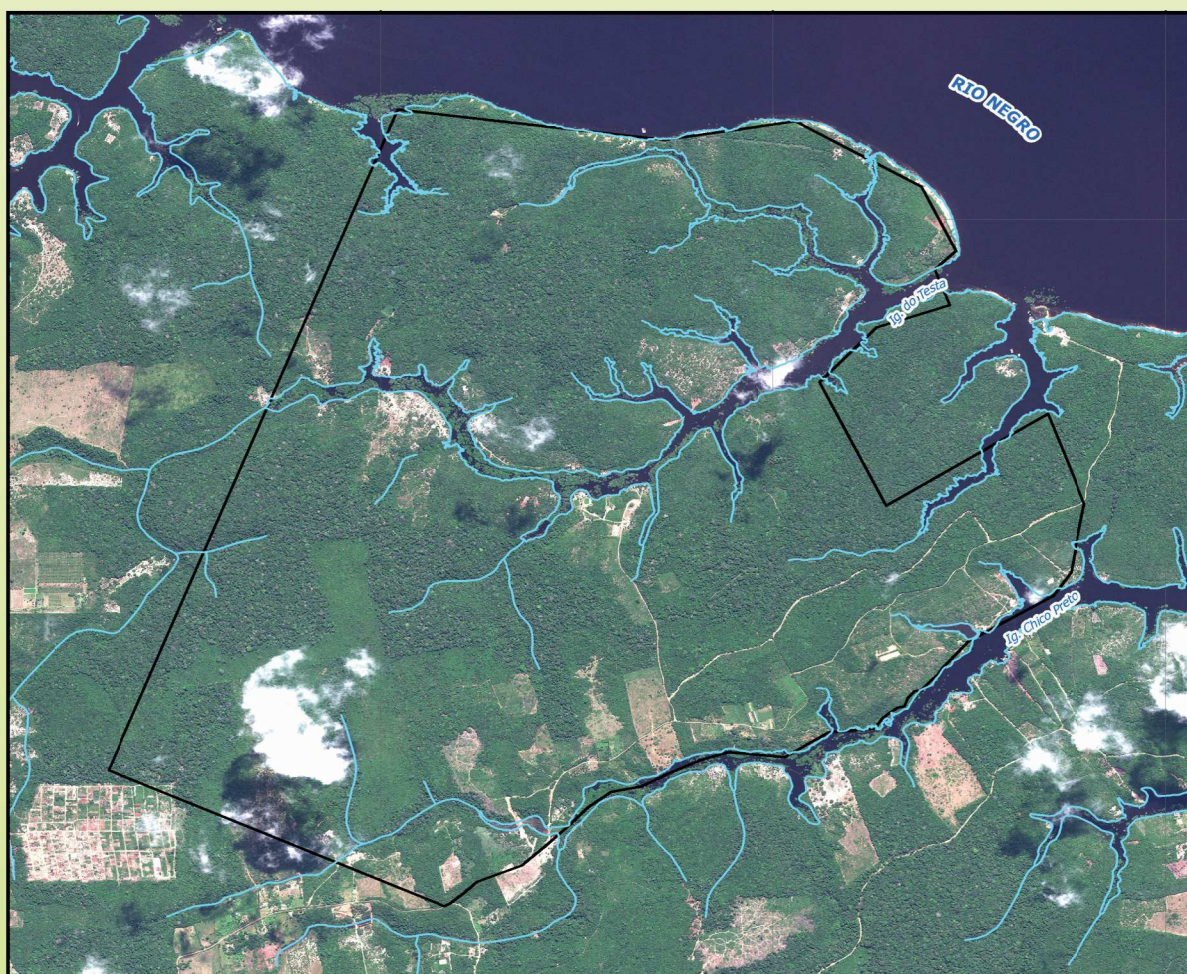




Estudo Prévio de Impacto Ambiental



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL



Manaus - 2012

6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

O conhecimento da realidade físico-ambiental da área onde se vislumbra a implantação de um empreendimento, com as proporções da Cidade Universitária, constitui o alicerce básico para o crescimento do Amazonas no contexto nacional. Neste estudo, estão descritas as características principais de cada componente do meio físico, biológico e socioeconômico da área de influência da Cidade Universitária.

6.1. Meio Físico

6.1.1. Clima

6.1.1.1. Informações Gerais

O Clima é definido como o conjunto das condições atmosféricas que ocorrem com maior frequência em um local da superfície terrestre. No senso estreito, é geralmente definido como a “média do tempo” ou, mais rigorosamente, como a descrição estatística em termos de média e variabilidade de quantidades relevantes sobre o período de tempo numa distância de meses a milhares de anos (Marengo, 2007). O período clássico é de 30 anos, conforme definido pela Organização Mundial Meteorológica (WMO). Estas quantidades são, em sua maioria, variáveis de superfícies, tais como: temperatura, precipitação, pressão atmosférica e vento.

O clima varia de lugar para lugar, dependendo da latitude, altitude, relevo, continentalidade, maritimidade, vegetação, solo e outros. O clima também varia no tempo: sazonalmente, anualmente, décadas e mais longo período, tais como as Eras glaciais e inter-glaciais. O estudo do clima é denominado climatologia, ciência fundamental para o entendimento das variabilidades e mudanças climáticas. Variabilidade climática refere-se às variações no estado médio e outras estatísticas (tais como desvios padrão, a ocorrência de extremos, etc.) de um clima nas escalas temporais e espaciais, além de eventos individuais de tempo. A variabilidade pode ser devido a processos internos naturais dentro do sistema climático (variabilidade

interna), ou a variações nos forçantes externos (variabilidade externa). Mudança no clima é uma mudança atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera global e que seja adicional à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis de tempo. A mudança do clima, como mencionada no registro observacional do clima, ocorre por causa de mudanças internas dentro do sistema climático ou na interação de seus componentes, ou por causa das mudanças na forçante externa por razões naturais, ou ainda devido às atividades humanas.

Para uma melhor compreensão dos diferentes tipos de clima, os estudos em climatologia são estruturados a fim de evidenciar os elementos e fatores climáticos, utilizados na caracterização do tipo climático. Os elementos climáticos são grandezas físicas que comunicam ao meio atmosférico suas propriedades e características peculiares, como por exemplo: temperatura, precipitação, vento, pressão atmosférica, entre outros. Os fatores climáticos são aqueles que modulam os elementos climáticos, tais como: latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, vegetação, relevo, etc. Para caracterização ou classificação do tipo climático existem, atualmente, vários esquemas disponíveis. Para o Estudo de Impacto Ambiental da Cidade Universitária será utilizado o modelo de classificação do clima proposto por Wladimir Koppen (1846-1940).

O modelo de Koppen basicamente relaciona o clima com a vegetação, mas critérios numéricos são usados para definir os tipos climáticos em termos dos elementos do clima (Ayoade, 2006; Vianello e Alves, 2004; Mendonça e Oliveira, 2007). No esquema de Koppen são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais de temperatura do ar e de precipitação. A classificação de Koppen divide os climas em 5 grandes grupos (A, B, C, D e E) e diversos tipo e subtipos conforme apresentado na Figura 12 e Tabelas 1 e 2, respectivamente.

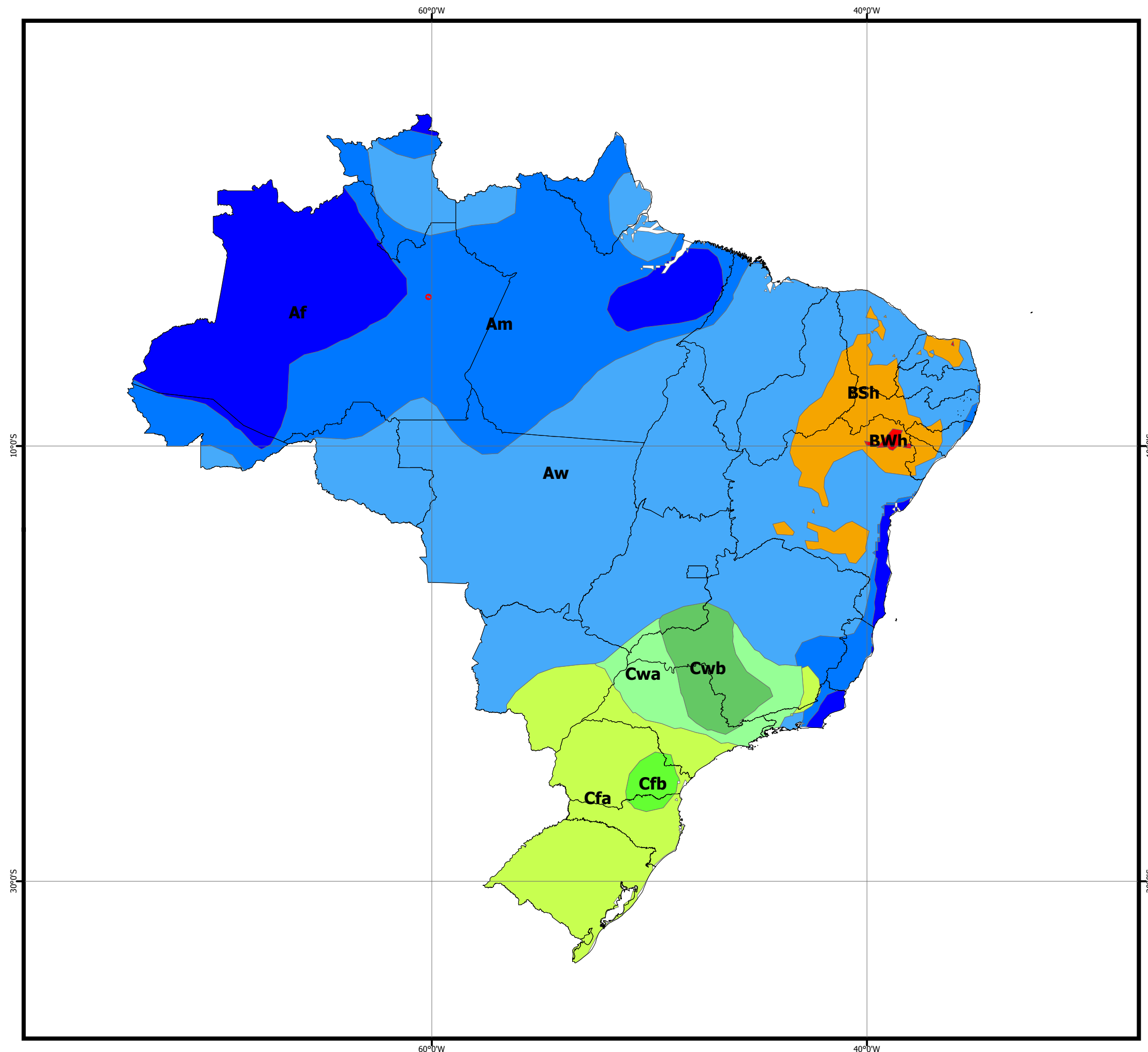


Figura 12
MAPA DE CLIMA ¹
Classificação Köppen-Geiger, 2007

TROPICAL

- Af** Floresta, Sempre Úmido
- Am** Monção, Curta Estação Seca
- Aw** Savana, Inverno Seco

ÁRIDO

- BSh** Estepe, quente
- BWh** Deserto, quente

TEMPERADO

- Cfa** Sempre úmido, verão quente
- Cfb** Sempre úmido, verão morno
- Cwa** Inverno seco, verão quente
- Cwb** Inverno seco, verão morno

- Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Peel MC, Finlayson BL & McMahon TA, 2007
2. SEINFRA/AM - 2012

0 100 200 400 600 800 km

Escala 1:20.000.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D

Pedro Manoel de Oliveira

EIA/RIMA da Cidade Universitária
Irinduba, AM
Agosto 2012



Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

Tabela 1 - Grupos de clima segundo o modelo de classificação climática proposto por Koppen (1846-1940).

Código	Grupo	Descrição
A	Clima tropical	• Climas megatérmicos • Temperatura média do mês mais frio do ano >18 °C • Estação invernal ausente • Forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual)
B	Clima árido	• Climas secos (precipitação anual inferior a 500mm). • Evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual. • Não existem cursos de água permanentes.
C	Clima temperado ou Clima temperado quente	• Climas mesotérmicos • Temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3 °C e 18 °C. • Temperatura média do mês mais quente > 10 °C. • Estações de Verão e Inverno bem definidas.
D	Clima continental ou Clima temperado frio	• Climas microtérmicos. • Temperatura média do ar no mês mais frios <-3 °C • Temperatura média do ar no mês mais quente > 10°C • Estações de Verão e Inverno bem definidas
E	Clima glacial	• Climas polares e de alta montanha. • Temperatura média do ar no mês mais quente < 10 °C. • Estação do Verão pouco definida ou inexistente.

Tabela 2 – Indicadores de tipo de clima segundo modelo de classificação climática proposto por Koppen (1846-1940).

Código	Descrição	Aplica-se ao Grupo
T	▪ Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10 C	E
F	▪ Temperatura média do mês mais quente < 0 C	E
M	▪ Precipitação abundante ▪ Inverno pouco rigoroso	E
S	▪ Clima das estepes ▪ Precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760mm	B
W	▪ Clima desértico ▪ Precipitação anual total média < 250 mm	B
F	▪ Clima húmido ▪ Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano ▪ Inexistência de estação seca definida	A-C-D
W	▪ Chuvas de Verão	A-C-D
S	▪ Chuvas de Inverno	A-C-D
w'	▪ Chuvas de Verão-outono	A-C-D
s'	▪ Chuvas de Inverno-outono	A-C-D
m	▪ Clima de moção ▪ Precipitação total anual média > 1500 mm ▪ Precipitação do mês mais seco < 60 mm	A

6.1.1.2. Características do Clima da Região onde será Implantada a Cidade Universitária

Na região amazônica encontra-se a maior extensão de floresta tropical da Terra, com mais de cinco milhões de km², correspondendo por aproximadamente um quarto das espécies animais e vegetais do planeta, sendo limitada à oeste pela Cordilheira dos Andes (com elevações de até 6000 m), ao norte pelo Planalto das Guianas (com picos montanhosos de até 3000 m), ao sul pelo Planalto Central (altitudes típicas de 1200 m) e à leste pelo oceano Atlântico.

A precipitação atmosférica média anual é de 2.300 mm e a água captada na bacia do rio Amazonas é descarregada no oceano Atlântico, numa vazão de cerca de 220.000 m³/s, correspondendo a aproximadamente 18% da descarga total de água fresca nos oceanos do planeta.

O clima atual da região é uma combinação de vários fatores, sendo que o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através do balanço de energia. Situada na região entre 5°N e 10°S recebe no topo da atmosfera um valor máximo de 36,7 MJ.m-2.dia-1 em Dezembro/Janeiro e um valor mínimo de 30,7 MJ.m-2.dia-1 em Junho/Julho (Salati e Marques, 1984). Estes valores são reduzidos pela transmissão atmosférica, mas são, em média, da ordem de 15 MJ.m-2.dia-1. Medidas realizadas na Amazônia Central indicam que os maiores totais de radiação que chegam à superfície ocorrem nos meses de Setembro/Outubro, sendo que os mínimos são nos meses de Dezembro à Fevereiro. Esta distribuição é controlada pela nebulosidade advinda da migração SE/NW da convecção amazônica (Horel *et al.*, 1989).

Devida aos altos valores de energia que incide na superfície, o comportamento da temperatura do ar mostra uma pequena variação ao longo do ano, com exceção da parte mais ao sul (Rondônia e Mato Grosso), que inclusive sofrem a ação de sistemas frontais (denominados regionalmente por *Friagens*). A amplitude térmica sazonal é da ordem de 1-2 °C, sendo que os valores médios situam-se entre 24 °C e 26 °C (Figura 13).

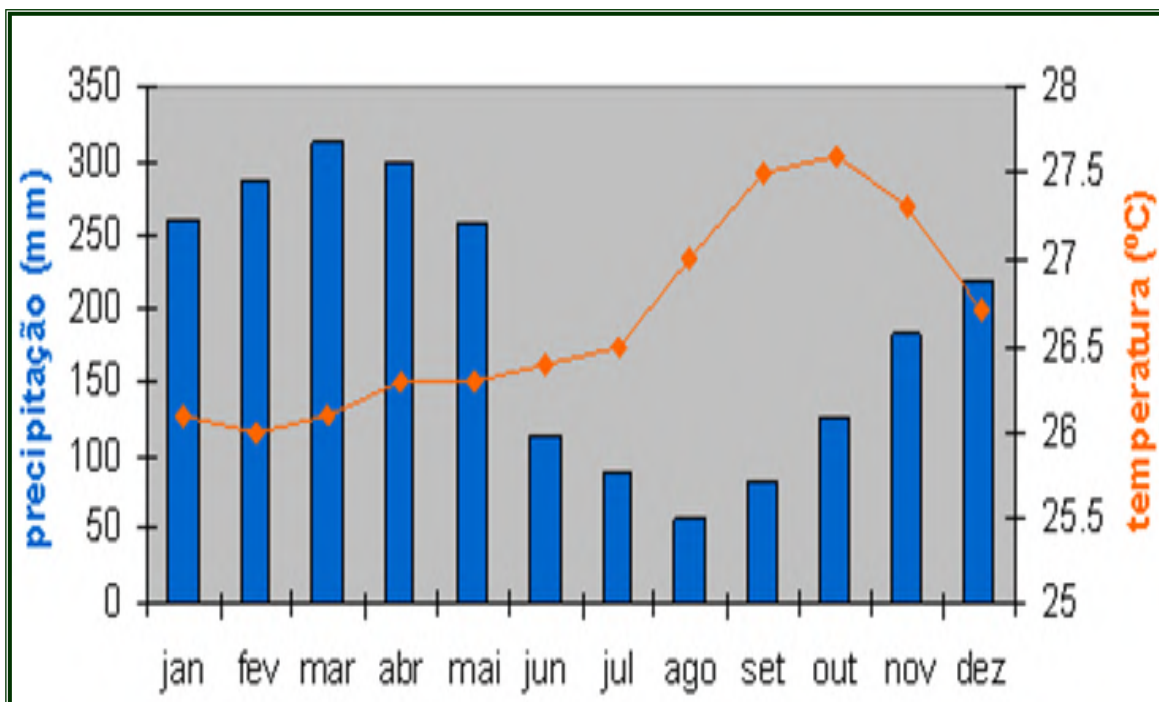


Figura 13 – Variação sazonal da temperatura do ar (oC) e precipitação pluviométrica (mm) para a cidade de Manaus (03°05'S; 60°00'W) localizada na porção central da Bacia Amazônica e aproximadamente 16 Km do campus da cidade universitária, (Fonte: INMET).

Predomina no local onde será implantada a Cidade Universitária o Clima Tropical de Monção (Tipo Am) de acordo com a classificação climática de Koppen (1846-1940), já descrita anteriormente e esquematizada no quadro 1. As principais características desse tipo de clima são: a) clima megatérmico, estação de inverno ausente, intensa precipitação anual superior a evapotranspiração potencial, ocorrência de precipitação em todos os meses do ano e temperatura média do mês mais frio do ano acima de 18°C.

Quadro 1 – Esquema como os indicadores de Grupo e tipo de clima segundo modelo de classificação climática proposto por Koppen (1846-1940).

Indicador de Grupo	Indicador de Tipo										
	T	F	M	S	W	f	w	s	w'	s'	m
A											
B											
C											
D											
E											

6.1.1.3. Paleoclimatologia

Conforme apresentado anteriormente, a Cidade Universitária situa-se na região equatorial e possui um clima quente e úmido, embora este comportamento não tenha sido uma constância durante os últimos 15.000 anos. Alterações da relação Terra-Sol provocaram mudanças significativas na quantidade de energia solar recebida pelo planeta Terra, modificando a composição dos sistemas atmosféricos predominantes e, conseqüentemente, o clima.

A menor insolação provocou movimentos do anti-ciclone do Atlântico Sul e correntes oceânicas frias (corrente das Malvinas) em direção ao equador. Com o resfriamento da temperatura do oceano Atlântico, os ventos alísios penetraram no continente com menos umidade, provocando um aumento da aridez na região.

As principais mudanças climáticas e fitográficas ocorridas durante o período quaternário foram resultados de frequentes alterações interglaciais e glaciais, os quais produziam mudanças bruscas, tais como a troca de vegetação predominante de floresta para savanas (cerrado), durante períodos de clima mais frio e seco (glacial). Observações de pólen (Absy, 1985) encontradas em sedimentos indicam que, durante parte do Holoceno (entre 5.000 e 3.000 anos passados), grandes áreas de savanas existiam na Amazônia, aonde atualmente existia floresta. Associado à este resfriamento, ocorreram um abaixamento do nível dos mares, com conseqüências na quantidade de água na Bacia Amazônica. Diagramas de pólen indicam que também não havia floresta ao final do Pleistoceno (aproximadamente 11.500 anos passados). Entre os anos de 4.000 e 2.100 antes do presente e ao redor do ano de 700 (1200 DC), Absy (1985) sugere que ocorreram grandes variações de precipitação na região Amazônica, causando o abaixamento (e em alguns casos secamento) de rios amazônicos, com mudanças significativas na fauna e flora.

6.1.2. Precipitação

A região Amazônica, onde está localizada a Cidade Universitária, possui uma precipitação média de aproximadamente 2300 mm.ano-1, embora tenham regiões

(na fronteira entre Brasil e Colômbia e Venezuela) em que o total anual atinge 3.500 mm. Nestas regiões não existe período de seca. Este valor de precipitação elevada próximo à Cordilheira dos Andes deve-se à ascensão orográfica da umidade transportada pelos ventos alísios de leste da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Na região costeira (no litoral do Pará ao Amapá), a precipitação também é alta e sem período de seca definido, devido à influência das Linhas de Instabilidade (LI's) que se formam ao longo da costa litorânea durante o período da tarde e que são forçadas pela brisa marítima.

A distribuição espacial e temporal das chuvas foi detalhadamente estudada por Figueroa e Nobre (1990), utilizando-se de 226 estações pluviométricas, e por Marengo (1995), que usou dados de convecção (Radiação de Ondas Longas) do International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP). O máximo da chuva na região central da Amazônia (próximo de 5 S), pode estar associada com a penetração de sistemas frontais da região sul, interagindo e organizando a convecção local).

6.1.2.1. Distribuição Espacial e Sazonal da Precipitação na Região

A distribuição espacial e temporal da precipitação derivada por Figueroa e Nobre (1990) é apresentada na figura 14. O período de chuvas ou forte atividade convectiva é compreendido entre novembro e março, sendo que o período de seca (sem grande atividade convectiva) é entre os meses de maio e setembro. Os meses de abril e outubro são meses de transição entre um regime e outro.

A distribuição de chuva no trimestre dezembro-janeiro-fevereiro apresenta uma região de precipitação alta (superior a 900 mm) situada na parte oeste e central da Amazônia, em conexão com a posição geográfica da Alta da Bolívia. Por outro lado, no trimestre junho-julho-Agosto, o centro de máxima precipitação deslocou-se para o norte e situa-se sobre a América Central. A região Amazônica, principalmente na parte central, está sobre o domínio do ramo descendente da Célula de Hadley, induzindo um período de seca bem característico. Este comportamento está

completamente de acordo com o ciclo anual da atividade convectiva na região, conforme demonstrado por Horel *et al.* (1989).

A Amazônia apresenta significativa heterogeneidade espacial e sazonal da pluviosidade sendo a região com maior total pluviométrico anual, observando-se maior pluviosidade no litoral do Amapá, na foz do Rio Amazonas e no setor ocidental da região, onde a precipitação excede 5.000 mm/ano. Ali são encontrados três núcleos de precipitação abundante. Um deles está localizado no noroeste da Amazônia, com chuvas acima de 3.000 mm/ano. Esse centro é associado à condensação do ar úmido trazido pelos ventos de leste da ZCIT, que sofrem levantamento orográfico sobre os Andes.

A precipitação no noroeste da Amazônia pode ser entendida como resposta à flutuação dinâmica do centro quase permanente de convecção nessa região, ocorrendo principalmente no trimestre abril/maio/junho.

O segundo centro está na parte central da Amazônia, em torno de 5°S, com precipitação de 2.500 mm/ano, em uma banda zonalmente orientada, estendendo-se até a parte central da Amazônia, onde a estação chuvosa ocorre no trimestre março/abril/maio.

O terceiro centro localiza-se na parte sul da região amazônica, onde o máximo ocorre no trimestre janeiro/fevereiro/março. Há ainda, um quarto centro, na parte leste da bacia Amazônica, próximo a Belém, com precipitação anual superior à 4.000 mm e com máxima acumulação no trimestre fevereiro/março/abril. Esse centro de máximo secundário deve-se, possivelmente, às linhas de instabilidade que se formam ao longo da costa, durante o fim da tarde, que são forçadas pela circulação de brisa marítima.

Em escala sazonal, a figura 14 mostra o início da estação chuvosa no sul da Amazônia, na primavera. Observa-se que os máximos de chuva ocorrem no verão. No outono, os máximos de chuva ocorrem na Amazônia Central, desde o oeste até a foz do Amazonas.

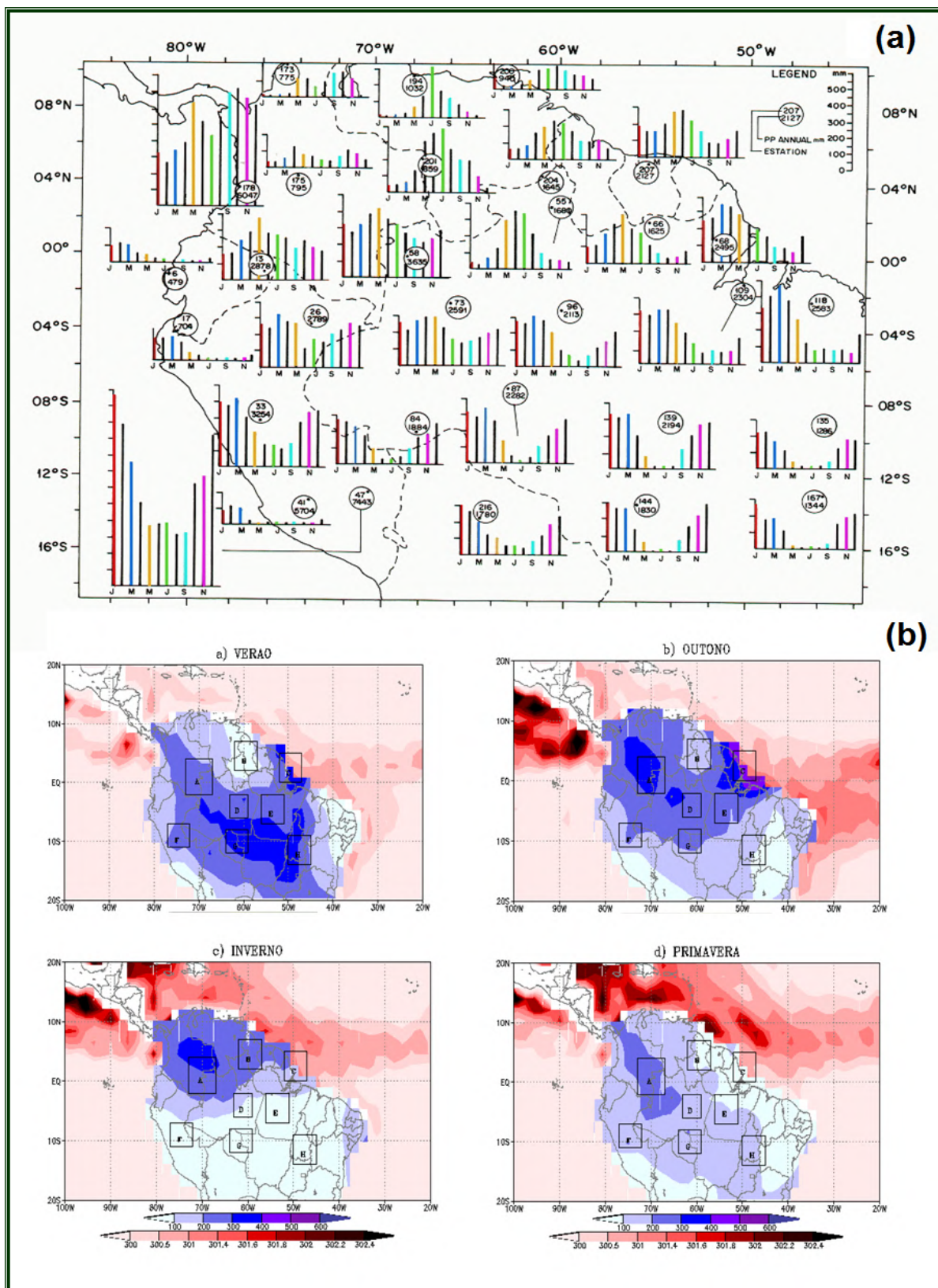
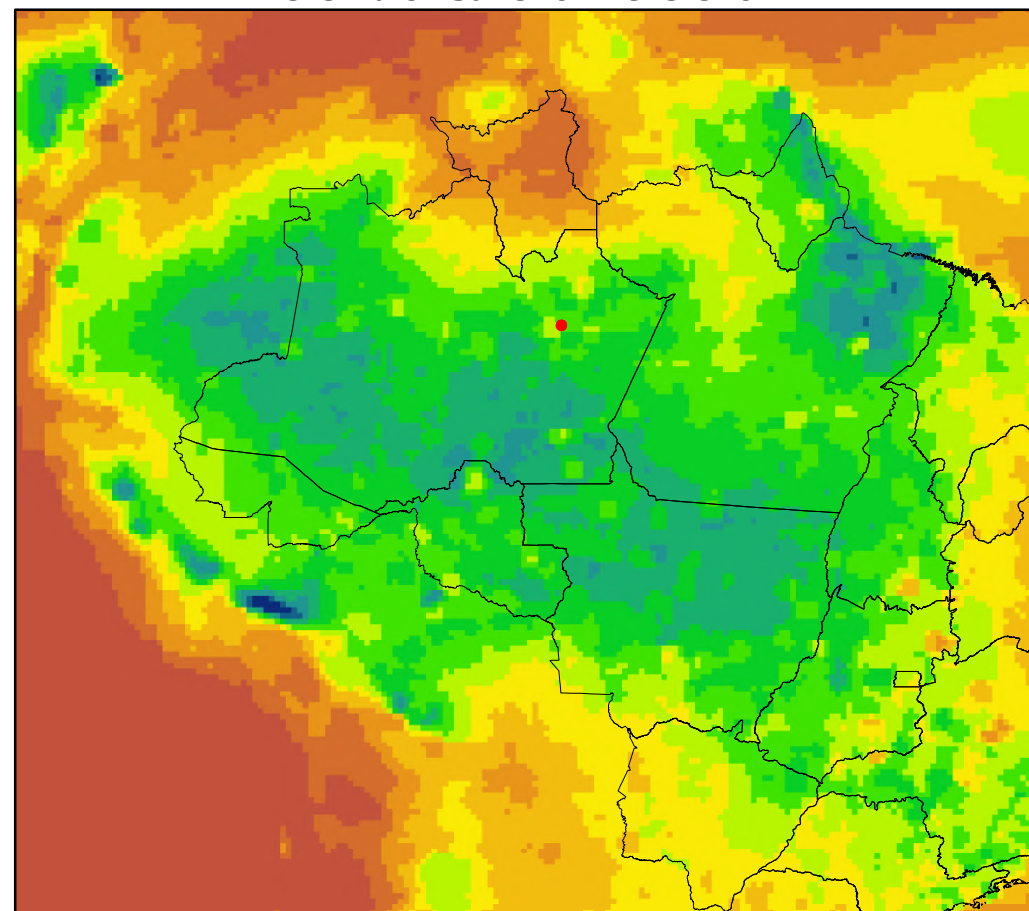


Figura 14 - Distribuição da precipitação na Bacia Amazônica: a) distribuição espacial e sazonal da precipitação e b) distribuição espacial da precipitação e da temperatura da superfície do mar (TSM) para os períodos de verão, inverno, outono e primavera. (Fonte: ANEEL e INMET).

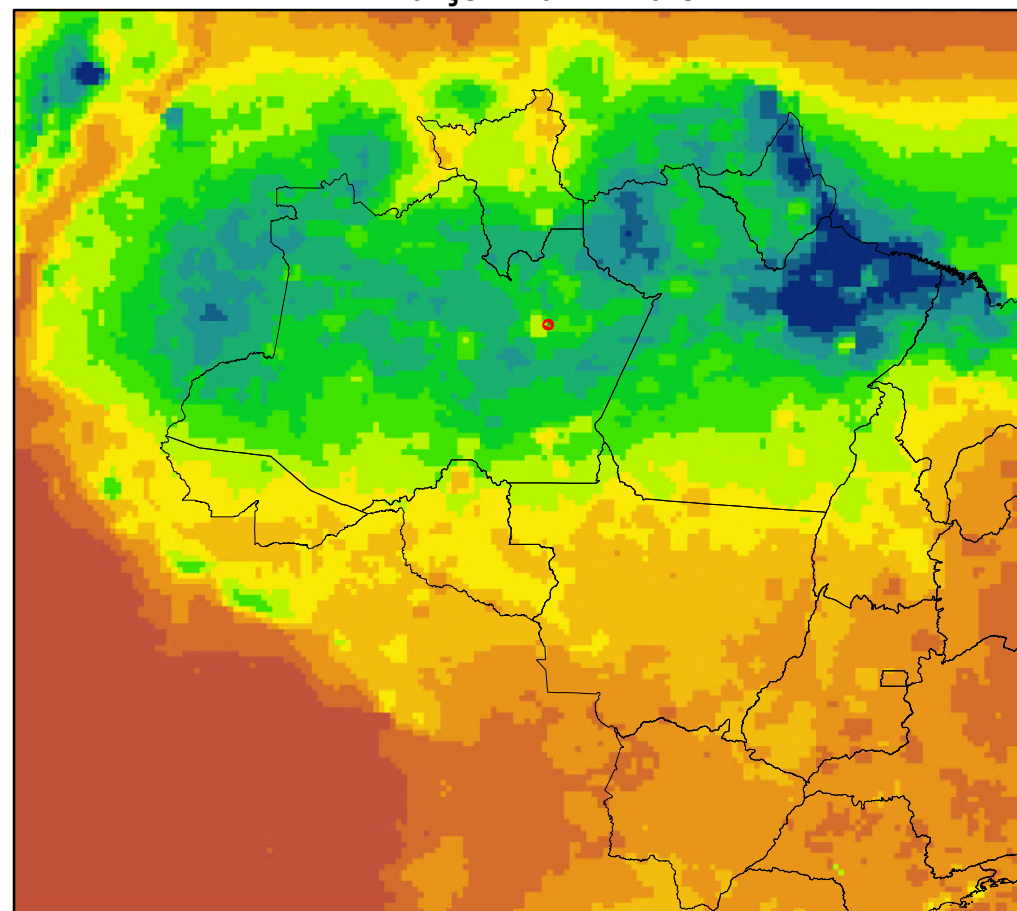
Um aspecto particular que se verifica na Amazônia, em relação à chuva, é a defasagem da ordem de seis meses entre o máximo de chuva observado na região norte da bacia acima do equador, onde o período chuvoso ocorre entre junho e julho, e aquele verificado na parte sul dessa bacia, em que o período chuvoso normalmente se inicia em dezembro. Isso provoca também uma defasagem entre os picos de cheias entre os tributários das margens direita e esquerda do rio Amazonas, assim como uma defasagem no pico de chuvas na Amazônia do sul (dezembro - janeiro) e do norte (março - maio), e das vazões do rio Amazonas em Óbidos - PA (maio-junho).

Os aspectos da Pluviometria na área onde está inserida a Cidade Universitária podem ser observados na figura 15.

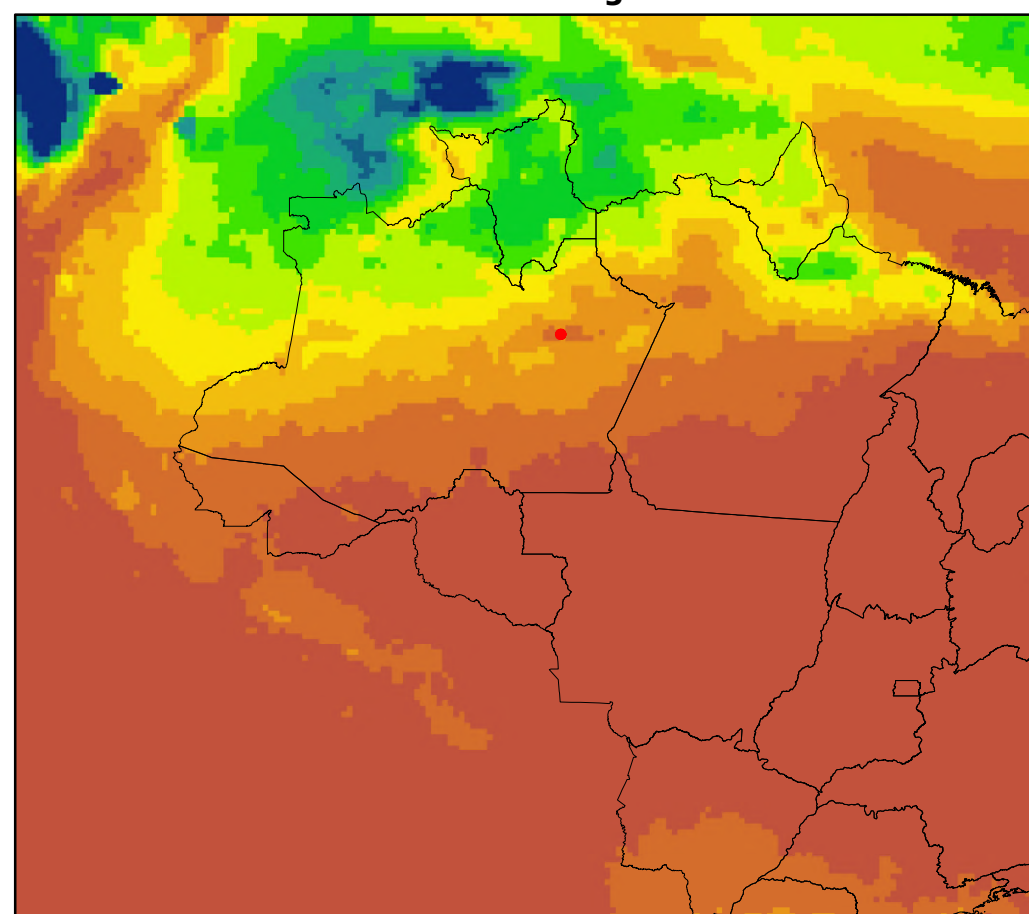
Dezembro - Janeiro - Fevereiro



Março - Abril - Maio



Junho - Julho - Agosto



Setembro - Outubro - Novembro

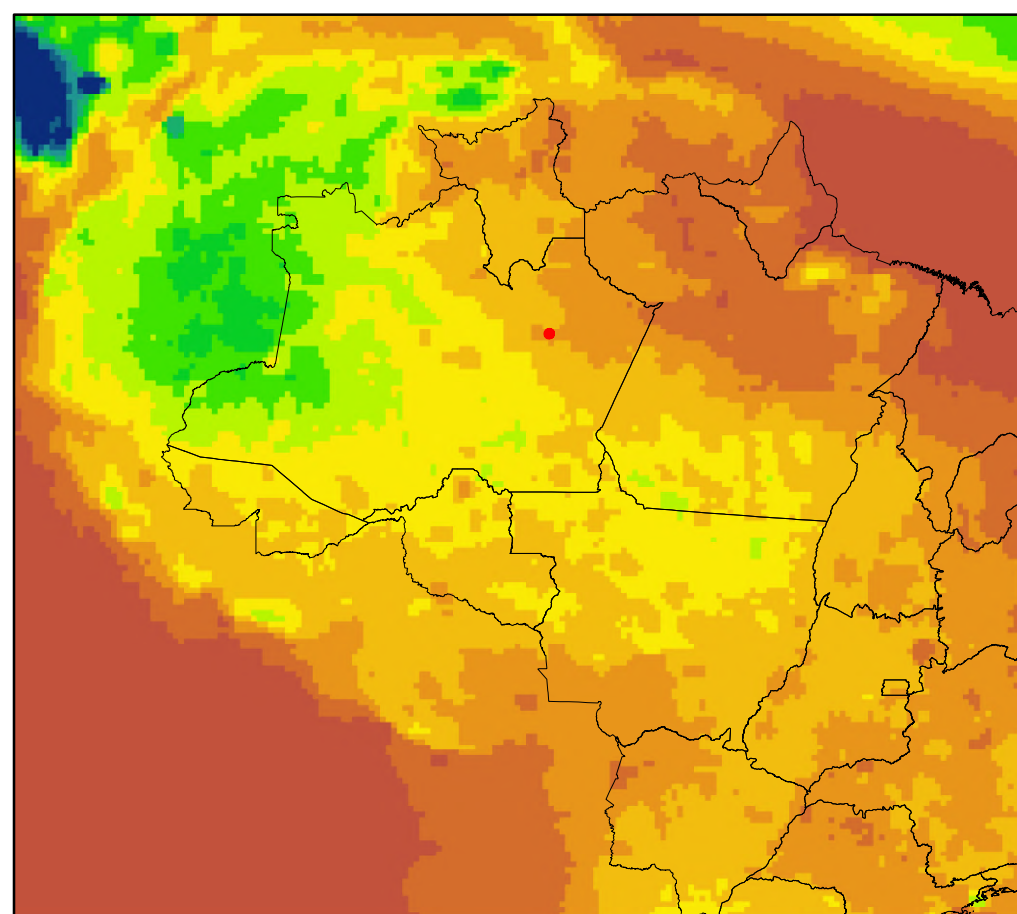
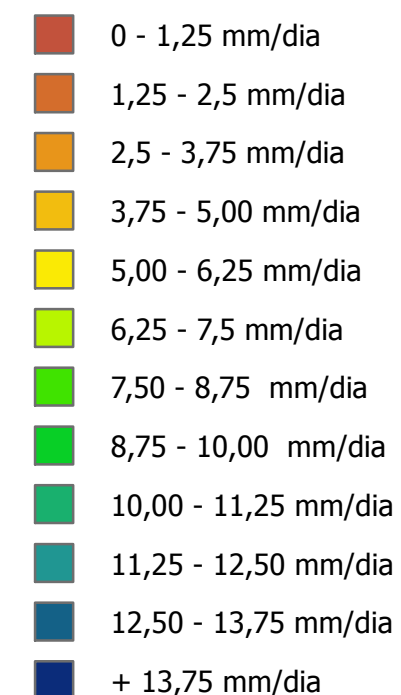


Figura 15
MAPA PLUVIOMÉTRICO ¹



 Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:

1. Informações compilados pelo Prof. Dr. Francis Wagner Silva Correia utilizando os dados do projeto MERGE, que combina dados do satélite TRMM com observações de superfície entre 1998 e 2011. (Vila et al., 2009)

2. SEINFRA/AM - 2012

0 150 300 600 900 1.200 km

Escala 1:30.000.000

Projeção Geográfica

Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:

Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D



EIA/RIMA da Cidade Universitária

Iranduba, AM

Agosto 2012



Elaborador:

Universidade do Estado do Amazonas

Fundação Muraki

Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

6.1.3. Temperatura do Ar

Em razão dos altos valores de energia solar que incidem na superfície, a temperatura do ar mostra uma pequena variação ao longo do ano, com exceção da parte mais ao sul (Rondônia e Mato Grosso), que sofre a ação de sistemas frontais (denominados localmente de *friagens*). As médias anuais mostram temperaturas bastante elevadas na região central equatorial, com médias que ultrapassam os 26°C -28°C. Em nível sazonal, no inverno, os eventos que produzem geadas no Sul e Sudeste do Brasil podem esfriar a Amazônia, com quedas significativas na temperatura do ar. Em junho de 1997, uma geada levou à perda de 70% da produção de café no Paraná e a quedas significativas de temperatura na Amazônia do oeste, chegando a 11°C em Rio Branco. Tais eventos são comuns de maio a setembro, mas ainda não foram estimados os possíveis impactos dessas ondas de frio na população ou nos ecossistemas amazônicos.

6.1.3.1- Distribuição Espaço-Temporal da Temperatura na Região

A amplitude térmica sazonal é de 1-2°C, e os valores médios situam-se entre 24°C e 26°C (Figura 16). Manaus (AM) possui extremos de temperatura nos meses de setembro (27,9°C) e abril (25,8°C). Análises das séries de tempo para a temperatura média em toda a Amazônia mostram que as décadas de 1940 e 1960 forma ligeiramente mais quentes do que o normal, assim como o período do final dos anos 1990, sendo o ano de 1998 o mais quente desde o início do século XX, porém menos quente do que a média do Brasil para o mesmo ano.

Estudos de Victoria *et al.* (1998), utilizando dados de estações meteorológicas na região, detectaram um aquecimento na região amazônica que chegou a + 0,63°C/100 anos, enquanto a taxa de aquecimento encontrada por Marengo (2003), usando os dados de temperatura do ar em ponto de grade da Climatic Research Unit (CRU), alcançou + 0,85°C/100 anos. As variações na temperatura do ar poderiam estar associadas à mudança climática e, também depender da origem e qualidade da informação (dados de estações meteorológicas

ou em ponto de grade), assim como o período de tempo analisado ou de efeitos locais de urbanização, que podem acrescentar aquecimento, mas não como consequência direta de aquecimento global natural.

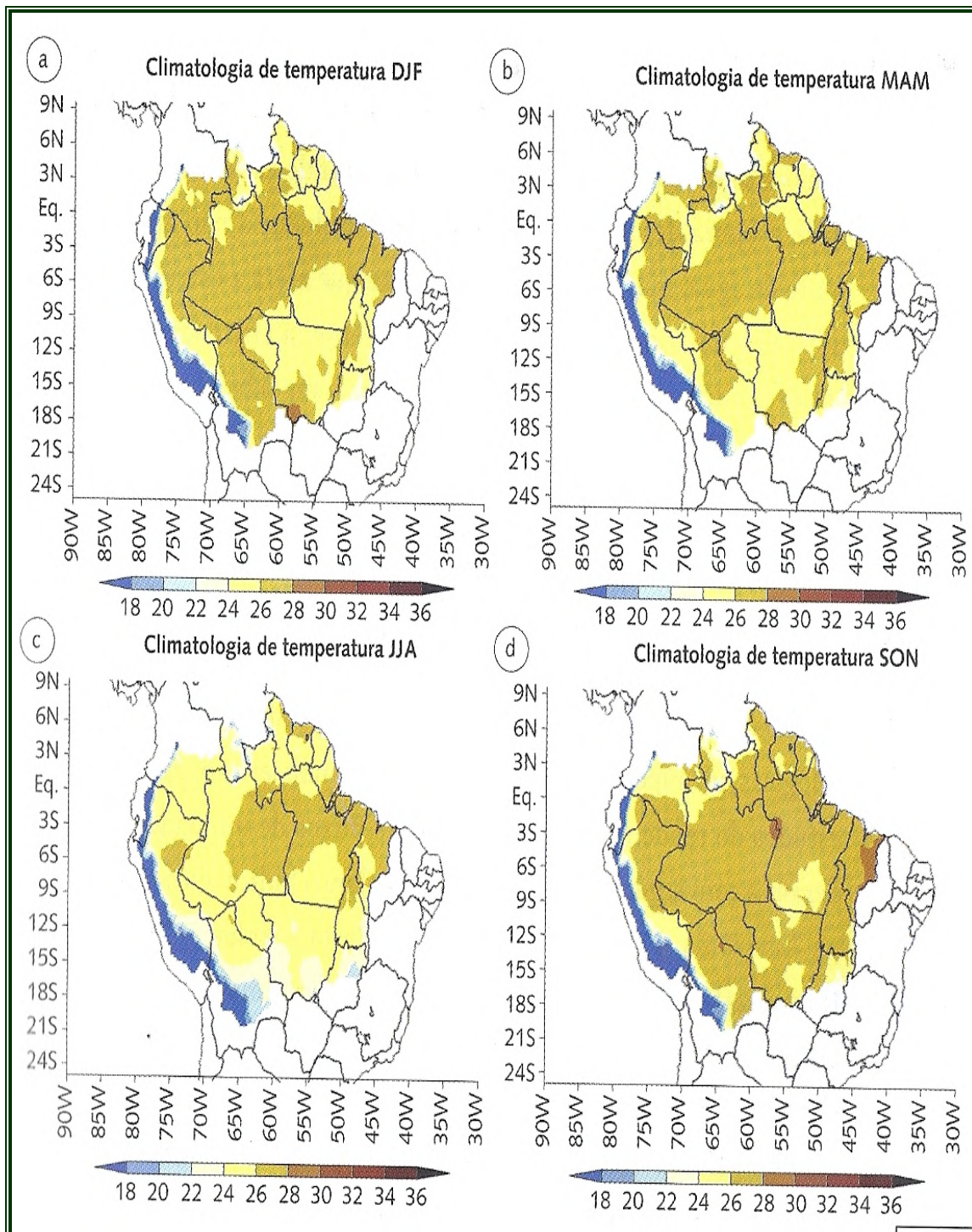


Figura 16 - Distribuição espacial da temperatura do ar (°C) na bacia amazônica para os períodos: (a) Dez/Jan/Fev, (b) Mar/Abr/Mai, (c) Jun/Jul/Ago, (d) Set/Out/Nov, (Fonte: CPTEC/INPE).

6.1.4. Circulação Atmosférica e Convecção

A circulação atmosférica durante o verão apresenta uma baixa térmica persistente entre 20 e 30°S sobre a região do Chaco, associada à máxima nebulosidade sobre a Amazônia Central e o Altiplano da Bolívia, na época em que a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é mais ativa e intensa. Nessa época do ano, as frentes frias que vêm do sul estão associadas à atividade convectiva intensa e às chuvas sobre as regiões sul e oeste da Amazônia, e também por fluxo intenso de umidade da Amazônia para latitudes maiores na América do Sul. Esse fluxo de umidade é canalizado pelos Andes no lado oriental da cordilheira e é conhecido como Jato de Baixos Níveis (JBN) (Low Level Jet) ao leste dos Andes. Um padrão importante da circulação equatorial são os ventos alísios que transportam umidade do Atlântico Tropical para a Amazônia, associados a uma pressão atmosférica no Atlântico Tropical Norte durante o verão e o outono (Figura 17). Quando os ventos alísios encontram os Andes, são desviados para o sudeste, e, em alguns casos, esse fluxo pode se intensificar e configurar um JBN que se caracteriza com velocidades de um vento de até 15m/s nos níveis mais baixos (850hPa) e transportam umidade da Amazônia até a bacia do Prata e o norte da Argentina.

Nos níveis superiores da atmosfera, a grande elevação do Altiplano da Bolívia-Peru e a liberação de calor latente na forma de cumulo-nimbus intensos durante o verão determinam a configuração da alta troposférica da Bolívia. A leste da alta troposférica é detectada também, durante o verão, um cavado em altos níveis sobre a costa do nordeste.

A Amazônia do sul é fortemente aquecida durante o verão austral, pela intensificação do gradiente zonal de temperatura e do intenso fluxo meridional em altos níveis. Durante o inverno, a circulação em altos níveis caracteriza-se pelo enfraquecimento do fluxo sobre os trópicos; portanto, o jato subtropical de altos níveis é mais intenso e fica mais próximo ao equador, comparado ao verão, consiste com o ramo descendente da circulação de Hadley. Em baixos níveis a Zonas de

Convergência Intertropical (ZCIT) fica deslocada mais para o norte, juntamente com a baixa pressão equatorial e as águas superficiais mais quentes do Atlântico Tropical Norte.

Os padrões de circulação em superfície mostram também a entrada de massas de ar frio e seco de latitudes mais altas do Hemisfério Sul que podem afetar a Amazônia do oeste, modificando o estado do tempo na região e produzindo as chamadas friagens.

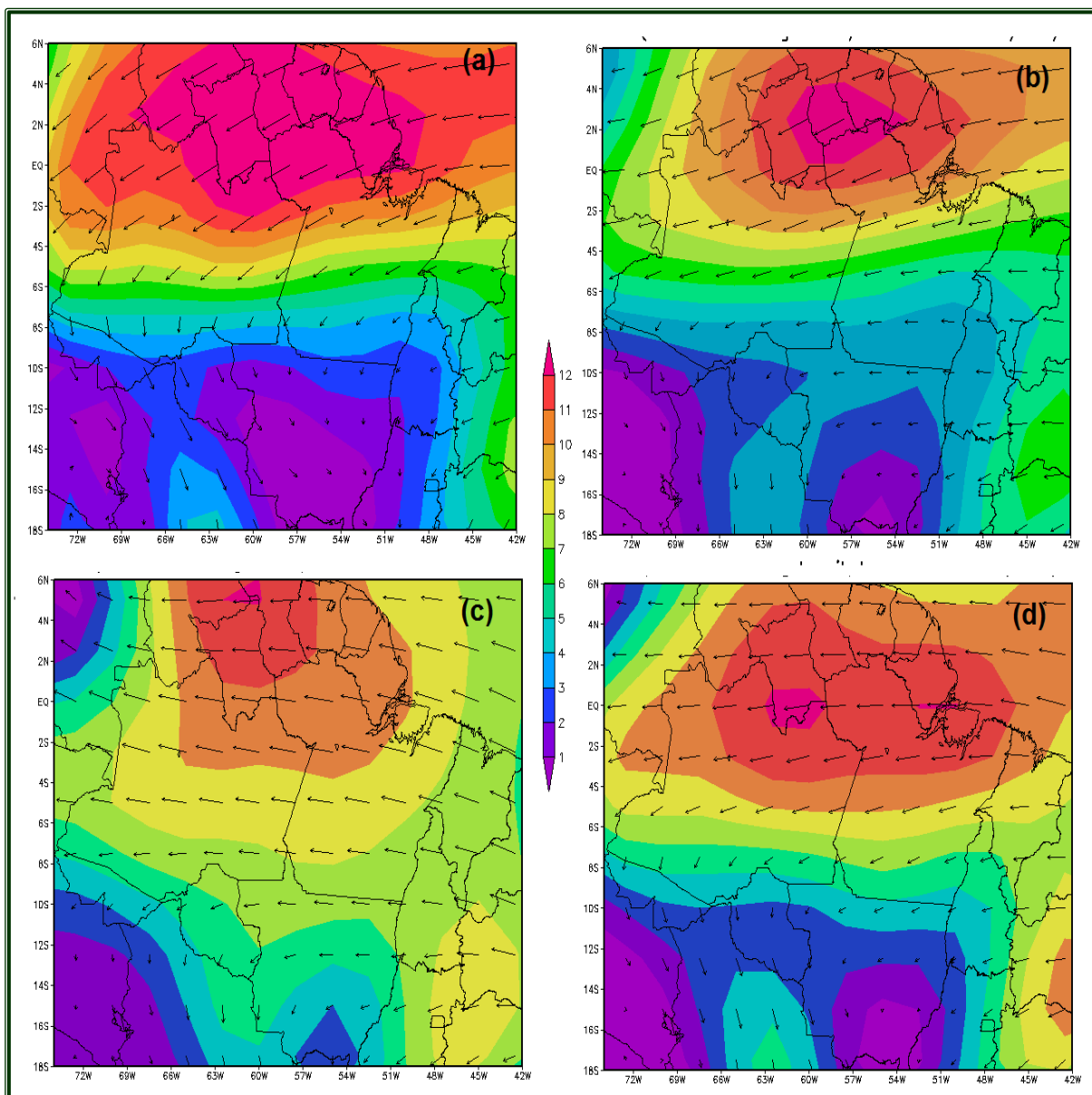


Figura 17 - Distribuição espacial e sazonal da circulação atmosférica na bacia amazônica (m.s-1) para os períodos: (a) Dez/Jan/Fev, (b) Mar/Abr/Mai, (c) Jun/Jul/Ago, (d) Set/Out/Nov, (Fonte: Reanálises NCEP/NCAR).

6.1.5. Geologia

6.1.5.1. Geologia Regional

Os principais produtos litoestruturais da bacia sedimentar do Amazonas originaram-se a partir da atuação de vários eventos ou fases cinemáticas ao longo do Fanerozóico (Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico).

De acordo com Wanderlei Filho (1999) os principais lineamentos da bacia têm direção preferencial NE-SW, conferindo similar direção de alongamento e eixos de depocentros para as formações paleozóicas.

As unidades da Bacia sedimentar do Amazonas, presentes em ambas as bordas norte e sul, refletem uma distribuição geográfica simétrica.

A Bacia do Amazonas é composta por segmentos longos, orientados na direção NE-SW, que se alternam com segmentos curtos com direção aproximada E-W. Essa organização geométrica é descrita como uma estrutura em *dog leg* (Rezende e Brito 1973; Caputo 1984, dentre outros).

Esta estrutura é resultante da interação entre falhas normais NE-SW, que compõem parte da arquitetura dos *rifles* eo-paleozóicos e as falhas de transferência NW-SE.

A Geologia Regional é caracterizada pela Bacia do Amazonas, a qual ocorreu ao longo do Paleozóico e recobre uma área de aproximadamente 500.000 km², situando-se medianamente entre os escudos das Guianas e Brasil – Central que integram o Cráton Amazônico (Almeida, 1967).

Esta bacia é limitada a leste pelo Arco Gurupá e a oeste, pelo Arco Purus (Figura 18). Seu pacote sedimentar, do Ordoviciano ao Recente atinge espessuras da ordem de 5 km.

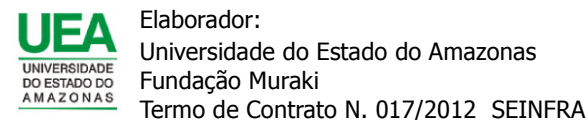
origem a uma reativação tectônica de caráter cisalhante denominada de Diastrofismo Juruá.

Após o alívio desse esforço compressivo, resultou a deposição da Sequência Cretáceo-Terciária porção ocidental da Amazônia. Essa sequência, representada pelo Grupo Javari (EIRAS *et al.*, 1994), é constituída por sedimentos neocretáceos (Formação Alter do Chão) e cenozóicos (Formação Solimões) da Bacia do Amazonas.

A Formação Alter do Chão compreende arenitos finos a médios, vermelhos, argilosos, caulíníticos, inconsolidados, contendo grânulos de seixos de quartzo esparsos, geralmente com estratificação cruzada. Os sedimentos argilosos são vermelho-tijolo, laminados, contendo lentes de areia irregularmente distribuídas. Os conglomerados são constituídos por seixos de quartzo e arenito silicificado e constituem paleocanais na base de bancos de arenito. Distribui-se de leste a oeste na bacia do Amazonas, cuja espessura pode alcançar cerca de 1.250m de acordo com Silva (2005). Essa formação é sobreposta em discordância pela Formação Solimões. O contato com os depósitos quaternários é abrupto, onde tais sedimentos são cobertos por sedimentos finos e bem consolidados.

A Formação Solimões corresponde à época de soerguimento da cadeia Andina no Paleogeno. Esse fato possibilitou a deposição de pelitos com restos de conchas e moluscos e vegetais, que mal ultrapassou o Arco de Purus e avançou na Bacia do Amazonas (CUNHA *et al.* 1994).

Essa unidade está composta por argilitos, vermelho e cinza, com camadas de conchas e linhito, muito rica em fósseis vegetais e animais (troncos, folhas, carófitas, ostracodes, escamas, dentes e ossos) que se distribuem amplamente na Amazônia ocidental, desde o Acre até o limite oeste da Bacia do Amazonas, porém não ocorre na área de estudo.



6.1.5.3. Geologia Local da Área do Empreendimento

Nas cidades de Manaus, Iranduba e Manacapuru, a geologia consiste em rochas sedimentares da Bacia Sedimentar do Amazonas, destacando-se a Formação Alter do Chão que constitui o substrato geológico (Figura 20).

6.1.5.3.1. Formação Alter do Chão

A Formação Alter do Chão, de idade Cretácica superior a Terciária, forma uma extensa faixa ao sul do município e, muitas vezes, ocorre confinada em *grabens* terciários encaixados nas rochas siluro-devonianas. É constituída principalmente, por arenitos feldspáticos/caulíníticos, quartzo-arenitos e conglomerados com estratificações cruzadas acanaladas e tabular, interpretados como depósitos de canais fluviais. Pelitos de inundação ocorrem subordinadamente.

A Formação Alter do Chão é a unidade mais representativa da região. A característica geomorfológica dessa formação permite distingui-la facilmente das unidades paleozóicas da Bacia do Amazonas, conforme comentado anteriormente. Essa formação está distribuída, desde o município de Silves até o município de Manacapuru. A norte da cidade de Manaus, essa unidade está em discordância com as formações do Grupo Trombetas, a oeste da área de estudo, o contato é com a Formação Içá/Formação Solimões, que também a sobrepõem em discordância.

Ao longo da planície aluvionar do sistema Rio Solimões-Amazonas, a Formação Alter do Chão está coberta por depósitos aluvionares recentes e sub-recentes.

Essa unidade está constituída por arenitos finos a médios, com níveis argilosos, caulíníticos, inconsolidados, contendo grânulos de seixos de quartzo esparsos, com estratificação cruzada e plano-paralela.

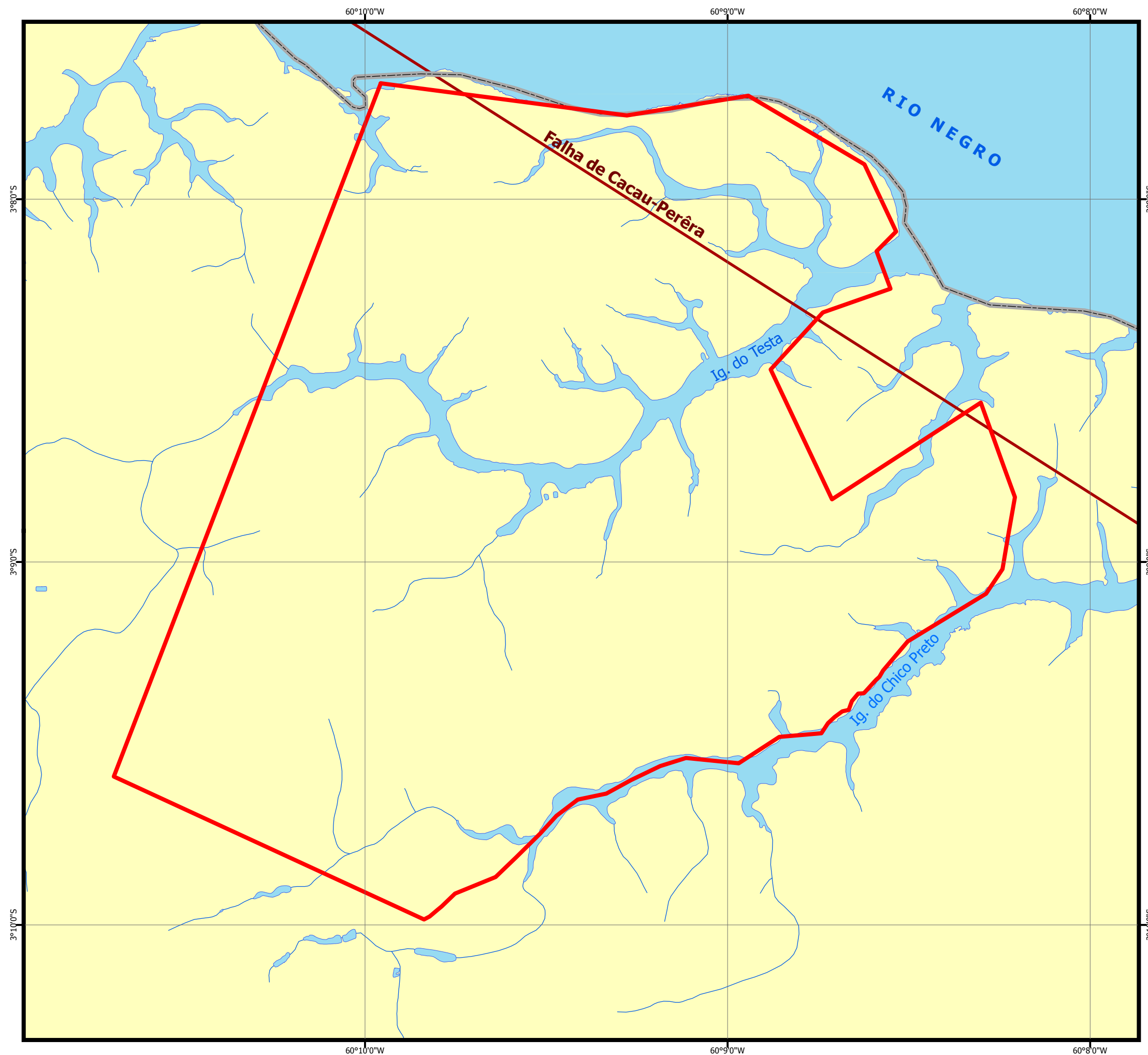


Figura 20
MAPA DA GEOLOGIA LOCAL

GEOLOGIA LOCAL

- Mesozóico
Formação Alter do Chão
arenitos silicificados avermelhados
e arenitos inconsolidados de granulação
fina a média, intercalados com níveis
argilosos e cauliniticos

Falha de Cacau-Perêra

Rios

Limite da Cidade Universitária

0 100 200 400 600 800 m

Escala 1:20.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Manuel Juarez Simões Cardoso - Geólogo
CREA-AM/RR 5593-D



EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012



Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

O nível basal compreende uma camada de arenito litificado, que foi denominado de Arenito Manaus por Albuquerque (1922), cuja terminologia é comumente usada na região. O Arenito Manaus, embora tenha denominação própria não é considerado um membro ou fácies distinta dessa referida formação. Esse é caracterizado por arenitos e siltitos silicificados, em geral avermelhados, por vezes esbranquiçados (caulinítico), compacto, que apresentam estruturas sedimentares preservadas (estratificações plano-paralela e cruzadas), contendo fragmentos de madeira, restos de carvão preservados e marcas de raízes, distribuídos, mormente nas margens dos rios e igarapés da região. Estes têm sido alvos de exploração em inúmeras pedreiras próximas a pequenos cursos d'água na região, cujo material é muito empregado como brita para construção civil.

6.1.5.3.2. Horizonte laterítico na Formação Alter do Chão

O perfil laterítico nessa região compreende os seguintes horizontes (da base para o topo): mosqueado, aluminoso e ou ferruginoso, e o latossólico. O nível mosqueado situado sobre a rocha sã compreende um nível esbranquiçado que apresenta mancha de óxido e hidróxido de ferro, composto essencialmente por uma matriz caulinítica e espessura variável. Acima desse horizonte, pode ser encontrado o horizonte aluminoso caracterizado por uma crosta avermelhada, textura porosa, por vezes maciça, com teor elevado de gibbsita e espessura de alguns metros (Horbe *et al.* 1999). Geralmente, os perfis aluminosos ou bauxíticos são os mais antigos, evoluídos e estão situados em superfícies de platôs (100 m).

Em geral, os Lateritos formam horizontes de até 40 m de espessura sobre a Formação Alter do Chão, definindo uma paleosuperfície irregular que trunca a topografia atual. São recobertas por argilas que podem alcançar até 20 m de espessura, sustentando platôs com altitudes que alcançam patamares em torno de 50 m, onde é comum a presença de horizontes gibsíticos. Estas coberturas são interpretadas como perfis lateríticos maduros e imaturos formados no intervalo Terciário Inferior a Plio-Pleistoceno, em topografia geralmente positiva, formando platôs constituídos de argilo-minerais, onde a bauxita, minério de alumínio, e a argila

caulinítica, podem estar presentes, devido à ação do clima tropical úmido sobre estes sedimentos.

Os depósitos de argila caulinítica apresentam-se sob a forma de pacotes, de origem residual, com espessura variada. Associado a este perfil, há ocorrência de jazidas de areia (Figura 21) caracterizadas por camadas arenosas produto de podzolização (sedimentos inconsolidados residuais, produtos da Formação Alter Chão).

A gênese desses depósitos relaciona-se aos processos de intemperismo/pedogênese (lateritização) que afetaram as áreas de sua ocorrência. Segundo Horbe et al., (2003), a iluviação da matéria orgânica e a consequente dissolução de caulinita e corrosão do quartzo, resultou na diferenciação progressiva de horizontes em processo típico de podzolização e geração de espodossolos (areias espodossólicas).



Figura 21 - Camadas arenosas intemperizadas da Formação Alter do Chão. Extração de Areia na porção sul do empreendimento, Área 9 do Mapa Geotécnico e de Minerais de Uso na Construção Civil.

6.1.5.3.3. Unidades Cenozoicas da região - Depósitos Aluvionares Sub-recentes e Recentes

Os depósitos recentes e sub-recentes envolvem aqueles da planície de inundação, os depósitos de barras de migração de meandro, os depósitos arenosos de barras, os depósitos argilosos e os sedimentos da planície aluvial.

Os depósitos da planície de inundação correspondem aos sedimentos argilosos situados pouco acima do nível dos rios (no máximo 20 m), porém esses canais são sujeitos a inundações sazonais. Esses depósitos se caracterizam por amplas superfícies planas que apresentam um sistema de canais complexos com lagos e depressões circulares, que abrigam extensos corpos de água, e que são apresentadas nas imagens de satélite com tonalidade escura, típica de áreas alagadiças modernas.

Os principais exemplos das planícies de inundação ocorrem na margem esquerda dos Rios Solimões e Amazonas, região do Castanho, margem esquerda do Rio Amazonas.

Na região de Manacapuru, no limite oeste da área de estudo, os extensos depósitos argilosos da planície de inundação do Rio Solimões mostram formas complexas, com canais que se entrecortam e formam, na sua foz, feição similar a um delta fluvial, conforme descrito por Nascimento *et al.* (1976).

Próximo à região do Rio Castanho, sudoeste da cidade de Manaus, a planície de inundação possui forma retangular e mostra canais estreitos, lagos e depósitos aluvionares mais recentes sobre áreas alagadas da planície de inundação do Rio. A margem direita do Rio Amazonas apresenta uma extensa área de inundação composta por uma série de lagos circulares, canais estreitos e com pouca sedimentação aluvionar.

6.1.5.4. Geologia Estrutural – Elementos Estruturais na Área de Estudo

6.1.5.4.1. Composição dos Lineamentos Geológicos

Lineamento é uma feição linear simples ou composta da superfície, na qual as partes estão alinhadas em arranjo retilíneo ou suavemente curvilíneo, que difere distintamente do padrão das feições adjacentes e que reflete, presumivelmente, um fenômeno da subsuperfície.

Conforme Silva (2005), os lineamentos estudados na região constituem descontinuidades que cortam as unidades da Bacia do Amazonas, principalmente as unidades do Grupo Trombetas, Formação Alter do Chão, Formação Içá/Formação Solimões e os depósitos coluvionares. Constituem também elementos morfológicos na paisagem (orientação de colinas, zonas de escarpa, vales, terraços e falésias).

Segundo este autor, a área de estudo está situada em uma faixa de domínio estrutural denominada Domínio Estrutural Rio Negro, que compreende a região oeste-sudoeste da cidade de Manaus, envolvendo a margem esquerda do Rio Negro e se estende para oeste, na região de Cacau-Pirêra, Iranduba, Manacapuru e Novo Airão (margem direita do Rio Negro). Compreende uma zona estrutural onde há predomínio de falhas normais, cujo principal elemento morfoestrutural é o Lineamento do Rio Negro. As falhas na margem esquerda desse rio mergulham para sudoeste e para nordeste, formando um conjunto de falhas antitéticas. Na região do Cacau-Pirêra, Iranduba e região do Rio Ariáú e ainda em Novo Airão predominam falhas normais com mergulho para nordeste que afetam as camadas da unidade Alter do Chão e depósitos quaternários. Esta geometria gera morfologia de *horste e grábens* alongados na direção NW-SE.

As orientações preferenciais obtidas para esse domínio estrutural mostram um predomínio de falhas normais NW-SE, com mergulho para nordeste (N23W/58NE, N47W/70NE e N63W/80NE), sudoeste (N25W/85SW, N48W/74SW e N69W/63SW), e para NE-SW com mergulho para noroeste (N51E/61NW e N12E/52NW). O sistema de fraturas demonstra uma figura em forma de quatro com atitudes N75E/82SE, N64W/80NE, N10E/80SE e N-S/83W.

Os lineamentos com direção NW-SE compreendem faixas bem definidas, como observadas na região sudoeste e oeste de Manaus, região de Iranduba e Manacapuru, conforme a Figura 22. Estes compreendem o *trend* com direção N45W que corresponde a orientação da margem direita do Rio Negro desde a região de Novo Airão, Manacapuru, até o limite leste do Rio Ariáú e a zona de contato entre a Formação Alter do Chão e os depósitos quaternários no Cacau-Pirêra. Essas feições se estendem para sul do Rio Solimões na região do Rio Castanho, o qual produz a anomalia em cotovelo do referido rio.

No Porto de Cacau-Pirêra, nas proximidades da área de estudo, ocorrem arenitos cretáceos da Formação Alter do Chão caulíníticos, ferruginizados, silicificados e com aspecto mosqueado, que estão intensamente deformados por falhas e fraturas em zona de brecha de falha, com cerca de 15m de largura, paralela à direção do Rio Negro.

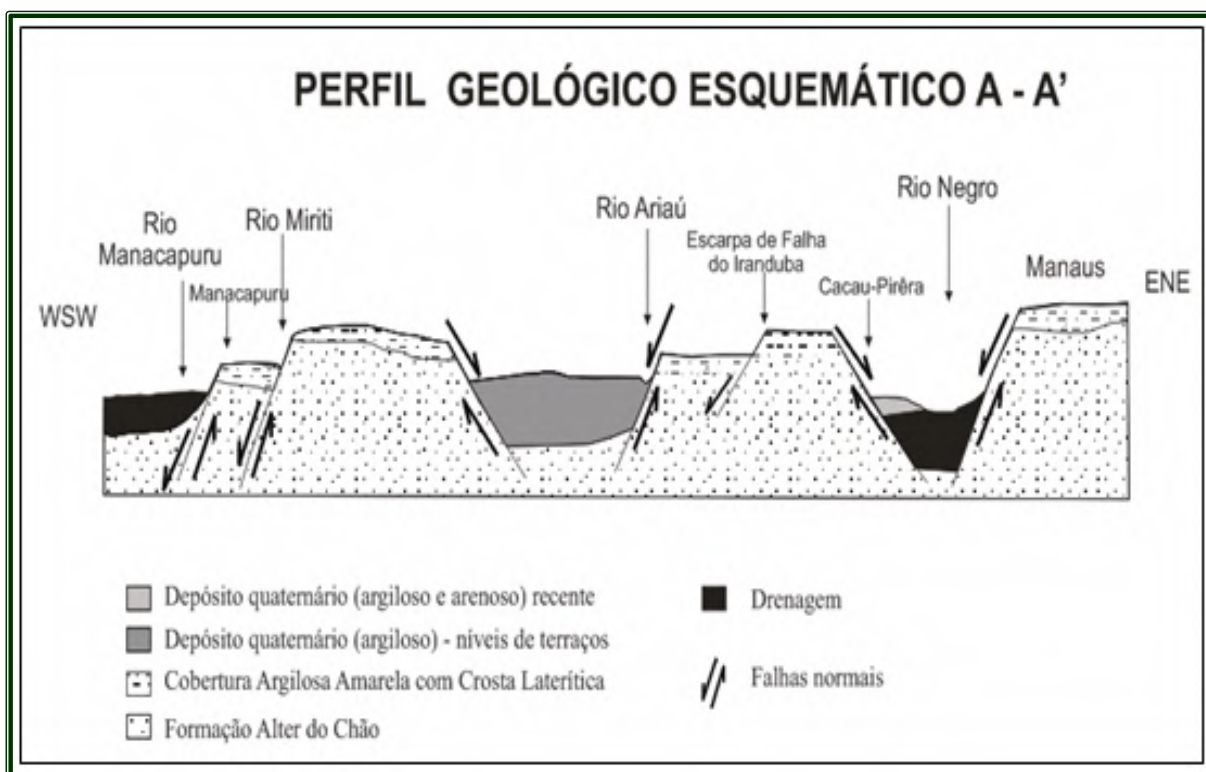


Figura 22 - Seção geológica E-W (esquemática) da compartimentação tectônica da região de Cacau-Pirêra a Manacapuru (SILVA, 2005).

Essa zona, com atitudes N50W/70NE e N62W/85SW, mostra um arranjo de falhas normais pelo abatimento de blocos. Nessa área, também ocorrem falhas transcorrentes N74E/65SE. Essas falhas cortam todas as falhas dessa região, onde se desenvolvem zonas bastante fraturadas.

Desse modo, a região sudoeste e oeste da cidade de Manaus, onde está situada a área de estudo, está constituída por falhas normais NW-SE que mergulham para nordeste e sudoeste. As falhas transcorrentes predominam na direção NE-SW e ENE-WSW e são destrais. As falhas transcorrentes sinistrais são aproximadamente N-S. Já as falhas inversas notada apenas por duas atitudes têm direção NE-SW e N-S.

6.1.5.5. Caracterização Geotécnica - Recursos Minerais de Uso Na Construção Civil

O conhecimento das características do meio físico é de fundamental importância na avaliação da implantação das obras de engenharia, no planejamento territorial e na exploração dos recursos naturais, pois permite o conhecimento prévio das limitações e das potencialidades de uma determinada região.

A abordagem preventiva inerente aos estudos de mapeamento permite a aplicação de soluções mais adequadas e otimizadas, graças à possibilidade de uma análise integrada entre os problemas e os recursos que envolvem o meio físico no ato de sua ocupação. De acordo com Matula (1969), o mapeamento geotécnico tem sido uma ferramenta importante na delimitação e fiscalização da ocupação territorial com embasamento técnico e ambientalmente correto, permitindo que a interação homem e meio ambiente seja realizada de forma adequada.

Zuquette (1987) afirma que o mapa ou carta geotécnica é a representação gráfica na qual são avaliados todos os componentes de um ambiente geológico de particular interesse para o planejamento, projeto e construção civil. Zuquette (1993) define o mapeamento geotécnico como sendo um conjunto de procedimentos com a finalidade de se obter as representações gráficas das características geológicas-geotécnicas, fundamentais ao planejamento das atividades antrópicas. Em geral

estas características são obtidas de forma bastante variada, sendo função da metodologia utilizada, da escala de trabalho e dos objetivos da aplicação.

Esses trabalhos são realizados com o objetivo de caracterizar e permitir a análise dos materiais inconsolidados e de sua distribuição. De uma forma geral, a escolha dos métodos e dos ensaios de investigação a serem utilizados, dentro da diversidade existente, deve ser feita conforme os objetivos do mapeamento, a metodologia a ser aplicada e a escala adotada.

A elaboração de um planejamento deve considerar os limites do meio físico, quanto ao seu uso e procurar compatibilizá-lo com o crescimento urbano que está se desenvolvendo, bem como considerar a existência de locais que estejam sujeitos a riscos naturais ou induzidos pela possível ocupação.

6.1.5.5.1. Método de Investigação Utilizado

Em geral, as principais ferramentas utilizadas na execução de um mapeamento são: sensoriamento remoto, ensaios geofísicos, ensaios *in situ* e laboratoriais e sondagens mecânicas.

Na área de estudo foi empregado levantamento expedito de afloramentos e sondagem mecânica (realização de Poço de Sondagem), considerado suficiente para atender ao objetivo do estudo. Além desse método foram trabalhadas a identificação textural do solo e sua distribuição, com a construção de um mapa orientativo para possível exploração de minerais de uso na construção civil.

As sondagens de reconhecimento tiveram como objetivo determinar as características do perfil geotécnico e nível d'água. Com as sondagens é possível definir as propriedades dos materiais ao longo da linha de perfuração, descrevendo os testemunhos, as variações litológicas e as características geotécnicas.

Segundo BRASIL-MME (1978), a região é constituída de latossolos amarelos álicos, com horizonte "A" moderado e textura argilosa, areno-argilosa ou argila-arenosa e arenosa. Em sua maior parte são ferralíticos com litologias correspondentes aos arenitos, siltitos e sedimentos argilo-arenosos. Esses solos apresentam o horizonte "B" latossólico bem intemperizado, normalmente composto

por óxidos de ferro e alumínio, sendo a fração de argila de baixa atividade, constituída principalmente por caulinita bem cristalizada.

Neste trabalho foi adotada a seguinte classificação de vulnerabilidade do solo, baseado em estudos da Embrapa (1978), conforme o conteúdo textural de cada tipo de solo identificado (Quadro 2).

Quadro 2 - Classificação de vulnerabilidade do solo.

Solo-textura	Vulnerabilidade
Arenoso	Muito alta
Areno-argiloso	Alta
Argilo-arenoso	Média
Argiloso	Baixa
Laterita (fina a grossa)	Muito baixa

A sondagem geotécnica foi realizada em quatro furos localizados em pontos pré-determinados (Figura 23), com objetivo de averiguar a profundidade e espessura das zonas de lateritas, com possibilidade de sua utilização na obra.

Todos os quatro furos foram realizados em topo de platô com ocorrências de afloramentos de concreções lateríticas, com objetivo de identificar jazidas de lateritas nestes topos e prevenir qualquer tipo de extração em zona de encosta ou fundo de vale. Dos quatro furos realizados nenhum atingiu o lençol freático.

Os furos 1, 2 e 4 foram realizados nas bordas dos platôs, cerca de 20 (vinte) metros da crista, conforme figuras 24, 25 e 26, respectivamente. O objetivo foi de mostrar a espessura do capeamento das lateritas.

O Furo 3 foi realizado na porção central de um platô. Este furo teve como objetivo mostrar a espessura do capeamento da laterita bem como a espessura da zona laterítica na porção central do platô (Figura 27).

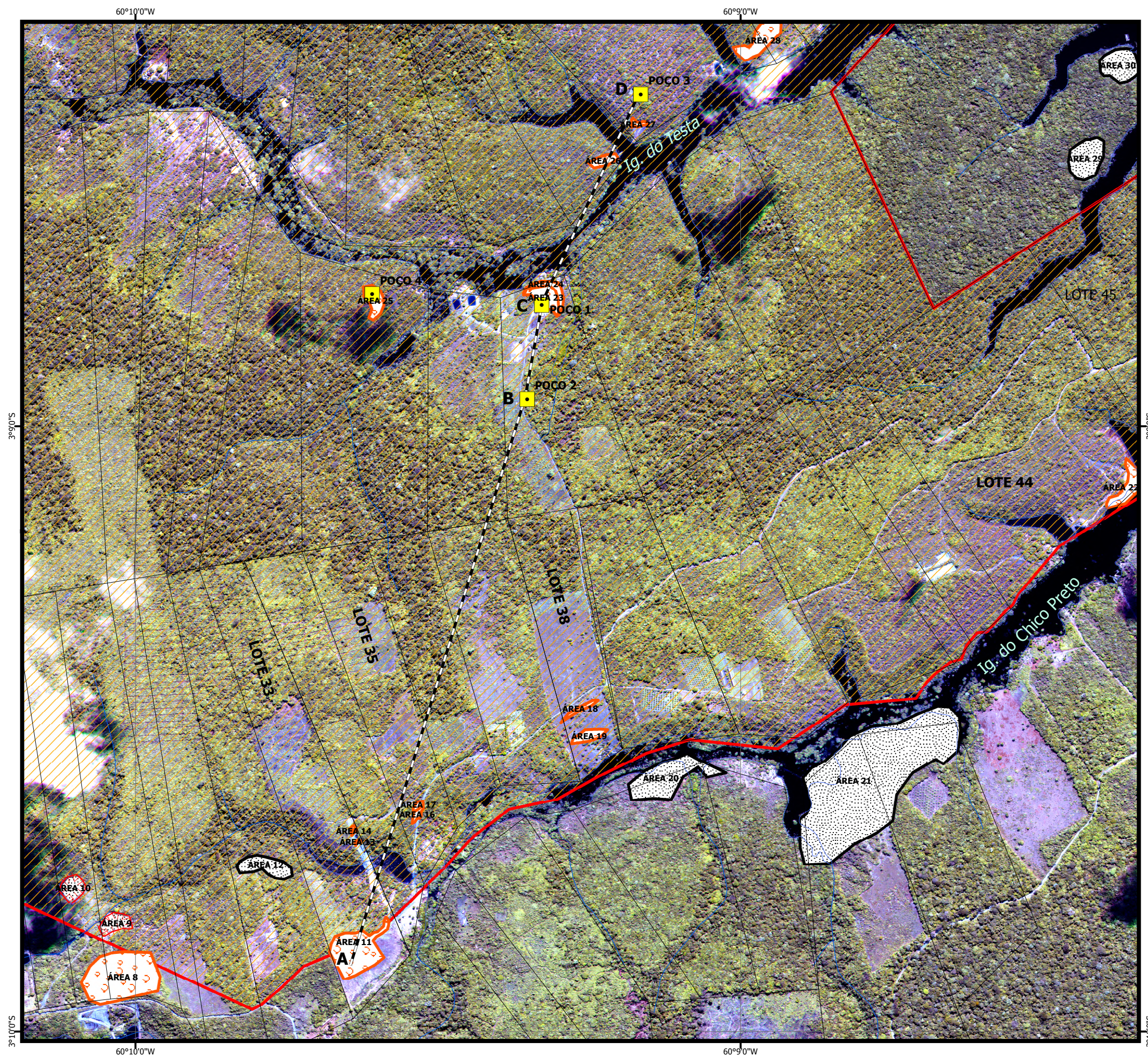
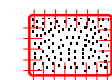


Figura 23
MAPA GEOTÉCNICO E SONDAGEM

-  Lavra de Areia Exaurida
-  Poço de Sondagem
-  Perfil Geológico-Geotécnico

COORDENADAS DOS POÇOS DE SONDAGEM

POÇO	ALTITUDE	LONG	LAT
Poço 1	59,21m	60° 9' 19,710" W	3° 8' 47,987" S
Poço 2	60,41m	60° 9' 21,158" W	3° 8' 57,329" S
Poço 3	56,08m	60° 9' 9,908" W	3° 8' 27,097" S
Poço 4	62,09m	60° 9' 36,525" W	3° 8' 46,928" S

-  Rios
-  Lotes
-  Limite da Cidade Universitária

Imagem de Fundo: Worldview-2 0,50m
(07/06/2012 14:43 GMT)

**Textura Geotécnica e Minerais de
Uso na Construção Civil**

- | Solo | Substância |
|--|--|
|  Solo Argiloso |  Argila |
|  Solo Arenoso médio |  Areia |
|  Solo Laterítico fino a grosseiro |  Laterita |

0 60 120 240 360 480 m

Escala 1:12.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Manuel Juarez Simões Cardoso - Geólogo
CREA-AM/RR 5593-D

 EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012

 Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA



Figura 24 - Detalhe do Furo de Sondagem 1, profundidade 1,40m. A – Solo argiloso. B – Solo laterítico. Coordenadas Geográficas (60° 9' 19,710" W; 3° 8' 47,987" S). Material laterítico apropriado para aterro e pavimentação (material de empréstimo).

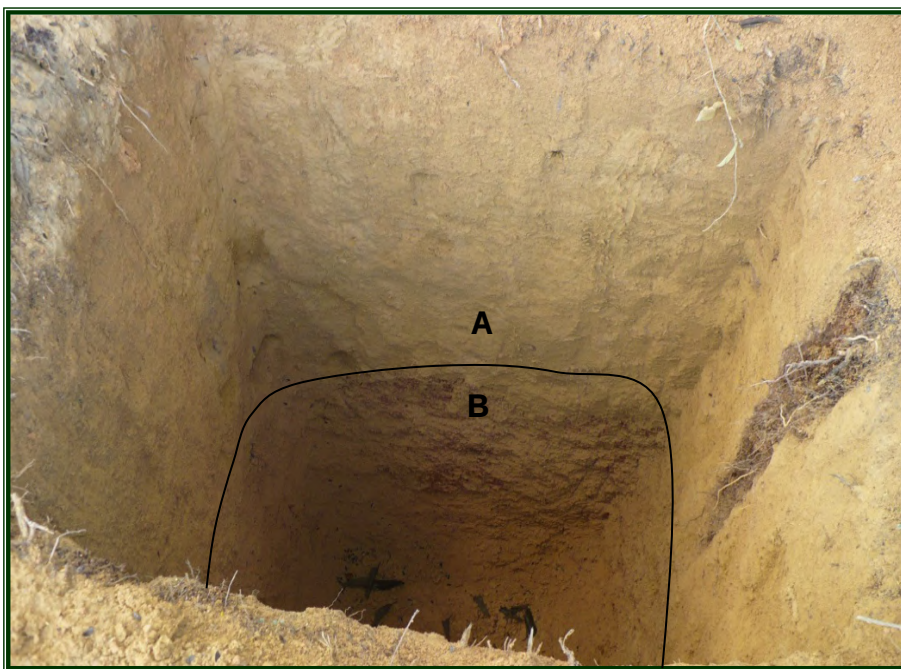


Figura 25 - Detalhe do Furo de Sondagem 2, profundidade 3,0m. A – Solo argiloso. B – Solo laterítico. Coordenadas Geográficas (60° 9' 21,158" W; 3° 8' 57,329" S). Área não indicada economicamente para aproveitamento mineral laterítico.



Figura 26 - – Detalhe do Furo de Sondagem 4, profundidade 1,0m. A – Solo argiloso. B – Solo laterítico (topo da zona de concreções). Coordenadas Geográficas (60° 9' 36,525" W; 3° 8' 46,928" S). Material laterítico apropriado para aterro e pavimentação (material de empréstimo).



Figura 27 - Detalhe do Furo de Sondagem 3. Furo de profundidade de 3 metros escavado sobre solo argiloso, paralisado no topo da zona laterítica. Coordenadas Geográficas (60° 9' 9,908" W; 3° 8' 27,097" S). Área não indicada economicamente para aproveitamento mineral laterítico, porém a jazida ocorrente na crista da encosta possui um potencial importante para o seu aproveitamento.

A seguir tem-se o resultado dos Poços de Sondagem (Quadro 3):

Quadro 3 – Informações sobre os Poços de Sondagem

POÇOS	Alt.	Coordenadas Geograficas	Profundidade	Espessura Solo Argiloso	Espessura solo laterítico
POÇO 1	59,21	60° 9' 19,710" W 3° 8' 47,987" S	1,40m*	0,20m	> 1,20m
POÇO 2	60,41	60° 9' 21,158" W 3° 8' 57,329" S	3,00m**	1,60m	> 1,40m
POÇO 3	56,08	60° 9' 9,908" W 3° 8' 27,097" S	3,00m*	3,00m	?
POÇO 4	2,09	60° 9' 36,525" W 3° 8' 46,928" S	1,00m*	0,20m	> 0,80m
Vulnerabilidade				Baixa	Muito Baixa

Obs:*O furo parou no maciço laterítico; ** O furo ultrapassou o maciço laterítico.

O perfil geológico-geotécnico ABCD esquemático (Figura 28) foi construído com objetivo de mostrar a relação dos solos identificados: latossolo, cobertura argilosa com concreções lateríticas, *in loco* com a Formação Alter do Chão, bem como com o relevo local.

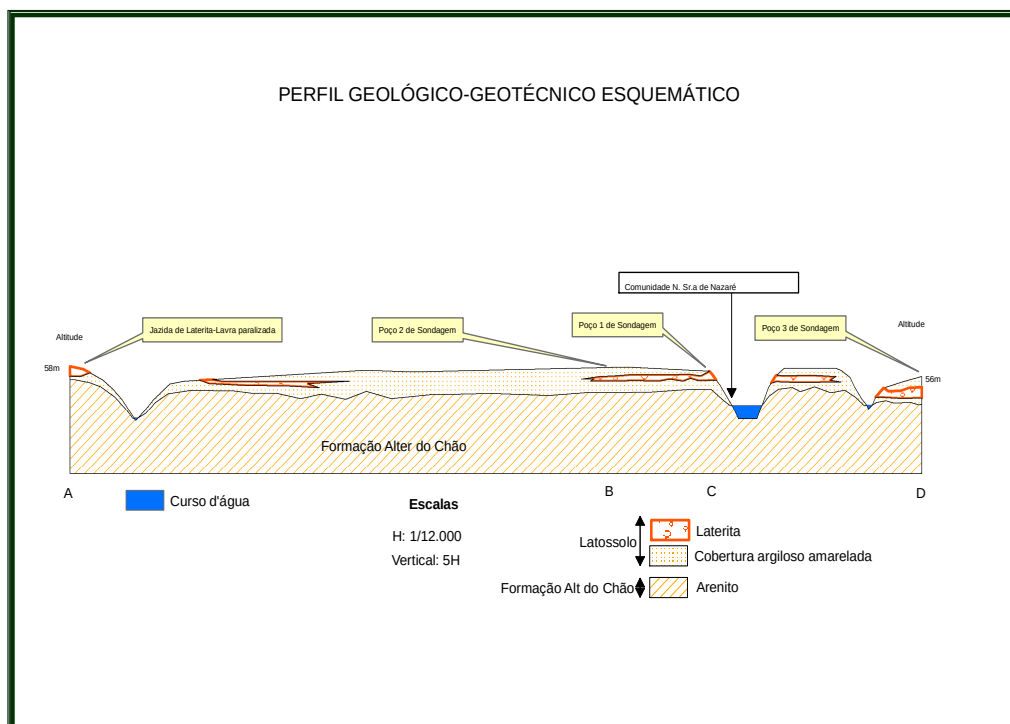


Figura 28 - Perfil Geológico-Geotécnico ABCD. Mostra a relação das coberturas latossólicas com a Formação Alter do Chão.

6.1.5.5.2. Resultado da Caracterização Geotécnica

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram visitados pontos de afloramento, escolhidos de acordo com a sua localização, ou seja, a escolha foi condicionada a sua posição no interior da área de interesse, em relação às facilidades de acesso e local de topo de platô. Nesta etapa houve uma maior preocupação na caracterização do solo superficial, tendo a sua importância alinhada à verificação da distribuição espacial do material inconsolidado.

Com objetivo de mostrar a disposição das formações geotécnicas local, a equipe de estudo percorreu 60 (sessenta) pontos da área. As formações ou solos geotécnicos são caracterizados por sua constituição textural (rochoso, arenoso, argiloso e matéria orgânica).

O estudo teve como objetivo mostrar detalhes geotécnicos da área do empreendimento, bem como identificar possíveis jazimentos de minerais utilizados na construção civil, com possibilidade de uso na própria obra.

Foram identificados quatro tipos texturais de solo:

- Maciço rochoso (arenito friável);
- Solo Argiloso amarelado (latossolo);
- Solo Arenoso médio esbranquiçado;
- Solo Laterítico fino a grosseiro (latossolo) (composto de concreções lateríticas).

O resultado do levantamento mostrou espessura da zona laterítica (fina a grosseira) variando de 5 a 8 metros nas proximidades das encostas, enquanto que no centro do platô foi encontrada espessura desta zona laterítica de 1,40 metros. Isto mostra uma tendência do processo natural de laterização aumentar na direção das encostas e diminuir na direção dos centros dos platôs. A espessura da camada argilosa (capeamento) sobre a zona laterítica variou de 0,20 metros a 1,60 metros, mostrando uma tendência do aumento da camada argilosa da encosta em direção ao centro do platô.

O maciço rochoso é constituído por rochas areníticas friáveis (Alter do Chão), encontradas em fundo de lavras já exauridas (Figura 29) na área ao sul do empreendimento, bem como nas falésias do rio Negro, porção norte do empreendimento (Figura 30). São solos de média e alta vulnerabilidade erosiva.



Figura 29 - Afloramento de solo arenoso, produto de podzolização (espodossolo) sobre sedimentos da Formação Alter do Chão, localizado na base de encosta. Antigo Areal com jazida exaurida. A - Arenito friável, maciço rochoso areno-argiloso (alta vulnerabilidade erosiva) (com alteração para solo arenoso). B - Cava deixada pela extração de areia, solo arenoso (muito alta vulnerabilidade erosiva), Área 9 do Mapa Geotécnico e de Minerais de Uso na Construção Civil.

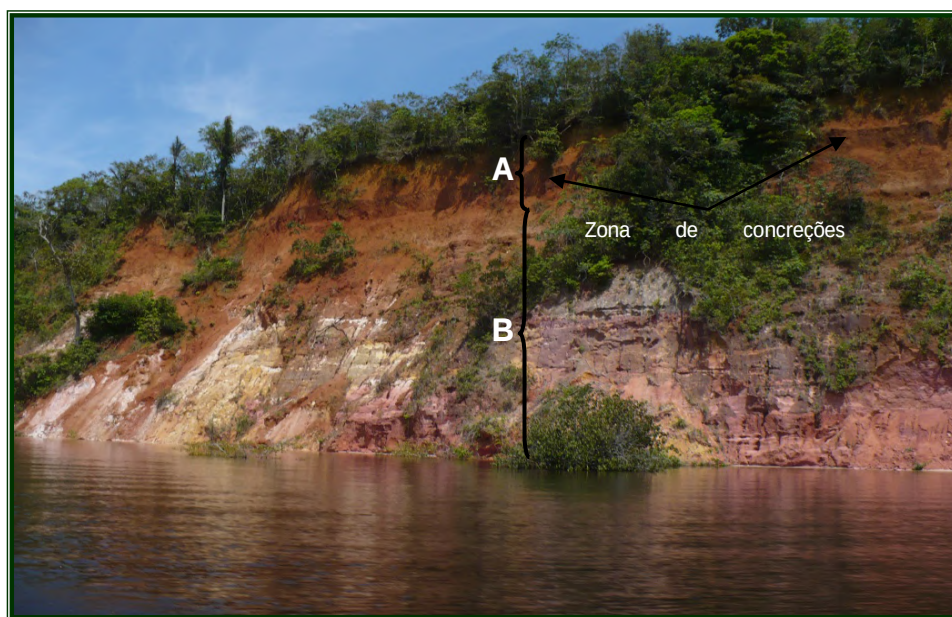


Figura 30 - Afloramento de um perfil típico de cobertura de latossolo sobre a Formação Alter do Chão em falésia na margem direita do rio Negro. A - Topo do perfil, Cobertura argilosa com crosta laterítica (baixa vulnerabilidade erosiva). B - Estratificação Alter do Chão (solo argilo-arenoso, média vulnerabilidade erosiva).

O solo argiloso é encontrado no topo dos perfis de latossolo, ou seja, no topo das superfícies dos platôs. Abrangem quase que a totalidade da área em questão (Figura 31). O Mapa Geotécnico e de Minerais de Uso na Construção Civil mostra que o solo de textura argilosa predomina na região. São solos de baixa vulnerabilidade, razão de ter-se encontrado baixo índice de erosão na área de estudo.



Figura 31 – Afloramento de maciço latossólico com concreções lateríticas em topo de platô, próximo à crista da encosta. A – Topo do perfil, solo argilo-arenoso/siltoso (baixa vulnerabilidade erosiva). B – Na base, maciço laterítico (piçarra) (muito baixa vulnerabilidade erosiva), com grandes possibilidades de uso na construção civil. Localizado na porção central do empreendimento, em topo de platô, Área 23 e Área 24 do Mapa Geotécnico e de Minerais de Uso na Construção Civil.

O solo arenoso é encontrado principalmente na meia encosta dos platôs, fundos de vale e planície de inundação. Foram identificadas doze áreas com ocorrências de areia de uso na construção civil, sendo duas destas áreas, áreas 9 e 10 do Mapa Geotécnico, já exploradas e sem recuperação ambiental. São solos de muito alta vulnerabilidade erosiva.

O solo laterítico é, geralmente, encontrado na meia encosta até as cristas dos platôs. Possui granulação variando de fino a grosseiro (chegando a tamanhos de até um metro).

O levantamento realizado, em conjunto com a geologia local e o processo de laterização em clima tropical, indicam que, além destas ocorrências, pode haver mais áreas com ocorrências de laterita em condições iguais de uso na construção civil. São solos de muito baixa vulnerabilidade erosiva (Figuras 32, 33, 34, respectivamente).

No levantamento realizado na área da Cidade Universitária, foram identificadas dezoito áreas ou zonas de laterita com grande potencial de uso na construção civil, conforme figura 35.



Figura 32 – Detalhe da granulação grosseira do material laterítico apropriado para aterro e pavimentação (material de empréstimo).



Figura 33 – Afloramento de maciço latossólico com concreções lateríticas em topo de platô, próximo à crista da encosta. Antiga extração de laterita (piçarra). Jazida não exaurida, solo laterítico (muito baixa vulnerabilidade erosiva), com grandes possibilidades de uso na construção civil. Localizado na porção central do empreendimento, Área 11 do Mapa Geotécnico e de Minerais de Uso na Construção Civil.



Figura 34 - Granulação média do material laterítico apropriado para aterro e pavimentação (material de empréstimo), com espessura estimada em 6m.

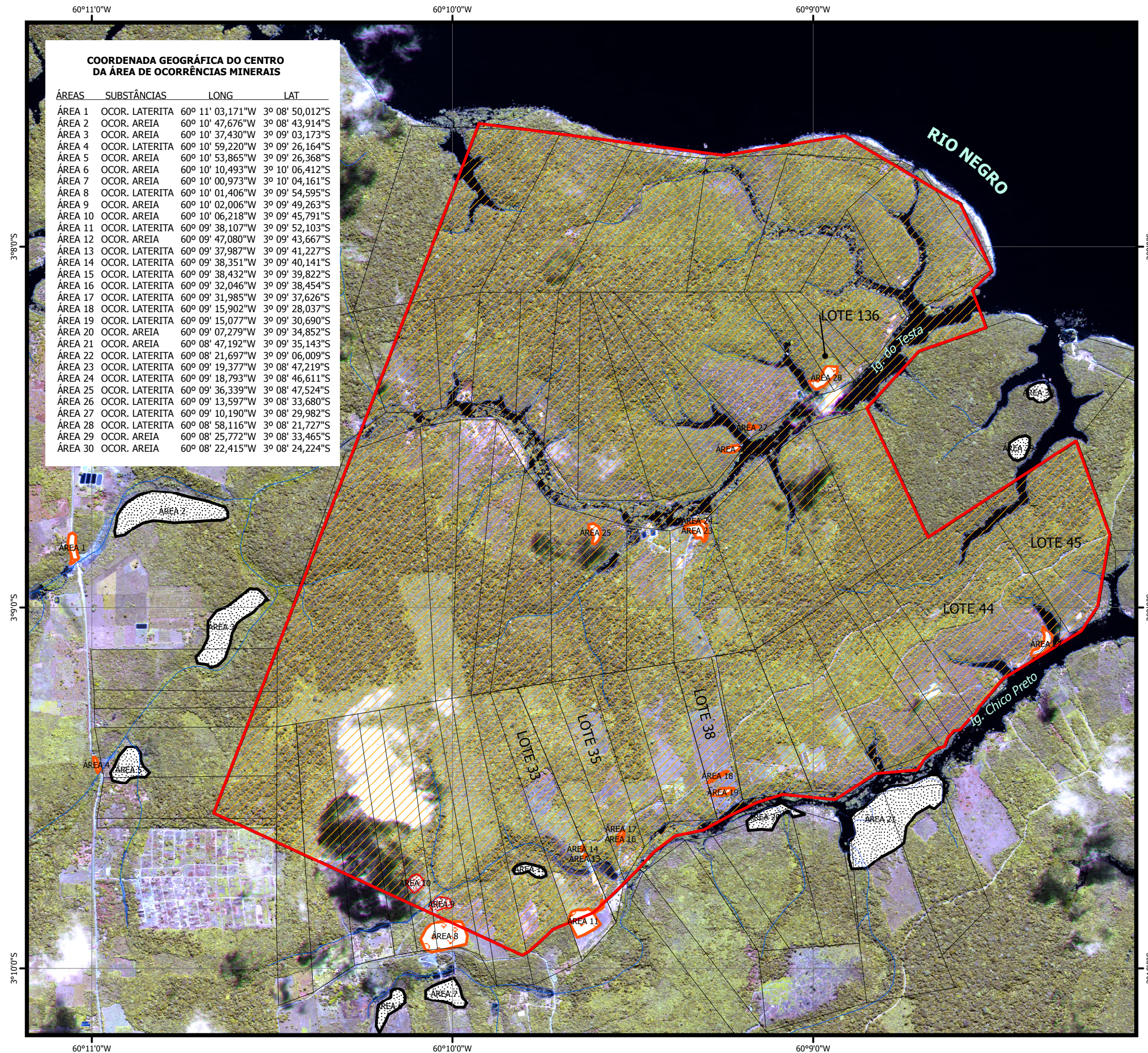
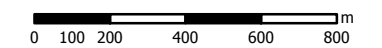
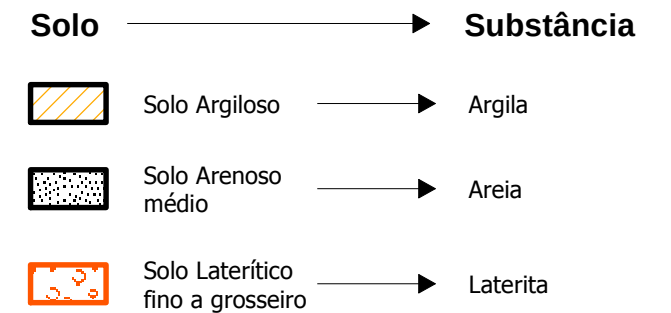


Figura 35
MAPA GEOTÉCNICO E DE MINERAIS DE USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL



Imagem de Fundo: Worldview-2 0,50m
(07/06/2012 14:43 GMT)

Textura Geotécnica e Minerais de Uso na Construção Civil



Escala 1:20.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Manuel Juarez Simões Cardoso - Geólogo
CREA-AM/RR 5593-D



EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012



Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

A seguir tem-se a relação das áreas mineralizadas identificadas na área do empreendimento, com suas respectivas coordenadas geográficas do centro de cada área (Quadro 4).

Quadro 4 – Identificação das áreas de ocorrências de areia e laterita.

ÁREAS	SUBSTÂNCIA	Coordenadas Geograficas	
		LONG.	LAT.
ÁREA 1	Ocorrência de laterita	60° 11' 3,171" W	3° 8' 50,012" S
ÁREA 2	Ocorrência de Areia	60° 10' 47,676" W	3° 8' 43,914" S
ÁREA 3	Ocorrência de Areia	60° 10' 37,430" W	3° 9' 3,173" S
ÁREA 4	Ocorrência de laterita	60° 10' 59,220" W	3° 9' 26,164" S
ÁREA 5	Ocorrência de Areia	60° 10' 53,865" W	3° 9' 26,368" S
ÁREA 6	Ocorrência de Areia	60° 10' 10,493" W	3° 10' 6,412" S
ÁREA 7	Ocorrência de Areia	60° 10' 0,973" W	3° 10' 4,161" S
ÁREA 8	Ocorrência de laterita	60° 10' 1,406" W	3° 9' 54,595" S
ÁREA 9	Lavra areia	60° 10' 2,006" W	3° 9' 49,263" S
ÁREA 10	Lavra areia	60° 10' 6,218" W	3° 9' 45,791" S
ÁREA 11	Ocorrência de laterita	60° 9' 38,107" W	3° 9' 52,103" S
ÁREA 12	Ocorrência de Areia	60° 9' 47,080" W	3° 9' 43,667" S
ÁREA 13	Ocorrência de laterita	60° 9' 37,987" W	3° 9' 41,227" S
ÁREA 14	Ocorrência de laterita	60° 9' 38,351" W	3° 9' 40,141" S
ÁREA 15	Ocorrência de laterita	60° 9' 38,432" W	3° 9' 39,822" S
ÁREA 16	Ocorrência de laterita	60° 9' 32,046" W	3° 9' 38,454" S
ÁREA 17	Ocorrência de laterita	60° 9' 31,985" W	3° 9' 37,626" S
ÁREA 18	Ocorrência de laterita	60° 9' 15,902" W	3° 9' 28,037" S
ÁREA 19	Ocorrência de laterita	60° 9' 15,077" W	3° 9' 30,690" S
ÁREA 20	Ocorrência de Areia	60° 9' 7,279" W	3° 9' 34,852" S
ÁREA 21	Ocorrência de Areia	60° 8' 47,192" W	3° 9' 35,143" S
ÁREA 22	Ocorrência de laterita	60° 8' 21,697" W	3° 9' 6,009" S
ÁREA 23	Ocorrência de laterita	60° 9' 19,377" W	3° 8' 47,219" S
ÁREA 24	Ocorrência de laterita	60° 9' 18,793" W	3° 8' 46,611" S
ÁREA 25	Ocorrência de laterita	60° 9' 36,339" W	3° 8' 47,524" S
ÁREA 26	Ocorrência de laterita	60° 9' 13,597" W	3° 8' 33,680" S
ÁREA 27	Ocorrência de laterita	60° 9' 10,190" W	3° 8' 29,982" S
ÁREA 28	Ocorrência de laterita	60° 8' 58,116" W	3° 8' 21,727" S
ÁREA 29	Ocorrência de Areia	60° 8' 25,772" W	3° 8' 33,465" S
ÁREA 30	Ocorrência de Areia	60° 8' 22,415" W	3° 8' 24,224" S

Verifica-se que a cobertura argilosa predomina em toda a superfície do topo dos platôs e que esta zona de laterização é contínua, sendo seccionada pelos vales dos cursos d'água.

O resultado do levantamento do estudo de afloramentos e dos poços de sondagem indica que as zonas com concreções de lateritas podem não ser contínuas, uma vez que sua espessura diminui em direção ao centro dos platôs.

6.1.6. Geomorfologia

O estudo geomorfológico visa identificar, caracterizar e mapear as unidades do relevo homólogas, levando em consideração tanto os aspectos descritivos, associados à geometria das formas de relevo, quanto os aspectos morfodinâmicos, e também os condicionantes geobiofísicos que geram a evolução do relevo ao longo do tempo. Os estudos dos fatos geomorfológicos contribuem para o conhecimento da fisionomia e estrutura da paisagem e de sua dinâmica, tal aspecto compreende as formas do relevo da superfície terrestre.

6.1.6.1. Aspectos da Geomorfologia Regional Amazônica

Informações preliminares sobre a geomorfologia amazônica foram apresentadas em trabalhos divulgados pelo RADAM (1978), onde se encontram citados os registros e informações realizados por Moura (1944), que ao se referir à Planície Amazônica, subdividiu-a em quatro grandes ambientes: a *várzea* como campos periodicamente inundados, que compreendem o leito maior dos rios; os *igapós* que são as superfícies com mata ainda sujeitas à inundações; os *tesos* que constituem segundo este autor, os terrenos cujo nível de cota os mantém enxuto, a salvo das enchentes e por fim a terra firme, área não inundada denominada como superfície de “platô”. Sobre esta última unidade, o autor destaca que são terras bem drenadas, que constituem o mais extenso degrau de relevo, formado por sedimentos. O platô a que Moura (1944) se referiu, pode ser atualmente reconhecido como as superfícies de cotas mais elevadas, existentes na grande unidade de planície interiorana.

A classificação atual proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estabeleceu para esta localidade duas macrocompartimentações: a Planície Interiorana (1998), que também pode ser identificada como Planície Amazônica e o Planalto Dissecado Rio Trombetas-Rio Negro ou Baixo Platôs da Depressão Amazônica. O empreendimento se localiza dentro da unidade de Baixos Platôs da Depressão Amazônica (Figura 36).

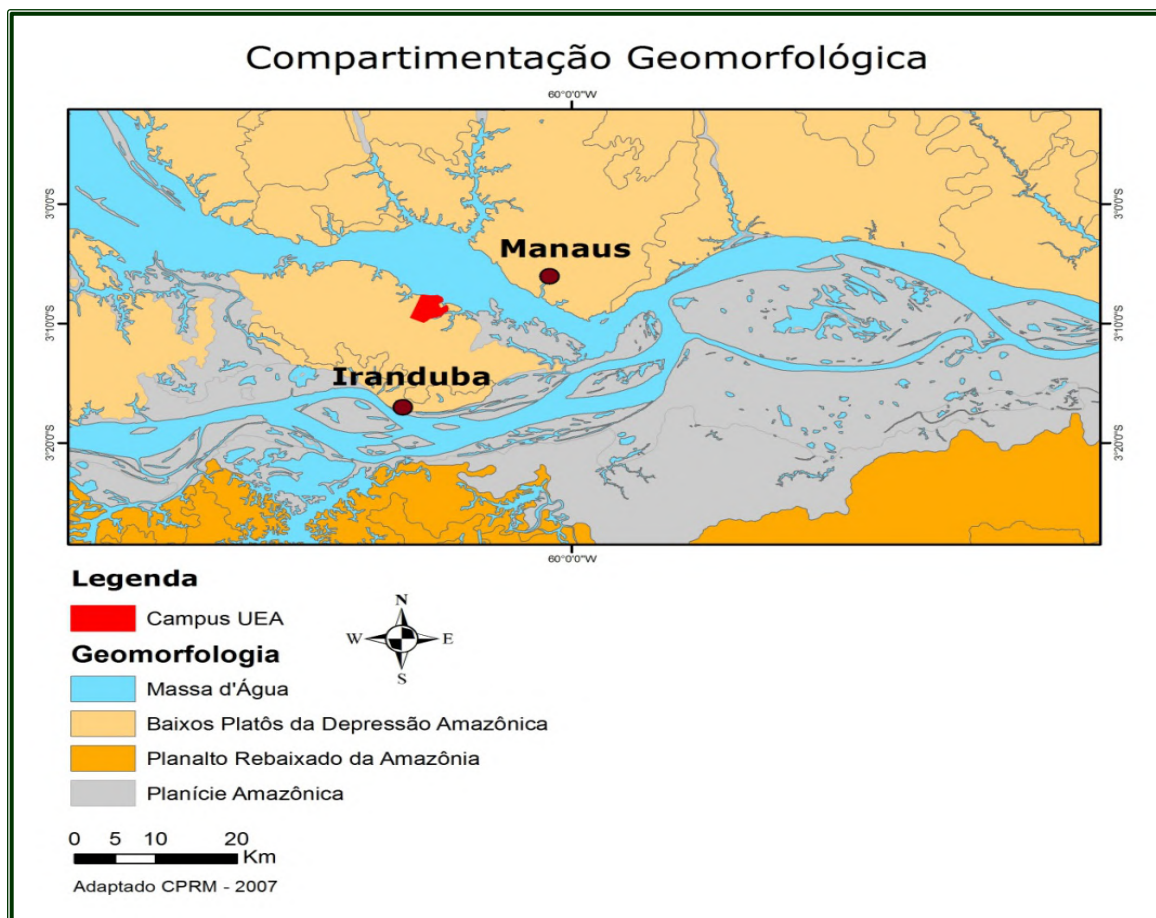


Figura 36- Mapa de compartimentação geomorfológica da Área de Influência Direta (AID) e de Influência Indireta (AII) do empreendimento.

6.1.6.2. Caracterização Geomorfológica Local

Para a caracterização geomorfológica da área destinada à implantação da Cidade Universitária a metodologia aplicada desenvolveu-se de acordo com as etapas a seguir: Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico de fontes primária e secundária em órgão público e privado sobre a localidade. Em seguida, se constituiu uma base cartográfica, a partir de mapas pré-existentes elaborados em estudos do RadamBrasil (1978), IBGE (2005) e CPRM (2007), para subsidiar a montagem de uma base cartográfica própria, gerada a partir de fotografia aérea (SUDAM, 1958) e imagem IKONOS (2011).

Com esta base cartográfica foi realizada a confrontação dos dados gerados durante os levantamentos de campo na área do empreendimento. Na fase de

execução destes trabalhos, os pontos de análise foram georreferenciados, com a finalidade de construir dois transectos, que possibilitaram a visualização do perfil geomorfológico do local.

Com a finalidade de sistematizar as etapas do trabalho a metodologia empregada no levantamento esta representada no fluxograma a seguir (Figura 37).

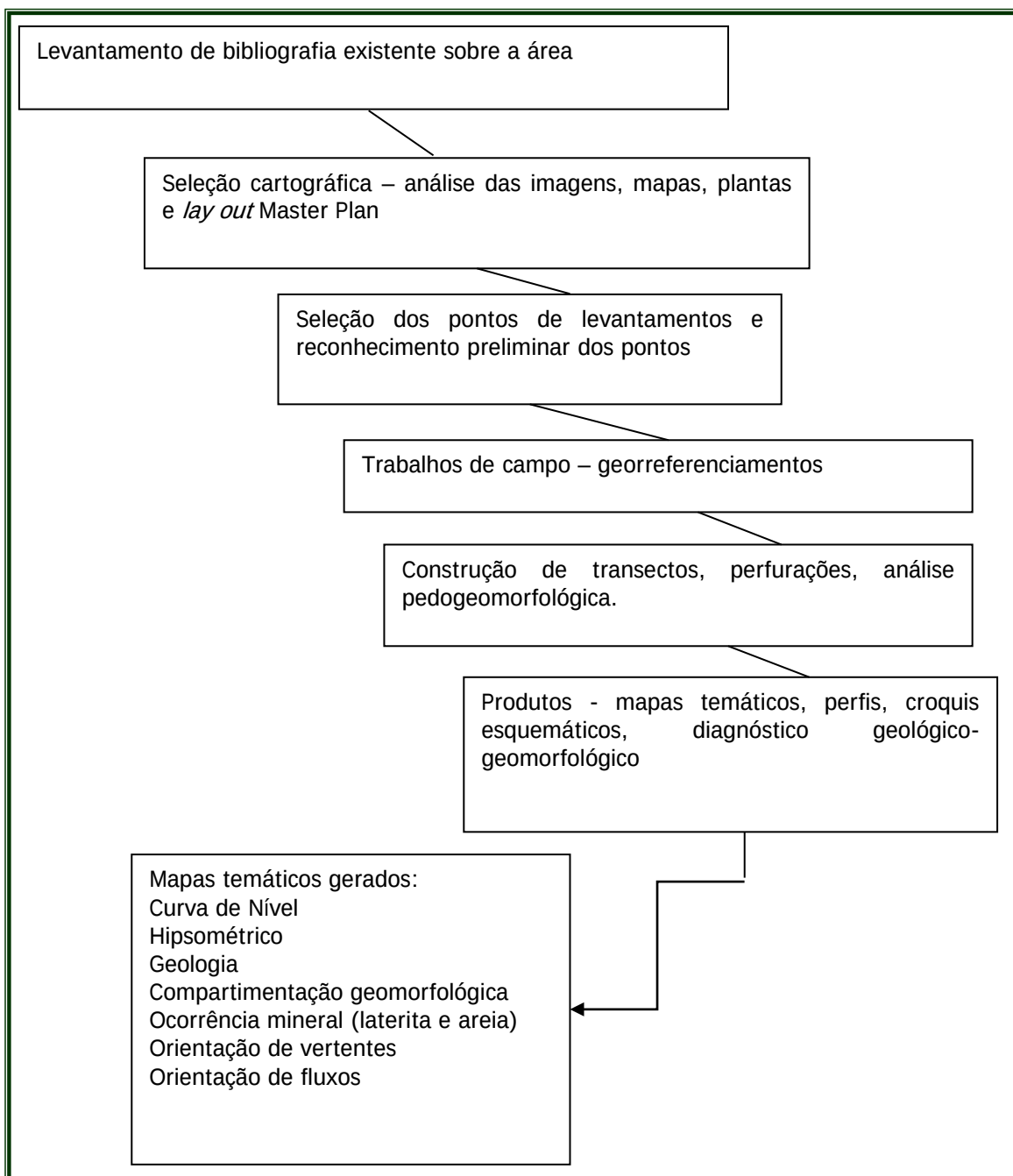


Figura 37 - Fluxograma das etapas metodológicas.

A geomorfologia da área da cidade universitária foi caracterizada considerando-se os aspectos morfológicos e morfométricos (declividade das encostas, densidade de drenagem e amplitude topográfica), bem como a dinâmica dos processos geomorfológicos, ocorrência e suscetibilidade à erosão, levando-se em conta os materiais litológicos e as estruturas identificadas nos estudos para a caracterização da Geologia.

A análise pedogeomorfológica, permitiu a identificação de camadas de material, constituintes do solo, tanto na superfície basal, como no topo das unidades. Além destes, o material situado nas áreas de bacias, canais hidrográficos e fundos de vale também foram identificados.

A partir da realização destes procedimentos, verificou-se que a geomorfologia local desta região, foi primeiramente identificada e representada cartograficamente por Barbosa et al na década de 1970 (apud D'antona *et al* 2007). De forma generalizada, os referidos autores atribuíram a esta unidade de relevo as denominações de Planalto Dissecado Rio Trombetas – Rio Negro e Planalto Rebaixado da Amazônia.

Costa *et al* (1978) ao realizarem estudos sobre essa unidade indicaram que os relevos desta compartimentação geomorfológica, apresentam topos cujas extensões variam de 750 a 1750 metros e são separados por vales alargados com fraco grau de aprofundamento, onde os rios elaboram estreitas faixas de planície. O contato com a Planície Amazônica é feito por escarpas do tipo falésias fluviais ao sul; e a sudoeste, limitando-se com o Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental, pela margem esquerda do rio Manacapuru.

É importante destacar que o rio Negro tem seu baixo curso localizado nesta unidade morfoestrutural, configurando-se como principal agente de drenagem com direção geral NW-SE. As condicionantes das direções preferenciais sobre as linhas de drenagem estão associadas segundo Silva (2007) a processos da tectônica. Este autor destaca que o rio Negro corre dentro de uma falha normal que se estende por 80 km em linha reta exercendo controle estrutural, tanto pela margem direita, como pela margem esquerda.

Para Silva (2007) essa estrutura origina a formação de *grábens* que correspondem às zonas rebaixadas e favoráveis à deposição e sedimentação atual. Como exemplos de tais áreas podem ser citados o arquipélago de Anavilhanas situados no setor N/NW do local deste empreendimento e os depósitos Cacau-Pirêra, localizado no próprio empreendimento, resultantes da interrelação entre processos de sedimentação e fenômenos tectônicos. Essa feição estrutural compreende uma falha do tipo normal orientada N30W, a qual possui prolongamento para SE e compõe um dos limites do *gráben* assimétrico do paraná do Ariaú.

Os trabalhos de campo, geraram levantamentos detalhados dos pontos e cotas altimétricas, com georeferenciamento individual dos locais, utilizando-se um GPS marca Garmin Etrex Vista HCx, auxiliados por leituras, sobreposições e interpretações de imagem SRTM e Ikonos (2011), além da utilização de fotografia aérea (1958) da área do local do empreendimento.

A aplicação dessa metodologia permitiu o reconhecimento de uma subunidade de platô inserida na macrounidade Planalto Dissecado Rio Trombetas–Rio Negro, que por sua vez, encontra-se inserido em outra compartimentação geomorfológica maior identificada por Ross (1998) como Depressão da Amazônia Ocidental. De acordo com este autor essa unidade, constitui uma vasta área no oeste da Amazônia, onde os terrenos apresentam altitude até 200m, com topos planos e levemente convexizados esculpidos em sedimentos do Terciário. Seus limites são a leste com Planalto da Amazônia Oriental, ao norte com a Depressão marginal norte-amazônica e a sudeste com a Depressão marginal sul amazônica.

Com referência ao que foi exposto, expressam-se outras formas de definições, como a proposta pela Companhia de Recursos Minerais (CPRM), que baseada em levantamentos realizados no município de Iranduba em 2007 optou pela denominação “Baixos Platôs da Depressão Amazônica” apresentada no relatório de informes sobre recursos minerais existentes neste município. O relatório apresenta como subdivisão deste platô, a morfounidade reconhecida como “colinas tabulares”. São colinas que segundo D’Antona *et al* (2007) correspondem às formas de relevo, caracterizadas por superfícies colinosas suaves e de topo tabular, cujo grau de

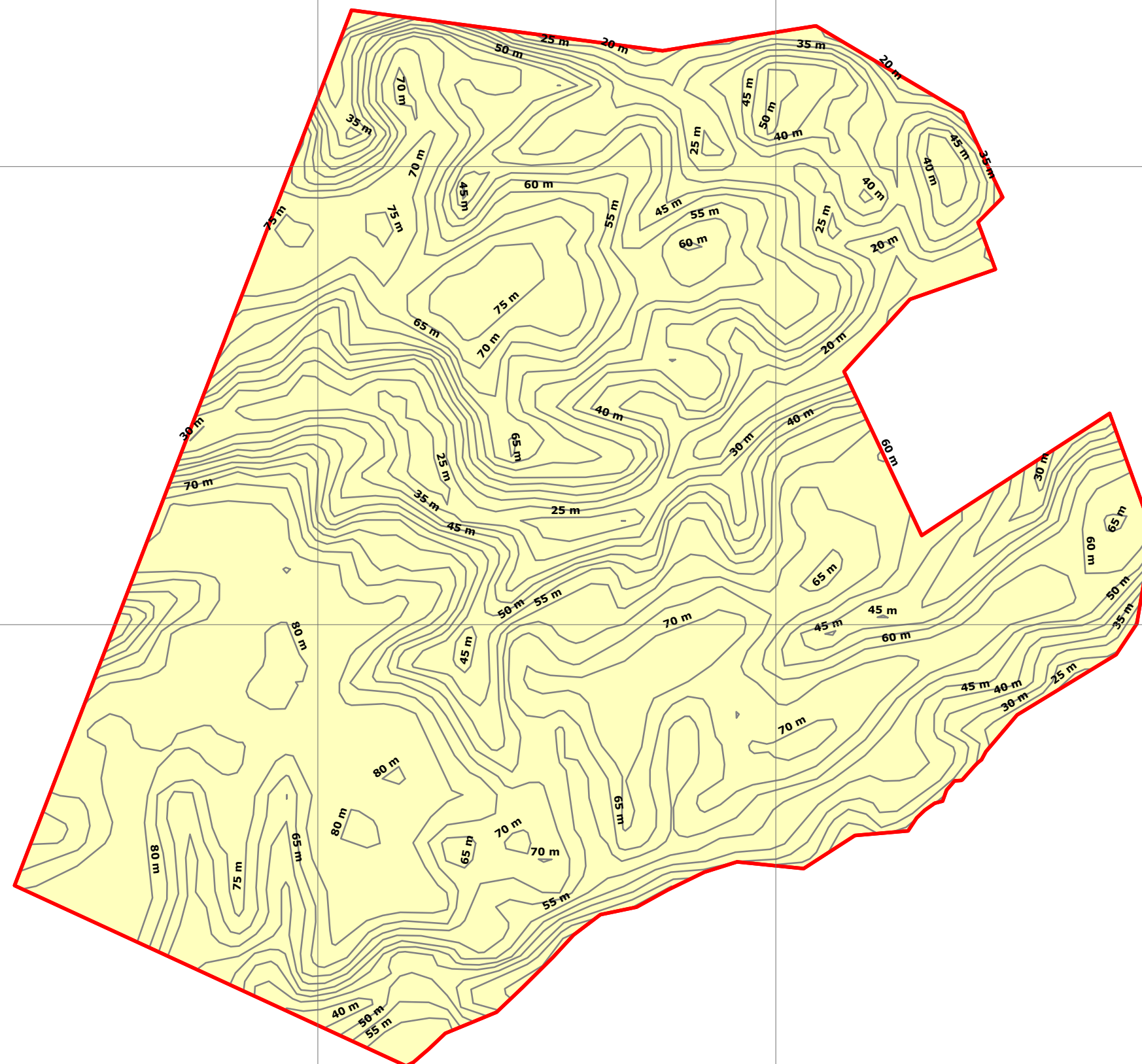
entalhamento dos vales é classificado como muito fraco, ou seja, menor que 20m, com distância interfluvial representada pelo intervalo de 750 e 1750 metros, condicionante que gera amplitudes de relevo entre 10 e 20m. Espacialmente esta unidade se apresenta nos municípios de Manacapuru, Iranduba e Autazes.

Com base nos reconhecimentos das curvas de nível (Figura 38) das macrounidades de relevo associadas às sobreposições de informação e análises comparativas, realizadas em observações diretas no campo, foi possível identificar que a área destinada à construção do empreendimento corresponde uma superfície de platô, cujas cotas chegam a atingir 83m em pontos mais elevados conforme resultados visualizados no mapa hipsométrico (Figura 39).

Figura 38
MAPA PLANIALTIMÉTRICO

— Curvas de Nível ¹

 Limite da Cidade Universitária ²



Fonte de Dados:
1. Emadina Gomes Rodrigues Soares - Geógrafa
2. SEINFRA/AM - 2012

0 100 200 400 600 m

Escala 1:20.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D



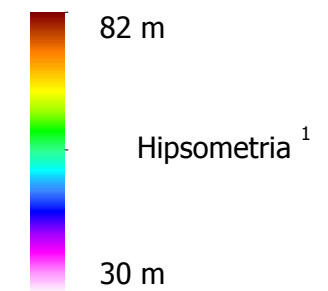

CIDADE
UNIVERSITÁRIA

EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012


UEA
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS

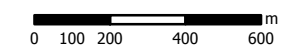
Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

Figura 39
MAPA HIPSONÉTICO



 Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Emadina Gomes Rodrigues Soares - Geógrafa
2. SEINFRA/AM - 2012



Escala 1:20.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D

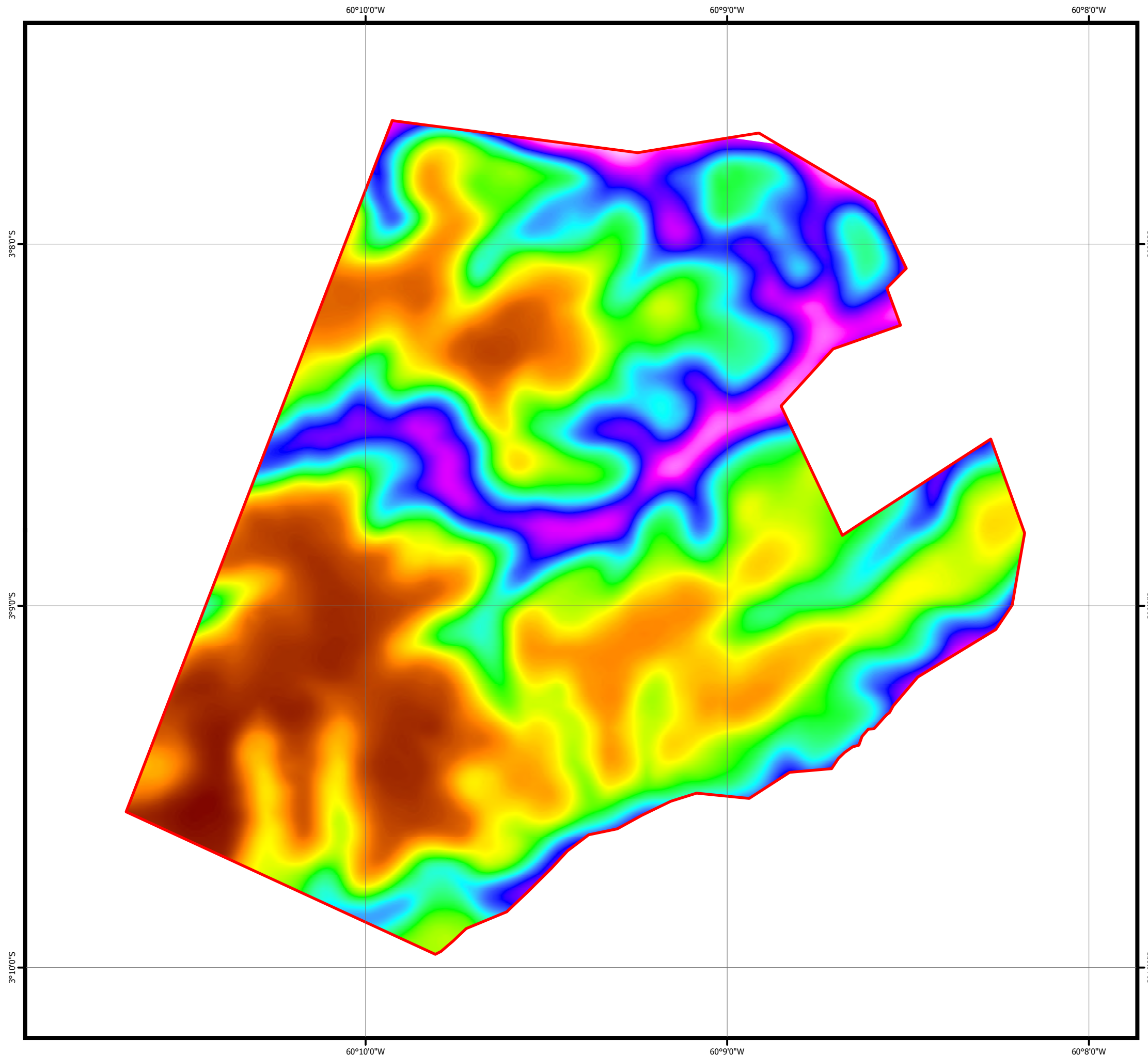




EIA/RIMA da Cidade Universitária
Irاندuba, AM
Agosto 2012



Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA



6.1.6.3. Unidades Morfoesculturais - Feições Locais

Visando o reconhecimento das Unidades Morfoesculturais e a identificação de novas feições de relevo, existentes na área da Cidade Universitária foram confeccionados dois transectos, o primeiro entre os setores Norte/Sul, e o segundo, entre os setores Leste/Oeste da referida área — por meio do georeferenciamento — entre os pontos dos locais mais baixos, incluindo-se o nível do rio, para os mais elevados até o topo dos platôs (Figura 40A e 40B).

Estes reconhecimentos evidenciaram que a área delimitada, constitui um platô que é seccionado na parte central pela bacia hidrográfica do Igarapé do Testa e forma uma linha de drenagem que origina dois divisores. O primeiro situado no setor S/SW que se limita com a bacia do Chico Preto e o segundo no setor N/NW que tem como limites as microbacias do Guedes e Guedinho. A rede de drenagem destas bacias é formada por contribuintes que deságuam no Rio Negro, onde a faixa de desembocadura de ambos configuram “rias fluviais”.

De posse destas informações, foi possível gerar o mapa de Unidades Morfoesculturais no qual foram representadas seis níveis de compartimentação geomorfológicas, aqui definidas por feições locais de relevo (Figura 41). Estas feições apresentam limites com a microbacias locais.

Com referência às microbacias localizadas na área do empreendimento, reitera-se que devem ser preservadas as matas ciliares, como forma de amortizar os impactos advindos de técnicas de aberturas de estradas — onde se inserem cortes de taludes, remoção e transportes de material de empréstimo — considerando que tais atividades exercem influência direta no relevo.

Outro aspecto a ser considerado é o controle da erosão, principalmente na lateral das estradas, nas faixas próximas à superfície basal dos platôs.

Os transectos realizados possibilitaram o reconhecimento da configuração geomorfológica local, onde foram identificadas seis unidades morfoesculturais indicadas na figura 42 e detalhadas na sequencia.

Figura 40A
**MAPA DAS UNIDADES MORFOESCULTURAIS
FEIÇÕES LOCAIS ¹**

-  Falésias
-  1 - 15 a 20% Platô
-  2 - 10 a 15% Vertente
-  3 - 5 a 10% Terraços
-  4 - > 5% Vales
-  5 - Planície de Inundação (Zona de Praia)
-  Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Emadina Gomes Rodrigues Soares - Geógrafa
2. SEINFRA/AM - 2012

0 100 200 400 600 m

Escala 1:20.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D

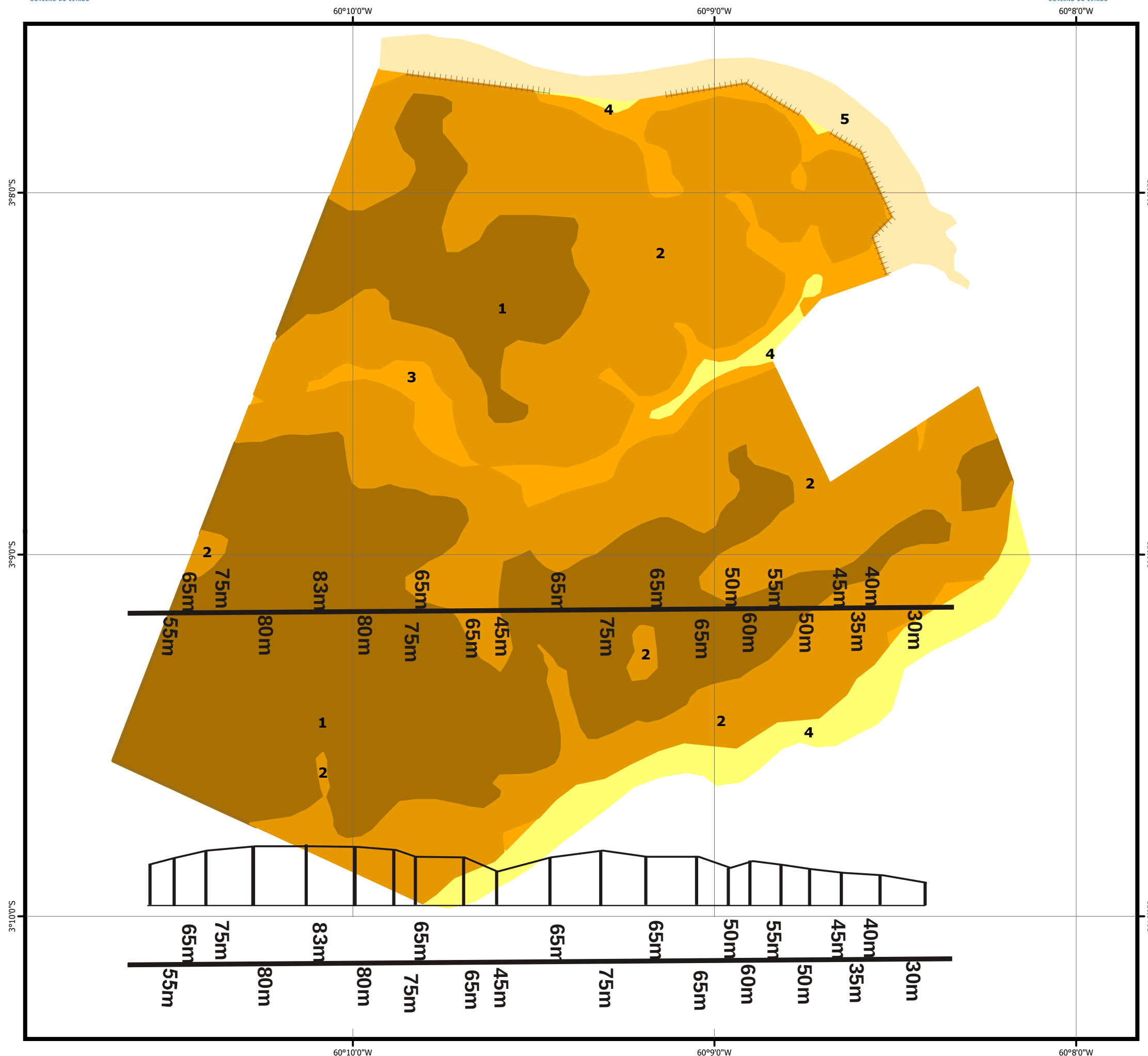
Pedro Manoel de Oliveira



EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012



Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA



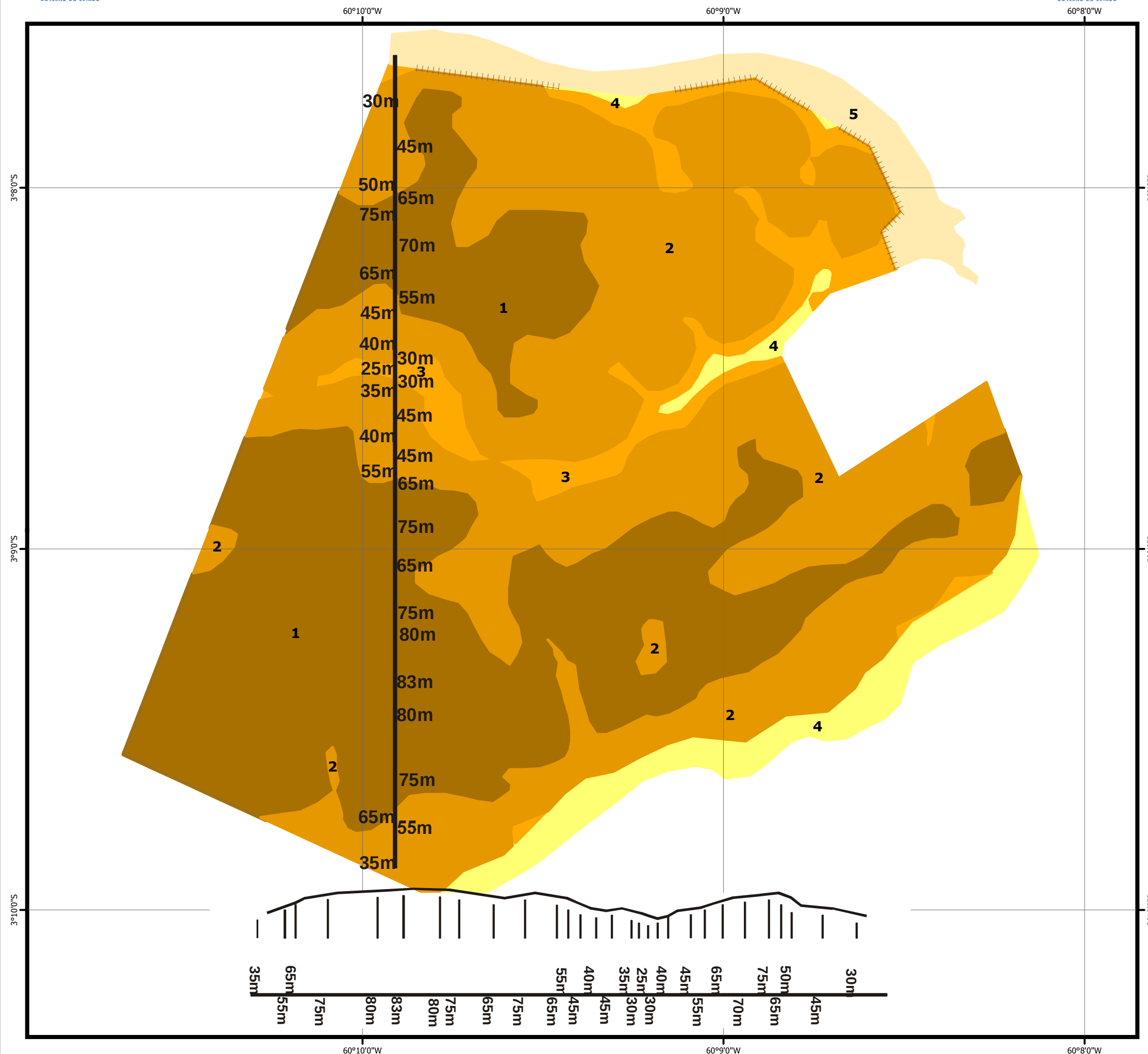


Figura 40B
**MAPA DAS UNIDADES MORFOESCULTURAIS
FEIÇÕES LOCAIS ¹**

- Falésias
- 1 - 15 a 20% Platô
- 2 - 10 a 15% Vertente
- 3 - 5 a 10% Terraços
- 4 - > 5% Vales
- 5 - Planície de Inundação (Zona de Praia)
- Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Emadina Gomes Rodrigues Soares - Geógrafa
2. SEINFRA/AM - 2012

0 100 200 400 600 800 m

Escala 1:20.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D

Pedro Manoel de Oliveira



EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012



Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

Figura 41
**MAPA DAS UNIDADES MORFOESCULTURAIS
FEIÇÕES LOCAIS ¹**

-  Falésias
-  1 - 15 a 20% Platô
-  2 - 10 a 15% Vertente
-  3 - 5 a 10% Terraços
-  4 - > 5% Vales
-  5 - Planície de Inundação (Zona de Praia)
-  Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Emadina Gomes Rodrigues Soares - Geógrafa
2. SEINFRA/AM - 2012

0 100 200 400 600 m

Escala 1:20.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D

Pedro Manoel de Oliveira



EIA/RIMA da Cidade Universitária
Irاندوبا, AM
Agosto 2012



Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

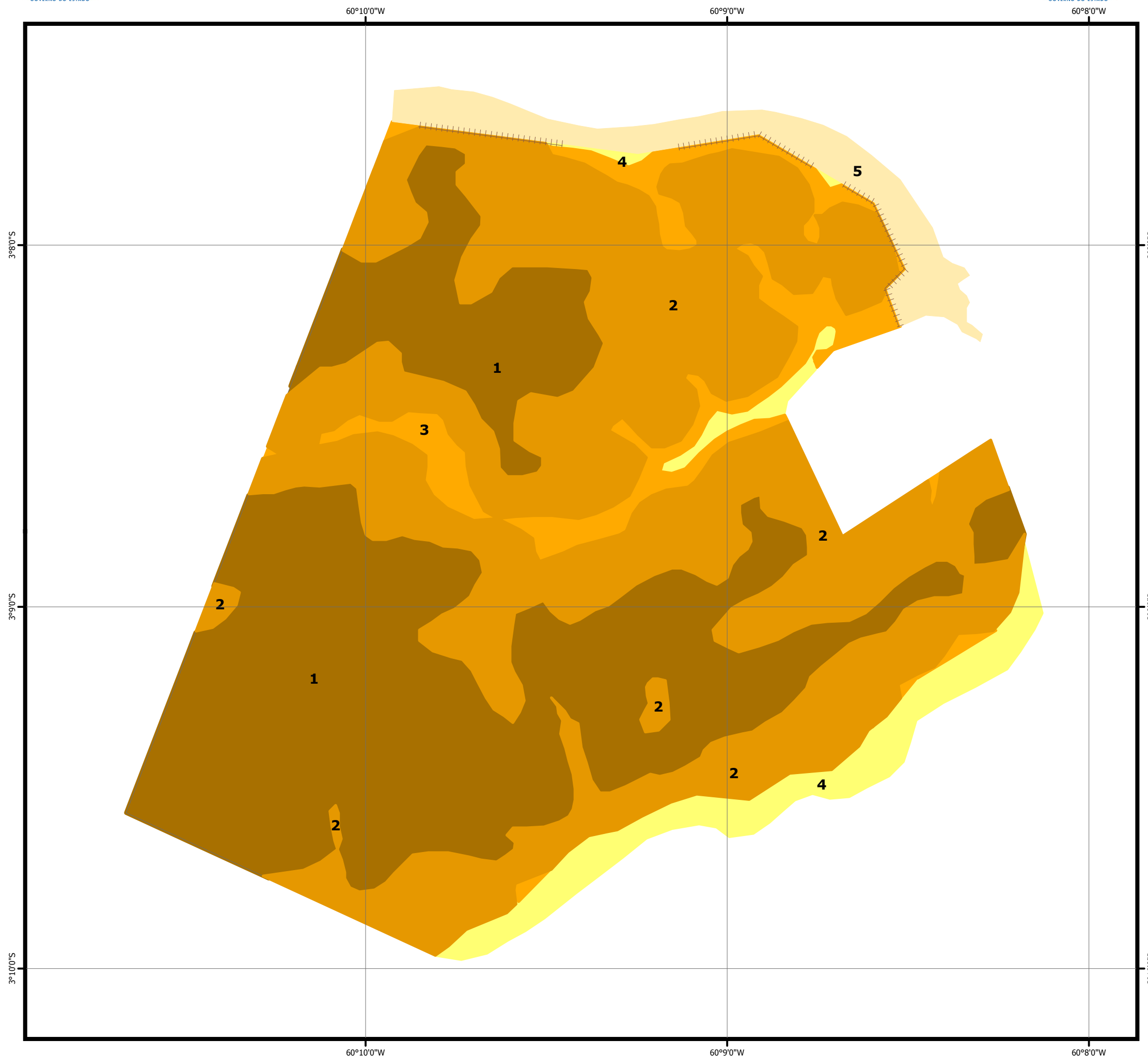




Figura 42 - Unidades de relevo encontradas na área do empreendimento.

6.1.6.3.1. Unidade I – Platô

Esta unidade é seccionada na parte central pela rede hidrográfica das bacias que drenam a região e pode ser subdividida em Platô I e Platô II com superfície de cota definidas entre 60 a 83 metros de elevação, que corresponde a intervalos de declividade na ordem de 15 a 20% e demonstrado na figura 43, com o perfil esquemático representado na figura 44.

A referida unidade é representada pela Formação Alter do Chão do Cretáceo Superior e classificada segundo o relatório da CPRM sobre o Iranduba, de superfície com grau de dissecação do relevo bastante elevado. Os topos desses platôs apresentam a formação de crostas laterizadas (Figura 45).

As bacias que cortam este platô na parte central, configuram espécies de “rias fluviais” conectadas ao rio principal. Estas bacias apresentam regime de cheias e vazantes, controlados pelo Rio Negro.



Figura 43 - Platô seccionado na parte central pela bacia hidrográfica do Igarapé do Testa, tributário da rede de pequenas sub-bacias que deságuam diretamente no Rio Negro, margem direita (Fonte: Toledo, Cabeza e Laghi Associados, 2012).

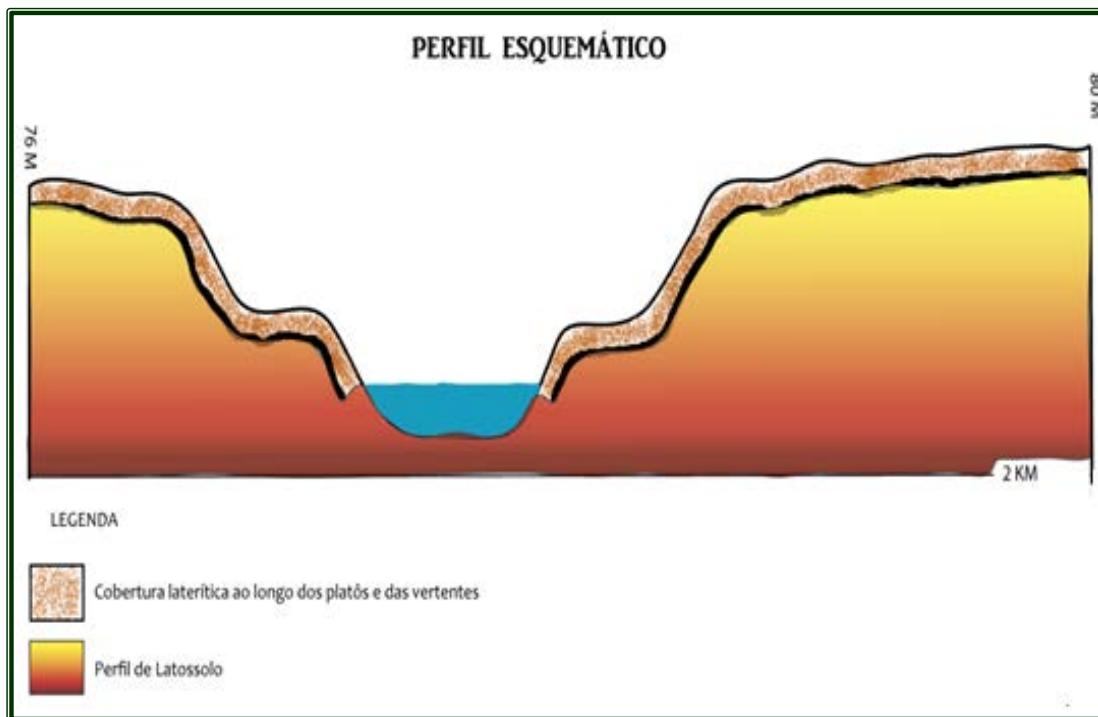


Figura 44 - Perfil esquemático representativo dos platôs.



Figura 45 - Superfície laterizada no topo do Platô.

6.1.6.3.2. Unidade II – Vertentes ou Faixas de Escoamento

Vertentes ou faixas de escalonamento do relevo, que se direcionam ao fundo de vales e correspondem ao grau de declividade estimado entre 10 a 15%, com cotas de altitudes entre 40 a 60m.

Esta é uma unidade, exposta aos processos de denudação, onde ocorrem as concentrações de fluxos superficiais, que ao evoluírem para fluxos concentrados, formam zonas de “voçorocamento” principalmente na lateral das estradas (Figura 46).

Um dos fatores que facilita o processo erosivo é o material de origem composto por sedimentos argilo-arenoso (Figura 47).



Figura 46 - O material de origem que compõe a base do perfil destas vertentes apresenta-se inconsolidado, favorecendo a instalação de formas erosivas.



Figura 47 - O material de origem que compõe a base do perfil destas vertentes apresenta-se inconsolidado, favorecendo a instalação de formas erosivas.

6.1.6.3.3. Unidade III – Terraços

Terraços são superfícies que compreendem as faixas de transição entre as vertentes e os vales. Podem constituir uma feição representada por graus de escalonamento no relevo na faixa de 5 a 10%, que corresponde a variações de 10 a 15m de altitude. Encontram-se, situadas em cotas próximas aos rios e canais fluviais que drenam a localidade, porém não sujeitas à inundação.

6.1.6.3.4. Unidade IV – Vales Inundados

Vales Inundados são superfícies posicionadas nas partes baixas do relevo, sujeitas em determinados casos, às inundações sazonais, pois possui grau de declividade inferior a 5%, que corresponde a altitude menor (<) que 10m, conforme regime fluvial do Rio Negro.

Sobre este ponto destaca-se que a cota fluvial registrada no rio, no dia 25.04.2012 (data dos levantamentos) encontrava-se no nível de 28,98 metros (Figura 48).



Figura 48 - Vales inundados – Período de cheia do rio Negro/Maio de 2012.

6.1.6.3.5. Unidade V – Planície de Inundação ou Zona de Praia

A planície de inundação ou zona de praia corresponde ao nível mais baixo do relevo, que satisfaz as áreas com faixa de declividade zero, encontrando-se nivelada ao rio Negro, demonstrado na figura 49. Sua dinâmica está diretamente relacionada ao período de águas altas e baixas, conforme a sazonalidade estabelecida pela bacia principal. Esta área fica localizada ao norte e nordeste do polígono do empreendimento, na margem direita do rio. A composição mineralógica é definida por sedimentos formados no Quaternário, cuja composição é predominantemente de areia quartzosa.



Figura 49 - Zonas de Praia – superfícies expostas na fase de vazante do Rio Negro.

6.1.6.3.6. Unidade VI - Falésias

Esta última unidade morfoescultural, corresponde às vertentes situadas entre o topo dos platôs e as praias, formadas a partir do processo de sedimentação quaternária na planície do Rio Negro e estão situadas ao norte da área do empreendimento, no limite com o rio Negro.

A falésia fluvial encontra-se justaposta na faixa de contato entre o platô e a zona de praia, as altitudes nesta unidade variam entre 0 a 30m a partir do nível do rio. Nesta formação é possível identificar a composição do perfil do solo, refletido desde a margem do rio até a superfície (Figura 50). Esta unidade é susceptível aos processos de erosão fluvial na fase de enchente do Rio Negro, onde o atrito da água com a superfície constitui a causa principal de constantes movimentos de massa nas encostas.



Figura 50 - Falésia localizada ao norte do empreendimento.

A base destas falésias é constituída por material argilo-arenoso da Formação Alter do Chão, que o torna susceptível à erosão fluvial, constituindo zonas de risco a desmoronamento. A deflagração de movimentos de massa é frequente nestas localidades. Este fato requer atenção nas obras de grande porte por constituir zona favorável ao risco ambiental.

6.1.6.4. Considerações Pedogeomorfológicas

Com referência aos aspectos pedogeomorfológicos nas unidades I e II predominam solos bem drenados de terra firme, com textura média a muito argilosa,

formados a partir do mesmo material de origem, ou seja, os sedimentos inconsolidados da Formação Alter-do-Chão. Na área do empreendimento, este grupo de solos corresponde aos Latossolos Amarelos.

Com relação à unidade III, identificam-se solos bem drenados de terra firme com textura arenosa, inserem-se nessa unidade os grupos de solos que foram classificados como Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos. São superfícies situadas nos fundos de vales caracteristicamente ricas em areia, representativas da bacia do rio Negro (Figuras 51A e 51B, respectivamente).



Figura 51A – Formação de areias em zonas de fundo de vale.



Figura 51B – Detalhe da Formação de areias em zonas de fundo de vale.

A potencialidade agrícola desta unidade não é favorável ao cultivo, comportando uma típica vegetação de campinas e campinaranas, quando bem drenados. Os levantamentos de campo evidenciaram que esta unidade, foi a que representou maior grau de fragilidade na área do empreendimento, detectada pela instalação de processos erosivos, onde se destacam como “fatores-controle” a dificuldade de revegetação e a composição textural do solo.

6.1.6.5. Caracterização Geomorfológica do Terreno e a Orientação das Vertentes

O sentido geográfico de orientação das vertentes é constantemente verificado em projetos de construção civil, para a identificação do local mais adequado à instalação de empreendimentos ou edificações, este procedimento envolve questões associadas ao conforto térmico dos prédios e moradias, pertinentes à insolação diária. Sobre este assunto Corrêa (2008), afirma que no hemisfério sul as vertentes direcionadas para o norte recebem maior irradiação solar, enquanto que as vertentes voltadas para o sul recebem menor incidência solar, sendo assim, menos privilegiadas quanto à insolação. Esta mesma autora ao citar Neves (1989) destaca que as vertentes voltadas para leste, propiciam certo conforto térmico, uma vez que recebem os raios solares pela parte da manhã, período em que a temperatura é mais amena. Dessa forma, são favoráveis à ocupação urbana e apresentam-se adequadas para a implantação de projetos que visem à restauração da floresta. Já as vertentes orientadas para oeste caracterizam-se, como as menos favoráveis quanto à incidência solar e ao conforto térmico, pois recebem a radiação solar direta durante toda à tarde, período em que a temperatura é mais elevada.

Outros aspectos são apontados nos estudos das vertentes, a exemplo, podem-se mencionar os climáticos, que indicam a zona de maior recepção dos ventos. Com relação à Manaus, estudos indicam que os ventos que atingem a cidade, vem do quadrante Leste, fato que propicia construções, com faces voltadas para oeste, com a finalidade de evitar, deposição de poeiras e areias sobre as edificações.

Com relação aos estudos geomorfológicos que serão abordados neste trabalho, deve-se mencionar que a partir da geração do mapa de orientação de vertentes (Figura 52), foi possível verificar que, a direção destas unidades de relevo seguem as direções preferenciais NE-SW posicionando-se no sentido perpendicular às condicionantes litoestruturais de padrões de falhas e formação de *horts* e *grabens* que seguem o sentido NW-SE mencionados por Cardoso (2005) e Silva (2007).

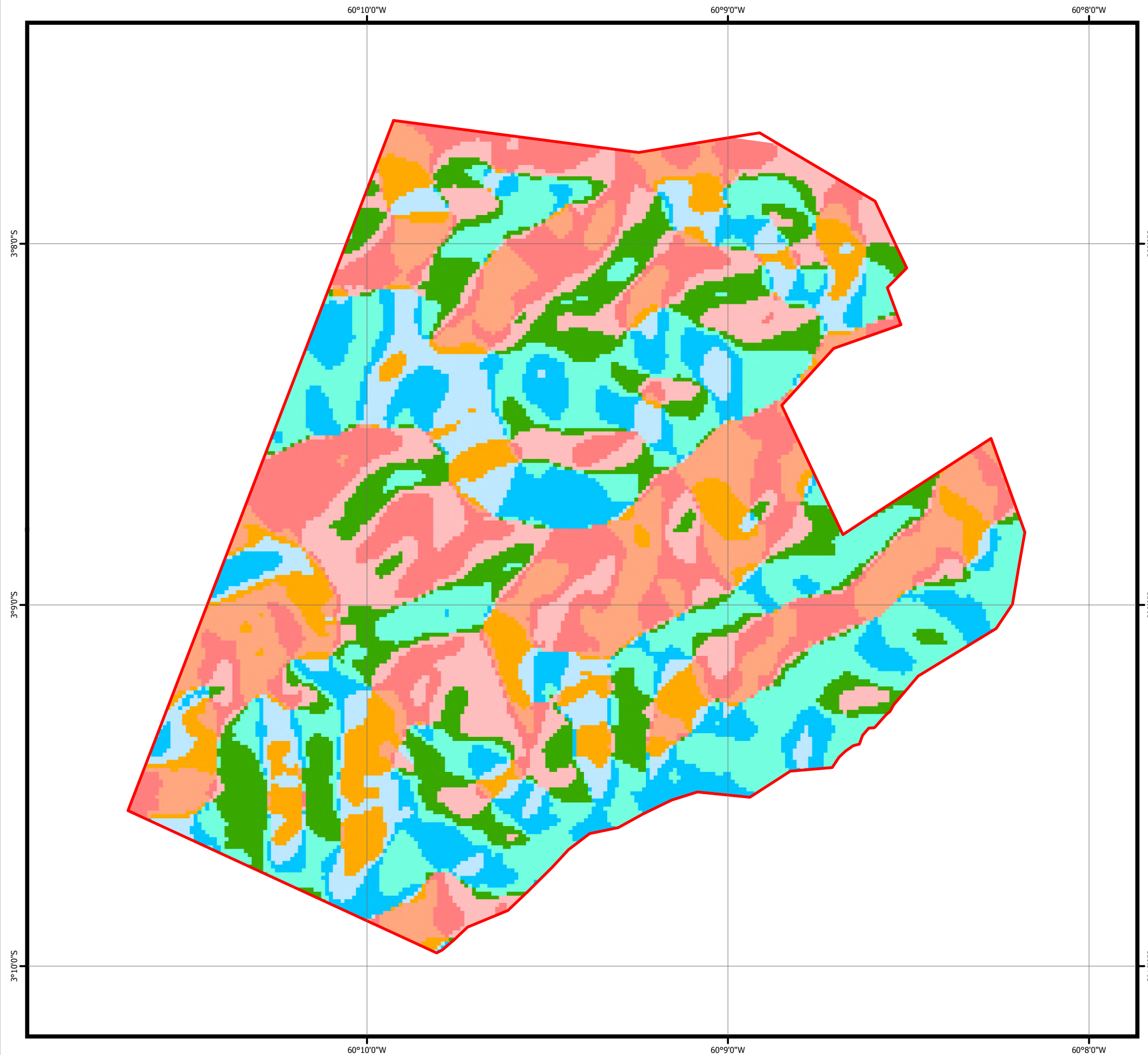


Figura 52
MAPA ORIENTAÇÃO DE VERTENTE ¹

-  Planas (-1°)
-  Norte (0°-22.5°)
-  Noroeste (22.5°-67.5°)
-  Leste (67.5°-112.5°)
-  Sudoeste (112,5°-157,5°)
-  Sul (157.5°-202.5°)
-  Sudeste (202.5°-247.5°)
-  Oeste (247.5°-292.5°)
-  Nordeste (292.5°-337.5°)
-  Norte (337.5°-360°)

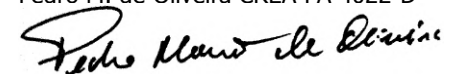
 Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Emadina Gomes Rodrigues Soares - Geógrafa
2. SEINFRA/AM - 2012

0 100 200 400 600 m

Escala 1:20.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D




C I D A D E
U N I V E R S I T Á R I A

EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012


U E A
U N I V E R S I D A D E
D O E S T A D O
D O A M A Z O N A S

Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

A direção das vertentes deve ser considerada em casos de construção que priorizem a qualidade ambiental e o conforto térmico das habitações em áreas urbanas. A figura 53 apresenta o percentual da orientação das vertentes.

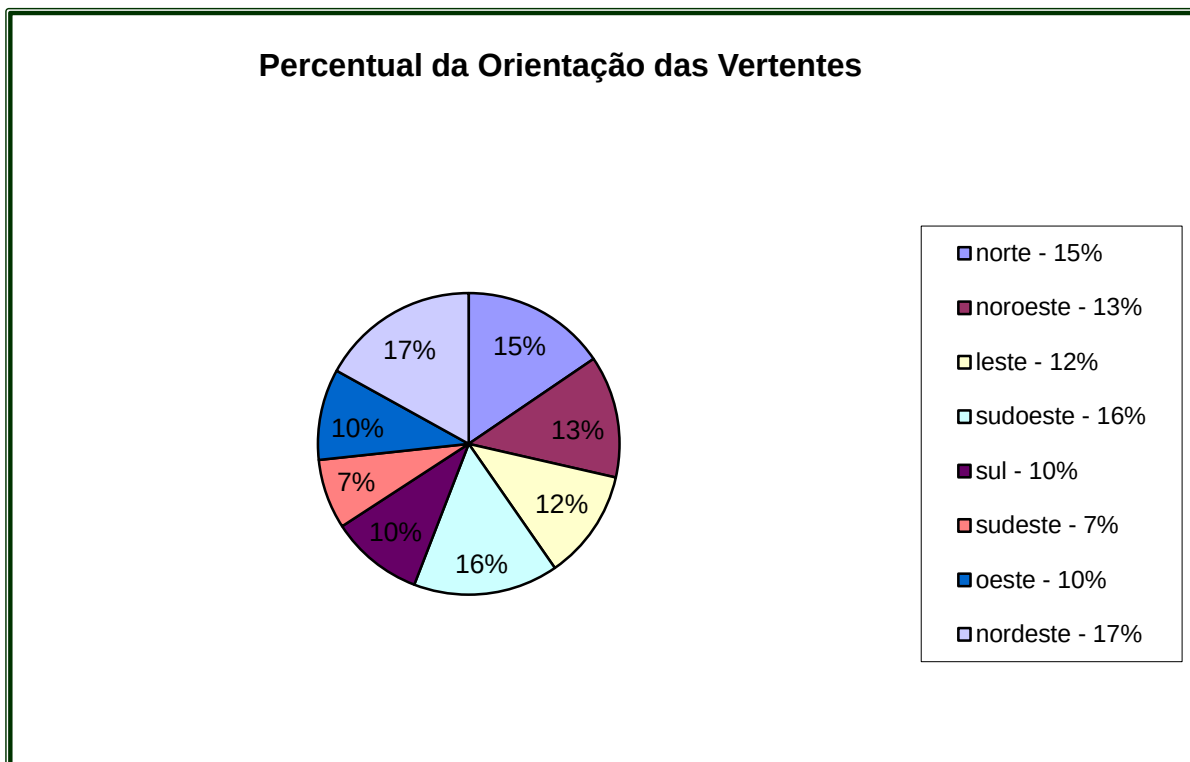


Figura 53 - Gráfico apresentando o percentual de orientação das vertentes.

6.1.6.5.1. Orientação de Fluxos

Grande parte dos estudos, desenvolvidos sobre o processo erosivo menciona que a chuva, exerce papel de fundamental importância, na ocorrência e deflagração deste processo, pois constitui um mecanismo de desagregação das partículas do solo.

A respeito deste assunto Guerra (2001), menciona que se a intensidade da chuva for menor do que a capacidade de infiltração do solo, não haverá escoamento superficial (*runoff*). Entretanto, se a intensidade da chuva exceder a capacidade de infiltração do solo, ocorrerá *runoff*. Esta comparação entre a capacidade de

infiltração do solo e a intensidade da chuva, deve ser associada a outros fatores como: a composição granulométrica dos solos, o ângulo da encosta, cobertura vegetal e atividade humana sobre a superfície.

Com relação à granulometria dos solos, Evans (1980) cita que os solos argilosos, por exemplo, possuem em média 1,6 a 2,3 vezes maior capacidade de armazenar água do que os solos areno-argilosos. Os aspectos destacados compõem formas de abordagem, desenvolvidas por pesquisas que investigam o papel do escoamento superficial no momento de deflagração do processo erosivo. A propósito do tema, Alberts (1980) afirma que com o tempo, as encostas que sofrem erosão tendem a se tornar mais arenosas, enquanto o sopé destas encostas se tornam mais siltosos e argilosos.

Na área de estudos, a parte inferior das encostas, apresenta composição silto-argilosa, indicando estágios anteriores de erodibilidade acentuada. Dessa forma, é necessário conhecer a direção preferencial dos fluxos sobre as vertentes dos platôs, a fim de evitar a deflagração de mecanismos erosivos no local e a possível remoção de sedimentos, para dentro dos canais que compõe as bacias hidrográficas do Chico Preto, do Testa, do Guedes e Guedinho.

Neste contexto, procurou-se gerar o mapa de direção dos fluxos, com a finalidade de identificar a rota preferencial do escoamento em superfície e implantar práticas de mitigação e controle da erosão. Sendo assim, as interpretações realizadas sobre o mapeamento de direção dos fluxos, permitiu reconhecer que no platô 1 as direções da vertente leste seguem para o Igarapé do Testa e no platô 2 os fluxos apresentam rotas preferenciais no setor oeste (Figura 54).

O planejamento das estruturas de escoamento da água e da rede de drenagem deve ser realizado sob a observância da direção destes fluxos na superfície do terreno.

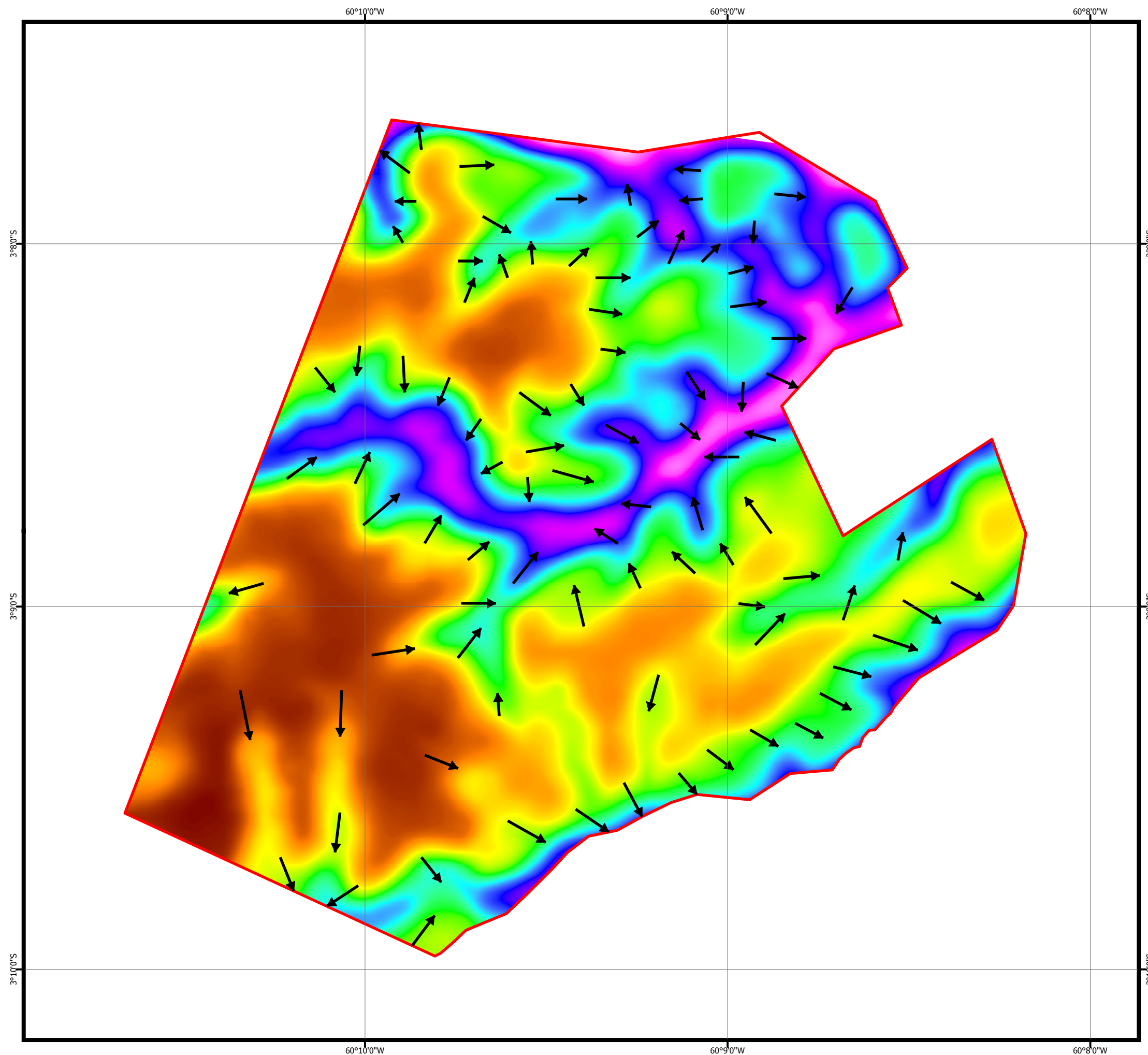
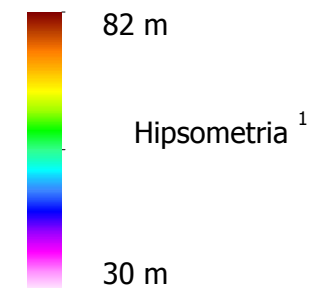


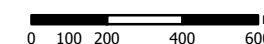
Figura 54
**MAPA DO SENTIDO DO FLUXO
HÍDRICO SUPERFICIAL**

—► Sentido do Fluxo Hídrico Superficial ¹



◡ Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Emadina Gomes Rodrigues Soares - Geógrafa
2. SEINFRA/AM - 2012



Escala 1:20.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D

Pedro Manoel de Oliveira



EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012



Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

6.1.7. Solos

O solo no dizer de Dokoutchaiev é um corpo natural completamente diferente do mundo mineral, vegetal e animal, sendo, no entanto, um mundo vivo, pois um solo pode ser jovem (incompleto em sua formação), adulto (bem formado), velho e morto (fóssil). Por causa de sua gênese, evolução e propriedades, o solo difere dos três reinos da natureza, devendo ser considerado um quarto reino (GUERRA, 2001).

Vários autores dentre os quais se pode mencionar: Prado (1991), Palmieri (2000), Guerra (2001) e Santos *et al* (2006) definem solo considerando-o como um corpo tridimensional representado por um perfil que vai desde a superfície, até o contato com o material de origem, constituindo a unidade básica de estudo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

O solo tem como limite superior a atmosfera. Os limites laterais são os contatos com os corpos d'água superficiais, rochas, gelo, áreas com coberturas de materiais detríticos inconsolidados ou com aterros.

Para Resende et al. (2002) o solo constitui um dos mais importantes recursos naturais do nosso planeta e ocupa 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.

O solo constitui a base de sustento do meio biológico representado pelos grupos humanos, animais e vegetais. Além deste papel é do solo que são extraídos recursos materiais para a construção de moradias, utensílios domésticos, objetos artesanais, industriais e outros. Para reconhecer as características específicas de cada grupo de solo é necessário desenvolver estudos que compreendam análises morfológicas e pedológicas.

O estudo da morfologia do solo é de grande importância, uma vez que é por seu intermédio que são avaliados aspectos morfológicos, visando a classificação dos grupos de solos para posterior aproveitamento. Sendo assim, neste item, serão

descritas as informações sobre os grupos de solo, obtidas durante os levantamentos de campo e dados sobre estudos de impacto ambiental.

6.1.7.1. Classificação dos Grupos de Solos

Grande parte dos solos posicionados tanto na área de influência direta (AID) como na área de influência indireta (AII) se encontram sobrepostos na Formação Alter do Chão com idade correspondente ao Cretáceo Superior. O material de origem destes grupos de solos é derivado de processos de sedimentação e pedogênese sobre as rochas argilo-areníticas, comumente visualizadas em fase posterior aos cortes de taludes para aberturas de estradas na cidade de Iranduba.

A distribuição da Formação Alter do Chão é verificada tanto na margem direita como na margem esquerda do Rio Negro, se apresentando pela região Metropolitana de Manaus como o alicerce dos latossolos, principal grupo identificado no local. Com base nestas informações, foram realizados levantamentos de campo visando o reconhecimento deste grupo e outras unidades de classificação.

Estudos realizados por Lima (2007) indicaram para esta região os seguintes grupos de solos:

- a) solos bem drenados de terra firme com textura média a muito argilosa, onde foram incluídos os Latossolos, os Plintossolos Petrícios e os Argissolos;
- b) os solos bem drenados de terra firme com textura arenosa onde estão inseridos os Espodossolos e os Neossolos quartzarênicos e;
- c) os solos sujeitos à inundação correspondentes ao Gleissolos e Neossolos Flúvicos.

Na área de influência direta do empreendimento foram identificados principalmente nos platôs, os grupos do Latossolos Amarelos (Figura 55) e os Plintossolos Petrícios (Figura 56) ambos situados na unidade geomorfológica de platôs.



Figura 55 - Perfil de Latossolo, predominante na área.



Figura 56 – Presença Plintossolos Petríficos.

O primeiro grupo se encontra posicionado no topo dos platôs sob floresta densa e o segundo é encontrado nas faixas de topo ou na encosta (Figura 57 e Figura 58) compondo áreas com floresta de campinarana.



Figura 57 – Detalhe das Encostas com superfície.



Figura 58 - Tipo de cobertura vegetal laterizada encontrado nestas áreas.

Os latossolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm de superfície do solo ou dentro de 300 cm. O grupo Latossolo identificado nesta região apresenta horizonte B latossólico com cerca de 50 cm bastante intemperizado, logo abaixo do horizonte superficial. Exames morfológicos identificaram para este grupo boa agregação entre as partículas de areia, silte e argila.

A fração argila não estabeleceu variação elevada quanto à profundidade, definindo baixa mobilidade das argilas no horizonte subsequente.

O incremento de argila do horizonte A para o B foi pouco expressivo. Este grupo de solos tem vulnerabilidade à erosão classificada como baixa e apresenta boa capacidade de recuperação mediante à implantação de práticas mecânicas e de regeneração de cobertura vegetal.

A sequência de horizontes A, B, C relacionada à cor se apresenta difusa ou gradual, com pouca diferença entre as cores. O horizonte A se apresenta mais escuro, enquanto o horizonte B constitui tonalidades entre o amarelo claro e amarelo escuro nos matizes 2,5YR.

São grupos de solos geralmente ácidos, com baixa saturação de bases, distróficos e com faixa de ocorrência sobre classes de relevo plano a suave ondulado. As feições locais onde estes solos foram encontrados inserem-se na classe de declividade até 15% representada por relevos colinosos cujas alturas são inferiores a 100m.

Outro grupo de solos encontrado na área do empreendimento, foi o Petroplintico, que são solos minerais, formados sob condições de restrição à percolação de água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintização (Figura 59A e 59B, respectivamente).



Figura 59A - Horizonte petroplântico a 150cm de profundidade.



Figura 59B – Detalhe da expressiva plintização nesse horizonte.

Na área do empreendimento, o horizonte petroplântico foi encontrado entre o intervalo de 100cm a 150cm de profundidade. As cores são predominantemente mosqueadas em tons laranja e vermelho, ou coloração variegada, acima do horizonte diagnóstico. Alguns grupos desta classe, embora oriundos de condições associadas a excesso de umidade ou restrição temporária à percolação de água, ocorrem nos tempos atuais em condições de boa drenagem, podendo apresentar cores avermelhadas na maior parte do perfil (Santos *et al.*, 2005).

Parte dos solos com horizonte plântico tem ocorrência relacionada às áreas de relevo plano a suavemente ondulado e menos frequentemente em ondulosos, em zonas geomórficas de depressão. Na área de estudo foi constatada a ocorrência desse grupo nos terços inferiores de encostas, na classe de declive para intervalos de 10%. Outra parte desses solos ocupa posições mais elevadas, geralmente nos topos ou bordas dos platôs, identificadas na área do empreendimento.

Além dessas classificações foi identificado um terceiro grupo de solos, reconhecido como solos de terra firme, com textura arenosa, nos quais se incluíram os Espodossolos e os Neossolos Quartzarênicos (Lima, 2007). Grande parte desse grupo foi encontrada em zonas de fundo de vale e áreas próximas aos canais fluviais, em faixas de relevo classificadas entre declives de 5% que compreendem zonas de bacias.

No local destinado ao empreendimento Cidade Universitária, os Neossolos Quartzarênicos compreenderam solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentaram alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja por razão de características inerentes ao próprio material de origem, ou por maior resistência ao intemperismo.

Os locais onde estes solos se encontram são regionalmente conhecidos por areais e servem para uso na indústria da construção civil. Este grupo apresenta na composição granulométrica elevada para a fração de areia quartzosa, permitindo classificá-lo como sendo tipicamente de textura arenosa. A permeabilidade é considerada alta e o potencial agrícola muito limitado. Os graus de consistência apresentam-se do tipo solta, fato que propicia vulnerabilidade à erosão nestes ambientes.

O processo pedogenético destes solos destaca-se pela perda das argilas por erosão geoquímica ou dissolução, quando da iluviação dos minerais de argila no processo de podzolização.

6.1.8. Hidrografia

6.1.8.1. Regime Hidrológico da Bacia Amazônica

A bacia Amazônica é caracterizada por possuir uma imensa superfície inundada (37% da América do Sul), mais, sobretudo pelo nivelamento da planície aluvial, que apresenta uma baixíssima declividade (1cm/km) (Guyot et al. 1993b e 1994). Os rios da região Amazônica apresentam leitos de largura extensa, tendo numerosos braços de escoamento da água. Os eixos fluviais da bacia Amazônica são verdadeiras vias de comunicação humanas e corredores de grande importância socioeconômica para a bacia, onde parte de suas atividades encontra-se, com frequência, exposta às enchentes causadas pelo constante avanço e recuo das águas na região. Durante as cheias, as águas da superfície dos grandes rios entram nos lagos podendo permanecer vários meses, alterando o valor do pico da cheia, que progride lentamente e grandes superfícies são temporariamente inundadas. Em período de vazante, as águas estocadas são liberadas, aumentando o valor da estiagem. Estes grandes lagos agem como reservatórios naturais afetando o ciclo hidrológico do curso principal do rio Amazonas e dos seus principais afluentes e conseqüentemente o ciclo hidrológico global (Silva, 2010).

A prioridade, em termos de conhecimento dos rios amazônicos, reside na caracterização de seus escoamentos hidráulicos (ou hidrodinâmicos), i. e., a forma como o excedente de água se propaga dos rios para as áreas adjacentes. Porém toda tentativa de caracterização dos recursos hídricos na Amazônia sofre de carência de dados, uma vez que um sistema de monitoramento, que seja perene, homogêneo e que produza dados rapidamente acessíveis, necessita da coleta de várias informações, entre elas dados pluviométricos, observações dos níveis d'água dos lagos e rios e, de medidas de vazões, cujo custo de instalação é altíssimo (Alsdorf et al., 2001). A rede de monitoramento hidrológico da bacia Amazônica, mantida pela Agência Nacional de Águas dispõem de 435 réguas linimétricas, cuja densidade é bastante baixa, somente 0,000063 réguas/km² penalizando e limitando a

compreensão das variabilidades e incertezas que envolvem a predição do ciclo hidrológico na bacia (ANA, 2012).

Nas últimas décadas eventos hidrológicos extremos afetaram a bacia Amazônica causando danos sociais consideráveis às populações ribeirinhas, ocasionando dificuldades de transporte e navegação, escassez de alimento e de água e doenças epidêmicas, bem como danos ecológicos, conduzidos, inicialmente, por anomalias climatológicas. Em 1997 episódios quentes no Pacífico tropical, fenômeno conhecido como El Niño, provocaram déficits de chuva na parte Norte e Central da bacia provocando a terceira maior estiagem no período de 1997-2009, sendo controlado por déficits hídricos nos tributários localizados na porção Norte da bacia (Tomasella *et al.*, 2011). Em 2005, as parcelas Centrais e do Sul-Sudoeste da bacia foram afetadas novamente por uma seca excepcional, considerada a sétima maior estiagem no período 1903-1999 (Tomasella *et al.*, 2011). A seca de 2005 é ligada às condições prolongadas do El Niño (2004-2005) no Pacífico tropical e ao aquecimento anormal do Atlântico tropical do Norte, acentuando os déficits hídricos nos tributários localizados na porção Sul-Sudoeste da bacia (Zeng *et al.*, 2008; Marengo *et al.*, 2008a, 2008b; Tomasella *et al.*, 2011). Cenário similar foi observado na bacia Amazônica em 2010 (Tomasella e Marengo, 2011) em que o fenômeno El Niño, somado ao aquecimento do Atlântico tropical Norte influenciaram desfavoravelmente as cheias e recargas dos tributários da porção Norte da bacia durante o período chuvoso de dezembro 2009 até março 2010. Durante o outono do hemisfério sul, o Atlântico tropical continuou aquecendo em tanto que no Pacífico tropical o fenômeno El Niño foi substituído pela fase fria, o fenômeno La Niña. Esta situação climática durante o verão e outono austral favoreceu a ocorrência de estiagens severas da porção Central e Sul-Sudoeste da bacia Amazônica até outubro 2010.

Uma marcada sazonalidade do ciclo hidrológico é evidenciada na bacia Amazônica, em virtude do regime de precipitações, com forte atividade convectiva, que se apresenta em oposição entre o Norte e o Sul da bacia, com meses chuvosos no inverno e no verão austral, respectivamente (Salati *et al.*, 1978; Kusky *et al.*, 1984 ; Horel *et al.*, 1989; Figueroa e Nobre, 1990; Nobre *et al.*, 1991 e Villar *et al.*,

2009). Os grandes tributários do sistema Ucayali-Solimões-Amazonas atingem o seu nível máximo em diferentes épocas do ano, provocando certo equilíbrio do nível do rio, com as cheias ocorrendo nos períodos de abril a julho.

Um dos componentes hidrológicos que são considerados rotineiramente ao avaliar impactos ambientais dos eventos hidrológicos extremos é a variação do nível de água. O monitoramento desta variável é realizado através de redes de estações hidrométricas organizadas a nível nacional e requerem uma série de observações in situ por um período de tempo muito longo, cujo custo de instalação e manutenção é altíssimo (Alsdorf *et al.*, 2001). O sistema de informações hidrológicas HidroWeb, mantido pela Agência Nacional de Águas (ANA), contém dados de diferentes estações hidrológicas para a bacia Amazônica, em território brasileiro, contabilizando 435 estações fluviométricas (ANA, 2012). Embora tais dados forneçam uma definição temporal densa, a resolução espacial é limitada e a atualização desse sistema pode levar de 6 a 12 meses. Uma tendência atual é a intensificação da utilização de dados hidrológicos estimados a partir de sensores remotos, embarcados em satélites, pois fornece dados com aceitável resolução espacial e temporal, proporcionando uma visão sinóptica (de conjunto) e multi-temporal (de dinâmica) de extensas áreas (Florenzano, 2002), com complexa variabilidade sazonal, de difícil acesso e com limitada infra-estrutura, como a região Amazônica.

As vantagens no uso do sensoriamento remoto no meio ambiente são muitas, dentre elas destacam-se: possibilidade de imagear áreas cobertas por nuvens, capacidade de penetração na vegetação, areia, e superfícies com camadas de neve, capacidade de iluminação própria (sensor ativo), possibilitando que o ângulo de iluminação seja controlado e a cobertura ser obtida em tempos específicos, até mesmo durante a noite, permitindo atingir maior resolução espacial (Novo, 1998). Neste contexto, a altimetria espacial, permite uma visualização da superfície em escala continental, sobretudo nas regiões de difícil acesso, sendo a única fonte com potencial para alcançar a medição dos extensos rios da bacia Amazônica, de forma homogênea, continua e freqüente, com detalhamento espacial e temporal que as redes superficiais de observação não permitem (Calmant e Seyler,

2006). A altimetria espacial se baseia nas medidas instantâneas que os satélites fazem da superfície oceânica através da emissão de onda do nadir do satélite, calculando o tempo que leva a emissão da onda até a recepção de um eco.

Este estudo tem como objetivo analisar a variação espacial e sazonal, bem como caracterizar o regime hidrológico da bacia do rio Negro, o segundo maior tributário a contribuir para a fluxo do rio Amazonas, no qual se encontram inseridas as sub-bacias do Igarapé do Testa e do Igarapé do Chico Preto, que por sua vez enquadram-se na área correspondente à Cidade Universitária. O estudo utiliza a técnica de altimetria espacial onde foram utilizados os dados altimétricos de nível de água obtidas através de estações virtuais, com o algoritmo (Ice-1) do satélite ENVISAT cuja cobertura espacial é observada na figura 60.

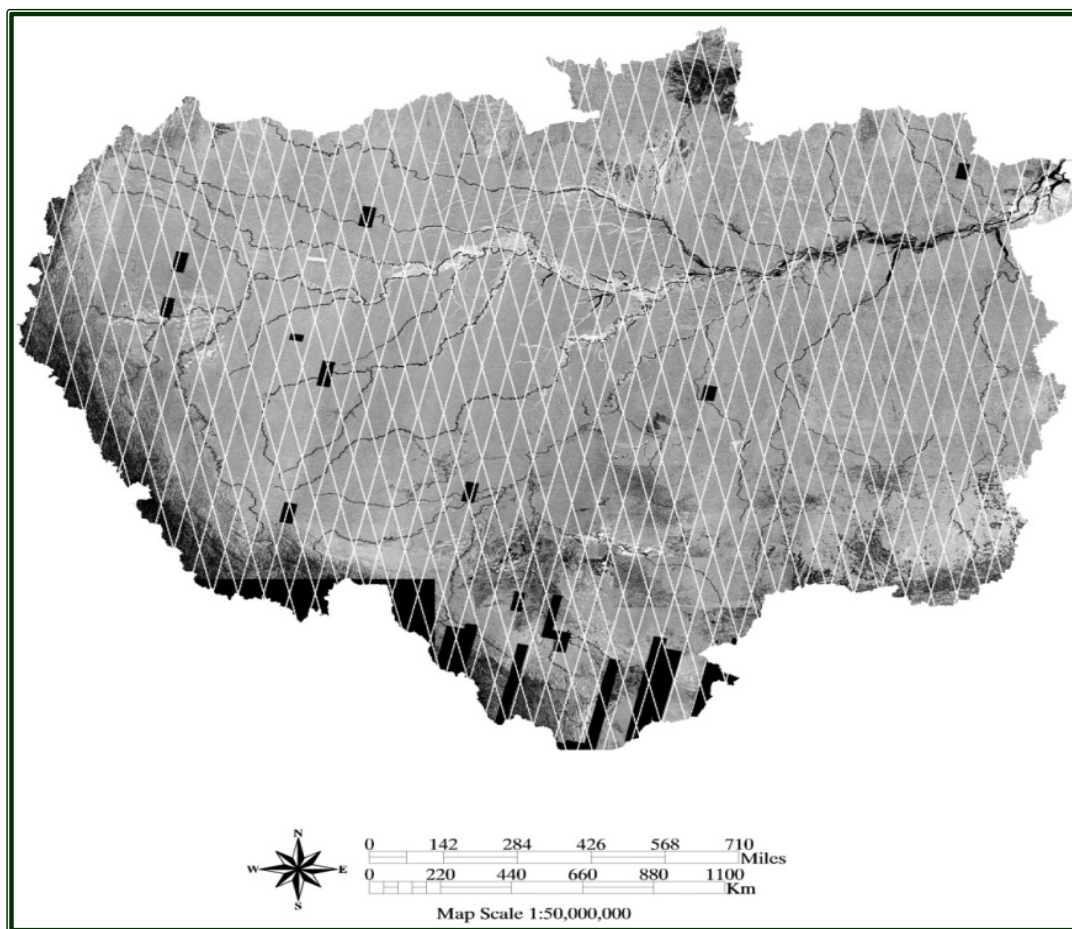


Figura 60 – Cobertura espacial da missão ENVISAT na bacia Amazônica. Mosaico de imagens JERS-1 no período de cheia em segundo plano. Rede de drenagem desenvolvida por Seyler *et al.* (2009).

6.1.8.2. Bacia do Rio Negro

A bacia do rio Negro (Figura 61) possui cerca de 700000 km² (Molinier *et al*, 1996) o que corresponde a cerca de 10% da bacia Amazônica, com uma vazão anual média de 28,4 x de 103 m³ s⁻¹ e uma área de drenagem de aproximadamente de 0,7 x 106 km² (Molinier *et al*, 1997).

O rio Negro nasce na Colômbia, atravessa a Venezuela e adentra o Brasil cruzando as savanas do Lavrado de Roraima, em vários trechos ao longo de seu percurso pela região norte do Brasil é margeado por floresta ombrófila densas de planície (Eva et al., 2002).

A nomenclatura Negro provém da cor de suas águas resultando da grande quantidade de ácidos húmicos e de óxidos de ferro dissolvidos que resultam num característico pH ácido de aproximadamente 4,2 (Moreira-Turcq, 2003). As planícies de inundação ao longo do rio Negro não apresentam grandes extensões, se comparadas ao do rio Amazonas, visto que o rio é confinado em um leito de substrato rochosos do planalto das Guianas e poucos sedimentos são transportados (Franzinelli e Igreja, 2002). Em seu curso médio, o rio Negro recebe alguns grandes tributários, em sua margem esquerda o mais relevante é rio de Branco.

O rio de Branco nasce na porção centro-oriental do estado de Roraima, aos pés da Serra Paracaima fronteira entre Brasil, Venezuela e Guiana. No curso médio, o rio cruza uma enorme planície com baixíssima declividade, denominada Pantanal do Norte. Esta zona úmida é limitada por penhascos que podem atingir 20 m de altura e cercada por floresta de terra firme que não é inundada durante as cheias (Franzinelli e Igreja, 2002). Formado por bancos de sedimentos com elevação de até 7 m, o delta de Rio Branco penetra como uma progressiva planície no vale do rio Negro onde atua como uma represa estreitando o leito principal, que apresenta somente 2 km de largura na foz do rio Branco (Latrubesse e Franzinelli, 2005). Nessa região encontra-se o arquipélago Mariuá, onde o leito principal do rio Negro é totalmente anastomosado atingindo até 55 km de extensão, formando complexos leitos menores, com a presença de ilhas e vegetação inundada, limitando-se em sua

margem esquerda por um enorme terraço assimétrico (Latrubesse e Franzinelli, 2005).

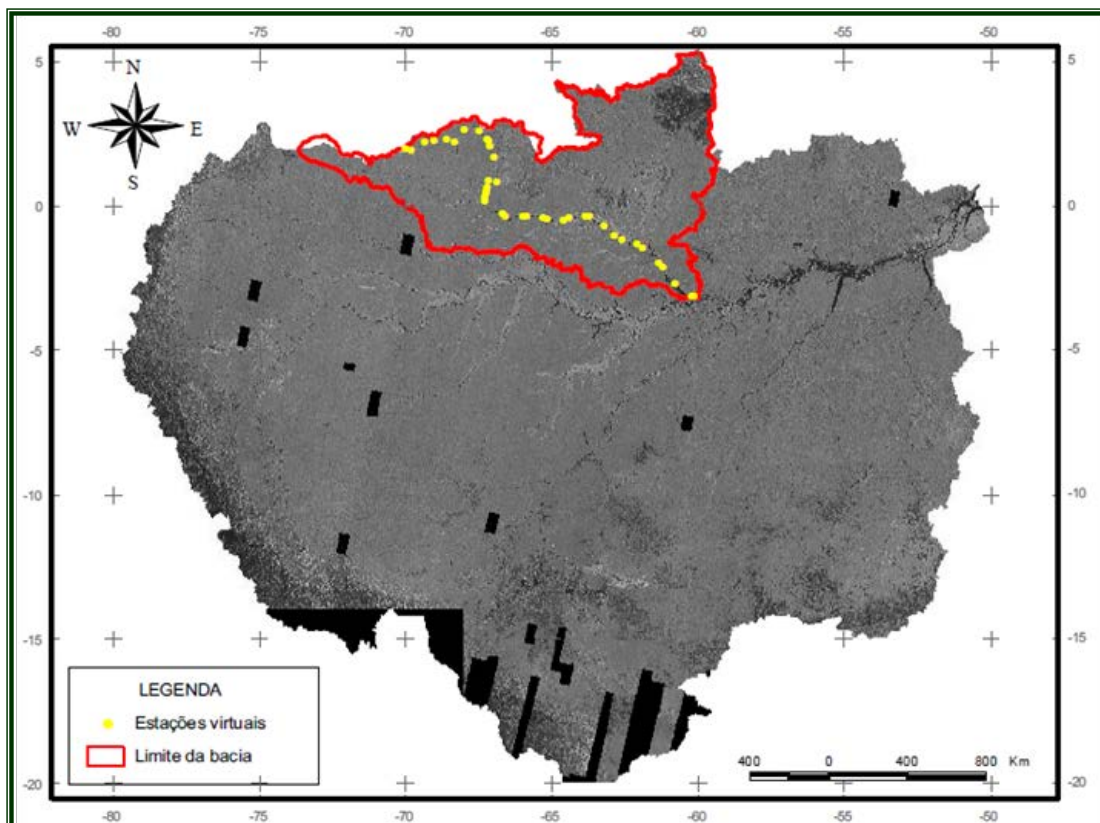


Figura 61 – Localização da bacia do rio Negro e estações virtuais (pontos em amarelo). Mosaico de imagens JERS-1 no período de cheia em segundo plano.

Em sua foz o rio Negro é margeado pelos Municípios de Manaus, à direita e o Município de Iranduba, à esquerda, no qual se encontram inseridas as sub-bacias do Igarapé do Testa e do Igarapé do Chico Preto, que seguem uma direção NW-SE. Suas águas são influenciadas fortemente pelos níveis de água do rio Negro, resultante do efeito de barragem hidráulica que se estende sobre vários quilômetros em seus afluentes (Silva *et al.*, 2012). Os solos nesta região são de predominância arenosa (Eva *et al.*, 2002) e, portanto, com baixa capacidade de retenção de água. A vegetação em boa parte adaptada a esta condição anfíbia reagiria de maneira incerta a toda e qualquer alteração no balanço hídrico regional que signifique stress hídrico (Cruz e Andrade, 2008).

O regime fluviométrico na foz do rio Negro (região onde a cidade de Manaus está situada, à margem esquerda e a área da Cidade Universitária, à margem direita) é controlado pela água do rio Amazonas, cuja descarga é maior e causa um efeito de “back water”, ou barramento hidráulico, na água do rio Negro. Este fenômeno é descrito por Meade (1991), utilizando dados sobre o nível da água na região, como também por Laraque *et al.* (2009).

A região do baixo rio Negro encontra-se em uma área de lineamento estrutural, que conforme Sternberg (1950), mencionado por Franzinelli e Igreja (1990), e Franzinelli e Igreja, (2002), Latrubresse e Franzinelli (2005) e Silva e Rosset (2010), todos são unânimes em afirmar que, durante todo seu percurso, o Rio Negro tem o seu curso determinado por falhas que provocam lineamento estrutural decorrente de processos tectônicos.

Consequentemente, os níveis das cotas do Rio Negro registrados na estação hidrológica do porto de Manaus são afetados diretamente pelo nível do Rio Solimões/Amazonas, que possui maior vazão em relação aos seus afluentes e exerce pressão em seus tributários, no decorrer do seu percurso, até o oceano Atlântico. Predominantemente, as cheias do Negro estão associadas às contribuições do rio Solimões e dos seus afluentes, que ao encherem provocam seu represamento. São cheias que apresentam um longo tempo de percurso, devido ao grande tamanho da bacia hidrográfica e a pequena declividade observada nos leitos dos seus principais corpos d'água.

A proporção entre as vazões dos rios Solimões e Negro é de 28% em média. Segundo a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/Serviço Geológico do Brasil, esse comportamento hídrico facilita a previsibilidade dos episódios de cheia – vazante com vários dias de antecedência. 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 apresenta uma baixa descarga de sedimentos para o Solimões/Amazonas, cerca de 08 milhões de tonelada/ano de material em suspensão, o que representa de 2 a 3% do que é transportado pelo rio principal da

Bacia Amazônica (Filizola, 1999). Nesta dinâmica fluviométrica, as planícies marginais do rio Negro são caracterizadas como muito estáveis e pouco afetadas pelo processo de sedimentação anual. O rio Branco é o maior contribuinte de sedimentos do baixo rio Negro, com contribuição importante para a formação de ilhas no baixo rio Negro (Fisher, 1978; Meade *et al.*, 1979).

A carga de leito, segundo Latrubesse e Franzinelli (2005), é composta predominantemente de areia de quartzo branco. Sedimentos finos são formados por argilas caulínicas ricos em ferro e areias derivados de rochas do pré-cambriano e embasamento cristalino do Paleozoico e o Mesozoico e rochas sedimentares.

O Rio Negro é o mais importante rio de água preta da rede fluvial das bacias brasileiras, sendo fundamental via de circulação e transporte regional e de importância ecológica ao bioma amazônico.

6.1.8.3. Caracterização Hidrográfica da Área do Empreendimento

A área designada a implantação da Cidade Universitária é drenada por dois principais cursos d'águas, pertencentes às micro bacias hidrográficas do Chico Preto, responsável pela drenagem do setor sudeste da área do empreendimento, e do Testa, que drena os setores centro-oeste e noroeste da referida área. Ao leste situa-se parte de uma represa particular pertencente ao Hotel de selva Amazon Fish. Parte desse lago está contida no interior da área do empreendimento. Além dos cursos d'água mencionados, existem alguns canais temporários, com pouco ou nenhum volume de água durante o período de águas baixas.

Para compreender o comportamento da drenagem, padrões e anomalias da rede fluvial local, determinados aspectos são tomados como referencial, que buscam avaliar os condicionantes litológicos e tectônicos para análise morfoestutural da paisagem fluvial da região.

A análise morfométrica de bacias hidrográficas inicia-se pelo ordenamento de canais fluviais e tem a finalidade de estabelecer a hierarquia fluvial representada numericamente pela sua magnitude.

Para a compreensão das disposições dos canais dentro de uma rede de drenagem, foi utilizado o sistema de hierarquia fluvial proposta por Horton, (1945), modificado por Strahler (1952). Atualmente é o sistema mais utilizado, classificado da seguinte maneira: canais fluviais sem tributários são descritos como rios de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os rios de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordem, e assim sucessivamente (Figura 62).

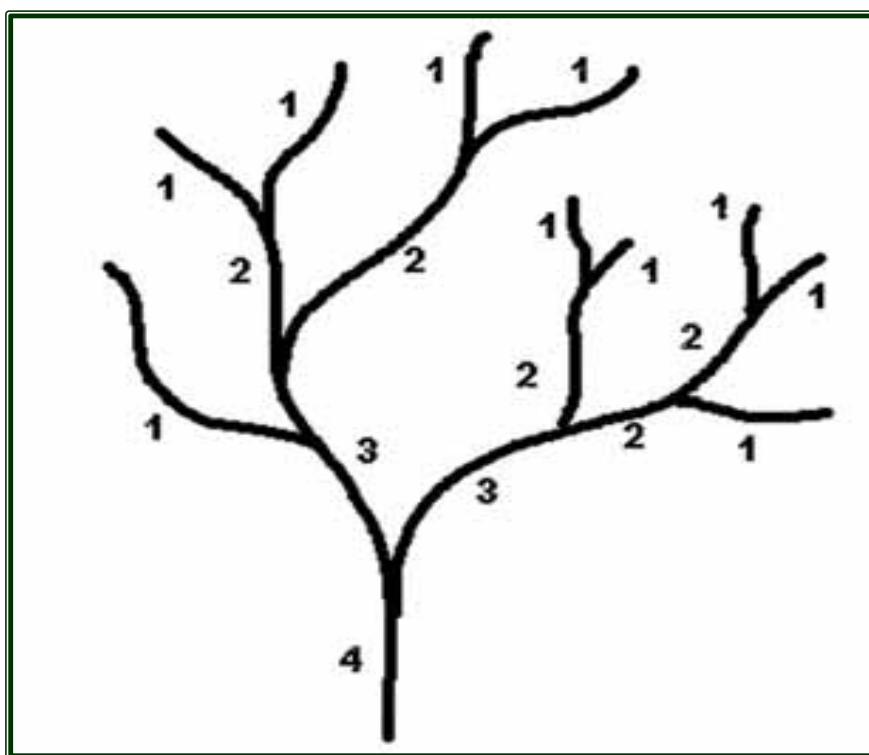


Figura 62 - Determinação da ordem dos canais de drenagem proposta por Strahler, 1952.

A hierarquia fluvial consiste em estabelecer um ordenamento na disposição dos canais para efeitos comparativos entre sub-bacias inseridas nos modelados. É um importante parâmetro morfométrico, essencial para a caracterização da rede de drenagem na descrição das unidades geomorfológicas. O padrão de drenagem para as sub-bacias localizadas na área da Cidade Universitária é do tipo dentrítico, com

escoamento difuso, encaixado entre dois principais platôs. As duas principais redes de drenagem, micro bacias do Chico Preto e do Testa, possuem canais de primeira, segunda e terceira ordem, (Figura 63).

Quanto ao uso, os cursos d'água são utilizados na navegação de pequenas embarcações durante o período de águas altas, bem como fonte de abastecimento destinado a irrigação das culturas agrícolas e de açudes para a piscicultura.

A margem esquerda do igarapé do Chico Preto é ocupada por moradias de pequenos agricultores que, dentre outras plantações, cultivam laranja, melancia e maxixe. A área também é utilizada para o lazer de banhistas. Barragens para a criação de alevinos também foram constatadas. Na margem direita do referido igarapé, encontra-se um estaleiro artesanal, que pratica reparos de embarcações de médio e pequeno porte, além de moradias de agricultores. Durante o período de águas altas, parte da vegetação de seu leito fica inundada, formando um igapó.

O igarapé do Testa é atualmente utilizado como balneário. É comum a navegação de pequenas embarcações no período de águas altas, quando o rio Negro adentra a área de igapó. Nas suas margens encontram-se poucas residências de agricultores, em uma comunidade denominada Nossa Senhora de Nazaré, cujo acesso fluvial se dá por meio deste curso d'água. Foram observados dois açudes destinados a criação de alevinos, os quais utilizam a água do canal para sua manutenção durante o ano todo.

Um estudo hidrológico realizado por Glória (2012) para a bacia do Tarumã-Mirim mostrou a variação hidrológica e a influência do regime de cotas do Rio Negro no interior da referida bacia, no qual foi utilizado uma estação hidrológica localizada no interior da micro-bacia do Tarumã, para realização de levantamento de dados pluviométricos e fluviométricos, ao longo do ano de 2011. O estudo demonstrou que o regime de cotas do rio Negro medidos na estação do porto de Manaus causa influência no comportamento hidrológico daquela bacia.

Assim como no estudo mencionado no parágrafo anterior, as duas micro bacias localizadas na área da Cidade universitária também são influenciadas pelo regime do Rio Negro.

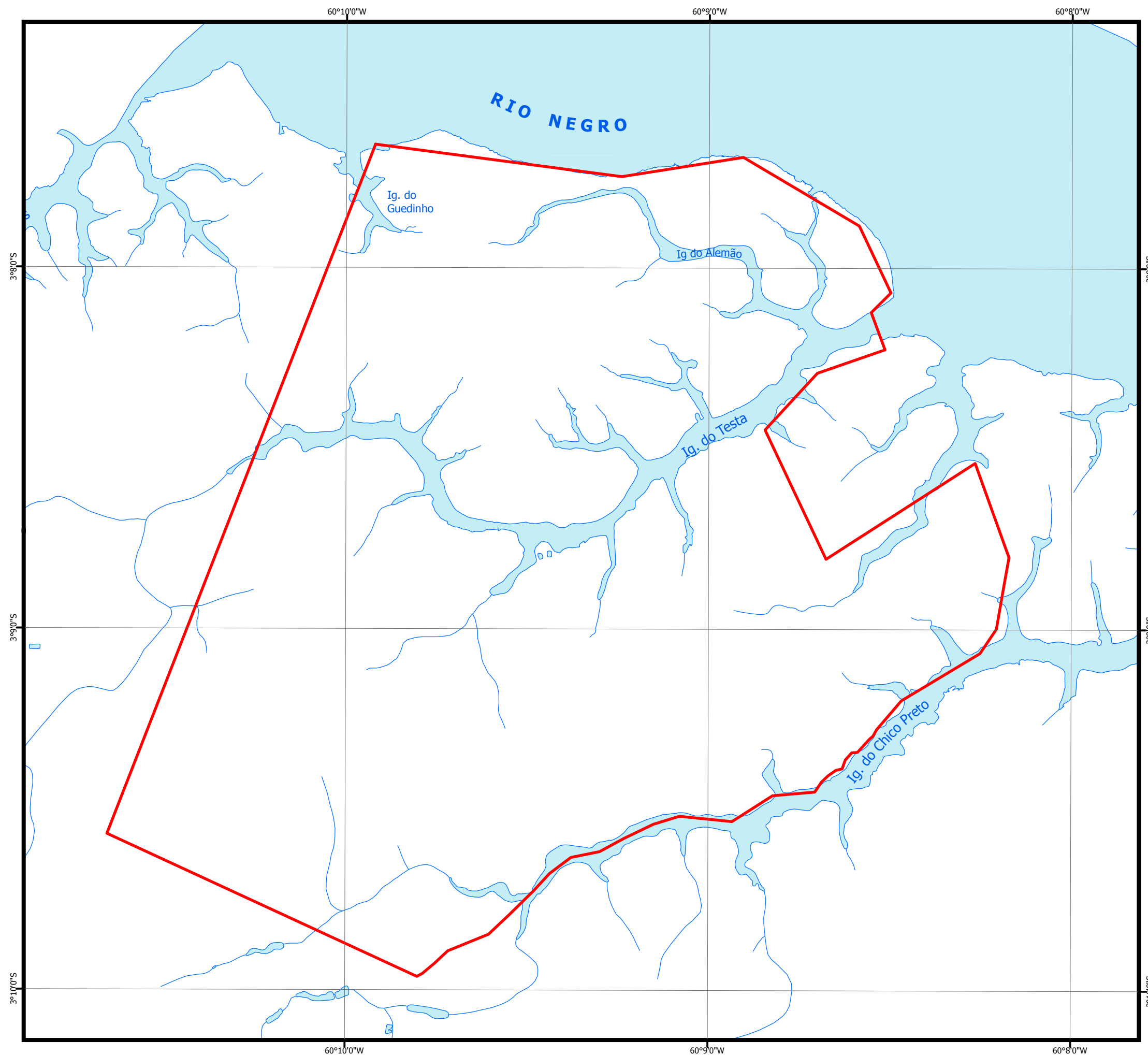


Figura 63
**MAPA DA REDE DE DRENAGEM
DA ÁREA DA CIDADE UNIVERSITÁRIA**

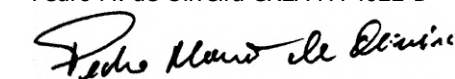
-  Rios ¹
-  Drenagem ¹
-  Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Equipe EIA/RIMA
2. SEINFRA/AM - 2012

0 100 200 400 600 800 m

Escala 1:20.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D




CIDADE
UNIVERSITÁRIA

EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012


UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS

Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

Quando o rio Negro encontra-se com volume de água capaz de adentrar a foz dos seus afluentes, ocasiona o efeito de barramento hidráulico, mencionado por Meade *et al.* (1991), Laraque *et al.* (2009) e Filizola *et al.* (2009). Esse efeito de barramento pode ocorrer em pequenas bacias hidrográficas, como foi observado por Glória (2012) na micro bacia do Tarumã-Mirim. É o que ocorre também com as micro bacias da área do empreendimento (Figura 64).

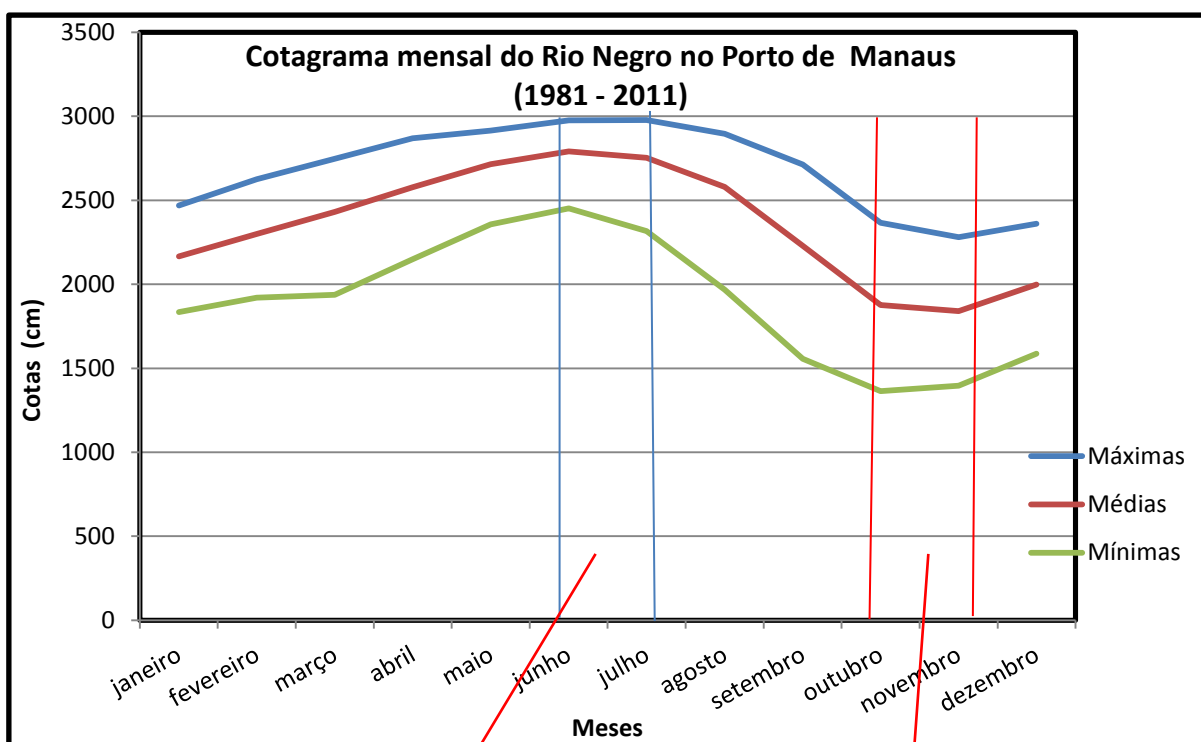


Figura 64 - Cenário de águas altas e águas baixas observados na área do empreendimento.

Este fenômeno ocorre geralmente quando o Rio Negro encontra-se no período de enchente e vazante, entre os meses de março até os meses de agosto e setembro. Deste período em diante, entre os meses de setembro a dezembro, as cotas são controladas pelo regime pluviométrico local. A partir de janeiro os comportamentos hidrológicos destas bacias passam a receber influência mista, tanto do domínio local, ocasionado pelas chuvas, quanto do barramento hidráulico do rio Negro. Vale ressaltar que podem ocorrer comportamentos hidrológico distintos nas micro-bacias situadas a margem direita em relação as bacias da margem esquerda do rio Negro, pois as feições geomorfológicas interferem na distribuição do volume de água no terreno.

Nos últimos anos tem ocorrido com maior intensidade uma maior variação de cotas nos rios Amazônicos, supostamente relacionada com eventos climáticos extremos. Tais eventos foram intensos, principalmente, nos últimos dez anos (2002 a 2012). Destaca-se que, no ano de 2009 foi registrada uma das maiores cheias dos últimos cem anos em Manaus.

De acordo com o monitoramento da estação do porto de Manaus, a cheia registrada superou a de 1953. Em seguida, no ano de 2010, o Rio Negro teve uma das maiores estiagens, o que dificultou a navegação e isolou comunidades próximas à cidade de Manaus (CPRM, 2010). Em 2012, uma nova enchente histórica foi registrada no rio Negro, superando a do ano de 2009 (Figura 65).

O relatório da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM, 2010) indica que esses eventos são associados aos efeitos dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña, que ocasionam o aquecimento e o resfriamento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, além de alterar o equilíbrio de energia do sistema oceano-atmosfera, proporcionando uma influência nos sistemas meteorológicos em diversas regiões do planeta.

Segundo Marengo (2008) esses eventos climáticos atípicos contribuem para uma maior variabilidade interanual das chuvas na região, influenciando na vazão da Bacia Amazônica, sendo observados valores de escoamento menores durante eventos de El Niño e maiores durante La Niña.

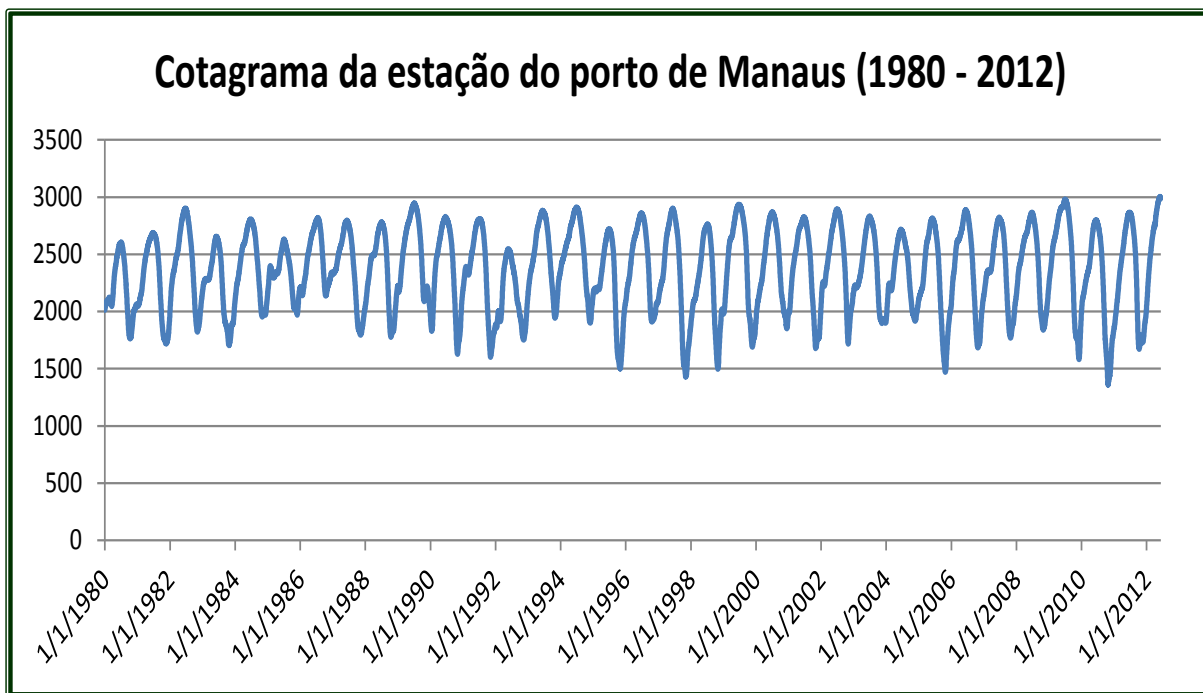


Figura 65 - Cotograma da estação do porto de Manaus no período de 1980 a 2012 (Fonte: ANA, 2012).

Em relação à variabilidade de amplitude das cotas registradas, o Rio Negro apresenta divergências em diferentes trechos. As estações de Curicuriari, próximo a São Gabriel da Cachoeira e de Barcelos, por exemplo, exibem hidrogramas bi-modais, com um primeiro pico de cheia em janeiro e um segundo, mais importante, no período junho a setembro (Filizola *et al*, 2002).

As bacias hidrográficas localizadas no trecho a jusante da bacia do rio Negro apresentam um comportamento semelhante. No entanto, para a obtenção de dados e informações mais precisas com relação ao comportamento hidrológico das duas microbacias que drenam a área da Cidade Universitária, será necessário um monitoramento hidrológico contínuo. Sugere-se a instalação de uma sessão de réguas e um pluviômetro para comparação dos períodos em que as cotas apresentarem mudanças em seus comportamentos.

Na figura 66 estão inseridos todos os corpos d'água superficiais localizados na área de Influência direta da Cidade Universitária e seus principais usos.

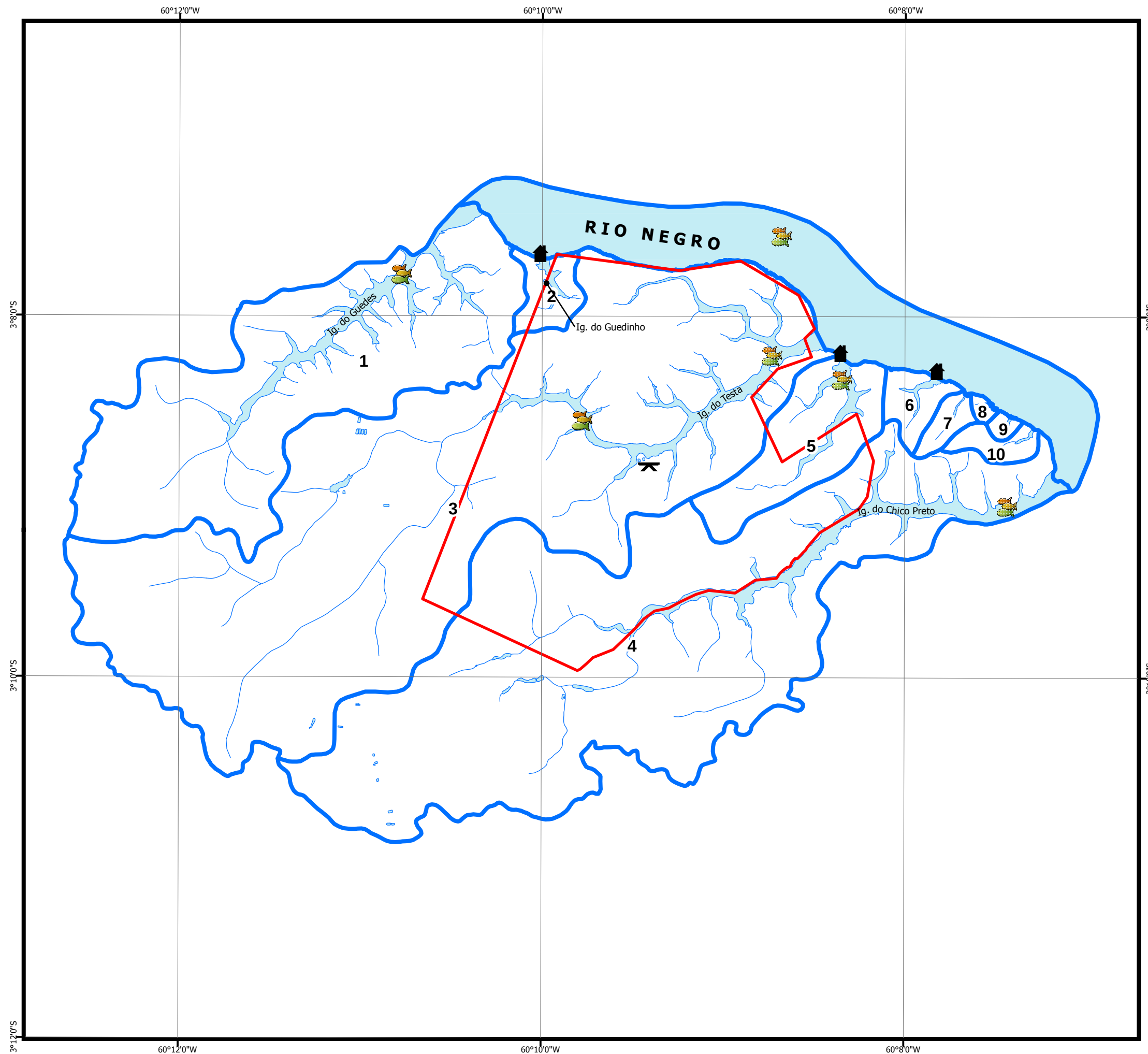


Figura 66
**MAPA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS
NA ÁREA DA CIDADE UNIVERSITÁRIA**

□ Limite das Bacias Hidrográficas
na Cidade Universitária ^{1,3}

1. Bacia do Ig. do Guedes (727,9 ha)
2. Bacia do Ig. do Guedinho (44,3 ha)
3. Bacia do Ig. do Testa (1.710,4 ha)
4. Bacia do Ig. do Chico Preto (1.321,5 ha)
5. Bacia do Ig. Ipiranga (164,5 ha)
6. Bacia de igarapé sem denominação (37,9 ha)
7. Bacia de igarapé sem denominação (21,1 ha)
8. Bacia de igarapé sem denominação (5,3 ha)
9. Bacia de igarapé sem denominação (6,9 ha)
10. Bacia de igarapé sem denominação (25,5 ha)

🏠 Turismo - Hotel

🐟 Pesca

➡ Área de Recreação Comunitária

— Rios ¹

🔴 Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Equipe EIA/RIMA
2. SEINFRA/AM - 2012
3. SRTM

0 200 400 800 1.200 1.600 m

Escala 1:40.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D

Pedro Manoel de Oliveira

CIDADE
UNIVERSITÁRIA

EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012

UEA
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS

Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

6.1.9. Caracterização da Qualidade da Água na área da Cidade Universitária

O presente levantamento baseia-se na caracterização da qualidade das águas dos principais Igarapés que estão na área de implantação do Projeto da Cidade Universitária da UEA. Este estudo será pautado no Índice de Qualidade das Águas – IQA, na Resolução CONAMA 357/2005 e no Programa Nacional de Qualidade das Águas – PNQA.

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*, sendo que os métodos de análise são descritos pela [American Public Health Association](#) - APHA. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (Juchem, 1992, Cunha, 2000, Christofolletti, 1999).

O IQA é composto por nove parâmetros, com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (Tabela 3).

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida (Figura 67).

Tabela 3 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivos pesos.

Parâmetro	Peso - w_i
Oxigênio dissolvido – OD (% OD)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL ⁻¹)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg.L ⁻¹)	0,10
Nitrogênio total (mg.L ⁻¹)	0,10
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	0,10
Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos totais (mg.L ⁻¹)	0,08

Fonte: ANA, 2004.

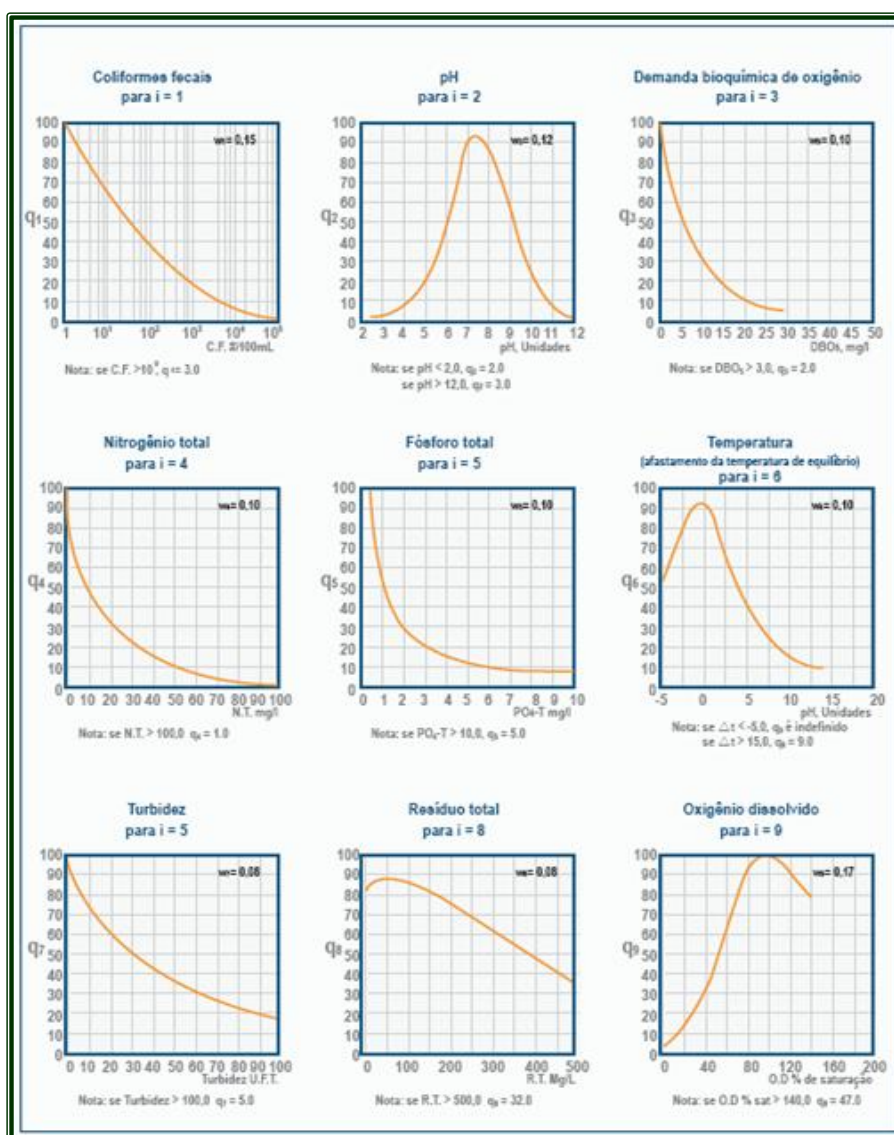


Figura 67 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA (Fonte: ANA, 2004).

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros (Tabela 4).

Tabela 4 – Avaliação da qualidade das águas a partir do IQA.

Conceito	Faixa
Excelente	$80 < IQA < 100$
Bom	$52 < IQA < 79$
Médio	$37 < IQA < 51$
Ruim	$20 < IQA < 36$
Muito Ruim	$0 < IQA < 19$

6.1.9.1. Descrição dos Parâmetros do IQA

6.1.9.1.1. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é vital para a preservação da vida aquática, já que vários organismos (ex: peixes) precisam de oxigênio para respirar. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg.L^{-1} (Mackereth, 1978, Golterman, H.L., 1978, Rodier, 1975), exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro, como no caso dos igarapés que fazem parte do presente estudo, devido à alta concentração de material orgânico oriundo da decomposição da floresta.

As águas eutrofizadas (ricas em nutrientes) podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg.L^{-1} (Guerra, 2001), situação conhecida como supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos e represas em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, devido à fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados. Por outro lado, durante a noite não ocorre a fotossíntese, e a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam bastante, podendo causar mortandades de peixes.

Além da fotossíntese, o oxigênio também é introduzido nas águas através de processo físicos, que dependem das características hidráulicas dos corpos d'água. A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio em velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, com a velocidade normalmente bastante baixa (Drew, 1994, Lencastre, 1992).

Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. Através da medição do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos dos resíduos oxidáveis sobre as águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação

bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática.

6.1.9.1.2. Coliformes Termotolerantes

As bactérias coliformes termotolerantes ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente e são indicadoras de poluição por esgotos domésticos. Elas não são patogênicas (não causam doenças), mas sua presença em grandes números indicam a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ex: desintéria bacilar, febre tifóide e cólera).

6.1.9.1.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. A Resolução CONAMA 357 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9. Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados.

6.1.9.1.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia e transformá-la em uma forma inorgânica estável. A DBO_{5,20} é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C.

Valores altos de DBO_{5,20}, num corpo d'água são geralmente causados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. No caso dos igarapés da área da Cidade Universitária, um alto índice de DBO_{5,20} pode estar relacionado a grande carga de matéria orgânica em decomposição proveniente da própria floresta. A ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição

dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos.

6.1.9.1.5. Temperatura da Água

Variações de temperatura são 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, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais e usinas termoelétricas.

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, influenciando uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo.

6.1.9.1.6. Nitrogênio Total

Nos corpos d'água o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causam uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças.

Pelo fato dos compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática.

As fontes de nitrogênio para os corpos d'água são variadas, sendo uma das principais o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais. Em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas.

Também ocorre a fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas algas e bactérias. Além disso, outros processos, tais como a deposição atmosférica pelas águas das chuvas causam aporte de nitrogênio aos corpos d'água.

6.1.9.1.7. Fósforo Total

Do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processos biológicos. Ainda por ser nutriente em processos biológicos, o excesso de fósforo em corpos hídricos conduz a processos de eutrofização das águas naturais.

Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes super fosfatados e da própria matéria fecal. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água. Entre os efluentes industriais destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros.

O fósforo pode se apresentar nas águas de três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como as de um detergente, por exemplo. Os orto-fosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas, e os poli-fosfatos são polímeros de orto-fosfato. Esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade de águas, isto porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em orto-fosfatos nas águas naturais.

6.1.9.1.8. Turbidez

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc.).

A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água.

Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas.

O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (ex: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação.

Alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de um corpo hídrico.

6.1.9.1.9. Resíduo Total

O resíduo total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis).

Os métodos para a determinação de sólidos são gravimétricos, isto é, utilizam-se balanças analíticas no procedimento.

Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água, podem causar seu assoreamento, que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes. Além disso, podem causar danos à vida aquática, pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes.

6.1.9.1.10. Condutividade

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente 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 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

6.1.9.2. Determinação dos Pontos de Coleta

Os pontos de coleta dos Igarapés do Chico Preto e Testa foram feitos de tal maneira a suprir a impossibilidade, no momento da realização do levantamento de campo, de se verificar a localização das futuras estações de tratamento de esgotos doméstico e químico da Cidade Universitária. Com isto, foram coletadas amostras de água em intervalos de cerca de 250 metros, ao longo desses igarapés.

Os pontos de coleta foram georreferenciados e estão apresentados na tabela 5 e, nas Figuras 68 (Igarapé do Chico Preto) e 69 (Igarapé do Testa), respectivamente.

Tabela 5 - Pontos de Monitoramento de Qualidade da Água dos Igarapés do Chico Preto e Testa.

Ponto	Identificação do Ponto	Igarapé	Coordenadas Geográficas	
			LAT.	LONG.
1	CP-1	Chico Preto	03°09'08,6" S	60°07'33,9" W
2	CP-2	Chico Preto	03°09'07,5" S	60°07'43,3" W
3	CP-3	Chico Preto	03°09'05,0" S	60°07'50,7" W
4	CP-4	Chico Preto	03°09'05,9" S	60°07'59,6" W
5	CP-5	Chico Preto	03°09'05,1" S	60°08'07,6" W
6	CP-6	Chico Preto	03°09'06,3" S	60°08'16,9" W
7	CP-7	Chico Preto	03°09'10,5" S	60°08'23,3" W
8	CP-8	Chico Preto	03°09'16,2" S	60°08'29,1" W
9	CP-9	Chico Preto	03°09'22,4" S	60°08'35,0" W
10	CP-10	Chico Preto	03°09'28,3" S	60°08'42,1" W
11	CP-11	Chico Preto	03°09'32,4" S	60°08'53,0" W
12	CP-12	Chico Preto	03°09'34,6" S	60°08'57,5" W
13	CP-13	Chico Preto	03°09'34,3" S	60°09'08,1" W
14	CP-14	Chico Preto	03°09'35,8" S	60°09'14,6" W
15	TS-1	Testa	03°08'10,0" S	60°08'31,8" W
16	TS-2	Testa	03°08'13,9" S	60°08'41,4" W
17	TS-3	Testa	03°08'22,5" S	60°08'51,3" W
18	TS-4	Testa	03°08'30,8" S	60°09'05,4" W
19	TS-5	Testa	03°08'40,1" S	60°09'16,2" W
20	TS-6	Testa	03°08'44,7" S	60°09'20,6" W
21	TS-7	Testa	03°08'46,3" S	60°09'28,6" W
22	TS-8	Testa	03°08'44,0" S	60°09'40,9" W
23	TS-9	Testa	03°08'37,2" S	60°09'48,9" W
24	TS-10	Testa	03°08'29,1" S	60°09'54,5" W
25	TS-11	Testa	03°08'29,9" S	60°10'07,1" W
26	TS-12	Testa	03°08'32,5" S	60°10'16,4" W

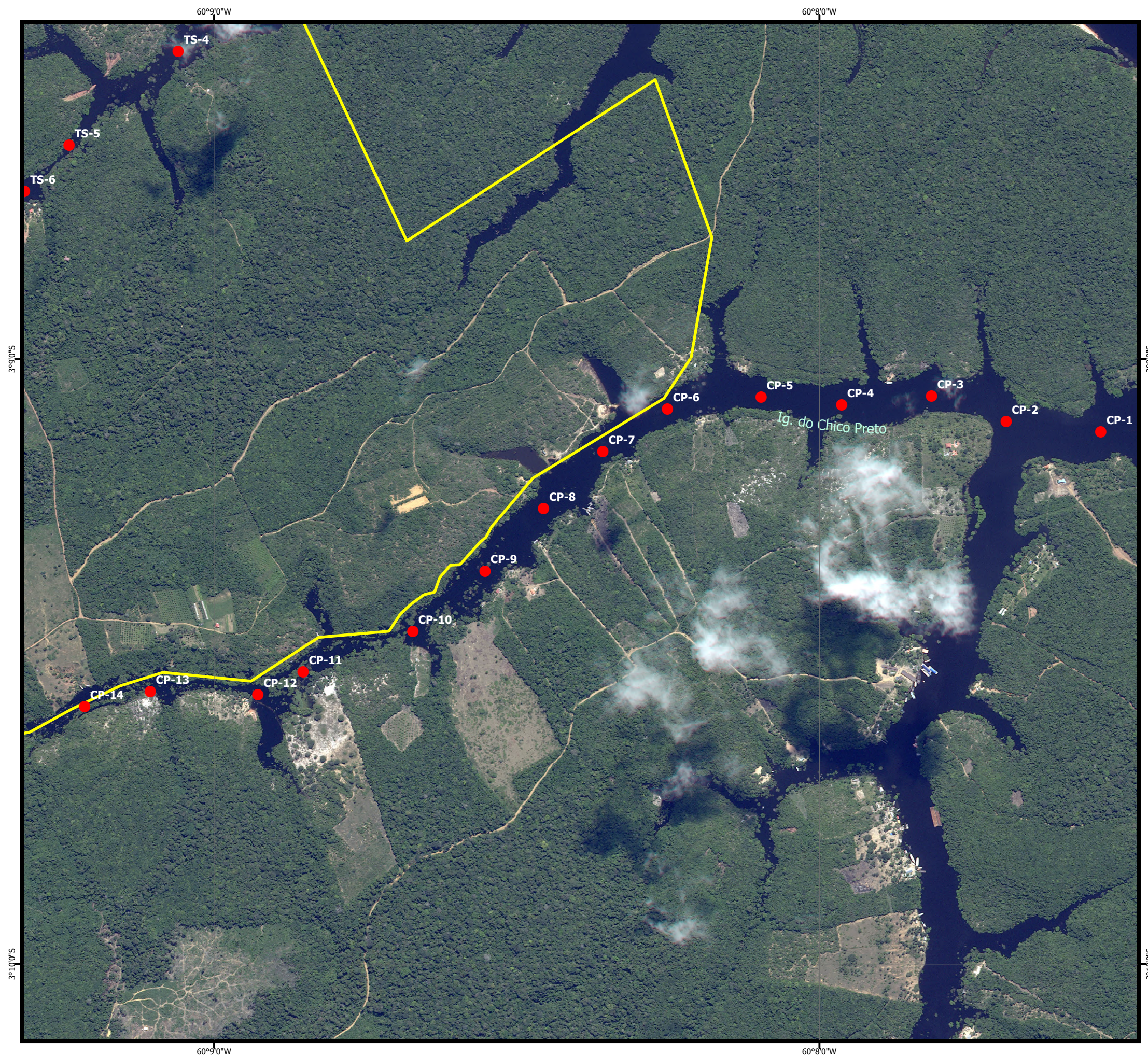


Figura 68
MAPA DOS PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA NO IG. CHICO PRETO

● Pontos de Coleta ¹

Imagem de Fundo: Worldview-2 0,50m
(07/06/2012 14:43 GMT)

📍 Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Equipe EIA/RIMA
2. SEINFRA/AM - 2012

0 60 120 240 360 480 m

Escala 1:12.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D

Pedro Manoel de Oliveira

CIDADE
UNIVERSITÁRIA

EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012

UEA
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS

Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

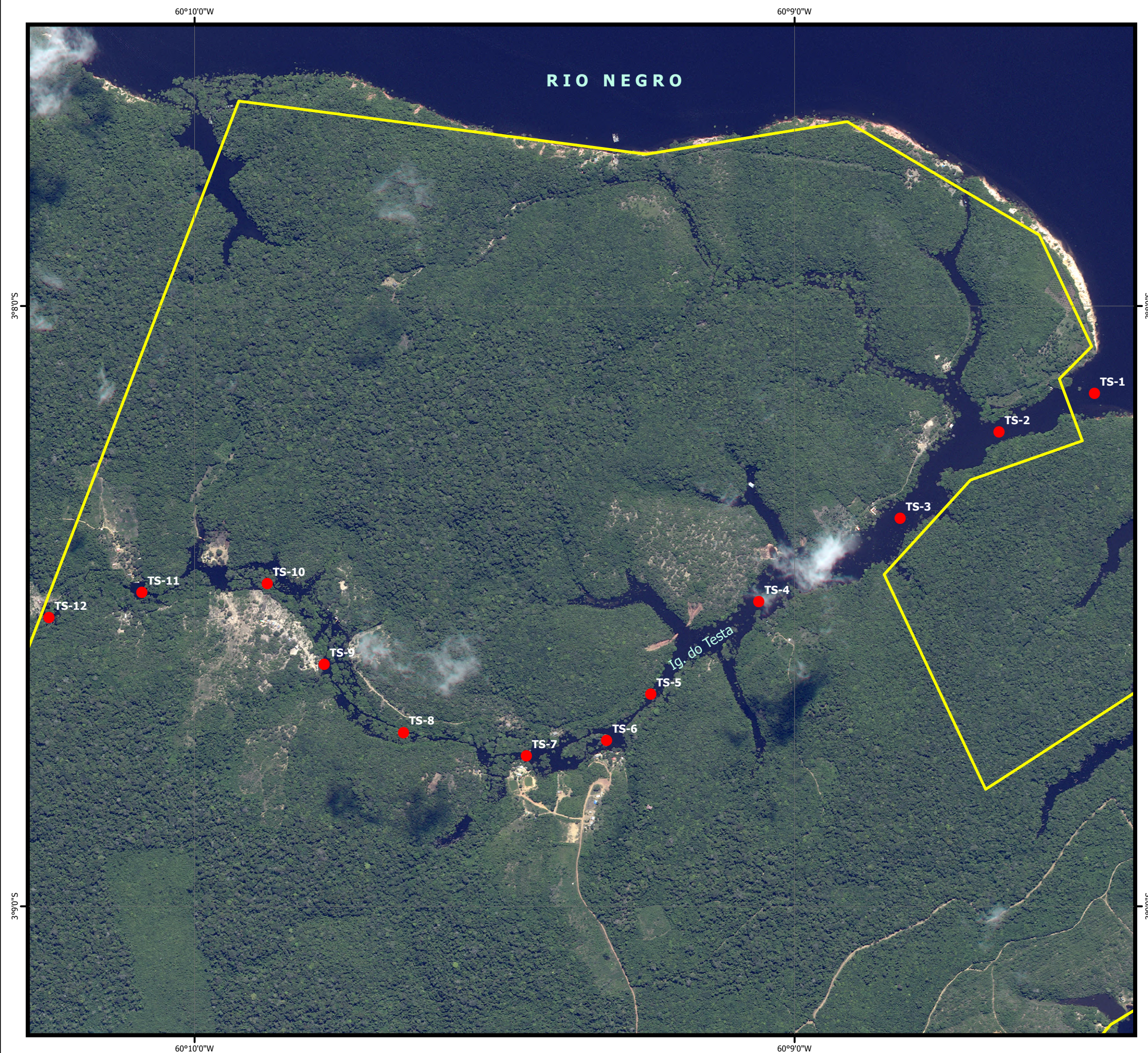


Figura 69
**MAPA DOS PONTOS DE COLETA DE
AMOSTRAS DE ÁGUA NO IG. DO TESTA**

● Pontos de Coleta ¹

Imagem de Fundo: Worldview-2 0,50m
(07/06/2012 14:43 GMT)

📐 Limite da Cidade Universitária ²

Fonte de Dados:
1. Equipe EIA/RIMA
2. SEINFRA/AM - 2012

0 60 120 240 360 480 m

Escala 1:12.000
Projeção Geográfica
Datum Horizontal SAD69

Responsável Técnico:
Pedro M. de Oliveira CREA-PA 4022-D

Pedro Manoel de Oliveira

CIDADE
UNIVERSITÁRIA

EIA/RIMA da Cidade Universitária
Iranduba, AM
Agosto 2012

UEA
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS

Elaborador:
Universidade do Estado do Amazonas
Fundação Muraki
Termo de Contrato N. 017/2012 SEINFRA

6.1.9.3. Local de Realização das Análises que Compõe o IQA

As medidas de oxigênio dissolvido foram realizadas com equipamento da marca Hanna, modelo HI-9146; as medidas de potencial hidrogeniônico e temperatura foram realizadas com equipamento da marca Hanna, modelo HI-98180; as medidas de turbidez foram realizadas com equipamento da marca Hanna, modelo HI-98703; as medidas de condutividade foram realizadas com equipamento da marca Gehaka, modelo CG-1400.

Todas estas medidas foram realizadas, em campo, por técnicos do laboratório de Química Aplicada à Tecnologia da Escola Superior de Tecnologia da UEA, com exceção da análise de sólidos totais, onde amostras foram coletadas nos igarapés monitorados, e analisadas no laboratório de físico-química da Escola Superior de Tecnologia da UEA.

As coletas das amostras e análises de coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total e nitrogênio total foram realizadas por técnicos do laboratório LUPA Análises Bromatológicas Ltda, cujo resultado das análises encontram-se em anexo (Anexo 1).

6.1.9.4. Determinação do Índice de Qualidade da Água para o Igarapé do Chico Preto - IQA

Os índices de qualidade de água dos pontos analisados no igarapé do Chico Preto estão relacionados na tabela 6.

Tabela 6 – Índice de Qualidade de Água dos pontos de coleta do Igarapé Chico Preto.

Pontos	IQA
CP-1	52
CP-2	58
CP-3	54
CP-4	57
CP-5	61
CP-6	61
CP-7	61
CP-8	62
CP-9	56
CP-10	53
CP-11	53
CP-12	50
CP-13	54
CP-14	55

A média obtida para o índice de qualidade de água para os pontos coletados foi de IQA = 56. Este valor é correspondente a uma qualidade de água considerada boa para os Estados da Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco e São Paulo. Já para os Estados de Alagoas, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul este valor corresponde a uma qualidade inferior, sendo considerada uma água de qualidade razoável (ANA - 2004).

Neste ponto, vale ressaltar que existem peculiaridades locais para a classificação da qualidade de água na Região Amazônica devido ao regime pluviométrico próprio da região, bem como da variação do nível dos rios. A Agência Nacional de Águas – ANA implantará ainda em 2012 o Programa Nacional de

Qualidade de Águas – PNQA na Região Amazônica, quando então serão determinadas as faixas de classificação da qualidade de água.

A importância dos valores obtidos para a qualidade de água para o igarapé analisado está além da simples classificação entre qualidade boa ou razoável. Este estudo servirá de base para a observação dos possíveis impactos ambientais que resultarão da implantação da Cidade Universitária, seja na fase de execução das obras, bem como, na sua fase de operação.

A avaliação de possíveis distorções entre os pontos que foram coletados para análise serão discutidos mais detalhadamente a seguir, quando serão apresentados cada um dos parâmetros que são necessários para o cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA.

6.1.9.4.1. Oxigênio Dissolvido

Os resultados da concentração de oxigênio dissolvido estão relacionados na tabela 7, sendo que estes estão expressos em mg.L^{-1} e % de saturação.

Tabela 7 – Resultados da quantidade de oxigênio dissolvido dos pontos de coleta do Igarapé do Chico Preto.

Pontos	O ₂ dissolvido mg/L(ppm)	O ₂ dissolvido % de saturação
CP-1	5,00	33
CP-2	4,82	32
CP-3	4,71	31
CP-4	4,77	32
CP-5	5,02	33
CP-6	4,81	32
CP-7	4,90	33
CP-8	4,70	31
CP-9	4,43	30
CP-10	3,71	25
CP-11	3,92	26
CP-12	3,67	24
CP-13	3,44	23
CP-14	3,62	24

Segundo a Resolução CONAMA 357/05, os valores apresentados para a quantidade de oxigênio dissolvido nos pontos coletados do igarapé do Chico Preto, que é classificado como corpo hídrico de classe II, estão na sua grande maioria (85,7%) fora da faixa mínima fixada, que é de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de oxigênio dissolvido, sendo que apenas dois pontos encontram-se com o valor mínimo estabelecido.

Este é um exemplo típico das peculiaridades da Região Amazônica, pois se para outras regiões do país estas quantidades de oxigênio dissolvido, associadas à demanda bioquímica de oxigênio (que será vista adiante), poderiam indicar uma quantidade alta de poluentes. Na Região Amazônica estas quantidades poderão ser associadas, principalmente, a matéria orgânica em decomposição gerada pela própria floresta. Já que se trata de uma região pouco habitada, e ainda a coleta das amostras foi feita no período da cheia do Rio Negro, onde as águas avançam para o interior da floresta cujo terreno possui uma camada grande de folhas, troncos e galhos em decomposição.

6.1.9.4.2. Coliformes Termotolerantes

Os resultados a respeito da quantidade de coliformes termotolerantes estão relacionados na tabela 8, sendo que estes estão expressos em NMP.100mL^{-1} .

Tabela 8 – Resultados da quantidade de coliformes termotolerantes dos pontos de coleta do Igarapé do Chico Preto.

Pontos	Coliformes Termotolerantes NMP.100mL^{-1}
CP-1	21
CP-2	3
CP-3	11
CP-4	7
CP-5	3
CP-6	3
CP-7	3
CP-8	3
CP-9	7
CP-10	3
CP-11	3
CP-12	7
CP-13	3
CP-14	3

Os valores obtidos para a quantidade de coliformes termotolerantes estão muito abaixo do nível máximo determinado pela Resolução CONAMA 357/05, cujo valor deve ser menor que 1.000 em 80%, indicando que o igarapé do Chico Preto ainda não foi afetado presença humana no local.

Embora os níveis de coliformes sejam muito baixos é oportuno ressaltar que nos pontos onde os níveis são mais altos, ou seja, CP-1, CP-3, CP-4, CP-9 e CP-12 existem o fator humano. No Ponto CP-1 existe um flutuante no qual se encontrava um cão de guarda de grande porte, e em suas proximidades existe um estaleiro, casas flutuantes de ribeirinhos e um flutuante do SENAC. Já nos pontos CP-3, CP-4, CP-9 e CP-12 existem casas de ribeirinhos, casas flutuantes com intensa criação de animais (frangos, patos, porcos e até gado), sendo que todas as instalações encontram-se à beira do igarapé. Essas observações mostram a sensibilidade desta análise na avaliação do fator humano na ocupação de áreas ainda não exploradas, sendo uma técnica bastante precisa na identificação de impactos ambientais causados por fatores antrópicos.

6.1.9.4.3. Potencial Hidrogeniônico

Os resultados a respeito do potencial hidrogeniônico estão relacionados na Tabela 9, sendo que estes estão expressos em UpH.

Tabela 9 – Resultados do potencial hidrogeniônico dos pontos de coleta do Igarapé do Chico Preto.

Pontos	Potencial Hidrogeniônico - UpH
CP-1	6,0
CP-2	5,8
CP-3	5,9
CP-4	5,9
CP-5	5,9
CP-6	5,8
CP-7	5,8
CP-8	5,9
CP-9	5,9
CP-10	5,8
CP-11	5,8
CP-12	5,8
CP-13	5,8
CP-14	5,7

Com relação ao potencial hidrogeniônico, os valores encontrados estão, ligeiramente, abaixo daqueles esperados para corpos d'água classificados como classe II pela Resolução CONAMA 357/05, onde os valores podem variar entre 6,0 a 9,0 para o potencial hidrogeniônico.

Mais uma vez, encontramos uma característica que é peculiar na região do Rio Negro, onde o pH encontrado é baixo (em geral entre 3,8 e 4,9) devido à grande quantidade de ácidos orgânicos (ácidos úmicos) provenientes da decomposição da vegetação.

6.1.9.4.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO_{5,20}

Os resultados de demanda bioquímica de oxigênio - DBO_{5,20} estão relacionados na Tabela 10, sendo que estes estão expressos em mg.L⁻¹ de O₂.

Tabela 10 – Resultados da demanda bioquímica de oxigênio - DBO_{5,20} dos pontos de coleta do Igarapé do Chico Preto.

Pontos	Demanda Bioquímica de Oxigênio mg.L ⁻¹ de O ₂
CP-1	19,6
CP-2	12,5
CP-3	18,0
CP-4	16,8
CP-5	12,3
CP-6	10,7
CP-7	10,9
CP-8	8,5
CP-9	15,3
CP-10	14,0
CP-11	12,6
CP-12	15,4
CP-13	12,0
CP-14	11,0

Os valores encontrados para a demanda bioquímica de oxigênio estão de acordo com as conclusões apresentadas anteriormente no item referente à quantidade de oxigênio dissolvido na água. Todos os valores apresentam-se superiores aos determinados pela Resolução CONAMA 357/05, que para águas da

classe em questão deveriam apresentar valores de $\text{DBO}_{5,20}$ inferiores a 5 mg.L^{-1} de oxigênio.

Estas diferenças, mais uma vez, explicam-se pelo fato de que a região ainda é pouco ocupada, e devido às grandes quantidades de material orgânico em decomposição proveniente das folhas, troncos e galhos.

6.1.9.4.5. Temperatura da Água

Os resultados da temperatura da água estão relacionados na Tabela 11, sendo que estes estão expressos em $^{\circ}\text{C}$.

Tabela 11 – Resultados da temperatura da água dos pontos de coleta do Igarapé do Chico Preto.

Pontos	Temperatura $^{\circ}\text{C}$
CP-1	31,5
CP-2	31,6
CP-3	31,0
CP-4	31,2
CP-5	31,4
CP-6	31,2
CP-7	31,1
CP-8	31,5
CP-9	31,8
CP-10	31,7
CP-11	31,8
CP-12	31,9
CP-13	31,3
CP-14	31,6

A temperatura do ar no dia da coleta das amostras do igarapé do Chico Preto era de $31,2^{\circ}\text{C}$. Com isto, a diferença entre a temperatura da água e a temperatura do ar ficou, em média, de $0,3^{\circ}\text{C}$ acima da temperatura do ar, sendo a temperatura média da água no dia da coleta de $31,5^{\circ}\text{C}$.

6.1.9.4.6. Nitrogênio Total

Os resultados a respeito da quantidade de nitrogênio total estão relacionados na Tabela 12, sendo que estes estão expressos em mg.L^{-1} .

Tabela 12 – Resultados da quantidade de nitrogênio total dos pontos de coleta do Igarapé do Chico Preto.

Pontos	Nitrogênio Total mg.L^{-1}
CP-1	2,53
CP-2	2,18
CP-3	2,35
CP-4	2,13
CP-5	1,56
CP-6	1,65
CP-7	1,59
CP-8	1,74
CP-9	1,80
CP-10	2,15
CP-11	2,06
CP-12	2,09
CP-13	2,49
CP-14	2,11

As quantidades de nitrogênio total (nitratos, nitritos e nitrogênio amoniacal), segundo a Resolução CONAMA 357/05 devem ser inferiores a $14,7 \text{ mg.L}^{-1}$ para valores de potencial hidrogeniônico iguais ou inferiores a 7,5, o que é o caso do pH das águas do igarapé estudado. As quantidades encontradas nos pontos analisados variam de 1,59 a $2,53 \text{ mg.L}^{-1}$ de nitrogênio.

Estes valores estão abaixo do esperado pela referida Resolução, pois o igarapé está localizado em uma região de solos deficientes em macronutrientes como o nitrogênio.

A deficiência de nutrientes no solo ao longo das margens do Rio Negro faz com que o mesmo seja conhecido pelas populações locais como o rio da fome.

6.1.9.4.7. Fósforo Total

Os resultados a respeito da quantidade de fósforo total estão relacionados na Tabela 13, sendo que estes estão expressos em mg.L^{-1} .

Tabela 13 – Resultados da quantidade de fósforo total dos pontos de coleta do Igarapé do Chico Preto.

Pontos	Fósforo Total mg.L^{-1}
CP-1	< 0,01
CP-2	< 0,01
CP-3	< 0,01
CP-4	< 0,01
CP-5	< 0,01
CP-6	< 0,01
CP-7	< 0,01
CP-8	< 0,01
CP-9	< 0,01
CP-10	< 0,01
CP-11	< 0,01
CP-12	< 0,01
CP-13	< 0,01
CP-14	< 0,01

O fósforo, outro macronutriente presente em corpos hídricos, apresentou níveis abaixo de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$. Este nutriente deve apresentar concentração abaixo de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ de acordo com a Resolução CONAMA 357/05. Em locais onde o solo é pobre em macronutrientes, como o fósforo, a principal fonte de aumento de sua concentração é atropogênica. Como já comentado anteriormente, a região onde encontra-se o igarapé do Chico Preto ainda possui um baixo índice de ocupação,

sendo que os resultados obtidos a respeito da concentração de fósforo atestam esta realidade.

6.1.9.4.8. Turbidez

Os resultados a respeito de índice de turbidez estão relacionados na Tabela 14, sendo que estes estão expressos em UNT.

Tabela 14 – Resultados do índice de turbidez dos pontos de coleta do Igarapé do Chico Preto.

Pontos	Turbidez UNT
CP-1	3,1
CP-2	3,2
CP-3	3,5
CP-4	2,9
CP-5	3,1
CP-6	3,5
CP-7	3,3
CP-8	3,0
CP-9	2,9
CP-10	2,3
CP-11	2,2
CP-12	2,7
CP-13	2,4
CP-14	2,8

Os valores obtidos para a turbidez das amostras analisadas estão muito abaixo do determinado pela Resolução CONAM 357/05, onde este valor não pode ultrapassar 100 UNT.

A água é considerada turva quando contém matérias em suspensão, que interferem com a passagem da luz através dela, ou na qual é restringida a visão em profundidade de certa amostra. A turbidez das águas ocorre devido à presença de

partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópios. Evidentemente, a turbidez tende a ser mais alta nos cursos d'água nos quais a água está em constante agitação, e menor nos lagos nos quais o repouso da água permite a sedimentação das matérias em suspensão.

Estes valores baixos já eram esperados já que o igarapé do Chico Preto, sendo pobre em macronutrientes, como o nitrogênio e fósforo, proporciona a diminuição da proliferação de plâncton, bem como de outros organismos microscópicos.

6.1.9.4.9. Sólidos Totais

Os resultados a respeito da quantidade de sólidos totais estão relacionados na Tabela 15, sendo que estes estão expressos em mg.L^{-1} .

Tabela 15 – Resultados da quantidade de sólidos totais dos pontos de coleta do Igarapé do Chico Preto.

Pontos	Sólidos Totais mg.L^{-1}
CP-1	80,0
CP-2	70,0
CP-3	70,0
CP-4	55,0
CP-5	30,0
CP-6	45,0
CP-7	40,0
CP-8	50,0
CP-9	95,0
CP-10	115,0
CP-11	115,0
CP-12	135,0
CP-13	30,0
CP-14	35,0

As quantidades de sólidos totais encontradas nas amostras analisadas do igarapé do Chico Preto estão abaixo da determinada pela Resolução CONAMA 357/05, que fixa estes valores em até 500 mg.L^{-1} para corpos hídricos de classe II. Embora outras análises tenham que ser realizadas, acredita-se que a maior parte destes sólidos sejam compostos orgânicos (ácido úmicos) provenientes da decomposição do material vegetal oriundo da floresta.

Este tipo de análise será importante nas fases de implantação do empreendimento, bem como durante sua operação, uma vez que dará indícios claros de situações envolvendo erosão, com conseqüente arraste de material para os corpos hídricos que estão localizados na área do Projeto da Cidade Universitária.

6.1.9.4.10. Condutividade Elétrica

Os resultados a respeito da condutividade elétrica estão relacionados na Tabela 16, sendo que estes estão expressos em $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Tabela 16 – Resultados da condutividade elétrica dos pontos de coleta do igarapé do Chico Preto.

Pontos	Condutividade Elétrica $\mu\text{S.cm}^{-1}$
CP-1	14,05
CP-2	12,92
CP-3	12,94
CP-4	13,73
CP-5	12,26
CP-6	12,38
CP-7	12,81
CP-8	12,49
CP-9	11,77
CP-10	11,72
CP-11	11,67
CP-12	11,56
CP-13	11,69
CP-14	12,15

A água pura possui uma baixa condutividade elétrica, sendo que os valores obtidos nessas análises possibilitam a avaliação da quantidade de íons presentes em amostras de água. Em água pura, um equipamento sensível pode detectar uma ligeira condutividade elétrica de $0,055 \mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C .

A condutividade elétrica média apresentada pela água do igarapé do Chico Preto foi de $12,44 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, tendo uma variação muito pequena entre seus valores (desvio padrão = $\pm 0,78$). Para águas naturais, o limite superior esperado é de $100 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

Em geral, considera-se que, quanto mais poluídas estiverem as águas, maior será a condutividade em função do aumento do conteúdo mineral. Os íons mais comuns encontrados em rios e lagos são bicarbonato (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}), sulfatos (SO_4^{2-}), sulfitos (SO_3^{2-}), nitritos (NO_2^-) e nitratos (NO_3^-) (ANA- 2004).

6.1.9.5. Determinação do Índice de Qualidade da Água para o Igarapé do Testa - IQA

Os índices de qualidade de água dos pontos analisados no igarapé do Testa estão relacionados na Tabela 17.

Tabela 17 – Índice de Qualidade de Água dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	IQA
TS-1	53
TS-2	52
TS-3	53
TS-4	53
TS-5	41
TS-6	42
TS-7	37
TS-8	42
TS-9	39
TS-10	40
TS-11	47
TS-12	48

A média obtida para o índice de qualidade de água para os pontos coletados foi de IQA = 46. Este valor é correspondente a uma qualidade de água considerada razoável para os Estados da Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco e São Paulo.

Já para os Estados de Alagoas, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul este valor corresponde a uma qualidade inferior, sendo considerada uma água de qualidade ruim. (ANA – 2004).

Neste ponto, vale ressaltar que existem peculiaridades locais para a classificação da qualidade de água na Região Amazônica devido ao regime pluviométrico próprio da região e a variação do nível dos rios.

A Agência Nacional de Águas – ANA implantará em 2012, o Programa Nacional de Qualidade de Águas – PNQA na Região Amazônica, quando serão determinadas as faixas de classificação da qualidade de água.

A importância dos valores obtidos para a qualidade de água para o igarapé analisado está além da simples classificação entre qualidade razoável ou ruim.

Este estudo servirá de base para a observação dos possíveis impactos ambientais que resultarão da implantação da Cidade Universitária, seja na fase de execução das obras, bem como, na sua fase de operação.

A avaliação de possíveis distorções entre os pontos que foram coletados para análise serão discutidos mais detalhadamente a seguir, quando serão apresentados cada um dos parâmetros que são necessários para o cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA.

6.1.9.5.1. Oxigênio Dissolvido

Os resultados da concentração de oxigênio dissolvido estão relacionados na Tabela 18, sendo que estes estão expressos em mg.L^{-1} e % de saturação.

Tabela 18 – Resultados da quantidade de oxigênio dissolvido dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	O ₂ dissolvido mg/L(ppm)	O ₂ dissolvido % de Saturação
TS-1	4,25	28
TS-2	4,02	27
TS-3	4,11	27
TS-4	3,93	26
TS-5	3,19	21
TS-6	2,50	17
TS-7	2,30	15
TS-8	2,42	16
TS-9	2,44	16
TS-10	2,23	15
TS-11	3,30	22
TS-12	3,90	26

Segundo a Resolução CONAMA 357/05, os valores apresentados para a quantidade de oxigênio dissolvido nos pontos coletados do igarapé do Testa, que é classificado como corpo hídrico de classe II, estão na sua totalidade fora da faixa mínima fixada, que é de 5,0 mg.L⁻¹ de oxigênio dissolvido. Sendo que o valor médio é de 3,22 mg.L⁻¹ de oxigênio dissolvido. Este é um exemplo típico das peculiaridades da Região Amazônica, pois se para outras regiões do país estas quantidades de oxigênio dissolvido, associadas à demanda bioquímica de oxigênio, que será vista adiante, poderiam indicar uma quantidade alta de poluentes.

Na Região Amazônica estas quantidades poderão ser associadas, principalmente, a matéria orgânica em decomposição gerada pela própria floresta. Já que se trata de uma região pouco habitada, e ainda a coleta das amostras foi feita no período da cheia do Rio Negro, onde as águas avançam para o interior da floresta cujo terreno possui uma camada grande de folhas, troncos e galhos em decomposição.

6.1.9.5.2. Coliformes Termotolerantes

Os resultados a respeito da quantidade de coliformes termotolerantes estão relacionados na Tabela 19, sendo que estes estão expressos em NMP.100 mL⁻¹.

Tabela 19 – Resultados da quantidade de coliformes termotolerantes dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	Coliformes Termotolerantes NMP.100mL ⁻¹
TS-1	3
TS-2	3
TS-3	3
TS-4	3
TS-5	93
TS-6	3
TS-7	20
TS-8	3
TS-9	11
TS-10	3
TS-11	3
TS-12	3

Os valores obtidos para a quantidade de coliformes termotolerantes estão muito abaixo do nível máximo determinado pela Resolução CONAMA 357/05, cujo valor deve ser menor que 1.000 em 80%, indicando que o igarapé do Testa ainda não foi afetado pela presença humana.

Embora os níveis de coliformes sejam baixos, é oportuno ressaltar que nos pontos onde os níveis são mais altos, ou seja, TS-5, TS-7 e TS-9 existem a influência o fator humano. No Ponto TS-5 existe uma casa na qual foi observado a criação de porcos e frangos em cercados próximos à margem do igarapé. Já nos pontos TS-7 e TS-9 existem casas com criação de animais como patos e frangos.

Estas observações mostram a sensibilidade desta análise na avaliação do fator humano na ocupação de áreas ainda não exploradas, sendo uma técnica bastante precisa na identificação de impactos ambientais causados por fatores antrópicos.

6.1.9.5.3. Potencial Hidrogeniônico

Os resultados a respeito do potencial hidrogeniônico estão relacionados na Tabela 20, sendo que estes estão expressos em UpH.

Tabela 20 – Resultados do potencial hidrogeniônico dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	Potencial Hidrogeniônico UpH
TS-1	5,8
TS-2	5,8
TS-3	5,9
TS-4	5,9
TS-5	5,9
TS-6	5,8
TS-7	5,8
TS-8	5,7
TS-9	5,6
TS-10	5,8
TS-11	5,7
TS-12	5,7

Com relação ao potencial hidrogeniônico, os valores encontrados estão, ligeiramente, abaixo daqueles esperados para corpos d'água classificados como classe II pela Resolução CONAMA 357/05, onde os valores podem variar entre 6,0 a 9,0 para o potencial hidrogeniônico.

Mais uma vez, encontramos uma característica que é peculiar na região do Rio Negro, onde o pH encontrado é baixo (em geral entre 3,8 e 4,9) devido à grande

quantidade de ácidos orgânicos (ácidos úmicos) provenientes da decomposição da vegetação.

6.1.9.5.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO_{5,20}

Os resultados de demanda bioquímica de oxigênio - DBO_{5,20} estão relacionados na Tabela 21, sendo que estes estão expressos em mg.L⁻¹ de O₂.

Tabela 21 – Resultados da demanda bioquímica de oxigênio - DBO_{5,20} dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	Demanda Bioquímica de Oxigênio Mg.L ⁻¹ de O ₂
TS-1	16,6
TS-2	18,0
TS-3	16,5
TS-4	15,5
TS-5	20,8
TS-6	18,7
TS-7	20,5
TS-8	15,1
TS-9	20,3
TS-10	17,0
TS-11	17,5
TS-12	20,5

Os valores encontrados para a demanda bioquímica de oxigênio estão de acordo com as conclusões apresentadas anteriormente no item referente à quantidade de oxigênio dissolvido na água. Todos os valores apresentam-se superiores aos determinados pela Resolução CONAMA 357/05, que para águas da classe em questão deveriam apresentar valores de DBO_{5,20} inferiores a 5 mg.L⁻¹ de oxigênio. Em média, o valor encontrado para os 12 pontos amostrados foi de 18,1 mg.L⁻¹ de oxigênio.

Estas diferenças, mais uma vez, explicam-se pelo fato de que a região ainda pouco ocupada, e devido às grandes quantidades de material orgânico em decomposição proveniente das folhas, troncos e galhos.

6.1.9.5.5. Temperatura da Água

Os resultados a respeito da temperatura da água estão relacionados na Tabela 22, sendo que estes estão expressos em °C.

Tabela 22 – Resultados da temperatura da água dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	Temperatura °C
TS-1	31,0
TS-2	30,9
TS-3	30,7
TS-4	31,9
TS-5	30,8
TS-6	31,0
TS-7	31,2
TS-8	30,0
TS-9	30,9
TS-10	30,0
TS-11	29,4
TS-12	29,8

A temperatura do ar no dia da coleta das amostras do igarapé do Testa era de 34,5°C. Com isto, a diferença entre a temperatura da água e a temperatura do ar ficou, em média, de 3,9°C abaixo da temperatura do ar, sendo que a temperatura média da água no dia da coleta de 30,6 °C.

6.1.9.5.6. Nitrogênio Total

Os resultados a respeito da quantidade de nitrogênio total estão relacionados na Tabela 23, sendo que estes estão expressos em mg.L^{-1} .

Tabela 23 – Resultados da quantidade de nitrogênio total dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	Nitrogênio Total mg.L^{-1}
TS-1	2,61
TS-2	2,97
TS-3	2,30
TS-4	2,75
TS-5	2,45
TS-6	2,85
TS-7	2,71
TS-8	2,27
TS-9	2,26
TS-10	2,70
TS-11	2,74
TS-12	2,04

As quantidades de nitrogênio total (nitratos, nitritos e nitrogênio amoniacal) segundo a Resolução CONAMA 357/05, devem ser inferiores a $14,7 \text{ mg.L}^{-1}$, para valores de potencial hidrogeniônico iguais ou inferiores a 7,5, o que é o caso do pH das águas do igarapé do Testa. As quantidades encontradas nos pontos analisados variam de 2,04 a 2,97 mg.L^{-1} de nitrogênio. Não houve uma variação significativa na concentração de nitrogênio nos pontos analisados (desvio padrão = $\pm 0,28$).

Estes valores estão abaixo do esperado pela Resolução, mas sendo um igarapé localizado em uma região de solos deficientes em nutrientes, torna-o, inevitavelmente, pobre em macronutrientes, como o nitrogênio.

6.1.9.5.7. Fósforo Total

Os resultados a respeito da quantidade de fósforo total estão relacionados na Tabela 24, sendo que estes estão expressos em mg.L^{-1} .

Tabela 24 – Resultados da quantidade de nitrogênio total dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	Fósforo Total mg.L^{-1}
TS-1	< 0,01
TS-2	< 0,01
TS-3	< 0,01
TS-4	< 0,01
TS-5	< 0,01
TS-6	< 0,01
TS-7	< 0,01
TS-8	< 0,01
TS-9	< 0,01
TS-10	< 0,01
TS-11	< 0,01
TS-12	< 0,01

Da mesma maneira como se apresentou o igarapé do Chico Preto, o fósforo apresentou níveis abaixo de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ no igarapé do Testa. Este nutriente deve ter sua concentração abaixo de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05. Em locais onde o solo é pobre em macronutrientes, como o fósforo, a principal fonte de aumento de sua concentração é atropogênica.

Como já comentado anteriormente, a região onde se encontra o igarapé do Testa ainda possui um baixo índice de ocupação, sendo que os resultados obtidos a respeito da concentração de fósforo atestam esta realidade.

6.1.9.5.8. Turbidez

Os resultados de índice de turbidez estão relacionados na Tabela 25, sendo que estes estão expressos em UNT.

Tabela 25 – Resultados do índice de turbidez dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	Turbidez UNT
TS-1	7,0
TS-2	7,1
TS-3	5,5
TS-4	4,1
TS-5	2,9
TS-6	2,7
TS-7	3,1
TS-8	3,1
TS-9	2,3
TS-10	3,5
TS-11	2,9
TS-12	2,8

Os valores obtidos para a turbidez das amostras analisadas estão muito abaixo do determinado pela Resolução CONAM 357/05, onde este valor não pode ultrapassar 100 UNT. Em média, os pontos analisados do igarapé do Testa apresentaram valor de 3,9 UNT.

A água é considerada turva quando contém matérias em suspensão, que interferem com a passagem da luz através dela, ou na qual é restringida a visão em profundidade de certa amostra. A turbidez das águas ocorre devido à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópios. Evidentemente, a turbidez tende a ser mais alta nos cursos d'água nos quais a água está em constante

agitação, e menor nos lagos nos quais o repouso da água permite a sedimentação das matérias em suspensão.

Estes valores baixos já eram esperados, já que o igarapé sendo pobre em macronutrientes, como o nitrogênio e fósforo, proporciona a diminuição da proliferação de plâncton, bem como de outros organismos microscópicos.

6.1.9.5.9. Sólidos Totais

Os resultados a respeito da quantidade de sólidos totais estão relacionados na Tabela 26, sendo que estes estão expressos em mg.L^{-1} .

Tabela 26 – Resultados da quantidade de sólidos totais dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	Sólidos Totais mg.L^{-1}
TS-1	25,0
TS-2	20,0
TS-3	30,0
TS-4	45,0
TS-5	20,0
TS-6	10,0
TS-7	70,0
TS-8	25,0
TS-9	50,0
TS-10	30,0
TS-11	25,0
TS-12	35,0

As quantidades de sólidos totais encontradas nas amostras analisadas do igarapé do Testa estão abaixo dos níveis encontrados no igarapé do Chico Preto, e ainda, consequentemente, abaixo da determinada pela Resolução CONAMA 357/05, que fixa estes valores em até 500 mg.L^{-1} para corpos hídricos de classe II. Embora outras análises tenham que ser realizadas, acredita-se que a maior parte destes

sólidos sejam compostos orgânicos (ácido úmicos) provenientes da decomposição do material vegetal oriundo da floresta.

Este tipo de análise será importante nas fases de implantação do empreendimento, bem como durante sua operação, uma vez que dará indícios claros de situações envolvendo erosão, com conseqüente arraste de material para os corpos hídricos que estão localizados na área do Projeto da Cidade Universitária.

6.1.9.5.10. Condutividade Elétrica

Os resultados a respeito da condutividade elétrica estão relacionados na Tabela 27, sendo que estes estão expressos em $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Tabela 27 – Resultados da condutividade elétrica dos pontos de coleta do igarapé do Testa.

Pontos	Condutividade Elétrica $\mu\text{S.cm}^{-1}$
TS-1	13,80
TS-2	14,15
TS-3	13,56
TS-4	13,02
TS-5	13,42
TS-6	13,46
TS-7	13,37
TS-8	13,50
TS-9	13,43
TS-10	13,14
TS-11	12,77
TS-12	13,01

A água pura possui uma baixa condutividade elétrica, sendo que os valores obtidos nessas análises possibilitam a avaliação da quantidade de íons presentes em amostras de água. Em água pura, um equipamento sensível pode detectar uma ligeira condutividade elétrica de $0,055 \mu\text{S/cm}$ a 25°C .

A condutividade elétrica média apresentada pela água do igarapé do Testa foi de $13,39 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, tendo uma variação muito pequena entre seus valores (desvio padrão = $\pm 0,37$). Para águas naturais o limite superior esperado é de $100 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$. Em geral, considera-se que, quanto mais poluídas estiverem as águas, maior será a condutividade em função do aumento do conteúdo mineral. Os íons mais comuns encontrados em rios e lagos são bicarbonato (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}), sulfatos (SO_4^{2-}), sulfitos (SO_3^{2-}), nitritos (NO_2^-) e nitratos (NO_3^-).

6.1.10. Equipe Técnica do Diagnóstico do Meio Físico

Área de Atuação	Nome do Profissional	Formação
Climatologia	Francis Wagner Silva Correia	Bacharel em Física, Doutor em Meteorologia.
	Maria Betânia Leal de Oliveira	Bacharel em Meteorologia, Doutora em Ciências Florestais Tropicais.
Geografia	Carlossandro Carvalho de albuquerque	Bacharel em Geografia, Mestre em Ciências Ambientais.
	Adorea Rebello da Cunha Albuquerque	Bacharel em Geografia, Doutora em Geografia.
	Emadina Gomes Rodrigues Soares	Licenciada em Geografia, Mestre em Desenvolvimento Regional.
	Sidiney Araujo Glória	Licenciado em Geografia, Mestre em Geografia.
Geologia	Manoel Juares Simões Cardoso	Bacharel em Geologia, Mestre em Geografia.
Recursos Hídricos	Sergio Duvoisin Junior	Bacharel em Química, Doutor em Físico-Química.
	Joecila Santos da Silva	Bacharel em Eng. Civil, Doutora em Ciências.
	Guilherme Cordeiro Figliuolo	Bacharel em Meteorologia
	Rafael Lopes e Oliveira	Bacharel em Biologia, Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia.
	Renah Boanerges de Queiroz Pimentel	Bacharel em Biologia, Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia.

6.1.11. Referências Bibliográficas

- Absy, M.L. **Palinology of Amazonia: the history of the forests as revealed by the palynological record**. In: *Amazonia*. Prance, G.T. e Lovejoy, T.E. (eds.). Pergamon Press, Oxford, Reino Unido, 1985. 442 p.
- Alberts, E.E. **Soil aggregates and primary particles transported in rill and interill flow**. Soil Sci. Soc. Am.J., 44-, 590-595.
- Albuquerque, O. R. **Reconhecimentos geológicos no vale do Amazonas**. Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, nº 3, 84p, 1922.
- Almeida, F. F. M. **Origem e evolução da Plataforma Brasileira**. Boletim do DNPM-DGM. Rio de Janeiro, n.241, p.1-36, 1967.
- Apha. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association. Water Pollution Control Federation. Washington, USA, 1992.
- Ayoade, J. Q. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. Bertrand: São Paulo, 2006.
- BRASIL, CPRM - Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil. **Relatório da Administração**. Ministério de Minas e Energia. Brasília - D.F., 2010.
- Caputo, M. V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and Paleogeography of Northern Basins of Brazil**. Santa Barbara, University of California, 1984. 583 p. Tese de doutoramento.
- Christofolletti, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1999.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Projeto Grande Manaus**: Relatório final da 1ª fase. Interno. Manaus: Relatório Técnico, 1996. 21p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 357**, DE 17 DE MARÇO DE 2005 Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.
- Corrêa, M. P. **Influência da radiação solar na regeneração natural da Mata Atlântica**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica: Rio de Janeiro, 2008.
- Costa, R.C.; **Geomorfologia** – RADAM/Brasil, Volume 18. Rio de Janeiro, 1978.

- Cunha, S. B. e Guerra, A. T. **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2000.
- Cunha, P.R.C., Gonzaga, F.G., Coutinho, L.F.C., Feijó, F.J. **Bacia do Amazonas**. Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 8, n0. 1, p. 47-55, 1994.
- D' antona, R. J. G.; Reis, N.J.; Maia, M. A.M; Rosa, S.F.; Nava, D.B. **Projeto Materiais de Construção na área de Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro** – Relatório CPRM. Manaus, 2007.
- Drew, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1994.
- Eiras, J.F., Becker, C.R., Souza, E.M., Gonzaga, F.G., Silva, J.G.F., Daniel, L.M.F., Matsuda, N.S., Feijó, F.J. Bacia do Solimões. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, n0. 1, p. 17-45, 1994.
- Evans, R. **Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls**: an empirical viewpoint. In Soil erosion. 109-128.
- Figueroa, S.N.; Nobre, C.A. **Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America**. Climanalise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática, 5(6): 36 - 45, 1990.
- Filizola, N. P. **O Fluxo de Sedimentos em Suspensão nos Rios da Amazônia Brasileira**. Brasília - DF., ANNEL. 1999.
- Filizola, N.P.; Guyot, J.L.; Molinier, M.; Guimaraes, V; Oliveira, E. de; Freitas, M. A de. **Caracterização Hidrológica da Bacia Amazônica**. In RIVAS, A & FREITAS, C. E de; Amazônia uma perspectiva multidisciplinar. ADUA: Manaus, p 33-53, 2002.
- Filizola, N.P. **The Rio Negro Rio Solimões confluence point – Hydrometric observations during the 2006-2007**. Cycle River Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM, 2009.
- Fisher, T. R. **Plâncton e produção primária em sistemas aquáticos da bacia da Amazônia central**. In *Acta Amazonica* (Supl.) 8(4): p. 43-54, 1978.
- Franzinelli, E Igreja, H. L. S. da. **Utilização de sensoriamento remoto na investigação na área do baixo rio Negro e grande Manaus**. 6º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Manaus: anais vol.3,1990. 8 p.
- Franzinelli, E., Igreja, H. **Modern sedimentation in the lower Negro river, Amazonas State, Brazil**. Geomorphology, p. 259– 272. 2002.

- Glória, S. A. **Estudos Hidrológicos Como Subsídios Para a Melhoria do Acesso dos Alunos do Ensino fundamental às Escolas Ribeirinhas na Bacia do Tarumã-Mirim, Manaus/AM.** Universidade Federal do Amazonas: Manaus, 2012.
- Geffery, H.; Vogel, A. I. **Análise Química Qualitativa.** 2.ed. São Paulo, Guanabara: Dois, 1992.
- Golterman, H. L., Clymo, R. & Ohnstad, M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters.** Oxford, Blackwell, 1978. 213p.
- 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, 1988. 200p.
- Guerra, A.J.T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2001.
- Guerra, T. A. e Cunha, B. S. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2001.
- Horbe, A.M.C., Horbe, M.A., Suguio, K. **Origem dos depósitos de areias brancas no nordeste do Amazonas.** In: Revista Brasileira de Geociências, Volume 33, p. 41-50, 2003.
- Horbe, A.M.C., Nogueira, A.C.R., Horbe, M.A., Suguio, K. **A laterização na gênese das superfícies de aplanamento da região de Presidente Figueiredo, Balbina, nordeste do Amazonas.** In: COSTA, M. L., ANGÉLICA, R.S. Contribuições à Geologia da Amazônia. 1^a. ed. Belém: FINEP/SBG Núcleo Norte, Cap. 5, v. 2, p. 145-76, 1997.
- Horel, J.D.; Hahmann, A.N.; Geisler, J.E. **An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas.** Journal of Climate, 2(11), p.1388 - 1403, 1989;
- Juchem, P.A. **Técnicas para avaliação de impacto ambiental e elaboração de estudos de impacto ambiental de empreendimentos selecionados - projetos de aproveitamento hidrelétrico.** In: Manual de Avaliação de Impacto Ambiental. 1^a ed. PIAB, 1992.
- Kenitiro, S. **Introdução à Sedimentologia.** Editora: E. Blücher, 1973. 317 p.
- Laraque, A.; Guyot, J. L.; Filizola, N. P. **Mixing processes in the Amazon River at the confluences of the Negro and Solimões Rivers.** Encontro das Águas, Manaus, Brazil Institutd de Recherche pour D'veloppement - IRD, LMTG (Universit e de Toulouse, (CNRS, IRD) HYDROLOGICAL PROCESSES Hydrol.

- Process. 23, 3131–3140 (2009) Published on line 15 September 2009, in Wiley Inter Science. (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/hyp.7388.
- Latrubesse, E. M.; Franzinelli, E. **The late Quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil:** Implications for island and floodplain formation; in large anabranching tropical system. *Geomorphology* 70 Elsevier, p. 372- 397, 2005.
- Lencastre, A. **Lições de Hidrologia.** Lisboa: Editora da Universidade Nova de Lisboa, 1992.
- Lima, H. – **EIA/RIMA Ponte Rio Negro:** Universidade Federal do Amazonas. IPAAM – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas. Manaus, 2007.
- Mackereth, J. F. H.; Heron, J. & Talling, J. F. **Water analysis: some revised methods for limnologists.** *Freshwater Biological Association*, n. 36, 1978. 121 p.
- Marengo, J. **Interannual variability of deep convection in the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data.** *International Journal of Climatology*, 15 (9), p. 995-1010, 1995.
- Marengo, J. A. **Condições climáticas e recursos hídricos no Norte do Brasil.** IN: *Clima e Recursos Hídricos* 9. Porto Alegre, Brasil: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/FBMC-ANA, p. 117-156. 2003.
- Marengo, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade** - Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. v. 1. 214 p.
- Marengo, J. A. **Água e Mudanças Climáticas.** Brasília Estudos Avançados, 2008.
- Matula, M. **Publishing House of Slovak Academy of Sciences (Bratislava). Engineering geology; Geology; Carpathian Mountains.** TA705 .M3313. 1969.
- 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): p. 529-547, 1979.
- Meade, H.R; Rayol, M.J.; Conceição, S.C da; Natividade, J.R.G. **Bacwater Effects in the Amazon River Basin of Brazil.** *Eviron Geol water Sci* vol. 18 N° 2, p.105-114. 1991. Springer-Verlag New York inc.
- Mendonça, F.; Oliveira, M. **Climatologia – Noções básicas e Climas do Brasil.** Oficina de Textos, 2007.

- Moliner, M.; Guyot, J.L.; Oliveira, E. de.; Guimarães, V. & Chaves, A. **Hydrologie du bassin de l'Amazone. In: Grands Bassins Fluviaux Périatlantiques.** Paris, p. 335–344, 1995.
- Nascimento, D.A., Mauro, C.A., Garcia, M.G.L. **Geomorfologia da Folha AS-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.
- Neves, L.P. **Adoção do Partido na Arquitetura.** Salvador: ed.UFBA, 1989.
- Palmieri, F.; J. Larach - **Pedologia e Geomorfologia.** In Geomorfologia e Meio Ambiente. Org. GUERRA, A.J. T e CUNHA, S.B. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2000.
- Prado, H. **Manejo dos Solos.** São Paulo: Nobel, 1991.
- Rao, V.;Hada, K. **Characteristics of rainfall over Brazil. Annual variations and conexions with the Southern Oscillation.** Theor. Appl. Climatology, v. 42, p.81-91, 1990.
- Resende, M.; Curi, M.; Rezende, S.B.; Correa, G.F **Pedologia: base para a distinção de ambientes.** Viçosa: NEPUT, 2002.
- Rodier, J. **Analysis of Water,** 1975. 944p.
- Ross, J.L.S. **Geografia do Brasil,** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998.
- Salati, E. e Marques, J. **Climatology of the Amazon region.** In The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Sioli, H. (ed.). Dr. W. Junk Publishers, 1984. 763 p.
- Santos, H. G *et all.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Embrapa/Solos. Rio de Janeiro, 2006.
- Silva, C. L. da.; Rossetti, D. F. **História Geológicas dos Rios na Amazônia.** Manaus Amazônica/Artigos, 2010.
- Silva, C. L. da. **Análise da tectônica cenozóica da região de Manaus e adjacências.** Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2005. 306p.
- Silva, C. L. da. *et all.* **Análise morfotectônica da região sudoeste de Manaus por meio de Modelo Digital de Terreno.** In: Simp. Geol. Amaz., 8, Manaus. Manaus, 2003, Resumos Expandidos, 1 CD-ROM.

- Silva, C. **Estudo de Impactos Ambientais da Ponte Rio Negro**. Universidade Federal do Amazonas. Texto Final. Manaus: 2007.
- Silva, J. R. C. da. **Análise dos impactos ambientais ocasionados pela exploração de recursos minerais na área do igarapé do Mariano no Município de Manaus-AM**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geociências/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2005. 139p. 1 CD-ROOM.
- Sioli, H. **Amazônia Fundamentos da Ecologia da Maior Região de Floresta Tropical**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Veloz, 1991.
- Sternberg, H.O. **Vales tectônicos na planície Amazônica**. Revista Brasileira de Geografia, v. 12: p. 513-533, 1950.
- UNITED STATES OFFICE OF RESEARCH AND EPA/600/R-95/178. **Environmental Protection Development** - ICR Microbial Laboratory Manual, April, 1996.
- Vianello, R. Alves, A. **Meteorologia Básica e Aplicações**, Viçosa: UFV, 2000.
- Victoria, R. *et al.* **Surface air temperatura variations in the Amazon region and its border during this century**. Journal of Climate, v.11, n.5, p.1105-1110, 1998.
- Vogel, A. **Análise Quantitativa; incluindo análise instrumental elementar**. 4. ed. - Rio de Janeiro Guanabara Dois, 1981.
- Wanderley Filho, J. R.; Costa, J. B. S. **Contribuição à evolução estrutural da bacia do Amazonas e sua relação com o embasamento**. In. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2; SBG-Núcleo Norte, Belém. Anais... p. 244-259, 1999.
- Zuquette, L. V. **Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológico para as condições brasileiras**. Tese de Doutorado, EESC/USP, São Carlos, SP. 3 vols, 1987. 673 p.
- Zuquette, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação de meio-físico: fundamentos e guia para elaboração**. São Carlos, 3V. Tese (Livre Docência). EESC/USP, São Carlos, SP, 1993. 388p.