

Ministério de Minas e Energia
Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

AVALIAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DA CIDADE DE RIO BRANCO - ACRE



Marco Antonio Oliveira
Amaro Luiz Ferreira



Serviço Geológico do Brasil

Secretaria de Geologia,
Mineração e Transformação Mineral

Ministério de
Minas e Energia



Ministério de Minas e Energia
Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

AVALIAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA
DA CIDADE
DE RIO BRANCO - ACRE

Relatório Final

Marco Antonio Oliveira
Amaro Luiz Ferreira

Manaus
2006

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. LOCALIZAÇÃO	1
3. AVALIAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA	4
4. METODOLOGIA	4
5. CARACTERIZAÇÃO DO RELEVO	5
6. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	9
6.1 FORMAÇÃO SOLIMÕES	12
6.2 UNIDADE PANORAMA	16
6.3 TERRAÇOS FLUVIAIS	18
6.4 ALUVIÕES	19
7. CARACTERIZAÇÃO DAS ARGILAS DE RIO BRANCO	19

8. SONDAGENS	24
9. PROBLEMAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS	35
9.1 DESLIZAMENTOS DE ENCOSTA	35
9.2 EROÇÃO DO SOLO	41
9.3 ADENSAMENTO DE SOLO	44
9.4 SOLOS EXPANSÍVEIS	44
9.5 RISCOS DE ENCHENTES	45
10. SINTESE GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA	50
11. RECOMENDAÇÕES	52
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Rio Branco-AC situa-se sobre terrenos sedimentares argilosos da Formação Solimões (Maia, 1977), às margens do rio Acre, com a mancha urbana ocupando áreas de “terra firme” e da planície de inundação. Estes terrenos distintos formam relevo relativamente plano, com gradientes topográficos de baixa amplitude, configurando bom local para o ambiente construído.

No entanto são frequentes os problemas de escorregamentos de terra nas encostas, abalo de fundações das edificações de porte e nas áreas baixas as enchentes sazonais, caracterizando-se como fenômenos de risco geológico.

Identificar os locais sujeitos a estes eventos de risco, compreender suas causas e as consequências destes fenômenos permite a atuação preventiva por parte do poder público, no sentido de inserir no Plano Diretor medidas e diretrizes para ocupação destes terrenos, objeto da avaliação geológico-geotécnica realizada no escopo dos Estudos do Meio Físico para Apoio ao Plano Diretor do Município de Rio Branco-AC.

2. LOCALIZAÇÃO

A sede do município de Rio Branco-AC localiza-se às margens do rio Acre, porção sudoeste da Bacia Amazônica Brasileira, afluente da margem direita do rio Purus. O acesso rodoviário é feito pela rodovia BR-364, onde a cidade de Rio Branco funciona como a principal porta de comunicação, unindo os municípios mais extremos do Estado do Acre ao restante do Brasil.

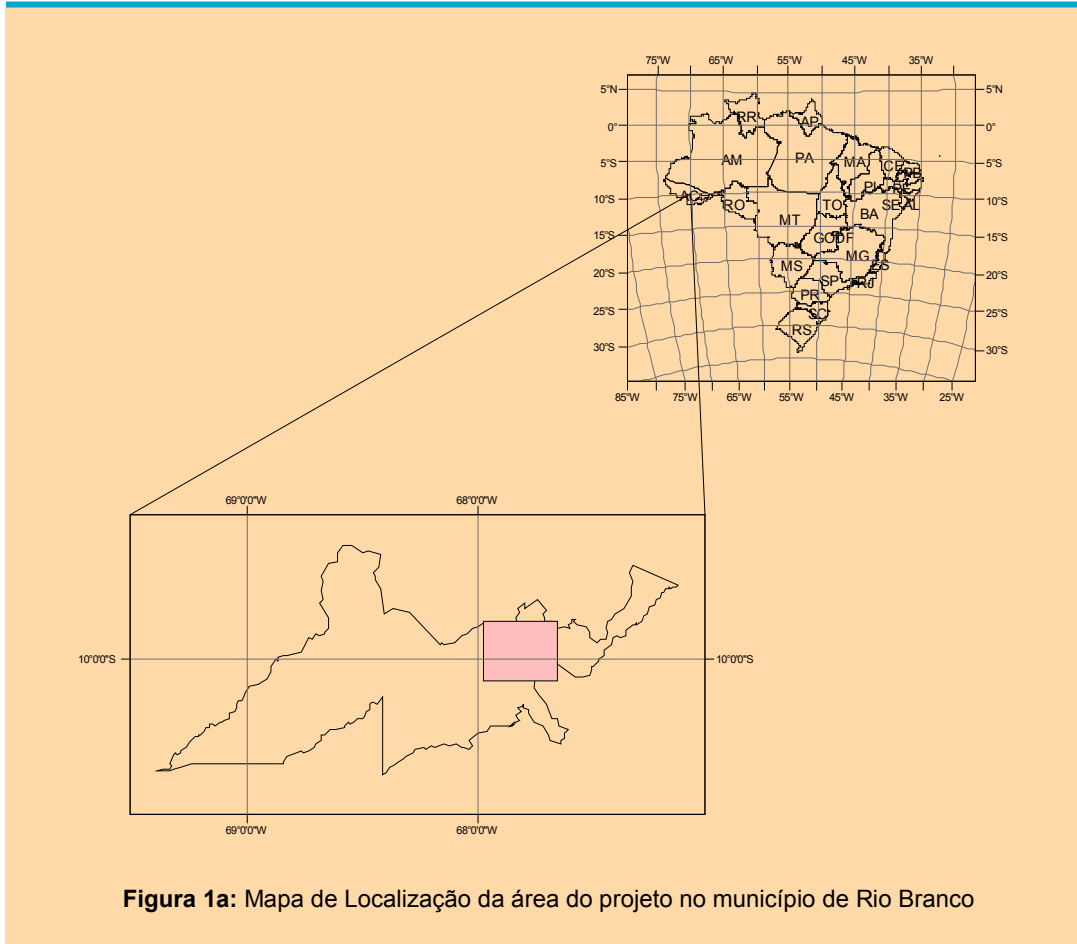
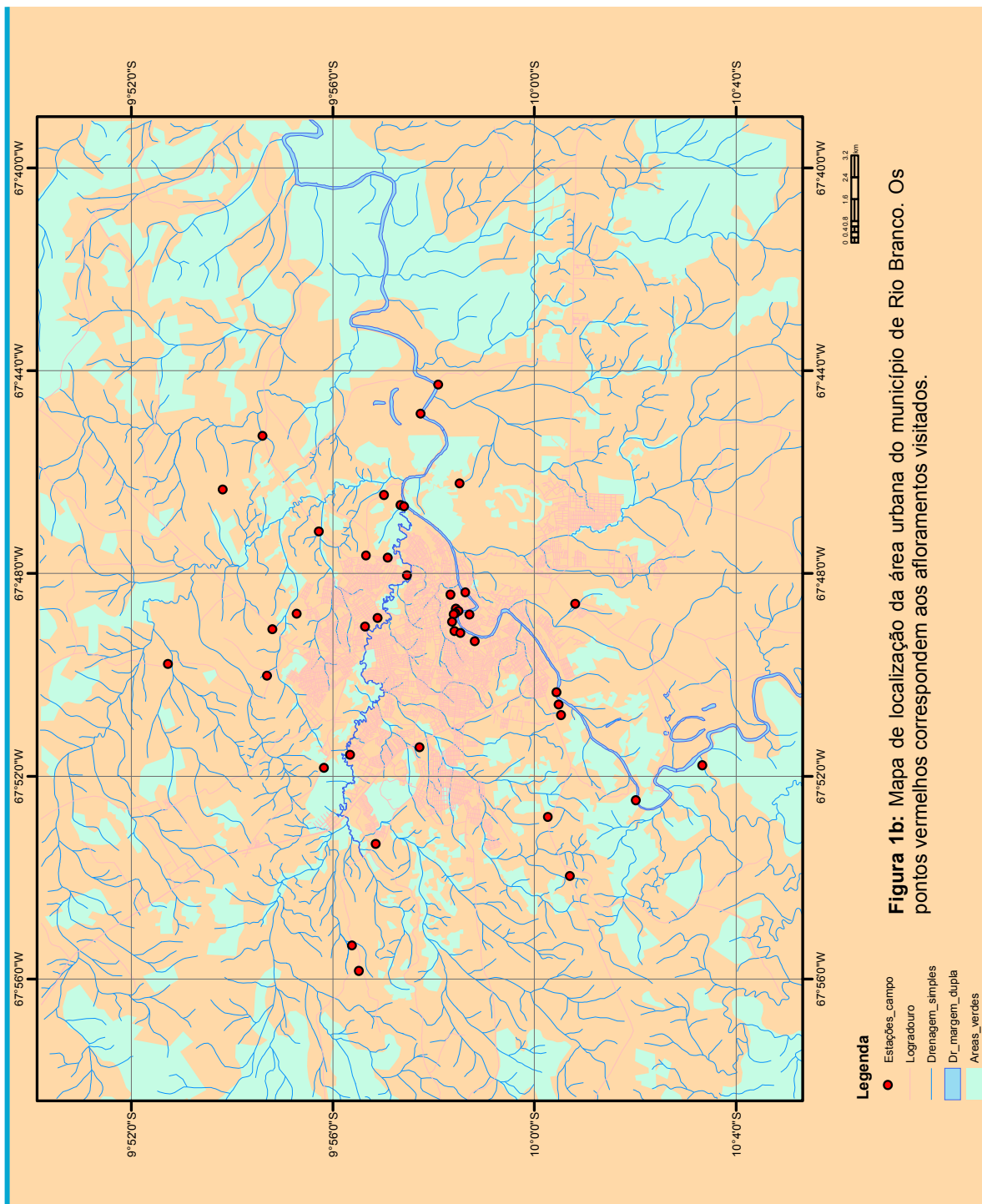


Figura 1a: Mapa de Localização da área do projeto no município de Rio Branco





Fotografia 01: Vista da margem direita do Rio Acre, área histórica da cidade de Rio Branco – AC. II Distrito.

3. AVALIAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

O objetivo da avaliação geológico-geotécnica foi de caracterizar os atributos do meio físico, cujo comportamento frente às solicitações do uso urbano do solo possa ser identificado e previsto, notadamente o relevo, a geologia e aspectos geotécnicos e hidrográficos, responsáveis pelos problemas de escorregamentos de terra, enchentes, recalques de solo e erosão acelerada, observados na cidade de Rio Branco.

4. METODOLOGIA

As atividades foram baseadas em levantamentos de campos, descrições de afloramentos, análises laboratoriais (Difração de Raios X) para caracterização mineralógica dos solos, análises de perfis de sondagens, bem como uma revisão bibliográfica. Foram realizadas quatro campanhas de campo (março, abril, maio e julho) dando ênfase aos estudos geológicos nas exposições de rochas ao longo do Rio Acre, entre a foz do Rio do Rola e a foz do Igarapé São Francisco, afloramentos em cortes de estrada nas cercanias da cidade, áreas de lavra de argila e nos locais onde problemas geotécnicos de movimentação de massa estão atuando. Para

conhecimento da geologia regional foi feito um perfil ao longo da BR-364 até a cidade de Sena Madureira.

Os dados de produção são:

- 1- 51 afloramentos descritos;
- 2- 23 amostras de solo/ rocha coletadas;
- 3- 18 amostras analisadas por difração de raios X;

Em escritório, os dados foram tratados com a utilização do Sistema de Informações Geográficas (ArcGis 9.1) e de Sensoriamento Remoto (Envi 4.2), lançando-se mão de imagens de satélite Landsat (Geocover, 2000), Imagens de RADAR (SRTM - NASA) e do levantamento aerofotográfico na escala 1:50.000 (Prefeitura).

Foram trabalhados 125 pontos com perfis de sondagens SPT, repassados pela prefeitura, onde se dispunha das coordenadas e localização correta do centróide das sondagens. Outros tantos não foram utilizados, pois apesar da toponímia não foi possível localiza-los em mapa. Os dados de sondagens SPT foram digitalizados no programa de Banco de Dados SIAGAS (CPRM), originalmente construído para tratar informações de poços para água subterrânea, e, posteriormente trabalhada no Programa Visual Poços (Waterloo - CPRM), programa este para visualização e interpretação dos dados.

Nos locais onde tínhamos mais de uma sondagem para o mesmo ponto trabalhou-se com um perfil médio. Outro aspecto é que houve a necessidade de integrar os dados com o Modelo Digital do Terreno (MDT), pois em muitas sondagens não se tinha o registro das cotas do terreno. As cotas foram extraídas a partir do Modelo Digital de Elevação do SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission – NASA). Os perfis construídos serviram de base para a interpretação geológica em subsuperfície.

5. CARACTERIZAÇÃO DO RELEVO

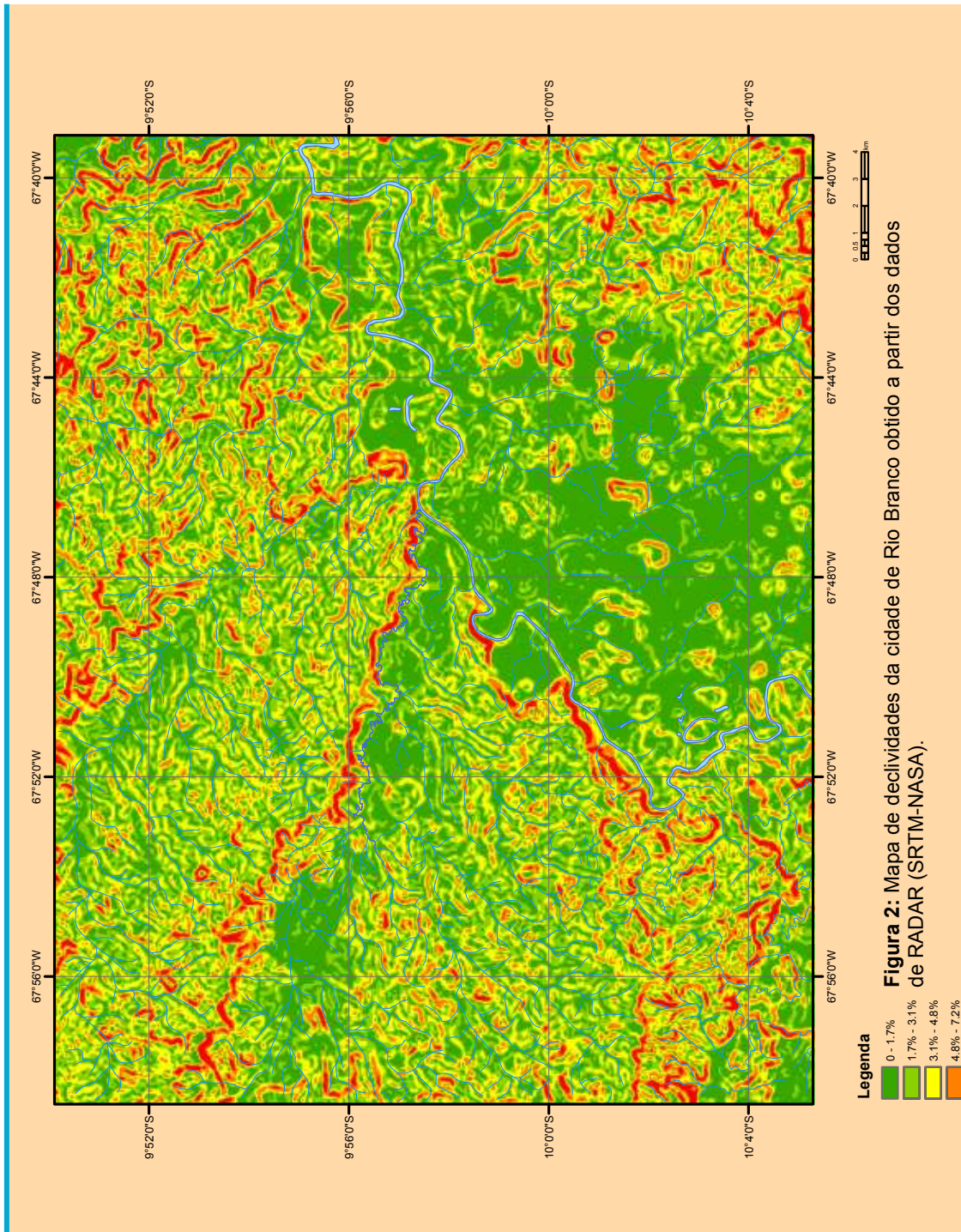
O relevo da região de Rio Branco apresenta-se por vezes bastante ondulado, as maiores elevações chegam a 215 m de altitude na porção norte da cidade, nas proximidades do atual aeroporto e no extremo sul-sudeste ao longo da BR-364, saída para Porto Velho-RO, com cotas em torno de 175 m. As áreas mais baixas encontram-se na calha e planície de inundação do rio Acre, com cotas próximas a 130 m. Os maiores declives são encontrados na margem esquerda do Rio Acre, bairro do Papoco na área urbana de Rio Branco, localidade do Panorama e ao longo da margem esquerda do Igarapé São Francisco. Ressalta-se que o aumento do gradiente

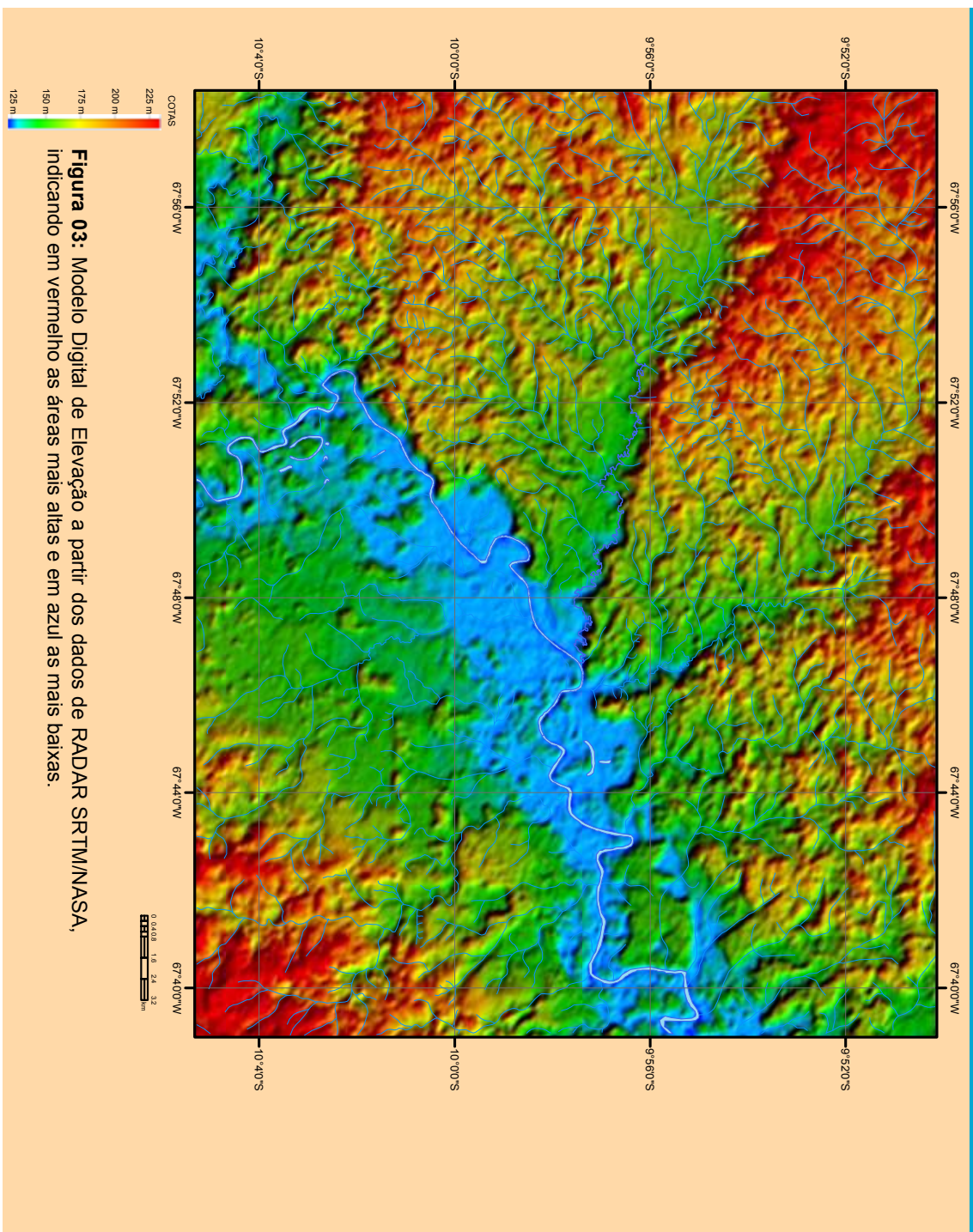
associado à composição dos terrenos vem acarretando em problemas de escorregamento/rastejo na região orla do Rio Acre e na região do rio São Francisco.

Geomorfologicamente a região está enquadrada dentro do que o Projeto RADAM (1976) denominou de Depressão Rio Acre – Rio Javari em contato com o Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental. Em geral é caracterizado por colinas suaves e drenagem pouco entalhada na parte mais central. No extremo norte e principalmente no extremo sul da área de estudo observa-se relevos ondulados e pouco mais dissecados com rede de drenagem mais incisiva. A que se destacar a importância do controle estrutural para a instalação da drenagem atual que, em muitos lugares é controlado por falhas e/ou fraturas a exemplo do Igarapé São Francisco, Figura 03.



Fotografia 02: Igarapé São Francisco. Bairro Aragão, Rio Branco - AC.





6. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

O substrato da região é constituído por rochas sedimentares essencialmente argilosas reunidas na Formação Solimões (Maia, 1977), que ocupa extensa área na porção ocidental da Bacia Amazônica. Recobrimo localmente esta unidade ocorrem depósitos de sedimentos inconsolidados associados à planície de inundação do rio Acre, individualizados em mapa como Terraços Fluviais para aqueles depósitos aluvionares mais antigos, identificados em imagem pela presença de vários paleocanais e meandros abandonados, e os Aluviões Recentes que se depositam às margens dos rios e igarapés.

Os trabalhos de campo permitiram identificar que sobre a Formação Solimões ocorre também um pacote de sedimentos argilosos, por vezes mosqueado de cor vermelha a cinza esverdeado, distribuídos em uma delgada cobertura (5 a 16m de espessura), recobrimo em discordância as rochas sotopostas. No contato entre os sedimentos argilosos com a Formação Solimões ocorrem inúmeros fósseis de vertebrados, além de concreções carbonáticas, fosfato de cálcio e gipsita, minerais diagnósticos para a identificação desta cobertura.

Por sua amplitude, com áreas de ocorrência desde as encostas da margem esquerda do Rio Acre até os topos das colinas na parte central da cidade, e sua composição mineralógica, formada de argilas expansivas, é que resultam os grandes problemas de comprometimento de fundações e escorregamentos de terra observados na cidade de Rio Branco. Porém sua cartografia na escala apresentada nos mapas é de difícil resolução, necessitando de estudos em detalhe para sua melhor definição espacial.

No perfil regional a partir de Rio Branco até a cidade de Sena Madureira, encontra-se uma seqüência de arenitos finos intercalados por camadas argilosas, de coloração esbranquiçada a avermelhada, com presença de estratificação cruzada acanalada, estruturas de corte/preenchimento e sigmóides, indicativos de ambiente deposicional de delta, progradando para norte/nordeste, conforme a disposição dos lobos deltáicos (Fotografia 03).

Na cidade de Sena Madureira, junto ao Rio Yaco, ocorre associação de siltito castanho, argilito amarelo esbranquiçado a esverdeado com intercalações de delgadas camadas de arenito fino, com concreções carbonáticas, veios de brushita, finos níveis de matéria orgânica, correlatas às seqüências de barras distais da Formação Solimões encontradas no Rio Acre junto à foz do Rio São Francisco, cidade de Rio Branco (Fotografia 04).



Fotografia 03: Corte de estrada próximo a cidade de Sena Madureira. Arenitos finos com estratificação cruzada, ambiente de lobos deltáticos, posicionados sobre os argilitos da Formação Solimões.



Fotografia 04: Pacote de sedimentos finos da Formação Solimões aflorantes na margem do rio Yaco. Sena Madureira.

Os dados de campo, somados a observação em imagens de Radar, evidenciaram que a seqüência de lobos deltáicos encontra-se entre as cotas 200 a 250 m, sobrepostas, portanto a seqüência siltico-argilosa da Formação Solimões, encontrada em Rio Branco e Sena Madureira na cota de 135 m. Caracteriza provavelmente a migração da frente deltáica de SW para NE. O Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1976) também descreve essa seqüência de arenitos finos, interpretando como interdigitações entre arenitos e argilitos, comuns em ambiente fluvial da Formação Solimões, Figura 04.

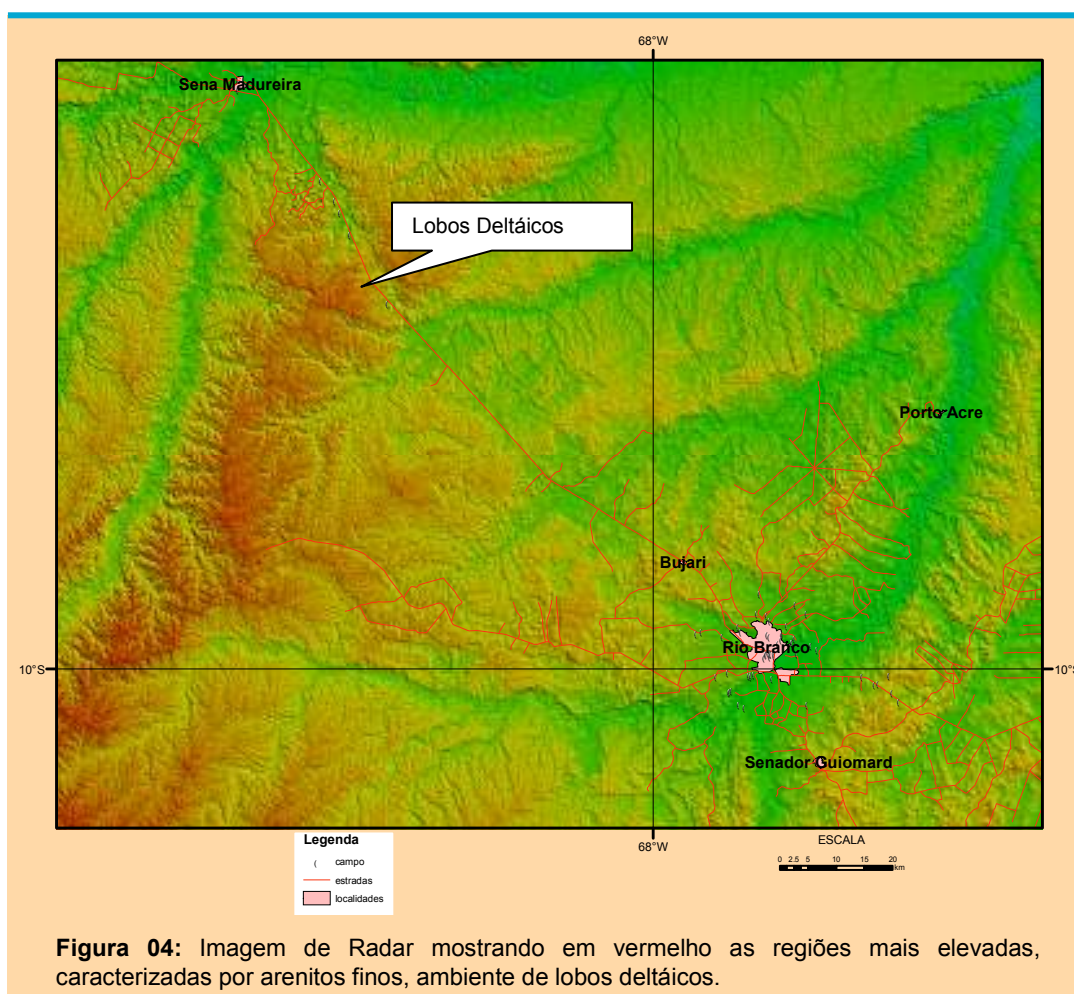


Figura 04: Imagem de Radar mostrando em vermelho as regiões mais elevadas, caracterizadas por arenitos finos, ambiente de lobos deltáicos.

Na cidade de Rio Branco os trabalhos de campo, somados a interpretação de imagens de sensoriamento remoto, perfis de sondagem e revisão bibliográfica, permitiram a confecção do mapa geológico destacando um extenso pacote de siltito e argilitos da Formação Solimões, sobrepostos em parte por terraços fluviais e aluviões recentes do Rio Acre. Também se observa uma cobertura residual sobreposta ao pacote da Formação Solimões não caracterizada no mapa e definida como unidade

Panorama, localidade situada a jusante da cidade, próximo a foz do igarapé São Francisco. Figura 05.

6.1. FORMAÇÃO SOLIMÕES

As rochas da Formação Solimões ocorrem em diversas exposições principalmente ao longo do rio Acre, próximo à estação de captação de água – ETA, também no trecho do rio Acre entre a Terceira Ponte e 2 km acima da foz do Rio Rola. Descendo o rio Acre a partir do Porto encontram-se importantes afloramentos na foz do rio São Francisco, encostas do Panorama. São observados também em corte de estrada ao longo da construção do anel viário.

Caracteriza-se por um relevo ondulado, medianamente dissecado, sendo que em direção ao rio Acre a dissecção fica mais intensa. É constituída predominantemente por argilitos laminados e/ou maciços de cor variando de castanho amarronzado, avermelhado a cinza escuro, por vezes ocorrendo intercalações de camadas siltosas e arenosas (Fotografia 05).

Na região do Panorama e próximo à foz do rio do Rola ocorrem argilitos cinza escuro contendo restos de vegetais e espessura de 1,5m, intercalados com arenitos finos com laminações cruzadas, configurando pacotes acamadados subhorizontais. Seu ambiente deposicional é fluvio-lacustre, em um sistema deltaico de barras distais. Sua idade, baseada em fósseis e linhitos, vai do Mioceno ao Pleistoceno (Caputo, 1971).

No contato do argilito de cor castanha da Formação Solimões com material argiloso cinza, bastante plástico, superior (Panorama) são encontrados diversos fósseis de vertebrados e de concreções carbonáticas, sugerindo importante marcador do contato entre a Formação Solimões e o pacote de argila cinza sobreposta.

Em termos estruturais, em alguns afloramentos foi observado conspícuo padrão de fraturamento (Fotografia 06), dando evidências de esforços tectônicos sofrido por estas rochas, possivelmente refletindo os padrões regionais de falhas e fraturas vistas nas imagens de radar, nos lineamentos estruturais representados por trechos retilíneos de igarapés e rios, com direção NE-SW. Notável é o alinhamento do igarapé São Francisco, na direção E-W, formando uma escarpa de falha com desnível de mais de 30m, separando um bloco estrutural alto a norte do igarapé do bloco baixo, a sul, onde se situa a cidade de Rio Branco.

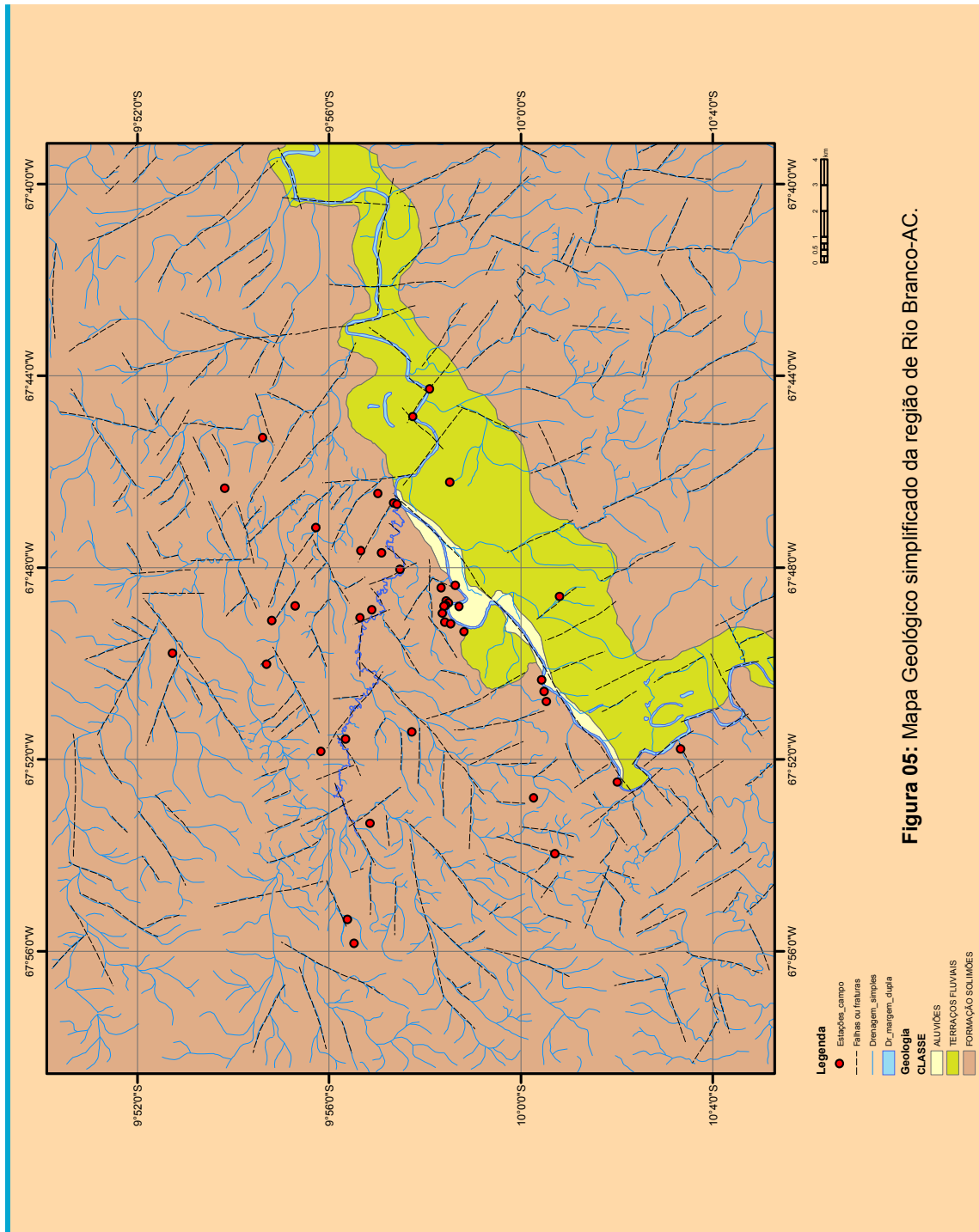


Figura 05: Mapa Geológico simplificado da região de Rio Branco-AC.



Fotografia 05: Afloramento de siltito castanho claro intercalado por camadas centimétrica de areia fina. Detalhe da presença de material orgânica.



Fotografia 06: Contato entre siltito castanho amarelado e argilito cinza em corte de estrada próximo da terceira ponte, destacando padrão de fraturamento.

Outras exposições importantes da Formação Solimões se fazem no Rio Acre à jusante da terceira ponte e acima da foz do rio Rola (Fotografia 7a,b). São argilitos de cor castanho, estratificados, apresentando leve mergulho para nordeste, destacando a presença de restos vegetais, por vezes com níveis de matéria orgânica.



Fotografia 7a e 7b: afloramento de argilito castanho estratificado da Formação Solimões. Rio Acre a jusante da foz do Rio do Rola (a); detalhe de argilito com níveis escuros de matéria orgânica,(b). Estação AI -21

6.2. UNIDADE PANORAMA

De difícil cartografia na escala de trabalho caracteriza-se por material argiloso de cor em geral cinza a marrom esverdeado, bastante plástico, sobreposto a Formação Solimões em discordância angular (Fotografia 8), observado principalmente nos afloramentos ao longo do rio Acre. Esta argila cinza evolui nas posições mais superiores do perfil de solo para argilas mosqueadas vermelhas a castanho claro. Intercalações com camadas siltosas e arenosas finas também foram observados em afloramentos a exemplo de afloramento junto ao anel viário, onde se tem estrutura de preenchimento de canal por siltito em meio a um pacote de areia fina/silte.

No contato com os argilitos da Formação Solimões destaca-se a presença de concreções carbonáticas de tamanho centimétrico, além de gipsita e calcita. Informações obtidas em diversos relatórios de sondagem SPT realizada na região de Rio Branco deixam claro que a presença desta associação mineral junto aos pacotes de argila não é uma ocorrência isolada sendo citados em diversos pontos de sondagens a sua presença. Exceção é dada pela sua ausência nos registros de sondagens a norte do igarapé São Francisco, provavelmente devido a erosão sofrida pelo alto topográfico que marca esta região.

Neste pacote é comum à ocorrência de mineral incolor, dureza baixa, brilho vítreo, hábito hexagonal, em forma de pequenos veios irregulares em meio ao pacote de argila cinza, geralmente acima do nível de fósseis. Foi amostrado um fóssil onde se observa crescimento mineral em clara evidência de substituição. Nos trabalhos anteriores na região RADAM (1976), este mineral fora descrito como gipsita (sulfato de cálcio). Análise de difração de RX realizada no laboratório do Departamento de Geociências da UFAM revelou tratar-se de *brushite* (Fosfato de Cálcio), mineral comum em associação com depósitos fósseis. (Fotografia 09)

Os macrofósseis de vertebrados encontrados no afloramento do Panorama, às margens do rio Acre, tratam-se de fragmentos dispostos em um nível desta unidade e foram identificados pela Divisão de Paleontologia da CPRM como: dente de crocodilo (*Purusaurus* sp.), placas dérmicas e vértebra sacral de crocodilos, dentes de peixe e coprolito. O ambiente para este jazimento fossilífero é continental fluvio-lacustre e ocorrem no Mioceno.

Por ser bastante plástica estas argilas são as principais causas de movimentos de rastejo e comprometimento de construções por trincas e rachaduras comumente observadas na cidade, a exemplo do que ocorre na orla do rio Acre. Nas sondagens SPT e nas exposições ao longo do rio Acre foi possível caracterizar sua espessura aparente entre 3m a 16m em profundidade.



Fotografia 08: Afloramento no Rio Acre onde pode ser observado extratos da Formação Solimões na base recoberto por Panorama argiloso vermelho a acinzentado, em discondância angular.



Fotografia 09: Argila cinza com veios de *brushite* (material branco no topo) sobreposto ao argilitos laminados da Formação Solimões. Panorama, Rio Acre.

6.3. TERRAÇOS FLUVIAIS

Ocorre principalmente na região do segundo distrito. Caracteriza-se por terrenos planos com algumas colinas isoladas, marcado pela presença de meandros abandonados de idades distintas, representando áreas emersas na planície de inundação do rio Acre, mesmo durante as cheias. Nas imagens denota-se que a migração do leito fluvial evoluiu de SE para NW. Hoje o sistema fluvial apresenta-se encaixado com pouca migração lateral.

Sua composição é dada pela alternância de pacotes argilosos e arenosos estratificados, recobertos por uma fina camada de argila cinza produto este do recobrimento pela deposição de finos na planície de inundação em épocas de inundação no sistema fluvial.

Na região da estrada do Amapá foi observado afloramento onde na base tem-se um pacote espesso de areia fina, com cerca de 3m aflorante, sobreposto por um pacote de argila avermelhadas e siltitos com 2,5m de espessura. Este material evoluiu para uma camada de latossolo avermelhado (Fotografia 10).

Este terreno constitui a principal reserva de água subterrânea da cidade de Rio Branco. O aquífero localiza-se nas camadas arenosas entre 6 a 8 metros de profundidade.



Fotografia 10: Pacote de areia de granulização fina a média encontrada a margem do anel viário, localidade do Amapá, AL-07.

6.4. ALUVIÕES

Ocorre em uma estreita faixa ao longo do rio Acre influenciada pela deposição de material trazido pelas cheias, junto à calha principal do rio Acre e na sua planície de inundação. Recobrem os argilitos da Formação Solimões e são compostos por sedimentos finos formados por areias, silte e argilas inconsolidadas, muitas vezes de difícil distinção dos terraços fluviais mais antigos. É comum a presença de bancos de areia ao longo da calha do rio Acre (Fotografia 11).

Este material recente tem sido objeto de extração mineral realizada por pequenas balsas ao longo do canal do rio, estima-se ao menos 10 balsas trabalhando no trecho entre área central da cidade e o rio do Rola.



Fotografia 11: Banco de areia depositado na calha do rio Acre junto à ponte no centro de Rio Branco.

7. CARACTERIZAÇÃO DAS ARGILAS DE RIO BRANCO

Os terrenos na região de Rio Branco por sua natureza geológica de origem continental lacustre resultam em materiais superficiais (solos, rochas alteradas e coberturas sedimentares) de composição essencialmente argilosa. Em consequência tem-se uma paisagem de colinas de topos planos e vertentes pouco inclinadas, a exceção das margens do rio Acre, com hidrografia dendrítica bem desenvolvida.

Neste aspecto configura um bom local para o assentamento urbano, porém a ocorrência de problemas de trincas em prédios, recalque de pavimentos e escorregamentos de terra poderiam ter relação com a presença de argilas expansivas.

Portanto o objetivo deste estudo de caracterização das argilas foi o de identificar a composição mineralógica dos materiais superficiais, de modo a reconhecer os argilo-minerais expansíveis e sua distribuição espacial. Foram então coletadas, em diversos pontos da cidade de Rio Branco e ao longo do rio Acre amostras para análise qualitativa em laboratório, feita por Difração de Raios X, método do pó, em amostra total, na fração argila e glicolada. Estas análises foram realizadas no laboratório de difração de RAIOS-X do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Amazonas, e os resultados são apresentados em difratogramas. (anexo II).

No primeiro lote foram encaminhadas 18 amostras de material coletado em superfície, em torno de 1 a 5m de profundidade, em cortes de estrada, cavas das olarias e nas margens do rio Acre. Nesta amostragem foi feita apenas a análise do pó em amostra total, onde foram identificados predominantemente os minerais de quartzo, caulinita, illita, presentes em quase todas as amostras, compondo um grupo de aluminossilicatos formadores de argilas sedimentares. Subordinadamente ocorrem hematita, goethita (provavelmente de alteração supergênica) e rutilo, além de muscovita. A gipsita ocorre nas amostras AL-20 e AL-09, ressaltando a unidade denominada de Panorama. (Tabela I)

Há de se destacar nas amostras AL-06, AL-14, AL-20 e AL-28 a presença de nontronita, mineral aluminossilicato hidratado de ferro-sódio-magnésio, pertencente ao grupo das montmorillonitas, cuja característica de sua estrutura cristalina trilaminar, permite a separação de suas lamínas pela água adsorvida e a grande capacidade de troca catiônica, sendo referidas como argilas de rede expandida, facilmente intumescidas quando colocadas na água.

No segundo lote foram enviadas amostras coletadas na etapa de campo de julho, em afloramentos no rio Acre até a foz do rio do Rola, rio Yaco em Sena Madureira e em cortes de estrada. Foram amostrados perfis verticais da base para o topo de cada exposição, representando, no caso dos afloramentos do Panorama (AL-18, Papoco (AL-50, AL-51) e foz do rio do Rola (AL-49), as argilas da Formação Solimões (base) e Panorama (topo). Nestas amostras foram analisadas a fração argila e glicolada, havendo então uma melhor resposta na identificação dos argilo-minerais. Observa-se que além da presença do quartzo, caulinita e illita como minerais predominantes, há grande dispersão da montmorillonita com ocorrência em quase todas as amostras nas frações argila e glicolada. Os minerais calcita e dolomita

representam as finas camadas e lentes que ocorrem intercalados aos pelitos da Formação Solimões, no rio Yaco (Tabela II).

A presença de argilas expansivas tanto nas amostras representativas da Formação Solimões (rios Yaco e Acre) e predominantemente na unidade Panorama indica uma amplitude regional para sua ocorrência. Considerando que a maior parte das amostras foram coletadas próximas à superfície do terreno, estando sujeitas às variações sazonais das chuvas, o solo pode sofrer alteração volumétrica gerando o fenômeno do empastilhamento, principalmente em taludes de corte e áreas terraplenadas. Conforme observado em cortes de estrada no anel viário, próximo a terceira ponte, e rua Porto Acre no bairro das Placas (respectivamente estação AL-06 e AL-40).

Nas fundações diretas os ciclos de umedecimento e ressecamento em subsuperfície podem ocorrer causando recalques nas estruturas e trincas em paredes e pavimentos. Como visto na área central da cidade, no Instituto São José.

Amostra	Quartzo	Gipsita	Caolinita	Ilita	Nontronita	Moscovita	Hematita	Goethita	Rutilo
AL-R-02	Yellow		Yellow	Yellow			Yellow		Yellow
AL-R-03	Yellow		Yellow	Yellow					Yellow
AL-R-05	Yellow		Yellow	Yellow					Yellow
AL-R-08	Yellow		Yellow	Yellow					Yellow
AL-R-09	Yellow	Cyan	Yellow	Yellow					Yellow
AL-R-06	Yellow		Yellow	Yellow	Orange				Yellow
AL-R-09B	Yellow	Cyan	Yellow	Yellow					Yellow
AL-R-11A	Yellow		Yellow	Yellow		Yellow			
AL-R-11B	Yellow		Yellow	Yellow					Yellow
AL-R-12	Yellow		Yellow	Yellow					Yellow
AL-R-13A	Yellow		Yellow	Yellow		Yellow			
AL-R-14	Yellow		Yellow	Yellow	Orange			Yellow	
AL-R-15	Yellow		Yellow	Yellow					
AL-R-20	Yellow	Cyan	Yellow	Yellow	Orange	Yellow			
AL-R-23	Yellow		Yellow	Yellow		Yellow			
AL-R-24	Yellow		Yellow	Yellow			Yellow		
AL-R-28	Yellow		Yellow	Yellow	Orange				
AL-R-29	Yellow		Yellow	Yellow					

Tabela I: Relação de amostras de solo e rocha analisadas por difração de raios X, método do pó, em amostra total. As cores indicam a presença do mineral identificado. Notar o predomínio dos aluminossilicatos (caolinita e ilita) e quartzo como formadores das argilas sedimentares. A ocorrência de nontronita, mineral do grupo das montmorilonitas, indica o caráter de rede expansiva das argilas presentes nestas amostras.

Amostra	Afloramento	Quartzo	Montmorillonita	Caolinita	Ilita	Nontronita	Brushita	Gipsita	Moscovita	Goethita	Rutilo	Calcita	Dolomita	Mica
P4-RA-AM1	AL-05													
P4-RA-1-ARGILA	AL-05													
P4-RA-AM1-GLICO	AL-05													
P4-RA-AM2	AL-10													
P4-RA-AM2-ARGILA	AL-10													
P4-RA-AM2-GLICO	AL-10													
RA-RB-AM0	AL-18													
RA-RB-AM0-GLICO	AL-18													
RA-RB-AM0-ARGILA	AL-18													
RA-RB-AM1	AL-18													
RA-RB-AM1-GLICO	AL-18													
RA-RB-AM1-ARGILA	AL-18													
RA-RB-AM4	AL-50													
RA-RB-AM4-ARGILA	AL-50													
RA-RB-AM4-GLICO	AL-50													
RA-RB-AM5	AL-51													
RA-RB-AM5-ARGILA	AL-51													
RA-RB-AM5-GLICO	AL-51													
RA-RB-AM6	AL-48													
RA-RB-AM6-ARGILA	AL-48													
RA-RB-AM6-GLICO	AL-48													
RA-RB-AM7	AL-48													
RA-RB-AM7A-GLICO	AL-48													
RA-RB-AM8	AL-49													
RA-RB-AM8-ARGILA	AL-49													
RA-RB-AM8-GLICO	AL-49													
RA-RB-9-ARGILA	AL-49													
RA-RB-AM9-GLICO	AL-49													
RA-RB-AM11-GLICO	AL-49													
RY-SM1	Rio Yaco													
RY-SM-AM1-ARGILA	Rio Yaco													
RY-SM-AM1-GLICO	Rio Yaco													
RY-SM-AM2	Rio Yaco													
RY-SM-AM2-ARGILA	Rio Yaco													

Tabela II: Relação de amostras de solo e rocha analisadas por difração de raios X, método do pó, em amostra total, fração argila e glicolada. As cores indicam a presença do mineral identificado. Notar o predomínio dos aluminossilicatos (caolinita e ilita) e quartzo como formadores das argilas sedimentares e ocorrência de montmorillonita em quase todas as análises, indicando o caráter de rede expansiva das argilas presentes

8. SONDAGENS

A caracterização do subsolo de Rio Branco foi realizada pela análise de boletins de sondagens SPT disponibilizados pela Prefeitura, onde pode ser constatada uma heterogeneidade do substrato, refletida sobretudo nas unidades geológicas reconhecidas nos afloramentos.

A Formação Solimões em subsuperfície é caracterizada ao final das sondagens, em torno de 20 m, por siltito castanho com comportamento rígido a duro no ensaio SPT. Sobreposto a essa camada siltica tem-se um extenso pacote extremamente argiloso variando de argila cinza a amarelado, passando por tipos de cor castanhos. Ocorrem também pacotes de argila arenosa e/ou siltosa de cor cinza a amarelada passando por argilas avermelhadas e acastanhadas. Intercaladas à seqüência argilosa têm-se lentes de areia fina amarela esbranquiçada em profundidades variadas desde pacotes arenosos de 2,5 m de espessura, em profundidades de 3.5 m e 8 m como na região do igarapé Batista, 3 a 5 m de profundidade no bairro Conquista e lentes entre 5 e 9 m de profundidade, na região central da cidade.

Na região do Aeroporto Velho e Bairro do Sobral, caracterizada por Terraços Fluviais, os perfis de sondagens revelaram substrato inferior constituído por siltito castanho, sobreposto por argila siltosa, lentes arenosas amarelas acinzentadas a cinza que podem chegar a 5 m de espessura. Todo esse pacote é recoberto por uma camada argilosa que pode variar para argila-arenosa a siltosa cinza amarela a avermelhado nos 6 metros iniciais da sondagem, representando antigos depósitos sedimentares inconsolidados.

No Segundo Distrito, região de predomínio dos Terraços Fluviais, a presença dos pacotes de areia tem distribuição mais homogênea configurando pacotes de areia fina de cor amarelo esbranquiçada recoberta por camada argilosa a argilo-arenosa, em torno de 3 a 4 m de espessura. As sondagens mais profundas na região da Vila Acre apresentam pacote de areia a partir de 7m aos 15m de profundidade, limite da sondagem.

As Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13 apresentam seções geológicas interpretadas a partir dos perfis de sondagens para algumas regiões da cidade de Rio Branco.

SEÇÃO DO AQUIFERO RIO BRANCO

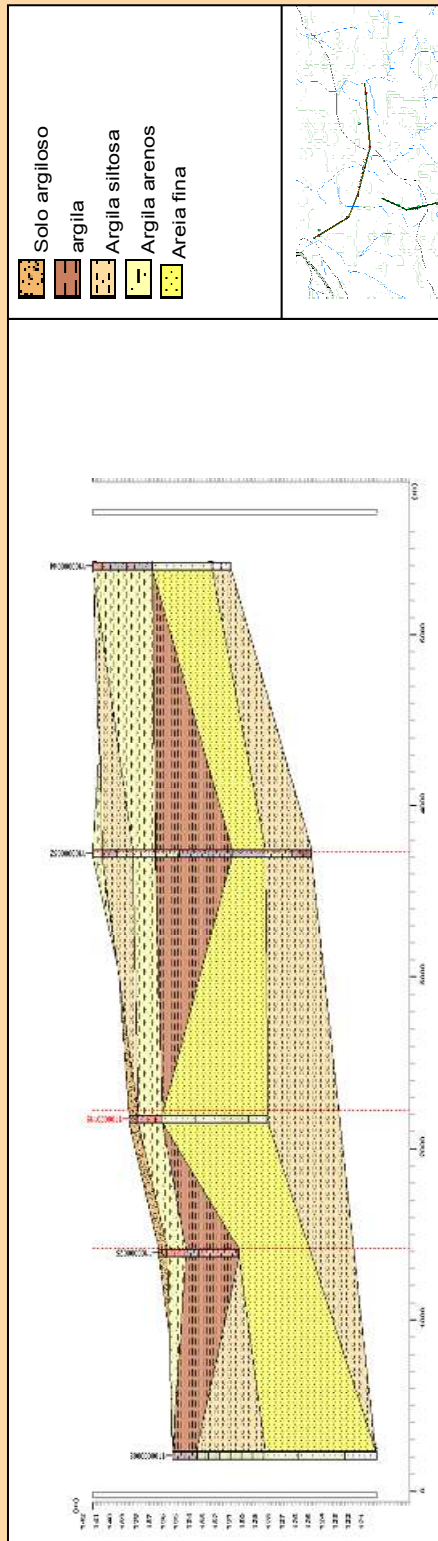


Figura 07: Seção NE-SW na Vila Acre também caracterizando pacote areia fina a 7 m.

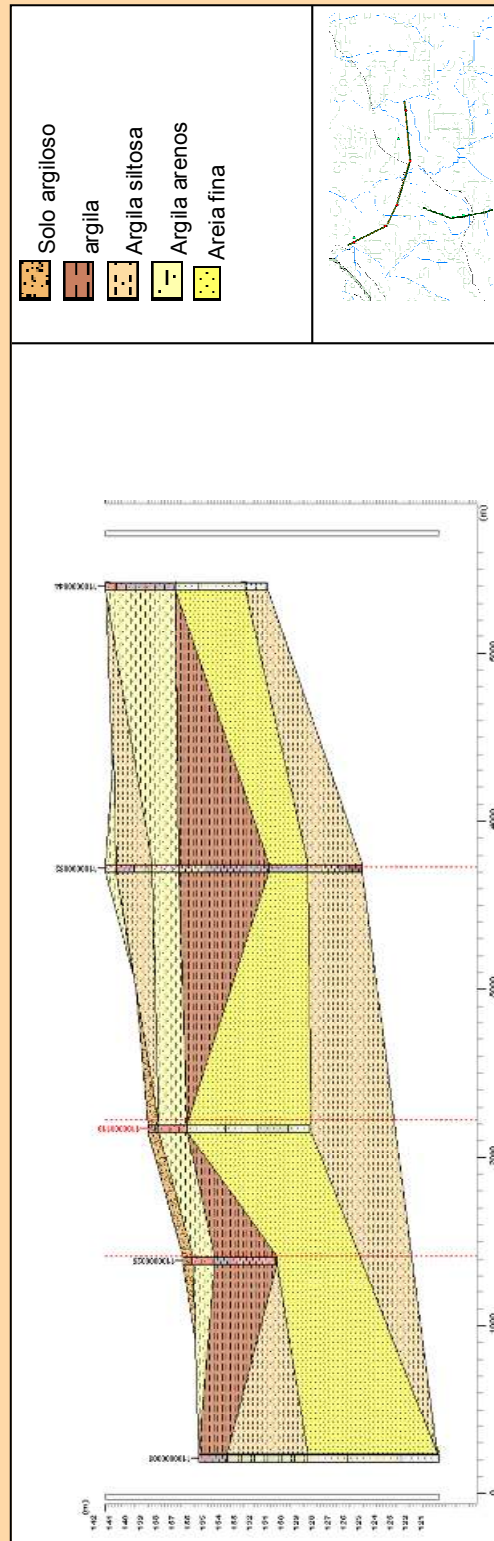
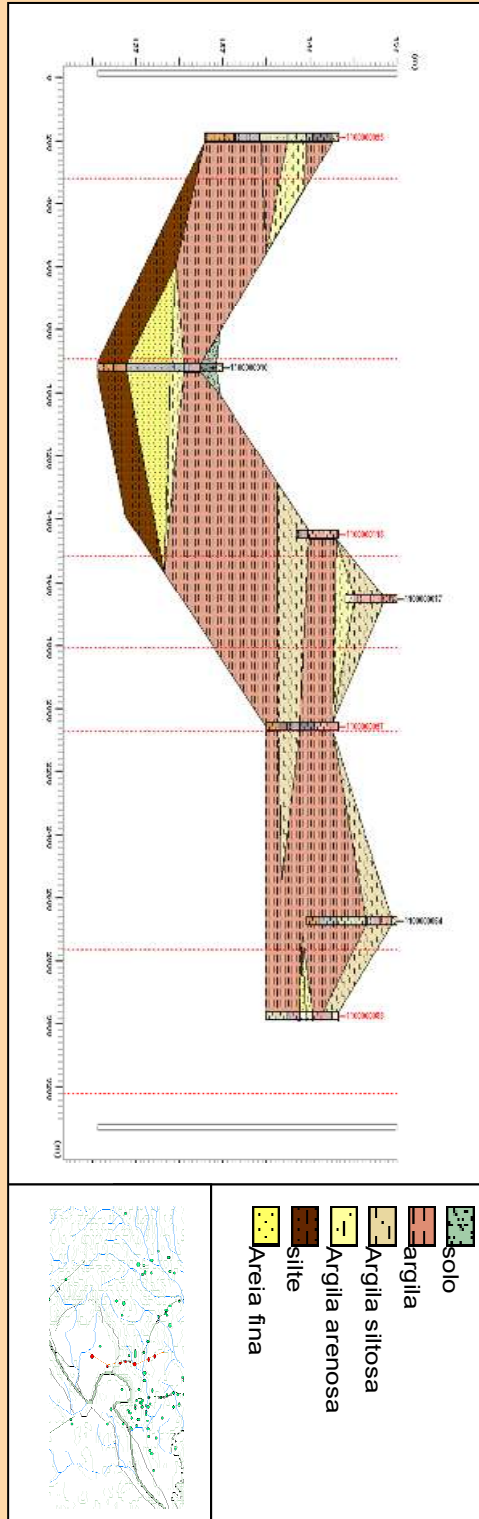


Figura 06: Seção geológica NW-SE no 2° Distrito de Rio Branco caracterizando em amarelo pacote de areia provável aquífero Rio Branco. SEÇÃO VILA ACRE

SEÇÃO GEOLÓGICA PALHERAL

Figura 08: Seção do Bairro Sobral ao Igarapé Maternidade, caracterizando lente de areia sobre silto e um espesso pacote de sedimentos inconsolidados: argila com intercalações de argila siltoosa e arenosa.



SEÇÃO GEOLÓGICA MATERNIDADE

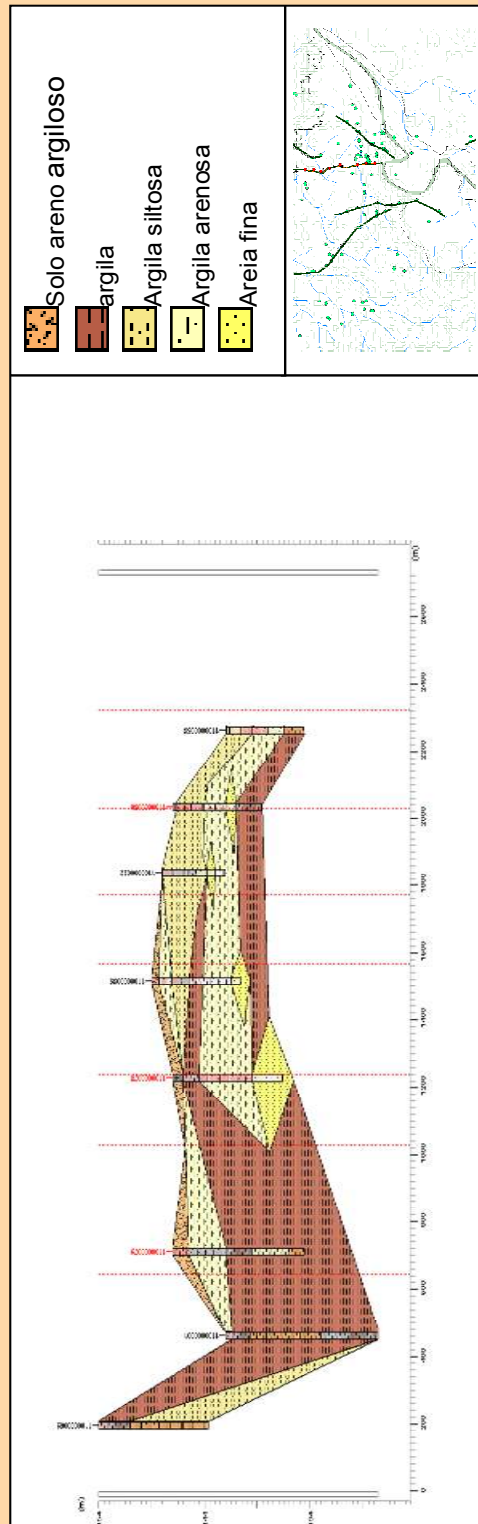
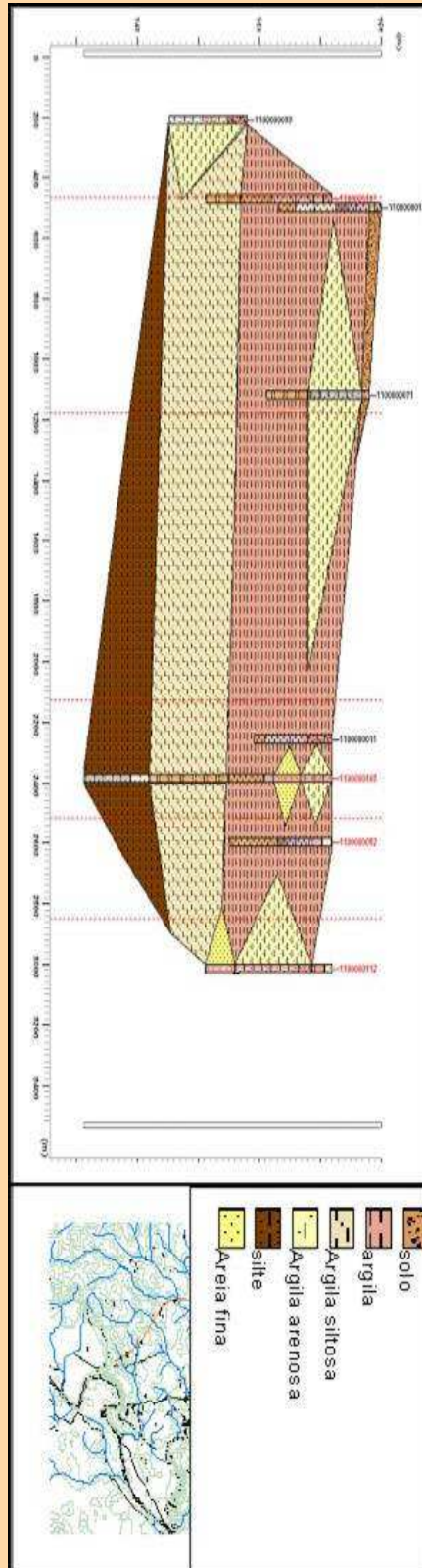


Figura 09: Seção transversal ao Igarapé Maternidade, caracterizando pacote argiloso com intercalações de lentes de areia fina.

SEÇÃO GEOLOGICA IGARAPÉ BATISTA

Figura 10: Seção próxima ao Igarapé Batista, destacando na base Siltito castanho e algumas lentes de areia fina.



SEÇÃO GEOLÓGICA NO BAIRRO RAIMUNDO MELO

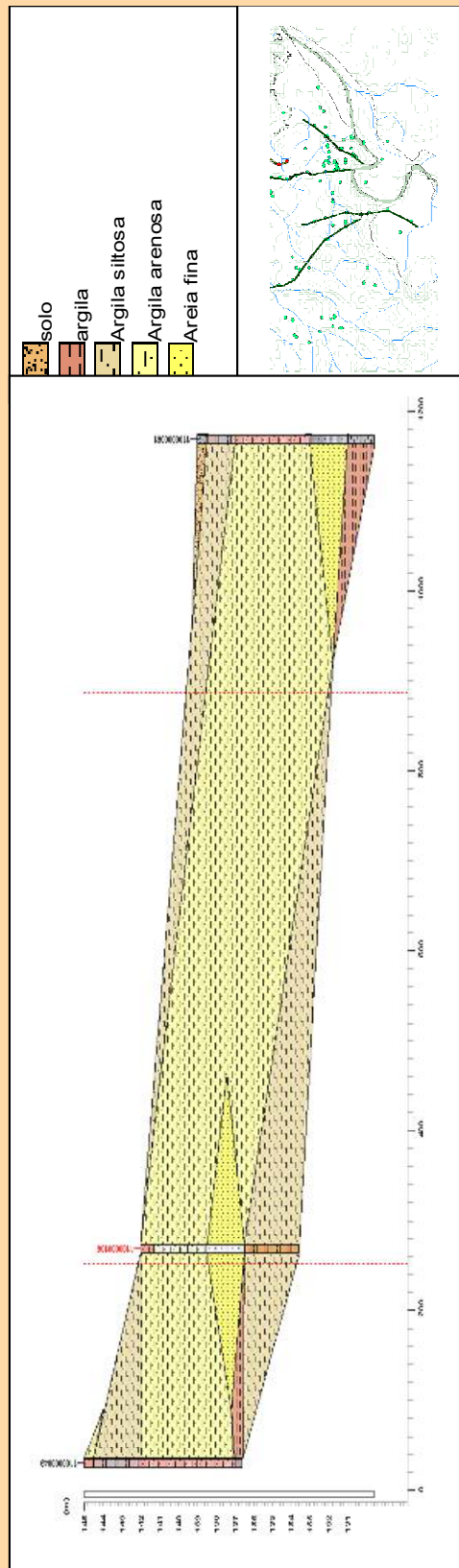


Figura 11: Seção perpendicular ao Rio São Francisco, bairro Raimundo Melo, lentes de areia a 8 e 10 m de profundidade em meio a argila arenosa.

SEÇÃO NO BAIRRO CONQUISTA

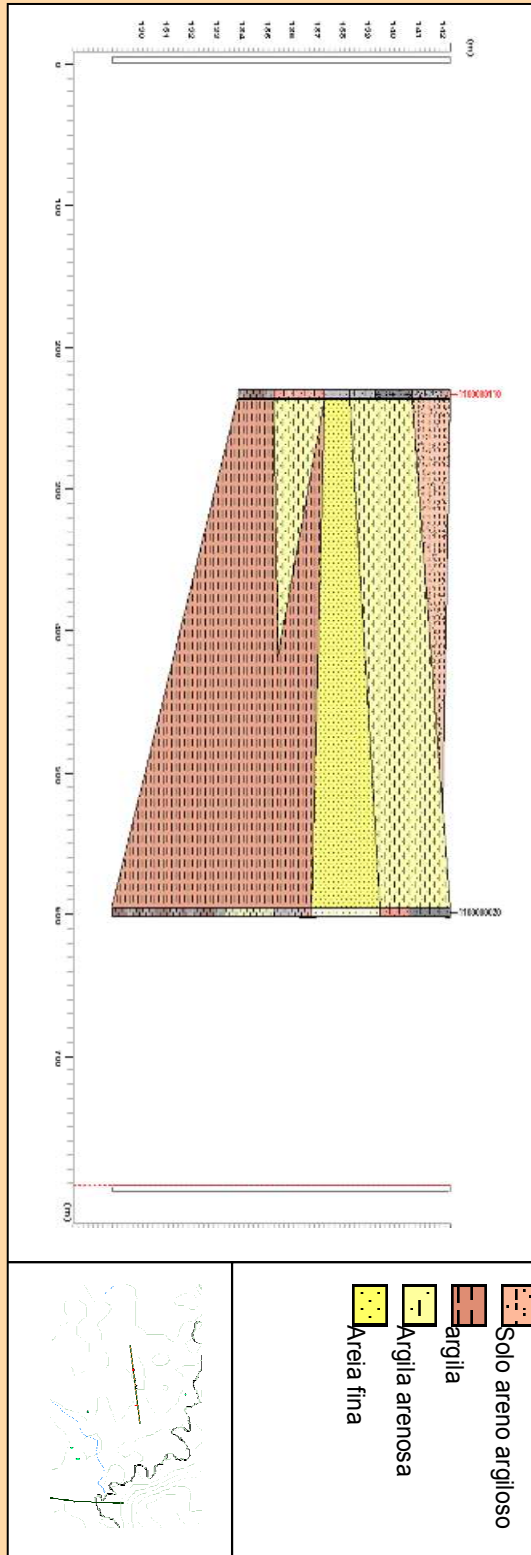


Figura 12: Pequena seção no bairro Conquista evidenciando camada de areia fina a 5 m de profundidade

SEÇÃO GEOLÓGICA NA ETA II

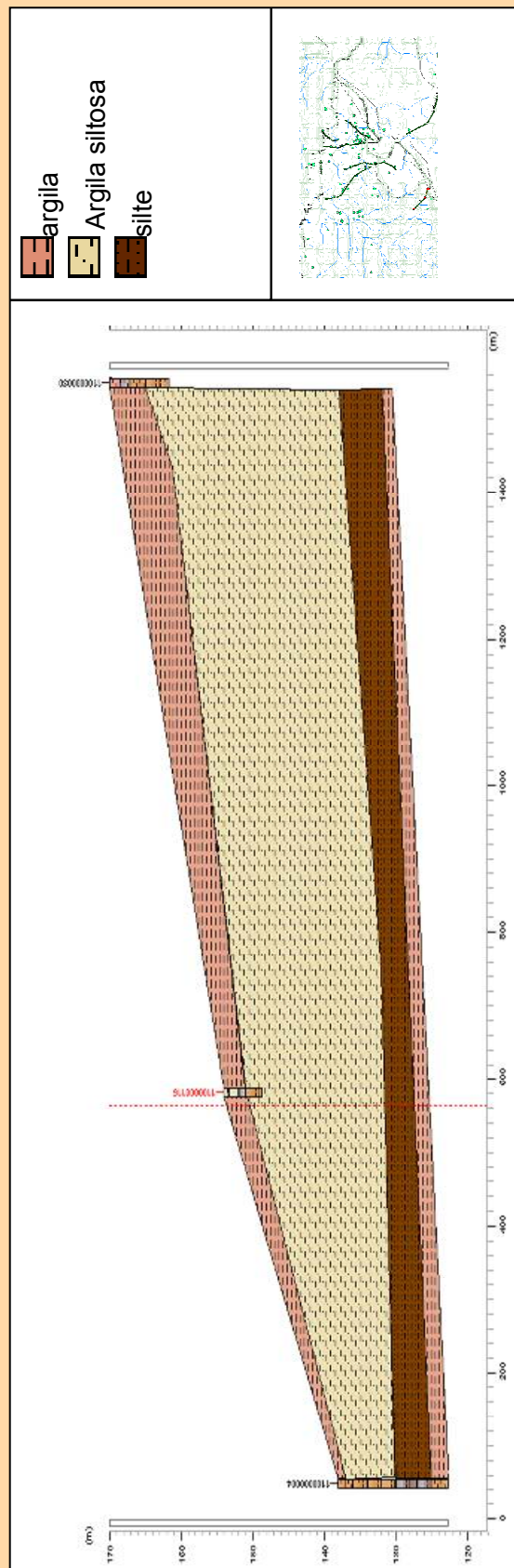


Figura 13: Seção a margem do Rio Acre no local de captação de água de Rio Branco, mostrando pacote extremamente argiloso a siltoso.

A capacidade de suporte às fundações está intimamente relacionada à constituição do substrato, e, por conseguinte do nível topográfico. Pelas características encontradas nas sondagens fica evidente a necessidade de estudos geotécnicos de detalhe para empreendimentos a serem executados em Rio Branco devido à heterogeneidade do substrato argiloso, porém com lentes de areia intercaladas. De modo geral tem-se um pacote de argila cinza plástica e expansível com espessura variável de 3 a 16m e presença de concreções carbonáticas na base, representando a unidade Panorama, sobreposto aos argilitos da Formação Solimões, conhecida na linguagem do sondador como “salão” e considerado como o assento ideal para as fundações de edificações de porte. No entanto na análise dos boletins de sondagens verifica-se que a maioria dos furos não atinge o substrato composto pelos argilitos da Fm. Solimões, ficando “suspensos” na camada superficial formada pelas argilas expansivas, e, provavelmente resultando em problemas de instabilização das fundações das estruturas dos prédios.

Uma tentativa de relacionar os limites de materiais rígidos e duros foi feita com base nos resultados de sondagem SPT, para uma parte da cidade. Analisando este quadro, observam-se algumas regiões onde se encontra material rígido em profundidade maior como é o caso da região que vai do Sobral ao Palheiral, Cidade Nova, Seis de Agosto, Isaura Parente e Manoel Julião variando de 8 a 14 m de profundidade. Terrenos com comportamento rígido a profundidades menores são encontrados nos loteamentos Ivete Vargas, Conjunto Tangará, Flor de Maio e Vila Betel onde as sondagens descrevem argilas rígidas a pouco mais de 2 m de profundidade.

Este mesmo comportamento, com algumas variações, pode ser observado quando é analisado o desempenho dos terrenos com característica dura na sondagem SPT. Encontra-se material duro a profundidades pouco menores que 20 m, como no caso dos bairros Bahia Velha, Pista e João Paulo II e Seis de Agosto refletindo provavelmente o substrato dos Terraços Fluviais ali encontrados. Em contrapartida na região que vai do Ivete Vargas ao Conjunto Tangará, Centro, Capoeira e Jose Augusto o material duro pode ser encontrado a profundidades de 5 m.

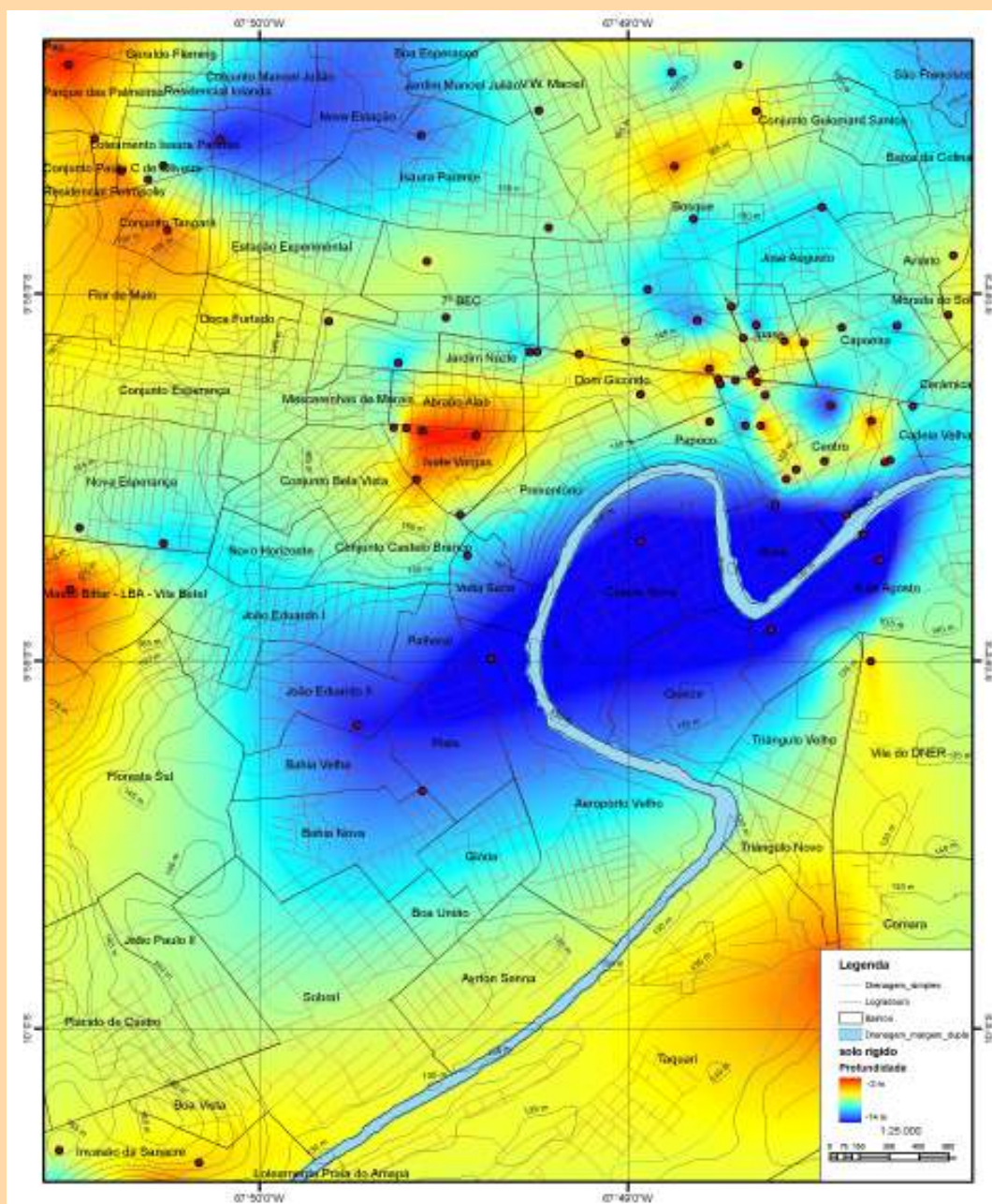


Figura 14: Mapa de isovalores para solos rígidos obtidos pela análise dos boletins de sondagens SPT na cidade de Rio Branco.

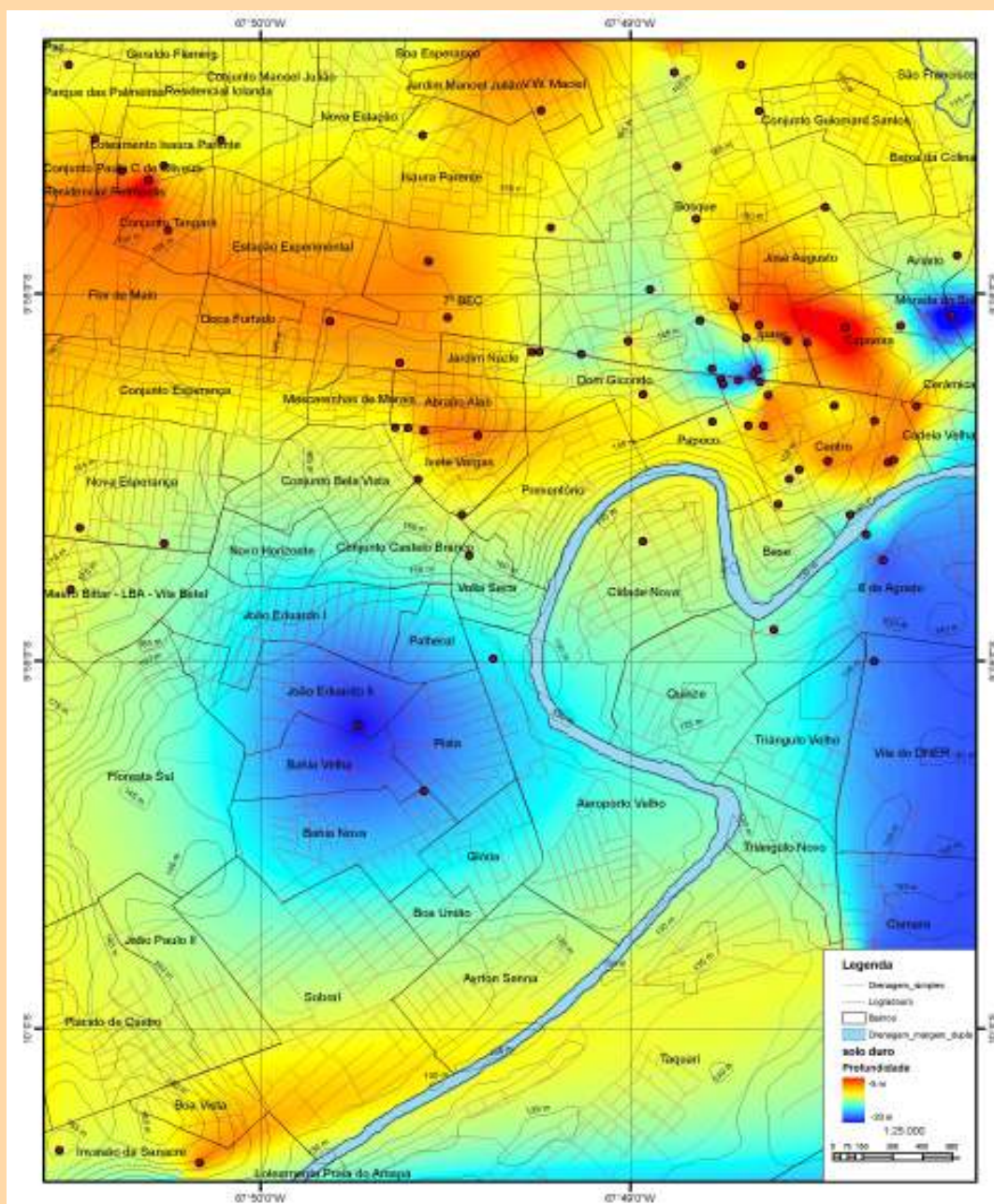


Figura 15: Mapa de isovalores para comportamento duro obtido através da interpolação dos dados de sondagens SPT na cidade de Rio Branco.

9. PROBLEMAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

Os principais problemas urbanos originados da relação entre as características do meio físico e de seu comportamento perante as variadas intervenções do ambiente construído são manifestados nos escorregamentos de terra, nas enchentes, na erosão acelerada, nos solos expansíveis e nos solos adensáveis. A partir desta identificação partiu-se para a investigação das suas causas e fatores condicionantes (naturais ou induzidos) e o mapeamento de áreas com comportamento homogêneo perante os problemas geológico-geotécnicos. Esta abordagem tem sido aplicada em outras cidades e regiões do País e seus produtos destinam-se às ações de planejamento do uso do solo e Planos Diretores Municipais (IPT, 1994; PRANDINI, et al., 1995; OLIVEIRA et al., 1998).

Na cidade de Rio Branco os problemas geológico-geotécnicos estão relacionados à topografia e a composição dos terrenos. Nas áreas elevadas e de maior declividade tem-se a questão de deslizamentos de terra nas encostas, nas regiões em nível topográfico mais baixo têm-se áreas sujeitas às enchentes. Por apresentar substrato constituído de material essencialmente argiloso e pela presença de argila plástica expansiva, os problemas de instabilização de estruturas das edificações são comuns. A Figura 16 relaciona as principais áreas com problemas de movimentação de massa em Rio Branco

9.1. DESLIZAMENTOS DE ENCOSTA

Foram observados nos levantamentos de campo os seguintes locais com eventos de escorregamentos de terra, tendo como causa a evolução do relevo relacionado à dinâmica fluvial do rio Acre e a fatores induzidos pela forma de ocupação desordenada dessas áreas de encostas, e nas intervenções em taludes de corte.

Entre os principais locais temos:

- 1- Ponto próximo da estação de captação de água (ETA);
- 2- Encosta do bairro Preventório voltada para o Rio Acre, onde os deslizamentos agravados pela intensa ocupação humana configuram uma situação de alto risco;
- 3- Localidade do Panorama logo abaixo da foz do rio São Francisco no Rio Acre, região dominada por sítios com criação de peixe;
- 4- Encosta norte do Rio São Francisco dos bairros de Placas ao São Francisco, marcada por constantes cicatrizes de escorregamentos.

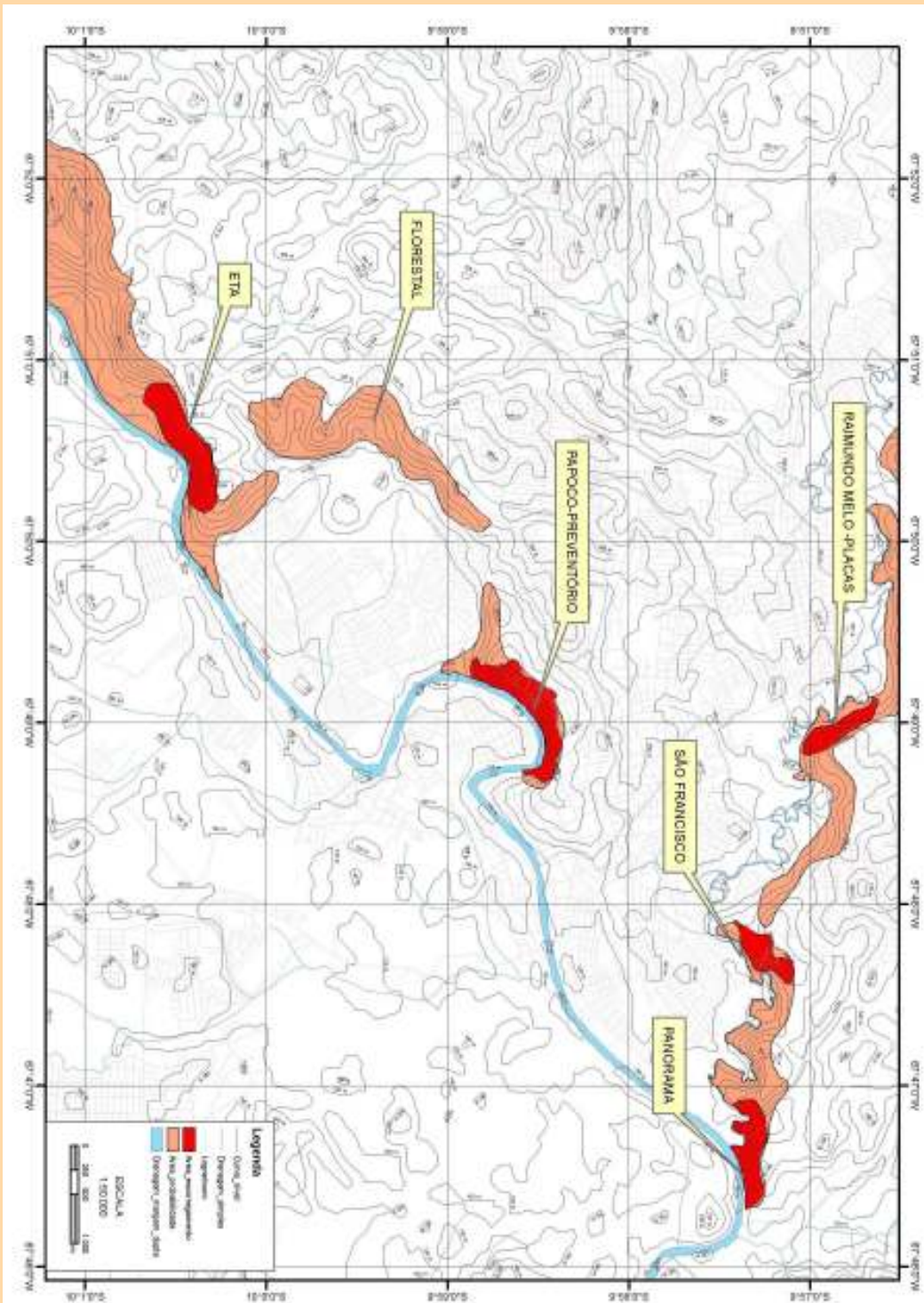


Figura 16: Mapa com a distribuição das áreas de riscos de deslizamentos na região central da cidade de Rio Branco

Os principais fatores para a ocorrência de deslizamentos estão associados ao material instável em regiões de declive acentuado, ora refletindo em desmoronamento/escorregamento ora em movimentos lentos de rastejo.

Na região do Panorama os escorregamentos são de grande porte e a geometria da ruptura caracteriza-se por uma superfície circular ocorrendo em sedimentos argilosos sobrepostos a Formação Solimões. Episódios abruptos de deslizamentos com corrida de lama também são observados, acelerados pela intensidade pluviométrica em determinadas épocas do ano e pelo descalçamento da base da encosta pela dinâmica fluvial do rio Acre. O material deslizado é constituído por argila cinza a avermelhada bastante plástica contendo na sua base dispersa ou por vezes concentrados em determinadas porções fragmentos de fósseis, concreções carbonáticas centimétricas e venulações de espessura centimétrica constituída por fosfato hidratado de cálcio (brushita) e gipsita. A fotografia 12 mostra uma visão geral dos deslizamentos na localidade de Panorama, margem esquerda do Rio Acre.



Fotografia 12: Deslizamento de encosta a margem esquerda do rio Acre localidade do Panorama, próximo à foz do Igarapé São Francisco, AL-09.

Na região do Papoco/Preventório a geometria também é caracterizada por superfície de ruptura circular e movimentos de rastejo. Os rastejos são movimentos lentos, envolvendo grandes massas de solos argilosos, em encostas com declividade pouco abruptas. Os sucessivos movimentos resultaram em diversos patamares de

abatimentos, escalonados, observados na encosta. Junto ao rio observa-se deslizamento de material argiloso cinza bastante plástico.

Como indicadores de movimentos são observados árvores, postes, pilotis das casas de madeira e cercas inclinadas, trincas no chão e paredes de alvenaria e degraus de abatimento. Na encosta do Rio Acre junto a Rua Floriano Peixoto foram feitas intervenções por parte do poder público, porém os processos de movimentação de massa ainda estão atuando, refletindo em rachaduras no pavimento asfáltico e calçadas. A Rua Rio Grande de Sul, via que percorre todo o topo da encosta desse bairro, foi à ruína, apresentando-se interrompida ao tráfego em diversas partes devido aos processos de movimentação da encosta. Foram observadas algumas construções de alvenaria comprometidas por rachaduras e trincas.

Na região dos bairros das Placas, rua Raimundo Parente, observou-se extensa linha de ruptura com cerca de 300m de comprimento, marcada por patamares de abatimento, trincas no solo e postes inclinados, abrangendo uma área de movimentação de terra entre o topo da encosta até a margem do Igarapé São Francisco de cerca de 12 ha.

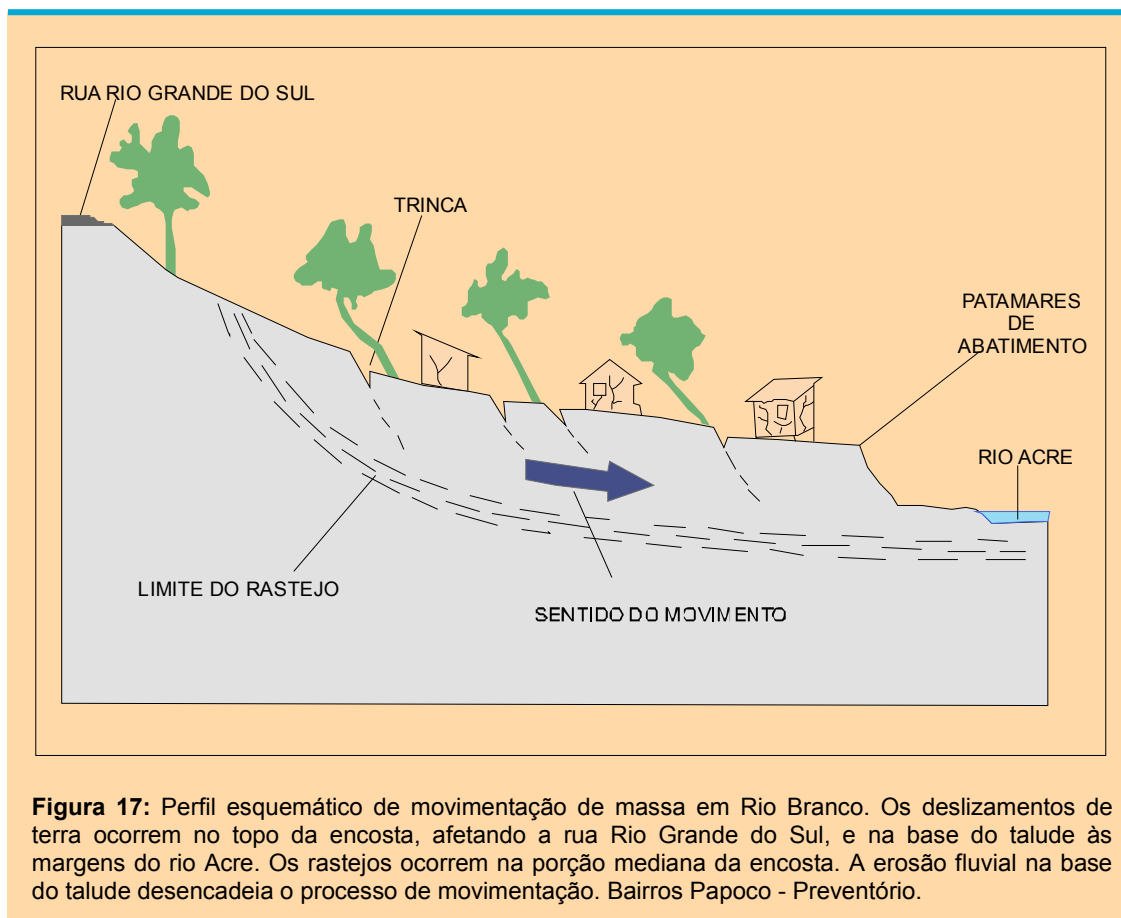
No bairro de São Francisco ocorrem vários anfiteatros na meia encosta formados por planos de rupturas circulares com direção de movimentação no sentido do Igarapé São Francisco, afetando as moradias com trincas nos pisos e adernamento de pilotis.

Na Estação de Tratamento de Água ETA - I no rio Acre, ocorrem deslizamentos na margem do rio Acre e foram observadas rupturas no terrenos localizados na meia encosta e topo da colina, próximo a antena de rádio. Os postes e árvores inclinados e as trincas no pavimento indicam movimento de rastejo do solo em direção ao rio Acre.

A declividade do terreno, sua composição de solos argilosos plásticos e expansíveis provocam alterações de volume, contraindo-se no período seco e expandindo-se no período chuvoso, acarretando no aparecimento de trincas na superfície do chão e no aumento da sua permeabilidade. Estes terrenos superficiais (unidade Panorama) jazem sobre um substrato impermeável composto pelos argilitos da Formação Solimões, no contato entre as duas unidades cria-se uma superfície de descolamento ou ruptura potencializada pela entrada de águas meteóricas.

O fator gravidade aliado à inclinação da encosta provocam os rastejos na meia encosta e deslizamentos abruptos no topo e base das colinas. Ressalta-se que a erosão fluvial das margens do rio Acre e igarapé São Francisco desestabilizam continuamente a base destes terrenos iniciando a movimentação de massa. Em menor escala este fenômeno pode ocorrer devido aos taludes de corte feitos para abertura de ruas e construção de moradias na base ou na meia encosta. A figura 17 ilustra este

modelo de movimento de massa associando eventos instantâneos, como os deslizamentos de terra, com os rastejos lentos do terreno.



Associando as encostas de alta declividade, com a ocorrência de terrenos com argilas expansivas e os indicadores de movimentação observados no campo permitiram o mapeamento das áreas sujeitas ao risco de deslizamentos de terra. Estas situam-se nas margens altas do rio Acre e igarapé São Francisco até o topo das encostas adjacentes (figura 16). Em função dos danos materiais e riscos de vida provocados pelos rastejos e deslizamentos de terra é possível hierarquizar e delimitar áreas de alto risco (vermelho) com áreas de risco moderado (marrom). Para isto aplicou-se a função:

$$R = P * C \text{ (Cunha et al., 1991)}$$

Onde o Risco (R) é igual a probabilidade (P) de ocorrência do fenômeno de escorregamento versus as conseqüências (C) em danos materiais e perdas de vida. Assim as áreas do Papoco-Preventório, Raimundo Parente, São Francisco e ETA I, constituem-se em locais de alto risco, e, portanto devem ser monitoradas e sofrerem intervenções como a remoção de moradias e/ou construção de obras de estabilização. Estas obras devem ser projetadas com base em estudo geotécnico de detalhe. As

áreas de risco moderado devem ser monitoradas e submetidas a controle para sua ocupação. Há de se criar zoneamento específico para estas áreas de risco.



Fotografia 13: Detalhe de desmoronamento na Rua Rio Grande do Sul. Observa-se ao fundo parte da rua destruída, comprometimento de construção de alvenaria e terreno em movimentação sendo ocupado por construções de madeira.



Fotografia 14: Deslizamento no topo da encosta mais elevada do bairro Papoco. Argila mosqueada de cor vermelha amarelada. Detalhe da disposição de lixo irregular na encosta

9.2. EROÇÃO DO SOLO

À medida que as intervenções antrópicas vão se intensificando alguns problemas de erosão do solo começam a ocorrer com a abertura de áreas para extração de argila para abastecer as olarias da cidade, de propriedades rurais e criação de peixes, de cortes de estrada a exemplo do anel viário e implantação de projetos de loteamentos em áreas terraplenadas. A presença de argilas expansivas e a exposição dos solos a períodos de pluviosidade intensa e períodos secos, acarretam no fenômeno do empastilhamento e abertura de sulcos, evoluindo para processos de ravinamentos comumente observados na região. Em algumas regiões o processo de erosão já evoluiu para voçorocas. Na localidade Loteamento Santa Luzia observa-se uma área de lavra de argila abandonada onde esses processos erosivos já começam a se manifestar (Fotografias 15 e 16).



Fotografia 15: Olaria rudimentar junto à área de extração de argila abandonada vindo ao fundo loteamento de casas populares, estação AL-13 visão sudoeste.



Fotografia 16: Processo de ravinamento em área explorada para retirada de argila, vista para Noroeste, estação AL-13.

Na região nordeste da cidade, vicinal do Quixadá, os terrenos apresentam uma variação de argilitos, siltitos e areia fina, por vezes aflorantes. Com a retirada da mata para a formação de pastagens além de outras intervenções antrópicas como as construções de açudes, os processos erosivos são iniciados por um intenso ravinamento, que progrediu para instalação de voçorocas propriamente dita (Fotografia 17).



Fotografia 17: Processo erosivo em fazenda na zona rural de Rio Branco, estrada do Quixadá, AL-12.

Na região do anel viário, em corte de encosta em direção a terceira ponte, observa-se erosão de talude em virtude de falha no processo de estabilização (revestimento de grama). Trata-se de terreno argiloso plástico que pelo processo alternado de expansão e contração, em virtude de maior ou menor quantidade de água, perde sua estabilidade e se fragmenta, onde então, a ocorrência de chuva mais intensa provoca a abertura de sulcos e ravinas. Medidas de contenção como cobertura de grama e reflorestamento realizados ao longo da margem da estrada deve ser constantemente monitorada de modo a evitar o comprometimento da proteção dos taludes.

Esta tipologia de processo erosivo ocorre nos terrenos sob o domínio da Formação Solimões e Panorama.

Na localidade do Amapá, região do Segundo Distrito, também no anel viário, foi observado processo erosivo na margem da estrada. Caracteriza-se por região de terraços fluviais, onde em perfil de encosta ocorre areia fina na base sobreposta por camada argilosa compacta e no topo do perfil, latossolo avermelhado. Com a remoção, pela terraplenagem da estrada, da camada superior de latossolo e argila foram expostos às intempéries os sedimentos arenosos de baixa resistência à erosão. Além disso, lançamento das águas diretamente no solo pelo sistema de drenagem (canaleta) da rodovia, acarretou em erosão na forma de ravina, evoluindo de modo remontante e colocando sob risco a obra de pavimentação (Fotografia 18).



Fotografia 18: Erosão em solo arenoso, obra de abertura do anel viário, localidade do Amapá, AL-07.

Na região do bairro da Cidade Nova junto à margem do rio Acre tem-se registro de processo erosivo que evolui para voçorocamento devido a conjunção de solo arenoso com o lançamento de águas pluviais, por galerias, diretamente no terreno. Neste local a erosão evolui de forma remontante, afetando o pavimento e moradias. Torna-se necessário a construção de obras de proteção do terreno além de construir caixas de disposição de energia d' água para disciplinar e diminuir a velocidade das águas no local de saída das galerias (Fotografia 19).



Fotografia 19: Voçoroca no Bairro Cidade Nova, margem do rio Acre. O lançamento das águas pluviais sobre terreno arenoso desencadeou o fenômeno erosivo. Detalhe das péssimas condições de saneamento do local.

9.3. ADENSAMENTO DE SOLO

Devido à instalação de boa parte da infra-estrutura urbana ser construída sobre solos argilosos moles é comum a ocorrência de adensamento do solo e comprometimento do pavimento viário. Foram observados problemas dessa natureza no Segundo Distrito e Cidade, localizados sobre os terraços fluviais, compostos de sedimentos inconsolidados e argilosos. São terrenos sujeitos a recalques, com nível d'água raso e topograficamente de difícil escoamento das águas servidas e pluviais.

9.4. SOLOS EXPANSÍVEIS

Praticamente toda a área da cidade de Rio Branco encontra-se sobre terreno formado por argilas expansivas, notadamente sobre a unidade Panorama cuja espessura de 3 a 16m é verificada nos afloramentos e nos boletins de sondagem. Quando expostos às intempéries em taludes de corte e áreas terraplenadas sofrem os efeitos de contração e expansão, gerando o fenômeno do empastilhamento,

acarretando em problemas de “borrachudos” nos pavimentos e instabilização das estruturas das edificações devido ao comprometimento de suas fundações.

Ressalta-se que nos boletins de sondagens SPT foi verificado que a maioria dos furos não atinge o substrato mais rígido composto pelos argilitos da Formação Solimões, que jazem em profundidades variáveis de até 18m. O topo dessa camada de argilito pode ser observado no rio Acre a partir da cota topográfica 132m. Recomenda-se que sejam feitos estudos geotécnicos para implantação de edifícios nestes terrenos de modo a garantir que as fundações estejam assentadas sobre este substrato.

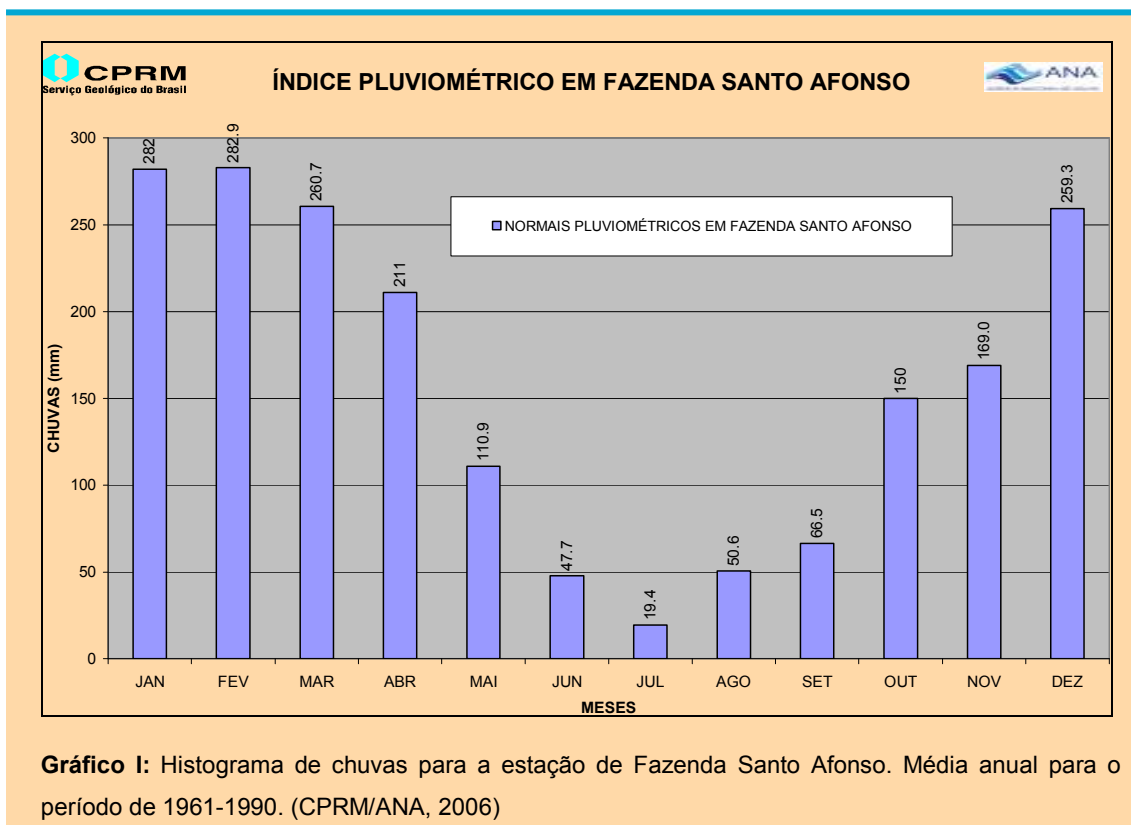
9.5. RISCOS DE ENCHENTES

A impermeabilização dos solos, problema comum nas grandes cidades, é reflexo do crescimento do ambiente construído formado por moradias, prédios, pisos, pavimentos e telhados, que associado às condições climáticas e as características naturais do terreno predominantemente argiloso acarreta na diminuição do tempo de concentração do escoamento superficial, com a chegada mais rápida da água das chuvas para os canais do rio Acre e Igarapé São Francisco. Por conseguinte problemas de enchentes nas regiões mais baixas serão uma constante e são observados em diversos pontos da cidade de Rio Branco em especial na região da Cidade Nova e do bairro Adalberto Aragão (Fotografia 20).



Fotografia 20: Moradia em área sujeita às enchentes, na parede está marcado o nível da água atingido em 2006. Igarapé São Francisco, bairro Adalberto Aragão.

O regime de chuvas da região da região pode ser representado pelos dados obtidos da estação pluviométrica de Fazenda Santo Afonso (CPRM/ANA, 2006) situada nas proximidades da cidade de Rio Branco, cujo valor médio anual para o período de 1961-1990 é de 1909 mm (Gráfico I), com o trimestre mais chuvoso entre janeiro e março e o trimestre mais seco entre junho e julho, respectivamente, coincidindo com o período de águas altas e baixas para a bacia do rio Acre.



Os gráficos II e III ilustram a variação anual do nível das águas do rio Acre em Rio Branco a partir dos dados de cotas arbitrárias da régua linimétrica situada próximo ao igarapé da Judia. As maiores enchentes ocorrem entre meados de fevereiro e março. No ano de 1997 o rio atingiu a cota máxima de 1766 cm no dia 14 de março. Para efeito do mapeamento das áreas de inundação foi considerado o levantamento topográfico realizado pela DREER engenharia (Prefeitura Municipal de Rio Branco, 2000) que nivelou o “zero” da régua a elevação de 116,433m, correspondendo então a uma cota de 135m para a maior cheia já registrada na série histórica, que foi a de 1997. A tabela III apresenta os valores das cotas das maiores cheias ocorridas na cidade.

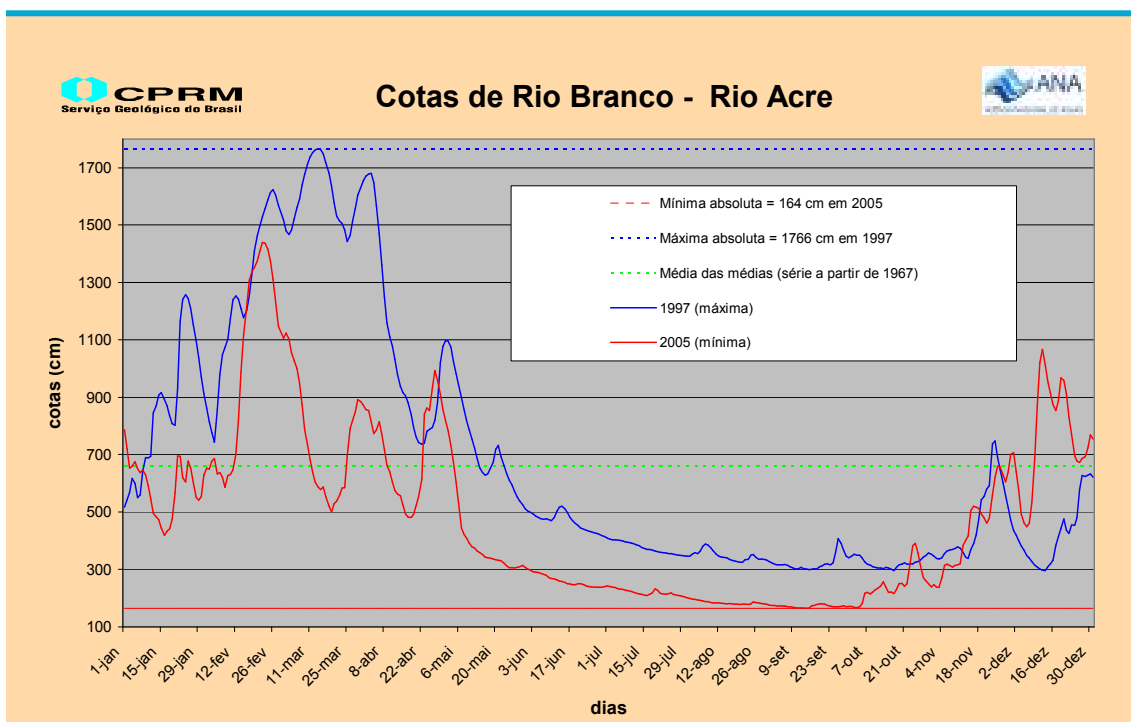


Gráfico II: Cotograma mostrando a variação dos níveis do rio Acre na cidade de Rio Branco. Em vermelho estão representados os valores mínimos e em azul os máximos registrados na série histórica de 1967-2005.

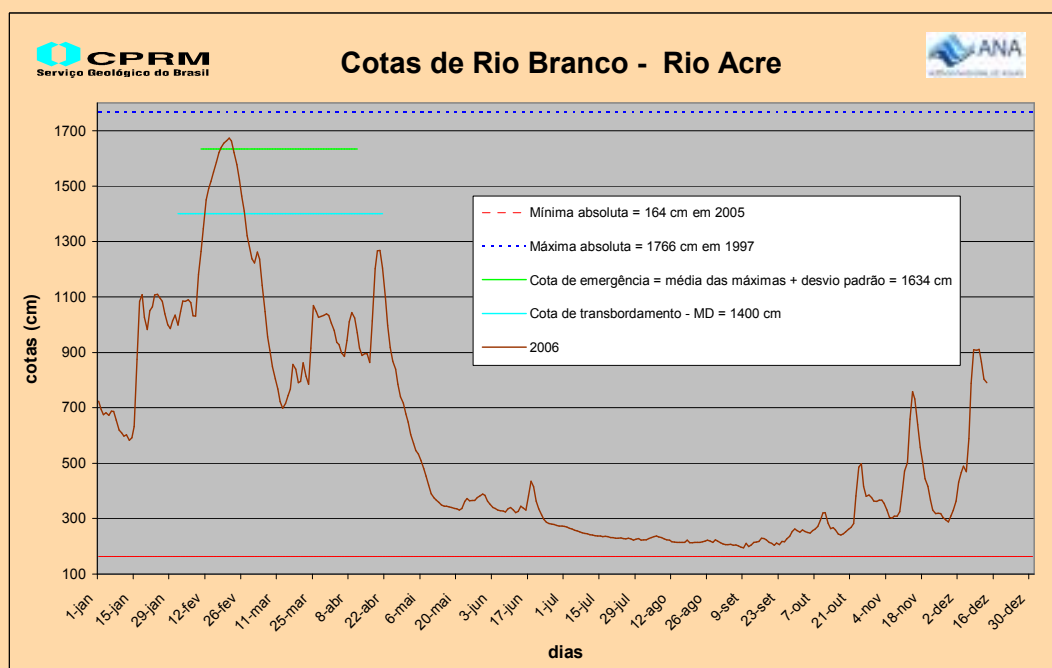


Gráfico III: Cotograma mostrando a variação dos níveis do rio Acre em Rio Branco para o ano de 2006.

Ano	Ordem	Máximas (cm)	Cota absoluta (m)
1997	1	1766	135.2
1988	2	1711	130.9
1978	3	1690	129.3
1974	4	1686	129.0
2006	5	1673	128.0
1979	6	1637	125.3
1971	7	1629	124.7
1972	8	1623	124.2
1984	9	1613	123.4
1999	10	1593	121.9

Tabela III: Maiores cheias registradas no rio Acre na cidade de Rio Branco. (CPRM/ANA, 2006)

Boa parte da área urbana está sujeita às enchentes, acarretando em sérios problemas sociais e financeiros ao poder público municipal. Através da identificação dessas áreas, medidas como a remoção desta população podem ser previstas. Entre as principais áreas destaca-se a região dos bairros Airton Sena, trechos do Igarapé São Francisco e boa parte do segundo distrito, bairros da Cidade Nova, Quinze, Seis de Agosto, Santa Terezinha, Taquari. A simulação a seguir faz uma projeção segundo a cota de 135 m como cota de segurança abaixo da qual não se recomenda a ocupação (Figura 18).

Durante a perfilagem acústica feita ao longo do rio Acre no dia 08 de abril, desde a foz do Ig. São Francisco até a ETA I, foi possível caracterizar pontos de estrangulamento do escoamento, onde a montante destes observaram-se menores velocidades da água. O estirão do rio, tendo o bairro do Taquari como referência, e acima da curva grande do Preventório registrou-se baixas velocidades de escoamento e também menores profundidades, em torno de 6m, devido ao represamento formado pela curva do rio, fazendo com que em épocas de águas altas a onda de cheias seja retida neste ponto, provocando inundações laterais das margens por um período de tempo danoso a população que ali reside. São afetados os bairros Taquari e Airton Senna. Medidas como a retificação do canal do rio podem solucionar este problema, no entanto há de fazer estudo detalhado do impacto desta intervenção a jusante e nas margens do rio.

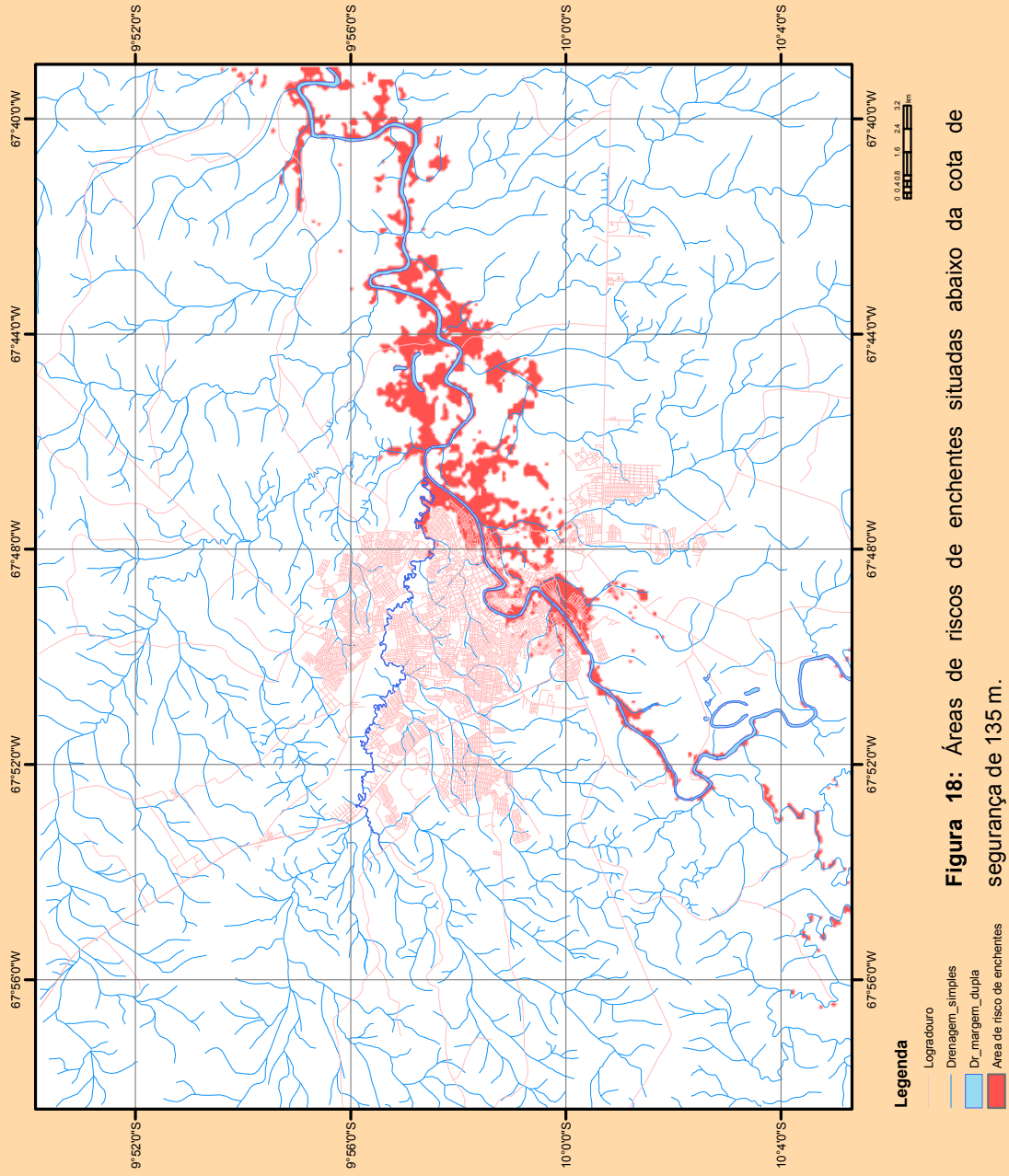


Figura 18: Áreas de riscos de enchentes situadas abaixo da cota de segurança de 135 m.

10. SINTESE GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

A Tabela IV sistematiza as principais características geológico-geotécnicas encontradas na cidade de Rio Branco. Na definição das classes foram levadas em consideração além das características geológicas as formas de relevo e a declividade do terreno. Foram individualizadas 2 unidades geotécnicas principais, cujo comportamento frente a ocupação urbana manifesta-se em problemas geológico-geotécnicos comuns como os escorregamentos de terra, enchentes e solos expansíveis. Estas unidades ou zonas homogêneas foram subdivididas em 6 subunidades de acordo com suas características gerais, principais problemas existentes ou esperados e por fim pelas recomendações de uso do solo.

Na região norte do rio Acre predomina os terrenos formados pelos argilitos da Formação Solimões em parte recoberto por argilas da Unidade Panorama, apresentando em geral argilas expansivas. Foram individualizadas destas os Vales Fluviais (subunidade II), pois apesar de possuírem o mesmo substrato geológico apresentam características um pouco distintas principalmente com relação à dinâmica do escoamento superficial das águas, cuja topografia baixa pode levar à alagamentos. As regiões com declividades acentuadas, acima de 7%, sob domínio das argilas expansivas foram individualizadas na subunidade VI, onde ocorrem os principais problemas de instabilidade e movimentação de massa na cidade.

Na região a sul do rio Acre na área do II Distrito destaca-se a unidade geotécnica dos Terraços Fluviais/aluviões, com problemas de enchentes sazonais, erosão e recalques de solo, porém com terreno capaz de armazenar e fornecer água subterrânea. Na porção sudeste desta área há o predomínio de litotipos da Formação Solimões, com características um pouco diferenciadas (solos mais laterizados) que então foram subdivididos em duas subunidades: a primeira (subunidade IV) caracteriza-se por solos argilosos de relevo plano com colinas, e a segunda (subunidade V) é formada por relevo mais elevado em forma de platôs por vezes laterizados.

UNDADES GEOTÉCNICAS	SUBUNIDADE	CARACTERÍSTICAS GERAIS	PROBLEMAS EXISTENTES OU ESPERADOS	RECOMENDAÇÕES	
Terraços Fluviais/ aluviais recentes	I	Solos moles formados por areias e argilas inconsolidadas ocupando as áreas baixas ao longo do rio Acre, predominantemente na margem direita.	Enchentes e atagões, recalque de pavimentos, erosão acelerada e induzida pelo lançamento de águas pluviais diretamente no solo, dificuldade no escoamento das águas servidas e pluviais. Fragilidade à contaminação das águas subterrâneas	Elaborar zoneamento de risco às enchentes, considerando a cota de 135m como limite à ocupação. Ordenar e disciplinar o uso do solo de modo a evitar a infiltração de contaminantes no terreno. Proteger o solo do lançamento das águas pluviais ao final das galerias.	
	II	Vales fluviais dos principais afluentes da margem esquerda do rio Acre (rio do Rola, São Francisco e Redenção). Solos em geral argilosos, argilo-siltosos com intercalações de camadas arenosas	Enchentes juntos aos principais cursos de drenagem, margem esquerda do rio Acre. Algumas regiões apresentam pressão em virtude da expansão da cidade	Desaconselhável a projetos de expansão da infraestrutura urbana. Necessidade de programa de revegetação e proteção das margens e encostas	
	III	Argilas inconsolidadas de cor marron esverdeada a avermelhada, plástica, com presença de argilas expansivas do grupo das montmorilonitas e de concreções carbonáticas e fragmentos de fósseis na base do pacote. Ocorre recobrindo em discordância os argilitos da Formação Solimões. Espessura entre 3 a 16 m.	Erosão em taludes de corte, rompimento de pavimentos, instabilização de fundações e estruturas de edifícios, rastejos do solo.	Proteger das intempéries os taludes de corte e áreas terraplenadas. Para projetos de fundações realizar sondagens que ultrapassem os limites basais desta unidade, assentando-as no pacote inferior da Formação Solimões	
	Formação Solimões em parte recoberta por argilas da Unidade Panorama	IV	Camadas de argilitos com siltitos e arenitos finos intercalados. Formado por caulinita e illita, subordinadamente de argilas do grupo das montmorilonitas. Ocorre como substrato das unidades Panorama e Terraços fluviais e aflorando às margens do rio Acre, formando o fundo de seu leito.	Baixa permeabilidade, erosão em taludes de corte, recalque de pavimentos, áreas degradadas pela extração das argilas.	Ordenar a extração das argilas para as olarias e proteger os taludes de corte. Algumas regiões apresentam bom potencial para expansão urbana a exemplo do bairro Calafete
		V	Interface entre os terraços do rio Acre e os platôs mais elevados. Relevo praticamente plano com algumas colinas isoladas em geral constituído por solos argilosos por vezes c/ níveis arenosos	Solos pouco drenados, sofrimento pressões por ocupação urbana e agropecuária principalmente na região do Segundo Distrito	Preservação e monitoramento da região principalmente na área de recarga do aquífero Rio Branco
			Platôs mais elevados na região sudeste, caracterizada por latossolos vermelhos, com formação concreções lateríticas (piçarra).	Processos de erosão laminar associado a atividade agropecuária e extração mineral	Monitoramento das atividades antrópicas, principalmente das áreas de extração mineral (retirada de piçarra) e dos núcleos habitacionais constituídos ao longo BR-364
		Sectores de encosta dos terraços formados pela unidade Panorama e subordinadamente Solimões. Apresentam frequentes sinais de movimentação de massa, como fendas no solo, inclinação de postes e árvores.	Escorregamentos e deslizamentos de terra, rastejos do solo e erosão em taludes de corte.	Elaborar zoneamento específico para o uso e ocupação, evitando o corte de taludes na base da encosta. Sistematizar o gerenciamento das áreas de risco e renovar as monitoradas nos locais de alto risco. Estudo geotécnico detalhado para construção de obras de contenção.	

Tabela IV: Quadro síntese sobre o comportamento geotécnico dos terrenos na cidade de Rio Branco-AC.

11. RECOMENDAÇÕES

O quadro diagnosticado no município de Rio Branco permite estabelecer algumas orientações ao poder público.

- ✓ Necessidade de caracterização geotécnica “in loco” dos terrenos a serem ocupados por edificações de porte, com o estudo do subsolo através de sondagens de preferência diretas que ultrapassem os limites da camada formada pelas argilas expansivas (unidade Panorama), limite este marcado pela presença de concreções carbonáticas na base do pacote, e atinjam o substrato composto pelos argilitos da Formação Solimões;
- ✓ Monitoramento dos locais de risco de escorregamentos para evitar novas ocupações e remoção dos moradores situados nas áreas e alto risco para regiões seguras. Há de se prever no zoneamento da cidade as condições mínimas para a utilização destas áreas;
- ✓ Na implantação de obras de corte de estradas e terraplenagens evitar a exposição prolongada dos solos argilosos expansíveis às intempéries, minimizando o efeito de empastilhamento;
- ✓ Estudo de caracterização das argilas de Rio Branco visando estabelecer áreas de extração e ordenar os trabalhos de mineração na cidade. Notam-se diversas regiões degradadas pelo abandono da extração de argila;
- ✓ Acompanhamento dos empreendimentos rurais (fazendas e criadouros de peixes) para se evitar o desmatamento indiscriminado e estabelecimento de processos erosivos;
- ✓ Elaborar em conjunto com a Defesa Civil Estadual e órgãos competentes um plano de Alerta de Cheias para o Rio Acre. Devido as suas condições hidroclimatológicas é possível realizar previsões com antecedência de horas;

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SC.19 Rio Branco**; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1976. 464p. (Levantamento de Recursos Naturais).
- BRASIL. Ministério das Cidades/Cities Alliance. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais/** Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão, (org.). Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.
- CAPUTO, V.C. et al. **Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas. Relatório 641-A. Belém: PETROBRÁS**, 1971. (Relatório Técnico Interno, 641 – A).
- CUNHA, M. A. *et all*: Ocupação de encostas. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológicas, 1991. (Publicação IPT n. 1831).
- FERES, R. **Caracterização geotécnica de uma bacia hidrográfica urbana (Rio Branco-AC) com ênfase nos processos de ocupação dos fundos de vale**. 1998. 210p. Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade Federal de São Carlos, 1998.
- GUIDICINI, G., NIEBLE, C.M. Estabilidade de taludes naturais e de escavação São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1983, 196p.
- IPT-INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Carta Geotécnica do Estado de São Paulo. Escala 1: 500.000. São Paulo, 1994.
- MAIA, R.G.N., et al. Projeto Carvão no Alto Solimões; **relatório final. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Vol I. 142p**. Manaus: 1977. DNPM/CPRM/V.I, 1977.
- NAKAZAWA, Valdir Akihiko et al. **Carta Geotécnica do Estado de São Paulo**: escala 1:500.000. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1994. v.1.
- OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A (ed.) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1998. 582p.
- PRANDINI, F. et al. Cartas geotécnicas nos planos diretores regionais e municipais. In: BRITAR, O. Y. (Coord). **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia/ Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. p. 187-202
- PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO BRANCO. Relatório de estudos hidrológicos/hidráulicos e concepção de modelo de previsão de níveis d'água. 58p. Rio Branco, 2000.
- RIO BRANCO (Capital). Prefeitura Municipal. **Relatório de Estudos hidrológicos/ hidráulicos e, concepção de modelo de previsão de níveis d'água**. Rio Branco: 2000. 58p.
- WWW.RC.UNESP.BR/MUSEUDPM/. Nontronita.