



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Campus de Rio Claro

**ZONEAMENTO GEOTÉCNICO DO SÍTIO URBANO DO MUNICÍPIO DE RIO BRANCO/AC E SEUS ARREDORES, PARA FINS DE PLANEJAMENTO COM ÊNFASE À EXPANSÃO URBANA, ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO REMOTO.**

**MARIA DO SOCORRO OLIVEIRA MAIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof. Dra. Paulina Setti Riedel

Rio Claro (SP)

2003

624.151 Maia, Maria do Socorro Oliveira  
M217z Zoneamento geotécnico do sítio urbano do município de Rio Branco/AC e seus arredores, para fins de planejamento com ênfase à expansão urbana – município de Rio Branco/Acre/ Maria do Socorro Oliveira Maia. – Rio Claro : 2003 . 116 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Paulina Setti Riedel

1. Geologia de engenharia. 2. Compartimentação fisiográfica. 3. Planejamento urbano. 4. Mapeamento geotécnico. I. Título.



**Vista aérea do lago Amapá-Rio Branco/AC- Paleocanal**

“O símbolo do rio, do escoamento das águas, é o da possibilidade universal e do escoamento das formas, da fertilidade, da morte e da renovação. A corrente figura a vida e a morte”. (BRANDÃO, 1989).

Aos meus queridos filhos, Suylene, Ellen e Élyson, bem como aos meus netos, Letícia, Leonardo e Théo, jóias de infinito valor para mim.

À minha mãe, Francisca Maia de Sousa Oliveira, que apesar de todas as dificuldades não negligenciou na minha educação.

Ao meu querido e venerado pai, ex-seringueiro e minha referência de vida, Escolástico Virgínio de Oliveira (in memoriam), que partiu sem partilhar desta vitória.

Ao meu companheiro, Nadson Bissat, pela dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Acre (UFAC), à Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e à Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Rio Claro, bem como a CAPES, pela celebração do convênio que proporcionou a realização do Mestrado Interinstitucional em Geociências e Meio Ambiente.

Um agradecimento especial à professora Paulina Setti Riedel, minha orientadora, pelas valiosas sugestões e estímulos para superar todos os momentos críticos com os quais me deparei. Agradeço ainda pela amizade desenvolvida e pela oportunidade encontrada.

Aos meus colegas de mestrado, Osmar, Moema e Maria do Carmo, pelo estímulo mútuo e pelo companheirismo nas diversas fases de desenvolvimento do mestrado.

Aos professores do Departamento de Geografia da UFAC, em especial os docentes Domingos José de Almeida Neto, Maria de Jesus Moraes, Silvio Simione da Silva e Rubens Sant'Ana de Menezes, pelo apoio necessário durante o meu afastamento.

Aos meus alunos da disciplina Geomorfologia, pelo estímulo e compreensão.

Aos discentes Edeniuson Moraes, Matuzalém e Eduardo pela valiosa ajuda na arte gráfica e de computação.

À monitora da disciplina Geomorfologia, Ângela Maria Bastos de Albuquerque, pela ajuda no levantamento de dados.

À FUNTAC, através dos técnicos Valéria de Fátima Gomes Pereira, Pedro de Souza Santiago, Cinara Alets Sthuast de Melo França e Joventina Claro da Silva Nakamura, pelo apoio de base.

Aos meus filhos e netos, por entender as minhas ausências.

Aos meus pais pelo apoio incontestável.

Agradeço ainda, a todos os órgãos que colaboraram de alguma maneira com a realização desta pesquisa.

Agradeço por fim, todos aqueles que o momento não me permite lembrar, mas que participaram de alguma forma do longo caminho percorrido até a conclusão da presente dissertação.

## SUMÁRIO

|           |                                                                                           |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1.</b> | <b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b> .....                                                      | 12 |
| 1.1.      | Generalidades.....                                                                        | 12 |
| 1.2.      | Objetivos.....                                                                            | 15 |
| <br>      |                                                                                           |    |
| <b>2.</b> | <b>CAPÍTULO 2 - ASPECTOS CONCEITUAIS</b> .....                                            | 16 |
| 2.1.      | Mapeamento Geotécnico .....                                                               | 16 |
| 2.1.1.-   | Generalidades .....                                                                       | 16 |
| 2.1.2.-   | Definições .....                                                                          | 19 |
| 2.1.3.-   | Tipos de Mapeamentos .....                                                                | 19 |
| 2.1.4.-   | Zoneamento Geotécnico .....                                                               | 20 |
| 2.2.      | Compartimentação Fisiográfica .....                                                       | 22 |
| 2.2.1.-   | Generalidades .....                                                                       | 22 |
| 2.2.2.-   | Conceituação .....                                                                        | 25 |
| 2.2.3.-   | A Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto na<br>Compartimentação Fisiográfica..... | 26 |
| 2.3.      | Caracterização Geotécnica das Unidades de<br>Compartimentação.....                        | 30 |
| 2.3.1.-   | Conceituação .....                                                                        | 30 |
| 2.3.2.-   | Aquisição de dados Geotécnicos .....                                                      | 30 |
| 2.3.3.-   | Caracterização Geotécnica com auxílio de Sensoriamento<br>Remoto.....                     | 32 |
| 2.4.      | Crítérios Fotointerpretativos.....                                                        | 33 |
| 2.4.1.-   | Definições e Conceitos .....                                                              | 34 |
| 2.5.      | Análise das formas da rede de drenagem .....                                              | 37 |
| 2.6.      | Análise das formas do relevo.....                                                         | 38 |

|          |                                                                                    |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3</b> | <b>CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA</b> .....                                   | <b>40</b> |
| 3.1      | Localização .....                                                                  | 40        |
| 3.2      | Rio Branco: seus aspectos sócio-econômicos, sua expansão e problemas urbanos ..... | 45        |
| 3.3      | Características Fisiográficas e climáticas .....                                   | 49        |
|          | 3.3.1.- Contexto Geológico .....                                                   | 49        |
|          | 3.3.1.1.- Aspectos Tectônicos .....                                                | 49        |
|          | 3.3.1.2.- Geologia Regional .....                                                  | 51        |
|          | 3.3.1.3.- Geologia Local .....                                                     | 54        |
|          | 3.3.2.- Contexto Geomorfológico .....                                              | 56        |
|          | 3.3.3.- Contexto Pedológico .....                                                  | 61        |
|          | 3.3.4.- Vegetação .....                                                            | 64        |
|          | 3.3.5.- Hidrografia .....                                                          | 66        |
|          | 3.3.6.- Clima .....                                                                | 70        |

#### **4 CAPÍTULO 4- PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

|       |                                                            |    |
|-------|------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.- | 1ª Fase: Pesquisa Preliminar.....                          | 73 |
| 4.2.- | 2ª Fase: Compartimentação Fisiográfica.....                | 75 |
| 4.3.- | 3ª Fase: Caracterização Geotécnica dos Compartimentos..... | 86 |

#### **5 CAPÍTULO 5- RESULTADOS E DISCUSSÕES**

|       |                                            |     |
|-------|--------------------------------------------|-----|
| 5.1.- | Sobre a Compartimentação Fisiográfica..... | 89  |
| 5.2.- | Sobre a Caracterização Geotécnica.....     | 90  |
| 5.3.- | Análise das Características das UBC's..... | 92  |
|       | Considerações Finais.....                  | 104 |
|       | Referências Bibliográficas.....            | 106 |

## LISTA DAS FIGURAS

- Figura 01- Evolução Conceitual dos Estudos de Avaliação dos Terrenos.
- Figura 02- Caracterização das Propriedades das formas texturais em imagem de satélite.
- Figura 03- O Acre na América do Sul e no Brasil.
- Figura 04- Regionais de Desenvolvimento do Acre.
- Figura 05- Localização da área de estudos.
- Figura 06- Evolução Demográfica do Município de Rio Branco no período 1940 à 2000.
- Figura 07- Mapa da Evolução Urbana do Município de Rio Branco de 1953 à 1980.
- Figura 08- Mapa Esquemático das Bacias Sedimentares do Norte do Brasil.
- Figura 09- Coluna Estratigráfica do Estado do Acre.
- Figura 10- Secção esquemática da constituição da paisagem da Amazônia Sul Ocidental.
- Figura 11- Mapa Geomorfológico do Estado do Acre.
- Figura 12- Mapa Geomorfológico do Município de Rio Branco/AC.
- Figura 13- Mapa Pedológico do Estado do Acre.
- Figura 14- Foto aérea de um rio típico da bacia de drenagem do Rio Acre.
- Figura 15- Características da Bacia de Drenagem do Rio Acre.
- Figura 16- Foto da coloração das águas do Rio Acre.
- Figura 17- Foto aérea do Lago do Amapá.
- Figura 18- Índice Pluviométrico no Município de Rio Branco/AC, nos anos de 1994, 1997 e 2001.
- Figura 19- Fluxograma de execução da pesquisa.
- Figura 20- Classes de densidades de elementos texturais na imagem.
- Figura 21- Classes de tropia da área de estudo na imagem.

- Figura 22- Forma de encosta existente na área de estudo, na imagem e na carta de declividades.
- Figura 23- Tipo de topo da área de estudo, na imagem.
- Figura 24- Descrição das Características das Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's) na imagem.
- Figura 25- Fatores de Avaliação Geotécnica relacionados a características ou propriedades do terreno e da textura nas imagens.
- Figura 26- Caracterização das UBC's segundo os fatores geotécnicos de análise utilizados para avaliação de potencialidades do terreno para expansão urbana.
- Figura 27- Características do Meio Físico das UBC's 1 e 2.
- Figura 28- Características do Meio Físico das UBC's 3 e 4.
- Figura 29- Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação da área de estudo.
- Figura 30- Foto de área típica da UBC 1.
- Figura 31- Foto de área típica da UBC 1.
- Figura 32- Foto de área típica da UBC 2.
- Figura 33- Foto de área típica da UBC 3.
- Figura 34- Foto de área típica da UBC 4.

## RESUMO

As características geotécnicas do solo, na maioria dos casos, não são consideradas nas intervenções feitas na estrutura urbana, pôr conseguinte também não as são nas expansões urbanas. Como conseqüência disso, verificam-se freqüentemente problemas como movimentos de massa, inundações, assoreamento de rios e igarapés, e erosões. O mapeamento geotécnico surge então como uma ferramenta indispensável para auxiliar o planejamento das intervenções necessárias para acompanhar o rápido crescimento urbano. Na obtenção do zoneamento geotécnico de uso geral, através da utilização do Sensoriamento Remoto, de nossa área de estudo-Sítio urbano do Município de Rio Branco/Ac e seus arredores, foram desenvolvidas três etapas. A primeira etapa consistiu na realização da compartimentação fisiográfica da área com base na análise de elementos texturais de relevo e drenagem e de suas estruturas em imagens fotográficas, obtendo-se assim as unidades básicas de compartimentação (UBC's). Na segunda etapa, estas unidades foram caracterizadas em função de cinco fatores geotécnicos (alterabilidade, permeabilidade, declividade, tipo do material do manto de alteração e espessura do manto de alteração) considerados básicos para subsidiar a avaliação das unidades quanto ao seu potencial de uso. Na terceira etapa as unidades básicas de compartimentação são classificadas quanto ao grau relativo de aptidões /restrições para fins de expansão urbana.

**PALAVRAS-CHAVES:** Geologia de engenharia. Compartimentação fisiográfica. Planejamento urbano. Mapeamento geotécnico.

## **ABSTRACT**

Geotechnical characteristics of the soil are rarely taken into consideration when interventions are made in the urban structure, nor, consequently, in urban expansions. As a consequence, there are often problems with landslides, floods, silt accumulation in rivers and sand bars and erosion. Geotechnical mapping has emerged as an indispensable tool to help plan the interventions needed to keep up with rapid urban growth. In this study, three stages were developed to obtain geotechnical zoning for general use in the study area, urban area of the Municipality of Rio Branco, in the state of Acre, using remote sensing. The first stage involved carrying out physiographic subdivision of the area based on analysis of textural elements of the relief and drainage system, and of their structures in photographic images, thus obtaining basic units of sub-division. In the second stage, these units were characterized according to five geotechnical factors (alterability, permeability, slope, type of material of the mantle of alteration, and thickness of the mantle of alteration) considered to be basic for the evaluation of the units with respect to their potential use. In the third stage, the basic units of sub-division were classified according to their relative degree of suitability/restrictions for urban expansion.

Key words: engineering geology, physiographic sub-division, urban planning, geotechnical mapping

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1.- Generalidades

A ocupação espacial da Amazônia foi desencadeada pelas profundas mudanças econômicas que ocorreram na Europa e nos Estados Unidos da América no século XIX.

Com o advento da Revolução Industrial, aconteceram consideráveis deslocamentos de nordestinos à Amazônia em busca da matéria-prima da floresta Amazônica- o **látex**- utilizada na ascendente indústria de pneumáticos. A partir daí, sucederam-se vários períodos de ocupação e uma conseqüente espoliação indígena e nordestina.

Foi neste contexto, que em 1882, o cearense Neutel Newton Maia, encostou seu barco em um meandro de um rio amazônico, onde foi fundado um seringal por nome Empresa, com a finalidade de produzir e comercializar muita borracha, não imaginando que no futuro este local seria a capital do Estado do Acre.

Este rio de águas barrentas, afluente do Purus, que os índios apurinãs chamavam de '**Uiakiri** ', e os colonizadores simplificaram para Acre, foi palco do conflito fronteiriço denominado de Revolução Acreana, e do comércio intenso do ouro negro- "**a borracha**".

Após várias crises no extrativismo, o Estado do Acre explode em termos de população na década de 70, iniciando-se então uma nova fase, caracterizada pelo avanço da agropecuária extensiva. Promoveram-se imensas derrubadas e queimadas para o plantio de pastos e milhares de seringueiros foram expulsos de suas colocações para a cidade, principalmente para a capital Rio Branco.

Sabe-se que todo processo de urbanização intensa, através de fluxos migratórios, ocorre sempre à margem de qualquer planejamento ou controle dos poderes públicos, gerando, via de regra, conflitos e problemas ambientais.

É notório também, que a superfície terrestre, freqüentemente é modificada pelas atividades humanas, que por muitas vezes geram fenômenos geodinâmicos (naturais ou induzidos) decorrentes do seu uso e ocupação.

Os problemas advindos desta interação: ação antrópica e meio físico, são causados principalmente pela não consideração das limitações e aptidões desse meio.

Neste contexto, o Zoneamento Geotécnico, surge como um importante mecanismo de análise ambiental, o qual objetiva harmonizar o uso e ocupação da terra pelo homem, subsidiando as ações dos poderes públicos.

O Mapeamento Geotécnico segundo ZUQUETTE (1993), tem por finalidade básica levantar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico. As informações devem ser manipuladas por meio de processos de seleção, generalização, adição e transformação, para que possam ser relacionadas, correlacionadas, interpretadas e representadas em mapas, cartas e anexos descritivos, de forma que possam ser utilizados para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento, etc.

Conforme ZUQUETTE (1987), existem duas formas de representação cartográfica dos mapeamentos geotécnicos de uso geral: **mapas de condições geotécnicas** e **mapas de zoneamento geotécnico**, sendo os primeiros mais comuns, embora os segundos sejam mais fáceis de serem utilizados por usuários leigos, uma vez que apresentam informações das condições geotécnicas de uma forma mais simples e objetiva.

O Zoneamento Geotécnico, em linhas gerais, consiste na delimitação de áreas (zonas) do terreno, para as quais os elementos do meio físico por elas compreendidas apresentem condições geotécnicas semelhantes viabilizando a indicação de aptidões de uso antrópico.

Cabendo ainda destacar o fato do mapeamento geotécnico encontrar-se em crescente utilização em estudos multi e/ou interdisciplinares sobre o meio ambiente, a partir do qual se chegam a diagnósticos e/ou planejamento do uso e ocupação do meio.

Frente a essas observações, justificamos a exploração das possibilidades dessa metodologia de avaliação do meio-físico, aplicando-a a uma parcela do espaço do **município de Rio Branco**, de modo que sejam definidas zonas do terreno, com condições geotécnicas homogêneas, que possibilitem a escolha de áreas para determinados fins, o que facilita o planejamento, além de permitir que investigações específicas sejam realizadas apenas nas áreas previamente selecionadas e já visando à implementação da forma de uso ou ocupação determinada.

Neste sentido, escolheu-se o tema proposto, nos apoiando na metodologia adotada por VEDOVELLO (1993).

## 1.2.- OBJETIVOS

**1.2.1.- OBJETIVO GERAL:** Testar um procedimento metodológico para a obtenção de um zoneamento geotécnico de uso geral através da análise de imagens orbitais (TM-Landsat), e exemplificar a utilização desse zoneamento para um fim específico – **a expansão urbana.**

### 1.2.1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar a compartimentação fisiográfica da área de estudo, através de uma análise lógica e sistemática das imagens de sensoriamento remoto, apoiada nos elementos texturais de relevo e drenagem e suas estruturas;
- Caracterizar geotecnicamente as unidades obtidas da compartimentação fisiográfica, segundo fatores de interesse geotécnico, inferidos a partir da análise de propriedades texturais das imagens utilizadas;
- Analisar o grau relativo de aptidões /restrições dos vários compartimentos, para fins de expansão urbana.

## **CAPÍTULO 2- ASPECTOS CONCEITUAIS**

Este capítulo destina-se à discussão dos aspectos conceituais que nortearam a elaboração e execução do procedimento metodológico adotado na presente pesquisa.

Para o seu desenvolvimento, são apresentados quatro temas os quais estão relacionados aos objetivos geral e específico da dissertação: **mapeamento geotécnico, compartimentação fisiográfica, caracterização geotécnica, e critérios interpretativos de imagens fotográficas.**

Após um processo de síntese, sistematização, redefinições e deduções a partir de análise bibliográfica a respeito de tais temas, chegou-se aos seguintes aspectos:

### **2.1. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO**

#### **2.1.1 - GENERALIDADES**

A Geotecnia pode ser considerada como o conjunto de técnicas de análise e aplicação de informações geológicas que são do interesse da Engenharia, da Mecânica de solos e da Mecânica de Rochas.

Conforme LEINZ e LEONARDO (1970), a Mecânica de Solos e a Mecânica de Rochas, estudam respectivamente: “a constituição e propriedades físicas do solo (lato sensu) e dos sedimentos incoerentes com o fim da sua aplicação na Engenharia Civil e a investigação e caracterização das propriedades físicas e comportamento mecânico das rochas”.

Em relação à Geologia de Engenharia, há uma tendência atual de que a mesma deve preocupar-se em primeiro lugar com o entendimento dos processos e fenômenos geológicos, responsáveis pela evolução do meio físico, para depois utilizar as abordagens quantificadoras das ciências de Engenharia, como uma forma de verificação de seus modelos de evolução e comportamento do meio físico.

Este fato se justifica considerando que a Geologia de Engenharia no Brasil se desenvolveu até meados de 1970 junto à Engenharia Civil, fazendo com que o profissional geólogo adquirisse um caráter quantificador.

SANTOS (1989), encarando a Geologia de Engenharia no contexto atual, apresenta uma definição minuciosa:

“O escopo moderno e geral da Geologia de Engenharia está em viabilizar tecnicamente a harmonização das mais diversas formas de uso e ocupação do solo com as características e os processos geológicos naturais ou induzidos, de forma que as ações humanas dessa ordem sejam inteligentes e provedoras da qualidade da vida no planeta”.

ABGE (1990), a qual notifica a proposta de novo estatuto da IAEG (International Association of Engineering Geology), destaca a seguinte definição:

“Geologia de Engenharia é a ciência dedicada à investigação, estudo e solução de problemas de Engenharia e Meio Ambiente, decorrentes da interação entre a Geologia da Terra e os trabalhos e atividades do homem, bem como, à previsão e desenvolvimento de medidas preventivas ou reparadoras de acidentes geológicos”.

Portanto, o campo de atuação da Geologia de Engenharia, não inclui apenas a interface com a Engenharia Civil, mas também todos os

tipos de relacionamento entre atividades humanas e o meio físico geológico. Sua ação se dá tanto no sentido de subsidiar tecnicamente as diversas atividades humanas, quanto também no planejamento das diversas formas de intervenção, com base na análise do meio físico.

Segundo VEDOVELLO (1993) surge paralelamente a estas discussões acerca das funções da Geologia de Engenharia, termos novos como Geologia de Planejamento e Geologia Ambiental.

A Geologia Ambiental pode ser definida como a ciência que se preocupa em solucionar os problemas decorrentes da interação homem/ambiente, enquanto que a Geologia de Planejamento preocupa-se em recomendar as melhores formas de intervenção humana no meio físico e de acordo com as suas características. Caberia então, à Geologia de Engenharia, atuar no levantamento e interpretação das características do meio físico.

No Brasil, a Cartografia Geotécnica e Mapeamento Geotécnico são denominações que têm sido utilizadas como sinônimas. ZUQUETTE e NAKAZAWA (1998) debitam este fato à influência de duas correntes de trabalho distintas: a da língua francesa, derivada do termo *Cartographie Geotechnique* e a da língua inglesa, *Engineering Geological Mapping*.

Neste contexto, a presente pesquisa não pretendendo enveredar na discussão terminológica, optou pela denominação Mapeamento Geotécnico, por considerar que o mesmo se constitui em um importante mecanismo de obtenção de informações geotécnicas básicas para estudos de análise ambiental.

### 2.1.2. - DEFINIÇÃO

O mapeamento geotécnico pode ser definido como:

“... processo que tem por finalidade básica levantar, avaliar e analisar os atributos que compõe o meio físico sejam geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e outros; tais informações deverão ser manipuladas de maneira tal que possam ser utilizadas para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento e outros. As informações devem ser manipuladas através de processos de seleção, generalização, adição e transformação, para que possam ser relacionadas, correlacionadas, interpretadas e no final representadas em mapas, cartas e anexos descritivos, sempre respeitando os princípios básicos que regem a execução do mapeamento geotécnico”. (THOMAS, 1970).

### 2.1.3.- TIPOS DE MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

ZUQUETTE (1987), após amplos estudos sobre as metodologias empregadas para a obtenção de informações geotécnicas, concluiu que as mesmas podem ser separadas em dois grandes grupos em relação à finalidade a que se propõem:

**1. Metodologias de mapeamento geotécnico de uso geral-** que são empregadas para a obtenção e sistematização de informações geotécnicas básicas, úteis para diferentes fins. Informações estas que podem ser apresentadas desde escalas regionais até escalas mais detalhadas. Esse caráter de uso geral sugere a sua utilização para subsidiar estudos de planejamento do uso do meio físico.

**2. Metodologias de mapeamento geotécnico de uso específico** - são desenvolvidos para obtenção de informações geotécnicas

específicas e úteis a um fim determinado. São realizados geralmente, em escalas mais detalhadas e seu uso mostra-se restrito a uma forma específica de intervenção humana.

Considerando o exposto, o mapeamento geotécnico de uso geral é facilmente identificado como sendo o mais adequado para embasar estudos de planejamento do meio físico, considerando que a sua cartografia se constitui um instrumento prático para subsidiar a seleção de áreas mais viáveis, as quais seriam então investigadas com maior detalhe e baseada em fatores geotécnicos específicos.

Para a realização de um mapeamento geotécnico de uso geral, pode-se destacar dois pontos principais:

1. A análise dos elementos ou das formas de ocorrência dos elementos componentes do meio físico (geomorfológico, geológico, etc.), objetivando a obtenção de informações de interesse geotécnico; e

2. A representação do terreno em função de suas características e propriedades geotécnicas.

#### **2.1.4.- ZONEAMENTO GEOTÉCNICO**

O zoneamento geotécnico consiste na delimitação de áreas do terreno para as quais os elementos componentes do seu meio físico determinem condições geotécnicas semelhantes, para que se possa indicar aptidões de uso frente às diferentes atividades humanas.

Para a obtenção do zoneamento geotécnico, três etapas fundamentais são desenvolvidas:

- 1ª etapa:** compartimentação do meio físico em função da identificação e análise de alguns de seus elementos;

**2ª etapa:** caracterização das áreas compartimentadas, em função de suas características e propriedades geotécnicas;

**3ª etapa:** Cartografia temática final ou de síntese, onde as unidades definidas nas etapas anteriores são analisadas e classificadas em termos de fragilidades e potencialidades do terreno.

A integração dessas etapas constitui o zoneamento geotécnico.

VEDOVELLO (2000) comenta que dado às características do Zoneamento Geotécnico, o mesmo constitui-se em uma forma de avaliação do terreno, que se aplica à viabilização e à harmonização das atividades humanas no meio físico.

No Zoneamento Geotécnico, a literatura técnica internacional, revela a existência de duas abordagens operacionais básicas para a espacialização de dados e informações sobre os terrenos. MITCHELL (1973) identifica essas abordagens como: fisiográfica ou de paisagens e paramétrica.

Na abordagem fisiográfica ou de paisagem, os elementos componentes do terreno são identificados e analisados integradamente.

Na abordagem paramétrica, considera-se o levantamento de diversas informações temáticas individualmente para posterior integração.

ROSS (1995), destaca que em função de suas características cartográficas, a abordagem fisiográfica é de natureza analítico-sintética, e a paramétrica caracteriza-se inicialmente analítica e posteriormente passa a ser de síntese.

Segundo VEDOVELLO (2000) a prática de ambos os procedimentos e suas respectivas características cartográficas têm apontado para uma vantagem fisiográfica ou de paisagem sobre a paramétrica, em termos de custos, de tempo de execução, e de aplicabilidade, o que justifica a escolha do presente trabalho pela abordagem fisiográfica, uma vez que a mesma permite a elaboração de um produto cartográfico único, onde os elementos do meio físico são

analisados integradamente e individualizados em unidades, a partir da utilização do sensoriamento remoto para a compartimentação fisiográfica dos terrenos.

## **2.2. - COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA**

### **2.2.1. - GENERALIDADES**

A técnica de compartimentação fisiográfica é utilizada nos mais diversos trabalhos que tratam da avaliação territorial. Esta evolução conceitual dos estudos de avaliação dos terrenos pode ser visualizada na Figura 01.

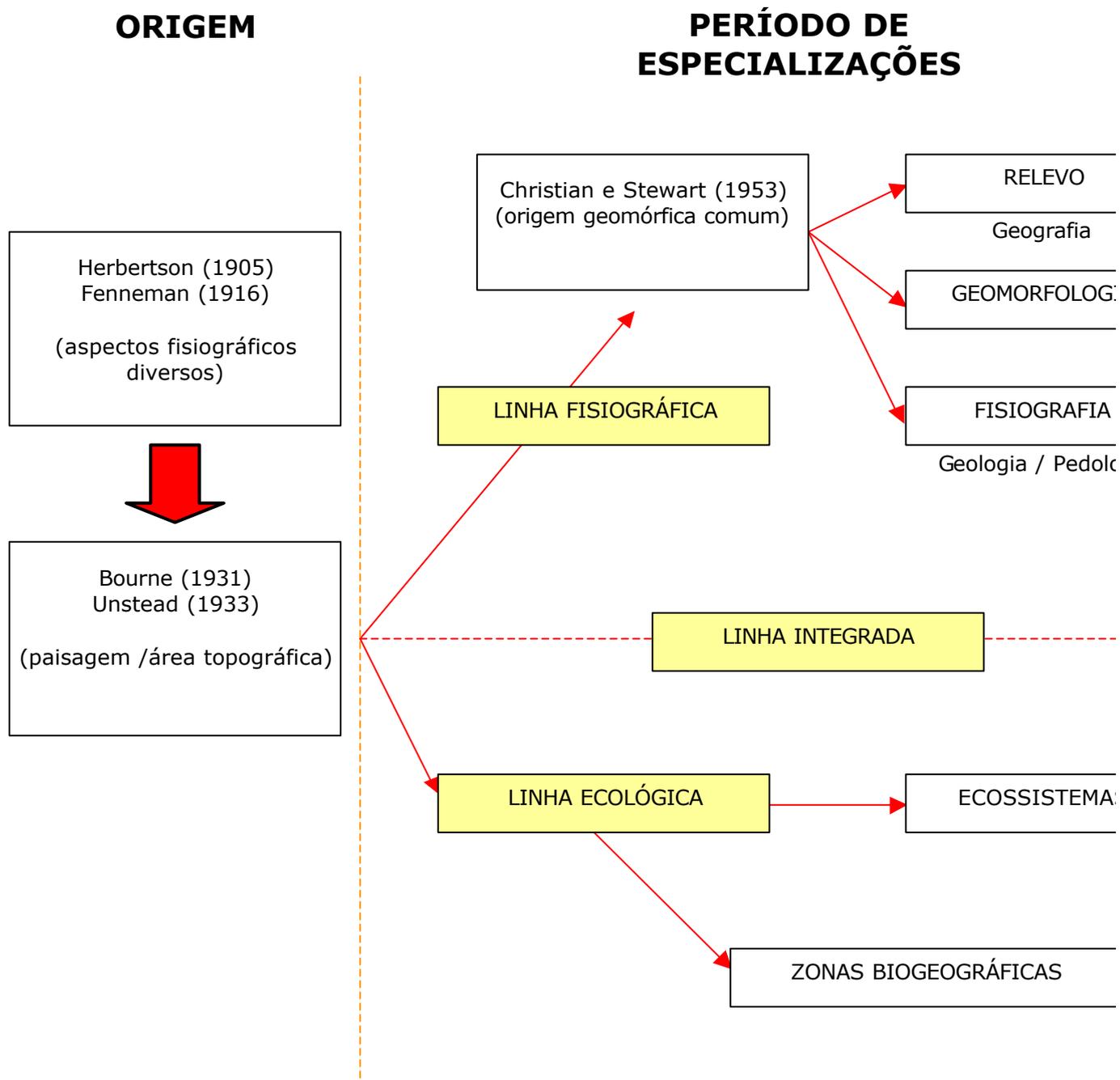


Figura 01 – Evolução conceitual dos estudos de avaliação dos terrenos (Vedovello (2000))

Esta técnica teve seu início a partir dos trabalhos de HEBERTSON (1905) e FENNEMAN (1916) citados por ZUQUETTE (1987), os quais apresentavam os terrenos divididos em várias unidades as quais apresentavam homogeneidades segundo diferentes aspectos, ou seja, uma unidade poderia ser determinada em função de um aspecto específico da vegetação (floresta, por exemplo), enquanto outra seria determinada por uma característica de um elemento de outra natureza (geológico, relevo, etc.), de forma independente da ocorrência de variações internas às unidades determinadas.

A partir de então, surgiu a necessidade de se sistematizar os métodos de compartimentação do terreno.

BOURNE (1931) e UNSTEAD (1933), introduzem o termo paisagem, como critério para a compartimentação do terreno, sendo que em uma determinada unidade de paisagem, eram reunidas diferentes formas de ocorrência dos elementos geoambientais em uma área topográfica.

Esta técnica passou a ser amplamente utilizada pelas diversas áreas do conhecimento tais como a Geologia de Engenharia, a Pedologia, Ecologia, Geografia, dentre outras, provocando um grande número de metodologias de compartimentação, diferindo entre si, em função de especificidades como a área de estudo, o objetivo da compartimentação e a instrumentalização utilizada.

Esta diversidade de metodologia e de diferentes enfoques de cada área de pesquisa resultou numa proliferação de termos e critérios de compartimentação. Um exemplo da ocorrência de termos diferentes utilizados com sentido similar são os termos: fisiográfica e paisagem.

Fisiografia, muitas vezes é utilizada como sinônimo de fisiogeografia, geomorfogênia, geomorfologia, etc. e, segundo GUERRA (1987), deve ser tratada apenas como geomorfologia.

GOOSEN (1968) e BOTERO (1978) consideram a fisiografia como sendo a "Geografia dos solos", tendo como objeto de estudo as características internas dos solos e os fatores externos que regem sua gênese e evolução.

Etimologicamente, o termo fisiografia vem do grego *physis* (natureza) e *graphos* (descrição), o que nos leva a optar por considerar, no presente trabalho, fisiografia como sendo a descrição e análise das formas dos elementos componentes do meio físico (geomorfológicos, pedológicos, vegetacionais, climáticos, geológicos, etc.).

O termo paisagem, por sua vez, muitas vezes é utilizado com o mesmo sentido de fisiografia. Entretanto, este termo está associado às abordagens ecológicas, enquanto que fisiografia está associada às abordagens predominantemente geomórficas.

Neste sentido, BERTRAND (1970) considera paisagem como "...uma porção de espaço caracterizada por um tipo de combinação dinâmica, por conseguinte instável, de elementos geográficos diferenciados-físicos, biológicos e antrópicos...".

O termo fisiografia ganhou força junto a geólogos e engenheiros atuantes em planejamento territorial, passando então a ser utilizado para referir-se às avaliações do terreno baseadas nos elementos ambientais de natureza geomórfica: solos, rochas, relevos e, algumas vezes, a vegetação.

Na presente pesquisa a compartimentação do terreno será abordada considerando-se uma abordagem fisiográfica, sendo que o termo fisiografia será utilizado para referir-se à análise integrada dos elementos componentes do terreno, exceto aqueles de origem antrópica, e quando se fizer referência a tais elementos, utilizar-se-á o termo paisagem.

### **2.2.2. CONCEITUAÇÃO**

Segundo Vedovello (1993), uma compartimentação fisiográfica consiste em dividir uma determinada região em áreas que apresentem internamente características fisiográficas homogêneas e distintas das áreas adjacentes.

A compartimentação fisiográfica é efetuada através da análise dos elementos que compõem o meio físico, e da identificação de suas formas de ocorrência. Dependendo do nível hierárquico considerado (taxonômico ou cartográfico), haverá predomínio de determinados elementos fisiográficos como critério de compartimentação.

Assim por exemplo, a caracterização da área quanto aos aspectos geomorfológicos envolve o estudo das formas do terreno ("landforms"), tratando-se de uma importante técnica no levantamento das condições naturais, na etapa de compartimentação e caracterização preliminares das unidades homogêneas.

Destaca-se que as unidades desta compartimentação constituem Unidades Básicas de compartimentação, que podem ser utilizadas nos mais diversos tipos de estudos sobre o meio físico.

A denominação "Unidades Básicas de Compartimentação" é um termo cartográfico, cujo caráter básico é dado em função da resolução do produto utilizado para a compartimentação e, por conseguinte relacionado à escala não devendo ser confundido com "Unidade" que é um termo taxonômico.

### **2.2.3.- A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA DE TERRENOS**

Para LOCH (1989), sensoriamento remoto é o conjunto de atividades, cujo objetivo reside na caracterização das propriedades de alvos naturais, através da detecção, registro e análise de fluxo de energia radiante, refletido ou omitido pelos mesmos.

BEAUMONT (1987), comenta que a utilização de imagens de radar é útil principalmente para áreas equatoriais, com alto índice pluviométrico, onde a fotografia aérea não pode ser obtida facilmente. Permite expor com nitidez as estruturas geológicas e as formas de relevo. O rastreamento por imagens de satélite, por sua vez, é contínuo, e permite monitorar o desenvolvimento dos terrenos, onde as diversas "bandas espectrais" evidenciam as características distintas da superfície da Terra. Propõe para mapeamentos regionais, a utilização de imagens de radar e satélite, e a foto aérea para estudos mais detalhados.

Assim sendo, os produtos de sensoriamento remoto apresentam grande potencial para a realização de compartimentações fisiográficas, uma vez que se constituem objetos concretos, que refletem a organização do meio físico, sobre os quais é possível traçar limites (VEDOVELLO, 1993).

A utilização dos produtos de sensoriamento remoto requer do fotointérprete um conhecimento prévio das formas da paisagem a serem individualizadas, bem como das características texturais associadas a essas formas.

Visando estabelecer uma metodologia de compartimentação, em especial de imagens de satélites, necessário se fez o uso de um método sistemático.

Os trabalhos de OLIVEIRA et al. (1989) e OLIVEIRA (1989), são exemplos da utilização deste método sistemático para

compartimentação fisiográfica em imagens de satélite, onde a partir da análise das propriedades dos elementos texturais, são identificadas “unidades fisiográficas”, e separadas feições do terreno como planícies, planaltos e pediplanos e “unidades de paisagem”, onde as feições anteriores são subdivididas em função de posição relativa, tipologia das vertentes, etc.

Deve ser destacado ainda, um outro aspecto na realização de compartimentação fisiográfica através de produtos de sensoriamento remoto: a avaliação dos limites de unidades fisiográficas, que é feita pela análise da homogeneidade e da similaridade das unidades.

A análise da homogeneidade consiste na verificação da existência de heterogeneidades internas nas unidades que justifiquem sua redivisão ou junção. Enquanto que a análise da similaridade consiste em se verificar se existem unidades com características e/ou propriedades semelhantes que devam ser classificadas sob a mesma denominação.

A avaliação de limites pode ser feita tanto qualitativa quanto quantitativamente. Para exemplificar a avaliação qualitativa, citamos os trabalhos de ACKERSON e FISH (1980) e VEDOVELLO e MATTOS (1990), sendo que os primeiros estabelecem um procedimento com base na análise dos elementos fisiográficos que constituem as unidades determinadas em fotografias aéreas, e os segundos fazem uma adaptação desse procedimento e realizam a análise com base nas propriedades da forma dos elementos texturais de imagens, possibilitando assim, sua utilização em compartimentações efetuadas por métodos sistemáticos de fotointerpretação.

O presente trabalho adotou a análise qualitativa da homogeneidade e similaridade, para a avaliação de limites, conforme VEDOVELLO (1993).

A realização da compartimentação fisiográfica no trabalho teve como princípio básico o fato de que: os elementos fisiográficos em função

de variações nos fatores que regem a sua evolução, tais como: clima, tectônica, etc., interagem de maneira diferenciada de uma região para outra. Estes elementos por sua vez, apresentam-se sob formas particulares em cada região, determinando as diferentes paisagens. Estas paisagens específicas refletem-se na imagem através de texturas também específicas, às quais são resultado da organização espacial dos diferentes tipos de elementos texturais. Assim, a identificação de diferentes zonas homogêneas na imagem é feita a partir das diferenças de homogeneidade, tropia e assimetria dos elementos texturais e de suas estruturas na imagem. A Figura 02 demonstra as propriedades texturais da imagem e como as mesmas são caracterizadas.

## CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS FORMAS TEXTURAIS EM IMAGENS DE SATÉLITE

| <b>Propriedade textural</b>  | <b>Caracterização</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de elemento de textura  | Define qual espécie de elemento textural está sendo analisado, podendo ser, por exemplo, um segmento de relevo ou drenagem.                                                                                                                                                                  |
| <b>Densidade de textura</b>  | Quantidade de elementos texturais de um mesmo tipo, por unidade de área da imagem podendo ser alta, baixa, moderada, etc.                                                                                                                                                                    |
| <b>Arranjo textural</b>      | Refere-se à maneira como os elementos texturais se dispõem espacialmente (ordenada ou não) permitindo classificar o modo de ocorrência dos elementos texturais segundo padrões que reflitam a disposição espacial desses elementos na imagem. (drenagem de padrão dentrítica, anelar, etc.). |
| <b>Grau de estruturação</b>  | Refere-se à definição da organização espacial dos elementos texturais, em função do seu arranjo textural podendo ser alto, médio, baixo, mal definido, bem definido, etc.                                                                                                                    |
| <b>Ordem de estruturação</b> | Refere-se à complexidade de organização dos elementos texturais, sendo a sua classificação dada em função da ocorrência ou não de uma ou mais estruturas sobrepostas (ordem um, ordem dois, etc).                                                                                            |

Figura 02- Caracterização das propriedades das formas texturais em imagem de satélite.

Fonte: Vedovello (2000) – modificado

## **2.3. - CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DAS UNIDADES DE COMPARTIMENTAÇÃO**

### **2.3.1. - CONCEITUAÇÃO**

A caracterização geotécnica pode ser considerada como um conjunto de procedimentos realizados com o objetivo de se obter dados a partir de propriedades e características geotécnicas sobre as unidades de compartimentação, de forma a analisá-las segundo o uso a que se destinam. Estes dados podem ser natureza diversa e representar as características da área individualizada, como também as propriedades dos materiais que compõem essa área.

A escolha dos dados geotécnicos a serem analisados é feita com base no objetivo do mapeamento e peculiaridades da metodologia empregada.

Se o zoneamento geotécnico for de uso geral, a caracterização deve ser feita com todos os dados básicos para subsidiar as mais diversas finalidades. Se o zoneamento geotécnico for de uso específico, pode-se caracterizar as unidades de compartimentação em função dos dados geotécnicos considerados básicos para este fim.

### **2.3.2.- AQUISIÇÃO DE DADOS GEOTÉCNICOS**

Segundo VEDOVELLO (1993), diversos são os procedimentos que podem ser utilizados para a aquisição de dados geotécnicos, merecendo destaque os seguintes:

- **ensaios "in situ"** - ensaios e testes no campo, os quais vão permitir a obtenção de informações sobre os dados geotécnicos considerados básicos;
- **ensaios de laboratório** - visando determinar propriedades físicas, químicas e comportamento mecânico dos materiais do terreno;
- **inferências a partir de elementos fisiográficos** - através da identificação de elementos fisiográficos que compõem a área, para os quais se possa inferir determinadas propriedades e/ou características geotécnicas: um elemento fisiográfico de natureza geológica e um outro de natureza geomorfológica, através ao qual possa ser inferido a permeabilidade e alterabilidade da rocha e a declividade e espessura do solo de uma dada unidade analisada;
- **inferências a partir de outros dados** - se obtêm os dados geotécnicos por correlação com dados de outra natureza (dados de sensoriamento remoto, dados geoquímicos, etc.).

Os elementos do meio físico que normalmente são analisados para a obtenção de propriedades e características geotécnicas são as rochas, o relevo e os materiais inconsolidados (incluindo solos e sedimentos). A análise destes elementos é feita considerando-se os aspectos relacionados a litologia e estrutura; forma de relevo e vertente, declividade e feições de processos geológicos-geomorfológicos; espessura, composição e perfil intempérico. Cabendo salientar que a vegetação, eventualmente, é analisada.

O presente trabalho utiliza o sensoriamento remoto para a obtenção dos dados geotécnicos, a partir da análise de propriedades dos elementos texturais das imagens.

### **2.3.3. - CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA COM AUXÍLIO DE SENSORIAMENTO REMOTO**

A obtenção de informações geotécnicas a partir de dados de sensoriamento remoto é feita através da correlação entre as propriedades texturais da imagem e propriedades e/ou características de interesse geotécnico.

A correlação é feita a partir do princípio de que a textura na imagem reflete características e propriedades dos materiais que são imageados, ou seja, existem fatores relacionados ao alvo que controlam a textura. Portanto, existe um relacionamento entre as propriedades texturais da imagem e as propriedades características do alvo, através do qual pode se fazer inferências a partir da análise da imagem sobre o alvo investigado. Como exemplo pode-se destacar a relação entre a permeabilidade e elementos texturais de drenagem: a permeabilidade é inversamente proporcional à densidade de elementos texturais, assim uma zona que apresente maior densidade textural de drenagem, possui permeabilidade menor em relação à outra zona que apresente uma densidade textural de drenagem menor.

Existem alguns fatores que controlam a textura e a estrutura nas imagens. São eles: fatores morfogenéticos responsáveis pela modelagem das formas de relevo e drenagem tais como o clima, a tectônica, a dinâmica de superfície e sua ação construtiva ou destrutiva; fatores litológicos os quais estão relacionados às propriedades físico-químicas dos materiais rochosos e/ou dos materiais inconsolidados a exemplo da erodibilidade, permeabilidade, plasticidade e ruptibilidade; e os fatores deformacionais os quais correspondem às feições expressas no relevo e na drenagem, e são resultantes de deformações impostas ao material rochoso tectonicamente a exemplo das esfoliações e fraturamento.

Na literatura recente que trata da aquisição específica de dados e fatores geotécnicos por correlação com dados de sensoriamento remoto, com destaque à aquisição de informações relativas aos materiais inconsolidados, merecem destaque as importantes contribuições metodológicas que são encontradas nos trabalhos de RIEDEL et al. (1987), RIEDEL (1988), MATTOS e JIMÉNEZ (1991), onde são avaliadas as relações existentes entre as características espaciais e espectrais nas imagens, das diferentes coberturas de alteração com suas propriedades químicas e físicas. Estes autores basearam-se no princípio de que a ação intempérica acarreta mudanças tanto na composição química como nas propriedades físicas das rochas, e isto por sua vez, gera coberturas de alterações distintas com comportamentos espaciais e espectrais também distintas.

## **2.4. CRITÉRIOS FOTOINTERPRETATIVOS**

O presente trabalho optou pela utilização de uma imagem de satélite, o que nos leva a tecer as considerações a seguir:

Os procedimentos de fotointerpretação são muitas vezes realizados em geral de forma assistemática e comparativa, necessitando-se da utilização de um procedimento sistemático de fotointerpretação, com a apresentação de passos a serem seguidos na análise das feições na imagem.

Segundo SOARES e FIORI (1976), o desenvolvimento de um procedimento sistemático de fotointerpretação tem sua origem nas pesquisas de GUY (1966) e RIVERAU (1972) a partir dos quais foram desenvolvidos outros trabalhos que tratam do assunto, tais como os de SOARES e FIORI (1976) e VENEZIANI e ANJOS (1982).

Foi com base nos trabalhos citados, que a sistemática de fotointerpretação utilizada na presente pesquisa foi definida, merecendo dizer que foram feitas algumas adaptações no tocante a redefinições de termos e conceitos, de forma a atender às especificidades do procedimento adotado.

#### **2.4.1. DEFINIÇÕES E CONCEITOS**

A interpretação e delimitação de zonas homogêneas em imagens fotográficas são feitas considerando-se a “geneidade”, a “tropia” e a “simetria” dos elementos texturais e de suas estruturas na imagem (VEDOVELLO, 1993).

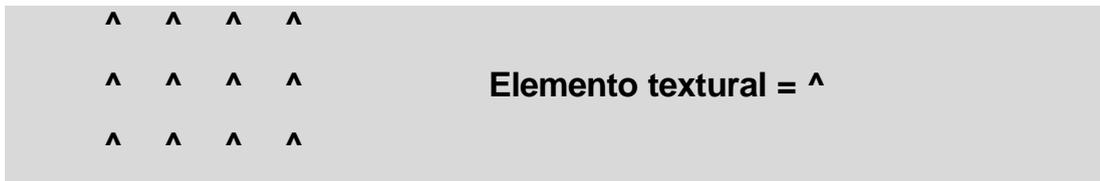
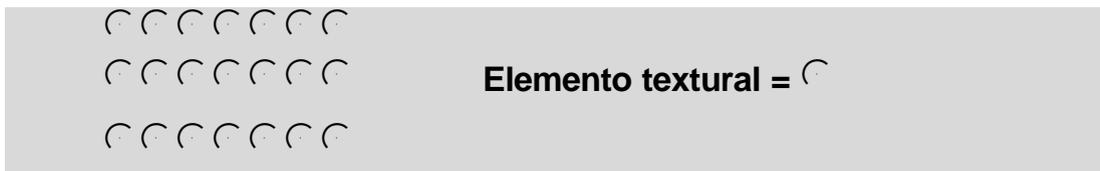
**Geneidade** - Como “geneidade”, compreende-se a ocorrência em uma dada área de propriedades texturais constantes (homogeneidade) ou não (heterogeneidade).

**Tropia** - Refere-se à existência de uma, duas ou três direções preferenciais (anisotropia) ou a multidirecionalidade (isotropia) de feições texturais.

**Simetria** - Refere-se à igualdade (simetria) ou não (assimetria) das propriedades texturais de áreas situadas em lados opostos de uma determinada feição textual na imagem.

O elemento de textura, segundo SOARES e FIORI (1976), é a menor superfície contínua e homogênea que se pode distinguir na imagem e passível de repetição, podendo ser, por exemplo, um segmento de drenagem ou de relevo. A maneira de arranjo desses elementos texturais é denominado de textura.

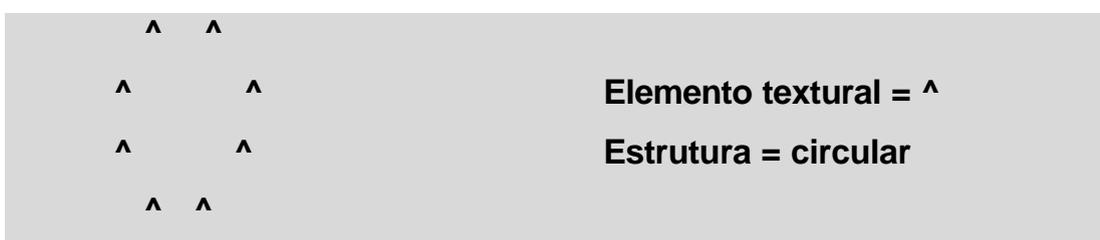
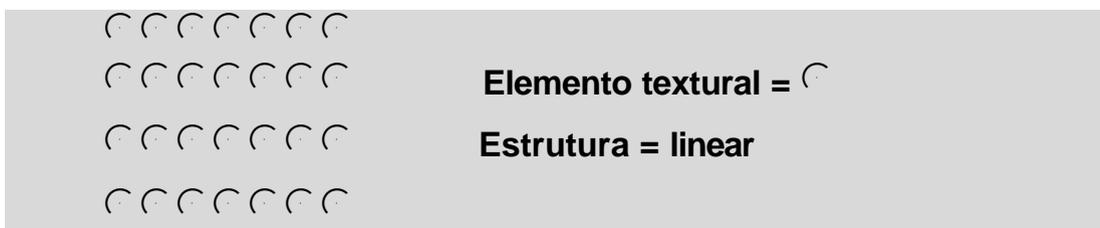
Exemplos:



Vale salientar que a individualização do elemento textural depende da escala da imagem.

Como estrutura, podemos considerar a disposição espacial dos elementos texturais. É a sua regra de organização. Assim, um alinhamento, por exemplo, constitui uma estrutura na imagem.

Exemplos:



A análise da "geneidade", "tropia" e "simetria", que condicionam a textura na imagem permite a compartimentação da cena em áreas que apresentem "disposição espacial de elementos texturais com propriedades

comuns" (forma), que por sua vez, permite a caracterização de zonas homogêneas.

Assim, o conjunto dos elementos texturais e das estruturas que comandam a organização destes elementos definem a forma.

A forma tem como propriedades: o tipo de elemento de textura, a densidade de textura, arranjo textural, grau de estruturação e a ordem de estruturação, que são de grande importância na caracterização das zonas homogêneas.

O tipo de elemento de textura define qual espécie de elemento textural está sendo analisado (relevo, drenagem ou tonal);

A densidade de textura refere-se à quantidade de elementos texturais de um mesmo tipo, por unidade de área da imagem (alta, baixa, moderada, etc.);

O arranjo textural refere-se à maneira como os elementos texturais se dispõem espacialmente (ordenada ou não). Esta propriedade permite classificar o modo de ocorrência dos elementos texturais segundo padrões que reflitam a disposição espacial desses elementos na imagem. (drenagem de padrão dentrítica, anelar, etc.).

O grau de estruturação refere-se a maior ou menor evidência ou definição da organização espacial dos elementos texturais, em função do seu arranjo textural (alto, médio, baixo, mal definido, bem definido, etc.);

A ordem de estruturação refere-se à complexidade de organização dos elementos texturais. Sua classificação é dada em função da ocorrência ou não de uma ou mais estruturas sobrepostas (ordem um, ordem dois, etc.).

A repetição das formas semelhantes define uma zona homogênea. Sendo que a zona homogênea é marcada pela repetição dos mesmos elementos texturais, com a mesma estruturação.

Quanto aos limites entre as zonas homogêneas, os mesmos podem ser dos seguintes tipos:

- **Definidos** - quando marcados por uma forma estruturada e definida (Contatos marcados por rupturas de declive ou falhamentos, por exemplo).
- **Progressivos** - quando marcados por uma área de transição entre elementos de zonas distintas (granitos grosseiros a granitos finos, por exemplo).
- **Envoltórios** - Quando uma passagem é difusa e os elementos analisados não cobrem toda a extensão das áreas analisadas.

#### **2.4.2. ANÁLISE DAS FORMAS DA REDE DE DRENAGEM**

Para se caracterizar as formas da rede de drenagem a partir da análise das propriedades texturais, devemos caracterizar as formas quanto:

**1. Densidade textural**-definida como a razão entre o número de elementos texturais de drenagem por unidade de área, onde a análise é feita de modo comparativo.

**2. Sinuosidade dos elementos texturais** (análise da existência de alinhamentos, lineações e curvaturas dos elementos texturais de drenagem) - definida por segmentos;

**3. Angularidade dos elementos texturais** - definida em relação aos ângulos de confluência dos elementos texturais de drenagem;

**4. Tropia** - definida em função da orientação dos elementos texturais de drenagem, segundo direções preferenciais (unidirecional, bidirecional, tridirecional ou multidirecional). Esta propriedade possibilita a definição do grau e ordem de estruturação de drenagem.

**5. Assimetria** - é definida em função da extensão e da forma dos elementos texturais de drenagem que se constituem nos afluentes do canal principal, podendo ser classificada em fraca ou forte.

**6. Uniformidade** - é definida em função do grau de persistência de uma, ou mais de uma, das propriedades anteriores e ainda em função da constância das dimensões dos canais principais.

A partir da análise destas seis propriedades, pode-se obter dados geológico-estruturais da zona delimitada, tais como: dureza (através da forma dos vales); permeabilidade (através da densidade da rede); plasticidade (com a ruptibilidade e grau de fraturamento); solubilidade (através das estruturas especiais da rede) e informações estruturais (inferidas a partir da assimetria, anomalias e estruturas da rede de drenagem).

### **2.4.3. ANÁLISE DAS FORMAS DO RELEVO**

Para se caracterizar as formas de relevo a partir da análise das propriedades texturais, devemos caracterizar as formas quanto:

**1. Densidade textural de relevo** - definida em função da razão entre o número de elementos texturais de relevo por unidade de área imageada;

**2. Alinhamentos e lineações dos elementos texturais de relevo** - as lineações texturais são definidas em função da disposição retilínea a quase retilínea dos elementos e os alinhamentos, definidos pela forte estruturação resultante da disposição paralela das lineações;

**3. Quebras de relevo** - definidas pela forte estruturação proporcionada pelos alinhamentos de relevo, podendo ser positivos ou negativos;

**4. Assimetria do relevo** - definida em função do ângulo de declividade entre zonas homogêneas de relevo.

Alguns dados podem ser obtidos através da análise destas quatro propriedades texturais de relevo, sobre as imagens fotográficas do LANDSAT, tais como: expressão morfológica de unidades geológicas ou associações destas, grau relativo de dissecação em função da densidade textural de relevo, grau relativo de resistência à erosão, em função da forma das encostas, inferências a respeito da natureza das rochas e sentido do mergulho de feições planares; e existência de estruturas geológicas.

## CAPÍTULO 3

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

#### 3.1. Localização

O Estado do Acre está situado na região Norte do país, na porção Sudoeste da Amazônia, entre 7° 07'S e 11° 08' S, e 66° 30' W a 74°W, fazendo fronteiras internacionais com o Peru e Bolívia e, nacionais com os estados do Amazonas e Rondônia, (Figura 03) e ocupa uma área territorial de 153.149,9 Km<sup>2</sup>, o que corresponde a 3,9% da área amazônica brasileira e a 1,8% do território nacional (IBGE, 1995), sendo que estas terras pertenceram à Bolívia até 1903, ano em foram anexadas ao Brasil, com a assinatura do Tratado de Petrópolis.



Figura 03- O Acre na América do Sul e no Brasil

O Estado do Acre é dividido politicamente em 22 municípios distribuídos em 05 regionais de desenvolvimento, estabelecidas pelo IBGE, que podem ser visualizadas na Figura 04, que obedecem à distribuição das bacias hidrográficas dos principais rios acreanos (Rios Juruá, Purus, Tarauacá, Envira e Acre) sendo que a área de estudo encontra-se inserida na microrregião do Baixo Acre.

**1. Regional do Juruá - abrange** os municípios de Mâncio Lima, Cruzeiro do Sul, Rodrigues Alves, Porto Valter e Marechal Taumaturgo;

**2. Regional do Tarauacá/Envira - abrange** os municípios de Tarauacá, Feijó e Jordão;

**3. Regional do Purus - engloba** os municípios de Santa Rosa do Purus, Manoel Urbano e Sena Madureira;

**4. Regional do Baixo Acre - compreende** os municípios de Porto Acre, Bujarí, Senador Guimard, Acrelândia, Plácido de Castro, Capixaba e Rio Branco;

**5. Regional do Alto Acre - que** compreende os municípios de Xapurí, Brasiléia, Epitaciolândia e Assis Brasil.

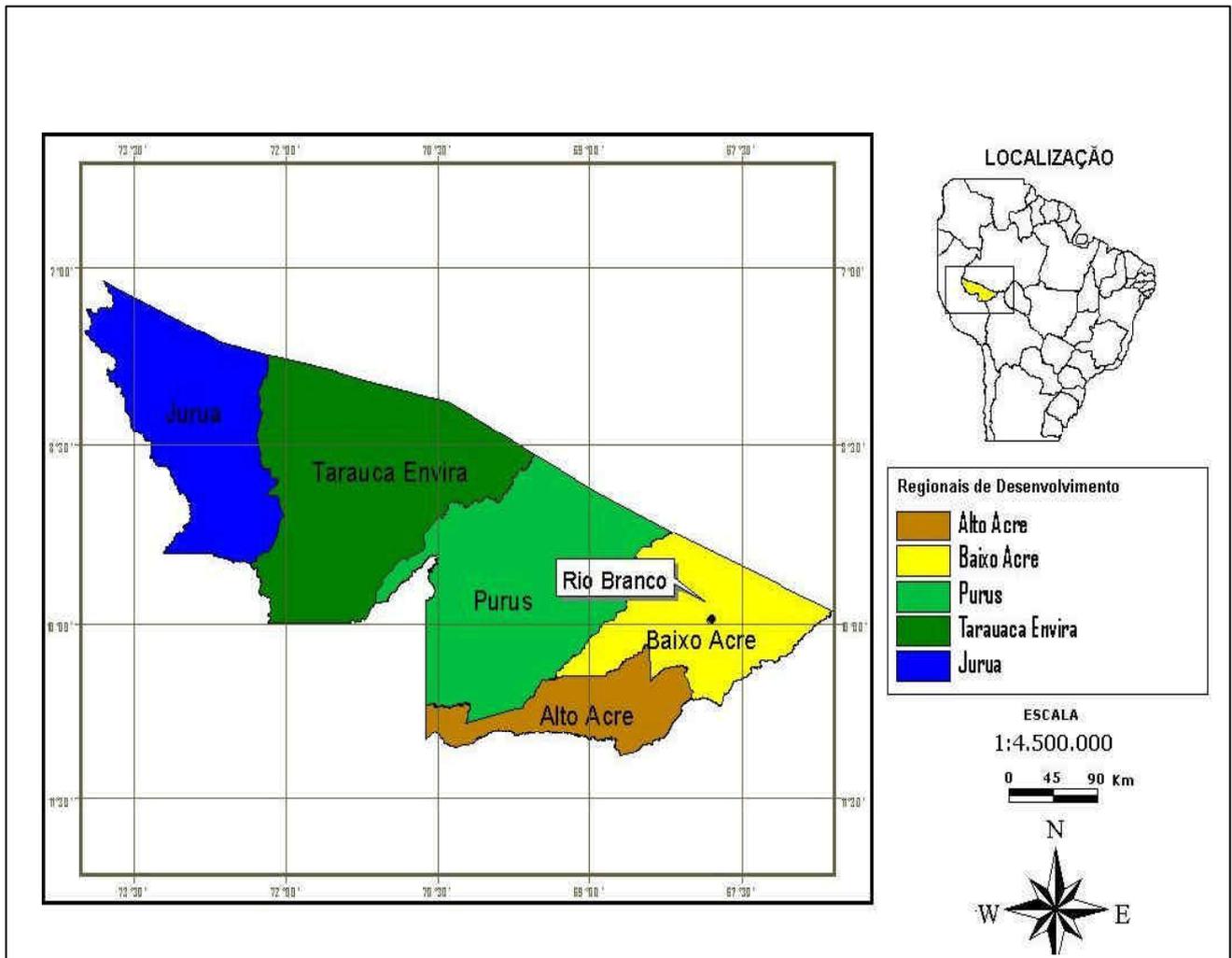


Figura 04 – Regionais de desenvolvimento do Acre

Fonte: ACRE, 2.000 (modificado).

O município de Rio Branco, capital do Estado do Acre, encontra-se localizado entre as latitudes 9°15'S e 10°30'S e longitudes 67°00'W e 69°30'W com uma área de 14.294 Km<sup>2</sup>, e faz fronteira com o Estado do Amazonas e com os municípios acreanos de Bujarí, Porto Acre, Senador Guimard, Plácido de Castro, Capixaba, Xapurí e Sena Madureira.

O Município foi fundado em 28 de Dezembro de 1882, por Neutel Newton Maia e obteve sua autonomia em 1912 pelo Decreto Federal nº 9.831 de 23 de Outubro do referido ano.

Rio Branco encontra-se localizada às margens do Rio Acre, afluente do Rio Purus, o qual percorre uma extensão de 287 km do município, atravessando a cidade e dividindo-a em dois distritos, sendo o 1º localizado à margem esquerda, onde a cidade se expandiu muito rapidamente e o 2º à margem direita, palco do antigo Seringal Empresa que deu origem a cidade.

A área de estudo situa-se entre as coordenadas 9°54' e 10°5' S e 67°40' e 67°55'W e compreende a área urbana do município de Rio Branco. Sua localização pode ser vista na Figura 05.

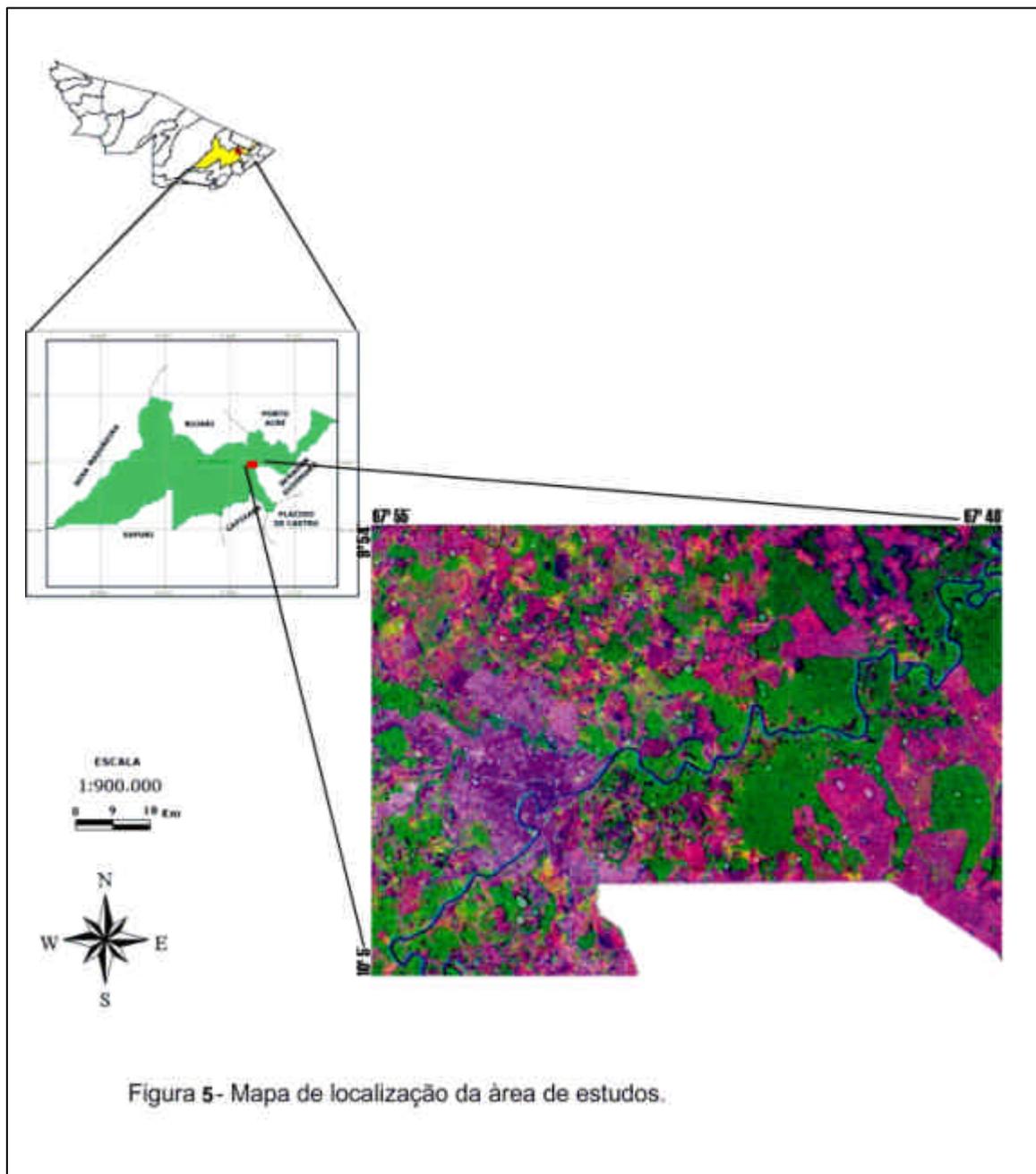


Figura 5- Mapa de localização da área de estudos.

### **3.2. Rio Branco: seus aspectos sócio-econômicos, sua expansão e problemas urbanos.**

A Amazônia, desde suas primeiras expedições, tem sido objeto de admiração e predileção por parte de seus colonizadores. Assim, a região nunca foi pensada em função dela mesma, mas sempre foi vista como um lugar a ser explorado (RIBEIRO, 1991).

Com a saga da borracha, começa a ser escrito e delineado um espaço regional peculiar- o Acre- que de forma bastante clara **“expressa as relações e conexões entre o surto de atividades econômicas e o movimento populacional”** da Amazônia (OLIVEIRA, 1985).

Desde o início de seu povoamento, o Estado do Acre caracterizou-se como um centro comprador de produção gomífera e de outros produtos extrativistas. Nele se sediavam as casas aviadoras dos seringalistas do Rio Acre vinculados às firmas exportadoras de Belém e Manaus (MESQUITA, 1989).

Portanto, a evolução populacional da Cidade de Rio Branco está intimamente ligada ao surto da borracha, responsável pela afluência de considerável contingente populacional, especialmente os nordestinos.

Com a crise da borracha, ocorreu o fechamento de seringais acreanos que viviam da exploração extrativista, marcando o primeiro colapso econômico regional, e conseqüentemente, originando os primeiros fluxos migratórios que foram se intensificando nas décadas seguintes.

Com a 2ª Guerra Mundial, houve uma retomada da borracha nativa no mercado internacional o que ocasionou uma nova leva de migrantes para a região. Após a mesma, parte dos seringais foram desativados e novamente o processo migratório foi intensificado, desta vez destacando-se o processo migratório intra-regional.

O processo demográfico instaurado na região pode ser analisado em dois momentos distintos, a saber:

**1º momento** – anterior a década de 70 – momento este caracterizado pelos fluxos migratórios relacionados com a exploração da borracha e a desativação dos seringais.

**2º momento** – Após a década de 70 – caracterizado pelos fluxos migratórios relacionados com a exploração da madeira e da pecuária (baixos preços da terra, abertura das rodovias estadual e federal) tudo isto somado a continuidade da desativação dos seringais.

Deste modo, a década de 1970 marcou na região uma profunda transformação na estrutura econômica bem como na organização social até então vigente, o que é demonstrado através do gráfico da evolução demográfica do Município de Rio Branco no período de 1940 a 2.000, representado na Figura 06.

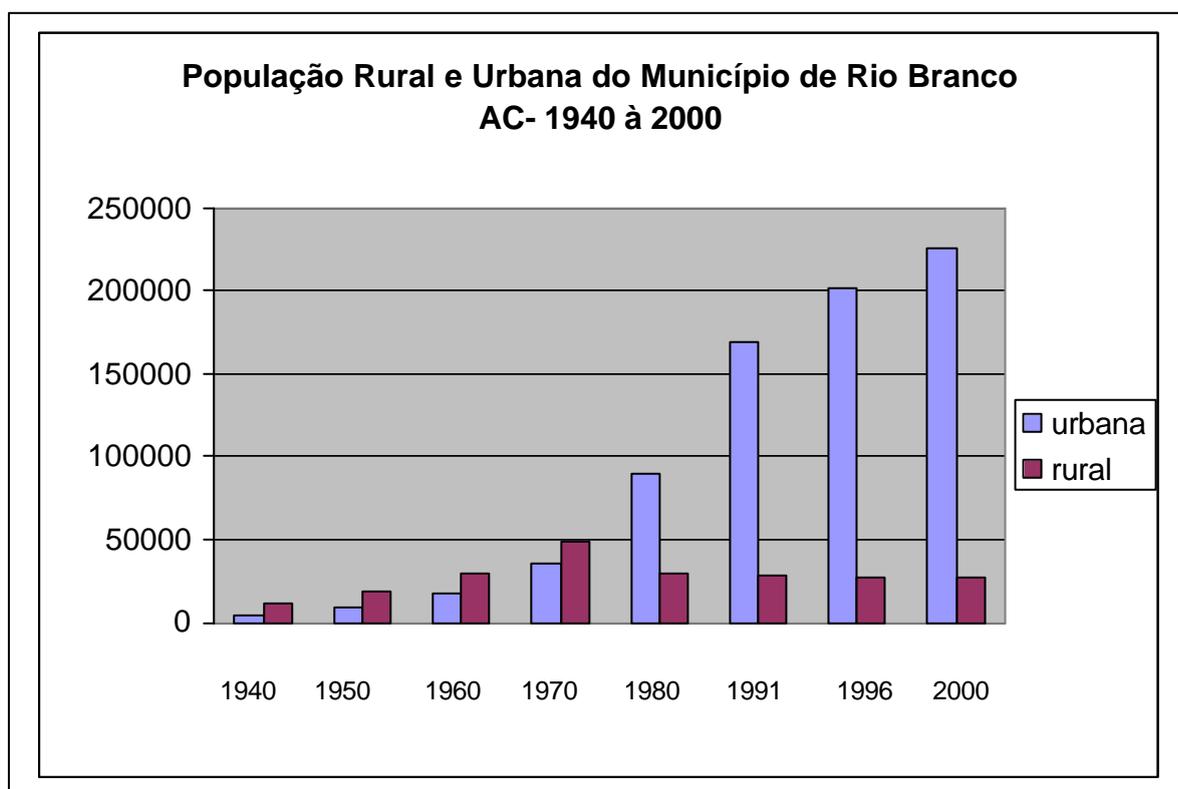


Figura 06- Evolução Demográfica do Município de Rio Branco entre 1940 a 2000.

Fonte: Censo Demográfico de 1940-2000. IBGE.

A década de 1970 constitui-se a mais significativa para a expansão urbana da cidade de Rio Branco, caracterizada por intenso processo migratório tanto de populações do interior do estado para a capital, quanto de populações de outros estados do país, incentivados pelo governo Federal Brasileiro, para ocupação da Amazônia. Este fluxo migratório foi, essencialmente, constituído por trabalhadores rurais-seringueiros, posseiros e colonos (OLIVEIRA, 1985).

Este elevado contingente populacional ocuparam áreas sem nenhuma infra-estrutura e consideradas inadequadas a habitações, a exemplo das margens de rios, igarapés, áreas alagadas ou inundáveis, ocorrendo então uma ocupação desordenada do espaço urbano, com o surgimento de muitos bairros na periferia da cidade acarretando com isto, uma série de problemas sociais.

A evolução urbana do município de Rio Branco pode ser observado no mapa da Figura 07.



### 3.3. Características Fisiográficas e climáticas

#### 3.3.1. Contexto Geológico

##### 3.3.1.1. Aspectos tectônicos:

O Estado do Acre encontra-se inserido na Bacia do Acre, que pode ser visualizada na Figura 08, a qual juntamente às bacias do Solimões e do Amazonas, formam uma grande área sedimentar denominada Província Amazonas-Solimões, que é compartimentada por altos estruturais conhecidos como:

- **Arco de Iquitos**, que separa a Bacia do Acre da do Solimões;
- **Arco de Purús**, que separa a Bacia do Solimões da do Amazonas; e
- **Arco de Gurupá**, que separa a Bacia do Amazonas da foz do Amazonas.

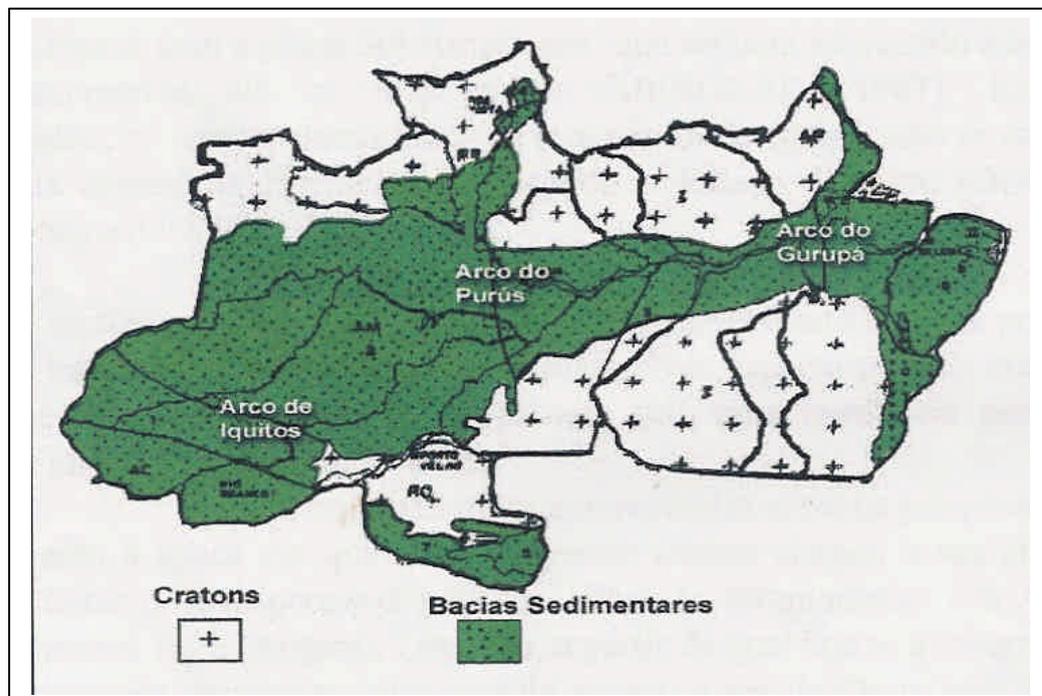


Figura 08- Mapa esquemático das bacias Sedimentares do Norte do Brasil

A Bacia do Acre, com aproximadamente 230.000km<sup>2</sup> está limitada à leste e sudeste pelo Arco de Iquito; a sul, pelo escudo brasileiro; e a oeste e noroeste pela cordilheira Oriental Andina, visto que se estende pelo território peruano, onde recebe o nome de Bacia Pastaza.

Possui mais de 5.600 m de pilha sedimentar com registros do Eopaleozóico nas camadas inferiores e terrenos cretáceos e terciários do Grupo Acre e Formação Ramon em superfície, sendo que a espessura destes sedimentos na porção do Estado do Acre não chega a ser tão expressiva se comparada com a da área subandina.

A Bacia do Acre foi definida por PETRI & FÚLFARO (1983) como intracratônica, permanecendo aberta e marginal até o final do Cretáceo Superior, quando teve início a Orogenia Andina atingindo seu clímax no Mioceno Superior, quando a bloqueia (MIÚRA, 1972). Durante o Mioceno, a região foi palco de intensa sedimentação marinha e com o bloqueio, seu ambiente restringe-se a lagos e pântanos, com alternâncias climáticas semiáridas e úmidas até o holoceno (CAPUTO, 1973).

O levantamento andino deu-se através do choque da placa de Nazca com a placa Sul-Americana, que seguem exercendo sua ação compressiva até os dias atuais (MERGARD, 1987). Existem evidências de que estes efeitos de tectonismo de compressão se estende pela Amazônia Brasileira, alcançando o Estado do Acre (OCOLA, 1966) e (CUNHA, 1988).

Neste sentido, segundo LATRUBESSE (1992), a neotectônica é ativa na Amazônia Sul Ocidental e está ligada a posição de baixa subducção da Placa de Nazca. Este aspecto permite concluir que a **“Amazônia Sul Ocidental tem tido uma tendência geral de levantamento no Quaternário”**.

Ainda hoje persistem controvérsias entre os pesquisadores quanto à época em que o levantamento andino chegou a seu clímax. Entretanto, a responsável pela fase final do levantamento dos Andes

orientais, foi a Orogenia Quechua, a partir da qual houve a inversão no sistema de drenagem, cujo sentido passou a ser de Oeste para Leste, propiciando desta forma um ambiente de deposição fluvial que deu origem a Formação Solimões (ALMEIDA, 1974).

### 3.3.1.2. Geologia Regional:

Ao observarmos a coluna Estratigráfica do Estado do Acre, Figura 09, percebe-se que as unidades litológicas que ocorrem na região têm idades que vão do Proterozóico até o presente. As rochas mais antigas são representadas pelo **Complexo Xingu**.

Após esta Formação ocorreu a primeira transgressão marinha na Bacia do Acre no Carbonífero, período em que os sedimentos da **Formação Formosa** se depositaram em ambiente marinho raso. Esta fase foi seguida pela ocorrência de eventos ígneos de natureza alcalina, representados por diques do Sienito República e pequenas intrusões que cortam sedimentos dessa unidade. Após esta atividade ígnea, a Bacia entra em subsidência com a borda Leste positiva, gerando uma sedimentação clástica regressiva. É a partir de então, depositado o **Grupo Acre**.

O **Grupo Acre** apresenta inicialmente depósitos de arenitos com estratificação cruzada (**Formação Moa**) depositada em ambiente continental; em seguida, um evento transgressivo atinge a Bacia, depositando os folhelhos e siltitos (**Formação Azul**), típicos de ambientes marinhos rasos; ao final da deposição da Formação Rio Azul, começam a ocorrer movimentos da crosta (orogenias), que resultaram em levantamentos a leste da bacia, acarretando uma deposição rápida de arenitos grosseiros (**Formação Divisor**).

| Era                  | Período                                                                                                                                                                               | Época         | Formação             | Litologias                                                                                                                                                            |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cenozóico</b>     | Quaternário                                                                                                                                                                           | Holoceno      | Aluviões Holocênicos | (Qa) Sedimentos inconsolidados de planícies fluviais recentes e atuais<br>(Qai) Aluvião indiferenciado em terraços fluviais.                                          |
|                      |                                                                                                                                                                                       | Pleistoceno   | Cruzeiro do Sul      | (QPcs) Arenitos finos e médios friáveis com intercalações de argilitos e areias (aa)                                                                                  |
|                      | Terciário                                                                                                                                                                             | Plioceno      | Solimões             | (Tqs) Argilitos silticos, maciços ou finamente laminados, com concreções carboníferas e gipsíticos(ar) Arenitos finos micáceos.<br>Soerguimento da Cordilheira Andina |
|                      |                                                                                                                                                                                       |               | Mioceno Paleoceno    | Ramon                                                                                                                                                                 |
|                      |                                                                                                                                                                                       | Cretáceo      | Cenomaniano          | Divisor                                                                                                                                                               |
| Rio Azul             | (Kra) Superior: arenitos finos com intercalações de siltitos.<br>Inferior: arenitos finos intercalados com folhelhos e níveis de calcário.                                            |               |                      |                                                                                                                                                                       |
| Moa                  | (Km) Água Branca Arenito finos e médios, com níveis conglomeráticos e finas camadas de argilas e siltes.<br>Capanauá Arenito argilosos, granulometria fina e conglomerática friáveis. |               |                      |                                                                                                                                                                       |
| <b>Paleozóico</b>    | Permiano Carbonífero                                                                                                                                                                  | Pensilvaniano | Sienito República    | (Tf) Diques de quartzo –sienito. Quartzo traquitos cortando a F. Formosa.                                                                                             |
|                      |                                                                                                                                                                                       |               | Formação Formosa     | (Cpf) Quartzitos arenitos quartzíticos, metasiltitos e chert.                                                                                                         |
| <b>Pré-Cambriano</b> |                                                                                                                                                                                       |               | Complexo Xingu       | (pEx) Gnaisses granulitos, anfibolitos e veios de pegmatitos                                                                                                          |

Figura 09 – Coluna Estratigráfica do Estado do Acre

Fonte: BRASIL 1976,1977

No Terciário, inicia-se um novo ciclo deposicional, desta vez predominantemente continental, com sedimentos argilo-silticos, calcários e arenitos originados a partir de rochas preexistentes - área subsidente a leste-que constituem a Formação Ramon. Neste Período, mais precisamente na época do Plioceno ocorre o soergimento da cordilheira andina e na Bacia do Acre, o Grupo Acre foi soergido originando o **complexo fisiográfico da Serra do Divisor**.

A Bacia do Acre, que até então tinha sido marginal e pericratônica, transforma-se numa bacia intracontinental, processando-se uma inversão na rede de drenagem, que passa a se direcionar para Leste, criando assim um ambiente fluvial proporcionando a deposição de espessos pacotes de sedimentos (argilo-arenosos) que assoreiam a Bacia do Acre, dando origem à unidade litoestratigráfica da **Formação Solimões**.

Durante o holoceno são depositados os aluviões dos terraços e das planícies fluviais.

O Estado do Acre apresenta três regiões geológicas distintas, a saber:

1. **áreas serranas** – que compõem o Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor, formadas principalmente por sedimentos cretáceos com pequenas ocorrências do Pré-Cambriano e do Paleozóico.

2. **áreas de relevo suave** – compreende a maior parte do Estado, e são representadas por sedimentos das formações Ramon e Solimões.

3. **áreas aluviais** – formada por terraços fluviais e áreas aluvionares.

A nossa área de estudo encontra-se inserida nas regiões de relevo suave e de aluviões.

### **3.3.1.3. Geologia Local**

As unidades Geológicas do Município de Rio Branco estão subdivididas de acordo com a sua idade em:

#### **1. Formações Solimões**

Esta formação estende-se por quase toda a Amazônia Sul Ocidental e está coberta por sedimentos cenozóicos de origem continental, principalmente argilosos e arenosos em menor proporção, abrangendo mais de 80% do Estado do Acre, cobrindo quase toda a região interfluvial, com exceção do extremo oeste do Estado.

A **Formação Solimões** é bastante diversificada. Seus sedimentos mio-pliocênicos afloram ao longo dos rios, principalmente em época de águas baixas, e em cortes de estradas nos interflúvios. Na sua maior parte predomina rochas argilosas com concreções carbonáticas e gipsíferas.

Dados de perfurações da Petrobrás na região do Rio Purus indicaram espessuras máximas de 1.800m para os sedimentos mio-pliocênicos da Formação Solimões.

#### **2. Aluviões Holocênicos**

A unidade Aluvião, com areias, silte e argila, é descrita como sendo sedimentos inconsolidados da planície fluvial, formada por depósitos recentes e atuais, incluindo-se alguns terraços fluviais não individualizados na escala de mapeamento.

São os sedimentos das planícies fluviais e aluviões indiferenciados que se sobrepõem discordantemente à Formação Solimões.

Através de análises e interpretações sedimentológicas realizadas com amostras sedimentares da Formação Solimões, depósitos quaternários e depósitos fluviais atuais da Bacia de Drenagem do Rio Acre (NASCIMENTO, 1995), verificou-se indicações de imaturidade dos sedimentos e o retrabalhamento incipiente (FOLK & WARD, 1957).

Ao se discutir a Geologia Regional e local, não pode-se deixar de abordar a importância da Paleontologia, uma vez que a mesma tem se constituído um dos principais critérios utilizados para se definir a Formação Solimões como Terciária.

O Estado do Acre, por suas características geológicas, apresenta vasta quantidade de fósseis, de suma importância para os estudos da paleogeografia regional.

Os fósseis vertebrados são encontrados nos depósitos da Formação Solimões, tanto na área aflorante do interflúvio quanto nos depósitos aflorantes do canal do Rio Acre e seus afluentes. Estes fósseis indicam idade mio-pliocênica.

Segundo LATRUBESSE, 1992, o fato de se encontrar fósseis no interflúvio e nos canais fluviais, indica que os sedimentos foram depositados somente por um ciclo deposicional, que possivelmente teve início no Mioceno Superior e findou no Pleistoceno Inferior.

A presença de fósseis vertebrados, encontrados em toda a Amazônia Sul Ocidental, região em que nossa área de estudo encontra-se inserida, sugere um ambiente de savanas, que possibilitou o desenvolvimento destes animais uma vez que seria impossível o desenvolvimento dos mesmos em ambiente de floresta semelhante a que temos hoje (RANCY, 1991).

Para a comprovação desta tese, destaca-se o fato da intensa incisão realizada pelos rios, deixando registros incontestáveis a exemplo dos terraços dentro da planície aluvial, uma vez que este processo ocorre

em regiões de regime climático com alto escoamento superficial, dado a ausência de floresta, fato este representado na Figura 10.

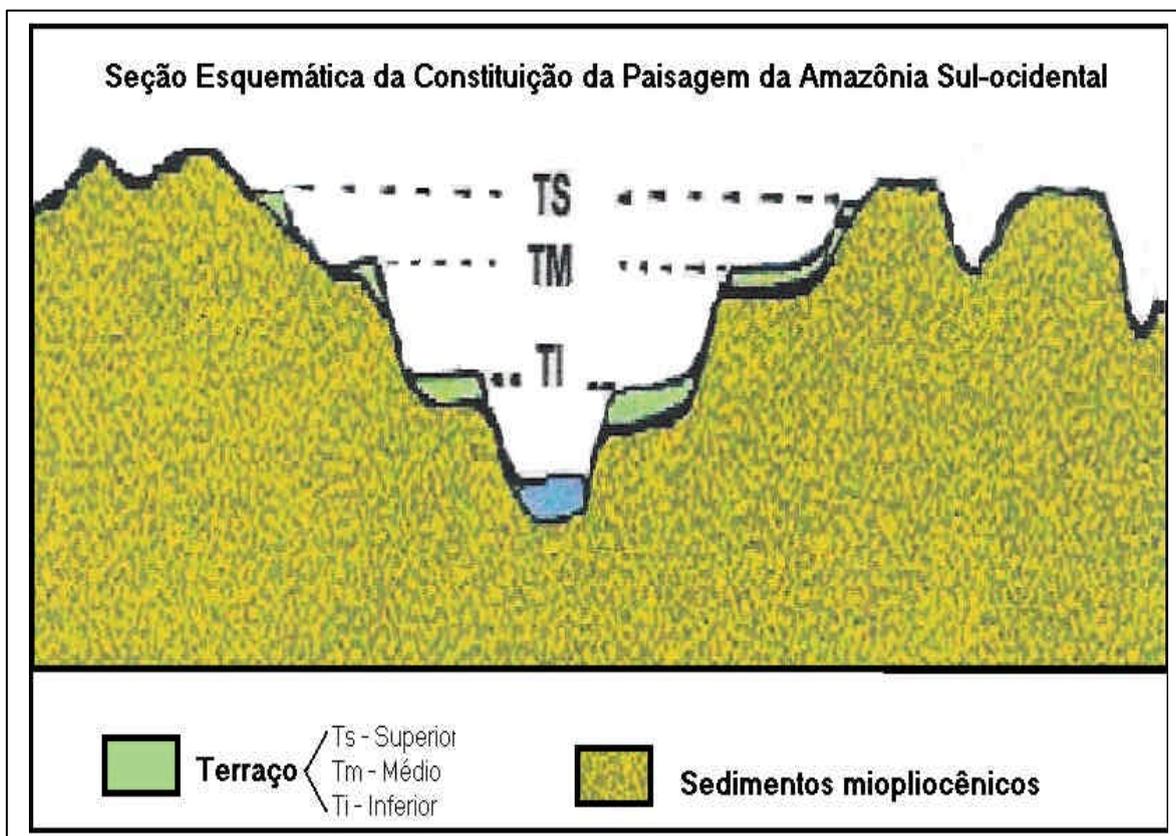


Figura 10- Secção esquemática da constituição da Paisagem da Amazônia Sul Ocidental

Fonte: LATRUBESSE, 1992 (modificado)

### 3.3.2. Contexto Geomorfológico

(BRASIL 1976) definiu para o Estado do Acre, três unidades Morfoestruturais denominadas de **Depressão Rio Acre-Rio Javari** , **Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental** e **Planície Amazônica**.

A **Depressão Rio Acre-Rio Javari** - se caracteriza por uma ativa dissecação apresentando predominantemente feições de relevo do

tipo colina, ocorrendo também em áreas restritas relevos com cristas, interflúvios tabulares e montanhosos, sendo este último típico da parte Ocidental do Estado, formando o Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor. A feição colinosa é talhada em sedimentos da Formação Solimões, com topo de interflúvio em torno de 250 m, apresentando vales com aprofundamento de drenagem que variam de muito fraco a fraco (BRASIL,1976).

O **Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental**, no Estado do Acre, corresponde aos baixos platôs que margeiam a planície dos Rios Juruá e Iaco, representados por interflúvios tabulares de altitude média em torno de 250 m. Este Planalto é formado por litologias da Formação Solimões.

A **Planície Amazônica**, se constitui nas faixas que margeiam os principais rios do Estado, comportando extensas áreas alagadas e de inundação-as planícies fluviais, bem como formas de acumulações do tipo terraços fluviais hierarquizados em três níveis: terraços altos, terraços intermediários e terraços baixos. Estes terraços representam fases de incisão e sedimentação, os quais estão associados à ausência de cobertura florestal, que foi responsável também pela intensa dissecação nas áreas de interflúvios tabulares, que ocorreu possivelmente na passagem do Pleistoceno para o Holoceno, (BRASIL 1976).

A alternância nos regimes climáticos úmidos e secos, com respectivos avanços e recuos da floresta durante o Quaternário, é responsável pela grande dissecação do relevo e alternados processos de erosão e sedimentação dos canais fluviais da região.

A área objeto de nosso estudo encontra-se inserida na unidade da Planície Amazônica. As principais formas de relevo presentes na área são as formas erosivas, as formas de acumulação e as formas de dissecação, as quais estão representadas nas Figuras 11 e 12.

- **Formas erosivas** - terraços fluviais altos, que foram esculpido pelo rio e comportam meandros colmatados ou em processo de colmatação.
- **Formas de acumulação** - Planícies fluviais e terraços fluviais intermediários e baixos, ambos geralmente comportando meandros abandonados.
- **Formas de dissecação** - colinas (relevo de topo pouco convexo), cristas (relevo de topo contínuo e aguçado) e interflúvios tabulares (relevo de topo aplainado), todos com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento de drenagem, separados por vales em forma de "V".

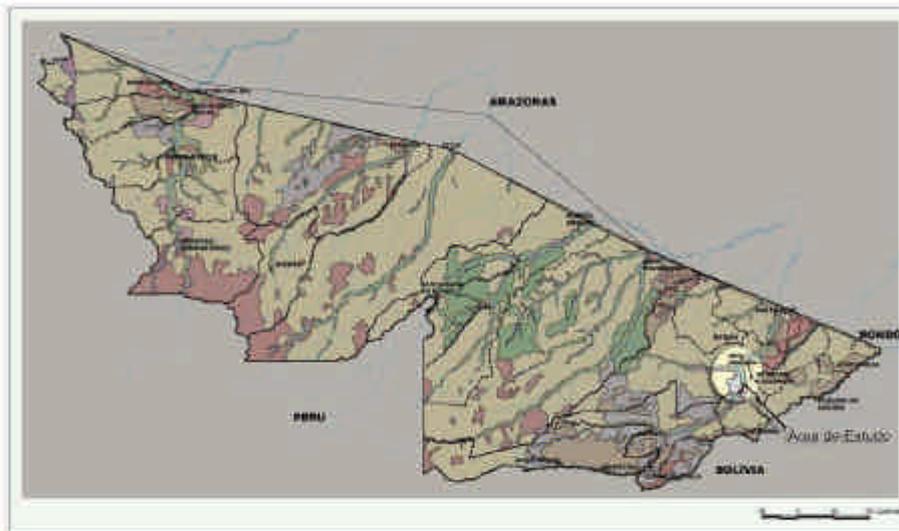


Figura 11- Mapa Geomorfológico do Estado do Acre  
 Fonte: ADRE, 2000 (modificado)

### Mapa Geomorfológico

#### Legenda

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Colinas. Relevos de topo pouco convexo, separados por vales em V e eventualmente por vales de fundo plano, mapeadas com índice de dissecação fraca.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #ffffcc; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Colinas. Relevos de topo pouco convexo, separados por vales em V e eventualmente por vales de fundo plano, mapeadas com índice de dissecação muito fraca.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #f4a460; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Colinas. Relevos de topo pouco convexo, separados por vales em V e eventualmente por vales de fundo plano, mapeadas com índices de dissecação mediana.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Cristas. Relevos de topo contínuo e aguçado, separados geralmente por vales em V e eventualmente por vales de fundo plano, mapeadas com índice de dissecação fraco.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #f08080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Cristas. Relevos de topo contínuo e aguçado, separados geralmente por vales em V e eventualmente por vales de fundo plano, mapeadas com índice de dissecação muito fraco.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #9932cc; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Cristas. Relevos de topo contínuo e aguçado, separados geralmente por vales em V e eventualmente por vales de fundo plano, mapeadas com índices de dissecação mediana.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #ff6347; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Interflúvios Tabulares. Relevos de topo aplanado, separados por vales de fundo plano e eventualmente por vales em V, mapeadas com índices de dissecação muito fraca.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #6a5acd; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Planície Aluvial. Área alagada resultante de acumulação fluvial, periódica ou permanentemente alagada, geralmente comportando meandros abandonados.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Planícies e Terraços Fluviais. Áreas aplanadas resultantes de acumulação fluvial, periódica ou permanentemente alagada comportando meandros abandonados, ligada com ou sem ruptura de declive a patamar mais elevado.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #f08080; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Terraço Fluvial. Patamar esculpido pelo rio, com declive voltado para o leito do fluvial, eventualmente comportando meandros pontiagudos.</li> </ul> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

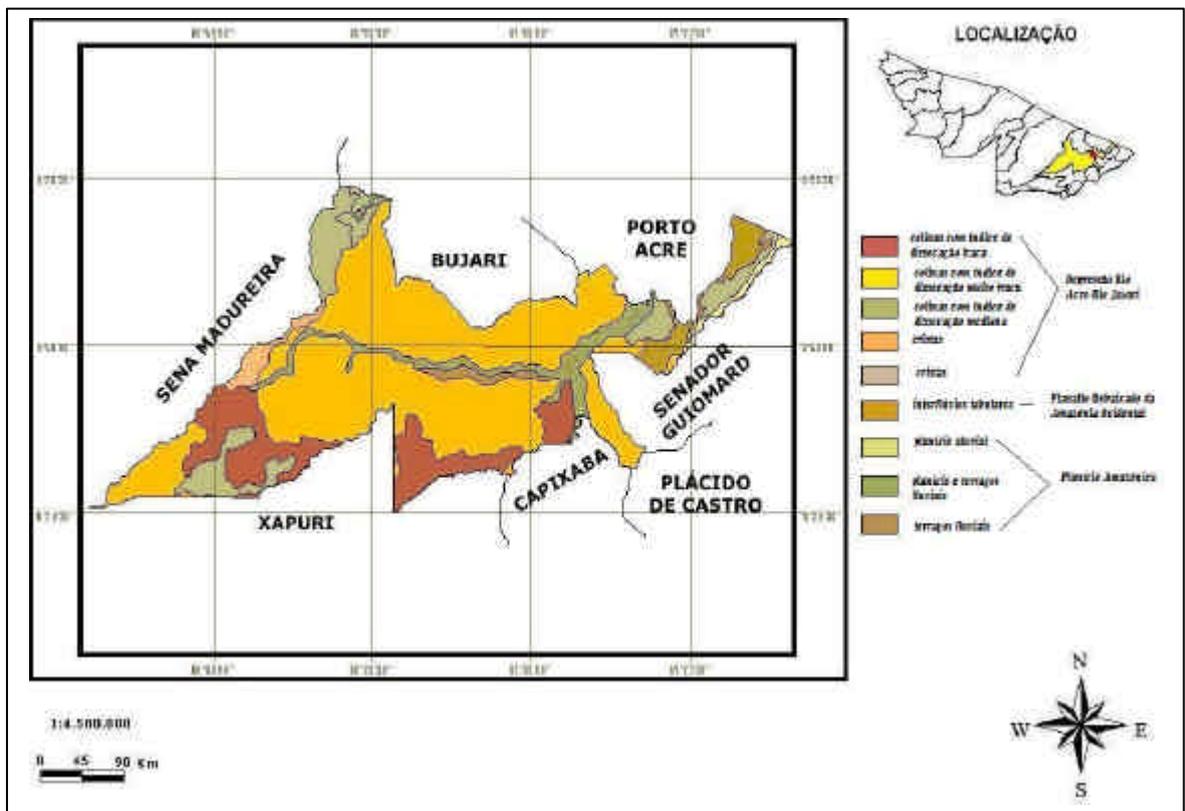


Figura 12- Mapa geomorfológico do Município de Rio Branco

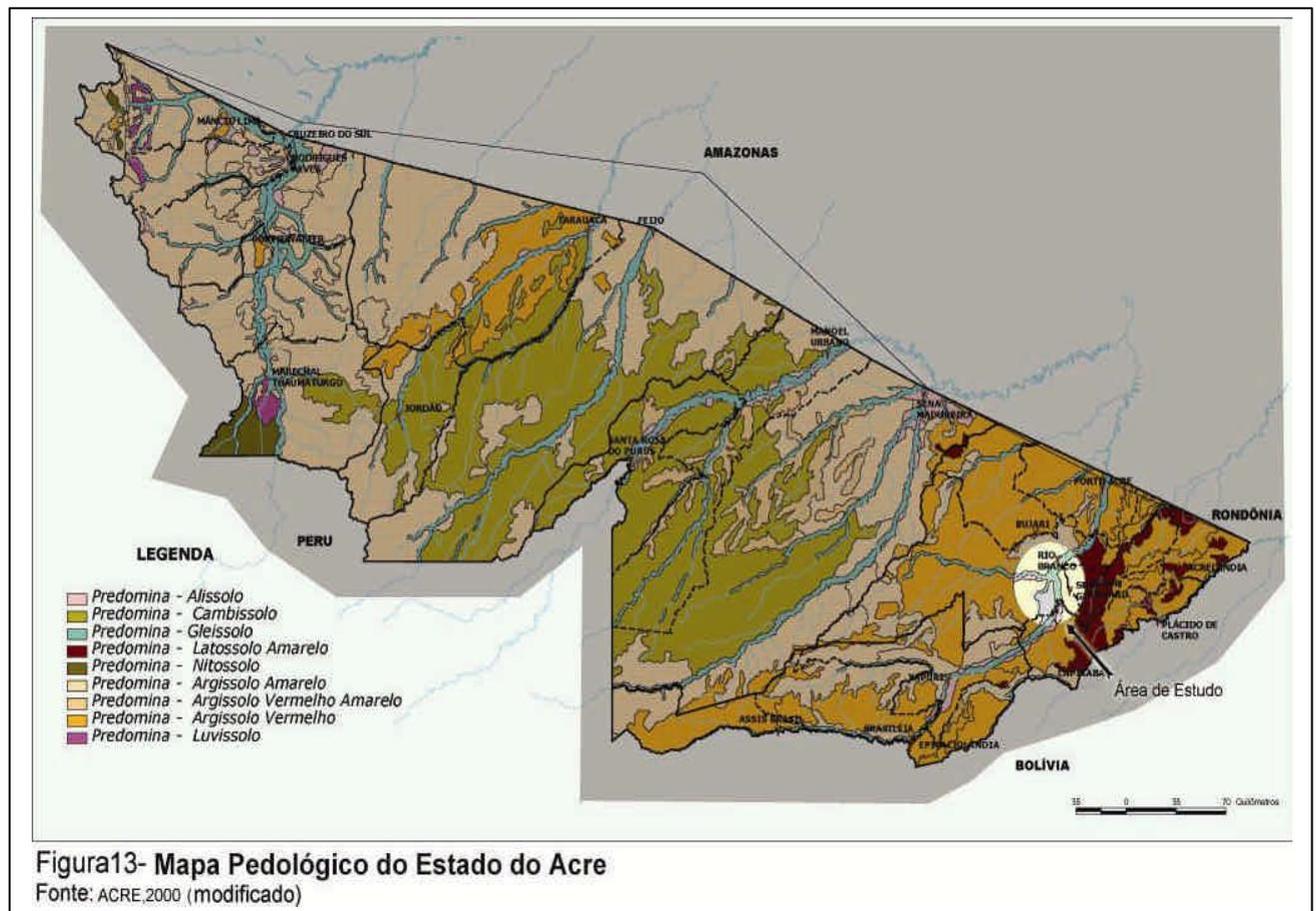
Fonte: ACRE, 2000 (modificado)

### 3.2.3.- Contexto Pedológico

Gama (1986) considera que grande parte dos solos do Acre, predominantemente os da formação Solimões, tem propriedades específicas muito diferentes dos outros solos da Amazônia, principalmente pela expressiva quantidade de silte, que chega a níveis de 61% em posição de relevo suavemente ondulado e ondulado. Também verificou que esses solos apresentam simultaneamente teores altos de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis.

Apesar dos solos do Acre serem de origem sedimentar, apresentam algumas áreas de influência calcária. Sobre as rochas sedimentares Terciárias da Formação Solimões e os depósitos aluviais atuais encontram-se os principais tipos de solos da região. Estes solos são bem desenvolvidos, graças ao fator climático que contribui para um intenso intemperismo químico e de lixiviação.

No mapa Pedológico do Estado do Acre, elaborado pelo Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre, e que pode ser visualizado na Figura 13, estão incorporadas informações acerca de levantamentos de solos realizados anteriormente no Estado, bem como adotado o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).



Podemos distinguir no Município de Rio Branco/AC, as seguintes associações de solos:

01. **Argissolos**-São solos caracterizados pelo alto teor de barro em profundidade. Ocorre em relevo suave ondulado a forte ondulado e tem fertilidade variando desde muito pobres até ricos quimicamente. Este tipo de solos quando associado a relevos quebrados propicia a erosão, sendo o tipo de solo de maior ocorrência em todo o Estado do Acre, bem como predomina no Município de Rio Branco.

02. **Latosolos**-São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos e normalmente muito profundos. São em geral, fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou álicos, típicos de regiões equatoriais e tropicais e se originam a partir das mais diversas espécies de rochas, sob condições de clima e tipos de vegetações os mais diversos.

São solos com características físicas favoráveis à agricultura, porém com pouca reserva de nutrientes.

A limitação do uso deste tipo de solo decorre da acidez elevada e da fertilidade baixa, requerendo um manejo adequado com correção da acidez e fertilização. Exige ainda rigoroso controle de erosão.

03. **Gleissolos**-Os solos desta classe são permanentemente ou periodicamente saturados por água. Caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade redutor, que se processa em meio anaeróbico, com muita deficiência ou mesmo ausência de oxigênio, devido ao encharcamento do solo por longo período ou durante todo o ano.

A gleização implica na presença de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, decorrentes dos compostos ferrosos que são resultantes da escassez de oxigênio.

Estes solos, por suas próprias características, desenvolvem-se sobre sedimentos recentes do Quaternário acompanhando os cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, podendo formar-se também em áreas de relevo plano de terraços fluviais, e quando ocorrem associados aos solos aluviais, apresentam alta fertilidade, motivo pelo qual os ribeirinhos se apropriam das margens dos cursos d'água para o cultivo de uma agricultura de subsistência.

04. Alissolos-Anteriormente classificados como Podzólico Vermelho Álico Ta-pelo RADAMBRASIL, (BRASIL, 1976/1977). Estes solos têm como característica marcante o horizonte B textural e a baixa atividade da argila, muitos deles com alta saturação por alumínio ( $m > 50\%$ ). Caracterizam-se ainda por possuírem profundidade média, são bem drenados com estrutura fraca e moderada. Apresentam ainda elevado grau de acidez com a presença de alumínio nas camadas mais profundas, este superior a 50%. Distribui-se sobre a Formação Solimões, que apresenta, nesse caso, sedimentos mais grosseiros e possui uma consistência plástica ou pegajosa quando molhada, o que o torna bastante susceptível à erosão.

A área do presente estudo pode ser classificada como pertencente ao grupo dos Gleissolos predominantemente, e ao grupo dos Argissolos e Latossolos.

#### **3.2.4. Vegetação**

A Amazônia ocupa mais de cinco milhões de Km<sup>2</sup>, submetidos a uma grande biodiversidade que atrai a cobiça internacional e é hoje um dos centros de atenção na questão ambiental. O domínio morfoclimático Amazônico compreende as **planícies inundáveis da Amazônia** com matas de terra firme, várzeas e igapós; os **tabuleiros** vertentes semimamelonares; os **morros baixos**, em forma de meia laranja nos quais

afloram os terrenos cristalinos e os terraços, com formação de cascalho e laterita.

A Amazônia é recoberta por um mosaico de formações florestais. Ao longo dos anos, surgiram algumas teorias que tentam explicar este comportamento florístico e faunístico. Os estudos de fósseis de plantas e dos sedimentos com depósitos de grãos de pólen têm auxiliado na reconstrução de como era essa flora do passado.

Seguramente as atuais características fitoecológicas do Estado do Acre, respondem a um comportamento paleoambiental, onde ocorrem duas grandes regiões dominadas pela Floresta Ombrófila Densa (FOD) e a Floresta Ombrófila Aberta (FOA) e ainda uma terceira região, a das Campinaranas de acordo com a classificação proposta pelo Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1977).

O potencial econômico da flora estadual é imensurável, tanto do ponto de vista madeireiro, da abundância e variedades de espécies produtoras de frutos para a alimentação e uso industrial (açai, andiroba, castanha do brasil, urucum, copaíba, cacau, bacuri, jarina, pupunha, etc.) quando na existência de plantas medicinais e ornamentais.

No Estado do Acre é possível distinguir três regiões fitoecológicas as quais estão associadas às feições morfoestruturais e climáticas presentes na região. São elas:

01. **Floresta Ombrófila Densa**, com domínio destacável nas regiões das cristas, colinas e interflúvios tabulares estando também associada à faixa de maior umidade e precipitação.
02. **Floresta Ombrófila Aberta**, com domínio nas regiões de planícies aluviais, nas áreas de relevo ondulado de depósitos coluviais, com dominância de palmeiras e cipós

e nas áreas de interflúvios colinosos, domínio de palmeiras e bambus.

03. **Região das Campinaranas** ocorre em uma área restrita na parte noroeste do Estado.

O Estado do Acre apresenta uma vocação estritamente florestal. Sua vegetação natural é composta basicamente por floresta tropical aberta (baixos platôs e aluviões) e floresta tropical densa (baixos platôs, superfície dissecada da Serra do Divisor).

Pode-se afirmar que a área de estudo, encontra-se inserida totalmente no domínio vegetal da Floresta Ombrófila Aberta.

### **3.2.5. Hidrografia**

Na Amazônia, em particular, os rios assumem um papel fundamental, uma vez que os processos erosivos desencadeados pelos mesmos, constituem-se em objeto de pesquisa para a compreensão da dinâmica da paisagem amazônica, através da esculturação do modelado regional que por sua vez encontra-se relacionado à própria história geológica da Bacia Hidrográfica Amazônica.

Neste contexto, o Estado do Acre é drenado por extensos rios, a exemplo do Rio Tarauacá, Purus, Chandless, Juruá e Acre, todos pertencentes à rede hidrográfica do Rio Amazonas. A rede de drenagem do Estado é bem distribuída, entalha rochas sedimentares e apresenta predominantemente, formas meândricas, com a formação de bancos de areias, conforme pode ser observado na Figura 14.

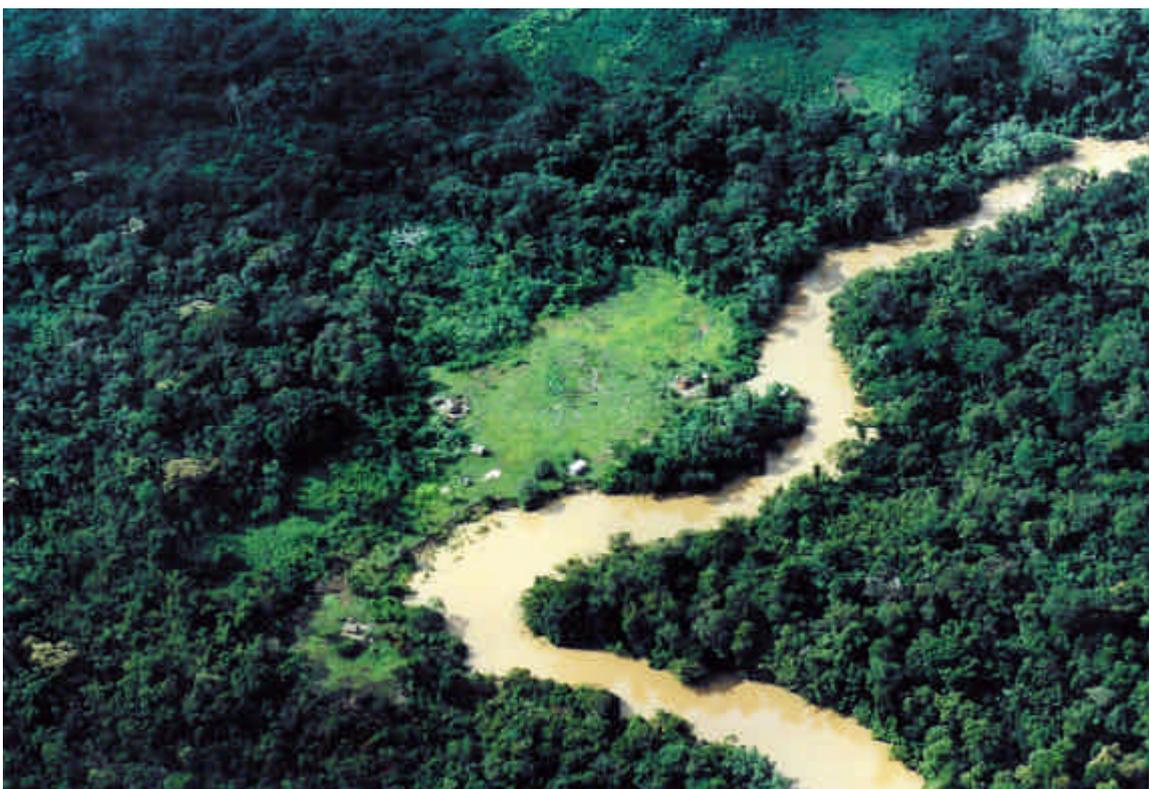


Figura 14- foto aérea de um rio típico da bacia de drenagem do Rio Acre

Fonte: Arquivo do IMAC

Para se compreender melhor a dinâmica fluvial do Estado, faz-se necessário o estudo da bacia de drenagem do Rio Acre.

A Bacia de drenagem do Rio Acre é composta por um denso sistema fluvial, formado por rios perenes e igarapés intermitentes. O Rio Acre se constitui no principal canal desta bacia e possui como principais afluentes os rios Xapuri, Riozinho do Rola, Riozinho do Andirá e o Rio Antimarí, pela margem esquerda, e pela margem direita uma série de pequenos igarapés, a exemplo dos igarapés do Brito, do Mota, Judia, Quixadá e Igarapé Grande, bem como o lago do Amapá que está localizado à margem direita do Rio Acre

Outras características da bacia de Drenagem do Rio Acre podem ser verificadas na Figura 15.

| RIO  | AMBIENTE DA BACIA (LATRUBESSE -1992)             | ÁREA DA BACIA DE DRENAGEM (SILVA, 1997). | DESCARGA MÉDIA (CEDEC, 1997). | MORFOLOGIA DO CANAL                                              | PADRÃO DE DRENAGEM |
|------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Acre | Tropical com abundante carga sólida em suspensão | 33.468 Km <sup>2</sup>                   | 350m <sup>3</sup> /Seg        | Forma de meandros assimétricos alternados com trechos retilíneos | dentrítica         |

Figura 15- Características da Bacia de Drenagem do Rio Acre

Fonte: LIMA, 1998 (modificado).

O Rio Acre nasce a 400 metros de altitude, em território peruano, se constituindo em um rio típico de ambiente tropical (LATRUBESSE, 1992), divagando ao longo de sua contínua faixa de planície, transportando abundante carga de sedimentos em suspensão, o que lhe confere a coloração turva, sendo classificado por SIOLI (1991) como "**rios de águas brancas**", como pode ser observado na Figura 16.



Figura 16-Coloração das águas do Rio Acre.

A bacia do Acre apresenta uma grande sazonalidade entre os períodos chuvosos e de estiagem, registrando cotas de transbordamento que atingem 16 a 18m.

A evolução das formas do relevo ao longo da bacia sedimentar, cujo depósito se deu entre o final do Terciário e começo do Quaternário, está relacionada ao processo de erosão lateral efetuado por sua drenagem, configurando formas antigas como os terraços fluviais e formas de deposição mais recente, a exemplo dos aluviões atuais que originam a planície aluvial. Estes aspectos foram descritos nos trabalhos de (BRASIL, 1976), LATRUBESSE (1992), BUENO et al. (1985), NASCIMENTO (1995), dentre outros trabalhos desenvolvidos a nível regional.

São comuns, ao longo da planície do Rio Acre, feições típicas como os meandros e os paleocanais. Os meandros ativos são resultantes do processo contínuo de erosão (margens côncavas-bancos de solapamento) e deposição (margens convexas - formação de point-bars). Os paleocanais são formas resultantes da elaboração passada do rio, ou

seja, da sua evolução através do processo de erosão e autocaptura, uma vez que à medida que as margens côncavas são erodidas, o colo do meandro pode ser estrangulado pela formação e desenvolvimento de diques marginais, que aos poucos promove o isolamento do antigo canal. Estes canais abandonados, com o tempo, podem originar ao longo da planície de inundação lagos de formas variadas em decorrência do processo de colmatção, conforme pode ser observado na Figura 17.



Figura 17-Foto aérea do Lago do Amapá- paleocanal

Conforme levantamento realizado por SILVA (1995), estes meandros abandonados apresentam estágios de colmatção diferenciados:

1. Meandros colmatados, sem água, com vegetação, geralmente afastados do leito atual do canal, indicando uma fase mais antiga;

2. Meandros abandonados em forma de lago, mantendo contato com o rio, em fase de colmatação, a exemplo do lago do Amapá.

3. Meandros em processo de colmatação, com água, separados do rio principal por uma estreita faixa de deposição recente e precariamente ligada à drenagem atual com a presença de uma vegetação homogênea, tipicamente hidrófila.

O Rio Acre, portanto, vem continuamente transformando o relevo regional e, em especial, o relevo local. Dentre as causas principais deste processo podem ser mencionadas:

01. O regime contrastado de seu curso d'água: enchentes elevadas e escoamento rápido produzido anualmente;
02. Fortes variações da descarga: desnível de até 11 metros;
03. A litologia sedimentar: Formação Solimões; e
04. O encaixamento do Rio Acre.

### **3.2.6. Clima**

A Amazônia possui ao longo do ano uma esplêndida variação climática, causada pela influência direta da circulação geral da atmosfera e da convergência intertropical (LATRUBESSE, 1992).

Segundo a classificação climática proposta por THORNTHWAITE & MATHER (1995), que leva em consideração o grau de umidade e variação espacial das chuvas, o clima do Estado do Acre é Úmido.

De acordo com o IBGE (1991) o clima do Estado do Acre é o equatorial quente e úmido.

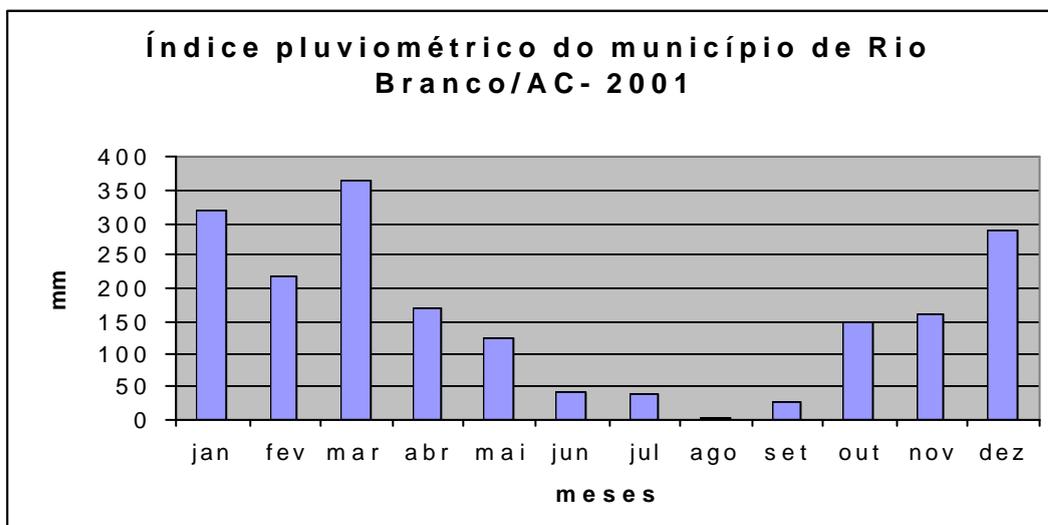
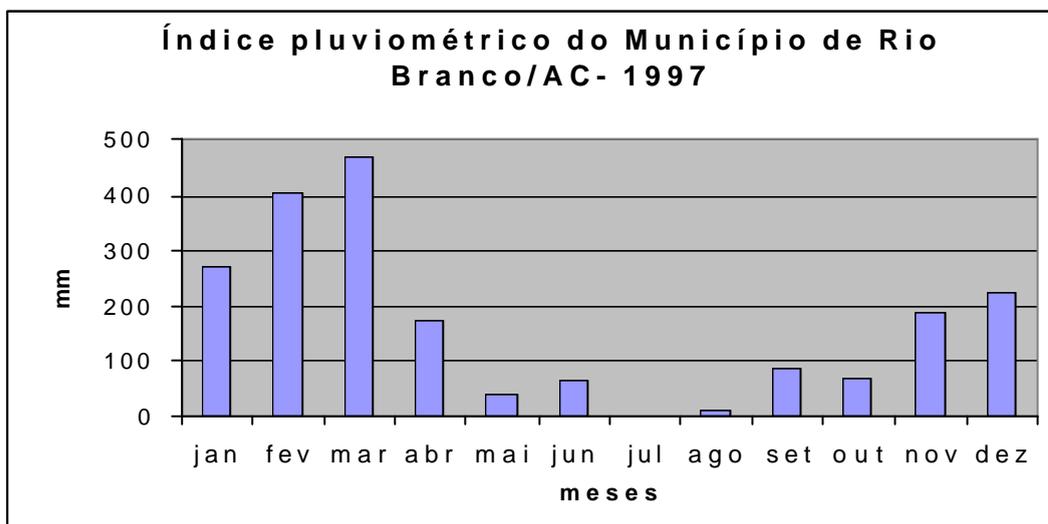
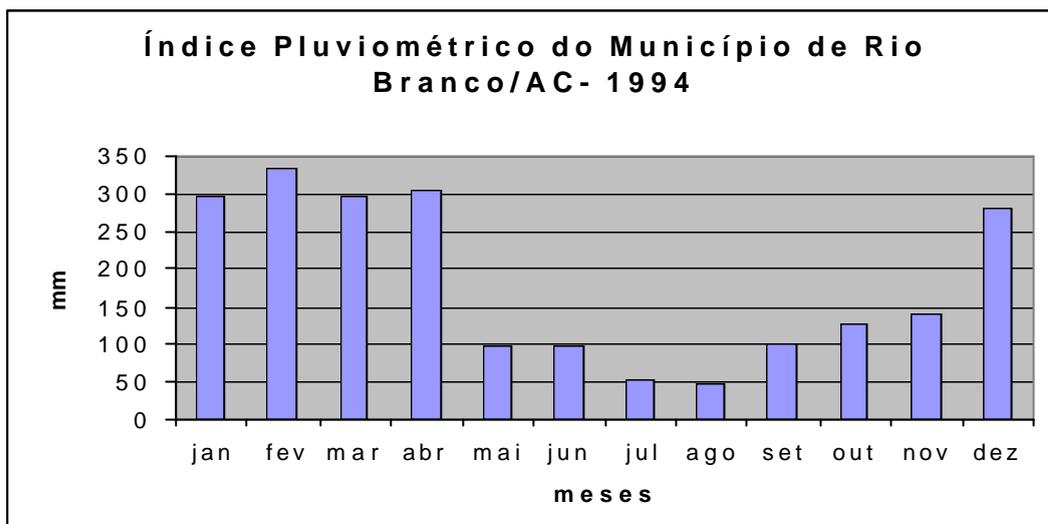
Este clima quente e úmido apresenta duas estações distintas:

**Estação seca** (estiagem) - chamada regionalmente de verão, ocorre durante os meses de maio a outubro. Nesta estação, a Massa de Ar Polar Atlântica (mPa) impulsiona a Frente Polar que avança pela planície do Chaco e chega à Amazônia Ocidental, gerando o fenômeno da "friagem", caracterizado por forte umidade e chuvas frontais.

**Estação chuvosa ou úmida** - denominada regionalmente de inverno caracteriza-se por apresentar intensas precipitações, geralmente entre os meses de novembro a abril. Nesta estação, oportunidade em que ocorre o enfraquecimento da Massa Polar Atlântica (mPa), a Massa Equatorial Continental (mEc) que atua durante todo o ano na região, avança para o interior do país, provocando as conhecidas chuvas de verão, e gerando a instabilidade e altas temperaturas no Estado do Acre.

Este clima quente e úmido, apresenta uma pluviosidade média anual de aproximadamente 2.000 mm e uma temperatura média anual entre 22 e 26°C.

Quanto à distribuição anual do regime das chuvas, ocorre um período seco entre Maio a Outubro, com totais pluviométricos em torno de 350 mm, e um período chuvoso que se estende de Novembro a Abril com totais pluviométricos em torno de 1.640mm, fato este que pode ser observado nos gráficos das Figuras 18.



Fonte: Estação meteorológica da UFAC.

## CAPÍTULO 04- PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para a execução deste trabalho foi adotado o procedimento metodológico ilustrado no fluxograma da Figura 19.

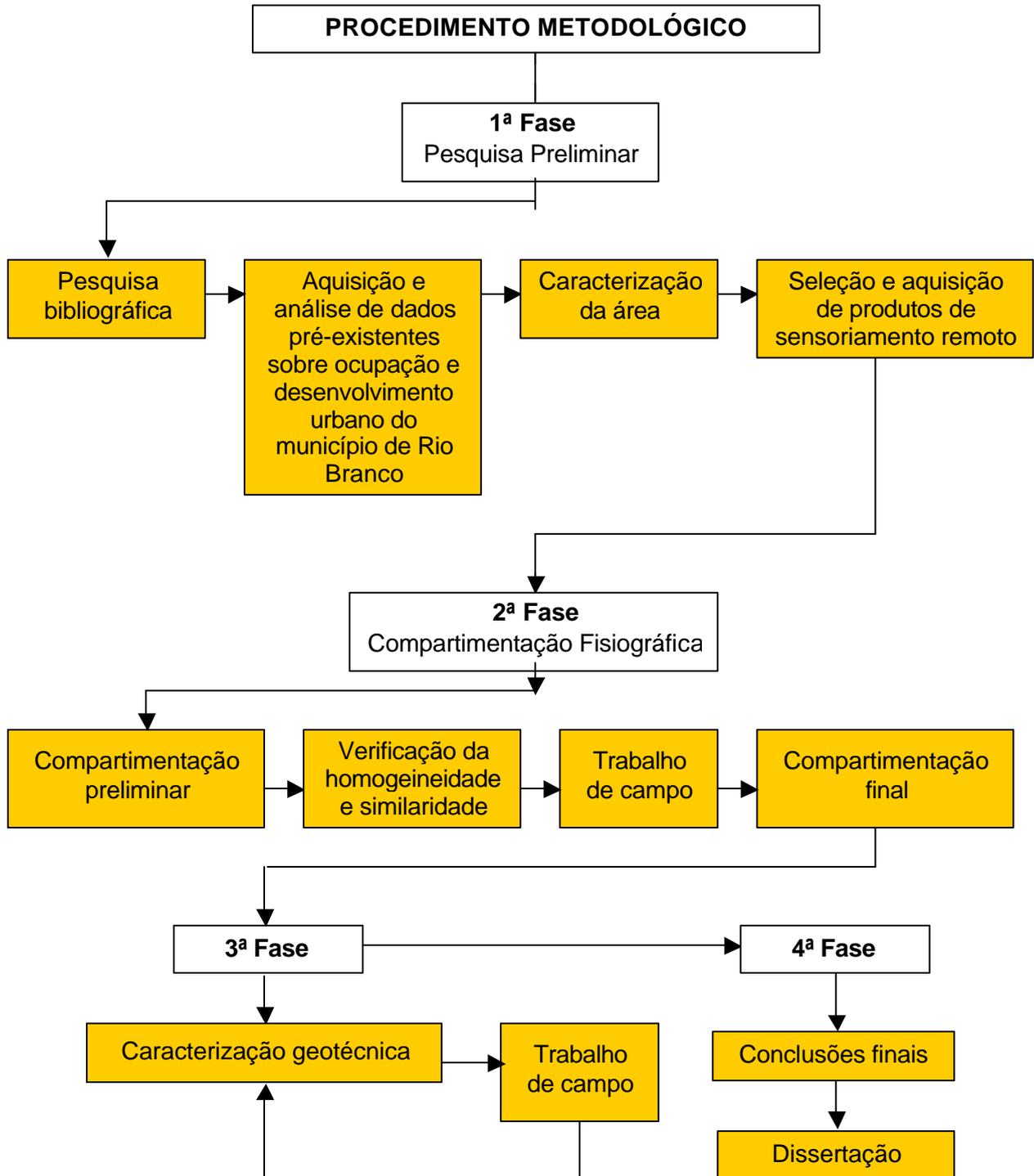


Figura 19– Fluxograma de execução da pesquisa

#### **4.1. 1ª FASE: PESQUISA PRELIMINAR**

Esta fase constou de uma revisão bibliográfica sobre a região e em especial a aquisição e análise de dados preexistentes sobre a ocupação e desenvolvimento urbano da cidade de Rio Branco, bem como fisiografia e aspectos sócio-econômicos.

Procedeu-se a partir de então a caracterização da área (capítulo 03).

Paralelamente a esses estudos iniciais foram selecionados e adquiridos os produtos de sensoriamento remoto a serem utilizados no trabalho. A escolha desses produtos foi feita com base em suas características intrínsecas (azimute, ângulo de elevação solar, cobertura de nuvens, etc.) bem como nas características da área de estudo, procurando-se a cena (TM-Landsat) disponível e que melhor atendesse as condições ideais para a análise fisiográfica.

Os produtos do TM-Landsat utilizados foram impressos em papel glossy na escala 1:100.000, e serviram de base para a Compartimentação Fisiográfica da área de estudo, sendo utilizadas também cartas planialtimétricas do PROJETO RADAMBRASIL na escala de 1:250.000, visando a compatibilização dos dados. A revisão bibliográfica permitiu a obtenção de mapas geomorfológico e pedológico, que foram de grande utilidade para o trabalho.

A banda da cena TM-Landsat utilizada foi a banda 5, através da qual foi possível a extração de informações que possibilitaram a compartimentação fisiográfica da área. Para tanto, adotou-se o método da análise lógica dos sistemas de drenagem e relevo. Na interpretação visual também foi utilizada uma composição colorida com as bandas 3, 4 e 5 e as cartas planialtimétricas, folhas SC-19 XC e SC-19 ZA (BRASIL, 1976).

## **4.2. 2ª FASE: COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA**

A compartimentação da área consistiu em identificar na imagem divisões fisiográficas em diferentes níveis hierárquicos de classificação, relacionados às condições morfoambientais da região.

A Compartimentação, segundo a abordagem fisiográfica, foi realizada através de produtos do TM Landsat 7, em escala 1:100.000 em papel. A cena utilizada foi imageada em 05/10/1999, com órbita/ponto 002/67, azimute de 110° e ângulo de elevação solar de 56°. As imagens foram cedidas e gentilmente disponibilizadas para o trabalho através do Laboratório de Geoprocessamento da FUNTAC - Fundação de Tecnologia do Acre.

Para se chegar a compartimentação fisiográfica da área, executou-se um criterioso trabalho de fotointerpretação da imagem, buscando extrair as informações que são importantes para se definir as adequabilidades e as limitações da área frente às várias formas de uso e ocupação, com ênfase à ocupação urbana.

Numa primeira instância, buscou-se identificar na imagem divisões fisiográficas em diferentes níveis hierárquicos, através da análise de elementos texturais e tonais da imagem.

Num segundo momento, foram extraídos da imagem para um "overlay" os elementos texturais de relevo e drenagem os quais foram analisados quanto à sua topia, densidade, forma de encostas e tipo de topo, visando identificar áreas com o mesmo padrão na imagem, o que resultou na determinação de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs). Posteriormente, foi realizada a avaliação de homogeneidade interna dos compartimentos e de similaridade entre os diferentes compartimentos traçados.

Na fase de compartimentação, adotou-se o método da análise lógica dos elementos texturais de drenagem e de relevo, conforme concebido por GUY (1966) e RIVEREAU (1972) e posteriormente adaptado por Soares e Fiori (1976). Sendo que no presente trabalho, o referido método foi adaptado e direcionado à caracterização do meio físico para fins de planejamento, fundamentando-se na premissa de que os diferentes padrões de relevo e de drenagem, mais as variações de seus arranjos, estão associados a uma série de características do meio físico, as quais quando analisadas em conjunto, podem fornecer importantes subsídios para a indicação das adequabilidades e das limitações do terreno frente a um determinado tipo de uso e ocupação.

A **homogeneidade** interna dos compartimentos foi verificada com base na análise qualitativa das propriedades e características texturais de elementos de drenagem e/ou relevo. Estes elementos foram extraídos da imagem em um “overlay”, com os compartimentos já prontos, os quais foram analisados quanto à densidade do elemento de análise, topia, forma de encosta e forma de topo, conforme o descrito na Figura 24. Foram consideradas homogêneas as áreas em que as características dos elementos texturais fossem constantes em toda a área do compartimento. Quando foi verificada heterogeneidade interna nos compartimentos, estes foram redivididos. Para a análise da homogeneidade, foi também considerada a configuração das curvas de nível do compartimento. Alterações na configuração das curvas de nível dentro de um compartimento são também indicadores de heterogeneidades internas, que reforçam a necessidade de subdivisão.

A **similaridade** foi verificada através da comparação das propriedades da forma e a estrutura dos elementos texturais das diversas zonas homogêneas. As áreas que apresentavam propriedades texturais e ou/ estruturais semelhantes foram classificadas sob a mesma denominação.

Para cada característica textural utilizada na avaliação da homogeneidade e da similaridade dos compartimentos, foram estabelecidas classes, de modo a auxiliar na caracterização destes elementos da imagem, ou seja:

- Para a classe densidade que corresponde à quantidade de elementos de análise por área, foram estabelecidas as seguintes divisões:

**Muito alta (MA)** - quando o número de elementos de relevo e/ou drenagem é muito alto, com relação à área do compartimento.

**Alta(A)**- quando o número de elementos de relevo e/ou drenagem é alto, com relação à área do compartimento.

**Média(M)** - quando o número de elementos de relevo e/ou drenagem é médio, com relação à área do compartimento.

**Baixa(B)** - quando o número de elementos de relevo e/ou drenagem é baixo, com relação à área do compartimento.

**Muito Baixa(MB)** - quando o número de elementos de relevo e/ou drenagem é muito baixo, com relação à área do compartimento.

Vale ressaltar que estas comparações são realizadas de forma qualitativa, tomando-se uma área base representativa para cada feição, e que apenas as classes **Baixa** e **Muito Baixa** foram identificadas na área de estudo, como pode ser ilustrado através das imagens da Figura 20.

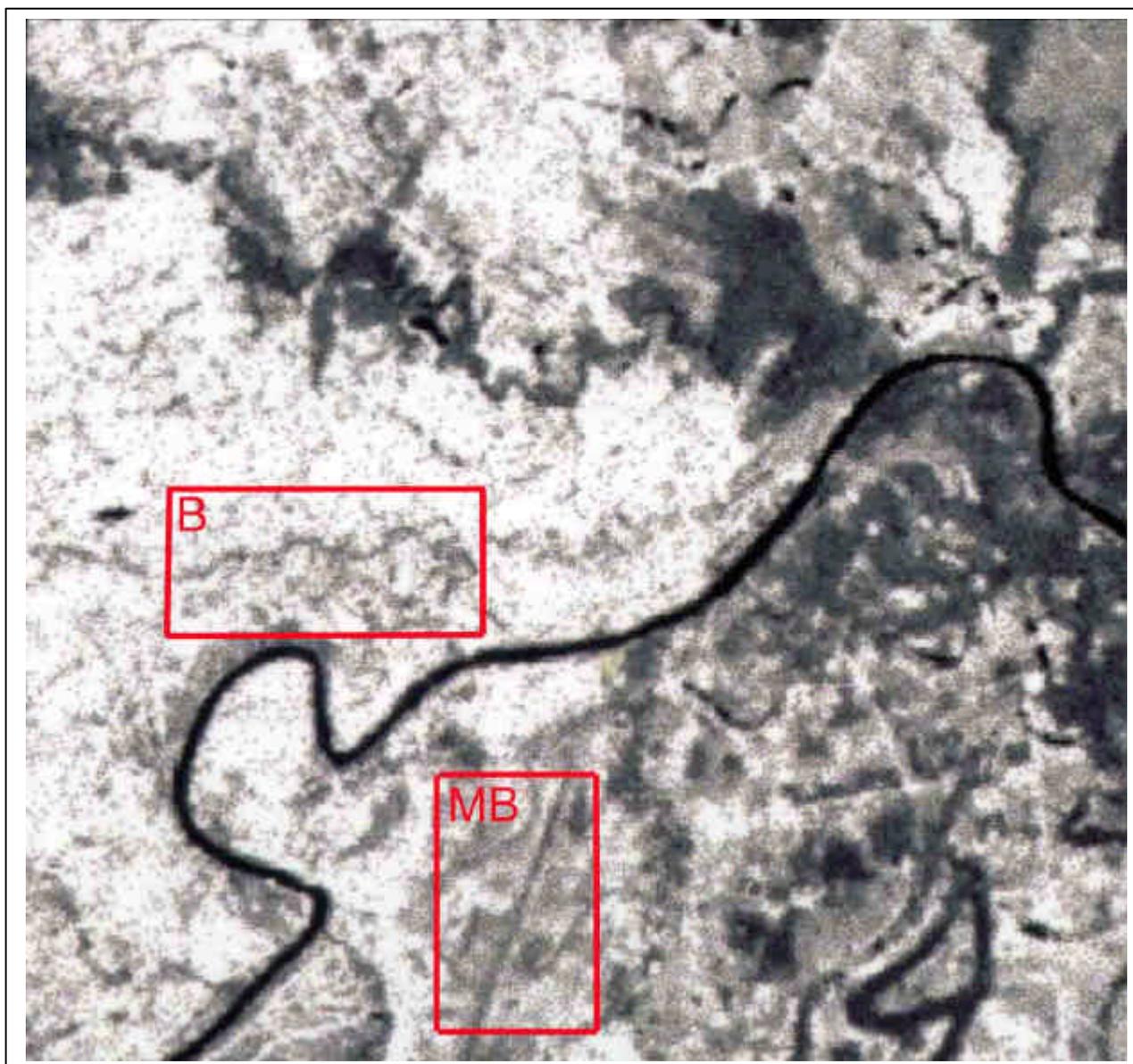


Figura 20 -Imagem mostrando as classes de densidades de elementos texturais: B(baixa); MB(muito baixa).

- Para a classe tropia, que indica a presença ou não de orientações dos elementos de análise, impressas por estruturas geológicas e de como estas estruturas apresentam-se no relevo através de orientações de redes de drenagens ou topos de morros orientados em determinadas orientações, sendo atribuídas as seguintes divisões:

**Não orientado** - quando nenhuma direção preferencial pode ser observada devido muitas vezes à grande quantidade de direções presentes, ou quando o elemento de análise não apresenta uma orientação específica.

**Pouco orientado** - quando os elementos de análise se configuram de tal forma que apresentem uma orientação preferencial de suas formas geométricas, em uma ou duas direções.

**Muito orientado** –quando em toda a área de análise todos os elementos apresentam-se de forma organizada e orientada segundo uma direção preferencial.

Vale salientar que na área de estudo apenas foram identificadas as classes pouco orientado e não orientado, como podem ser visualizado na Figura 21.

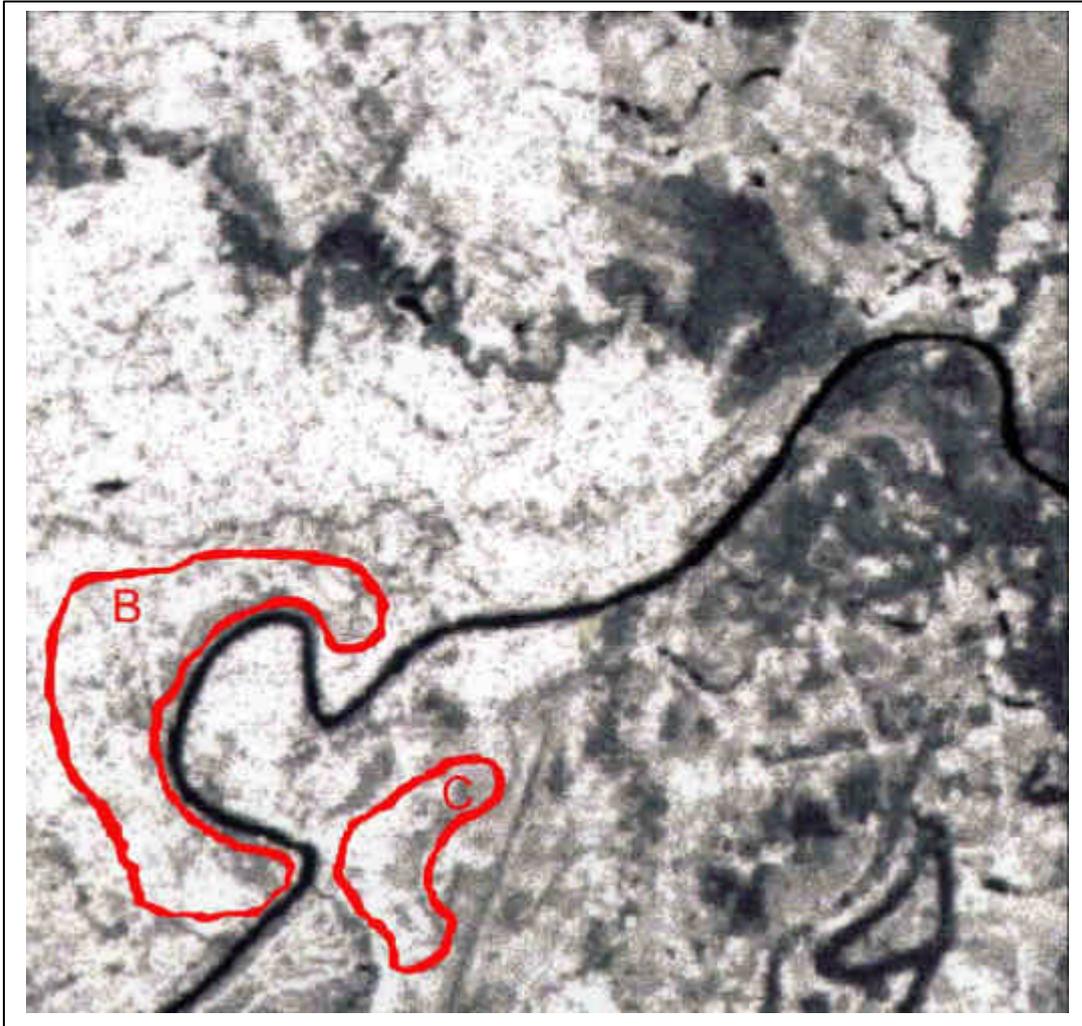


Figura 21-Imagem mostrando exemplos das Classes de Tropa existentes na área de estudo: B(Pouco orientada); C(Não orientada).

- Para a classe tipo de encosta, que foi determinada através da análise da imagem, em conjunto com a identificação do padrão geométrico predominante das curvas de nível na mesma área de representação, na base topográfica em escala de 1:100:000, foram atribuídas as seguintes divisões:

**Convexa (X)** - representada por curvas de nível com padrão convexo, e distância entre curvas grande, revelando relevo amplo, observável também na imagem de satélite.

**Retilínea (R)** - representada por curvas de nível com padrão retilíneo, e distância entre curvas pequena à média, assinalando alta declividade.

**Côncava (V)** – representada por curvas de nível com padrão côncavo, e distância entre curvas variando de grande à média.

**Côncavo-convexa (VX)** –representada por curvas de nível com padrão ora côncavo, ora convexo, de maneira alternada e com amplitudes de formas também variadas, formando uma encosta com o perfil na sua porção superior convexo e na sua porção inferior côncavo.

Vale salientar que na área de estudo foi identificado apenas um tipo de encosta - o côncavo-convexo, podendo o mesmo ser visualizado através do exemplo da imagem da Figura 22.

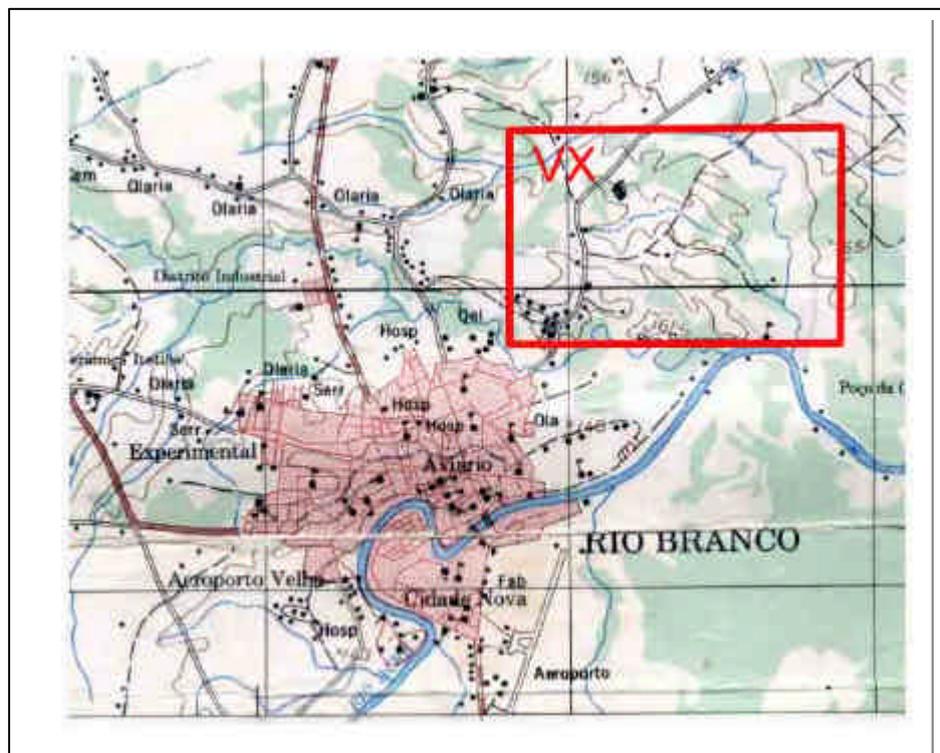
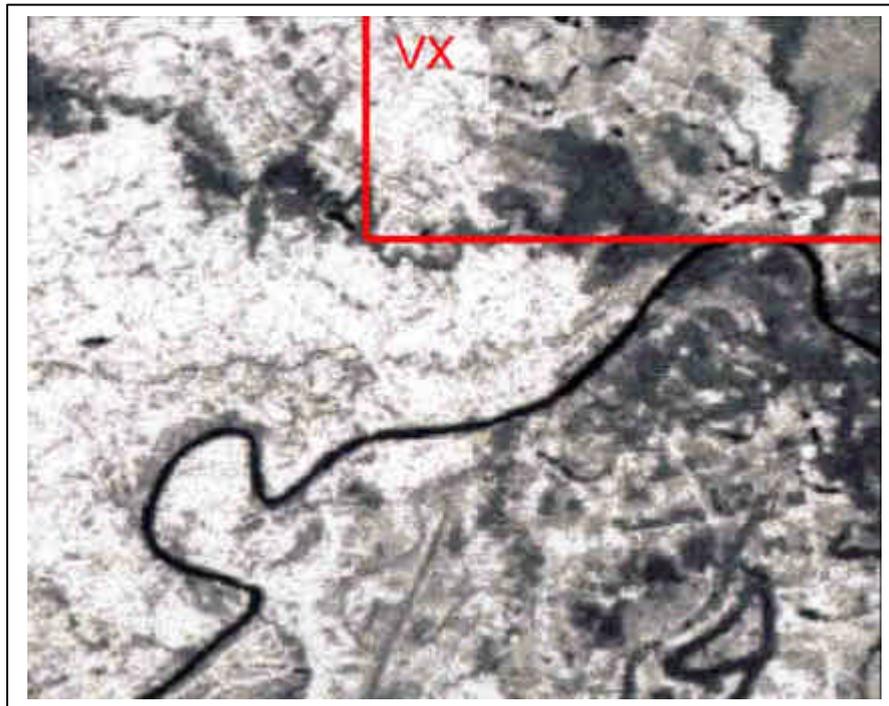


Figura 22 -Forma de encosta existente na área de estudo, visualizada na imagem e na carta de declividades: VX (Côncavas-convexas)

- Para a classe forma de topo leva-se em consideração dois termos. O primeiro é a extensão da forma e o segundo é a geometria da forma. Assim sendo, a classe forma do topo apresenta as seguintes subdivisões:

Quanto à extensão da forma:

**Amplo (A)** –quando o topo apresenta extensão significativa em relação à área de análise, ou quando o topo apresenta uma orientação, revelando uma forma alongada.

**Restrito (R)** – quando o topo não apresenta nenhum tipo de extensão lateral, e sua área é restrita.

Quanto à geometria da forma:

**Convexa (X)** – Topo apresenta perfil suavizado e forma convexa

**Agudo (A)** –Topo apresenta perfil aguçado e forma cônica, com superfície restrita.

Na área de estudo foi identificada apenas a classe Amplo e convexo, conforme pode ser observado na Figura 23.



Figura 23-Imagem mostrando tipo de topo predominante na área de estudo: AX (Ampla e Convexo).

Estas classes foram descritas para cada unidade básica de compartimentação de terreno (UBC's), e mostradas na Figura 24.

A partir das informações adquiridas durante a fotointerpretação, foi efetuado um trabalho de campo objetivando realizar "in loco" a confirmação e/ou ajustes dos limites fotointerpretativos e das características atribuídas as UBCs. A obtenção dos limites foi realizada através de reconhecimento de áreas homogêneas, representadas pelos diferentes arranjos espaciais dos elementos de relevo e drenagem. Foram também reconhecidas as feições estruturais mais importantes, através de lineamentos e alinhamentos, que representassem um limite entre zonas homogêneas diferentes. Posteriormente, foi elaborado o mapa das Unidades Básicas de Compartimentação, sendo as mesmas identificadas por números (1, 2, 3 e 4,) que refletem os seus níveis de compartimentação.

| Unidade Básica de Compartimentação | Elemento de análise | Densidade           | Tropia          | Forma das encostas    | Tipo de Topo    |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| A- Planícies Aluvias               | Drenagem/<br>relevo | Muito baixa         | Não orientada   | Côncavas/<br>Convexas | Amplo e convexo |
| B-Terraços Fluviais                | Drenagem/<br>relevo | Muito baixa         | Não orientada   | Côncavas/<br>Convexas | Amplo e convexo |
| D-Colinas baixas e médias          | Drenagem/<br>relevo | Baixa a muito baixa | Pouco orientada | Côncavas/<br>convexas | Amplo e convexo |
| E- Interflúvios                    | Drenagem/<br>relevo | Baixa a muito baixa | Pouco orientada | Côncavas/<br>convexas | Amplo e convexo |

Figura 24.- Tabela de descrição das características das Unidades Básicas de Compartimentação (UBC) na imagem

#### 4.3.- 3ª FASE: CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS COMPARTIMENTOS

Nesta fase as unidades básicas de compartimentação obtidas na fase anterior, foram caracterizadas em função de cinco propriedades/características geotécnicas.

Os fatores considerados foram a alterabilidade, a permeabilidade, a declividade, o tipo de material do manto de alteração e a espessura do manto de alteração, os quais foram definidos por correlações com propriedades texturais e tonais das imagens e posteriormente referenciados em classes, face à aplicação em expansão urbana, sobre os quais se justifica as considerações a seguir:

- **Permeabilidade** - maior ou menor facilidade que os materiais oferecem à percolação de um fluido em um meio poroso. Este fator é considerado inversamente proporcional a densidade de elementos texturais de drenagem, ou seja, unidades com densidade de drenagem baixa possuem alta permeabilidade e vice-versa.
- **Declividade** - É a inclinação maior ou menor do relevo em relação ao horizonte, ou seja, é a inclinação média das vertentes, estimada pelo espaçamento relativo entre as quebras de relevo positivas e negativas paralelas aos vales principais das UBCs, e considerada inversamente proporcional a esse espaçamento, estabelecendo-se classes. A verificação do fator declividade foi realizada através da análise do espaçamento das curvas de nível, em cartas topográficas na escala de 1:100:000 do IBGE.

- **Tipo de material do manto de alteração** - refere-se à composição físico-química (granulométrica e mineralógica) do manto de alteração, devendo ser analisado pelo exame das formas de encostas, estabelecendo-se classes. A confirmação do fator tipo de material do manto de alteração foi realizado através de ensaios físicos (táteis-visuais) de campo segundo os métodos apresentados na publicação Manual de solos (LEMOS e SANTOS, 1982), estimando-se a plasticidade e a pegajosidade do material de alteração, fato este que permitiu a inferência da composição físico-química predominante na área.
- **Espessura do manto de alteração** - É considerado como valor médio do pacote de alteração dos maciços e estimados pela análise das formas de encosta.
- **Alterabilidade** - maior ou menor suscetibilidade dos materiais componentes das UBCs (rochas e solos) ao intemperismo. Neste item foi utilizado o critério analítico de exame das formas de encostas, pela identificação na imagem dos perfis de encostas típicos, procurando identificar a composição físico-química dos materiais submetidos ao intemperismo e por extensão a sua resistência à alteração.

A caracterização geotécnica foi realizada através de critérios fotointerpretativos utilizados para analisar os cinco fatores geotécnicos, a partir de inferências sobre a variação relativa desses fatores, os quais podem ser observados na tabela da Figura 25.

| Fator de Avaliação Geotécnica          | Categoria do fator         | Propriedade    | Aplicação e significado                                                                                                                                                                                                                               | Forma de obtenção do fator                                                                         |
|----------------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alterabilidade                         | Característica do terreno  | Intemperismo   | Maior ou menor suscetibilidade ao intemperismo e por extensão a sua resistência à alteração                                                                                                                                                           | Inferência a partir da imagem (formas de encostas-perfis típicos)                                  |
| Permeabilidade                         | Propriedades do terreno    | Permeabilidade | Avaliação de potencialidades- Quanto maior a permeabilidade, melhor para a ocupação urbana.                                                                                                                                                           | Inferência a partir da imagem e trabalho de campo.                                                 |
| Declividade                            | Características do terreno | Inclinação     | Avaliação de suscetibilidade                                                                                                                                                                                                                          | Inferência a partir da imagem e análise do espaçamento das curvas de nível em cartas topográficas. |
| Tipo de material do manto de alteração | Características do terreno | Permeabilidade | -Avaliação de suscetibilidade e vulnerabilidade ( quanto maior a permeabilidade, menor a suscetibilidade á inundação e maior vulnerabilidade)Relação com a permeabilidade. Materiais mais argilosos no manto de alteração diminuem sua permeabilidade | Trabalho de campo                                                                                  |
| Espessura do Manto de Alteração        | Características do terreno | Permeabilidade | Avaliação de potencialidades                                                                                                                                                                                                                          | Inferência a partir da imagem (formas de encostas)                                                 |

Figura 25- Tabela dos fatores de avaliação geotécnica relacionados a características ou propriedades do terreno e da textura nas imagens.

- **Da grande carga de sedimentos e assoreamento-** Este fato impossibilita qualquer tipo de ocupação urbana que envolva muita movimentação de terra e exposição de solo à erosão.

- **Da baixa profundidade do lençol freático-** Pelo fato de estarem quase que permanentemente alagadas, favorecem a proliferação de insetos, fungos e bactérias, se transformando em áreas de alta insalubridade, além de tornar quase impossível a adoção nestas áreas do sistema de fossas, uma vez que elas podem sofrer alagamentos que colocarão os detritos em contato direto com a água do subsolo;

- **Da umidade muito alta e do alto poder de corrosão-** As obras de infra-estrutura enterradas como canalizações de esgotos, de águas, etc. certamente sofrerão entupimentos muito frequentes e danificações mais rápidas, sendo, portanto obras deste tipo muito problemáticas;

As áreas destas UBCs que ainda não estão comprometidas por uma urbanização irreversível, e naquelas ainda desocupadas, recomenda-se destiná-las rapidamente a alguma forma de uso adequado às fragilidades do meio físico e levar em conta que para estas áreas existem leis de preservação ambiental que restringem qualquer forma de urbanização, a exemplo da Lei Lehman, como ficou conhecida a lei 6.766/79, que estabelece exigências mínimas de padrões urbanísticos necessários para aprovar a implantação do loteamento urbano: drenagem de águas pluviais, redes de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, etc, além de estabelecer limites para a ocupação do solo urbano, observando cuidados com a preservação do meio ambiente, não permitindo, por exemplo, o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, uma vez que os mesmos apresentam perigo à saúde.

## **CAPÍTULO 05- RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1. SOBRE A COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA**

A área de estudo encontra-se inserida na província denominada de Bacia Sedimentar Amazônica, especificamente na zona da Bacia do Acre, sendo subdividida em duas subzonas distintas denominadas Depressão Rio Acre-Rio Javari e Planalto Rebaixado da Amazônia Sul Ocidental, as quais foram subdivididas em áreas menores associadas as geoformas (Unidades) e determinadas com base na análise das propriedades dos elementos texturais da imagem.

A partir das informações adquiridas durante a fotointerpretação, foram identificadas quatro Unidades Básicas de Compartimentação.

A definição destas Unidades Básicas de Compartimentação foi realizada através do estudo e análise de elementos texturais de imagem, bem como suas respectivas organizações (forma e estruturas). Deve-se observar, entretanto, que em função do domínio litológico predominante em nossa área de estudos ser de sedimentos areno-siltico-argilosos e do domínio morfológico ser de planícies fluviais, as características texturais de lineamentos de relevo e formas de drenagem, por vezes não se refletem de forma muito nítida, sendo necessário que a determinação das características das unidades fosse efetuada com o auxílio de cartas planialtimétricas do PROJETO RADAMBRASIL, na escala de 1:250:000, associadas a controle de campo para compatibilização dos dados. Na interpretação visual também foi utilizada uma composição colorida com as bandas 3, 4 e 5.

O trabalho de Campo realizado nesta etapa teve como finalidade a checagem da fotointerpretação efetuada, bem como a observação “in locu” das Unidades Básicas de Compartimentação, verificando-se os limites estabelecidos e a presença ou não das características morfoambientais e

genéticas determinantes, que justificassem ou não uma redivisão. Vale ressaltar que foram verificadas áreas correspondentes a cada UBC.

## **5.2.-SOBRE A CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA**

Para se fazer uma avaliação das propriedades do terreno e das características dos elementos que o compõem, geralmente são utilizados métodos de levantamento de perfis de alteração característicos e específicos para cada UBC, considerando que estes perfis agrupam um conjunto de dados que traduzem de maneira significativa as características geotécnicas de determinada área homogênea fotointerpretada. A estes perfis são adicionados dados sobre a observação direta do relevo local, que levem a um melhor entendimento da natureza geotécnica das UBCs.

Considerando a falta de perfis de alteração característicos das UBCs que compõem a área de estudo, a análise das características geotécnicas foi realizada a partir das propriedades texturais da imagem utilizada para a Compartimentação Fisiográfica, fazendo-se correlações entre as propriedades ou características do terreno com a textura da imagem. Somado a isto, foram efetuadas consultas bibliográficas, que muito auxiliaram na determinação das características dos terrenos.

Vale salientar que no presente trabalho a inferência a partir das características da imagem foi de grande importância para se obter as propriedades geotécnicas.

Cada UBC foi caracterizada quanto a cinco propriedades geotécnicas, inferidas através das características dos terrenos, resultando na Figura 26.

| PROPRIEDADES<br>GEOTÉCNICAS               | UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO |             |                          |                          |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|
|                                           | UBC 1                                | UBC 2       | UBC 3                    | UBC 4                    |
| Alterabilidade                            | Média                                | Média       | Alta                     | Alta                     |
| Permeabilidade                            | MUITO ALTA                           | MUITO ALTA  | ALTA A MUITO<br>ALTA     | ALTA A MUITO<br>ALTA,    |
| Declividade                               | Muito baixa                          | Muito baixa | Baixa                    | Baixa                    |
| Tipo de material do<br>manto de alteração | Arenoso                              | Arenoso     | Argilo-arenosos          | Argilo-arenosos          |
| Espessura do<br>manto de alteração        | Delgado                              | Delgado     | Moderadamente<br>espesso | Moderadamente<br>espesso |

Figura 26 - Caracterização das UBCs segundo os fatores geotécnicos de análise utilizados para avaliação de potencialidade do terreno para a expansão urbana.

### **5.3.- ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO**

#### **5.3.1. UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO 1 E 2**

As Unidades Básicas de Compartimentação 1 e 2 encontram-se inseridas na subzona da Depressão Rio Acre-Rio Javari e se caracterizam como áreas de declividades muito baixas sujeita a inundações periódicas e comportando meandros abandonados.

Sabe-se que em função das condições topográficas, as planícies aluviais são os terrenos mais visados pelos loteamentos clandestinos, geralmente formados por uma população de baixa renda, gerando com isto uma série de problemas que evidenciam a inadequabilidade dessas áreas à ocupação urbana.

Na formulação de planos diretores e projetos urbanos, é necessário que os planejadores considerem as características do meio físico destas áreas, conforme pode ser observado na Figura 27, considerando que as mesmas apresentam fragilidade alta para a ocupação urbana em função:

- Da declividade muito baixa e da baixa drenabilidade –Isto faz com que estas áreas estejam sujeitas a sofrer enchentes muito freqüentes e de longa duração bem como se constituem em áreas de descarga de aquífero sendo, portanto extremamente vulneráveis a qualquer poluente gerado pela ocupação urbana;

- Da presença de sedimentos pouco consolidados, de solos gleizados e ricos em matéria orgânica - Qualquer tipo de edificação nessas áreas estará sujeita a sofrer trincamentos e desestabilização;

- Da grande carga de sedimentos e assoreamento- Este fato impossibilita qualquer tipo de ocupação urbana que envolva muita movimentação de terra e exposição de solo à erosão.

- Da baixa profundidade do lençol freático- Pelo fato de estarem quase que permanentemente alagadas, favorecem a proliferação de insetos, fungos e bactérias, se transformando em áreas de alta insalubridade, além de tornar quase impossível a adoção nestas áreas do sistema de fossas, uma vez que elas podem sofrer alagamentos que colocarão os detritos em contato direto com a água do subsolo;

- Da umidade muito alta e do alto poder de corrosão- As obras de infra-estrutura enterradas como canalizações de esgotos, de águas, etc. certamente sofrerão entupimentos muito freqüentes e danificações mais rápidas, sendo, portanto obras deste tipo muito problemáticas;

As áreas destas UBCs que ainda não estão comprometidas por uma urbanização irreversível, e naquelas ainda desocupadas, recomenda-se destiná-las rapidamente a alguma forma de uso adequado às fragilidades do meio físico e levar em conta que para estas áreas existem leis de preservação ambiental que restringem qualquer forma de urbanização, a exemplo da Lei Lehman, como ficou conhecida a lei 6.766/79, que estabelece exigências mínimas de padrões urbanísticos necessários para aprovar a implantação do loteamento urbano: drenagem de águas pluviais, redes de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, etc, além de estabelecer limites para a ocupação do solo urbano, observando cuidados com a preservação do meio ambiente, não permitindo, por exemplo, o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, uma vez que os mesmos apresentam perigo à saúde.

|                      |                         |                                                                                                                                               |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Relevo               | Tipo                    | Planícies fluviais e terraços fluviais médios e baixos                                                                                        |
|                      | Dissecação              | Quase nula - relevo com índice de dissecação muito fraca à mediana, predominando a formação agradacional.                                     |
|                      | Densidade de relevo     | Quase nula-ocorrem apenas pequenos terraços um pouco mais elevados do que a calha dos rios.                                                   |
|                      | Desnível altimétrico    | Muito baixo a praticamente nulo                                                                                                               |
| Rocha                | Origem                  | Sedimentar detrítica                                                                                                                          |
|                      | Constituição Litológica | Está composta principalmente de arenitos, arenitos argilosos e siltosos, argilas e conglomerados associados.                                  |
|                      | Grau de intemperismo    | Nulo a muito baixo                                                                                                                            |
|                      | Permeabilidade          | Alta - devido à predominância de sedimentos arenosos e conglomerados pouco consolidados, solos pouco compactados e ricos em matéria orgânica. |
|                      | Dureza                  | Muito baixa - sedimentos facilmente escavados com ferramentas e maquinários de cortes.                                                        |
|                      | Coesão                  | Baixa - sedimentos pouco consolidados.                                                                                                        |
| Formação superficial | Tipo e origem           | Solos aluviais, formados a partir de sedimentos depositados pelas enchentes dos rios.                                                         |
|                      | Tipo de solo            | Solos hidromórficos, rasos, assentados diretamente sobre estratos sedimentares.                                                               |
|                      | Composição              | Muito variada, pois recebe material de alteração de diversos tipos litológicos, e também muito rica em matéria orgânica.                      |
|                      | Textura                 | Arenosa e Argilo-arenosa                                                                                                                      |

|          |                                         |                                                                                                               |
|----------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | Consistência                            | Baixa - facilmente escavados com ferramentas e maquinários de corte.                                          |
|          | Permeabilidade                          | Alta - devido à heterogeneidade composicional, à presença de restos vegetais e ao baixo grau de consolidação. |
|          | Adesividade                             | Moderada - devido à presença de argilas e de matéria orgânica.                                                |
|          | Plasticidade                            | Moderada - devido à proporção de argilas.                                                                     |
| Drenagem | Escoamento dos rios                     | Lento a moderado                                                                                              |
|          | Transporte de sedimentos                | Baixo a moderado                                                                                              |
|          | Regime                                  | Permanente                                                                                                    |
|          | Formas dos vales                        | Muito aberto e assimétricos                                                                                   |
|          | Controle estrutural                     | Praticamente nulo                                                                                             |
|          | Entalhamento                            | Baixo- rios em franco processo de assoreamento                                                                |
|          | Provável profundidade do nível freático | Muito baixa a aflorante                                                                                       |

Figura 27- Características do meio Físico das Unidades Básicas de Compartimentação 1 e 2.

### **5.3.2 - UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO 3 E 4**

Como Unidades Básicas de Compartimentação 3 e 4 foram distinguidas as áreas de relevo suavizado ( colinas e interflúvios tabulares) sustentado por rochas sedimentares da bacia do Acre.

Esta Unidade Básica de Compartimentação encontra-se inserida no Planalto rebaixado da Amazônia Sul- Ocidental e na Depressão Rio Acre- Rio Javari.

Embora tenham sido observados poucos problemas relacionados ao processo de urbanização sobre os terrenos destas Unidades, é necessário destacar que em muitos locais ocorrem intensos processos erosivos devido à exposição dos sedimentos argilosos e dos solos, por decapeamento da vegetação, em virtude das obras de terraplanagem para loteamentos sem o emprego de medidas mitigadoras, bem como desestabilização em cortes que expõem a transição solo/rocha e as camadas que contém argilas expansivas.

Na formulação de planos diretores e projetos urbanos, é necessário que os planejadores considerem as características do meio físico destas áreas, conforme pode ser observado na Figura 28, pois embora os terrenos diferenciados nestas Unidades sejam considerados como de fragilidade moderada para a ocupação urbana, são necessárias as seguintes considerações:

Por serem áreas com muito material detrítico disponível à remoção, e principalmente, porque são constituídas predominantemente de solos coluvionares, existe a possibilidade de ocorrerem pequenas movimentações de massas por rastejo;

Pelo fato dos sedimentos serem pouco consolidados e apresentarem argilas expansivas, deve-se considerar que estes terrenos apresentam comportamento mecânico muito diferenciado de local para local, devendo-se prever problemas como desestabilizações de fundações, subsidências e rachaduras nas construções devido à posterior compactação dos sedimentos, desestabilizações de cortes e aterros e intensos processos erosivos em obras de terraplanagem, em consequência da alternância do fenômeno da expansividade e da contração periódica das argilas.

Recomenda-se que se deve privilegiar o adensamento urbano nas áreas destas Unidades, tomando-se alguns cuidados como:

- Preservar ao máximo as vegetações ribeirinhas porque as mesmas exercem um papel de extrema importância no controle do carreamento dos sedimentos para os rios;

- Evitar a instalação de processos erosivos, proibindo a execução de atividades como terraplanagem, escavações e construção de aterros durante os períodos chuvosos e exigir a inclusão de medidas mitigadoras nos projetos que envolvam o decapeamento do solo superficial e a retirada da vegetação.

|                      |                         |                                                                                        |
|----------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Relevo               | Tipo                    | Colinas baixas e médias e interflúvios                                                 |
|                      | Dissecação              | Avançada a moderada                                                                    |
|                      | Densidade de relevo     | Muito baixa a baixa                                                                    |
|                      | Desnível altimétrico    | Entre 10 e 20m                                                                         |
| Rocha                | Origem                  | Sedimentar detrítica                                                                   |
|                      | Constituição Litológica | Predominância de sedimentos argilosos e siltosos e conglomerados.                      |
|                      | Grau de intemperismo    | Bastante variável de local para local.                                                 |
|                      | Permeabilidade          | Alta                                                                                   |
|                      | Dureza                  | Baixa-sedimentos ainda pouco consolidados                                              |
|                      | Coesão                  | Baixa-facilmente desmontados com ferramentas e maquinários de corte.                   |
| Formação Superficial | Tipo e origem           | Solos residuais                                                                        |
|                      | Tipo de solo            | Solos argilosos predominantemente.                                                     |
|                      | Composição              | Muito variada.                                                                         |
|                      | Textura                 | Argilo-arenosa e argilo-siltosa                                                        |
|                      | Consistência            | Baixa-facilmente escavados com ferramentas e maquinários de corte.                     |
|                      | Permeabilidade          | Alta                                                                                   |
|                      | Adesividade             | Alta-principalmente quando molhados, em função da natureza predominantemente argilosa. |

|          |                                         |                                                        |
|----------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|          | Plasticidade                            | Alta a moderada                                        |
| Drenagem | Escoamento dos rios                     | Lento a moderado                                       |
|          | Transporte de sedimentos                | Baixo a moderado                                       |
|          | Regime                                  | Permanente com relação aos principais rios e igarapés. |
|          | Formas dos vales                        | Muito abertos e assimétricos                           |
|          | Controle estrutural                     | Praticamente nulo                                      |
|          | Entalhamento                            | Baixo-rios em assoreamento                             |
|          | Provável profundidade do nível freático | Baixa                                                  |

Figura.28- Características do meio físico das Unidades Básicas de Compartimentação 3 e 4

## Unidades Básicas de Compartimentação do meio físico da área de estudo

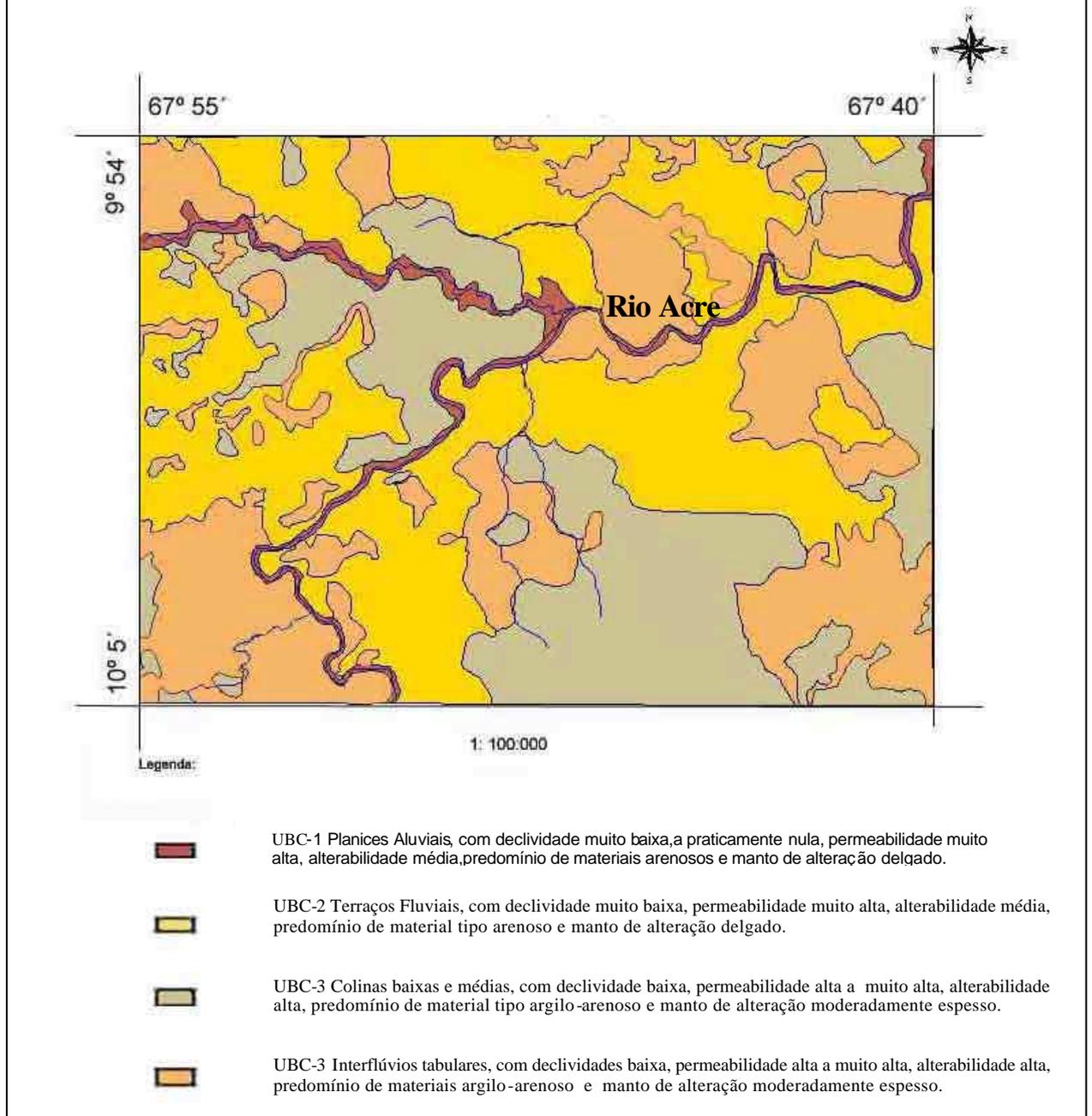


Figura 29-Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação da Área de Estudo.



Figura 30 e 31 - Ocupação em área marginais do Rio Acre - Área urbana do Município de Rio Branco/AC. Paisagem típica de UBC 1



Figura 32 – Paisagem típica da UBC 2- Terraços Fluviais, rua com movimentação de massa.



Figura 33 – Rua situada em área da UBC 3- Colinas – apresentando problemas de expansividade e contração de argila.



Figura 34 – Paisagem típica da UBC 4- Interflúvios Tabulares com retirada de vegetação e decapeamento de solos para construção imobiliária.

#### 5.4.- Considerações finais

Dentro do contexto geral do presente trabalho, de se obter um zoneamento geotécnico de uso geral através de sensoriamento remoto, o procedimento metodológico de compartimentação do terreno a partir de unidades homogêneas mostra-se eficiente, desde que seja elaborado com a utilização integrada de mapas topográficos para este fim.

Destaca-se que, possivelmente em função das características litológicas da região, onde os processos de sedimentação predominam sobre os de dissecação, a separação das Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's), com base na análise dos elementos texturais de relevo e drenagem foi dificultada em função da ausência de dados em escalas maiores e mais atuais da área de estudo.

Para aplicação deste procedimento, visando estudos de planejamento urbano, a escala da imagem utilizada, ou seja 1:100.000 não se apresentou adequada, sugerindo-se a utilização de imagens na escala de 1: 25:000.

Como complementação do estudo realizado, sugere-se a realização de novos estudos, com produtos de melhor resolução e com maior detalhamento sobre cada fase do procedimento adotado, de modo a possibilitar um maior aprofundamento dos critérios de avaliação geotécnica.

Quanto à caracterização geotécnica, aconselha-se incluir a tonalidade como uma propriedade a ser discutida.

Respeitadas as considerações apresentadas, pode-se concluir que esta metodologia de pesquisa, baseada na compartimentação fisiográfica por meio de UBC's, mostra-se adequada para a obtenção de um zoneamento geotécnico que tenha por finalidade subsidiar decisões sobre planejamentos regionais, além de permitir que investigações específicas

sejam realizadas através de equipes multidisciplinares, visando à implementação da mais adequada forma de uso ou ocupação para determinadas áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERSON, V.; FISH, G. An evaluation of landscape units. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.46, n.1-4, p 347-358, 1980.

ACRE (Estado). Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento ecológico-econômico**: recursos naturais e meio ambiente - documento final. Rio Branco, 2000. v.1, 116f.

ACRE (Estado). Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. **Dados úteis**. Rio Branco, 1999.

AGUIAR, R.L. **Mapeamento Geotécnico da Área de Expansão Urbana de São Carlos, SP**: Contribuição ao Planejamento. 1989. 2v. Dissertação de mestrado - Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

ALMEIDA, F.F.M. de et al. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMP. GEOL. NORDESTE. Campina Grande. 1977. p.363-391. Versão em inglês em Earth Sci. Ver. 17: 1-29, 1981.

ALMEIDA, F. G. de. A drenagem festonada e seu significado fotogeológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28.,1974, Porto Alegre. **Resumo das Comunicações**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974. p. 274-276. (Boletim I).

ANDERSON, P. S. - **Fundamentos para Fotointerpretação**. Rio de Janeiro: SBC, 1982. 136 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Novo Estatuto da IAEG. **Jornal da ABGE**, n 54 (abr-jun): 8, 1990.

ATLAS Educativo do Acre. Rio Branco: Secretaria de Educação e Cultura, Fundação de tecnologia do Estado do Acre, 1990.

ATLAS Geográfico Ambiental do Acre. Rio Branco: Secretaria de Meio Ambiente do Acre, IMAC, 1991.

BEAUMONT, T.E. Investigation in ground engineering- remote sensing imagery. In: BELL, F.G. (Ed.). **Ground Engineer's Reference Book**. London: Butterworths, 1987. cap. 20, p. 1-12.

BERTRAND, G. Ecologie de l'espace géographique. Recherches pour une science du paysage. Société de Biogéographie, transcripción sesión del 19 de diciembre de 1969, p. 195-205, 1970.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL** - Levantamento de Recursos naturais. Folhas SC. 19- Rio Branco: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1976. v.12, 464 p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL** - Levantamento de recursos naturais. Folhas SC. 18 Javari/Contamana: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1977. v.13, 420 p.

BOTERO, P. J. **Fisiografía y estudio de suelos**. Bogotá: Centro Interamericano de Fotointerpretation ( C.I.A.F.) BOGOTÁ. 1978. (Série 1. Docencia)

BOURNE, R. Regional Survey. **Oxford Forestry Memoirs**, v. 13, p. 7-62, 1931.

BUENO, C.S.C. et al. **Estudo geomórfico e Análise Ambiental do Sítio Urbano de Rio Branco e seus Arredores**. 1985. 62 f .Trabalho Final (Curso de Especialização em Aerofotogrametria Aplicada Aos Estudos Ambientais) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 1985.

BUENO, C.S.C. **Avaliação do Crescimento da Área Urbana da Cidade de Rio Branco-Ac através de Fotointerpretação**. 1989. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1989.

CAPUTO, M. V. **Relatório Preliminar de Exploração da Bacia do Acre**. Belém: PETROBRÁS-RENOR, 1973. 2p. (Relatório Técnico Interno, 680-A).

CUNHA, F. M. B. de. **Análise Morfotectônica da Bacia do Acre (Relatório de Progresso)**. Belém: PETROBRÁS, 1972. 6 p. (Relatório Técnico Interno, 659-A).

CUNHA, F. M. B. de. Controle tectônico-Estrutural na Bacia Hidrográfica do Alto Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. p.2267-2277.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412 p.

FOLK, R. L. ; WARD, W. C. Brazos river bar. A study in the significance of grain size parametrs. **Journal of Sed Petrol.**, v.27, p.3-27, 1957.

FERES, R. Caracterização geotécnica de uma bacia hidrográfica urbana (Rio Branco-AC) com ênfase nos processos de ocupação fundos de vale. 1998. 210f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998.

FIORI, A. P. ; SOARES, P. C. Interpretação de fotografias aéreas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.16, n.32, p.71-104, 1976.

GAMA, J. R. N. F. **Caracterização e formação dos solos com argila de atividade alta do Estado do Acre.** 1986. 150f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1986.

GAMA, J. R. N. F. et al. Influência de material vulcânico em alguns solos do Estado do Acre. **Rev. Bras. Ciências do Solo**, Campinas, v.16, p.103-106, 1992.

GOOSEN, D. Interpretacion de fotos aereas y su importancia em levantamiento de suelos. Boletim sobre suelos .1968.

GRECCHI, R.C. **Zoneamento Geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento.** 1998. 132f. - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

GUERRA, A. T. Alguns Aspectos Geográficos da Cidade de Rio Branco e do Núcleo Colonial Seringal Empresa. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Coletânea de Textos Geográficos de Antonio Teixeira Guerra**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p.227-270.

GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 7.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1987. 446 p.

GUY, M. Quelques principes et quelques expériences sur la methodologie de la photo-interpretation. Acte du Symposium International de Photo-Interpretation, Vol. 1, p. 21-41, Paris, 1966.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil**: Região Norte. Rio de Janeiro, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico- Acre**- 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 1996 e 2000. Rio de Janeiro.

IAEG. International Association of engineering geology. Reports of two working groups. Bulletin da IAEG, 6., 1970.

KERTZMAN, F.F.; DINIZ, N.C. **As Abordagens de Solos Utilizadas na Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. ABGE, IPT, 1995. (Série Meio Ambiente). Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente.

LATRUBESSE, E. **El Neogeno de Amazônia Sudoccidental**. 1992. 214f. Tese (Doutorado em Ciências Geológicas) - Universidade Nacional de San Luis, San Luis, 1992.

LIMA, M. S. B. **Movimentos de massa nos barrancos do Rio Acre e implicações sócio-econômicas na área urbana de Rio Branco/Acre.** 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

LEINZ, V. ; LEONARDOS, O.H. **Glossário geológico.** São Paulo: Nacional, EDUSP, 1970.

LEMOS, R.C.de; SANTOS, R.D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** Campinas: SBCS, SNLCS, 1982.

LOCH, C. **Noções básicas para a interpretação de imagens aéreas, bem como algumas de suas aplicações nos campos profissionais.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1989.

LOLLO, J.A. **O Uso da Técnica de Avaliação de Terreno no Processo de Elaboração do Mapeamento Geotécnico: Sistematização e Aplicação na Quadricula de Campinas.** 1995. 2v. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MAGALHÃES, J. P. **A Ocupação Desordenada da Amazônia.** Brasília: Gráfica e Editora Completa, 1990.

MATTOS, J.T. de; JIMENEZ, J.R.R. A serra do mar e seus estágios intempéricos avaliados por dados geopedoquímicos e de Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, 5., 1991, Cuzco. 1991.

MERGARD, F. Structure and Evolution of the Peruvian Andes in The Anatomy of Mountain Ranges. In: SOHAER, J. P.; RODGER, J. (Ed.). Princeton: Princeton University Press, 1987. p.179-210.

MESQUITA, M. G. G. C. Rio Branco, Cruzeiro do Sul e a implantação de Rodovias. In: **A Organização do Espaço na Faixa da Transamazônica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. v. 2, p.159-188.

MITCHELL, C.W. **Terrain evaluation**. London: Longman , 1973.

MIÚRA, K. Possibilidades Petrolíferas da Bacia do Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., 1972, Belém. **Anais** Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1972. v.3, p.15-20.

MORAIS, M. J. Rio Branco-AC, uma cidade de fronteira: O processo de Urbanização e o mercado de trabalho, a partir dos Planos Governamentais dos militares aos dias atuais. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

MOREIRA, E. **Amazônia**: o conceito e a paisagem. Belém: CNP-INPA, 1958. 74f.

NASCIMENTO, J. A. do. **Aspectos Geomórficos Naturais e a Questão Ambiental da Bacia de Drenagem do Rio Acre, Amazônia, Brasil**. 1995. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

OCOLA, L. Earthquake Activity of Peru. In: STEINHART.; SMITH, T.S. (Ed.). **The Earth Beneath the Continents**. American Geophysical Union Geophysical, 1966. p.509-528. (Monographs, 10).

OLIVEIRA, L. A. P. de. **O Sertanejo, o Brabo e o Posseiro**: os cem anos de andanças da população acreana. 1982. 101f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

OLIVEIRA, L. A. P. de. **O Sertanejo, o Brabo e o Posseiro**: os cem anos de andanças da população acreana. Rio Branco: SEPLAN, 1985.

OLIVEIRA, W.J. **Estudo dos aspectos geológicos da região Sudeste do estado de Rondônia através do emprego de uma nova abordagem metodológica usando dados de satélite**. 1989. (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos, 1989.

OLIVEIRA, W.J.; MATTOS, J.T.de; JIMENEZ, J. R.R. Contribuição para o mapeamento geológico da região Sudeste do estado de Rondônia através de uma sistemática de estudos usando dados de satélite. In: SIMP. LATINOAMERICANO DE PERCEPC. REMOTA, 4., 1989, Bariloche. **Anais Bariloche**: SELPER, 1989. t.2, p.543-552.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: T. A. Queiróz, 1983. 631 p. (Biblioteca de Ciências Naturais, v. 9).

RANCY, C.M.D. **Raízes do Acre 1870-1912**. Rio Branco: M.M. Paim, 1992. 160p.

RANCY, A. **Pleistocene Mammals and Paleocology of the Western Amazon**. 1991. 151f. Tese (Doutorado em Filosofia) - University of Flórida, Flórida, 1991.

REGO, L. F. de M. **Notas sobre a geologia do Território do Acre e da Bacia do Javari**. Manaus: IMP. C. Cavalcanti, 1930. 45 p.

RIBEIRO, S. A. O. **Vida e Morte no Amazonas**. Itacoatiara: Loyola, 1991.

RIEDEL, P. S.; MATTOS, J.T. de; JIMENEZ, J. R. R. Uso de sensoriamento remoto no estudo das formações superficiais visando o desenvolvimento econômico integrado - caso exemplo: regiões de Rio Claro, SP. In: ENCONTRO NAC. DE SENSOR. REMOTO APLIC. AO PLAN. MUNICIPAIS, 1987, Campos do Jordão. 1987.

RIEDEL, P.S. **Estudo das coberturas de alteração de parte do Centro leste paulista através de dados de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 1988. (INPE-4849-TDL/364).

RIVERAU, J.C. Notas de aula do curso de fotointerpretação. Soc. Intern. Cult. Esc. Geol. (Ouro Preto) em XI Semana de Estudos, 1972.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 2.ed. São Paulo: Contexto, 1990.

SANTOS, A. R. Afinal o que é Geologia de Engenharia? **Jornal da ABGE**, 51, p. 4, 1989.

SILVA, M. S. **Geomorfologia e Quaternário da Faixa Fluvial do Rio Acre**. Rio Branco: UFAC, CNPq, 1995. Relatório de Iniciação Científica.

SIOLI, H. **Amazônia**: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. 3.ed. Petrópolis: Vozes, 1991. 72p.

SOARES, P.C.; FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**. n.32, p.71-104, 1976.

THEODOROVICZ, A. (Coord.). **Projeto Curitiba. Informações básicas sobre o meio físico**: subsídios para o planejamento territorial: Folha Curitiba - 1:100.000. Curitiba: CPRM, 1994. 109p.

THOMAS, A. Refléxion sur la cartographie géotechnique Proceedings. In: INT. CONG. ENG. GEOL., número, 1970, Paris. 1970.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in climatology**, New Jersey, v.1, n. 8, p.1 -104, 1955.

UNSTED, J. F. A System of Regional Geography . **Geography**, n.18, p. 185-187, 1933.

VEDOVELLO, R. **Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio-físico - aplicação em expansão urbana**. 1993. 90p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos, 1993.

VEDOVELLO, R. ; MATTOS, J. T. de. Verificação de parâmetros e propriedades morfoambientais, em imagens de satélite, para estudos de planejamento de áreas litorâneas. In: SIMP. BRAS. DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., 1990, Manaus. São José dos Campos: INPE, 1990. p.671-675.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação- UBCs.** 2000. 154f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia.** São José dos Campos: INPE, 1982.

ZAINE, J.E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do Município de Rio Claro (SP).** 2000. 149f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

ZUQUETTE, L. V. **Análise crítica da cartografia geotécnicas e proposta metodológica para condições brasileiras.** 1987. Dissertação (Mestrado em Eng. Civil) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico.** 1993. ?f. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

ZUQUETTE, L.V.; NAKAZAWA, V.A. Cartas de Geologia de Engenharia. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Coord). **Geologia de Engenharia.** ABGE, 1998. p.283-300.