 15 m acima do nível do mar, de modo que o gradiente na região do baixo Amazonas é de apenas 1 cm/km, na seca, e de menos de 2cm/km na cheia (SIOLI, 1984). Embora seja uma bacia de planície, com 23 mil km navegáveis, a bacia Amazônica apresenta também grande potencial hidrelétrico.

No Estado do Amazonas, a bacia do rio Amazonas é dividida, segundo a Agência Nacional de Águas em 10 sub-bacias, classificadas de acordo com a (Tabela IVA.3 01).

Tabela IVA.3 01 - Classificação das sub-bacias do rio Amazonas

Sub-Bacia	Característica
10	Área de drenagem compreendida entre a nascente do Amazonas à confluência do rio Javari, inclusive.
11	Área de drenagem do rio Amazonas, compreendida entre a confluência do rio Javari, exclusive e o rio Auati-Paraná, exclusive.
12	Área de drenagem compreendida entre o rio Auati-Paraná, inclusive e o lago Coari, exclusive.
13	Área de drenagem do rio Amazonas, compreendida pelo lago Coari, inclusive e a confluência do rio Purus, inclusive.
14	Área de drenagem do rio Amazonas, compreendida entre a confluência com o rio Purus, exclusive e a confluência com o rio Negro, inclusive.
15	Área de drenagem do rio Amazonas, entre a confluência com o rio Negro, exclusive a confluência com o rio Madeira, inclusive.
16	Área de drenagem do rio Amazonas compreendida entre a foz do rio Madeira, exclusive e a foz do rio Trombetas inclusive.
17	Área de drenagem do rio Amazonas compreendida entre a confluência com o rio Trombetas, exclusive e a confluência com o rio Tapajós, inclusive.
18	Área de drenagem do rio Amazonas compreendida entre a confluência com o rio Tapajós, exclusive, e a foz do rio Xingu, inclusive.
19	Área de drenagem do rio Amazonas compreendida entre a confluência com o rio Xingu, exclusive, e a foz do rio Amazonas, inclusive.

Conforme a descrição acima, as áreas de influência direta e indireta do empreendimento abrangem as sub-bacias 13 e 14. A maior parte fica na sub-bacia 14, mais especificamente na região do baixo rio Negro.

IVA.3 1 - Aspectos da Bacia do rio Negro

FISIOGRAFIA E TOPOGRAFIA - A bacia Amazônica drena aproximadamente 7 milhões de Km² e o rio Negro contribui com 0,75 milhões de Km² (um pouco mais de 10%) da bacia. Nasce no Planalto Colombiano, na serra do Junai, sob a denominação de Guainia com extensão total em torno de 1.700 km, dos quais, aproximadamente 1.200 ocorrem em território brasileiro (GOULDING, *et al.*, 1988).

Drena em seu curso superior rochas do Escudo das Guianas e no médio e baixo curso, rochas paleozóicas, mesozóicas e cenozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas. Essas áreas têm erosão reduzida, pois são formadas por sedimentos consolidados de relevo suave e densa vegetação (FALESI, 1967; SIOLI, 1968).

Em território brasileiro o rio Negro tem seu percurso dividido em trechos diferenciados de navegação devido as suas características físicas: O primeiro deles vai da foz, no rio Amazonas, até as proximidades da cidade de Novo Airão, com 249 km de extensão. Neste trecho varia muito de

largura, iniciando com 2 km aproximadamente em torno da cidade de Manaus até atingir 24 junto ao arquipélago dos Anavilhanas (GOULDING, *et al.*, 1988).

O trecho seguinte é compreendido entre o município de Novo Airão e a Barra do rio Branco, contando com 100 km, aproximadamente. Nesta área o rio corre num leito mais regular. O terceiro trecho estende-se, entre a Barra do rio Branco e a Vila Tupuruquara, com cerca de 450 km de extensão. Neste caso, a largura do rio é também irregular, havendo grande variação de profundidades. A montante de Tupuruquara inicia-se o trecho do rio que se caracteriza por apresentar corredeiras e cachoeiras (GOULDING, *et al.*, 1988).

A bacia do rio Negro é conectada fluvialmente por bacias hidrográficas pelo norte, sul, leste e nordeste. A conexão mais famosa, o Cassiquiare, une o Alto rio Negro com a bacia do Orinoco, sendo que durante a época de cheia, o rio Negro se junta com o rio Uatumã pelo leste e com o Japurá pelo oeste.

Quanto à descarga de água o rio Negro é o terceiro maior tributário do rio Amazonas, contribuindo com aproximadamente 15% da água que o Amazonas deságua no Atlântico, é o quinto maior do mundo, com média de 30.000 m³/seg, (PINTO, 2004). A profundidade média varia de 5-20 metros na seca e 15-35 na cheia (GOULDING *et al.*, 1988) alcançando até 100 metros de profundidade na região do entorno de Manaus.

O rio Negro transporta uma carga de sedimentos entre 2 a 3% do que é transportado pelo complexo Solimões/Amazonas, o que caracteriza sua planície marginal como muito estável e pouco afetada pelo processo de sedimentação anual. O rio Branco é o maior contribuinte de sedimento do baixo rio Negro, mas a quantidade de sedimentos não é suficiente para causar grandes mudanças na cor do rio Negro. Entretanto, os sedimentos oriundos do rio Branco contribuem para formação de ilhas no baixo rio Negro (FISHER, 1978; MEADE *et al.*, 1979).

PLUVIOSIDADE - Na baía do rio Negro a precipitação anual varia em torno de 2000-2200 mm, entretanto aumenta para até 3500 mm na região próxima ao equador, no rio Uaupés, ou Vaupés, como chamado na Colômbia. No geral, as chuvas se iniciam no baixo rio Negro e depois nas porções mais altas. Nas áreas de médio curso, os meses mais chuvosos encontram-se entre dezembro e maio, onde mensalmente as taxas de precipitação excedem 100 mm. Nas áreas de maior precipitação, nas proximidades do rio Uaupés, a maior taxa mensal registrada ultrapassou 225 mm (SALATI & MARQUES, 1984).

A distribuição temporal e espacial das precipitações na bacia do rio Negro não são os únicos fatores que influenciam na variação do nível do rio. A confluência com o rio Branco, que é controlada pelo rio Solimões-Amazonas, também influencia na flutuação dos níveis do rio Negro. Este fato é de extrema importância, porque os níveis do rio Negro registrados em Manaus são reflexo da flutuação do rio Solimões-Amazonas.

ASPECTOS GEOLÓGICOS - Pouco é conhecido sobre a história geológica do rio Negro para permitir uma discussão sobre suas origens e desenvolvimento. O rio Negro, como é visto hoje, é relativamente canalizado, com poucos meandros e pequeno gradiente de tributários, cuja maioria tem extensão menor que 2 m/1000km. Perto de Manaus a velocidade de corrente em superfície, excede 1 m/s, ou 3,6 km/h (GESSNER, 1962; MEADE *et al.*, 1979). As feições morfológicas do rio Negro são: canais, áreas de alagamento, ilhas, praias, corredeiras e substratos rochosos, rias e bancos de terra firme.

REGIME HIDROLÓGICO - Devido a sua posição geográfica o Amazonas está sob as influências de zonas climáticas diferentes dos dois hemisférios, nos quais há alternância dos períodos chuvosos, por isso está sujeito a diferentes regimes de chuvas condicionando sua rede hidrográfica a períodos alternados de oscilação das águas no leito dos rios (SOARES, 1991).

Do ponto de vista hidrológico, o sistema é regido pelas condições locais da pluviometria, pelo caráter geomorfológico da bacia e pela tipologia dos solos. Durante o período de cheias, os ecossistemas aquáticos apresentam volume de água relativamente grande e com grande espalhamento do espelho d'água, formando imensas áreas de várzeas. No período de estiagem os ecossistemas se tornam de transição entre aquático e terrestre e ainda permite a navegação das embarcações de pequeno, médio e grande porte nos rios principais.

Esse regime de chuvas promove uma alternância entre as épocas de cheia dos afluentes da margem esquerda em relação aos da margem direita e, como consequência, ocorre a oscilação periódica do rio Amazonas. Em função disso, as medidas diárias do nível das águas feitas pela administração do Porto de Manaus são referentes ao regime do Solimões/Amazonas (PINTO, 2004).

Em função do regime de chuvas no sistema Solimões-Amazonas, o rio Negro também sofre grande amplitude de variação no volume de suas águas. A subida delas começa com o início do período de chuva em dezembro e atinge o valor máximo, na maioria das vezes, no mês de junho. A vazante começa no mês de julho e atinge o menor nível em novembro ou outubro, de acordo com medidas do nível do rio Negro em Manaus (PINTO, 2002).

A média histórica dos níveis d'água máximos do rio Negro próximo a Manaus apresenta, no período da cheia, amplitude média de 27,6 metros e na seca de 17,5, com uma variação média aproximada de 10 metros (Figura IVA.3 02).

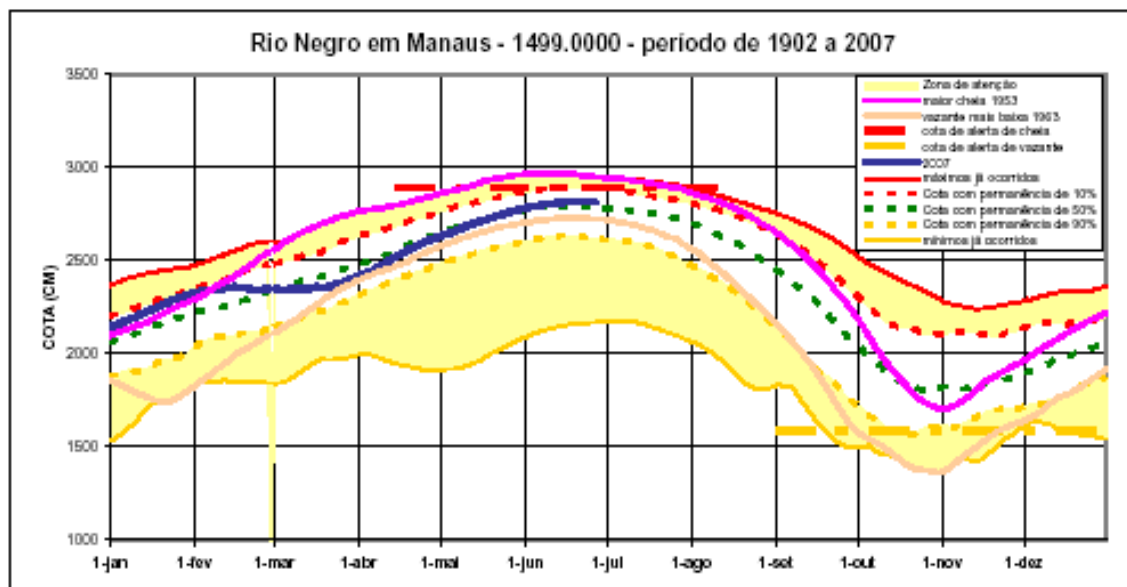


Figura 2. Cotagrama do rio Negro em Manaus. Fonte CPRM (2007).

Pelas curvas envoltórias das cotas observadas em Manaus (estação 1499.000) as maiores cotas sempre ocorreram entre os meses de maio e agosto. Já as cotas mínimas se concentram nos meses de outubro e novembro.

As maiores cheias em Manaus ocorreram no mês de junho, a maior no ano de 1953 com cota máxima de 29,69 cm (Figura IVA.3.03) e a última maior cheia ocorreu em 1999, cuja cota máxima

atingiu 29,30 cm (Tabela IVA.3.02). O número de dias que compreende o período de cheias varia de 194 a 241.

Na série histórica das cotas em Manaus, 78 cotas tiveram o valor máximo anual no mês de junho, 20 em julho e 7 em maio, 44 tiveram o valor mínimo anual das cotas no mês de outubro, 38 em novembro, 11 em janeiro, 10 em dezembro e uma nos meses de fevereiro e setembro (Figura IVA.3 04).

Tabela IVA.3 02. Histórico das cheias no Porto de Manaus. Fonte CPRM (2007)

Nº de ordem	Ano	Evolução do processo			Pico da cheia (cm)	Tempo de recorrência (anos)
		Início	Fim	Nº de dias		
1	1953	31/10/1952	09/06/1953	221	2969	101,0
2	1976	30/11/1975	14/06/1976	197	2961	50,5
3	1989	15/10/1988	03/07/1989	261	2942	33,7
4	1922	02/11/1921	17/06/1922	227	2935	25,3
5	1999	30/10/1998	23/06/1999	236	2930	20,2
6	1909	31/10/1908	14/06/1909	226	2917	16,8
7	1971	14/11/1970	24/06/1971	222	2912	14,4
8	1975	11/12/1974	23/06/1975	194	2911	12,6
9	1994	29/10/1993	26/06/1994	240	2905	11,2
0 1	1982	16/11/1981	22/06/1982	219	2897	10,1
6 3	2003	02/11/2002	01/07/2003	241	2827	2,8

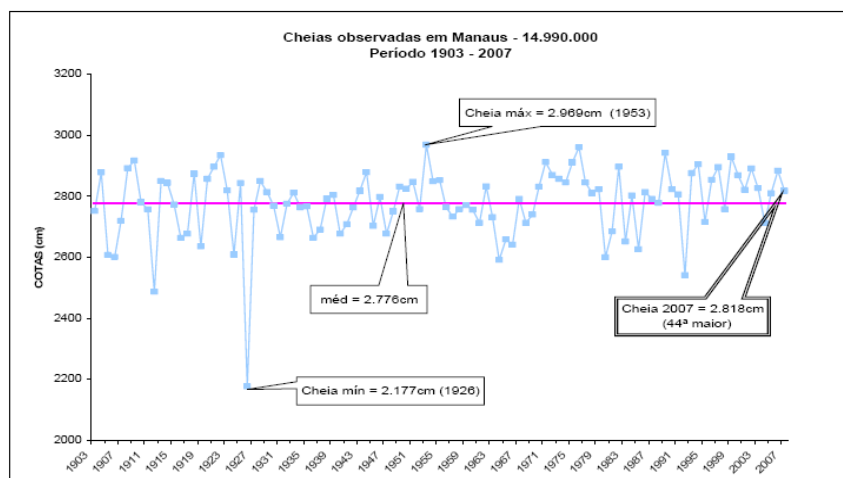


Figura IVA.3 03. Distribuição histórica das cotas máximas e mínimas medidas no porto de Manaus entre 1906 e 2006 (CPRM 2007).

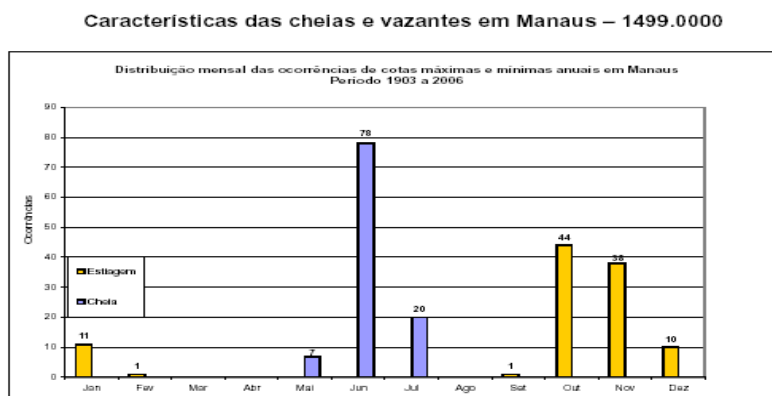


Figura IVA.3 04. Número de ocorrências de cheias e secas ao longo do ano no período de 1903 a 2006.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO RIO NEGRO - Quimicamente, o rio Negro possui uma das águas mais pobres do mundo. Sua água preta é extremamente pobre em nutrientes dissolvidos devido a sua constituição geológica, em terrenos intensamente lixiviados (FONSECA *et al.*, 1982). Sua cor é oriunda de drenagem dos solos ricos em solutos húmicos dissolvidos provenientes da matéria orgânica em decomposição alóctone da floresta (LEENHEER, 1980).

Esses solutos húmicos exercem papel fundamental no controle dos processos biogeoquímicos associado ao baixo teor de sais minerais, entre eles potássio (K^+), sódio (Na^+) cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+}) que contribuem com as características físicas e químicas das águas do rio Negro (CHAAR, 1997). Contudo, em consequência dos baixos teores de matéria em suspensão (<15 mg/L) a refletância diminui e a atenuação da luz se torna menos acentuada que nas águas brancas (MUNTZ, 1978).

O rio Negro é responsável pela maior parte do fluxo de ácidos húmicos que vai para o rio Amazonas, contribuindo com cerca de 2,5 vezes mais que o rio Solimões. As substâncias húmicas chegam à água do rio por drenagem dos solos arenosos das campinas. Os igarapés que fazem essa drenagem tornam-se pretos e as substâncias húmicas são responsáveis pela permanência do pH desses igarapés entre 3,5 - 3,9. Em períodos secos prolongados não ocorre percolação e os igarapés transportam somente águas e íons estocados no solo argiloso, aumentando a alcalinidade, o teor iônico e diminuindo a coloração das águas. Entretanto, logo com as primeiras chuvas, as águas tornam-se novamente escuras e ácidas (WALKER, 1990).

Outra característica química do rio Negro é seu elevado caráter ácido com valores de pH situados na zona ácida (pH = 3-5). Esta característica está relacionada com o baixo pH dos solos que seus tributários drenam e também a grande presença das substâncias húmicas e fúlvicas.

Os valores de transparência detectados para o rio Negro são tipicamente da ordem de 1-2 metros (SCHIMIDT 1976; FISHER 1978 e GOULDING *et al.* 1988). Seus ambientes lacustres marginais apresentam valores de visibilidade da ordem de 1,5 a 4,0 metros (ALVES, 1983; MARLIER 1967; RAI & HILL, 1981; RIBEIRO, 1978).

A temperatura da água no baixo curso fica em torno de 28 °C e ocasionalmente excede 31 °C (GESSNER, 1962; SCHIMIDT, 1976; FONSECA *et al.* 1982). Os lagos do rio Negro são estratificados, sendo que a temperatura diminui da superfície para o fundo (RAÍ & HILL, 1981; ALVES, 1983). Durante o período de águas baixas, quando muitos lagos estão muito rasos, as temperaturas podem ultrapassar 35 °C.

As águas do rio Negro podem se tornar muito desoxigenadas durante a estratificação térmica, pela decomposição da matéria orgânica, e em lagos e rasos (GESNER, 1962; IRMLER, 1975; SCHIMITD, 1976; RAÍ & HILL, 1981). Abaixo de 2-3 m de profundidade, e constantemente no canal do rio, os níveis de oxigênio dissolvido diminuem rapidamente e alcançam 40% de saturação. Os fundos dos lagos e igapós são na maioria anóxicos (GESNER, 1962; RAI & HILL, 1981).

BACIAS E MICRO-BACIAS DAS MARGENS ESQUERDA E DIREITA DO RIO NEGRO - As bacias e micro-bacias sob influência do empreendimento são contribuintes do rio Negro e do Solimões e abrangem os municípios de Manaus, Novo Airão, Manacapuru e Iranduba. As mais extensas fazem parte da bacia do rio Negro (Figura IVA. 3.05).

A área de influência do empreendimento na margem esquerda do rio Negro na cidade de Manaus abrangerá a sub-bacia do São Raimundo e na margem direita envolverá duas micro-bacias: paraná do Janauari e Igarapé do Cacau Pirêra (Figura IVA.3 06)

A bacia hidrográfica do São Raimundo possui área de 116.46 km², enquanto seu canal principal mede 21,05 km (BRASIL, 2001; ALCÂNTARA & MARQUES, 2003) que abrange a zona leste, centro sul e oeste da cidade de Manaus, trechos esses densamente habitados.

Esta bacia recebe carga de esgotos domésticos de todos os seus tributários, pois drena extensa área urbana. O maior deles, o igarapé do Mindu, tem no entorno de suas nascentes floresta primária (CLETO FILHO, 1998; GUEDES, 1998).

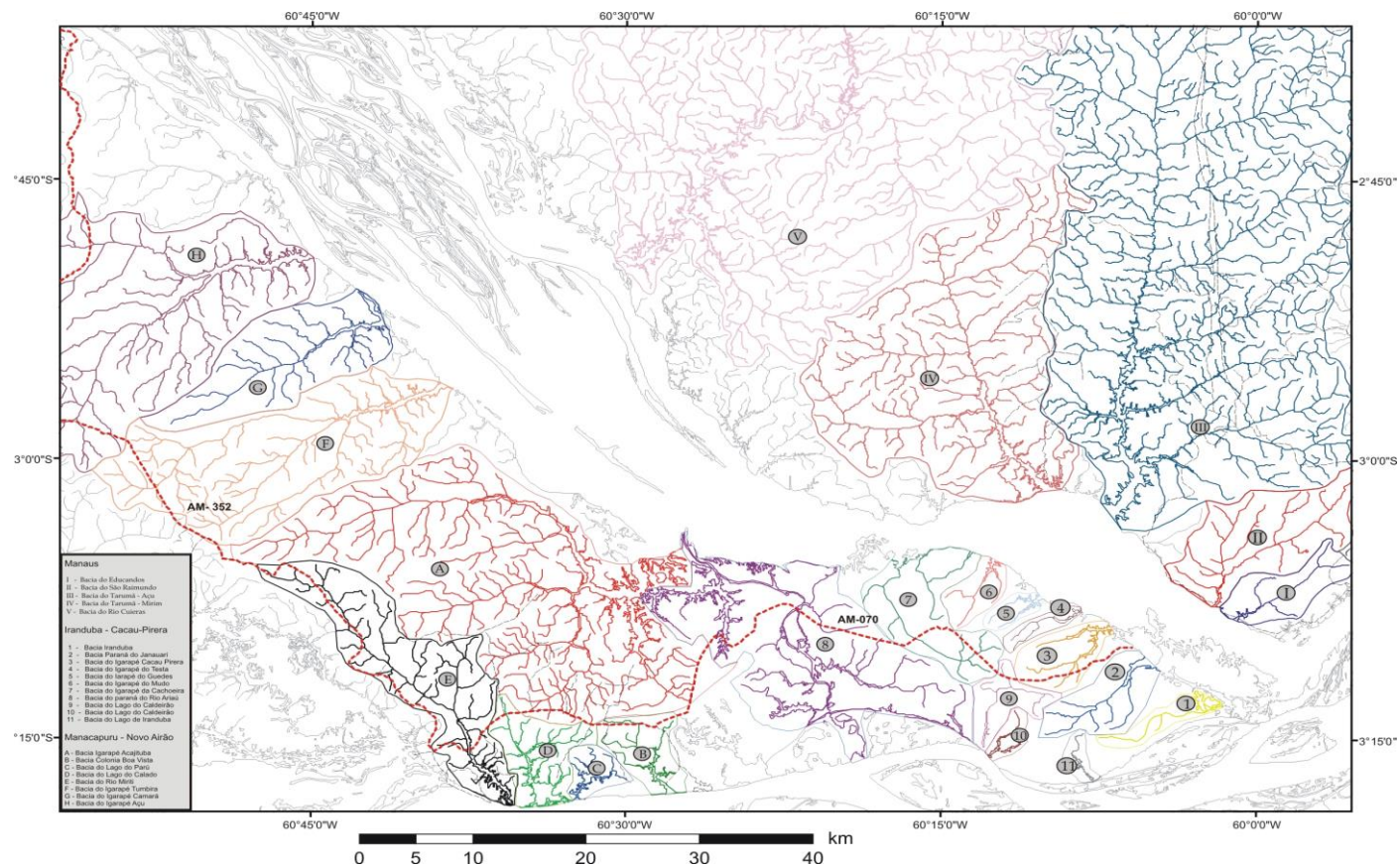


Figura IVA.3 05. Mapa das bacias e micro-bacias do rio Negro e Solimões sob influência do empreendimento.

Integram a bacia do São Raimundo:

- Igarapé do Mindú – principal tributário do São Raimundo tem uma de suas nascentes localizada no bairro Jorge Teixeira, na Zona Leste, próximo ao Jardim Botânico da Reserva Ducke. Cruza a cidade no sentido nordeste-sudoeste, percorrendo e delimitando inúmeros bairros, como Jorge Teixeira, Tancredo Neves, Cidade Nova, Aleixo, Parque 10 de Novembro, N. S. das Graças e S. Geraldo.
- Igarapé dos Franceses – localizado na Zona Centro-oeste é um dos principais contribuintes da bacia. Drena os bairros de Alvorada I, Alvorada II, D. Pedro I e D. Pedro II;
- Igarapé do Bindá – nasce na Zona Norte e percorre os bairros de Cidade Nova, Parque Dez e União;
- Igarapé de Manaus – localizado próximo à área central de Manaus corta importantes vias de acesso ao centro e, a exemplo do ocorre com os igarapés da Cachoeirinha e do Mestre Chico, sofre as conseqüências das cheias dos rios Negro e Amazonas.

Na margem direita do rio Negro o local do empreendimento está situado entre as micro-bacias do Paraná do Janauari e do Igarapé do Cacau Pirêra, que se encontram a jusante e a montante, respectivamente.

Nestas áreas a drenagem é formada por igarapés e lagos cujas nascentes ficam próximas das rodovias AM 070, que liga a Vila de Cacau Pirêra ao município de Manacapuru e da AM 354, que liga ao município de Iranduba. Além disso, ao longo destas rodovias encontram-se inúmeras propriedades com atividades agroindustriais como granjas, pisciculturas, olericultura, dentre outras.

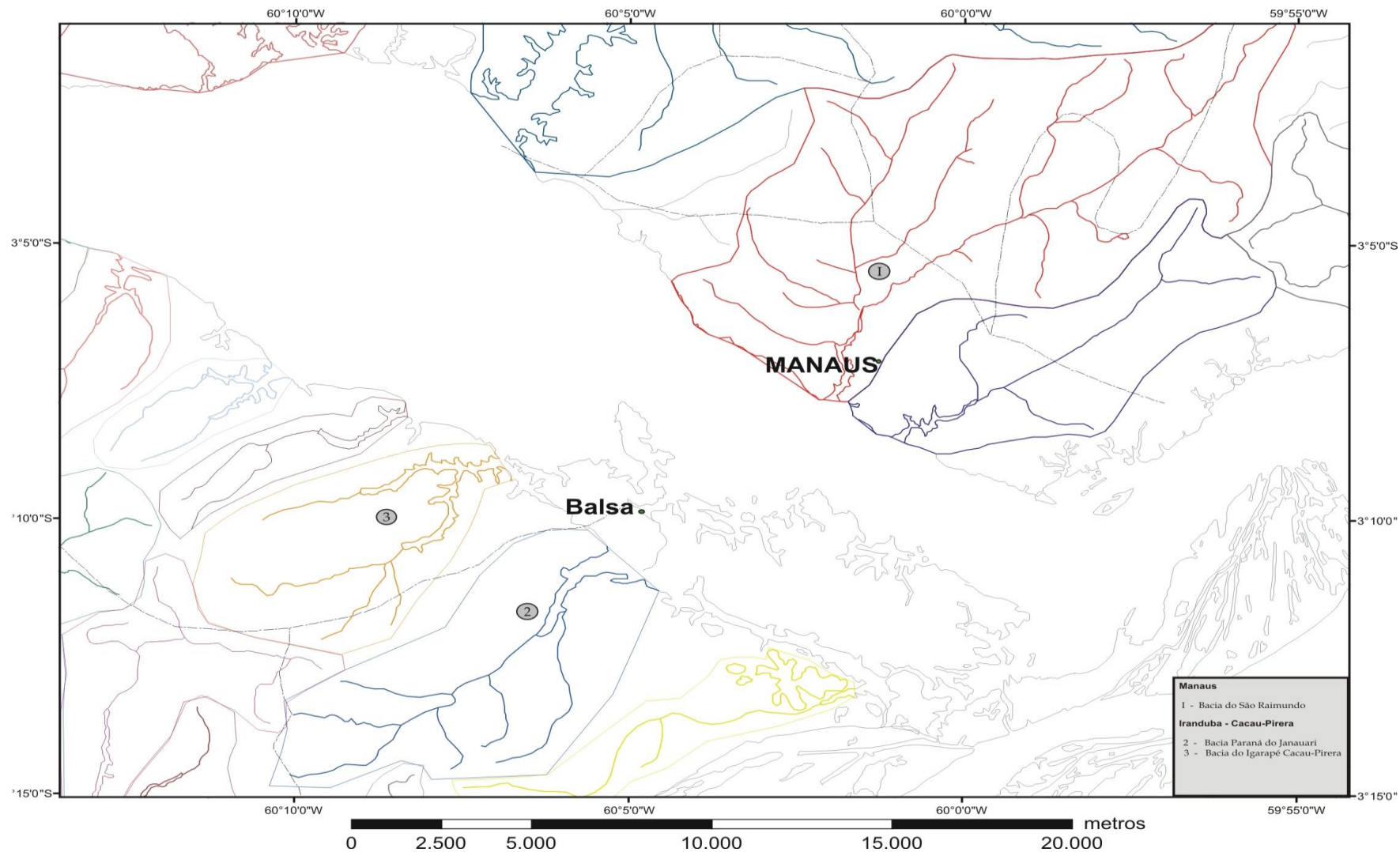


Figura IVA.3 06. Mapa das bacias e micro-bacias do rio Negro sob influência direta do empreendimento.

Micro-bacia do Paraná do Janauari – Compreende o Paraná e o Lago do Janauari. O Paraná nasce aproximadamente 1 km ao norte da rodovia Am 070 (60° 15' 11,0" e 3° 15' 46,5"). Percorre paralelamente a rodovia por 3 km até cruzar a estrada AM 452. A partir desta ramifica-se em vários braços, sendo um deles o lago do Janauari, que se situa a jusante do empreendimento. Por ser uma paraná, este contribui tanto para o rio Negro quanto para o Solimões, recebendo influência direta das águas destes dois rios.

Micro-bacia do igarapé do Cacau Pirêra – Compreende os igarapés do Cacau Pirêra, da montanha Russa e o da Cantoneira. A nascente do igarapé do Cacau Pirêra fica aproximadamente 2,5 km ao norte da rodovia Am 070 e comunica-se com o Igarapé da Montanha Russa, cujo percurso cruza esta rodovia apresentando várias nascentes, uma das quais localizada a aproximadamente 200 metros da estrada AM 452. O Igarapé da Cantoneira tem suas nascentes distantes a apenas 1 km da AM 070.

Além destas duas micro-bacias na área do empreendimento outras se distribuem ao longo da rodovia AM 070.

Micro-bacia do igarapé do Mudo – Formada apenas pelo lago de mesmo nome tem, uma de suas nascentes localizada a 0,5 km ao norte da rodovia AM 070 (3° 15' 51,0" e 60° 15' 06,0"), desaguando no rio Negro entre os lagos do Salvador e Paricatuba.

Micro-bacia do Paraná do Ariaú – Compreende o rio Ariaú, lago do Limão, lago do Ubim, lago do Aracapuri e lago do Acajatuba que abrange os igarapés do Boiaru, e Grande. O percurso do paraná Ariaú vai desde o rio Negro, cruza a rodovia AM 070 (Km 34) e continua até o rio Solimões, sendo que na parte central de seu curso, ao sul da rodovia, comunica-se diretamente com o lago do Limão. O lago do Ubim e do Acajatuba são lagos de grandes extensões e têm algumas de suas nascentes situadas a menos de 1 km da rodovia.

Micro-bacia do lago Miriti – Possui várias nascentes localizadas ao norte da AM 070, cruza esta rodovia a aproximadamente 7 km de Manacapuru, em porção mais estreita. Na parte sul da estrada apresenta inúmeras ramificações, uma das quais conecta com o lago do Calado durante o período das cheias, e deságua no Solimões.

Política Nacional de Recursos Hídricos - A Lei No. 9433 de 8 de janeiro de 1997, tem por princípio, determinar que todos os corpos d'água são de domínio público. Proclama, também, os princípios básicos de adoção da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento de planejamento; o respeito aos usos múltiplos dos corpos d'água; o reconhecimento das águas como um bem finito e vulnerável; o reconhecimento do valor econômico da água e a gestão participativa e descentralizada. Para isso foram definidos cinco instrumentos essenciais:

1. Plano Nacional de Recursos Hídricos.
2. Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos.
3. Cobrança pelo Uso da água.
4. Enquadramento dos corpos d'água em Classes de uso.
5. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Considerando o item 4, enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos, esta tomada de decisão tem como preceito:

- I - assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;
- II - diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Atendendo o que estabelece a Lei, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA – criou a resolução 357/05, sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento. Desta forma, as águas superficiais passaram a ser enquadradas dentro desta resolução e as águas subterrâneas de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº. 518 de 25 de março de 2004.

IVA.3 2 - Legislação Adotada para a Caracterização das Águas na Área de Influência do Empreendimento

ÁGUAS SUPERFICIAIS - A qualidade das águas dos rios e igarapés tomou como base os usos preponderantes, decorrentes do enquadramento dos cursos de água estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05. Para efeito de comparação foram utilizados os limites estabelecidos para águas doces classe 2: “ águas que podem ser destinadas”:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aqüicultura e à atividade de pesca”.

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - Considerou-se a Portaria do Ministério da Saúde nº. 518/04, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. Como a maioria da água subterrânea captada é utilizada diretamente pela população, esta portaria estabelece padrões de potabilidade para o consumo humano por meio de parâmetros microbiológicos (Tabela IVA.3 03).

Tabela IVA.3 03 Padrão microbiológico de potabilidade para consumo humano segundo a Portaria Nº. 518 do Ministério da Saúde de 25 de março de 2004

Parâmetro	VMP ⁽¹⁾
<i>Água para consumo humano</i>	
<i>Escherichia coli</i> ou Coliformes Termotolerantes	Ausência em 100 mL
<i>Água na saída do tratamento</i>	
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras; Ausência em 100mL em 95% das amostras examinadas no mês; Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml.

⁽¹⁾ valor mais provável segundo a portaria Nº. 518 do Ministério da Saúde.

IVA.3 4 Qualidade da Água.

Qualidade da Água Superficial da Região de Manaus - Diversos estudos realizados na bacia do igarapé do São Raimundo revelam que a qualidade das águas desta região encontram-se intensamente alteradas. COSTA (2003) realizou uma avaliação da colimetria em igarapés desta bacia hidrográfica, mais precisamente na microbacia do igarapé do Mindu. Os pontos amostrados correspondem a M1 (Nascente Parque das Garças), M2 (Petro) e M3 (Parque do Mindu). De acordo com os dados, pode-se perceber que as águas referentes à nascente têm características ácidas, enquanto que os demais pontos, por interferência antrópica, sofrem um aumento do pH, tornando suas águas básicas. Além disso, pôde-se notar que há um aumento da concentração das demais variáveis e diminuição da concentração de oxigênio dissolvido conforme o aumento da distância em relação a nascente e ao aumento da ocupação populacional. Verifica-se também que as concentrações de oxigênio dissolvido, amônia e coliformes fecais não se enquadram nos limites recomendados pela Resolução CONAMA 357/05 (Tabela IVA.3.04).

Tabela IVA.3 04. Caracterização das águas superficiais do Igarapé do Mindu

Pontos	pH	Cond (S/cm)	O ₂ (mg/L)	Amônia (mg/L)	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Coliformes Fecais (NMP/100mL)
M1	4,9–7,0	4,0–10,3	0,46–5,60	0,9–7,65	Ausência	91-1400000
M2	6,5–7,5	190–225	<2,0	0,3–6,7	1400000	1400000
M3	6,7–7,5	160–230	<2,0	<0,5	1400000	1400000

Fontes : COSTA (2003)

A bacia do São Raimundo tem a qualidade de suas águas alteradas a exemplo do igarapé do Mindu, isto porque, ao longo do percurso de seus igarapés, todos os parâmetros analisados são fortemente influenciados pela poluição de origem industrial e doméstica. Isto se reflete na diminuição da concentração de oxigênio dissolvido e aumento das demais variáveis, como pH, condutividade, amônia e coliformes totais e fecais.

Os dados a seguir são referentes ao estudo realizado por MELO *et. al* (2005) ao longo do igarapé do Mindu. A nascente do igarapé do Mindu apresenta água corrente de cor marrom escura, leito arenoso, com bancos de liteira, raízes e troncos submersos e mata ciliar preservada. A estação no conjunto habitacional Petro apresenta água corrente de cor barrenta, leito argilo-arenoso e mata ciliar modificada, recebendo principalmente esgoto doméstico. O trecho do igarapé do Mindu referente ao curso de água dentro do Parque do Mindu recebe carga de esgoto doméstico dos bairros adjacentes.

Os valores de pH das águas oscilaram de 3,2 a 7,2. A nascente do igarapé apresentou menores valores de pH, demonstrando-se mais ácidas do que das outras estações de coleta. Provavelmente a mudança de pH está relacionada a alterações provocadas por substâncias provenientes de despejos industrial e de esgoto doméstico na área de coleta. A condutividade elétrica oscilou de 6,5 (no ponto SR 1) a 267,0 µS/cm (ponto SR3), sendo esta variação um indicativo de influência antrópica.

Os maiores valores de oxigênio dissolvido foram observados na nascente. As demais estações de coleta apresentaram teores menores que 2,38 mg/L. Os menores valores do oxigênio dissolvido na área de estudo estão relacionadas à decomposição da matéria orgânica proveniente de despejo industrial e esgotos domésticos. Portanto, um sistema aquático que recebe esgotos in natura sofre alterações ecológicas decorrentes, na maioria das vezes, da eutrofização, diminuindo drasticamente a qualidade das águas, levando principalmente à acentuada redução do oxigênio dissolvido (MELO *et. al*, 2005).

Além disso, também foram verificadas altas concentrações de cátions e ânions ao longo do igarapé pela influência de despejos de origem antrópica. Estes mesmos resultados foram verificados por SILVA (2004), que realizou monitoramento de variáveis físicas e químicas na bacia do São Raimundo. Os dados referentes a este estudo estão representados na Tabela IVA.3 05.

Tabela IVA.3 05 Caracterização das águas superficiais do Igarapé do S. Raimundo

Variáveis	Cheia		Seca	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
pH	5,32	7,1	5,88	7,15
Condutividade elétrica (uS/cm)	66,63	218,18	73,8	233,92
Turbidez (NTU)	2,99	31,67	12,36	98,14
Oxigênio dissolvido (mg/L)	1,16	2,69	0,91	3,9
NO ₃ (mg/L)	0,04	0,26	0,1	0,25
NH ₄ (mg/L)	1,26	6,44	0,37	4,11
Ferro total (mg/L)	0,87	4,02	0,31	1,56
Ferro dissolvido (mg/L)	0,04	0,12	0,01	0,15
Coliforme total (NMP/100 mL)	247453	1347901	181145	1222921
Coliforme fecal (NMP/100 mL)	0	543829	18233	10337277

Fontes: SILVA (2004).

Os recursos hídricos que compõem a bacia do São Raimundo estão intensamente eutrofizados.

Segundo a Resolução CONAMA 274/2000, as águas consideradas próprias para contato primário são subdivididas nas seguintes categorias:

- a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;
- b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;
- c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

Na bacia do São Raimundo foram observados altíssimos valores de coliformes fecais (103372277 NMP/100 mL), não se enquadrando em nenhuma das categorias descritas acima, o que torna suas águas impróprias para o contato direto.

Mindu, onde as cargas de sedimentos em fluxo aumentaram significativamente (até 300 vezes), em comparação com trechos florestados, não poluídos. Além disso, os valores de oxigênio dissolvido na água foram muito menores aos medidos nos trechos florestados.

Ainda segundo CLETO - FILHO (2003), em trechos urbanizados, o igarapé do Mindu teve suas áreas marginais desmatadas e ocupadas pela população. Dessa forma, o igarapé serve como via de escoamento de esgotos domésticos e de lixo sólido, além de apresentar elevada carga de material em suspensão, que são potencializados em época de chuvas. Os dados referentes a este estudo podem ser observados na Tabela IVA.3 06.

Tabela IVA.3 06. Caracterização das águas superficiais do Igarapé do Mindu em três pontos de coleta

Locais	O ₂ (mg/L)	Temperatura (°C)	pH	Condutividade (µS/cm)	Sedimentos (mg/L)	Cor da água
Mindu 1	4,0-5,7	25-26	3,5-4,7	10,9-18,5	2,5-4,5	Clara
Mindu 2	4,0-6,0	25-28	3,9-4,8	11,8-21,4	3,1-4,6	Clara
Parque Mindu	1,0-3,5	26-28,2	5,8-6,9	77-240	75-237	Branca

Fonte: CLETO – FILHO (2003)

Coutinho (2005), estudando a hidroquímica das águas da bacia do São Raimundo, realizou coletas no Igarapé do Franco e no Igarapé 2, o qual se encontra com o igarapé dos Franceses, formando o igarapé Cachoeira Grande. Os igarapés estudados encontram-se canalizados, apresentam leito com grandes quantidades de lixo e entulhos. A vegetação ao longo de suas margens é quase inexistente.

Os valores de pH variaram de 5,7 a 7,2, e apresentou-se como indicativo de alteração causada por atividades antrópicas provenientes de despejos de esgotos domésticos, tornando-o mais básico.

A condutividade elétrica é uma medida que expressa a capacidade da água conduzir corrente elétrica, e depende da concentração de íons dissolvidos, de suas cargas e mobilidade. Como os igarapés estão localizados em áreas bastante populosas, a condutividade foi bastante elevada, chegando a ultrapassar 300 µS/cm.

Na nascente do São Raimundo, onde a água é visivelmente limpa, os valores de turbidez foram inferiores aos observados nos demais pontos de coleta, que chegaram a valores acima de 80 NTU. Os esgotos domésticos contêm muita matéria biodegradável e são, basicamente, responsáveis pela depleção de teor de oxigênio nos trechos onde o igarapé Franco e igarapé 2 recebem estes efluentes. Destaca-se que na maioria dos pontos de coleta não foi registrada a presença de oxigênio dissolvido. Foram observados valores altíssimos de amônia (11 a 45 mg/L), superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (3,7 mg/L).

O igarapé do Franco e o contribuinte para formação do Cachoeira Grande encontram-se com baixa concentração de oxigênio, elevadas concentrações de compostos nitrogenados, elevadas condutividades e turbidez. Estas são evidências de que os igarapés se encontram eutrofizados, resultado do lançamento de cargas orgânicas sem tratamento prévio.

Um grave problema na região de Manaus é a falta de saneamento básico na área urbana, sendo que a maioria dos domicílios utiliza fossa doméstica, ou os esgotos são lançados diretamente em igarapé ou na rua (COSTA, 2005).

Com relação aos estudos sobre metais pesados na região urbana de Manaus, os dados de literatura contemplam apenas a região do Distrito Industrial e bacia do Tarumã. SAMPAIO (1999) estudou a concentração de Cu, Mn, Fe, Zn, e Cr em igarapés na região do distrito industrial (Tabela IVA.3 07).

Tabela IVA.3 07 Caracterização de metais pesados em águas de igarapés da região do distrito

Estação	Teor (mg/L)				
	Cu	Mn	Fe	Zn	Cr
1	0,821 (81)	1,17 (3)	2,622 (0)	N.D.	N.D.
2	3,10 (8)	N.D.	17,7 (3)	N.D.	N.D.
3	N.D.	N.D.	26,2 (7)	N.D.	N.D.
4	1,22 (0)	1,74 (5)	11,2 (6)	19,6 (0)	0,777 (65)
5	1,05 (8)	1,19 (3)	29,0 (1,2)	N.D.	N.D.
6	1,11 (8)	3,331 (3)	25,0 (1,2)	N.D.	N.D.
7	1,16 (24)	0,661 (46)	7,12 (1,1)	19,6 (0)	N.D.
8	0,935 (8)	1,82 (33)	0,470 (9)	N.D.	N.D.
9	0,651 (0)	1,40 (7)	3,23 (47)	N.D.	N.D.
CONAMA 357	0,02	0,10	0,30	0,18	0,50 (Cr³⁺) 0,05 (Cr⁶⁺)

Fontes: SAMPAIO (1999).

Segundo o autor, a biodisponibilidade do Cr está relacionada com o valor de pH; a forma Cr³⁺ (não tóxica), por exemplo, é muito insolúvel em pH neutro e se dissolve quase que totalmente em águas naturais com pH muito baixo, enquanto que na forma oxidada CrO₄²⁻, é muito mais solúvel em valores de pH maiores, sendo tóxica e carcinogênica.

O Zn foi encontrado apenas nos pontos 4 e 7, em valores muito acima do recomendado pelo CONAMA, mas a questão de sua toxicidade é discutível. Porém, o excesso pode ser tóxico provocando dor gastrointestinal acompanhada de diarreia, câncer (carcinomas) e osteosarcomas.

O ferro foi o metal que ocorreu em maiores concentrações, seguido do Cu e Mn. Sampaio (1999) considera que dos três elementos, talvez o Cu seja o mais preocupante, pois é o mais biodisponível de todos, além de ser extremamente tóxico para muitos microorganismos causando um desequilíbrio no ecossistema.

SANTANA & BARRONCAS (2007) verificaram as concentrações de Co, Cu, Fe, Cr Ni, Mn, Pb e Zn na bacia do Tarumã, como consequência da liberação de chorume de aterro sanitário. As análises

químicas das amostras de sedimentos alcançaram os seguintes valores: Cu 1919 ug/g, Mg 746 ug/g, Fe 11472 ug/g, Zn 433 ug/g e Cr 233ug/g. Além disso, os valores observados nas águas superficiais também mostraram altos teores de metais pesados (Zn, Co, Ni, Fe e Pb) e bem acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 e algumas agências internacionais de proteção ambiental.

Qualidade da Água Superficial na Região do Cacau Pirêra e Municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão - Variação nos valores de temperatura é parte do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia e profundidade. Além disso, a temperatura varia bastante ao longo do dia, isto sendo influenciada principalmente pela radiação solar incidente sobre o corpo hídrico. Os valores observados nos pontos localizados no rio Negro variaram entre 28,70 e 30,5 °C (Figura IVA.3 10), que corroboram com os dados observados por LAGES (2005) (32,0 e 21,5 °C) e PINTO (2004) (Tabela IVA.3 09). No rio Solimões, município de Iranduba, a variação da temperatura não foi acentuada (entre 28,0 e 28,2 °C) enquanto que nos igarapés foram obtidos os menores valores (24,9 °C), já que estão em locais mais protegidos com radiação atenuada pela vegetação circundante. (Figura IVA.3 10)

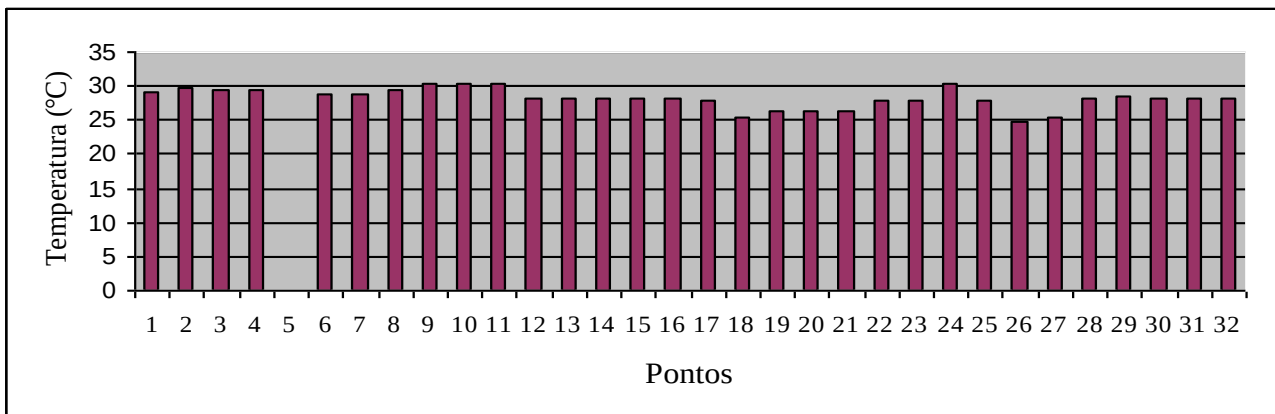


Figura.IVA.3 10. Valores de temperatura dos pontos de coleta de água superficial do rio Negro

Os corpos d'água podem sofrer uma variação brusca de temperatura, se ocorrer desmatamento da mata ciliar, ocasionada pela pressão da ocupação de suas margens. Esta situação pode refletir em mudanças na biota aquática adaptada às condições naturais do ambiente.

O pH é uma variável importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental, por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH contribuírem para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, entretanto a legislação vigente e a utilizada neste diagnóstico não levam em consideração as características das águas que constituem a região amazônica. Isto porque, a Resolução CONAMA 357/05 estabelece que o pH de águas doces classe 2 devem ser mantidas entre 6,5 e 9,5, ao passo que na região estudada, devido às características naturais, o pH comumente encontrado é ácido e em torno de 4 a 5,5.

Com relação ao pH, nos pontos observados, a variação encontrada foi entre 4,0 e 6,5 (Fig. 11), o que caracteriza a região como possuindo águas ácidas. Na orla do rio Negro os valores de pH

mantiveram-se entre 4,9 e 6,3, sendo muito próximos aos observados por PINTO (2004) (Tabela. IVA.3 09) e superiores a variação observada por LAGES (2005) (4,7 e 5,6). No rio Solimões a variação encontrada foi pequena (6,23 e 6,5), com valores próximos ao neutro, justamente pelas diferenças de composição existentes entre as águas brancas e negras. Nos demais pontos houve uma maior variação (4,0 e 6,1), principalmente pela diferenciação dos usos dos ambientes. As águas da orla de Novo Airão e da estrada que liga Manacapuru a este município, apresentaram valores mais ácidos (com pH em torno de 4), as águas da estrada entre Iranduba e Manacapuru em torno de 5 e na vila do rio Ariáú próximos a 6, provavelmente devido à interferências antrópicas no ambiente.

A condutividade elétrica depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados. Entre os pontos analisados, nenhum deles apresentou condutividade elétrica (CE) superior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo que o valor máximo encontrado foi no rio Negro (65 $\mu\text{S}/\text{cm}$). LAGES (2005) encontrou uma variação menor para pontos localizados na orla do rio Negro (7,42 e 17,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e PINTO (2004) uma variação bem maior (Tabela IVA.3 08). Este fato pode estar relacionado com as diferentes localizações dos pontos de coleta, que podem receber maior ou menor fontes de contaminação, ou mesmo a contribuição de diferentes canais, como afluentes.

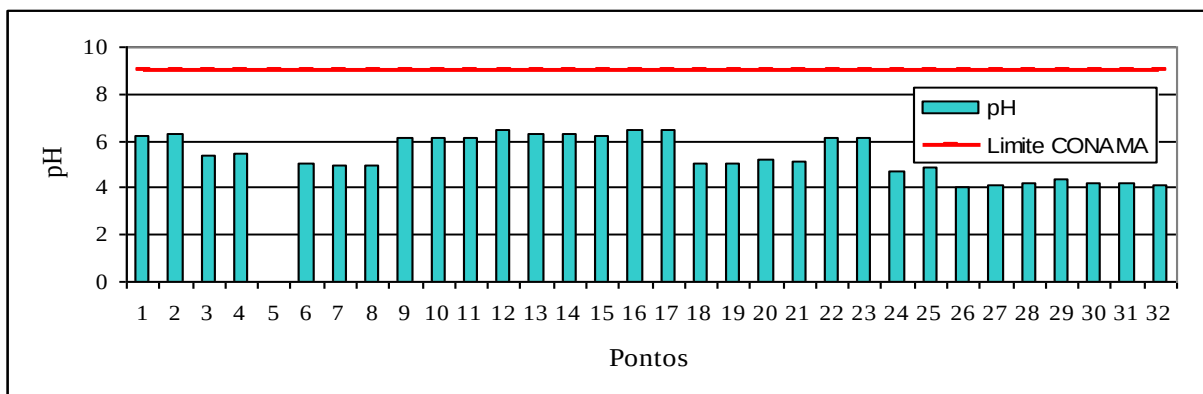


Figura IVA.3 11. Valores de pH dos pontos de coleta de água superficial.

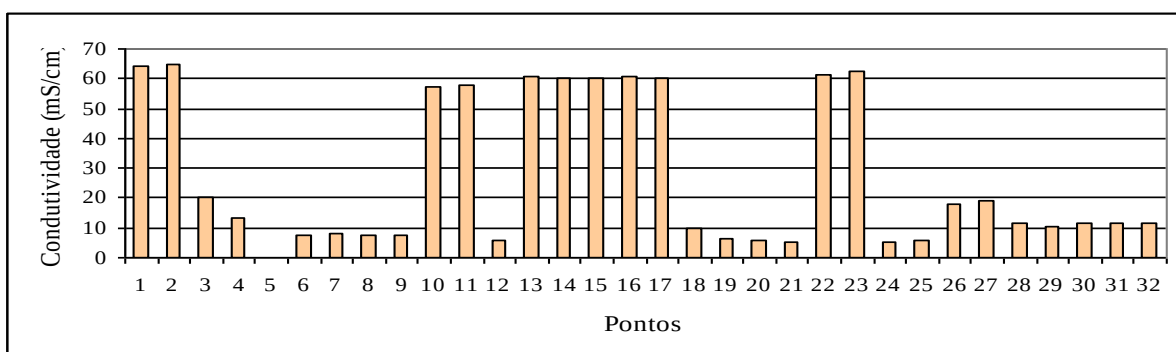


Figura IVA.3 12. Valores de condutividade elétrica dos pontos de coleta de água superficial.

O disco de Secchi fornece uma idéia da transparência da água, indicando a capacidade que a água tem de permitir a passagem do raio luminoso. O instrumento, quando mergulhado na água, indica a maior profundidade onde seja possível ocorrer a fotossíntese. Na orla do rio Negro os valores de transparência variaram entre 1 e 2 m (Figura IVA.3 13). Nas águas pretas, o principal fator que restringe a visibilidade é a cor, devido à grande presença de substâncias húmicas dissolvidas; contudo, como consequência dos baixos teores de matéria em suspensão, a refletância é mínima e a atenuação da luz menos acentuada. No caso das águas brancas, ocorre situação inversa, como estas águas são riquíssimas em material em suspensão, sua visibilidade é bastante reduzida, como pode ser observado pelos dados obtidos (0,20 e 0,26 m) (Figura IVA.3 13). Nos demais pontos, a variação observada foi entre 0,4 e 1,30 m, sendo os menores valores observados nos pontos localizados na estrada de Iranduba a Manacapuru.

Em relação à cor, nenhum dos pontos amostrados apresentou valores superiores a Resolução CONAMA 357/05 (500 mgPt/L). No rio Negro, a variação observada foi entre 8,98 e 35,16 mgPt/L (Figura IVA.3 14), sendo bastante inferiores aos observados por PINTO (2004) (Tab. 9). No rio Solimões, a variação observada foi semelhante a do rio Negro (8,23 a 34,41 mgPt/L). Nos igarapés localizados ao longo das estradas a variação foi entre 24,44 e 35,66 mgPt/L e os maiores valores observados foram na orla do rio Negro em Novo Airão (38,89 e 48,62 mgPt/L).

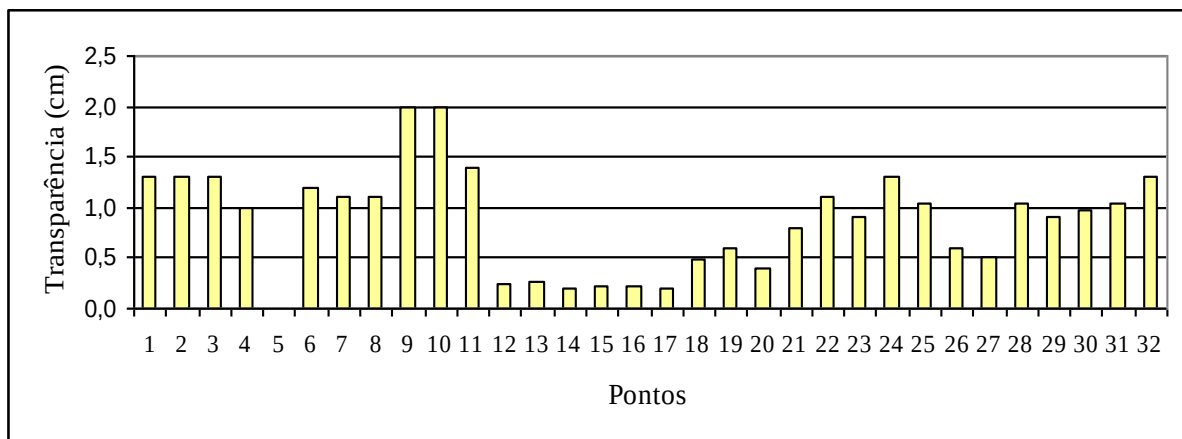


Figura IVA.3 13. Valores de transparência dos pontos de coleta de água superficial.

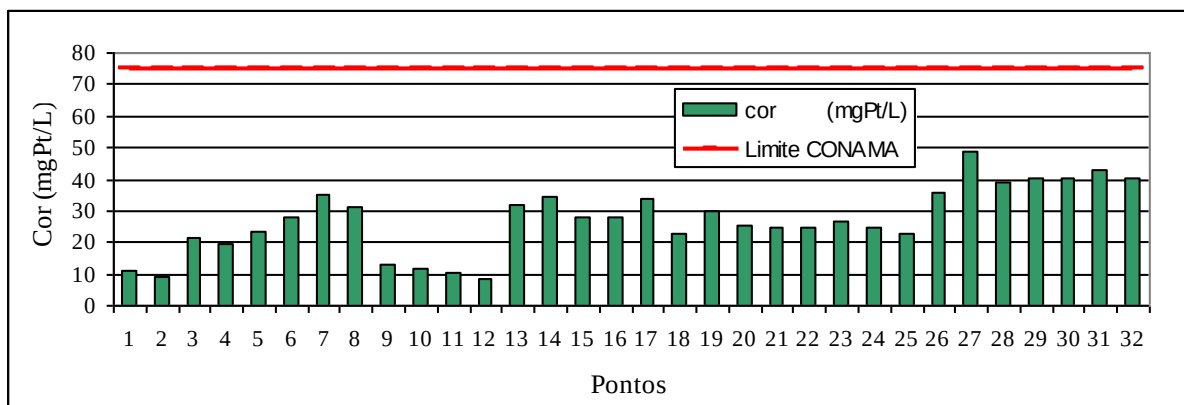


Figura IVA.3 14. Valores de cor dos pontos de coleta de água superficial.

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. Os valores de turbidez mantiveram-se abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (100 NTU). Os maiores valores foram observados nos pontos 12 a 17, que

correspondem a coletas realizadas no rio Solimões, que é caracterizado por águas turvas, ricas em material em suspensão (Figura IVA.3 15). No rio Negro observou-se uma pequena variação nos valores (2,4 e 4,40 NTU), e que se encontram no intervalo observado por PINTO (2004). Nos demais pontos coletados a variação também foi pequena (1,2 e 7,0 NTU), sendo este último observado em igarapé na estrada de Iranduba a Manacapuru.

Os maiores valores de sólidos totais foram observados nos pontos com maiores valores de turbidez, no rio Solimões (25 a 137 mg/L). Isto ocorre porque as duas variáveis estão diretamente relacionadas, ao ponto que um aumento de sólidos em suspensão gera uma elevação nos valores de turbidez. No rio Negro, a variação observada foi de 21,00 a 65,00 mg/L, e nos demais pontos entre 4,00 e 76,00 mg/L, (Figura IVA 3. 16) sendo o primeiro valor observado em igarapé localizado na estrada de Iranduba a Manacapuru e o segundo na vila do Ariáú.

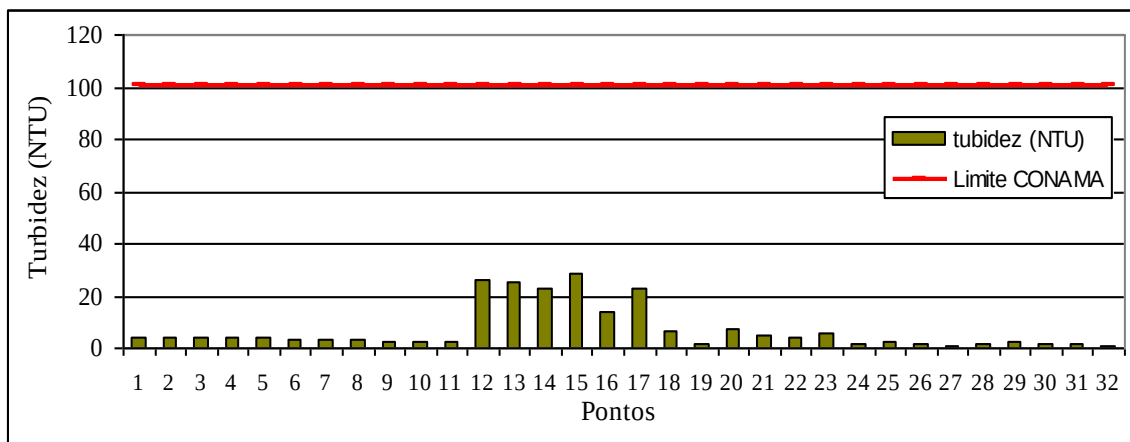


Figura IVA.3 15. Valores de turbidez dos pontos de coleta de água superficial.

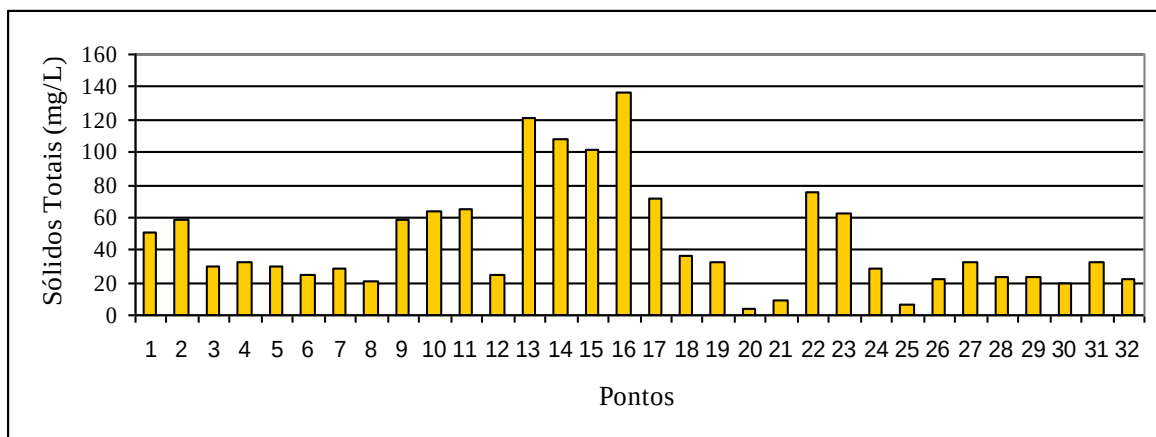


Figura IVA.3 16. Concentração de sólidos totais dos pontos de coleta de água superficial.

A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície, depende das características hidráulicas é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa. Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas. Este fenômeno ocorre em águas poluídas ou, mais propriamente, em águas eutrofizadas, ou seja, aquelas em que a

decomposição dos compostos orgânicos lançados levou à liberação de sais minerais no meio, especialmente os de nitrogênio e fósforo, que são utilizados como nutrientes pelas algas.

A Resolução CONAMA 357/04, estabelece para águas classe 2, que a concentração mínima de oxigênio para ambientes lóticos deve ser de 4 mg/L. Entretanto, somente os pontos 18 e 19 (estrada de Iranduba a Manacapuru) e 24 a 27 (lago Miriti e estrada de Manacapuru a Novo Airão) apresentaram concentrações superiores a esta. Os menores valores de oxigênio (0,3 e 0,5 mg/L) (Figura IVA.3 17) foram observados na Vila do Ariaú (pontos 22 e 23), e este fato pode estar relacionado com contaminação orgânica das águas, já que os habitantes da vila despejam seus esgotos diretamente no igarapé. Pequenas concentrações de oxigênio também foram verificadas nos pontos 1 e 2, localizados no rio Negro, próximo a região de tráfego das balsas, e este fato pode estar relacionado também pela existência de fontes de poluição orgânica, assim como o descarte de óleo utilizado nas embarcações.

Demanda química de oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO_{5,20}, sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial. No rio Negro a variação dos valores de DQO foram entre 29,47 e 52,43 mg/L (Fig. 18), sendo que os valores mínimos observado são menores aos verificados por LAGES (2005) (41,22 a 66,62 mg/L) e por PINTO (2004) (Tab. 9). No rio Solimões a variação encontrada foi entre 23,81 e 35,43 mg/L e nos pontos localizados na estrada de Iranduba a Manacapuru entre 24,09 a 57,61 mg/L.

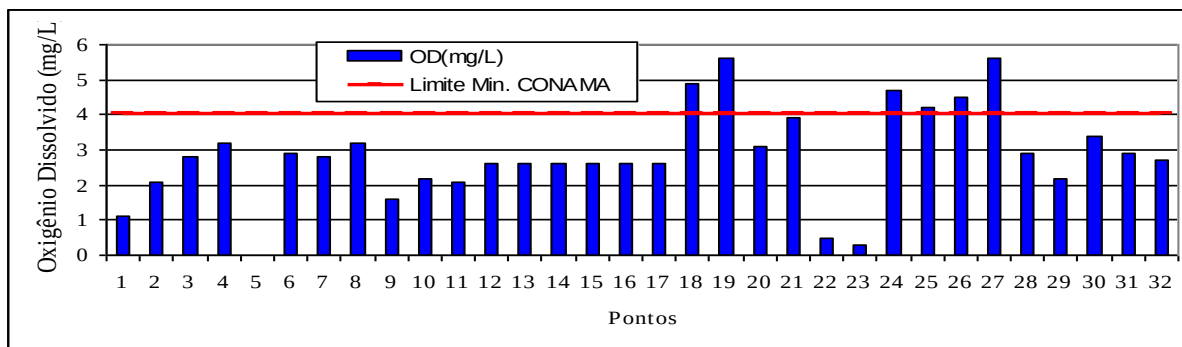


Figura IVA.3 17. Concentração de oxigênio dissolvido nos pontos de coleta de água superficial

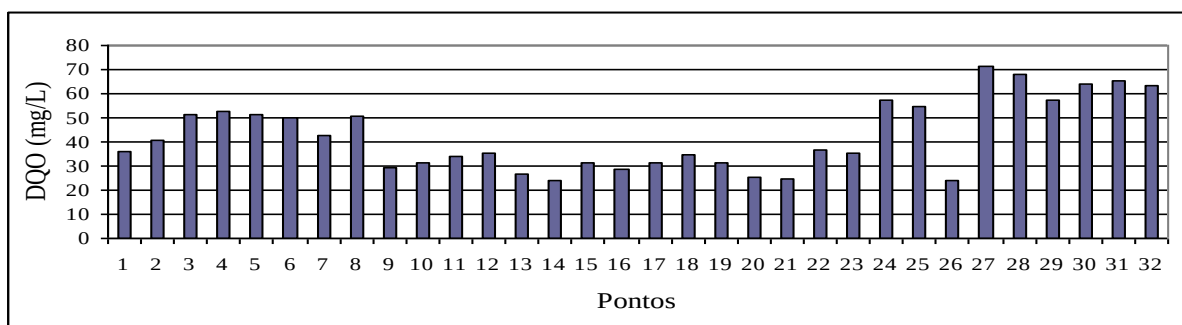


Figura IVA.3 18. Demanda Química de Oxigênio nos pontos de coleta de água superficial

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico. Nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes.

Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas. As concentrações de nitrogênio total foram maiores nos pontos 20 a 32, que correspondem a igarapés localizados na estrada de Iranduba a Novo Airão (Figura IVA.3 19). Estes valores podem estar relacionados com a introdução de matéria orgânica nestes sistemas, já que nestes mesmos locais foram observadas pequenas concentrações de oxigênio dissolvido e elevados valores de DQO. No rio Negro, nos pontos mais próximos a balsa, foram observados valores em torno de 1 mg/L, que também pode estar relacionada com fontes de contaminação orgânicas domiciliares ou de combustíveis utilizados nas embarcações. Nos pontos de 3 a 18, as concentrações de nitrogênio total não ultrapassaram 0,8 mg/L (Figura IVA.3 19).

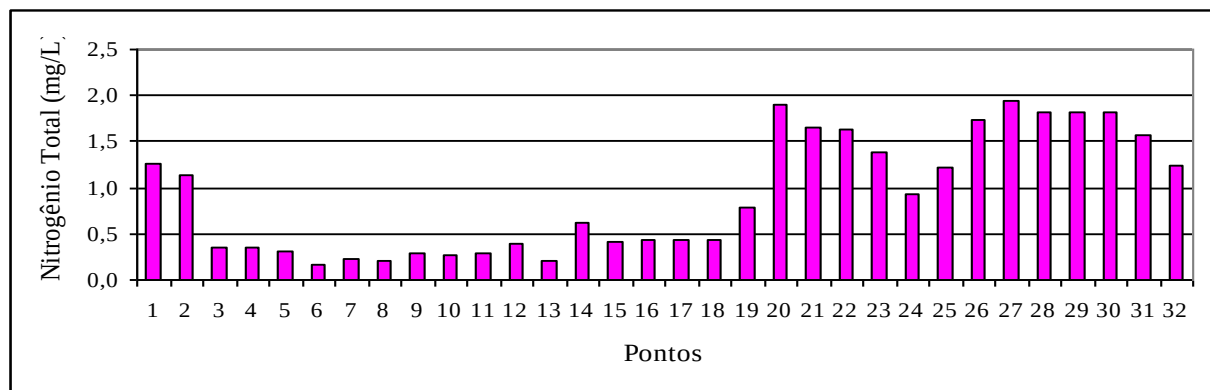


Figura IVA.3 19. Concentração de nitrogênio total nos pontos de coleta superficial.

Tanto as concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal não ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (10,0 mg/L de nitrato; 1,0 mg/L de nitrito e 3,7 mg/L de nitrogênio amoniacal para águas com pH inferiores a 7,5). As concentrações máximas observadas foram de 0,07 mg/L de nitrato (Figura IVA.3 20), 0,13 mg/L de nitrito (Figura IVA.3 21) e 0,267 mg/L de nitrogênio amoniacal (Figura IVA.3 22), este último na região dos pontos 1 e 2, próximos às balsas, no rio Negro. Segundo PINTO (2004), os valores de nitrogênio amoniacal chegaram a concentrações de 9,0 mg/L, muito superiores às observadas neste estudo.

O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos domésticos. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. Os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas. As concentrações de fósforo total foram maiores nos pontos de 18 a 32,

que incluem os pontos localizados na estrada de Iranduba a Manacapuru, Vila Ariaú, estrada de Manacapuru a Novo Airão e orla de Novo Airão, entretanto não ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. No rio Negro, os maiores valores foram observados nos pontos 1 e 2 (0,012 a 0,014 mg/L), assim como para as concentrações das diferentes formas de nitrogênio. No rio Solimões, as concentrações variaram entre 0,006 a 0,012 mg/L (Figura IVA 3 23).

A maior concentração de ortofosfato foi observada no rio Negro, também próximo às balsas. Além disso, as concentrações de ortofosfato acompanharam os valores de fósforo total, sendo elevadas também na região entre Iranduba e Novo Airão, principalmente nos pontos 22 e 23, localizados na Vila do Ariaú, área povoada e geradora de resíduos.

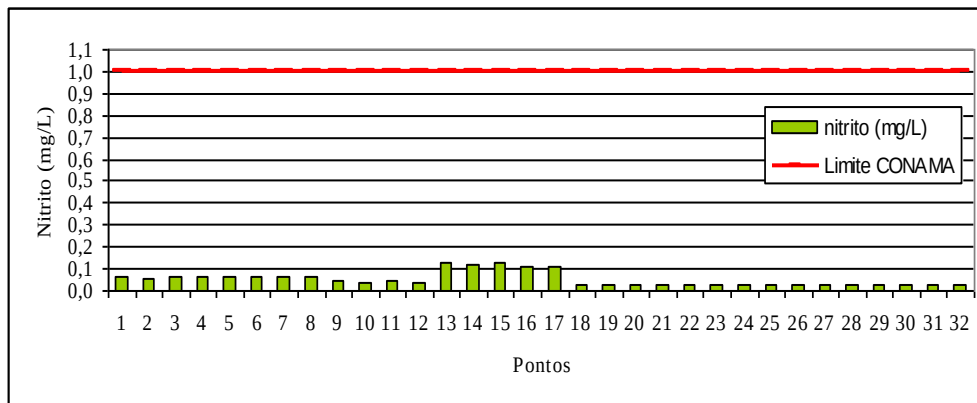


Figura IVA.3 20. Concentrações de Nitrato nos pontos de coleta superficial.

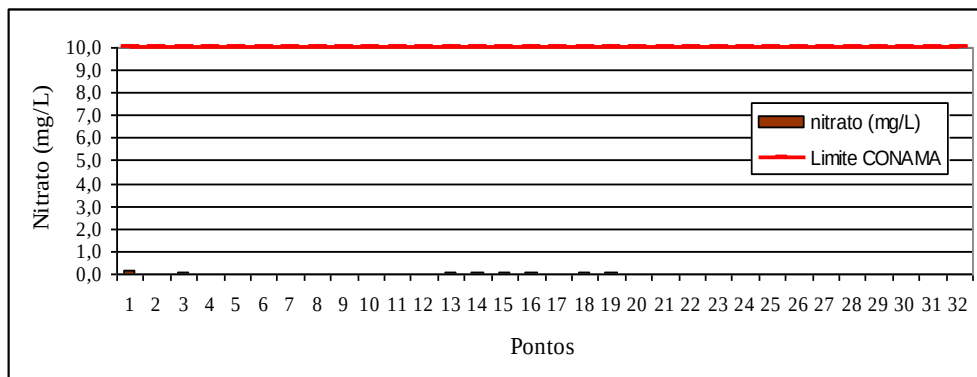


Figura IVA.3 21. Concentrações de Nitrito nos pontos de coleta superficial.

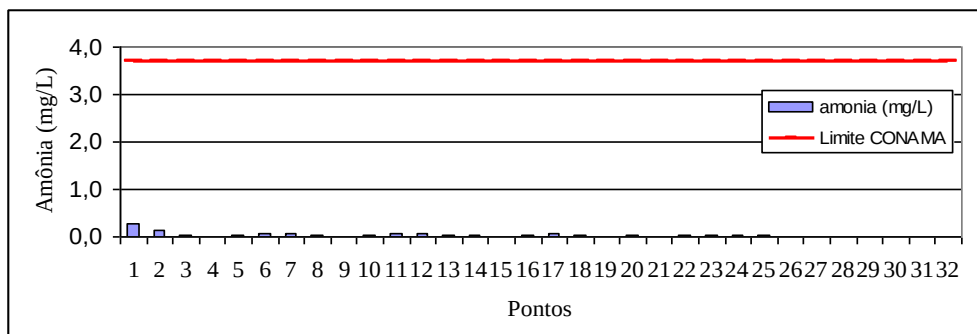


Figura IVA.3 22. Concentrações de Amônia nos pontos de coleta superficial.

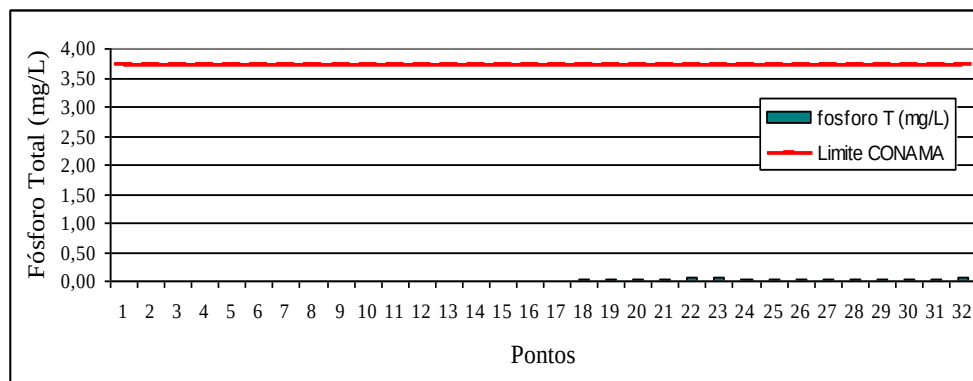


Figura IVA.3 23. Concentrações de fósforo total nos pontos de coleta superficial.

A dureza é originada, principalmente, de dois íons que ocorrem em concentrações mais significativas nas águas: cálcio e magnésio. Por isso, a dureza é dada pela concentração total de cálcio e de magnésio, expressa na forma de carbonato de cálcio, embora também produzem dureza os bicarbonatos, sulfatos, cloretos, nitratos e silicatos. No rio Negro foi verificada uma grande variação nos valores de dureza (0,86 a 42,84 mg CaCO_3/L), sendo que os valores mais elevados foram observados nos pontos próximos às balsas. Valores muito semelhantes a estes foram observados por PINTO (2004) (Tabela IVA.3 08). Valores elevados também foram verificados no rio Solimões, entretanto com uma menor variação entre os valores (37,7 a 40,27 mg CaCO_3/L). Assim como para outras variáveis, os valores de dureza nos pontos 22 e 23 foram elevados (em torno de 37 mg CaCO_3/L) (Figura IVA.3 24), dessa forma, nota-se que nestes pontos há influência antrópica na qualidade da água.

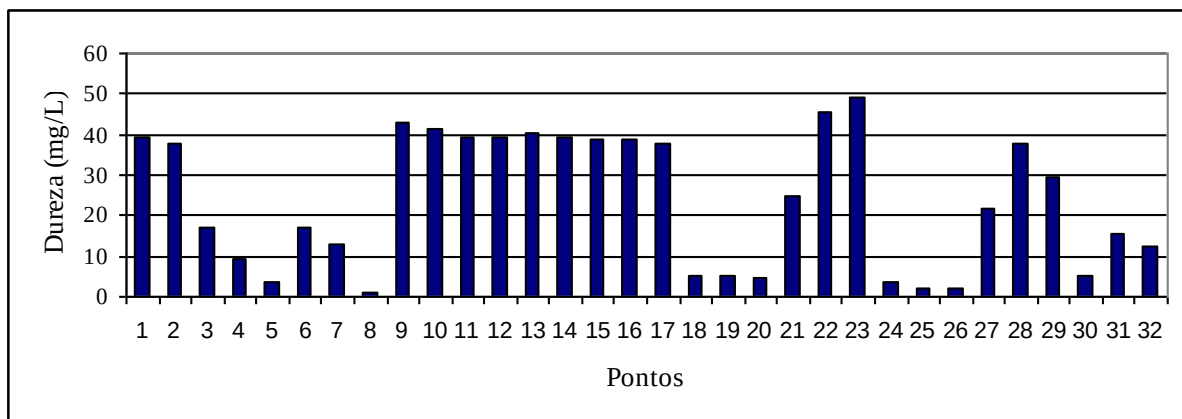


Figura IVA.3 24. Valores de dureza nos pontos de coleta superficial.

Não houve identificação da presença de coliformes totais, fecais (termotolerantes) e *Salmonella* sp, que são indícios de contaminação orgânica e fecal para os pontos analisados. Entretanto, houve concentração de bactérias (padrão) acima do recomendado pela NRC 12 de 02/01/2001 (Tabela IVA.3 09).

Segundo a RESOLUÇÃO CONAMA 357/05, os valores das variáveis analisadas nas áreas de influência direta (orla direita do rio Negro próximo ao porto do Cacau Pirêra), e nas áreas de influência indireta (nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão), se enquadraram dentro dos limites estabelecidos. Entretanto, este fato não ignora a possibilidade de contaminação dos pontos de coleta. Os locais onde as concentrações de oxigênio dissolvido são baixas, e as concentrações das diferentes formas de nitrogênio e fósforo são elevadas, são indicativos de interferência antrópica na qualidade da água, principalmente pelo lançamento de esgotos domésticos sem tratamento prévio. Os locais já apresentam estas características, estão localizados na orla direita do rio Negro próximo às balsas, na região da vila do Ariau e na orla do rio Negro em Novo Airão.

A interferência antrópica sobre os recursos hídricos superficiais nas áreas de influência direta são bastante distintas. As características das águas de Manaus indicam ambientes eutrofizados, enquanto que no Município de Iranduba as características naturais encontram-se conservadas.

Tabela IVA.3 08. Caracterização de águas superficiais de Igarapés da região de Manaus-Am.

Local de coleta	Temp (°C)	pH	Cond. (□ S/cm)	Dureza (mgCO ₃ /ml)	Cor (mgPt/L)	Turbidez (NTU)	OD (mgO ₂ /m l)	DQO (mgO ₂ /m l)	NH ₄ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	NO ₂ (mg/L)
MIT	30,2-29,8	5,5-5,1	7,3-15,9	2,31-31,90	110,71-31,42	6,1-2,3	8,3-5,2	40,3-67,6	0,36-0,47	0,05-0,03	0,005-< 0,005
FIT	29,8-30,2	5,8-4,8	9,5-14,8	2,49-37,82	98,63-32,26	6,7-2,4	8,9-5,64	40,6-64,6	0,32-0,49	0,07-0,35	<0,005
JIT	30,3-29,9	5,6-4,7	7,1-14,9	1,73-22,52	114,56-20,67	6,5-2,1	8,2-5,3	40,3-64,9	0,36-0,46	0,04-0,03	0,005-< 0,05
FISR	30,2-30,0	6,9-6,4	214,0-129,2	38,13-596,30	80,81-28,42	4,5-2,9	0,5-0,4	*	6,03-5,15	0,02-< 0,01	4,84-0,01
FIE	32,1-29,2	6,9-5,9	286,0-38,8	58,52-627,45	79,45-30,67	4,3-2,7	0,7-0,5	*	9,25-1,12	0,05-0,01	8,23-0,01
JIE	29,8-28,0	6,6-4,8	593,0-17,6	11,57-26,70	115,67-31,42	4,7-2,3	7,3-4,7	43,6-67,6	2,45-0,52	0,04-0,03	1,64-<0,005
CSA	30,1-28,7	5,6-4,7	7,8-16,3	1,61-18,11	112,89-29,17	4,3-1,8	7,7-4,8	44,2-64,2	0,34-0,50	0,04-0,030	<0,005

a montante e jusante do igarapé Tarumã (MIT e JIT), jusante do igarapé Educandos (JIE) e Ceasa (CSA) – e na foz dos igarapés Tarumã (FIT), São Raimundo (FISR) e Educandos (FIE). Fonte: PINTO (2004)

Tabela IVA.3 09. Concentração de coliformes, coliformes termotolerantes, *Salmonella* e contagem padrão de bactérias nos pontos 25, 26 e 32

Pontos	Coliformes a 45° C	Coliformes termotolerantes	Salmonella sp/25g	Contagem padrão bactérias / mL
25	Ausência	Ausência	Ausência	1400
26	Ausência	Ausência	Ausência	2600
32	Ausência	Ausência	Ausência	< 500

Índice de Qualidade da Água (IQA) - Com a finalidade de classificar a qualidade de água na região sob influência do empreendimento, optou-se por realizar o cálculo do IQA (índice de qualidade de água) segundo a National Sanitation Foundation (NSF). Nove parâmetros são considerados mais representativos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Para cada parâmetro foram traçadas curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações para os pontos amostrados. A cada parâmetro foi atribuído um peso, listados na Tabela IVA.3 10, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA.

Tabela IVA.3 10 - Peso dos Parâmetros de IQA

Parâmetro	Peso
Oxigênio dissolvido OD (% OD)	0,17
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃)	0,10
Fosfatos (mg/L PO ₄)	0,10
Variação na Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos totais (mg/L)	0,08

Dessa forma, o IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros conforme a fórmula:

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i}$$

Em que:

IQA = índice de qualidade da água, um número de 0 a 100

qi = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

wi = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme especificado a seguir:

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	90 < IQA < 100
Bom	70 < IQA < 90
Médio	50 < IQA < 70
Ruim	25 < IQA < 50
Muito Ruim	0 < IQA < 25

Figura IVA.3 25. Níveis de qualidade de água

Índice de Qualidade da água (IQA) na Zona Urbana de Manaus - Em estudo sobre a qualidade de água na Bacia do Igarapé Quarenta, em Manaus, VEIGA (2005) verificou qualidade entre regular e ruim, nos locais mostrados na Figura IVA.3 26.

O local que apresentou melhor qualidade é o que recebe pequeno lançamento de esgotos e lixos e que ainda permanece parcialmente protegido com floresta no seu entorno (Ponto 1). Nos demais pontos de coleta, a qualidade da água foi considerada ruim, notadamente em termos de baixas concentrações de oxigênio dissolvido e elevadas concentrações de coliformes fecais, que estão associados ao lançamento de esgotos sanitários sem tratamento e ao lançamento de esgotos de origem industrial (Figura IVA.3 27).

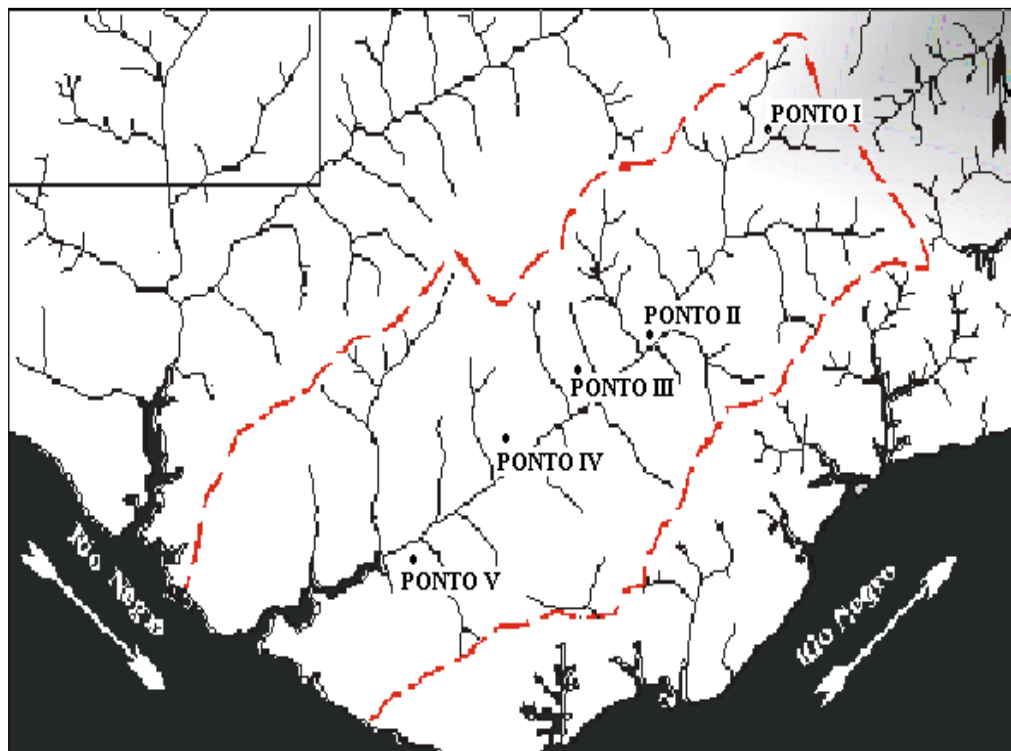
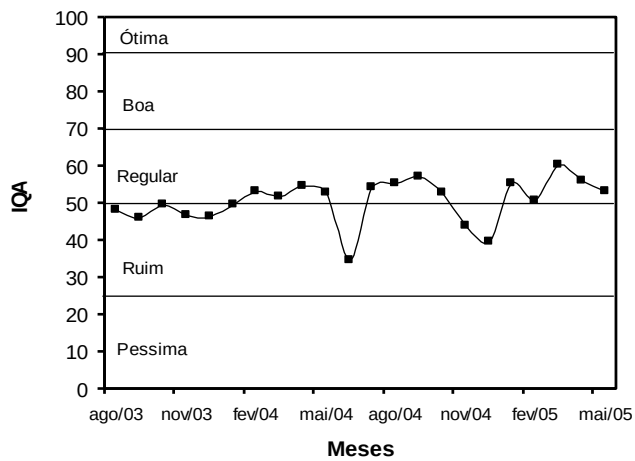
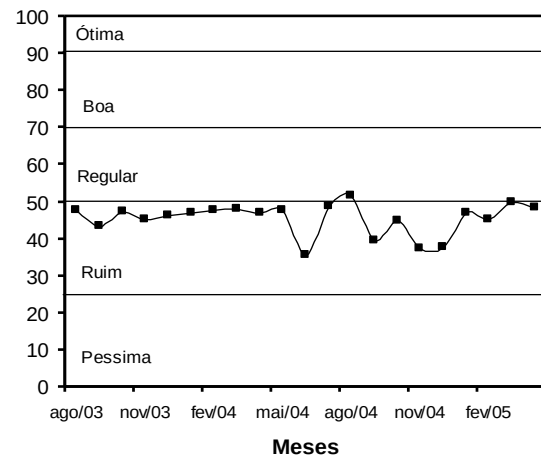


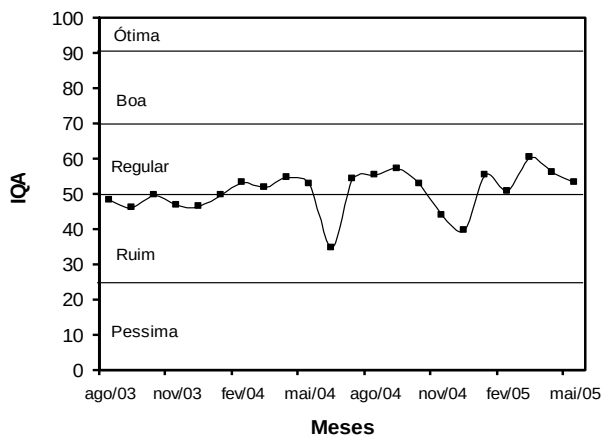
Figura IVA.3 26. Pontos de coleta de água na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Quarenta (VEIGA, 2005).



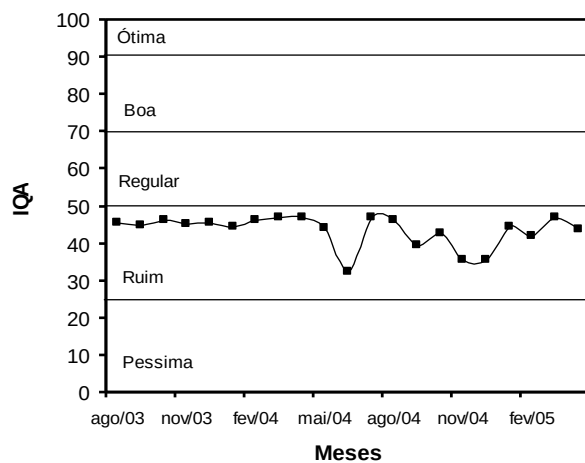
Ponto I



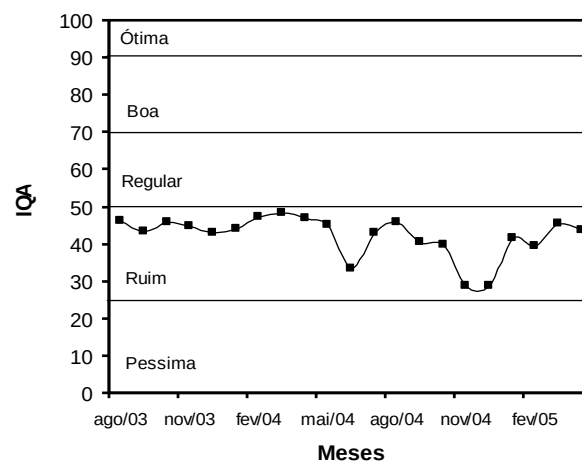
Ponto II



Ponto III



Ponto IV



Ponto V

Figura IVA.3 27. Índices de qualidade (IQA) da água nos diferentes locais do Igarapé do Quarenta, ao longo dos meses (VEIGA, 2005).

Este estudo reflete não só a qualidade de água da bacia Hidrográfica do Igarapé Quarenta, mas também da maior parte da zona urbana de Manaus, que como citado anteriormente, possui igarapés com baixas concentrações de oxigênio, elevadas concentrações de coliformes, turbidez, DBO, e altos teores de nutrientes, que faz com que tenham índices variando entre ruim e regular.

Índice de qualidade da água superficial (IQA) na região do Cacau Pirêra e Municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão - Na vila de Cacau Pirêra e nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão a maior parte dos pontos amostrados apresentou índice de qualidade de água (IQA) bom, conforme estabelecido pela National Sanitation Foundation (NSF) (Figura IVA.3.28). Somente os pontos 1, 2, 3 e 11 localizados na orla da vila do Cacau Pirêra, apresentaram IQA regular (Figura IVA.3.29). Isto se deve provavelmente ao despejo de esgotos domésticos oriundos da vila e de flutuantes localizados próximos ao ponto de embarque e desembarque das balsas.

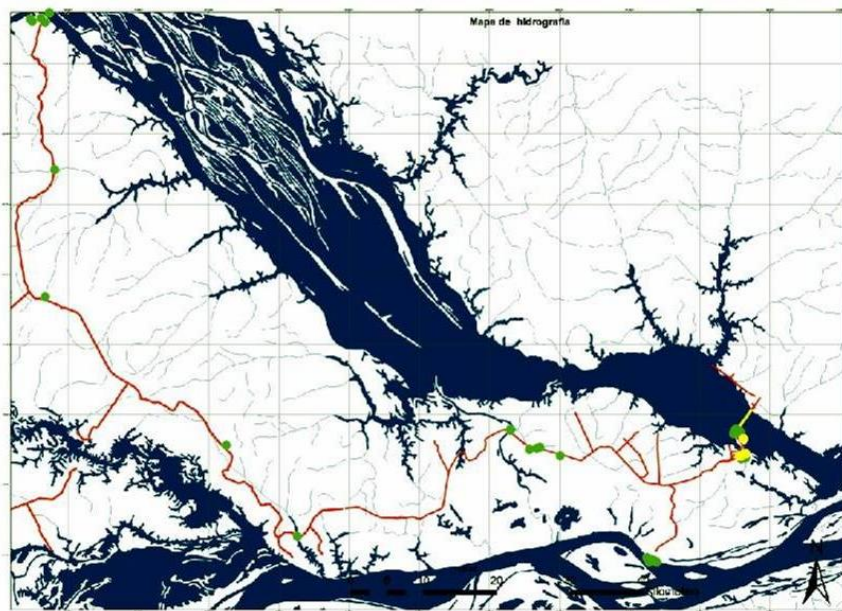
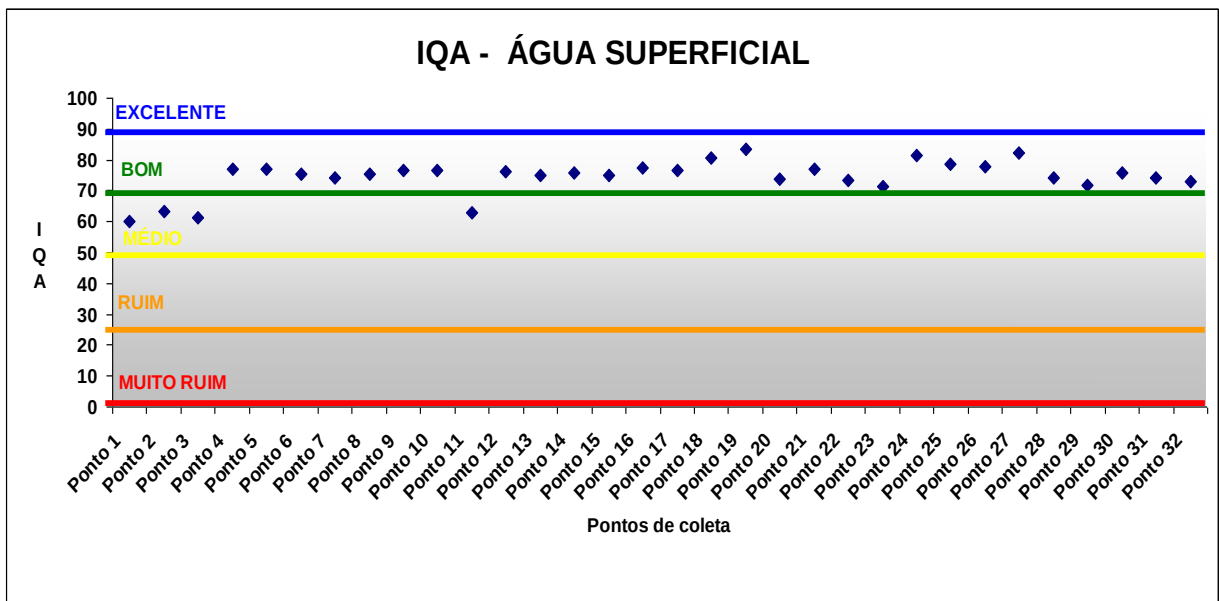


Figura IVA.3 28. Localização dos pontos de coleta de água superficiais na área de influência do empreendimento.



Nível de Qualidade Faixa	Faixa
Excelente	90 < IQA < 100
Bom	70 < IQA < 90
Médio	50 < IQA < 70
Ruim	25 < IQA < 50
Muito Ruim	0 < IQA < 25

Figura IVA.3 29. Índices de qualidade da água (IQA) dos pontos amostrados.

Qualidade da água subterrânea na região de Manaus, vila de Cacau Pirêra e Municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão –

A água é um recurso natural renovável de origem mineral, embora alguns autores classifiquem as águas subterrâneas como não renováveis, devido ao longo período requerido para a sua renovação, em comparação com a escala de tempo da vida humana. A água é renovável, pelo menos no sentido de que o ciclo hidrológico evapora a água dos oceanos e devolve grande parte dessa água para os continentes, de onde retorna, superficial e subterraneamente, ao oceano (SILVA, 2005).

A reserva de água doce potencialmente explorável limita-se em cerca de 2,7 milhões de km³ nos aquíferos subterrâneos e cerca de 140 mil km³ nas águas superficiais, totalizando aproximadamente 2,8 milhões de km³ (apenas 7% do total de água doce existente no planeta) (LEAL, 1998; VILLIERS, 2002).

Os fenômenos do ciclo hidrológico, em suas fases, estão intimamente relacionados com os componentes do meio ambiente, como cobertura vegetal, declividade e características geológicas. Qualquer modificação num desses componentes da bacia irá conseqüentemente influir no ciclo hidrológico e vice-versa. As bacias subterrâneas não têm exatamente o mesmo contorno que as superficiais, mas em geral, ao se falar em bacias hidrográficas, se está referindo à bacia superficial, por ser de mais fácil determinação e visualização, além de as águas superficiais serem mais utilizadas (LEAL, 1998).

A infiltração é um processo lento em que a água penetra no solo, através dos espaços intergranulares, até atingir uma zona totalmente saturada formando o lençol subterrâneo. Ocorre até o ponto em que o suprimento de água excede a capacidade do solo em absorvê-la. Praticamente, toda a água subterrânea tem essa origem. É condicionada pelo tamanho dos grãos, tipo e grau de intercomunicação entre os vazios intergranulares (porosidade efetiva), presença ou não de obstáculos em superfície, condições de umidade e diferenças de nível e pressão que ocasionam o deslocamento da água subterrânea, dos níveis de energia hidráulica mais altos para os mais baixos (PINTO, 1973; SUGUIO & BIGARELLA, 1990; AZEVEDO & ALBUQUERQUE FILHO, 1998).

O movimento da água, relativamente lento, ao se infiltrar no solo, propicia contato com os minerais que formam o substrato rochoso, os quais, assim, nela vão se dissolvendo em maior ou menor proporção. Assim, a água subterrânea aumenta o teor em substâncias dissolvidas na medida em que prossegue no seu movimento até atingir um equilíbrio. A zona não-saturada, com sua grande capacidade de adsorção, degradação por microrganismos, evaporação e camadas adjacentes diferentes, age, preliminarmente, como filtro natural e, sob condições normais, este sistema de filtração, apesar de não possuir o mesmo comportamento de atenuação de contaminantes, recupera a qualidade da água impedindo a passagem de muitos microrganismos nocivos à saúde e partículas que contenham compostos tóxicos. Da mesma forma, o grau de atenuação variará, segundo o tipo de contaminante. No entanto, a água pode se contaminar, se os meios permeáveis à água, pela troca de materiais com o solo e a rocha, já estiverem altamente contaminados ou contiverem elementos naturais tóxicos (BRANCO, 1986; FOSTER & HIRATA, 1993; MORAIS, 1995).

A água que infiltra no solo chama-se sub-superficial e ocorre nas camadas superiores. Porém, nem toda essa água se torna subterrânea, podendo voltar à superfície por capilaridade, sob a ação da gravidade (em locais de cotas inferiores ao nível hidrostático do aquífero) ou, ainda, pela ação do homem, e evaporar-se na atmosfera, ou pode ser absorvida pelas plantas e retornar à atmosfera pela transpiração vegetal (PINTO, 1973; CETESB, 1978; TODD, 1980; SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

A camada superior da zona detrítica, onde os poros estão parcialmente ocupados por água e ar, é designada “zona de aeração”. Situa-se entre a superfície do terreno e o nível freático. A espessura varia de menos de 1 metro, em áreas alagadiças, até mais de 100 metros em regiões desérticas,

onde a água é denominada suspensa ou vadosa (Figura IVA.3 30) CUSTODIO & LLAMAS, 1976; AZEVEDO & ALBUQUERQUE FILHO, 1998).

Imediatamente abaixo da zona vadosa, onde os interstícios estão preenchidos com água sob pressão hidrostática, está a “zona de saturação” (Fig. 30). A água que ocorre nessa zona é comumente, denominada de água subterrânea (CUSTODIO & LLAMAS, 1976; TODD, 1980).

A zona de saturação pode ser considerada como sendo um único reservatório ou, um sistema de reservatórios naturais, cuja capacidade e volume total dos poros ou interstícios estão repletos de água. Nela, o movimento da água, conhecido por percolação, vai da zona de recarga para a zona de descarga, sendo governado pelas condições hidráulicas circunvizinhas (Figura IVA.3 30) (CUSTODIO & LLAMAS, 1976; MORAIS, 1995; AZEVEDO & ALBUQUERQUE FILHO, 1998).

A franja de capilaridade é a faixa acima do nível freático em que os poros do solo estão preenchidos até uma altura variável segundo o tamanho desses vazios. É oriunda da zona de saturação devido a atração capilar (Figura IVA.3 30) (MACIEL FILHO, 1997).

As formações ou camadas da zona saturada nas quais se podem obter água para uso proveitoso e em proporção suficiente, são chamadas formações, reservatórios de água subterrânea, lençóis aquíferos, e aquíferos, palavra de origem latina que significa suporte de água. Qualquer tipo de rocha (ígneia, sedimentar, vulcânica ou metamórfica) pode constituir um aquífero. Embora o volume das rochas sedimentares corresponda a apenas 5% da crosta terrestre, essas rochas comportam a cerca de 95% da água subterrânea (CUSTODIO & LLAMAS, 1976; CETESB, 1978; TODD, 1980).

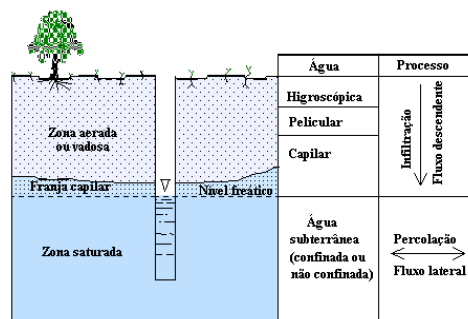


Figura IVA.3 30. Zonas da água em subsuperfície (SILVA, 2005).

Os minerais dissolvidos (lixiviados) na água subterrânea afetam seus usos específicos. Se uma ou mais das substâncias dissolvidas estiverem presentes em quantidade acima dos padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para a qualidade de água para consumo humano ou para outros fins, a água deve ser submetida a um tratamento que as eliminem ou as removam (FOSTER & HIRATA, 1993; SILVA, 2005).

No Brasil, a utilização da água subterrânea para abastecimento das populações, principalmente, teve grande desenvolvimento empírico no Período Colonial (1500 – 1822). Durante o Primeiro Reinado (1822-1831), na Regência Trina (1831-1840) e no Segundo reinado (1840-1889) a perfuração de poços, no Brasil, só podia ser feita mediante autorização Central (REBOUÇAS, 2002).

Em relação às águas subterrâneas o art. 96 do Código de Águas de 1934, assim estabelece: “O dono de qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços, galerias, etc., das águas que existam debaixo da superfície de seu prédio, contanto que não prejudique aproveitamentos existentes nem derive ou desvie de seu curso natural águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares”, ou seja, esta era considerada um bem privado. Dentre as alterações feitas pela Constituição Federal de 1988 aos dispositivos do Código de Águas de 1934, destaca-se o fato de todas as águas do Brasil passarem, desde então, a ser um bem natural de domínio público.

Nesta abordagem, são bens dos Estados (art. 26): “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras de União” (REBOUÇAS, 2002).

Não obstante, a utilização da água subterrânea, no Brasil, continua sendo feita de forma empírica, improvisada e não controlada, resultando em freqüentes problemas de interferência entre poços, redução dos fluxos de base dos rios, impactos em áreas encharcadas ou pantanais e redução das descargas de fontes ou nascentes. Além disso, os poços construídos, operados e abandonados sem controle - Federal, Estaduais ou Municipais - se transformam em verdadeiros focos de poluição das águas subterrâneas que são extraídas, sobretudo, daqueles localizados no meio urbano. Entretanto, durante as últimas décadas do século XX a alternativa de utilização da água subterrânea tornou-se, regra geral, a solução mais barata aos problemas de abastecimento público, industrial e até irrigação, em todas as faixas climáticas da Terra. Desta forma, a falta de um controle em prol do seu uso e proteção – Federal, Estaduais ou Municipais – torna-se cada vez mais preocupante (REBOUÇAS, 2002).

No Brasil, da mesma forma que em outras partes do mundo, a utilização das águas subterrâneas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas, e as indicações são de que essa tendência deverá continuar. A comprovar esse fato temos um crescimento contínuo do número de empresas privadas e órgãos públicos com atuação na pesquisa e captação dos recursos hídricos subterrâneos. Também é crescente o número de pessoas interessadas pelas águas subterrâneas, tanto nos aspectos técnico-científico e sócio-econômico como no administrativo e legal (SILVA, 2005).

As águas subterrâneas, mais do que uma reserva de água, devem ser consideradas como um meio de acelerar o desenvolvimento econômico e social de regiões extremamente carentes, e do Brasil como um todo. Essa afirmação é apoiada na sua distribuição generalizada, na maior proteção às ações antrópicas e nos reduzidos recursos financeiros exigidos para sua exploração. Conhecer a disponibilidade dos sistemas aquíferos e a qualidade de suas águas é primordial ao estabelecimento de política de gestão das águas subterrâneas (SILVA, 2005).

Mais de 1 bilhão de pessoas não têm acesso à água potável e mais de 2,9 bilhões não têm acesso a serviços de saneamento. A realidade é que a cada oito segundos morre uma criança por causa da contaminação da água potável, e o saneamento tende a ficar cada vez pior, principalmente devido à tendência mundial de deslocamento do homem do campo para as favelas dos centros urbanos. O rápido crescimento demográfico e a urbanização são fenômenos geminados, ambos acontecendo em países em desenvolvimento (PETRELLA, 2002; VILLIERS, 2002).

Segundo a Organização Mundial de Saúde, cerca de 4,6 milhões de crianças de até 5 anos de idade morrem por ano de diarreia, doença relacionada à ingestão de água não potável agravada pela fome e resultado da má distribuição econômica de renda. O abastecimento de água potável e o saneamento ambiental poderiam reduzir em 75% as taxas de mortalidade e enfermidades da população. Em 1972, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente em Estocolmo já prenunciava uma crise mundial de água. Na década de 1990, o Comitê de Recursos Naturais das Nações Unidas confirmou que 80 países (40% da população mundial) padeciam de grave carência de água e que em muitos casos esta falta era um fator limitante para o desenvolvimento econômico e social (HIRATA, 2000).

Já no Brasil há acentuadas diferenças regionais, com áreas densamente urbanizadas, industrializadas, e outras agrárias ou extrativistas, e também uma grande variabilidade espacial na disponibilidade hídrica. Isso se reflete na grande variabilidade e especificidade nos problemas relacionados com a utilização da água. Enquanto na região Sudeste e em centros urbanos e industriais os problemas principais se referem à poluição hídrica, na região Centro-Oeste se referem

às práticas agropecuárias desordenadas e à mineração; na região Nordeste à escassez de água e no Norte ao desmatamento e ao avanço das frentes agropecuárias. Em todas as regiões, mesmo nas capitais da região Norte, os efeitos da urbanização já são sentidos, em graus diferentes. Esses problemas diferenciados orientam o principal enfoque da gestão em cada região (LEAL, 1998).

Os problemas de quantidade e qualidade dos recursos hídricos obviamente não são fatos isolados; estão inseridos nas questões globais do meio ambiente. A conscientização desses problemas vem juntamente com uma preocupação com a qualidade de vida das populações de uma maneira mais abrangente. As políticas de gestão da água têm de ser articuladas ou integradas com as políticas ambientais que cuidam dos demais recursos e do meio ambiente como um todo (LEAL, 1998).

A região Norte é caracterizada por um quadro hidrogeológico bastante favorável, em virtude da presença, em mais da metade de seu território, de depósitos sedimentares de litologia variável, com ocorrência de horizontes de elevada permeabilidade. O restante da área constitui domínio dos sistemas aquíferos fissurados de baixa produtividade quando aflorantes, mas com frequência sensivelmente melhorada pela presença, em superfície, de sedimentos inconsolidados, com espessura que pode ultrapassar os 40 m. com os quais formam muitas vezes sistema aquífero único. As coberturas, além de constituírem reservatórios hídricos de boa potencialidade, geralmente os mais explorados em suas áreas de ocorrência, constituem um meio permeável que permite a recarga contínua do sistema fissurados subjacente (LEAL, 1998).

O principal domínio das rochas porosas, a província hidrogeológica do Amazonas, ocupa uma área de mais de 50% da extensão territorial da região Norte. É constituída por seqüência sedimentar que vai do Paleozóico, aflorante nas margens da bacia Amazônica, ao Cenozóico, que ocupa toda a porção central da bacia. Não obstante o seu elevado potencial, a província do Amazonas, com uma área da ordem de 1.300.000 km², ainda é pouco conhecida (REBOUÇAS, 2002).

Na região Norte, a água subterrânea é utilizada quase que exclusivamente para o abastecimento humano. A partir de 1979, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) começou a perfurar poços no município de Manaus (SOUZA, 1994), com profundidades máximas em torno de 220 metros, todos explorando aquíferos constituídos pela Formação Alter do Chão (DAEMON, 1975), que, sob Manaus, apresentam-se geralmente como aquíferos livres a semiconfinados (SILVA, 2005).

Embora não dispondo de informações precisas, pode-se dizer, com certa segurança, que o volume de água destinado a outros usos (irrigação, pecuária, indústria etc) é inferior a 10% do total. O uso industrial é concentrado nas maiores cidades, como Belém e Manaus, onde se encontram as principais indústrias, com atividades voltadas principalmente para as áreas alimentícia, madeireira e de cerâmica (REBOUÇAS, 2002).

Existe na região um número muito grande de poços rasos, de "fundo de quintal", que, pela deficiência da construção e falta de conservação, constituem verdadeiros canais de poluição dos aquíferos. Só na cidade de Manaus existem milhares desses poços, utilizados no abastecimento de residências, hotéis, lava-jatos, pequenas indústrias e outros (REBOUÇAS, 2002).

As cidades de Manacapuru, Novo Airão e Manaus adquirem água para o suprimento da população e industrial através de captação do rio Miriti, Negro e Negro, respectivamente, e poços tubulares profundos e rasos. A cidade de Iranduba é suprida exclusivamente por poços tubulares profundos e rasos. Apesar de estarem, geralmente, às margens de grandes rios. Na Amazônia, é crescente a perspectiva de exploração de água subterrânea, por apresentar vantagens práticas e econômicas quanto à sua captação, por dispensar tratamentos químicos e ser de excelente qualidade, além de abundante, justificando sua ampla utilização. Apesar das poucas informações hidrogeológicas,

restritas aos aquíferos da região em estudo, estes apresentam bons índices de produtividade nos poços localizados em Manaus e Novo Airão e baixos em Manacapuru e Iranduba (SILVA, 2005).

O nível atual do conhecimento geológico não possibilita uma abordagem mais precisa sobre a sedimentação da Formação Alter do Chão na região em questão, sendo necessário para tal um mapeamento geológico em escala de detalhe, datações e interpretações geofísicas (CPRM, 2002a).

Resumidamente, as rochas da Formação Alter do Chão apresentam-se friáveis, pouco coesas, com intercalação de rochas mais endurecidas e restritas aos níveis de ocorrência do Arenito Manaus e de crostas lateríticas e/ou linhas-de-pedras (sílico ferruginosas). Perfis litológicos descrevem aquíferos livres, sendo pouco provável o semiconfinamento dos aquíferos devido às lentes confinantes serem descontínuas e por haver intenso fraturamento no Arenito Manaus. Nos perfis selecionados, se observa heterogeneidade na forma de descrevê-los, dificultando assim, uma boa compreensão da distribuição espacial dos estratos perfurados (SILVA, 2005).

IVA.3 4 Águas Subterrâneas nos Municípios de Manaus, Iranduba, Manacapuru e Novo Airão.

O aquífero Alter do Chão, sob a cidade de Manaus, apresenta uma espessura em torno de 200 metros, dos quais 175 metros encontram-se saturados com o nível das águas oscilando, anualmente, em apenas três metros. Tem-se sob Manaus, uma reserva permanente de água, da ordem de 10 km³. O limite inferior do aquífero corresponde aos evaporitos e calcários da Formação Nova Olinda (CPRM, 2002a;). Quanto às cidades de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, não existem dados precisos sobre a espessura da Formação.

A direção de fluxo subterrâneo da cidade de Manaus diverge da porção Noroeste (SILVA, 2005; SILVA & BONOTTO, 2007), sendo semelhante ao verificado por Silva (1999), que fez referência à direção de fluxo subterrâneo em Manaus, divergindo, preferencialmente, da porção Centro-Noroeste. De acordo com a CPRM (2002a), o fluxo principal das águas subterrâneas de Manaus exibe direção de NE para SW e secundários de direções diversas. Os fluxos secundários são gerados principalmente pelo rebaixamento provocado pelos igarapés Quarenta/Educandos, Mindu/São Raimundo e Bolívia, associados à baixa transmissividade e a uma exploração elevada nessas áreas (AGUIAR *et al.*, 2003).

A profundidade média da água subterrânea é de 25 metros e os maiores valores situam-se nos setores sudeste e nordeste, correspondendo a quase toda a porção oriental da cidade de Manaus. Para oeste, função principalmente da topografia, a profundidade da água é menor, chegando a aflorar em alguns locais, como no bairro de Santa Etelvina (AGUIAR *et al.*, 2003).

A análise dos valores de transmissividade, parâmetro utilizado para medir o grau de dificuldade das águas subterrâneas ao atravessar uma seção vertical de largura unitária do aquífero, sugere que os maiores valores ocorram nos setores sudoeste, norte e leste da cidade, e os menores encontrem-se na zona central. A transmissividade média situa-se em torno de 3,3 m³/h.m, e devido às características intrínsecas do aquífero, ou seja, baixa condutividade hidráulica e gradientes, a velocidade de deslocamento das águas é pequena, na ordem de 2 cm/dia (AGUIAR *et al.*, 2003).

Em Manaus as temperaturas das águas são relativamente homogêneas, variando de 27°C a 29°C. A temperatura média do ar apresenta-se, geralmente, com valores superiores aos das águas subterrâneas, o que pode ser explicado pela interpretação de CASTANY (1971) que considera que a água meteórica, em seu trajeto, desde a zona não saturada até a saturada, tende a entrar em equilíbrio térmico com as rochas do aquífero (SILVA, 1999; 2005; SILVA & BONOTTO, 2007). COSTA *et al.* (2003) encontraram valor médio de 29,0°C da temperatura da água subterrânea na área urbana de Manaus. SOUZA (1994) fez referência à temperatura média das águas subterrâneas em Manaus como sendo igual 27,3°C.

Os valores encontrados para o pH variam de 2,6 a 6,0 (NETO & CUNHA, 2001; SILVA, 1999; SILVA, 2005; SILVA & BONOTTO, 2007; SILVA & SILVA, 2007), indicando que são ácidas as águas dos poços tubulares amostrados, as quais não se enquadram nos padrões de qualidade ambiental (Portaria nº 518 de 25/03/04 do Ministério da Saúde), pois, são inferiores ao limite mínimo de pH igual a 6. Esta característica físico-química das águas estudadas possivelmente pode ser explicada em função da composição mineralógica das rochas do aquífero, recarga rápida e processos de interação água-rocha/solo (SILVA, 2005; SILVA & BONOTTO, 2007), pois, FORTI & MOREIRA-NORDEMANN (1991) determinaram para o pH da água de chuva na região de floresta de terra firme valores entre 4 e 5,3.

O potencial redox medido nas águas estudadas varia de +93 a +256 mV, de maneira que o seu ambiente de circulação pode ser classificado como “redutor e ácido”, de acordo com o SILVA & BONOTTO (2007) (Figura EE). A condutividade elétrica (CE) das águas de sub-superfície são baixas, com valor médio de $62,95 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (COSTA *et al.*, 2005; COSTA & WAICHMAN 2003; RAMOS, 2003; NETO & CUNHA, 2001; SILVA, 2001; SILVA, 2005; SILVA & SILVA, 2007) e indicam que as águas são fracamente mineralizadas. Estudos hidroquímicos realizados por SANTOS & RIBEIRO (1988) também evidenciaram a extrema pureza das águas naturais da região estudada, e que reflete a importância do escoamento, alta precipitação pluviométrica e evapotranspiração. Excetuando águas de poços com águas anômalas, relacionadas ao impacto antrópico ou defeitos construtivos.

Os valores de cor variam de <0,748 uH a 5,0 uH e turbidez de 0,2 UT e 1,0 UT. Esses resultados são inferiores aos limites máximos permitidos pela portaria nº 518 do Ministério da saúde de 25/03/2004 que é de 15 uH e 5 UT, respectivamente (CERDEIRA *et al.*, 2005; SILVA & SILVA, 2007).

Nas águas subterrâneas da área de estudo, as concentrações de magnésio variam de 0,02 mg.L⁻¹ a 12,97 mg.L⁻¹, de cálcio de 0,01 mg.L⁻¹ a 30,00 mg.L⁻¹, de sódio de 0,5 mg.L⁻¹ a 30,6 mg.L⁻¹ e de potássio de 0,1 mg.L⁻¹ a 14,5 mg.L⁻¹ enquanto que o cloreto de 0,71 mg.L⁻¹ a 38,10 mg.L⁻¹, bicarbonato de <0,1 mg.L⁻¹ a 3,05 mg.L⁻¹ e sulfato com média de 1,00 mg.L⁻¹. Quanto a dureza das águas subterrâneas, a maioria das águas dos poços avaliados são consideradas de água “mole” a “ligeiramente dura”. O que demonstra que esses elementos têm baixas concentrações nas águas de subsuperfície na região em estudo e que poços com valores elevados são indicativos de influência antrópica (RAMOS & SILVA, 2003; CERDEIRA *et al.*, 2005; SILVA & SILVA, 2007; SILVA & BONOTTO, 2007).

Quanto ao ferro dissolvido na águas, duas espécies ocorrem comumente: o íon ferroso (Fe²⁺) e o férrico (Fe³⁺). O ferro no estado ferroso se oxida na presença ar, tornando-se férrico. Concentrações de ferro total de 1,0 a 5,0 mg.L⁻¹ nas águas subterrâneas são comuns (CETESB, 1978; SANTOS, 2000).

Nas águas subterrâneas da região, esse elemento apresenta-se com baixos teores, comumente, abaixo de 0,3 mg.L⁻¹. Alto teor de ferro nas águas subterrâneas pode estar ligado à corrosão do revestimento ou filtro do poço (COSTA *et al.* 2005; COSTA & WAICHMAN, 2003, SILVA, 1999; SILVA & SILVA, 2007; SILVA & BONOTTO, 2007). SOUZA (1994) também verificou a ausência de ferro nas águas subterrâneas em Manaus, tendo TANCREDI (1996) sugerido que o teor de ferro relativamente baixo reflete a elevada taxa de circulação (renovação) da água subterrânea no sistema hidrológico da Formação Alter do Chão.

A concentração de nitrato nas águas subterrâneas, geralmente, é baixa. Por ser um composto solúvel, pode ser removido das camadas superiores do solo para a água. Fenômeno que representa o estágio final de oxidação da matéria orgânica. Em decorrência disso, a variação no teor de nitratos nas diversas águas subterrâneas parece não ter relação com as formações geológicas, uma vez que as concentrações de nitratos do solo têm muitas origens e as quantidades adicionais provêm do despejo das águas de esgoto, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios (CETESB, 1978; SANTOS, 2000).

Valores de nitrito, nitrato e amônia nas águas subterrâneas da região em estudo são baixos. Anomalias estão relacionados, geralmente, a poços com pouca profundidade, defeitos construtivos ou interferência antrópica (AGUIAR ET AL., 2003; SILVA, 1999; SILVA & SILVA, 2007; SILVA & BONOTTO, 2007).

Águas amostradas em poços tubulares profundos na bacia do São Raimundo, são pouco mineralizadas, apresentam predomínio de sódio e bicarbonato e conforme os limite de potabilidade estabelecidos pela portaria nº 518 de 25/03/04 do Ministério da Saúde, as águas são adequadas para o consumo humano, com exceção do poço tubular do Estádio do São Raimundo que se apresenta contaminada por amônia, possivelmente vinculada à infiltração e/ou percolação das águas superficiais (SILVA & SILVA 2007).

A demanda química de oxigênio é uma variável que indica a degradação química da matéria orgânica. Os valores de DQO em águas amostradas na área de estudo variaram entre 9,43 e 16,76 mg.L⁻¹. Os valores obtidos acima de 10 mg.L⁻¹ são considerados como indicadores de poluição, dessa forma destacam-se os poços quatro poços com valores acima do máximo permitido pela legislação vigente. Os valores obtidos são muito próximos aos observados por ANDRADE *et al.* (2004), que verificou uma variação entre 5,36 e 19,64 mg.L⁻¹ em águas da área urbana de Iranduba.

Segundo análises bacteriológicas realizadas por COSTA & WAICHMAN (2003), MELO & COSTA (2002) E COSTA (2005) parte dos poços estudados no município de Manaus apresentam água inadequada para o consumo, devido a presença de coliformes termotolerantes (fecais). Segundo COSTA *et al* (2005), os resultados das análises bacteriológicas estão relacionados com a profundidade dos poços. A vulnerabilidade do aquífero está relacionada com as características da permeabilidade, porosidade, arcabouço geológico e dos fluxos subterrâneos. Dessa forma, o risco de contaminação das águas subterrâneas é função direta da carga de elementos agressivos que pode ser introduzida no subsolo como resultado de atividades antrópicas.

O maior teor de urânio dissolvido amostrado nas águas dos municípios em questão foi de 1,4 µg.L⁻¹ (SILVA, 2005; SILVA & BONOTTO, 2007). Valor abaixo da máxima permitida pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2005).

Em Manaus, Manacapuru, Iranduba e Novo Airão existem milhares de poços tubulares e escavados de baixo rendimento, explorando aquífero com níveis freáticos muito elevados, oferecendo abastecimento não tratado, sem proteção sanitária na maioria dos casos. Estes poços são construídos sem adequação quanto às normas da Associação de Normas Técnicas (ABNT), não havendo, em sua grande maioria fiscalização na exploração da água, expondo o aquífero e a população à contaminação (SILVA, 2005)

As cidades de Manacapuru, Iranduba e Novo Airão tiveram crescimento populacional intenso nos últimos anos, o que justificou o incremento de perfuração de poços tubulares. ANDRADE *et al.* (2004) E (SILVA, M.L. pesquisador do INPA; com.pess.) comentam sobre o aparecimento de sais dissolvidos em águas amostradas nos municípios de Manacapuru e Iranduba, relacionados ao aumento no número de poços tubulares profundos explorando um volume água acima do suportado pelo aquífero local ou em função de poços tubulares construídos por técnicos desqualificados quanto ao conhecimento sobre os aquíferos regionais, extraíndo água da Formação Nova Olinda, com horizontes de evaporitos com carnalita e silvinita (sal gema), bem como níveis de calcário.

Portanto, devido ao pouco conhecimento científico, às características ambientais, geológicas, hidrogeológicas e uso potencial das águas subterrâneas, deve-se exercer proteção geral do

aquífero, com medidas de controle das atividades locais, construção de poços com adequação às normas técnicas, fiscalização na exploração dessas águas, assim como, promover educação e conscientização ambiental para preservação do meio ambiente como um todo.

IVA.3 5 Sistema de Abastecimento de Água

Rede de Distribuição em Manaus - Em Manaus, a empresa francesa Lyonnaise dês Eaux, concessionária das Águas do Amazonas, é a responsável pelo serviço de abastecimento. A rede está dividida em dois distritos (Norte e Sul), com três estações de tratamento, ETA1 e ETA2 localizadas na ponta do Ismael, bairro da Compensa cobrindo 80% da rede de abastecimento e ETA3 no bairro de Mauazinho que cobre 3%. A captação é feita da água do rio Negro, com capacidade de produção total de 19.287,516m³/mês (Águas do Amazonas, 2007).

A região norte tem 48% dos domicílios ligados à rede geral de abastecimento de água. No município de Manaus a cobertura corresponde a 75,62% dos domicílios (Figura IVA.3 31) (FERREIRA, 2000).

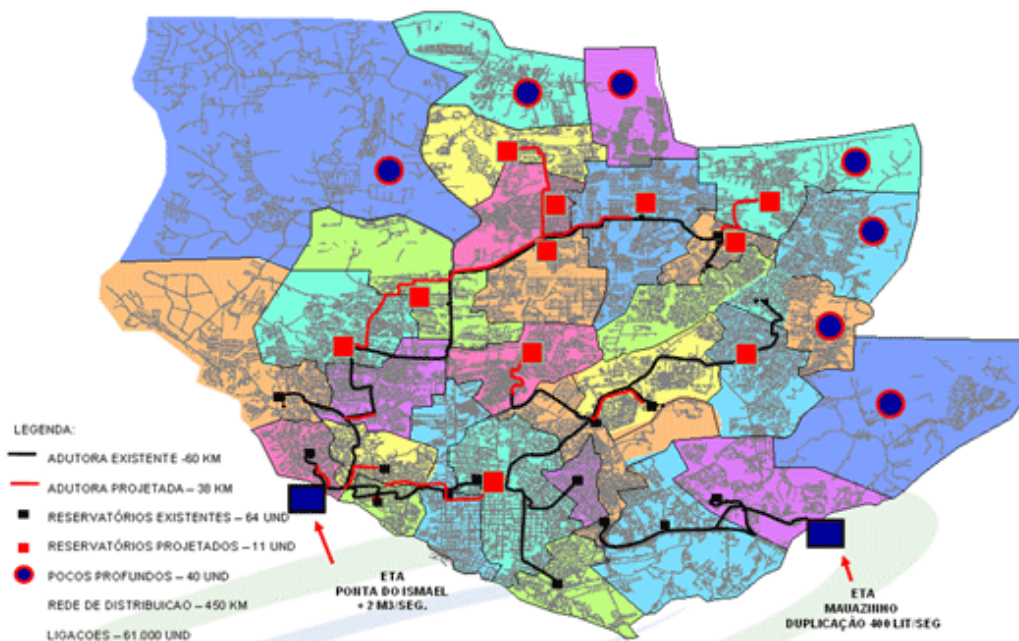


Figura IVA.3 31. Rede pública de distribuição de água em Manaus pela Empresa Águas do Amazonas.

A cidade de Manaus é abastecida de água a partir de três sistemas (PROSAMIM (2004)

Sistema principal – com produção e tratamento de água de duas estações de tratamento de água situadas na Ponta do Ismael, no bairro da Compensa, e por uma estação de tratamento localizada no bairro do Mauazinho – Distrito Industrial. A captação de água das três estações é realizada diretamente do rio Negro (Figura IVA.3 32).

Sistemas isolados – com produção e tratamento de água proveniente de lençóis subterrâneos, provendo redes de abastecimento independentes, em bairros da periferia, conjuntos habitacionais, loteamentos e prédios de apartamentos, nos quais o sistema principal não tem capacidade de atendimento;

Sistemas mistos – em áreas atendidas pelo Sistema Principal, cuja vazão é complementada através de poços artesianos.



Figura IVA.3 32. Vista aérea das unidades de captação, bombeamento e tratamento da empresa Águas do Amazonas.
Fonte: <http://www.aguasdoamazonas.com.br/plano.php?nomeArquivo=unidades-captacao>.

A águas do Amazonas administra, também, 89 poços tubulares (Tabela IVA.3 11) que atendem 17% da rede de distribuição com capacidade de produção total de 1.120 litros/s. A vazão dos poços varia de 50 a 450 m³/h (Águas do Amazonas, 2002). O sistema assumido pela concessionária supramencionada, em 2000, não abrangem mais de 4.000 poços particulares, de características precárias como pouca profundidade (80 m, em média) e operados sem controle, que se encontram espalhados por toda a cidade e abastecem cerca de 15% da população urbana.

Tabela IVA.3 11. Números indicadores do sistema de abastecimento em Manaus (Águas do Amazonas).

Caracterização do sistema	Serviço realizado
Número de Clientes	293,5 mil
Volume Mensal Distribuído (ETA's + Poços)	16,3 milhões de metros cúbicos *
Reservatórios Ativos (apoiados e elevados)	58 unidades
Volume de Reservação	104.415m ³
Poços Tubulares Profundos (ativos)	89 unidades
Rede de Distribuição de Águas	2.575 Km (diâmetros de 63mm a 700mm)
ETA - Estação de Tratamento de Água 1 *	6.602.455 m ³ /mês
ETA - Estação de Tratamento de Água 2 *	5.697.379 m ³ /mês
ETA - Estação de Tratamento de Água**	667.412 m ³ /mês
Poços Tubulares Profundos *	2.990.300 m ³ /mês
Rede de coletora de esgoto	303 km

*Capacidade de produção

** Suficiente para o abastecimento de uma população de 2,7 milhões de habitantes. Duas vezes a população atualmente servida.

Fonte: Águas do Amazonas

As áreas da cidade onde não há fornecimento público de água são abastecidas com a perfuração de poços tubulares clandestinos em grande escala, sendo o serviço realizado por pessoas/empresas muitas vezes sem capacidade/responsabilidade técnica. A proliferação da perfuração desses poços ocorre devido à falta de capacidade operacional da Águas do Amazonas (Ferreira, 2000). Segundo IBGE (2000) o número de poços registrados no censo ultrapassa o número de 40 mil. Além da captação por poços, outras formas são utilizadas, como as nascentes e cacimbas (Tabela IVA.3 12).

Tabela IVA.3 12. Formas de abastecimento de água na cidade de Manaus

Domicílios particulares	326.852
Rede geral	243.296
Poços ou nascentes	46.491
Outras formas	37.065

Fonte: IBGE (2000)

Devido a déficits no abastecimento público de água, muitos poços tubulares em Manaus são perfurados clandestinamente, sem atender as normas vigentes. (Fonte IBGE, 2000)

Poços tubulares

As águas subterrâneas em Manaus têm suas características químicas e sua distribuição controlada pela litologia, geomorfologia e estruturas das rochas da formação Alter do Chão. O aquífero é livre e pouco protegido de possível contaminação, ficando restrito à presença de zona não-saturada onde se processa a filtração das águas (SILVA, 2005). Possui área de 312.574 km² e espessura de 200m (Tabela IVA.3 13).

O sistema aquífero Alter do Chão é do tipo livre e faz parte da Bacia Sedimentar do Amazonas. Ocorre na região centro-norte do Pará e leste do Amazonas, ocupando uma área de 312.574 km². Ele é explotado principalmente nas cidades de Manaus, Belém, Santarém e na Ilha de Marajó. A qualidade da água do aquífero é boa, apresentando pH de 4,8 e sólidos totais dissolvidos inferiores a 100 mg/L. Porém, as concentrações de ferro alcançam algumas vezes 15 mg/L (FGV, 1998). Outras características do aquífero estão na Tabela IVA.3 13. Os problemas mais frequentes associados à presença de ferro são: a formação de manchas em instalações sanitárias e roupas, e incrustação em tubulações e filtros de poços e mudança de gosto da água. Na região de Manaus, as águas apresentam pH médio variando de 4,1 a 5,4, são fracamente mineralizadas, com condutividade elétrica variando entre 15,1 a 82,9 µS/cm, e são predominantemente cloretadas sódicas ou potássicas. Em relação à dureza, são classificadas como moles com valores entre 0,36 e 28,03 mg/L de CaCO₃ (SILVA e BONOTTO, 2000).

Tabela IVA.3 13. Características do Aquífero Alter do Chão.

Aquífero em Manaus	Características
Área do Aquífero	312.574 km ²
Espessura do Aquífero	200 m
Reserva	10 km ³
Profundidade média da água na Bacia	25 m
Profundidade média na área do Estudo	37,84m
Fluxo Predominante da Água	nordeste para sudoeste

Rede de Distribuição em Iranduba - a fonte principal de abastecimento de água é a rede pública, por meio do SAAE (Sistema Autônomo de Abastecimento de Água e Esgoto). Não há captação de água superficial. A distribuição é feita a partir de água subterrânea via poços tubulares de uso público e cacimbas. A cobertura da rede de abastecimento é de 61,53%, enquanto que o sistema de esgotamento sanitário assiste apenas 31,40% do município (IBGE, 2000).

Os lençóis subterrâneos que abastecem a rede de poços também são pertencentes ao Aquífero Alter do Chão. Não há estação de tratamento, a água é distribuída de forma gradual, a vazão média de abastecimento via poço é de 150m³/s, com variação de profundidade de 60 a 80 metros para uma população 37.746.

A quantidade de poços na sede do município compreende aproximadamente 50% do total. Os demais distribuídos em oito localidades, sendo que no Cacau Pirêra apenas dois poços atendem a vila e quatro nas proximidades (Tabela IVA.3 14). Além disso, foram computados em pesquisa de campo dois poços particulares com profundidade de 60 m pertencentes aos postos de fornecimento de combustíveis que estão disponíveis a população.

Nas visitas *in loco* foi observado que os postos públicos do Cacau Pirêra possuem tubulações de ferro inadequadas devido ao caráter ácido característico das águas subterrâneas.

Tabela IVA.3 14. Distribuição de poços por localidade no município de Iranduba

Localidade	Quantidade de poços
Sede	14
Cacau Pirêra	02
Mutirão/Cacau Pirêra	04
Comunidade do Lago do Limão	02
Vila do rio Ariaú	02
Comunidade do Serra Baixa	01
Comunidade do São Sebastião	02
Comunidade do Janauari	02
Comunidade do Paricatuba	01
Total	30

*Fonte: SAAE/Iranduba, 2007.

O sistema de abastecimento de água do Iranduba não atende a demanda da população de forma eficiente. Situação ainda mais precária é visualizada na vila de Cacau Pirêra. Nos últimos anos, com o aumento do fluxo migratório, que ocupou de forma desordenada a extensão da vila, o abastecimento entrou em colapso. Parte da população retira água diretamente do rio sem nenhum tratamento. Aliado a isto, grandes áreas escavadas e abandonadas pela atividade oleira com acúmulo de água em seu interior encontram-se intensamente ocupadas por invasões. Favorecendo o aparecimento de enfermidades de veiculação hídrica (Figuras IVA.3 33 e 34)



Figura IVA.3 33. Presença de atividade oleiras na vila do Cacau Pirêra, município de Iranduba e grandes áreas escavadas e abandonadas pela atividade servem como reservatório de água oferecendo perigo à saúde da população.



Figura IVA.3 34. Parte da população da vila do Cacau Pirêra utiliza água diretamente do rio, para consumo humano.

Rede de Distribuição em Manacapuru - O abastecimento hídrico do município de Manacapuru é feito 50% por captação de água superficial oriunda do lago do Miriti, (Figura IVA.3 35) e 50% por captação de água subterrânea. Segundo dados fornecidos pelo SAAE local, o sistema de abastecimento de água atinge 73,22% da população. Existem duas estações de tratamento, com capacidade de 250m³/h, cada. A água passa por um processo de desinfecção com hipoclorito de cálcio (65% Cl e 35% de Cal hidratada) que são monitorados semestralmente. Não há hidrômetro, a água é taxada por ponto de consumo, onde cada ponto equivale a uma torneira, em valores que variam de R\$ 5,00 a 50,00.

Existem 26 poços tubulares públicos, com profundidade de 100 a 220m, e vazão de 20 a 100 m³/h, abastecendo uma população de 80.000 habitantes. Estima-se que existem em todo o município cerca de 500 poços particulares. O abastecimento de água é feito de maneira alternada, com revezamento de horário entre os bairros, sendo que 15% corresponde à ligações clandestinas (SAAE Manacapuru).



Figura IVA.3 35. Local de tratamento de água captada do lago Miriti no município de Manacapuru.

Rede de Distribuição em Novo Airão - A captação e o abastecimento de água estão a cargo da Companhia de Saneamento do Amazonas - COSAMA. A captação é do tipo superficial. Há dois reservatórios do tipo elevado com capacidade de 83m³/h, para abastecer 9.656 habitantes correspondendo a 84,28 % da população.

Existem 10 poços na área urbana, sendo que 01 encontra-se desativado e 10 nas comunidades rurais (Tabela IVA.3 15). Estima-se que existam 100 poços particulares em todo o município, com profundidade média de 90m e vazão de 25. 000 litros/h.

Tabela IVA.3 15. Vazão e Profundidade dos poços do Município de Novo Airao-AM.

Local	Profundidade (m)	Vazão (m ³ /h)
Bairro Olaria	90	18m ³ /h
Praça municipal	110	50m ³ /h
Poço do trevo	80	15 m ³ /h
Poço do ginásio	100	25 m ³ /h
Comunidade Murici	80	12 m ³ /h
Nova Esperança	100	15 m ³ /h
Bacabal	80	12 m ³ /h
Jardim Santo Elias	100	12 m ³ /h
Bairro do Chico	80	10 m ³ /h
Eduardo Braga	desativado	-

Além do abastecimento por meio de poços tubulares a captação é realizada por meio de uma adutora que capta água diretamente do rio Negro na frente da cidade (Figura IVA.3 36). A distribuição é feita sem tratamento prévio e abrange de 30 a 35% dos domicílios.



Figura IVA.3 36. Captação de água por adutora no município de Novo Airão.

Esgotamento Sanitário - O sistema de esgoto de Manaus é formado por rede coletora, coletores-troncos, estações elevatórias, estação de pré-condicionamento (EPC) e um emissário subfluvial localizado no bairro de Educandos. A rede de coleta distribui-se de forma agrupada ou isoladamente em diferentes pontos da cidade, em áreas abrangidas por conjuntos habitacionais, loteamentos ou em bairros inteiros, não conformando um sistema contínuo (PROSAMIM, 2004).

A rede de esgoto da cidade de Manaus tem ao todo aproximadamente 361 km, mas somente 3% dos domicílios estão ligados ao sistema (IBGE, 2000). Desta forma a situação de esgotamento

sanitário em Manaus é precária e na ausência do serviço os esgotos são lançados nas ruas e principalmente nos igarapés da cidade (Figura IVA.3 37).



Figura IVA.3 37. Lançamento de esgoto no igarapé do São Raimundo.

A maior parte dos domicílios é atendida por fossa séptica, percentual que representa 38,6% dos domicílios, seguida do atendimento por rede geral de esgoto ou pluvial, que corresponde a 34,2% dos domicílios. A terceira modalidade mais freqüente é a do esgotamento por fossa rudimentar, com 14,7%. Os demais tipos de esgotamento sanitário são os seguintes: corpos d'água, com 7,1%; v al, com 3,5%; outro escoadouro, com 1,6%. Os domicílios que não têm banheiro ou sanitário corresponde a 5,1% (IBGE, 2000). Na Tabela IVA.3 16 estão distribuídos os dados de abastecimento de água, esgoto e coleta de lixo das áreas de influencia direta e indireta do empreendimento.

Tabela IVA3 16. Cobertura do abastecimento de água e esgoto nos municípios na área do empreendimento

Percentual de atendimento	MUNICIPIO			
	Manaus	Iranduba	Manacapuru	Novo Airão
Cobertura de rede de abastecimento de água	75.66	61.53	71.22	84.28
Cobertura do sistema de esgotamento sanitário	68.80	41.40	33.20	41.70
Cobertura do sistema de coleta de lixo	90.91	57.92	86.54	88.26

Fonte: IBGE (2000)

IVA.4 BATIMETRIA

O presente relatório tem como objetivo principal identificar e reconhecer a geometria transversal e das profundidades do canal do rio Negro, no local pré-estabelecido para a construção da ponte que ligará a cidade de Manaus ao município de Iranduba uma análise do regime fluvial na foz do rio Negro. Para melhor condução da proposta de trabalho aqui apresentada. Este relatório foi subdividido em duas partes assim discriminadas e Análise da Batimetria da área de Influência do Empreendimento e Análise Interpretativa dos Dados Referentes ao Regime Fluvial na foz do rio Negro.

IVA.4 1 Elaboração e Análise dos Dados Referentes à Batimetria Transversal do rio Negro

Os canais fluviais constituem unidades de visualização de toda e qualquer forma de alteração ambiental na paisagem, uma vez que, refletem por meio de seus mecanismos hidrogeomorfológicos, as mais variadas formas de impacto. Dentre os impactos que podem ser visualizados destaca-se a redução de vazão, por exemplo. A qual na maioria dos casos está correlacionada às taxas de assoreamento, que se estabelecem por graus de erosão avançada ao longo das margens e encostas, que compõem a bacia hidrográfica. Com referência a este assunto, Cunha (2004), ao estudar alterações em canais fluviais urbanos menciona que eles podem sofrer modificações, em suas medições de largura, profundidades e velocidade, quando submetidos a processos de pressão antrópica, que se impõem perante as necessidades de atender demandas de atividades humanas, como ocupação das margens para moradia, construções de barragens para controle de vazão, atividades mineradoras e construções de pontes interligando centros urbanos.

Com base no exposto e ao mesmo tempo, visando a contribuir com fornecimento de dados que expressem a forma geométrica do canal do rio Negro, no local onde será construída a ponte, ligando a cidade de Manaus ao município de Iranduba, este trabalho, apresenta resultados obtidos a partir de 09 (nove) transectos de onde foram realizados registros batimétricos, sendo 01 (um) no eixo principal, local onde será construído a ponte, 04 (quatro) à montante e 04 (quatro) à jusante (Figura IVA.4 01).

A distância entre os perfis foi de 50 m. Os cinco perfis no sentido jusante, incluindo o da ponte, até a ponta do Brito a distância aproximadamente é 3,3 km de largura. Os quatro perfis à montante atingiram a enseada do Brito aonde a largura chegou a 6,1 km

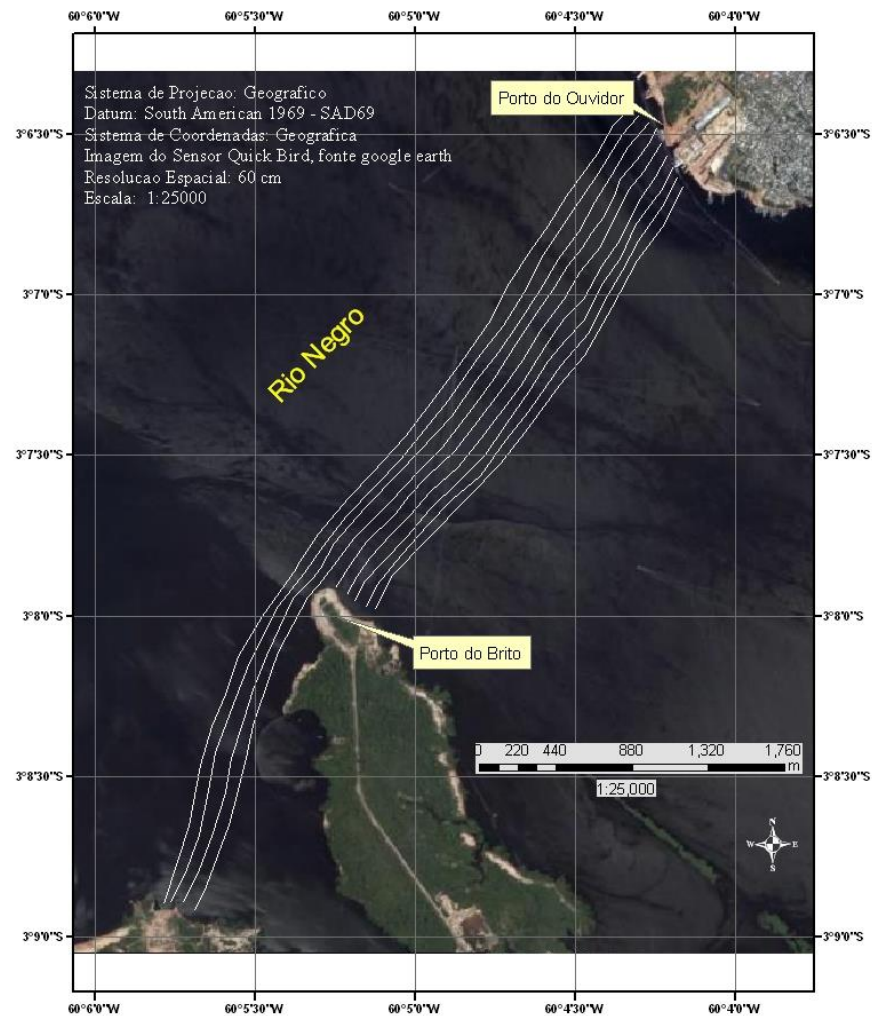


Figura IVA.4 01 - Local dos transectos realizados entre Manaus – Ponta do Ouvidor (margem esquerda) e Porto do Brito (margem direita).

Locais das Seções - O critério para a seleção dos pontos de levantamento das seções transversais, que configuram a geometria do canal entre as duas margens foi determinado conforme a localização pré-estabelecida, para a construção da ponte que ligará os Municípios de Manaus e Iranduba, conforme projeto elaborado pela Empresa Geométrica – Engenharia Ltda que realizou levantamento batimétrico em 23.03.07 (Anexo IVA. 04).

Neste sentido, o ponto selecionado pela margem esquerda do rio Negro situa-se próximo ao Porto do Estaleiro rio Negro (ERIN), mais especificamente em um local denominado Ponta do Ouvidor cujo acesso é realizado pela Estrada da ESTANAVE — Município de Manaus (coord. 3° 06' 23.23" Lat. S e 60° 04' 09.58" Long. W), (Figura IVA.4 02).

Pela margem direita, o ponto de verificação foi a Ponta do Brito — Município do Iranduba (3° 07' 54.70" Lat. S e 60° 05' 16.50" Long.W), (Figura IVA.4 03).

A escolha do local acima citado se deu pelo fato de que nesse trecho o rio Negro apresenta a largura de apenas 3,3 Km, considerado a parte mais estreita, pois a partir da ponta do Brito à montante a largura do rio varia de 6 a 10 Km.



Figura IVA.4 02 - Ponta do Ouvidor, margem esquerda do rio Negro em Manaus, no dia 25.08.07. Destaca-se a presença do arenito na margem. Foto Francisco Bessa, (2007).



Figura IVA.4 03 - Ponta do Brito no dia 24.07.07 quando a cota do rio Negro estava em 27,61m. Foto Francisco Bessa, (2007).

IV.A. 4 2 - Análises e Interpretações dos Resultados Obtidos

Com o objetivo de analisar e interpretar, de modo comparativo os dados expostos no Gráfico IVA.4 01 foram associados à configuração geomorfológica do leito do rio Negro. A partir da elaboração deste Gráfico e da sobreposição das Figuras IVA.4 06 e IVA.4 07, seqüenciados no sentido jusante e montante, respectivamente, foi possível verificar que nesse trecho, o rio Negro apresenta um leito anômalo com a ocorrência de dois talvegues. Um maior e mais largo localizado nas proximidades da margem direita, com profundidade que atingiu 58 m em 24.07.07 quando a cota do rio estava em 27,61m. Outro talvegue mais estreito e encaixado de forma abrupta foi identificado nas proximidades da margem esquerda com profundidade que atingiu 48 m. Essa anomalia na geometria do rio Negro pode ser observada em todos os gráficos confeccionados pela equipe da UFAM e da GEOMÉTRICA que elaborou o projeto da ponte, conforme Figura IVA.4.04, IVA.4.05 e IVA.4.06. Interpreta-se essa anomalia morfométrica do canal com estando associada à ocorrência de arenito no leito e nas margens do rio Negro, conforme se observa nas Figuras IVA.4 02 e IVA.4 08.

A dissimetria do leito do rio Negro, apresentada nas Figuras IVA.4.04, IVA.4.05 e IVA.4.06, demonstra que a parte central do canal se configura como uma superfície elevada, ou seja, de forma convexa contrastando com a morfologia típica de canais fluviais presentes em bacias sedimentares (CHRISTOFOLETTI, 1981; TRICART, 1977; CUNHA, 2003). Essa dissimetria desse trecho do rio Negro possivelmente está associada à presença de arenito em seu leito, pois oferecendo resistência aos processos erosivos dificultou o rebaixamento no meio do rio.

Rego et ali. (2005), embora considerem que as condições hidráulicas e sedimentológicas observadas no trecho entre o Igarapé do São Raimundo e a Refinaria de Manaus indiquem velocidades e mobilidade de fundo relativamente fraco, associam a presença de rugas como sendo resultado de transporte de fundo. Consideram ainda que as seções transversais indicam variações do talvegue ao longo do tempo, embora a quantificação exata seja difícil.

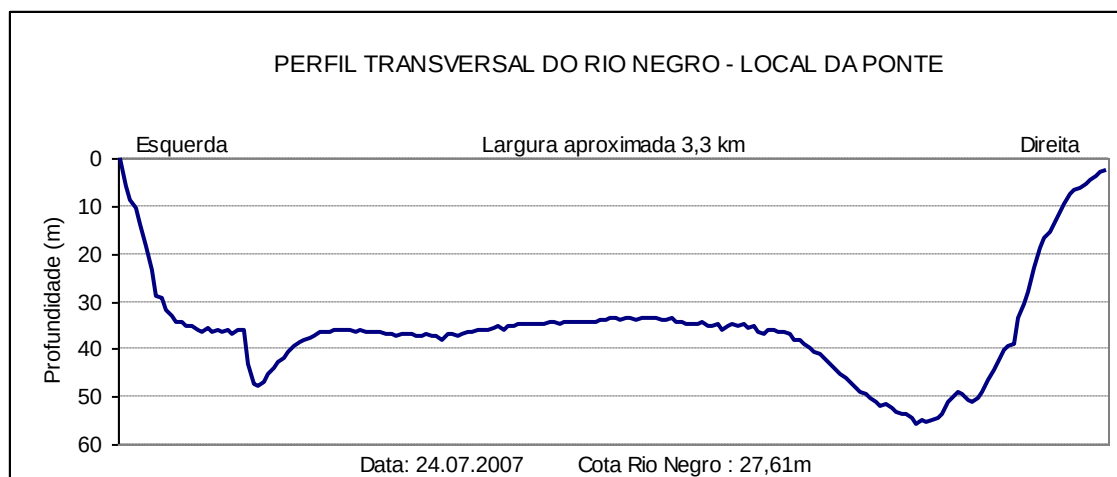


Figura IVA.4.04 — Perfil do rio Negro no local onde será construída a ponte. Destaca-se a dissimetria do leito do rio caracterizada pela existência de dois talvegues.

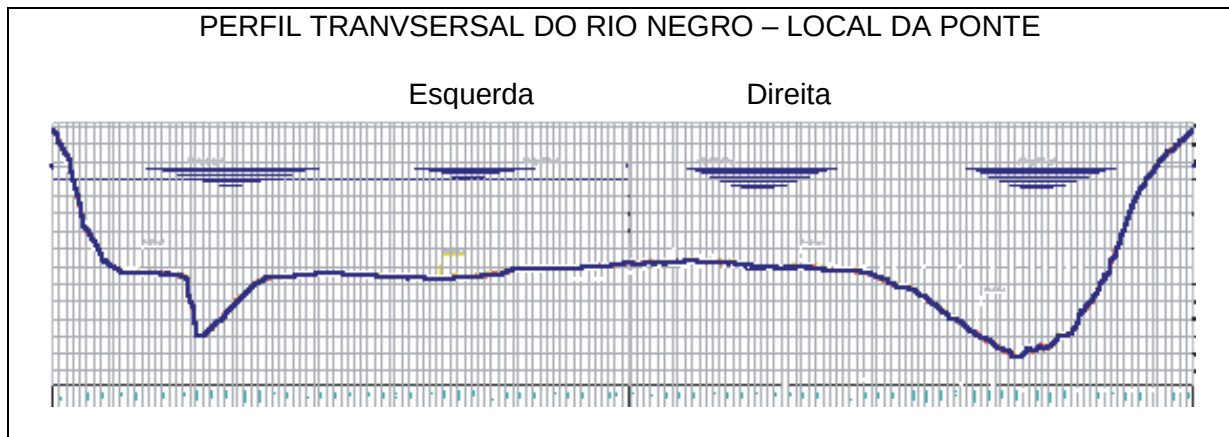


Figura IVA.4 05 - Perfil do rio Negro elaborado pela Empresa Geométrica em 23.03.2007.
FONTE – GEOMÉTRICA – Engenharia de Projetos Ltda.



Figura IVA.4 08 – Afloramento de arenito na margem direita do rio Negro, à jusante do local da ponte, em outubro de 2001. Foto: Alberto Carvalho (2001).

Na sobreposição dos gráficos elaborados jusante do local selecionado para a construção da ponte (Figura IVA.4.06), percebe-se a manutenção da geometria do canal com variações pouco significativas.

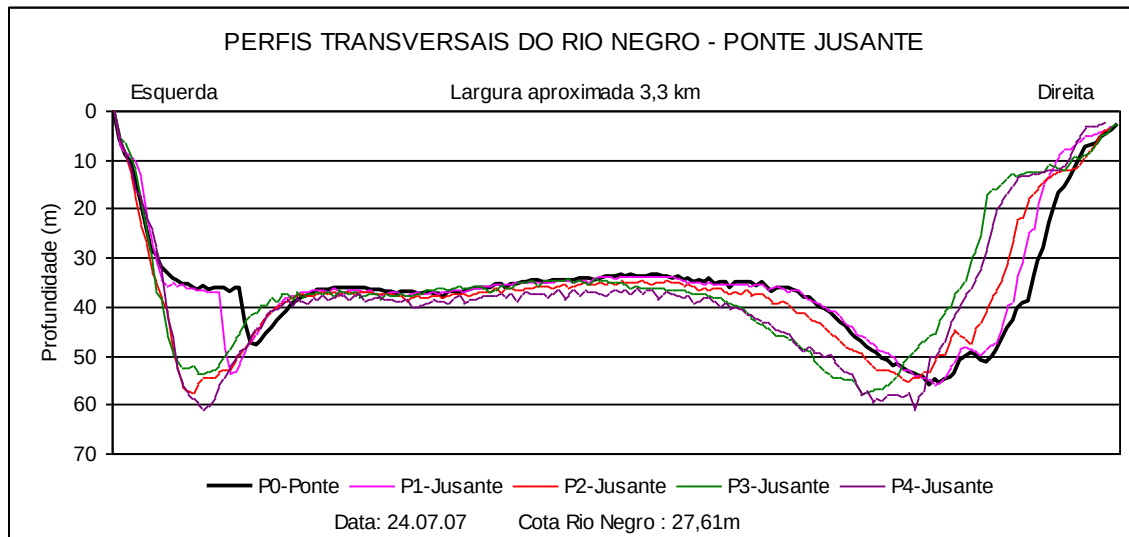


Figura IVA.4.06 — Sobreposição dos perfis batimétricos transversais do rio Negro. O primeiro perfil (P0) corresponde ao local da ponte. P1, P2, P3 e P4 representam a seqüência batimétrica no sentido jusante em ordem crescente.

Com o objetivo de analisar a situação do canal a partir da montante do local selecionado para a construção da ponte, foi realizado o segundo levantamento de campo em 20.08.2007 quando o rio Negro apresentava cota de 25,20 m em relação ao nível do mar. A partir da obtenção desses dados, confirma-se a configuração geométrica do canal marcada pela existência de dois talwegues nesse trecho.

A proposta metodológica de realizar perfis transversais e eqüidistantes 50 m um do outro foi suficiente para ultrapassar a Ponta do Brito e alcançar a enseada de mesmo nome. As interpretações reveladas na Figura IVA.4.07 confirmam a forma do canal, com o destaque para essa enseada onde é possível observar as dimensões reais de largura do rio Negro. Nesse trecho, a largura do mesmo atinge 6,1 km e pode ser considerada normal, pois à montante, na confluência com Tatumã-Açu a largura do mesmo chega a 10 km.

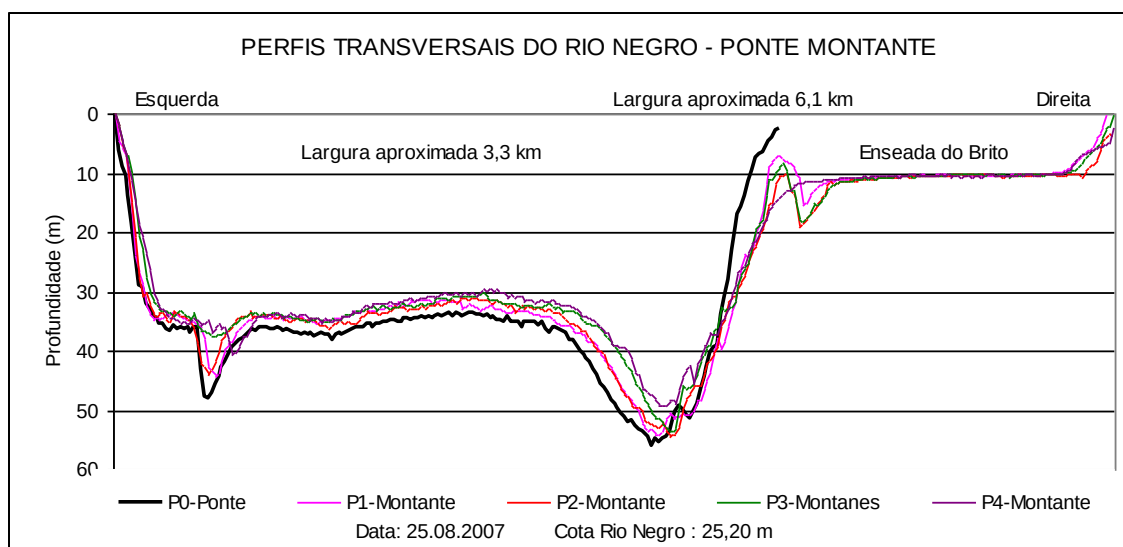


Figura IVA.4.07 - Sobreposição dos perfis batimétricos transversais do rio Negro. O primeiro perfil (P0) corresponde ao local da ponte. P1, P2, P3 e P4 representam a seqüência batimétrica no sentido montante em ordem crescente.

Sobre os dados de cheia e vazante do rio Negro, ensaios trabalhados entre cotas máximas de 27,61 m e cotas mínimas de 14,6 m em relação ao nível do mar, possibilitaram interpretações de que em vazantes inferiores a 15 m, a parte central do canal desse rio fica com profundidade média de 20 m. Por outro lado, quando se trata de cheias máximas os valores médios da parte central do canal atingem profundidade de 35 m (Figura IVA.4 09).

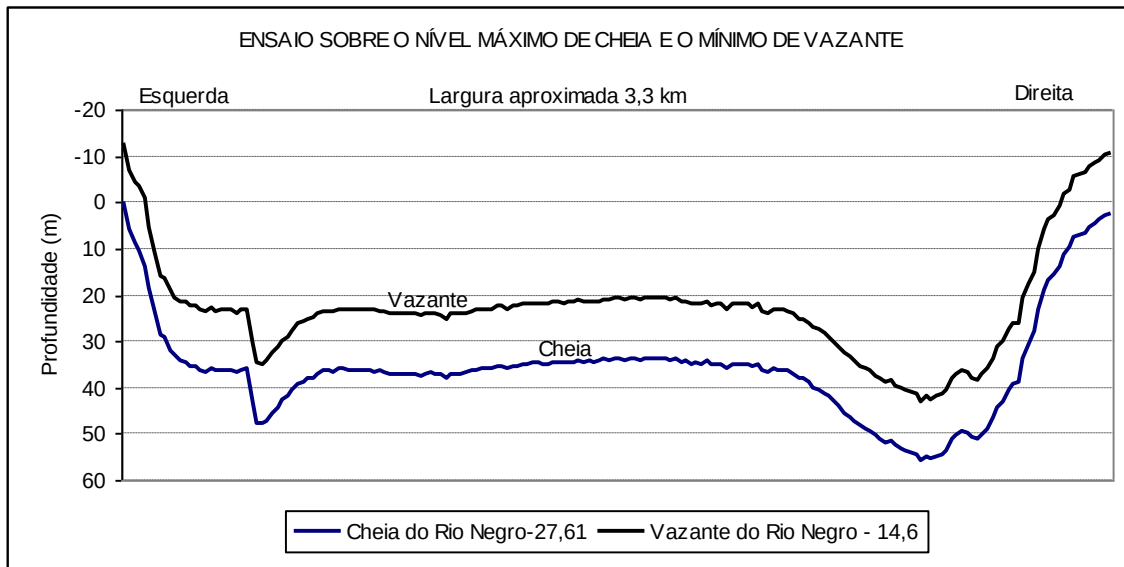


Figura IVA.4 09 Ensaios sobre cotas máximas de cheias e mínimas de vazantes no rio Negro.

IVA.4 03 Caracterização do Regime Fluvial do rio Amazonas – Porto de Manaus

Como mencionado anteriormente, a segunda parte deste relatório se destina a apresentar dados sobre o regime fluvial na foz do rio Negro, tributário da margem esquerda do Amazonas.

Salati (1983) estudando a relação do clima atual com a floresta destaca o fato de que o regime fluvial do rio Amazonas é condicionado pelo regime pluvial que se distribui de forma irregular, espacial e temporalmente na bacia de drenagem, conforme demonstrado na Figura IVA.4.10.

Essa irregularidade na distribuição das chuvas na bacia, principalmente no sentido Norte/Sul, provoca um regime fluvial desigual nos rios da margem direita e da margem esquerda, que por sua vez definem o regime anual único para o rio Amazonas, classificado como de cheia e vazante, conforme se pode observar na Figura IVA.4 11.

Sobre esse regime, dados da Companhia Docas do Pará – Administração Porto Velho - registrados no período de 1982 a 1996, indicam que a frequência de cheia no rio Madeira é de 66,7 % em abril e 33,3 % em março, enquanto a vazante tem a frequência de 50,0 % em setembro, 48,9 % em outubro e apenas 1,1 % em agosto. Já com relação ao rio Negro, em São Gabriel da Cachoeira, a máxima de cheia acontece em julho/agosto enquanto que a vazante em janeiro.

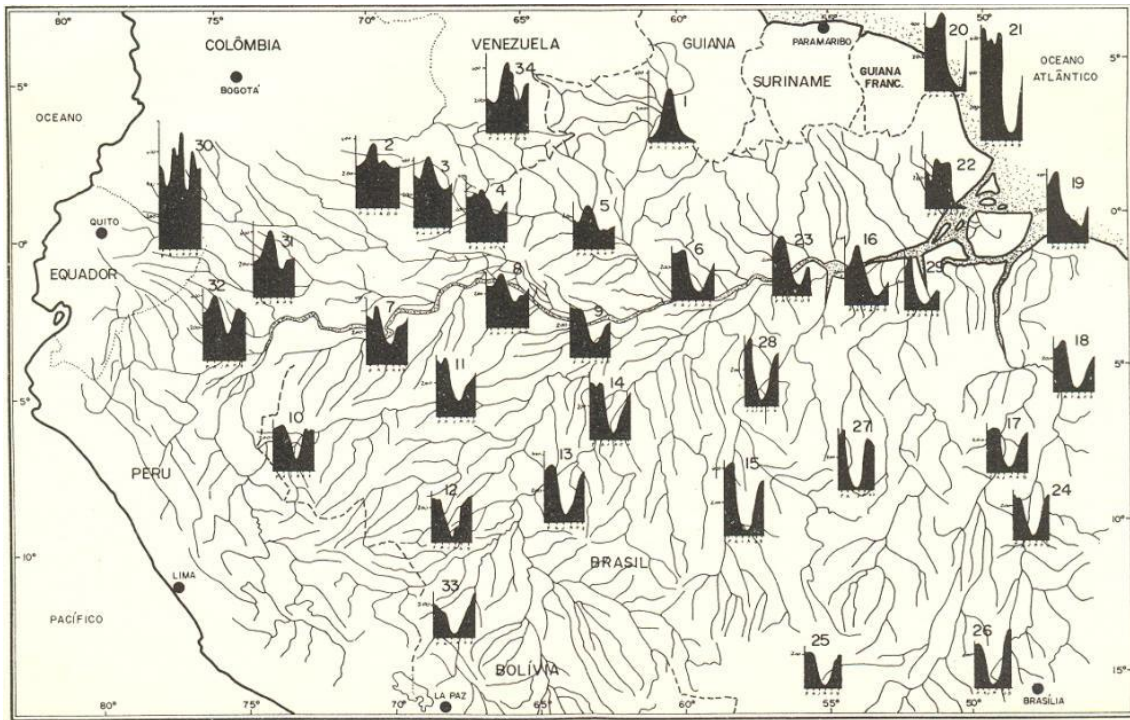


Figura IVA.4 06- Mapa demonstrativo da distribuição espacial e temporal das chuvas na Amazônia
 FONTE: Salati, 1983.

As medições da cota do rio Negro são realizadas diariamente no porto de Manaus desde o segundo semestre de 1902. Dados históricos apontam que as cheias no porto de Manaus iniciam em final de novembro continuando em dezembro e acelerando esta elevação nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, período este, que corresponde às maiores taxas de precipitação nos setores centro-oeste e noroeste da bacia de drenagem. Posteriormente, ocorre a diminuição deste nível em maio e, uma conseqüente estagnação no mês de junho. A vazante inicia justamente em final de junho/julho e acelera em agosto, setembro e outubro, quando o período de estiagem é maior, prosseguindo até outubro/novembro, conforme gráfico abaixo.

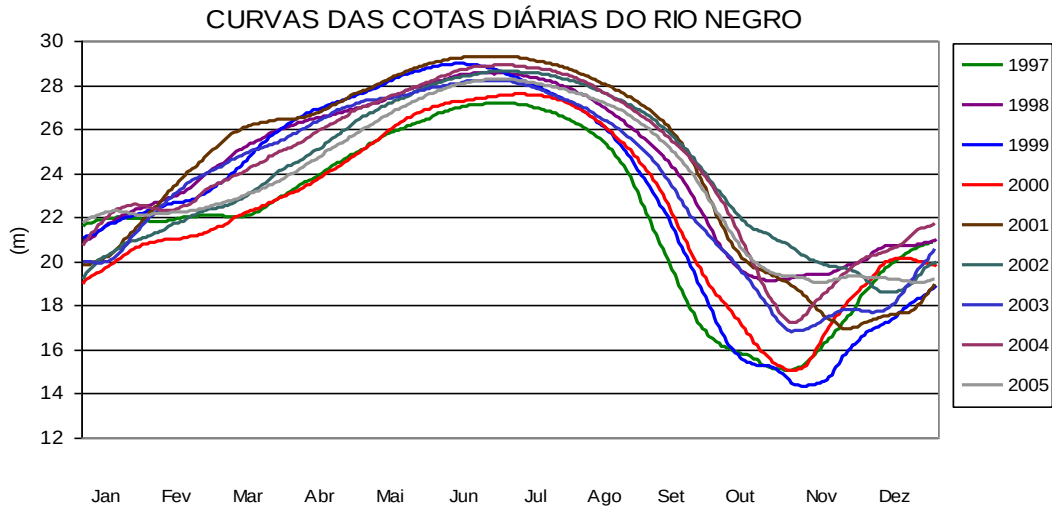


Figura IVA.4 11 – Curvas de cotas diárias do rio Negro. Destaca-se a regularidade no regime hidrológico.
FONTE: Administração do Porto de Manaus.

Frequência de Cheias e Vazantes - Com relação às ocorrências de cheias e vazantes no porto de Manaus as medições registraram frequência maior da cheia no mês de junho com 76,2 %, seguido do mês de julho com 18,1%, enquanto que a vazante é mais irregular, com maior frequência nos meses de outubro com 47,2%, novembro 40,4 % e dezembro 11,5% (Tabela IVA.4.01).

Tabela IVA.4 01 - Índice dos meses com maior frequência de cheia e vazante no porto de Manaus (Período 1903 - 2007)

CHEIA		VAZANTE	
Mês	Frequência %	Mês	Frequência
Maio	5,7	Setembro	0,9
Junho	76,2	Outubro	47,2
Julho	18,1	Novembro	40,4
		Dezembro	11,5

FONTE: Administração do Porto de Manaus. Org. Alberto Carvalho (2007).

É importante destacar o fato de que mesmo sendo as cotas registradas no Porto de Manaus, portanto, no rio Negro, a maior influência no regime fluvial é do rio Solimões/Amazonas. Isto porque o rio Amazonas, por possuir maior volume de descarga provoca o “represamento hidráulico” do Negro até o estreito do Tupé à montante de Manaus. Guyot (1993, *apud* FILIZOLA, 2002, p. 43) chama a atenção para esse fato de que as cotas registradas no porto de Manaus são fortemente influenciadas pelos níveis do rio Solimões, não correspondendo à vazão do rio Negro. Esse represamento do Negro pelo rio Solimões/Amazonas decorre dos principais fatores: baixa declividade na sua foz, profundidade que atinge até 60 metros e largura que ultrapassa 9 km.

Guyot (*op. cit.*) destaca ainda o fato de que este efeito de barramento hidráulico é largamente observado em todos os afluentes do rio Solimões-Amazonas. Pelo exposto, consideram-se os dados fluviométricos registrados no Porto de Manaus como sendo do regime do rio

Solimões/Amazonas e não necessariamente do rio Negro. A Tabela IVA.4 02, permite observar que nos 105 anos de medições diárias no porto de Manaus, a média histórica das cheias foi 40,9 % na cota dos 28 m, enquanto que a média histórica das vazantes ficou na cota dos 17 m.

Tabela IVA.4 02 – Índice das cotas das cheias e vazantes do rio Amazonas/Negro medidas no porto de Manaus – período 1903 - 2007.

CHEIA			VAZANTE		
Cotas (m)	Valor absoluto	Valor (%)	Cotas (m)	Valor absoluto	Valor (%)
> 29	09	8,5	21 a 22	07	6,7
28 a 29	43	40,9	20 a 21	07	6,7
27 a 28	32	30,4	19 a 20	13	12,5
26 a 27	17	16,2	18 a 19	15	14,4
25 a 26	2	1,9	17 a 18	24	23,0
24 a 25	1	0,9	16 a 17	25	24
23 a 24	-		15 a 16	6	5,7
22 a 23	-		14 a 15	6	5,7
21 a 22	1	0,9	13 a 14	1	0,9

FONTE: Administração do Porto de Manaus. Org. Alberto Carvalho (2007).

Cheias e Vazantes Excepcionais - Com relação às cheias e vazantes consideradas como excepcionais, as análises interpretativas da Tabela IVA.4 03, indicam que no referido período de medições foram registradas 09 cheias excepcionais (cheias com cotas acima de 29 m), o equivalente a 8,5%, sendo a maior delas registrada no ano de 1953, quando o nível do rio Negro chegou aos 29,69 m. Neste mesmo intervalo de tempo foram registradas 08 vazantes excepcionais (7,6 %), assim consideradas as vazantes registradas no porto de Manaus, que ficaram abaixo da cota de 14 m, sendo a maior delas registrada no ano de 1963 quando com atingindo o nível de 13,64 m em relação ao nível do mar.

Tabela IVA.4 03 - Índice das cotas das cheias e vazantes excepcionais do rio Amazonas/Negro medidas no porto de Manaus – período 1903 - 2005.

CHEIA			VAZANTE		
1ª	1953	29,69	1ª	1963	13,64
2ª	1976	29,61	2ª	1906	14,21
3ª	1989	29,42	3ª	1997	14,34
4ª	1922	29,35	4ª	1916	14,42
5ª	1999	29,30	5ª	1926	14,54
6ª	1909	29,17	6ª	1958	14,74
7ª	1971	29,12	7ª	2005	14,75
8ª	1975	29,11	8ª	1936	14,97
9ª	1994	29,05			

FONTE: Administração do Porto de Manaus.

Varição entre Cheia e Vazante por Década - Com relação às taxas de variação entre cheia e vazante por década, a Tabela IVA. 4 04 permite observar que a média histórica do período de 1903 a 2007 foi de 10,10m. Com relação a estas taxas o período onde aconteceram as maiores variações, correspondeu às décadas de 1900 e 1990 com a média de 11,2 m. Em contrapartida, as menores taxas foram registradas na década de 1970 com a média de 8,8 m. É importante destacar ainda, que a maior variação anual foi registrada no ano de 1997 com a flutuação de 14,59m, enquanto a menor variação anual aconteceu no ano de 1912 quando a diferença entre a cheia e vazante foi de apenas 5,45 m.

Tabela IVA.4 04 – Variação por década de cheia e vazante registrado no porto de Manaus.

PERÍODO	VARIAÇÃO (M)
1903 a 1909	11,2
1910 a 1919	9,7
1920 a 1929	9,75
1930 a 1939	9,81
1940 a 1949	9,83
1950 a 1959	10,88
1960 a 1969	10,13
1970 a 1979	8,87
1980 a 1989	8,95
1990 a 1999	11,2
2000 a 2006	10,80
Média 105 anos	10,10

FONTE: Administração do Porto de Manaus. Org. Alberto Carvalho (2007).

Dados de medições físico-químicas das águas do rio Negro na estação hidrológica de Paricatuba, 23 km em linha reta à montante do porto de Manaus, obtidos pelos técnicos projeto Hidrologia da Bacia Amazônica HiBAm mostram que no mês de abril de do 1998 quando o rio Negro já estava enchendo desde dezembro, a vazão era de 13.183 m³/s, enquanto o material transportado em suspensão, apresentava uma taxa de 3 mg/l. No mês de setembro do mesmo ano, período de estiagem em que a vazante é acelerada, a vazão estava em 30.650 m³/s e o índice de material em suspensão era de apenas 2,5 mg/l.

Esses dados mostram que mesmo o rio Negro tendo uma descarga líquida acima de 30.000 m³/s, o que é considerado um rio de grande volume de descarga, ainda assim, transporta pouco material em suspensão, conforme Tabela IVA. 4 05.

Tabela IVA.4 05 - Dados comparativos de medições físico-químicas e de material em suspensão (MES) do rio Negro na estação hidrológica de Paricatuba 23 km à montante do porto de Manaus e Solimões no ano de 1998.

rio	Local	Data	Vazão m ³ /s	Temp. °C	C. Elét. uS/cm	pH	Material em Suspensão mg/l
Negro	Paricatuba	21/04/98	13.183	31,1	11	4,2	3
Negro	Paricatuba	28/09/98	30.650	30,3	10,2	4,6	2,5
Solimões	Manacapuru	28/04/98	115.055	28,9	71	6,5	154,3

FONTE: HiBAm - Hidrologia da Bacia Amazônica: Campanha Negro 98 e Campanha rio Madeira 98 – ORSTOM \ CNPq \ ANEEL \ UnB.

IVA.5 Caracterização Climática

As análises dos parâmetros foram realizadas com base no tratamento dos dados utilizando-se a técnica estatística dos quantis (XAVIER, 2001) a partir da qual foram considerados normais os intervalos entre os percentis 35º e 65º. O intervalo superior foi dividido pelo percentil 85º e o inferior pelo percentil 15º, adotados no sentido de permitir ilustrar-se mais detalhadamente as análises. O significado dos intervalos adotados indica que 35% dos dados examinados apresentam valores inferiores ao limite inferior do intervalo considerado normal, correspondendo a anomalias negativas, enquanto outros 35% apresentam valores superiores, correspondendo a anomalias positivas. Os restantes 30% dos dados da série, presentes no intervalo intermediário, correspondem à condição considerada climatológica (normal). Esta técnica tem por virtude oferecer a vantagem de uma melhor análise dos parâmetros físicos que não apresentam uma distribuição normal (caso dos parâmetros climáticos analisados). Com o objetivo de caracterizar a brisa fluvial, os dados horários de vento foram divididos em dois intervalos: diurno, das 08 às 19 horas local; noturno, das 21 às 07 horas local.

O vento de rajada é definido como sendo aquele em que a diferença entre a velocidade observada e a velocidade do vento médio é igual ou superior a 10 nós ($5,14 \text{ m.s}^{-1}$ ou $18,52 \text{ km.h}^{-1}$) e seu tempo de ocorrência seja superior a 1s e de no máximo 20s ($1\text{s} < t \leq 20 \text{ s}$).

IVA.4 01 Resultados e Análises

Temperaturas - A cidade de Manaus ocupava em 1976 cerca de 3700 ha contra os atuais mais de 40. 000 ha, ou seja, cresceu mais de dez vezes nas últimas décadas. A análise do comportamento da temperatura não reflete com propriedade a situação da urbanização da cidade, que apresenta evidentes ilhas de calor resultantes desse invulgar crescimento nos últimos 30 anos. Isso se deve ao fato de que as estações climatológicas são sempre dispostas nos arredores da zona urbana para que ofereçam o registro das condições regionais. Dessa forma, as temperaturas tendem a representar o ambiente de interface com a floresta (mais ameno) em vez do clima urbano.

A abundância da radiação solar sobre a região tropical garante as elevadas temperaturas médias observadas durante todo o ano. Com uma variação anual entre 11 e 13 horas de máximo brilho diário de sol, Manaus apresenta uma temperatura média diária acima de 26°C . A figura IVC. 5 01 apresenta os intervalos mensais de temperaturas características do comportamento médio mensal. As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses mais secos (Agosto a Outubro) chegando a mais de $27,5^\circ\text{C}$, enquanto as mais baixas ocorrem nos meses mais chuvosos (Janeiro a Março) com cerca de $26,5^\circ\text{C}$ ou menos.

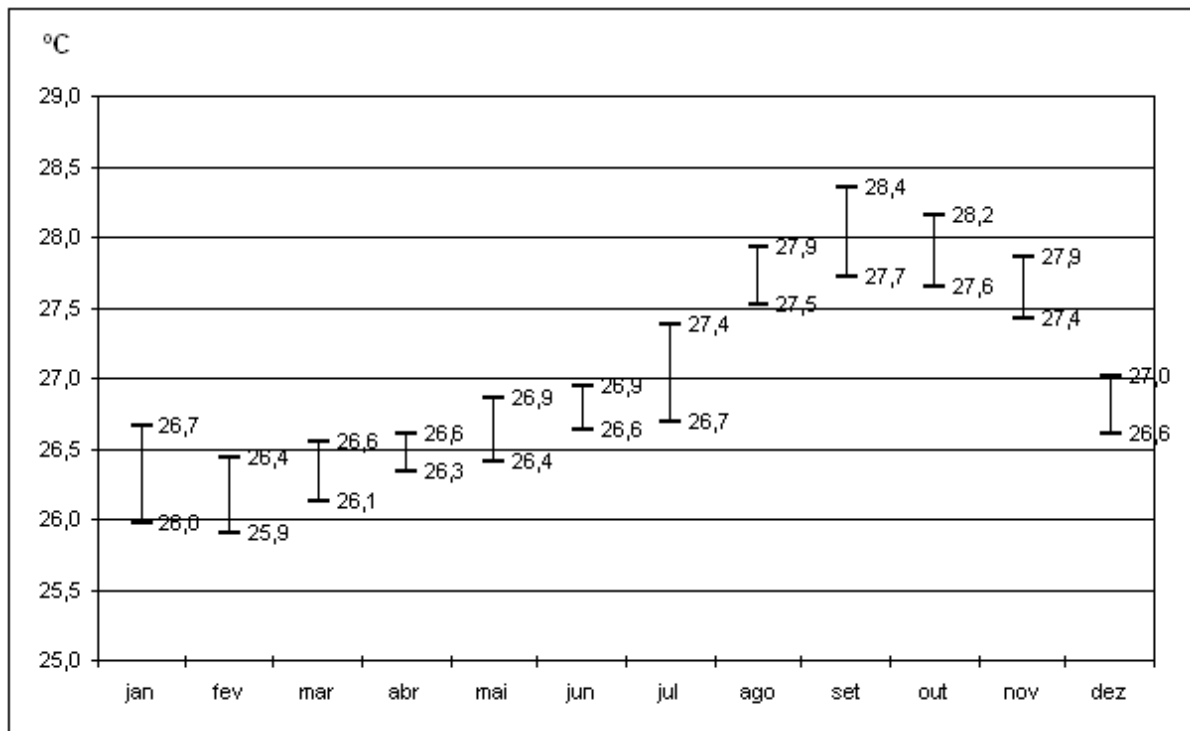


Figura IVA. 5 01 – Intervalos normais de temperaturas mensais típicas para Manaus (°C).

Com uma variação anual média inferior a 3 °C, Manaus pode ser caracterizada como possuindo um clima isotérmico.

A figura IVA 5 02 apresenta os máximos (35° – 65°) mensais, cujos valores variam entre 29,7 e 33°C. Os maiores valores distribuem-se pela estação seca (Julho a Setembro), quando a pouca nebulosidade permite maior presença da radiação solar à superfície, e no início da estação chuvosa (Outubro a Dezembro), quando a nebulosidade é bastante variável e o período de brilho do sol aumenta com a aproximação do verão do hemisfério sul.

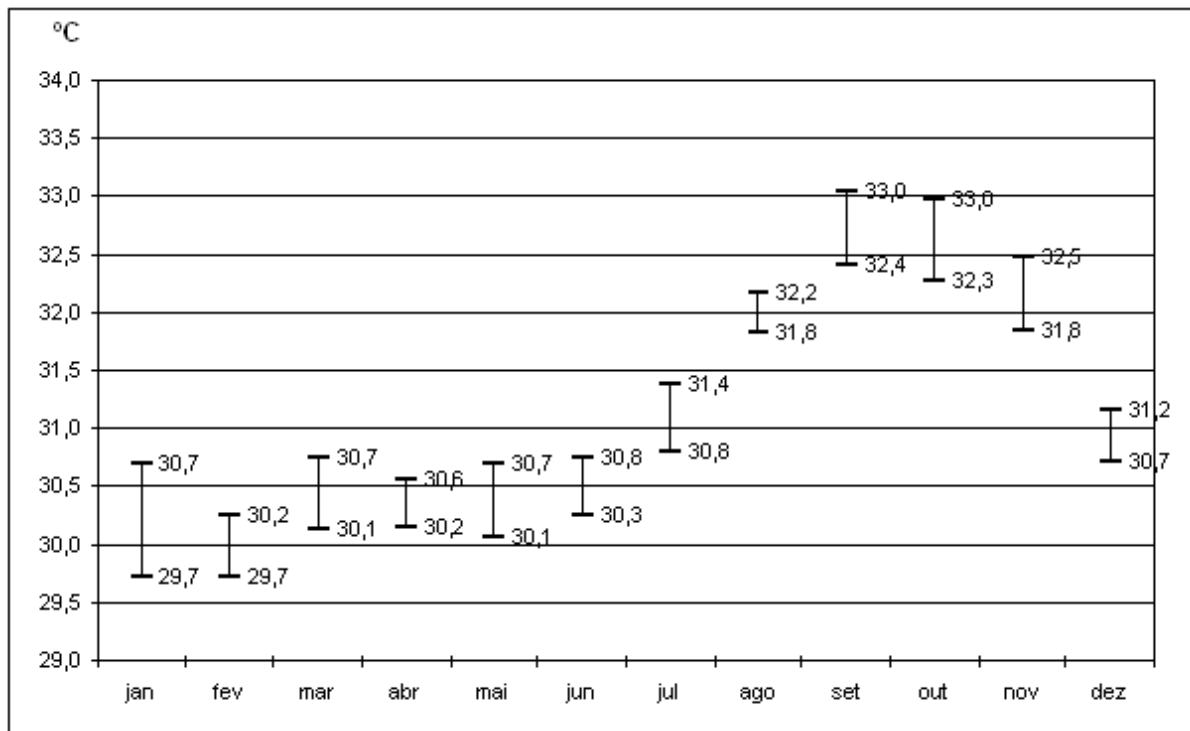


Figura IVA.5 02 – Intervalos normais de temperatura máxima mensal em Manaus (°C).

A Figura IVA.5 03 apresenta os mínimos (35° – 65°) mensais, onde os menores valores distribuem-se pela estação chuvosa (Janeiro a Maio), quando a presença freqüente da nebulosidade reduz a radiação solar à superfície. Também nos meses de Junho e Julho as mínimas são inferiores a 24°C - apesar da pouca nebulosidade e da superfície estar mais aquecida durante o dia – porque a perda radiativa noturna em associação com a presença de massas de ar frio provenientes de latitudes mais altas fazem cair os registros.

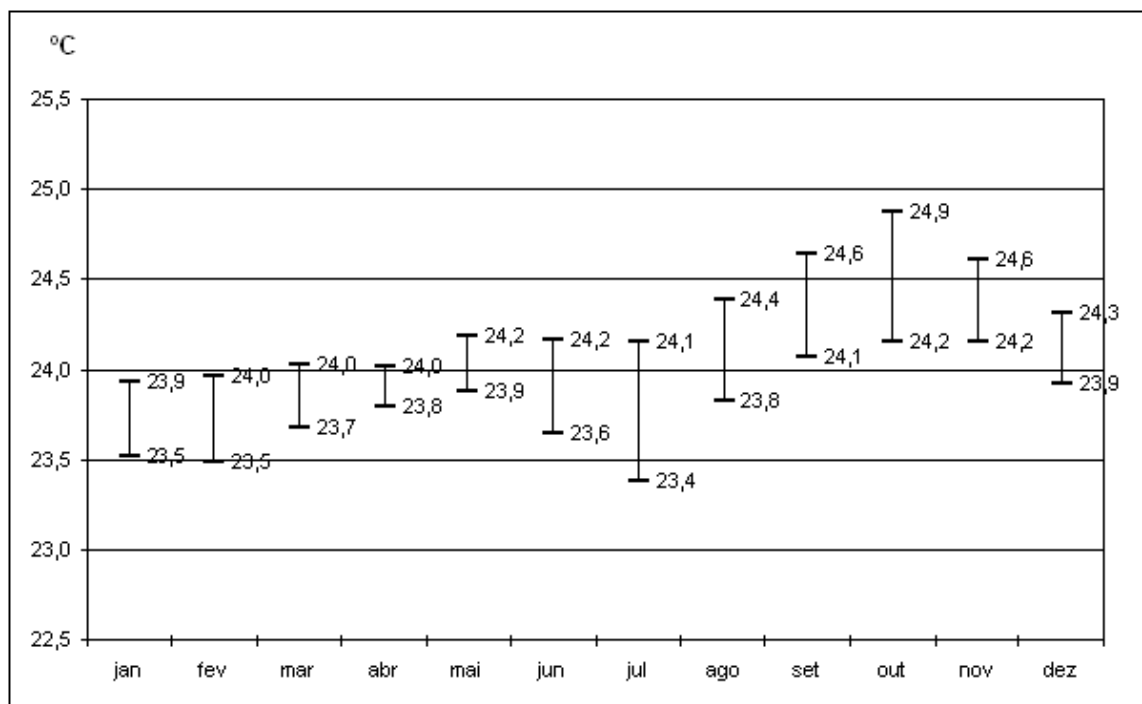


Figura IVA.5 03 – Intervalos normais de temperatura mínima mensal em Manaus (°C).

Nos meses de Junho a Agosto, quando é inverno no hemisfério sul e o continente acha-se mais resfriado, as frentes frias podem avançar mais profundamente e massas frias invadem a região pelo sul causando quedas bruscas de temperaturas de até 5°C. São os fenômenos conhecidos regionalmente por “friagem” e que podem perdurar por dois ou três dias. A amplitude média diária (máximas menos as mínimas) é de cerca de 9°C, típica da região tropical.

A Figura IVA.5.04 apresenta os extremos térmicos absolutos máximos e mínimos mensais. Enquanto os valores superiores mantêm certa estabilidade (variação de até 5 °C), os valores inferiores admitem variações de maior amplitude, chegando aos 8 °C, possivelmente decorrentes da ação singular das massas de ar frio já citadas. Durante o período analisado a máxima absoluta registrou 39,8 °C (Julho/1992), enquanto a mínima foi de 11,9 °C (Agosto/1973; Setembro/1992).

A análise da série mostra que as ocorrências dos máximos predominaram a partir do ano 2000 (seis vezes), enquanto as mínimas predominaram nas décadas de 1970 e 1990 (cinco vezes cada), o que pode ter ocorrido provavelmente por efeito da urbanização.

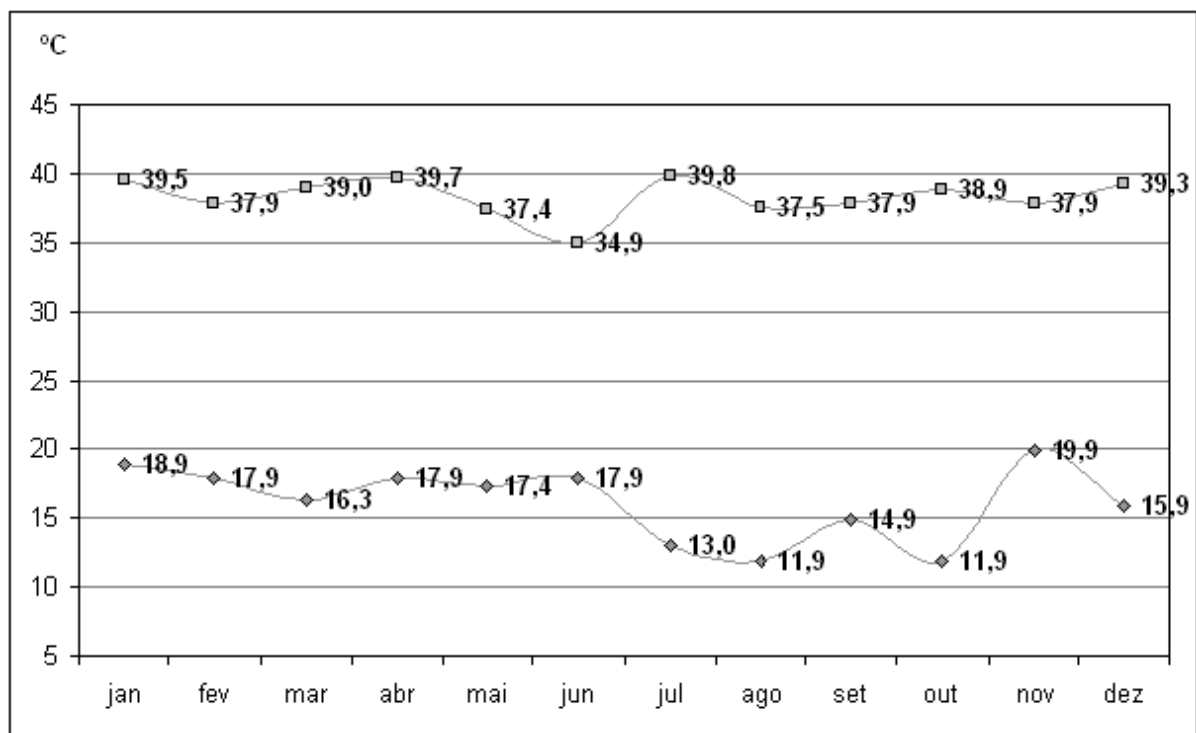


Figura IVA.5 04 – Temperaturas máximas e mínimas mensais absolutas em Manaus (°C).

Precipitação - A região tropical, diferentemente das regiões extra tropicais que possuem quatro estações bem definidas, apresenta a existência de apenas duas estações distintas: uma chuvosa e outra seca (ou menos chuvosa). Na Amazônia Central, onde se localiza a cidade de Manaus, a estação seca corresponde a um curto período que vai de Junho a Setembro, quando o total mensal de chuva costumeiramente apresenta-se inferior aos 100 mm, enquanto a estação chuvosa estende-se desde Novembro até Maio, com índices pelo menos duas vezes superiores.

A Tabela IVA.5.01 apresenta a caracterização mensal das chuvas com os correspondentes intervalos adotados para muito seco (0 – 15%), seco (15 – 35%), normal (35 – 65%) e, para chuvoso (65 – 85%) e muito chuvoso (85 – 100%).

Tabela IVA.5 01 – Intervalos mensais normais e anômalos de precipitação para cidade de Manaus (em mm).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
muito seco	< 194	< 148	< 210	< 201	< 120	< 56
seco	194 - 270	148 - 222	210 - 240	201 - 234	120 - 181	56 - 83
normal	270 - 301	222 - 306	240 - 303	234 - 338	181 - 256	83 - 118
chuvoso	301 - 361	306 - 379	303 - 372	338 - 414	256 - 310	118 - 166
muito chuvoso	> 361	> 379	> 372	> 414	> 310	> 166

	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
muito seco	< 19	< 21	< 38	< 51	< 72	< 145
seco	19 - 32	21 - 39	38 - 65	51 - 84	72 - 118	145 - 191
normal	32 - 92	39 - 64	65 - 89	84 - 137	118 - 189	191 - 225
chuvoso	92 - 139	64 - 104	89 - 126	137 - 193	189 - 291	225 - 275
muito chuvoso	> 139	> 104	> 126	> 193	> 291	> 275

Os meses mais secos correspondem aos meses de Julho (32 – 92 mm) e Agosto (39 – 64 mm). Os meses de Junho e Outubro identificam a transição entre as estações. Os meses mais chuvosos, num período maior, correspondem ao intervalo de Janeiro a Abril, quando os totais mensais frequentemente ultrapassam os 300 mm. O mês de Abril, não raro, apresenta totais de chuva acima dos 400 mm. A figura IVA.5 05 apresenta o comportamento da precipitação ao longo do ano segundo os limites inferior (35%, sombreado claro) e superior (65%, sombreado escuro).

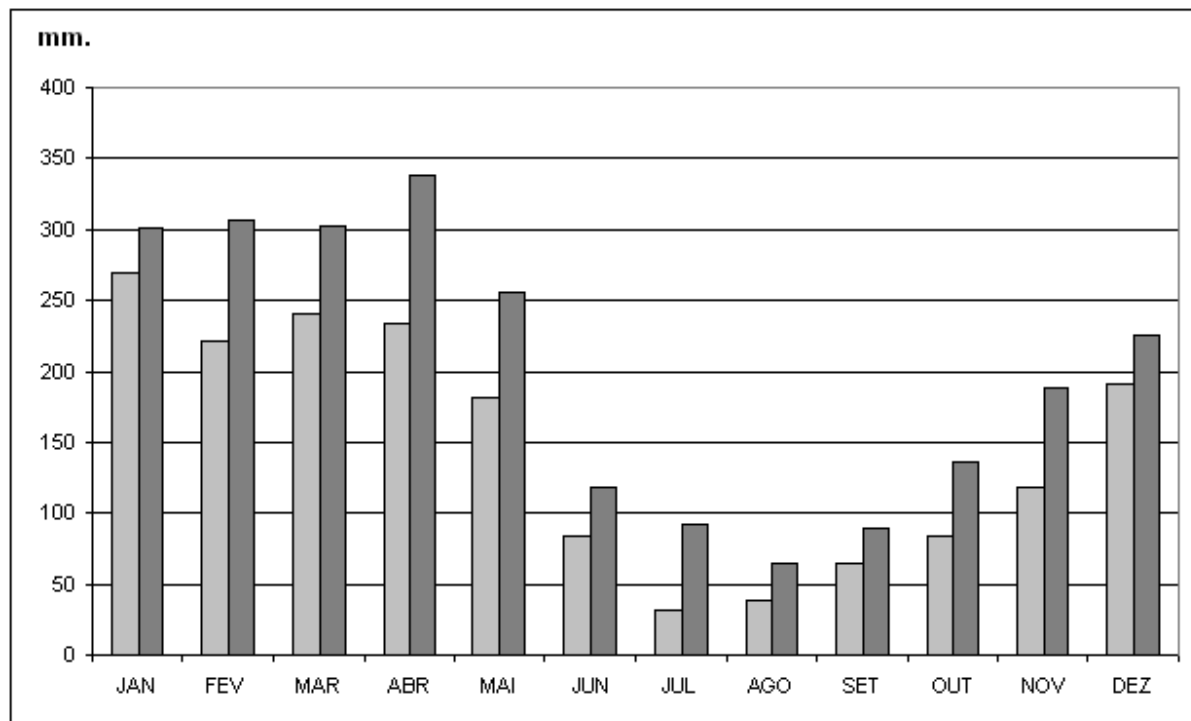


Figura IVA.5 05 – Precipitação total mensal (intervalo 35-65) em Manaus (mm).

A análise da figura IVA.5 05 permite observar-se que uma característica da transição entre as estações é que a transição chuvosa / seca (Maio/Junho) se dá mais bruscamente, enquanto a transição seca / chuvosa (Outubro/Novembro) ocorre de forma mais gradual.

Por outro lado, a transição da estação seca para a chuvosa (Outubro) apresenta eventos de precipitação que podem ser bastante intensos em decorrência de dois fatores, principalmente: a aproximação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), trazendo abundância de umidade do

oceano Atlântico tropical, e o forte aquecimento da superfície na região, que se encontra no final da sua estação seca. Dessa forma, os maiores eventos já registrados nos últimos 100 anos em Manaus ocorreram nos meses de Outubro e Novembro (2001), quando os índices alcançaram expressivos 205,4 e 218,4 mm, respectivamente.

A figura IVA.5 06 apresenta os eventos diários máximos de precipitação da série de dados mostrando que Outubro e Novembro são os meses onde ocorreram os maiores registros, com eventos superiores a 200 mm, enquanto nos principais meses da estação chuvosa os eventos máximos foram cerca de 30% inferiores (ao redor de 150 mm).

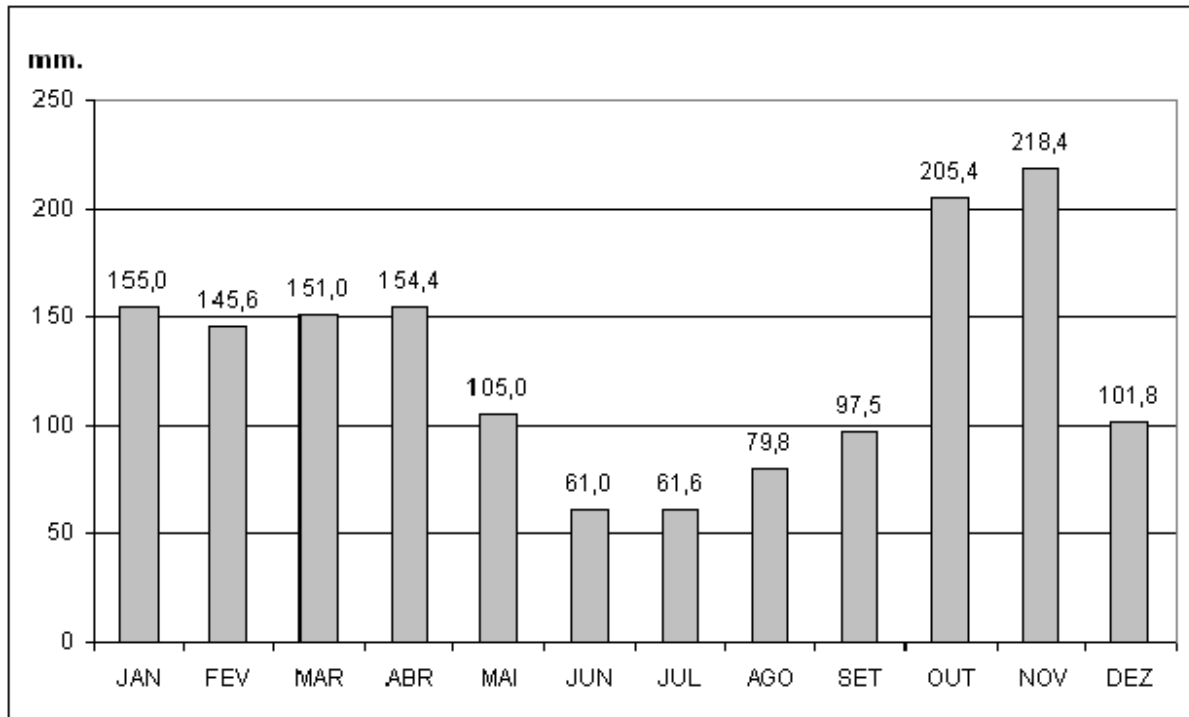


Figura IVA.5 06 – Precipitação máxima mensal da série em 24 horas (mm).

DALLAROSA *et al.* (2002) realizaram estudos sobre eventos extremos em Manaus e mostraram que eventos diários superiores aos 100 mm ocorreram 44 vezes em 77 anos observados, sendo que nenhum deles ocorreu nos meses de Junho a Setembro, evidenciando possíveis diferenças no tipo de nebulosidade entre as estações.

A Tabela IVA.5.02 apresenta a climatologia da quantidade de dias de chuva, a qual segue um comportamento sazonal similar ao da precipitação, tendo os meses de Janeiro a Abril com ocorrência de eventos em cerca de 20 dias (70% do mês). Os meses de Julho a Setembro apresentam uma sensível redução do número de dias com ocorrência de eventos, com menos de 10 dias (30% do mês). Agosto (6 – 8 dias) e Setembro (7 – 9 dias) são os meses com menor número de eventos de chuva. Durante o período entre os meses de Dezembro e Maio ocorrem eventos em pelo menos metade dos dias a cada mês. Ações de planejamento, em particular no segmento da construção civil, buscam no conhecimento da climatologia dos dias de chuva mensais um importante suporte.

AGUIAR (1995) realizou estudo sobre a climatologia de Manaus no século passado que permitiu o estabelecimento de três normais climatológicas (1901/30; 1931/60; 1961/90) e mostrou que houve um aumento no número médio de dias de chuva anual entre a primeira e a terceira série (156 para 190 dias), com correspondente aumento nos totais anuais (1775 mm para 2291 mm).

Tabela IVA.5 02 – Intervalos mensais normais e anômalos de dias de chuva para a cidade de Manaus (em nº de dias).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
muito seco	< 19	< 16	< 18	< 17	< 14	< 10
seco	19 - 21	16 - 19	18 - 20	17 - 19	14 - 17	10 - 12
normal	21 - 23	19 - 22	20 - 23	19 - 21	17 - 22	12 - 15
chuvoso	23 - 25	22 - 24	23 - 25	21 - 23	22 - 24	15 - 16
muito chuvoso	> 25	> 24	> 25	> 23	> 24	> 16
	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
muito seco	< 5	< 4	< 5	< 7	< 9	< 13
seco	5 - 8	4 - 6	5 - 7	7 - 9	9 - 11	13 - 15
normal	8 - 11	6 - 8	7 - 9	9 - 12	11 - 13	15 - 19
chuvoso	11 - 14	8 - 11	9 - 12	12 - 16	13 - 16	19 - 22
muito chuvoso	> 14	> 11	> 12	> 16	> 16	> 22

Trovoadas - As estimativas ainda não muito precisas existentes sobre a incidência de trovoadas indicam a ocorrência de 16 (dezesseis) a 20 (vinte) milhões de trovoadas por ano em todo o mundo. Isso significa que, a cada momento, estão acontecendo cerca de 2 (dois) mil desses eventos, totalizando mais de 45 (quarenta e cinco) mil eventos por dia. Essas 2000 trovoadas fazem com que 100 descargas elétricas colidam com a Terra a cada segundo. A maior proporção das mesmas ocorre nos trópicos onde calor, muita umidade e instabilidade estão sempre presentes (www.brasgreco.com/weather/trovoadas; www.meteo.pt/pt/didatica/fenom_meteorologico/trovoada.html).

A Figura IVA.5 07 apresenta o número de dias médios e máximos mensais de ocorrência de trovoadas em Manaus, reportado por técnicos através de observações realizadas a partir da superfície.

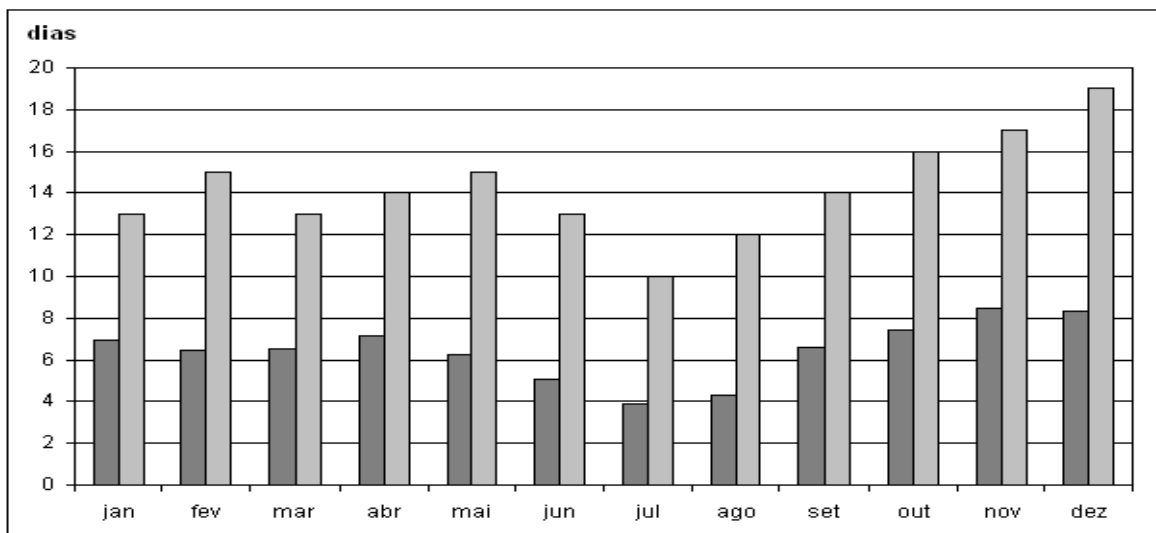


Figura IVA.5 07 – Números de dias médios (sombreada clara) e máximos (sombreada escura) mensais com registro de ocorrência de trovoadas em Manaus.

Os meses secos, quando ocorre queda da nebulosidade em virtude da redução da umidade atmosférica e, por consequência, da baixa condutividade do ar, apresentam um menor número de ocorrências.

Nos meses da estação chuvosa ocorrem trovoadas em média (barra sombreada escura), mais de 6 (seis) dias a cada mês, por vezes, com dezenas de ocorrências a cada dia. Destaque para os meses de Outubro, Novembro e Dezembro com maior número médio de dias com ocorrências (8 dias), enquanto no trimestre Junho/Julho/Agosto esse número cai pela metade (4 dias).

Relativamente ao número máximo de dias com ocorrências (sombreado claro) o comportamento segue característica similar, com os máximos acima de 16 dias por mês no trimestre Outubro/Novembro/Dezembro e o índice mínimo, inferior a 10 dias, em Julho.

Ventos - Em virtude das baixas pressões tropicais os ventos próximos à superfície na Amazônia são relativamente reduzidos e o escoamento médio nos baixos níveis na região apresenta uma componente preferencialmente de leste (variando de sudeste a nordeste). A figura IVA.5 08 mostra as intensidades médias diárias e máximas mensais do vento em Manaus obtidas em anemômetro posicionado a 10 m de altura do solo.

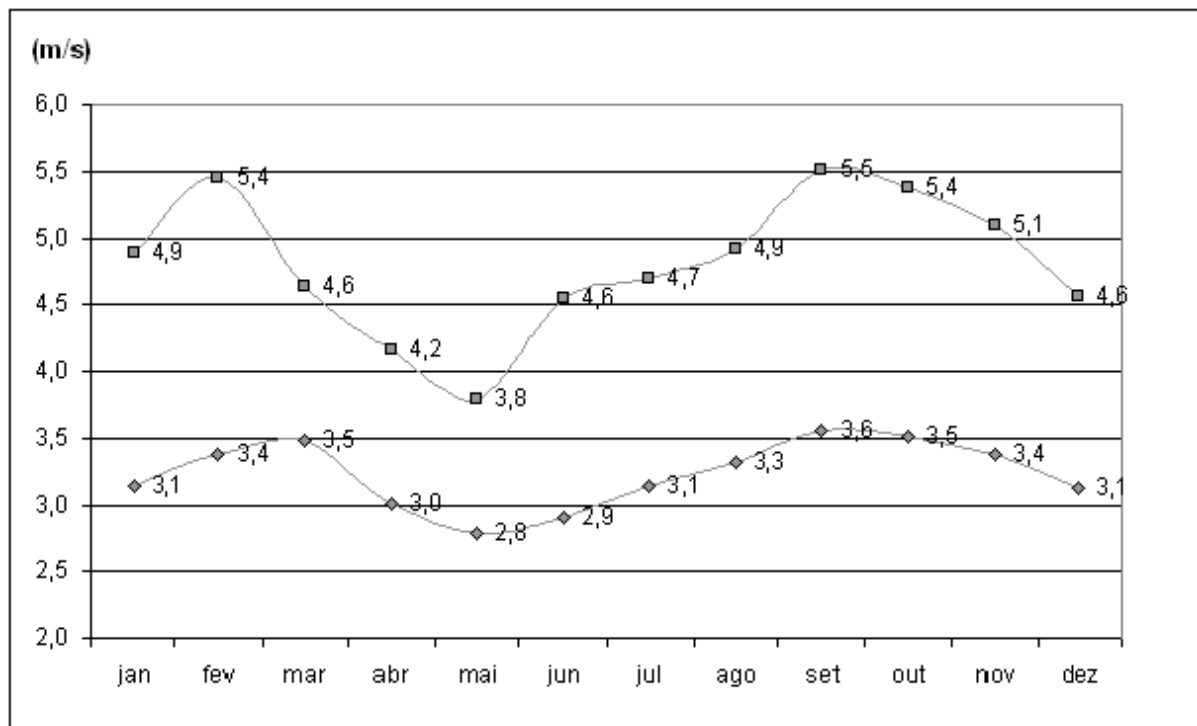
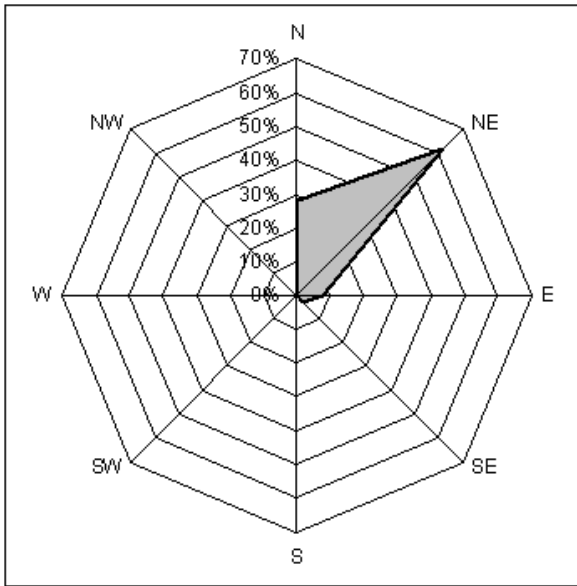


Figura IVA.5 08 – Velocidades médias e máximas mensais do vento em Manaus (m/s).

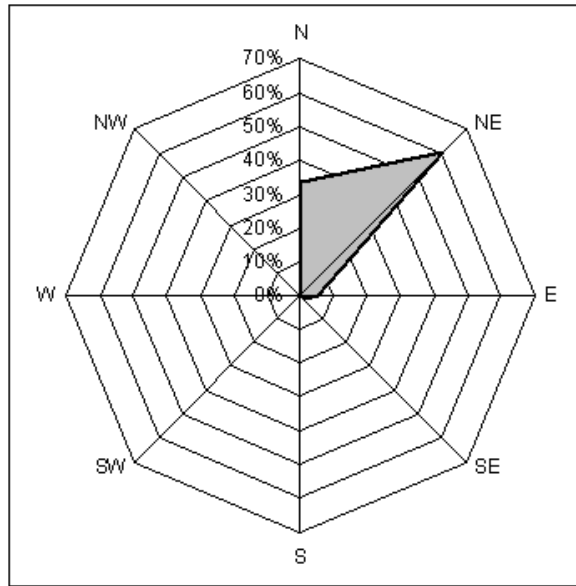
Os ventos médios (curva inferior) são bastante constantes, sem grandes contrastes mês a mês. As maiores intensidades médias são da ordem de $3,6 \text{ m.s}^{-1}$, nos meses de Março, Setembro e Outubro, enquanto os valores mais baixos correspondem a $2,8$ e $2,9 \text{ m.s}^{-1}$, nos meses de Maio e Junho, respectivamente.

As intensidades máximas registradas não foram expressivamente maiores, tendo apresentado valores extremos superiores de $5,5 \text{ m.s}^{-1}$ em Setembro e $5,4 \text{ m.s}^{-1}$ em Fevereiro e Outubro, e inferiores de $3,8 \text{ m.s}^{-1}$ em Maio. A diferença em relação ao comportamento da média (variação de apenas $0,8 \text{ m.s}^{-1}$) ficou por conta da amplitude da série ($1,8 \text{ m.s}^{-1}$), natural em se tratando de registros absolutos.

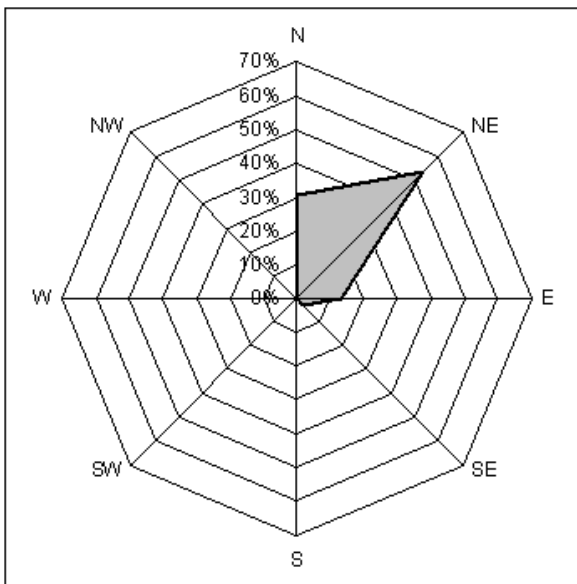
No que diz respeito às direções do vento observadas na figura 09 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, l, m), percebe-se claramente o consistente padrão regional do escoamento, ditado pela recorrente presença da componente de leste, anteriormente mencionada.



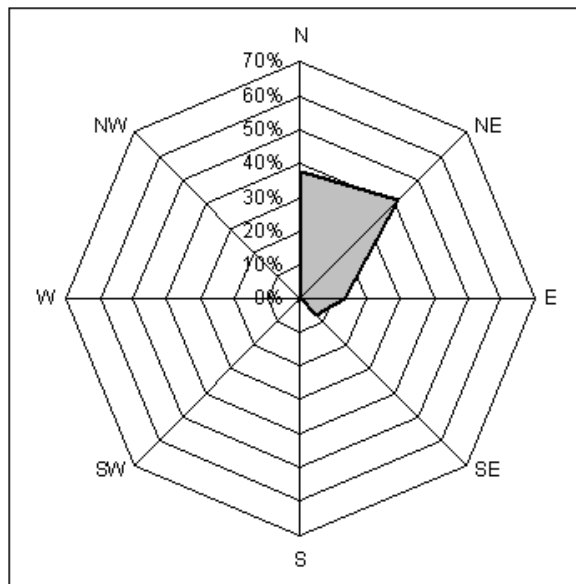
a) Janeiro



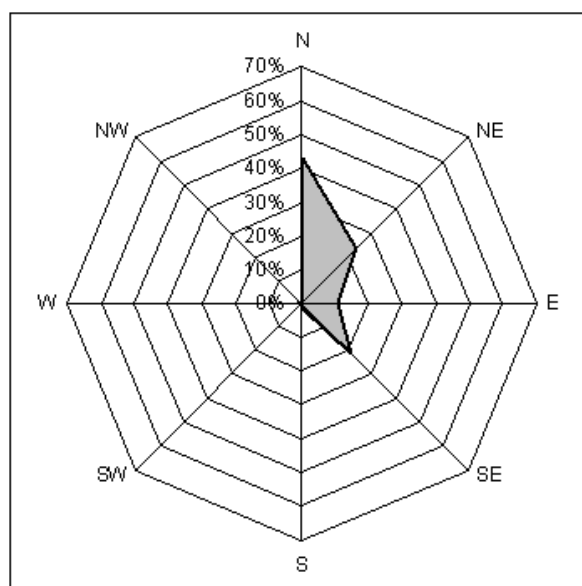
b) Fevereiro



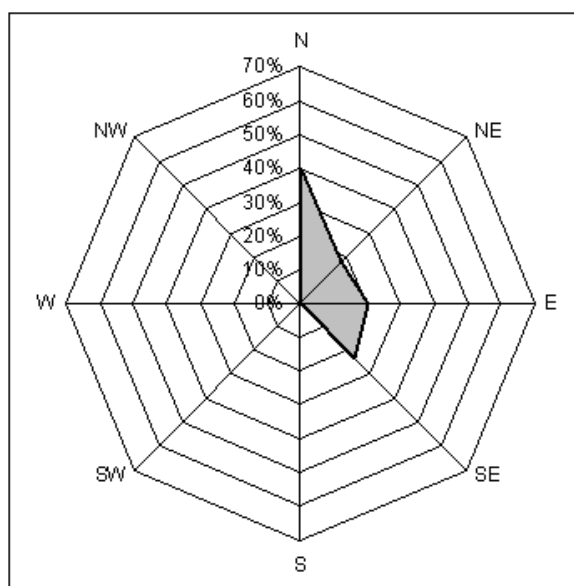
c) Março



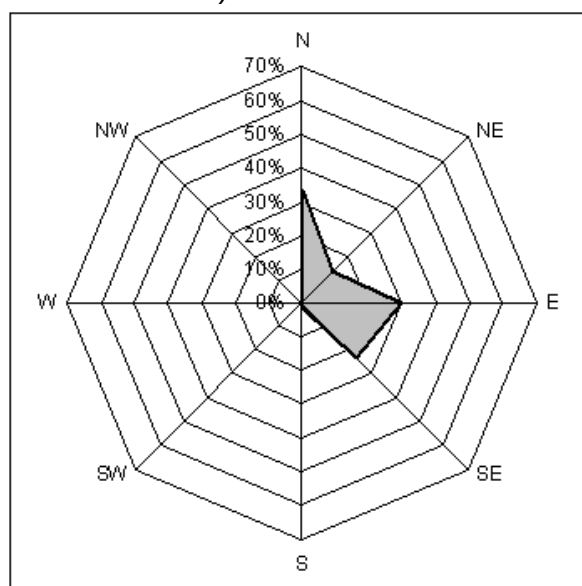
d) Abril



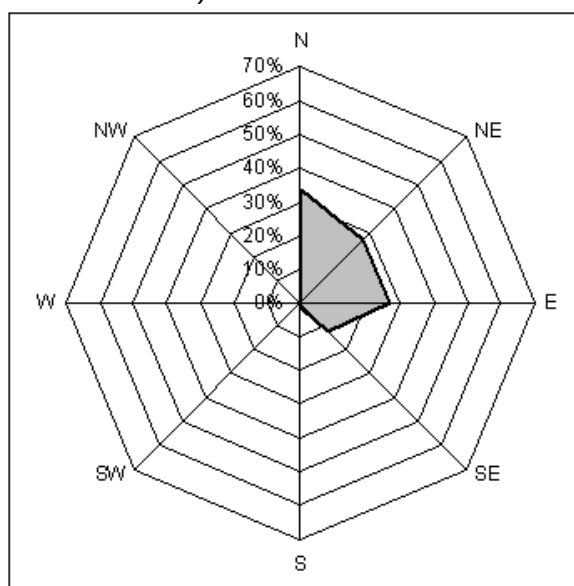
e) Maio



f) Junho



g) Julho



h) Agosto

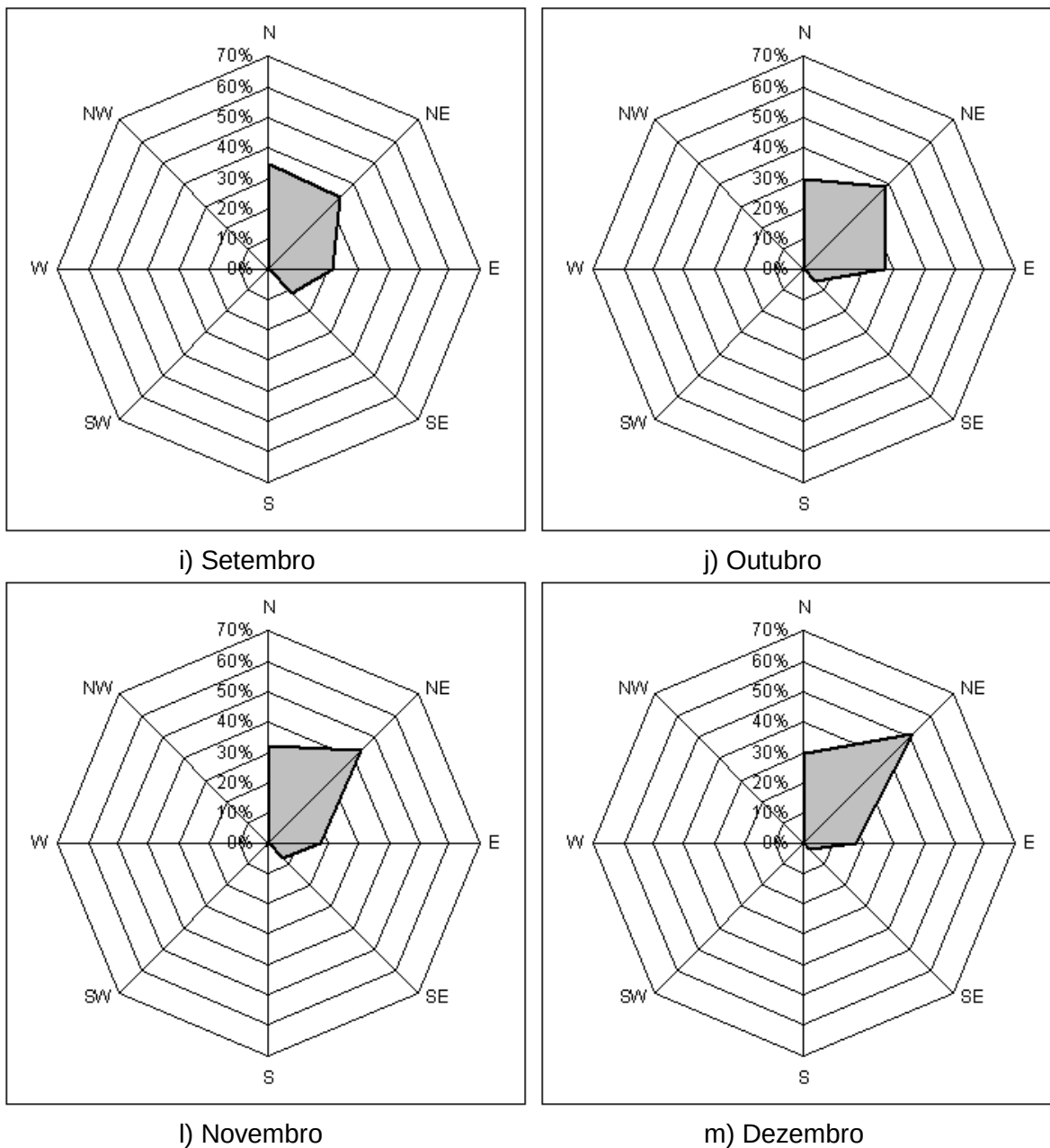
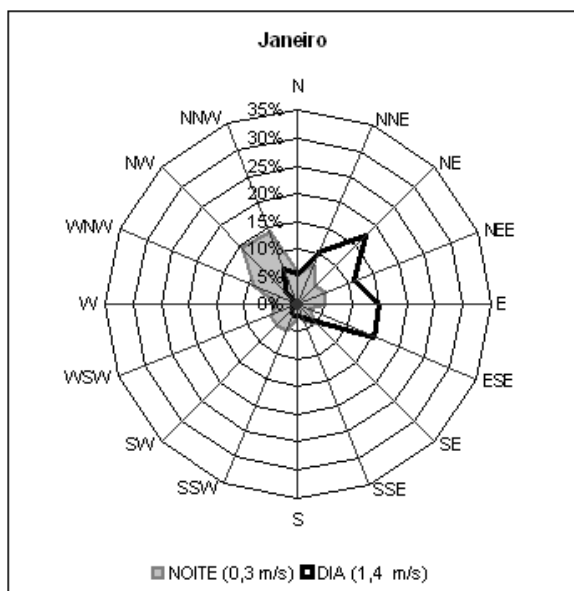


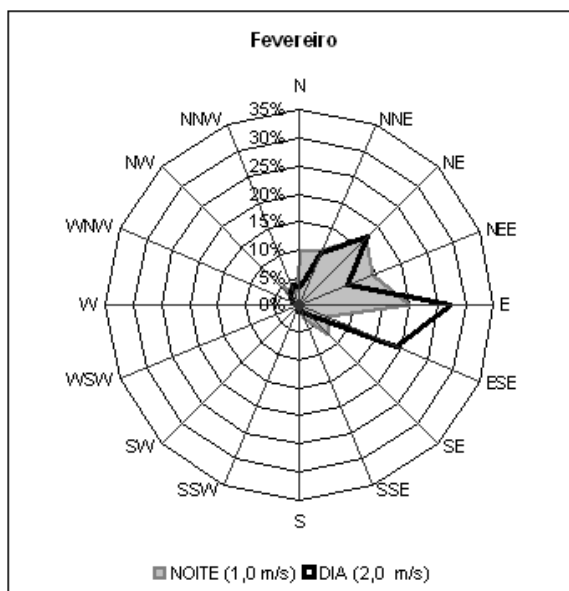
Figura IVA.5 09 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, l, m) – Direções médias mensais do vento e respectivos percentuais de ocorrência em Manaus.

A análise da figura IVA. 5 09 (a até m) permite observar nos meses de Outubro até Abril um percentual acima dos 40% de recorrência do padrão de NE, em especial nos meses de Janeiro (60%), Fevereiro (60%) e Março (>50%), quando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) encontra-se em suas posições mais ao sul e domina o escoamento sobre a região. Este padrão é complementado por um padrão secundário, com 30% de predominância de N e 20% de E. Nos meses de Maio a Setembro o padrão preferencial é de N, com recorrência variando entre 40% e 30%, seguido de um padrão secundário de E (30% e 20%) e complementado pela ocorrência de um padrão de S (20% e 10%). O surgimento desse padrão de sul se dá em resposta à penetração mais profunda de sistemas frontais sobre o continente sul americano durante os meses de inverno.

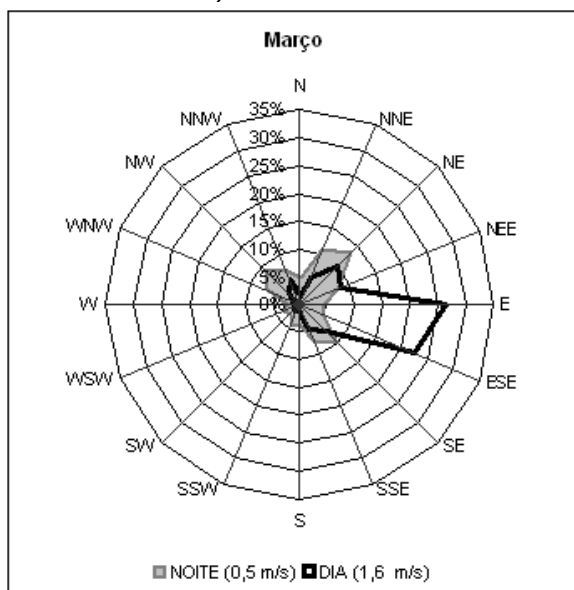
A decomposição dos ventos em diurno e noturno permite analisar-se as influências do aquecimento diferencial da superfície e os efeitos de brisa que porventura possam estar ocorrendo. Na figura IVA.5 10 - (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, l, m) está contemplado este objetivo.



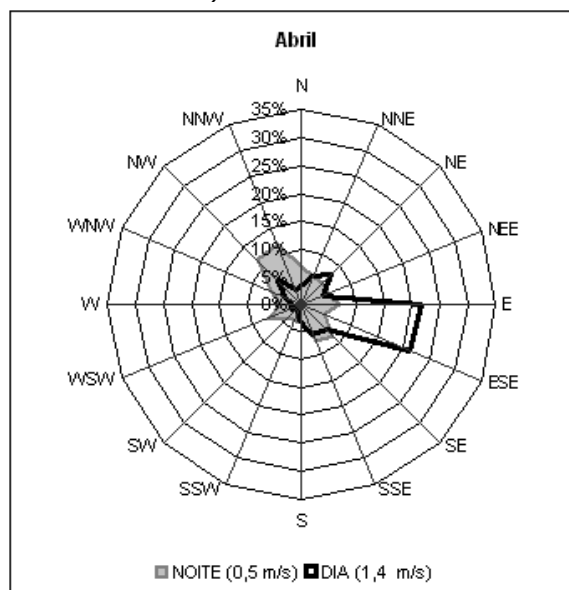
a) Janeiro



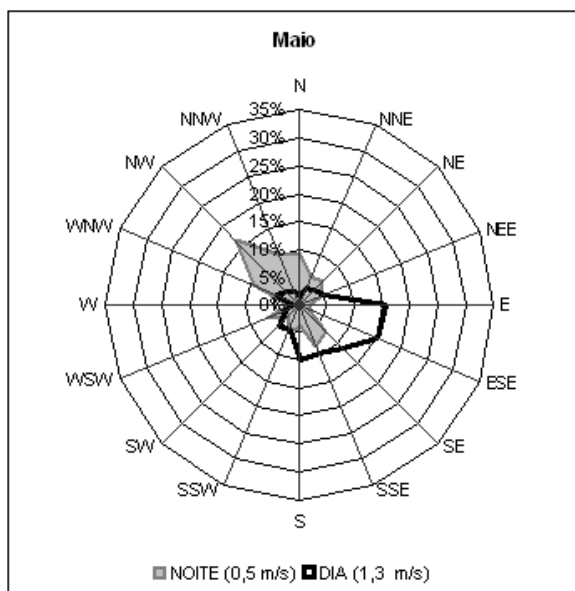
b) Fevereiro



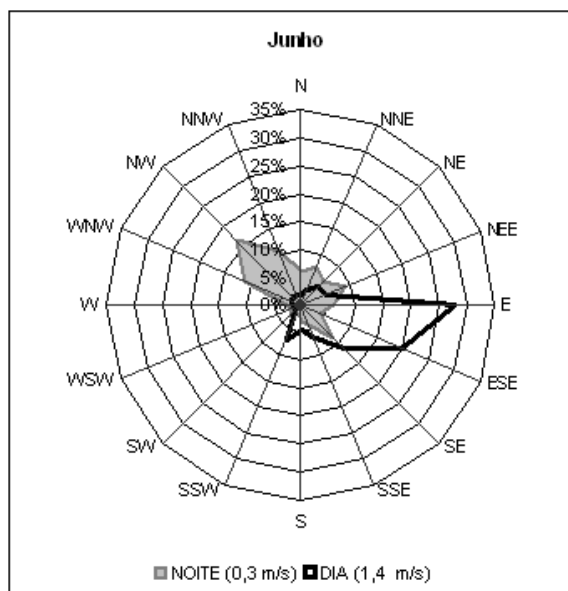
c) Março



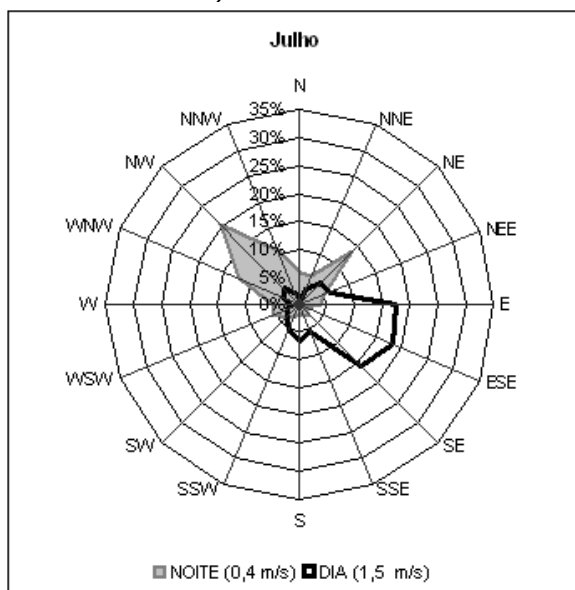
d) Abril



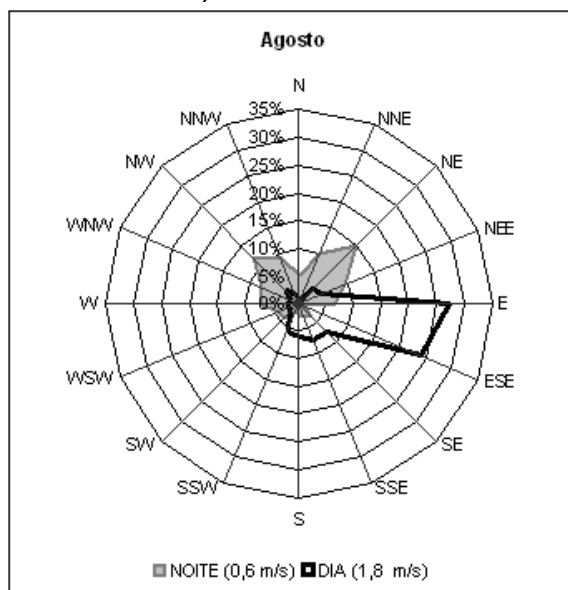
e) Maio



f) Junho



g) Julho



h) Agosto

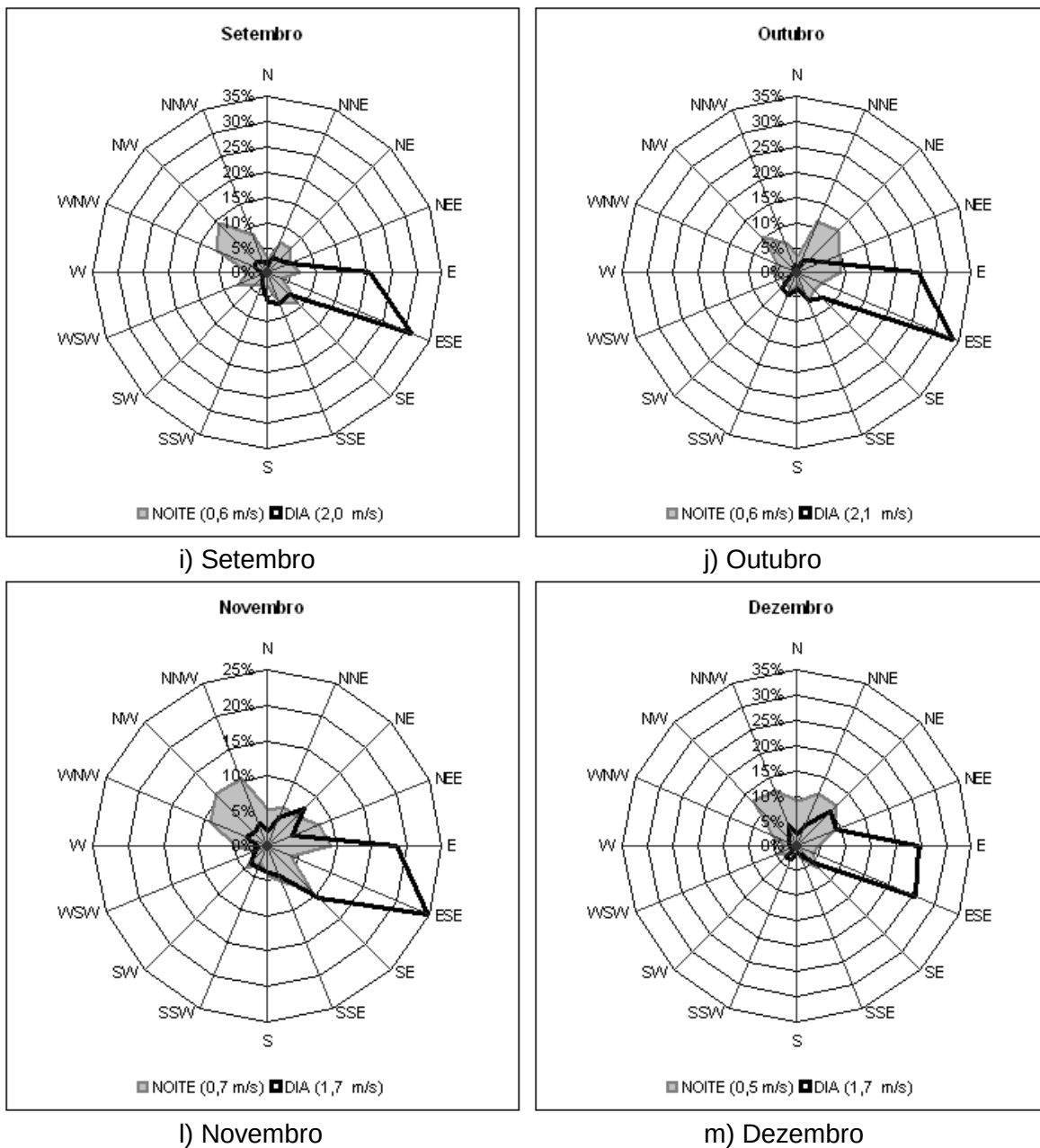


Figura IVA.5 10 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, l, m) – Características diurna e noturna do comportamento mensal do vento em Manaus.

A análise do comportamento do vento mostra que sua intensidade média é consistentemente maior no período diurno em todos os meses analisados, com maiores valores entre Agosto e Março e os menores entre Abril e Julho. O maiores valores registrados foram nos meses de Outubro ($2,1 \text{ m.s}^{-1}$), Setembro ($2,0 \text{ m.s}^{-1}$) e Fevereiro ($2,0 \text{ m.s}^{-1}$), enquanto os menores registros ocorreram em Maio ($1,3 \text{ m.s}^{-1}$).

Relativamente à direção dos ventos observa-se uma forte predominância de E/SE durante o período diurno, enquanto no período noturno a predominância é flagrantemente de NO. Esse comportamento da direção do vento, com alternância dia/noite diametralmente oposta em grande parte do tempo parece ser ditado pelo efeito da circulação de brisa proporcionado pela presença do rio contornando a cidade.

O principal fator que determina o modelo de circulação do ar sobre a região de Manaus é a presença da conjunção dos rios Negro e Amazonas e sua extensa superfície líquida ao sul da cidade, causando contraste térmico importante com a superfície terrestre tomada pelo desenvolvimento urbano e gerando gradientes de pressão que conduzem os fluxos de ar ora em direção à terra, ora em direção ao rio, dependendo da condição térmica relativa entre estas superfícies.

A série de dados de rajada (10 anos) não pode ser considerada representativa da climatologia do fenômeno por ser pouco extensa e também devido ao comportamento eventual dessa variável. Entretanto, as informações nela contidas podem reunir importantes referências. A Figura IVA.5 11 mostra que o período preferencial de ocorrência corresponde aos meses mais chuvosos, de Outubro a Abril, além de Setembro, no limiar da estação seca, todos com mais de 15 dias de ocorrências (total mensal da série). O mês de Julho apresentou ocorrências em apenas 4 (quatro) dias em toda a série, sendo dois em 2004 e outros dois em 2006. Os meses com maior número total de ocorrências da série foram Setembro (20 dias), Outubro (21 dias) e Janeiro (21 dias).

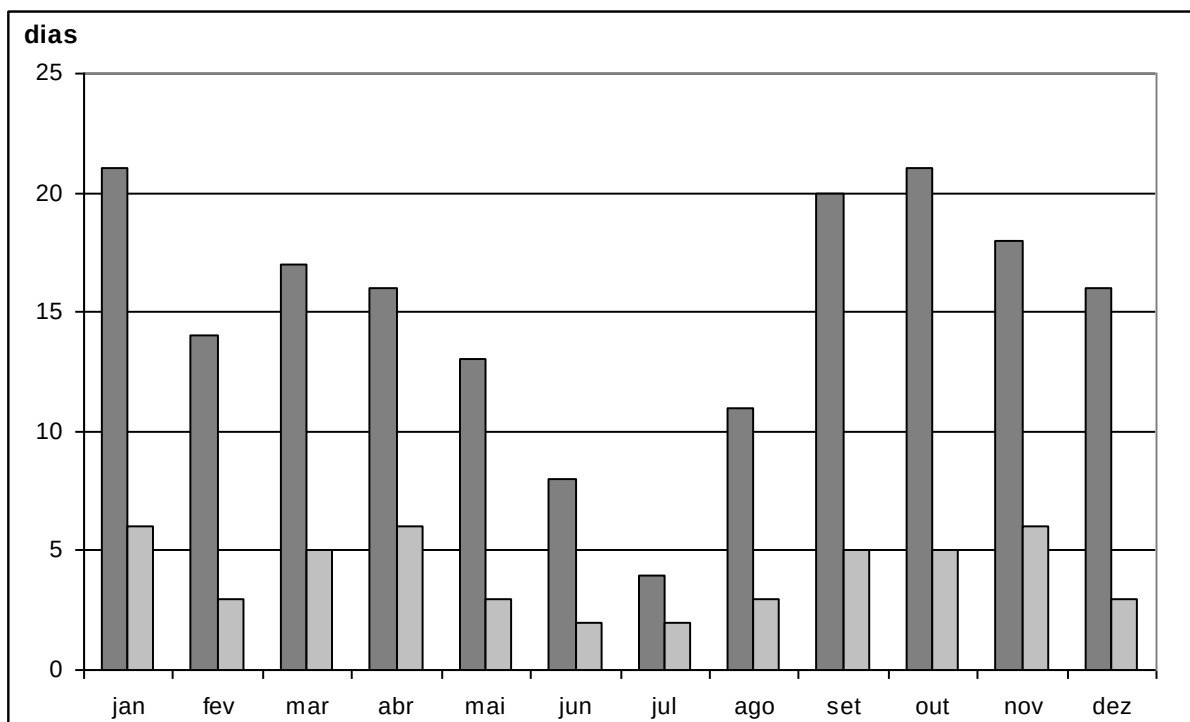


Figura IVA.5 11 – Número de dias médio (sombreado escuro) e máximo (sombreado claro) mensal com ocorrência de rajadas de vento em Manaus.

As rajadas são decorrentes, principalmente, da presença de nuvens convectivas com forte desenvolvimento vertical, o que explica sua ocorrência preferencial nos meses da estação chuvosa.

A Figura IVA.5 12 mostra as intensidades máximas dos ventos de rajada registrados em cada mês da série observada. Os maiores registros ocorreram nos meses de Julho e Outubro, com intensidades de 111 km.h^{-1} (60 nos) e o menor máximo, 47 km.h^{-1} (25 nos), ocorreu no mês de Julho. Os máximos, em sua maioria, apresentaram-se entre $80/90 \text{ km.h}^{-1}$.

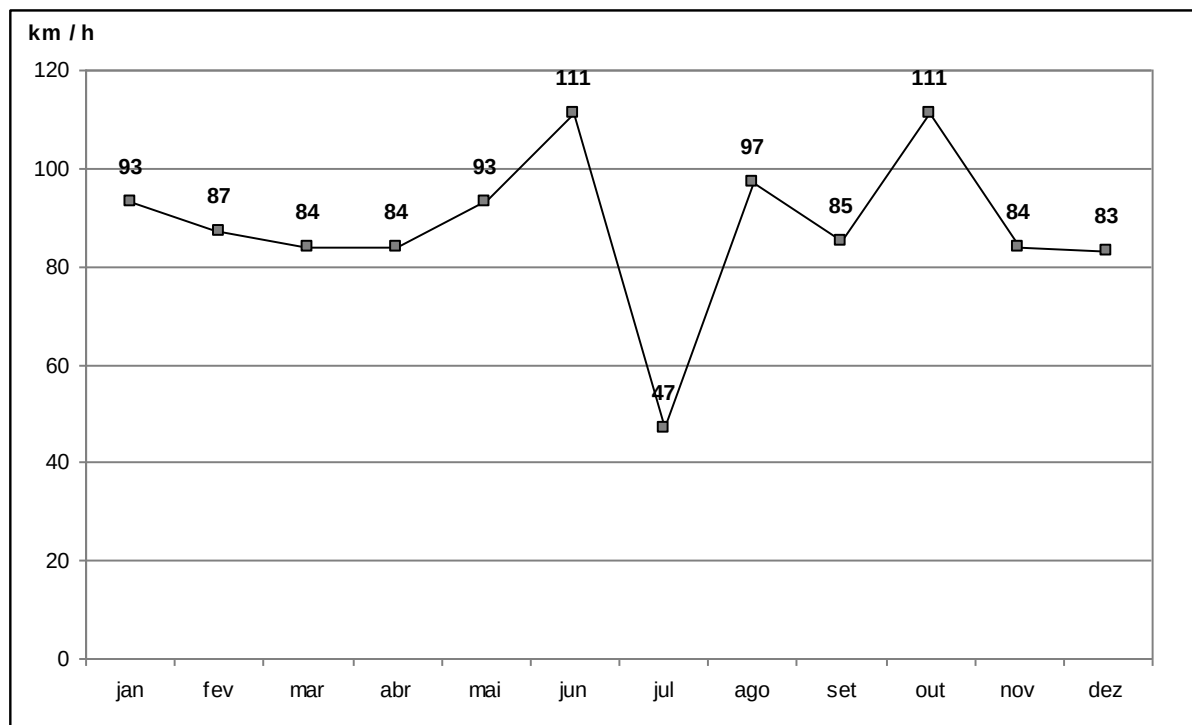


Figura IVA.5 12 – Valores máximos mensais registrados das rajadas de vento em Manaus.

Episódios de tornados ou trombas d'água (quando ocorrendo sobre a água) tem sido relatado nos últimos quatro ou cinco anos pela imprensa local. Entretanto, não encontramos nenhum histórico devido estes eventos serem localizados e, por isso, de difícil registro. Os ventos característicos desses fenômenos podem ultrapassar, não raro, os 120 km.h^{-1} causando riscos consideráveis.