

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
“GEOGRAFIA E ANÁLISE AMBIENTAL”**

**SUELI GENTIL VASCONCELOS**

**GEOMORFOLOGIA E URBANIZAÇÃO NO VALE DO AÇO  
AS PLANÍCIES E A CIDADE DE IPATINGA  
- MINAS GERAIS -**

**Dissertação de Mestrado**

**Orientador: Prof. Dr. Allaoua Saadi**

**Março de 2002**

**Sueli Gentil Vasconcelos**

**GEOMORFOLOGIA E URBANIZAÇÃO NO VALE DO AÇO  
AS PLANÍCIES E A CIDADE DE IPATINGA  
- MINAS GERAIS -**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Área de concentração: Geografia e Análise Ambiental**

**Orientador: Prof. Dr. Allaoua Saadi**

**Belo Horizonte  
Departamento de Geografia da UFMG  
2002**

## AGRADECIMENTOS

Muitos foram as pessoas que, de várias formas, foram envolvidas neste trabalho, mas não tenho dúvidas de que algumas delas foram de fundamental importância para que ele se concretizasse.

Ao Prof. Dr. Allaoua Saadi não encontrei palavras que pudessem expressar meu agradecimento pela atenção, pela orientação, pelo apoio nos momentos mais difíceis. Sem a sua presença este trabalho não teria sido concluído.

Meus pais e irmãos, que mesmo distantes, tenho a plena certeza de que sempre acreditaram em mim. Em especial a Susy, minha grande amiga, que muitas vezes esqueceu os seus problemas, para ouvir os meus.

Ao meu Vô Dico, que partiu cedo demais e a saudade se recusa a passar.

A minha amiga Maria Francisca Araújo Gomes, a Fran, companheira no projeto que une nossas duas dissertações e nos trabalhos de campo, sempre com uma alegria radiante e uma solidariedade a toda prova sempre.

Ao amigo Marcelino Santos Moraes, pela ajuda financeira em momento oportuno.

Aos meus colegas de trabalho e alunos do Colégio Dom Bosco- Timóteo/MG pelo estímulo sempre expressado. Principalmente ao Professor-Diretor Valtair José Calixto, que às vezes, com o olhar, me dizia uma palavra de amizade e à amiga Imaculada das Graças Lourenço, que sorria mesmo quando tudo parecia ruim.

A todos aqueles que silenciosamente torceram por mim.

À Usiminas, representada por algumas pessoas muito queridas, que compõem a Gerência de Meio Ambiente e Urbanismo-PGM da empresa: o Sr. João Eustáquio Wanderley Costa, que mesmo com um pouco de desconfiança inicial, me recebeu com carinho e disponibilizou-me um importante acervo do histórico de Ipatinga. Ao Luiz Roberto de Assis Sobreira, que só muito tempo depois descobri o quanto sério e apaixonado é pelo que faz (através de seu empenho tive acesso às sondagens à percussão de toda a área de Usiminas). Ao Danilo Ruback Cascardo que, sempre alegre e receptivo, foi um dos meus contatos iniciais e, através de quem fotografias, projetos urbanísticos, mapas foram a mim encaminhados. Ao Edson Batista Mazzoco, José Maria Gonçalves, Raimundo Moreira Filho, Grace Fátima Miranda Mitkiewicz, Luiz Cobuci Pinto, Vicente de Paulo Costa Val Filho, por terem se esforçado em ter-me ao lado, durante 15 dias do mês de julho de 2000, sempre com um sorriso. À secretária Márcia Martins Farias, sempre atenciosa. A todos do Arquivo Técnico, sem exceção, muitíssimo obrigada.

À Prefeitura Municipal de Ipatinga através do Departamento de Geoprocessamento, representado pela pessoa de seu Diretor Sr. Osmar Pinheiro de

V331g  
2002

Vasconcelos, Sueli Gentil

Geomorfologia e urbanização no Vale do  
Aço: as planícies e a cidade de Ipatinga – Minas  
Gerais. – Belo Horizonte: UFMG/IGC, 2002.  
108 p.: 30 figuras, 4 tabelas, 26 fotografias.

Orientador: Allaoua Saadi

Dissertação (mestrado) UFMG. IGC.  
Departamento de Geografia.

1.Geomorfologia urbana 2.Enchentes urbanas  
I.Saadi, Allaoua, orient. II.Título

CDU: 551.4(815.1)

Araújo, que, muitas das vezes, cansei pela insistência permanente, conseguindo, no entanto, dados e informações preciosas. Ao Secretário de Obras, Sr. José Maria Ferreira, que anda eternamente ocupado, mas ainda assim facilitou-me o acesso às sondagens à percussão de vários bairros de Ipatinga e de importantes cursos d'água interiores. E ao Chefe do Gabinete da Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente, Sr. Eri Pimenta da Penha, pelas longas conversas sobre os problemas sócio-ambientais que ocorrem em Ipatinga e as soluções já colocadas em prática pela Prefeitura Municipal.

Ao Diário do Aço pelas fotos disponibilizadas.

À geógrafa Fernanda Maria Belotti que, enquanto graduanda-bolsista de pesquisa, muito me ajudou na confecção dos perfis geomorfológicos.

Sou grata a todas essas pessoas, por terem ajudado a tornar aquele sonho em realidade. Elas o fizeram melhor do que ele seria de outra forma. As deficiências que restaram são de inteira responsabilidade minha.

# ÍNDICE

	página
<b>AGRADECIMENTOS</b>	X
<b>RESUMO</b>	VIII
<b>ABSTRACT</b>	VI
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	IV
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	III
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS</b>	I
<b>1 - IPATINGA E SEU CONTEXTO HISTÓRICO E FÍSICO-AMBIENTAL</b>	1
<b>1.1 – INTRODUÇÃO</b>	1
<b>1.2 – LOCALIZAÇÃO E HISTÓRIA</b>	3
1.2.1 - Os marcos iniciais	3
1.2.2 – As primeiras mudanças	5
<b>1.3 - AS BASES FÍSICAS</b>	8
1.3.1 – Contexto geológico	8
1.3.2 – Contexto geomorfológico	8
1.3.2.1 - Morros e esporões	11
1.3.2.2 - Rampas colúvio-aluvionares	11
1.3.2.3 - Planície aluvial (várzea)	13
1.3.2.4-Terraço aluvial baixo ou "Planície Fundamental"	13
1.3.3 - Contexto bioclimático	13
1.3.3.1 – Os solos	13
1.3.3.2– O clima	14
1.3.3.3 - A cobertura vegetal	17
1.3.4 – Contexto hidrológico	19
1.3.4.1 – A rede hidrográfica	20
1.3.4.2 – As águas superficiais	21
1.3.4.3 – As águas subterrâneas	24
1.3.5 - Síntese do contexto ambiental	26
<b>2 - OBJETIVOS E MÉTODOS</b>	28
<b>2.1 – OBJETIVOS</b>	28
2.1.1 - Objetivo geral	28
2.1.2 - Objetivos específicos	28
<b>2.2 – METODOLOGIA</b>	28
2.2.1 - Os enfoques do trabalho	28
2.2.2 - Técnicas utilizadas	29
2.2.2.1 - A foto-interpretação	29
2.2.2.2 – As sondagens a percussão	29
2.2.2.3 – A reconstituição fotográfica	29
<b>3- A ESTRUTURA E A ORGANIZAÇÃO DAS PLANÍCIES NO MUNICÍPIO DE IPATINGA.</b>	31
<b>3.1- ELEMENTOS DE GEOMORFOLOGIA REGIONAL NA LITERATURA</b>	31
<b>3.2 - AS PLANÍCIES E TERRAÇOS DO MUNICÍPIO DE IPATINGA</b>	35
3.2.1- As planícies	35
3.2.1.1 – Compartimento 1: a "Planície Fundamental" do rio Piracicaba	37
3.2.1.2 – Compartimento 2 : a planície do baixo curso do ribeirão Ipanema	39
3.2.1.3 – Compartimento 3: a confluência ribeirão Ipanema – Córrego Bom Jardim	42
3.2.1.4 – Compartimento 4: o conjunto de planícies alongadas	42
<i>a : Unidade C4.1 - a confluência dos córregos Bom Jardim e Esperança</i>	43
<i>b : Unidade C4.2 – o médio ribeirão Ipanema</i>	44
<i>c : Unidade C4.3 – a planície do baixo córrego Forquilha.</i>	45
<i>d : Unidade C4.4 – a planície do médio-baixo córrego Taúbas</i>	46
<i>e : Unidade C4.5 – planície do córrego do bairro Caravelas</i>	46

3.2.2 - Os Terraços	47
<b>3.3 – OS SEDIMENTOS DAS PLANÍCIES E SUAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS</b>	49
3.3.1 – Introdução	49
3.3.2 - Canais e sedimentos fluviais	50
3.3.2.1 - Tipos principais de canais fluviais	50
3.3.2.2 – Tipos de depósitos em planícies de meandros	51
3.3.3 – Os sedimentos das planícies do município de Ipatinga	55
3.3.3.1 – O método de sondagem a percussão	55
3.3.3.2 – Os sedimentos das planícies dos córregos Esperança e Bom Jardim	57
3.3.3.3 – Os sedimentos da planície do ribeirão Ipanema	61
3.3.3.4 – Os sedimentos da planície do rio Piracicaba	65
<b>3.4- EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA REGIÃO DE IPATINGA</b>	71
3.4.1- Elementos de morfogênese cenozóica	71
3.4.1.1 – Cronologia relativa da morfodinâmica fluvial local	71
3.4.1.2 – As migrações de canais fluviais na área das confluências	75
3.4.2 – A morfodinâmica histórica natural e induzida	78
3.4.2.1 – Migrações históricas do rio Piracicaba no bairro Amaro Lanari	78
3.4.2.2 - as migrações do canal do rio Piracicaba nas proximidades do bairro Amaro Lanari	80
3.4.2.3 – Projetos de modificações no canal do rio Piracicaba	82
3.4.2.4 – Alterações efetuadas no canal do ribeirão Ipanema	82
3.4.3 - As enchentes recentes : causas e consequências	83
3.4.3.1 – Cartografia das enchentes recentes no município de Ipatinga	84
3.4.3.2 – Papel do transbordamento do ribeirão Ipanema e seus afluentes	86
3.4.3.3 – Influência do sub-dimensionamento da rede de drenagem pluvial	90
3.4.3.4 – Influência da impermeabilização do solo urbano	92
<b>4- O DESENVOLVIMENTO URBANO DE IPATINGA E A GEOMORFOLOGIA</b>	92
4.1- A PRIMEIRA FASE DA URBANIZAÇÃO (1958 A 1960): A SEGREGAÇÃO GEOMORFOLÓGICA NOS BAIROS DA USIMINAS	93
4.2 – A SEGUNDA FASE DA URBANIZAÇÃO (DÉCADAS DE 60 E 70): A OCUPAÇÃO DISPERSA DAS PLANÍCIES INTERNAS E A ESPECULAÇÃO IMOBILIÁRIA	95
4.3- A TERCEIRA FASE DA URBANIZAÇÃO (DÉCADA DE 80): A OCUPAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO EM ENCOSTAS E VÁRZEAS	99
4.4- A QUARTA FASE DA URBANIZAÇÃO (A PARTIR DOS ANOS 90): A VERTICALIZAÇÃO SOBRE AS PLANÍCIES E SEUS RISCOS	101
<b>5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	103
5.1 – UM BALANÇO DOS OBJETIVOS PERSEGUIDOS E RESULTADOS ALCANÇADOS	103
5.2 – ENSINAMENTOS DE PROBLEMAS SIMILARES	105
5.3 - CONCLUSÃO	108
<b>6 - BIBLIOGRAFIA</b>	109

## RESUMO

A forte carência de estudos sobre a região do Vale do Aço, associada às particularidades do seu processo de ocupação urbana, impulsionaram a elaboração de um projeto de pesquisa que resultou nessa dissertação de mestrado sobre a área.

A região composta por três municípios em avançado processo de conurbação – Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo – que totalizam mais 300.000 habitantes, é de grande importância para a economia do estado de Minas Gerais. Isto é devido ao fortíssimo setor secundário que caracteriza e dinamiza o setor de produção siderúrgica, gerando volumosos impostos e para o estado e região.

Apesar de reconhecer que todo o Vale do Aço é merecedor de estudos minuciosos, a atenção desse trabalho ficou concentrada no município de Ipatinga, em função do tempo disponível e da acessibilidade aos dados para a realização da pesquisa.

A cidade de Ipatinga nasceu atrelada à indústria siderúrgica, num momento em que toda a conjuntura econômica interna e externa estavam voltadas para a expansão industrial do pós-guerra, incluindo o Brasil e todos os países do Terceiro Mundo. Como havia, nessa época, uma forte dependência da instalação industrial com relação à proximidade das fontes de matérias-primas (afinal a tecnologia de transporte ainda oferecia grandes limitações), o pequeno núcleo, ainda pertencente ao município de Coronel Fabriciano, foi escolhido para sediar uma das maiores indústrias do setor siderúrgico mundial.

A partir daí, as mudanças foram brutais. Principalmente no que se refere à expansão urbana. A minúscula comunidade de 300 habitantes, no final dos anos 50, comporta hoje, menos de 40 anos depois, mais de 205.000 moradores. O impacto sobre o meio natural foi impressionante. Há áreas ocupadas dentro de padrões adequados, lado a lado com áreas de ocupação onde os riscos urbanos são uma realidade permanente.

Foram justamente esta “lógica” urbana, associada às características geológicas-geomorfológicas, os grandes pilares do estudo realizado. Essa região do interior de Minas Gerais, abrangendo a área do médio rio Doce, na confluência do rio Piracicaba com o rio Doce., está inserida no domínio dos Mares de Morros, esculpidos sobre as rochas predominantemente graníticas-gnaíssicas do Embasamento Cristalino, e apresenta uma particularidade geomorfológica, representada pelos espessos pacotes de sedimentos aluviais e uma morfologia de planícies no conjunto da área urbana.

Para que tal propósito fosse alcançado, foram necessários o levantamento de um rico acervo cartográfico e grande número de sondagens à percussão. Estas, inicialmente realizadas por empresas a pedido da Prefeitura municipal de Ipatinga e da USIMINAS, com fins de avaliação geotécnica do substrato de construções, foram re-interpretadas à luz de conceitos geomorfológicos. Este procedimento permitiu realizar um trabalho incluindo uma prospecção gratuita do sub-solo, cujo custeio específico seria, simplesmente, impossível.

O mapa topográfico em escala de 1:10.000 (PMI) permitiu um estudo pormenorizado da morfologia local (e quando necessário da morfologia regional), servindo de fonte para a elaboração de vários perfis geomorfológicos de distintas áreas de Ipatinga,

analisados com minúcia. As sondagens foram o suporte utilizado para o estudo das características do substrato, ora sobre as rochas do embasamento, ora sobre sedimentos aluviais.

Dessa análise, resultou, também, a identificação das áreas de instabilidades sujeitas à erosão e às inundações. Mesmo tendo conhecimento de que a ocupação das encostas é um dos grandes problemas urbanísticos locais, não foi dada prioridade ao seu estudo, concentrando o trabalho nas implicações a que estão condicionadas as vastas planícies que caracterizam a região. Assim, foi elaborado um mapa das áreas atingidas pelas enchentes recentes, ocorridas durante os verões de 1999 e 2000.

Como resultado das análises da morfologia e da geologia, foi possível elaborar:

- um mapeamento das mudanças a que foi submetido o canal do rio Piracicaba, em condições naturais, no decorrer do Pleistoceno;
- um estudo pormenorizado das planícies interiores, individualizadas por várias soleiras rochosas, incluindo a identificação das características dos sedimentos aluviais que as compõem e as limitações à urbanização que os mesmos implicam;
- a caracterização sedimentológica da Planície Fundamental.

Em relação ao processo de expansão urbana, foi possível relacioná-lo com as condições geomorfológicas locais. Isto permite acompanhar as distintas fases da urbanização de Ipatinga, desde a chegada da Usiminas e seus bairros estrategicamente localizados nos remanescentes de terraços, bem adequados à ocupação, passando pela ferrenha especulação imobiliária que se fez presente na cidade e a ocupação das áreas mais distantes e menos propensas às moradias, para findar no início do processo de verticalização que começou a se instalar nos anos 90 e se estende aos dias atuais.

**PALAVRAS CHAVES:**

GEOMORFOLOGIA URBANA

URBANIZAÇÃO EM AMBIENTE FLUVIAL

SUBSTRATO ALUVIAL

ENCHENTES URBANAS

## ABSTRACT

The lack of studies about *Vale do Aço* Region, associated to the originality of its urban organization, was the motif for a research project that resulted in this master degree thesis.

The region constituted by three municipal areas that reached an advanced process of conurbation (Ipatinga, Coronel Fabriciano and Timóteo), totalizing more than 300,000 inhabitants is of great importance to Minas Gerais' economy. This is due to the very strong secondary sector, which characterizes and aids the steel production sector, generating large amount of taxes for the state and the region.

Though we recognize the entire *Vale do Aço* region deserves detailed research, this project focused mainly on Ipatinga City, due to the lack of time and data access.

Ipatinga City began and evolved side by side with the steel industry, when the internal and external economy was headed to the postwar industrial expansion, including Brazil and other third world countries. Since the industrial installations depended heavily on their proximity's to a source of raw material (transportation technologies had great limitation at that time), the small nucleus still in Coronel Fabriciano's territory was chosen to be one of the world's biggest industries headquarters in the steel industry sector.

From that point, changes were brutal, especially in terms of urban expansion. The tiny community where only 300 people lived in the late 1950's has, less than forty years later, a population of over 205.000. The environmental impact was impressive. There are areas occupied within a high standard of accuracy among others where urban risks are a permanent reality.

This urban "logic", associated to the geological and geomorphologic characteristics, were the holdings of this study. This region of the middle Doce River valley, situated in the confluence of Piracicaba and Doce Rivers, inside typical tropical hilly relief (*mar de morros*), sculpted over the predominantly Granitic-Gnaissic basement, presents a geomorphologic peculiarity: exceptionally thick sequences of alluvial sediments associated to extensive floodplain morphology in the urban area.

To reach such purpose, it was necessary to do a survey of the cartographic data as well as percussion drilling data. Initially it was done by private companies ordered by Ipatinga City Hall and USIMINAS, to evaluate the constructions' substratum through a geotechnical point of view. Then these results were reinterpreted with support on geomorphologic approach. This procedure enabled us to work with a free prospect of the subsoil whose costs would be impossible to figure out.

The topographic map, with 1:10.000 scale (Ipatinga's Municipality), permitted a detailed study of the local morphology (and, when necessary, a study of the regional morphology) and served as a source for some geomorphologic profiles crossing distinct areas of Ipatinga City, which were analyzed with precision. The percussion drilling data constituted the support for the study of substratum's characteristics, interesting the basement's rocks as well as the alluvial sediments.

From this analysis, it was possible to identify unstable areas submitted to erosion and floods. Even though it is known that riverbank occupation is one of the big local urban problems, no priority was given to its research. This work, therefore, focused basically on the problems that affect the extensive floodplains. Resulting from this approach, was drawn a map representing the areas affected by the recent floods, that occurred during 1999 and 2000 summers,.

As a result of the morphologic and geologic analysis it was possible to:

- build a map of the changes on Piracicaba River's channel, under natural conditions, through the Pleistocene Period;
- study the internal floodplains separated by some rocky prominence, including the identification of the characteristics of their alluvial sediments and the limitations of urbanization they imply;
- realize a sedimentological characterization of the *Fundamental Plain*.

In terms of the urban expansion process, it was possible to relate it to the local morphological conditions. This enables us to monitor the distinct urbanization stages in Ipatinga City, since the establishment of USIMINAS and its boroughs strategically placed over the remaining terraces, suitable for living, going through persistent Real Estate speculation in the city and the occupation of the outskirts, farther away from the city where it is less appropriate for living and finally ending with the beginning of vertical growth of urban building process in the 1990's that persists nowadays.

**KEY WORDS :**

URBAN GEOMORPHOLOGY

URBANIZATION IN FLUVIAL ENVIRONMENT

ALLUVIAL SUBSTRATUM

URBAN FLOODING

## ÍNDICE DE FIGURAS

Nº.	Título	Pág.
1	Localização da área de estudo no contexto do Vale do Aço	2
2	Esboço geológico da região do Vale do Aço ( <i>Klumb &amp; Noce 1999</i> )	9
3	Situação de Ipatinga e o Vale do Aço no contexto morfológico regional	10
3a	- Compartimentos de Relevo da região do Vale do Aço ( <i>FJP 1978</i> )	10
3b	- Perfil geomorfológico regional ( <i>FJP 1978</i> )	10
4	Mapa geomorfológico do município de Ipatinga ( <i>Saadi 1991</i> )	12
5	Temperatura média mensal, na estação da USIMINAS, em Ipatinga, entre 1994 e 2000	16
6	Precipitação mensal na estação da USIMINAS, em Ipatinga, entre 1994 e 2000	16
7	Frequência dos ventos, em função da direção, em Ipatinga-MG (de 1994 a 2000, em %)	16
8	Situação dos principais tipos de uso da terra no Vale do Aço, em 1967 ( <i>CETEC 1967</i> )	18
9	Aspectos hidro-morfológicos do rio Piracicaba no Vale do Aço	23
9a	Evolução temporal da vazões do rio Piracicaba em Coronel Fabriciano	23
9b	Evolução da morfologia da seção do canal fluvial rio Piracicaba em Timóteo (Estação 56695000)	23
10	Mapa geomorfológico do perímetro urbano de Ipatinga ( <i>Vasconcelos 2001</i> )	34
11	Organização espacial das planícies aluviais, no município de Ipatinga	36
12	Organização espacial dos topos de morros e terraços, no município de Ipatinga	48
13	Modelos de organização de planícies de meandros	52
13a	Organização dos depósitos sedimentares, numa planície de meandros ( <i>segundo Mendes 1984</i> )	52
13b	Organização das sequências sedimentares fluviais, numa planície de meandros, segundo Selley ( <i>1976, In: Della Fávera, 2001</i> )	52
14	O método da sondagem à percussão e seu produto que foi re-interpretado em bases geomorfológicas	56
15	Perfis sedimentológicos-geotécnicos longitudinais nas planícies da bacia dos córregos Bom Jardim/Esperança	60
15a	Perfil da planície do córrego Bom Jardim	60
15b	Perfil da planície do córrego Esperança	60
16	Perfil sedimentológico-geotécnico longitudinal na planície do ribeirão Ipanema	62
17	Perfis sedimentológicos-geotécnicos seriados na "Planície Fundamental" do rio Piracicaba, em Ipatinga-MG	68
17-1	Perfis sedimentológicos-geotécnicos seriados na "Planície Fundamental" do rio Piracicaba, em Ipatinga-MG (1 a 4)	68
17-2	Perfis sedimentológicos-geotécnicos seriados na "Planície Fundamental" do rio Piracicaba, em Ipatinga-MG (5 a 7)	69
17-3	Perfis sedimentológicos-geotécnicos seriados na "Planície Fundamental" do rio Piracicaba, em Ipatinga-MG (8 e legenda)	70
18	Suporte geomorfológico dos bairros da cidade de Ipatinga	72
18-1	Suporte geomorfológico dos bairros da cidade de Ipatinga (perfis 1 a 3)	72
18-2	Suporte geomorfológico dos bairros da cidade de Ipatinga (perfis 4 a 7)	73
19	Migrações prováveis do canal do rio Piracicaba, na área de confluência com o rio Doce, durante o Pleistoceno	76

<b>20</b>	Evolução da urbanização e alterações associadas no canal fluvial do rio Piracicaba, nas vizinhanças do bairro Amaro Lanari (Coronel Fabriciano)	<b>81</b>
<b>21</b>	Mapa das áreas atingidas pelas enchentes recentes, no município de Ipatinga ( <i>Fonte: levantamentos de campo e documentares da autora</i> )	<b>85</b>
<b>22</b>	Cronologia da expansão urbana no município de Ipatinga, ilustrando os mecanismos de especulação imobiliário	<b>96</b>
<b>23</b>	Evolução da ocupação urbana do Vale do Aço ( <i>Fonte: Costa 1995</i> )	<b>100</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Número</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Fatores de avaliação utilizados para a escolha da localização da USIMINAS	<b>5</b>
<b>2</b>	Distribuição temporal da precipitação média anual de Ipatinga	<b>15</b>
<b>3</b>	Características gerais dos principais cursos d'água da região de Ipatinga	<b>20</b>
<b>4</b>	Abastecimento em água potável, a partir do lençol freático aluvial, em Ipatinga-MG (Fonte: Copasa-MG)	<b>25</b>

# ÍNDICE DE FOTOS

Número	Título	Pág.
Prancha	Foto	
<b>A</b>	<b>O sítio geomorfológico original do Complexo Industrial da USIMINAS</b>	<b>7</b>
1	A planície fundamental do rio Piracicaba, antes da implantação do complexo urbano-industrial de Ipatinga-USIMINAS	7
2	Início da ocupação do sítio geomorfológico da planície fundamental pelas instalações da USIMINAS	7
<b>B</b>	<b>Vistas aéreas das planícies dos cursos d' água principais</b>	<b>38</b>
3	Vista aérea oblíqua da Planície Fundamental	38
4	Vista aérea oblíqua da planície do ribeirão Ipanema	38
<b>C</b>	<b>Vistas aéreas das planícies dos cursos d' água secundários</b>	<b>41</b>
5	Vista aérea oblíqua da Planície do córrego Bom Jardim	41
6	Vista aérea oblíqua da Planície do córrego Taúbas	41
<b>D</b>	<b>As planícies das bacias hidrográficas internas do município de Ipatinga, em seu contexto urbanístico</b>	<b>58</b>
7	Planícies da bacia dos córregos Bom Jardim/Esperança	58
8	Planícies do médio ribeirão Ipanema	58
9	Planícies do baixo ribeirão Ipanema	58
<b>E</b>	<b>10 A "Planície Fundamental" do rio Piracicaba em Ipatinga, em seu contexto urbanístico</b>	<b>66</b>
<b>F</b>	<b>Aspectos dos terraços do rio Piracicaba</b>	<b>74</b>
11	Vista da Planície Fundamental, no eixo central, com a planta industrial da USIMINAS	74
12	Os bairros Bela Vista e das Águas ocupam morros planos, que são testemunhos de terraços do rio Piracicaba	74
13	Sedimentos aluviais de terraço, aflorando no barranco situado atrás do Hotel Panorama (bairro Iguaçu)	74
14	Detalhe do afloramento, com destaque para as cascalheiras de quartzo	74
<b>G</b>	<b>A planície do rio Piracicaba, no bairro Amaro Lanari (município de Coronel Fabriciano)</b>	<b>79</b>
15	Vista aérea oblíqua, centrada sobre a Ponta do Tomazinho de montante para jusante	79
16	Vista aérea oblíqua, de montante para jusante, centrada sobre o perímetro de extração de água da COPASA	79
<b>H</b>	<b>Aspectos das enchentes causadas pelo transbordamento do ribeirão Ipanema</b>	<b>87</b>
17	Destruição de moradias instaladas sobre a planície de inundação do ribeirão Ipanema, no bairro Limoeiro, pelas enchentes de fevereiro de 2000	87
18	Destruição parcial da ponte que liga os bairros Limoeiro e Chácara Madalena, pelas enchentes de fevereiro de 2000	87
<b>I</b>	<b>Causas e consequências das enchentes devido a transbordamentos de cursos d' água, em Ipatinga</b>	<b>89</b>
19	Córrego Taúbas: manilhas subdimensionadas em ponte do bairro Caçula	89
20	Córrego Taúbas: destruição das obras de canalização, em consequências da chuva de 06/12/2000, na Av. Gerasa, bairro Canaã	89
21	Ribeirão Ipanema, ao longo do Parque Ipanema: ponte destruída durante as chuvas de 06/12/2000	89

	22	Ribeirão Ipanema, ao longo do Parque Ipanema: Avenida Burle Marx alagada pelo transbordamento das águas, em 06/12/2000	89
J		<b>Aspectos de enchentes recentes em Ipatinga, em consequência da impermeabilização do solo urbano, durante as fortes chuvas de fevereiro de 2000</b>	91
	23	Alagamento da rua Caeté, no bairro Iguaçu	91
	24	Alagamento da rua Passo Fundo, no bairro Caravelas	91
	25	Barro e águas invadindo casa no bairro Veneza	91
	26	Alagamento do mergulhão sob o viaduto da EFVM, no bairro Vila Ipanema	91

# I - IPATINGA E SEU CONTEXTO HISTÓRICO E FÍSICO-AMBIENTAL

## I.1 - INTRODUÇÃO

Este trabalho é fruto da junção de dois desejos. O primeiro deles corresponde à expectativa de realizar um curso pós-graduação, no caso em nível de mestrado. O segundo corresponde à vontade de desenvolver pesquisas úteis para uma região carregada de um grande valor sentimental para mim e que, ao mesmo tempo, retrata muito bem o processo de profundas mudanças iniciadas no Brasil desde os anos 40, com o intenso processo de urbanização que se perpetua nos dias atuais. Mesmo que hoje as áreas que exerçam maior atração não sejam mais os grandes núcleos urbanos, saturados de problemas sociais e ambientais, mas as pequenas e médias cidades. É caso típico da região escolhida: Ipatinga, no Vale do Aço.

Segundo Jorge Posada (1991), *"O processo de ocupação e crescimento urbano de Ipatinga acabou por criar uma cidade de várias faces, várias caras. Ipatinga teve uma cara de cidade de forasteiros, e ainda tem uma cara de cidade sempre em construção. Tem também uma cara de cidade provisória, mostrada pelas grandes áreas residenciais precárias, sem infra-estrutura, com moradias de materiais improvisados ou sem acabamento. Ao lado disto, vê-se a cara da cidade pronta, consolidada, dada pelos bairros da USIMINAS, com toda a infra-estrutura, e pelos bairros mais antigos, que têm praças, áreas arborizadas, locais de lazer e de encontro. Ipatinga tem ainda a cara de cidade moderna, com seu sistema viário bem dimensionado e grandes áreas gramadas. E há também a cara de cidade abafada e enfumaçada, dada pela poluição somada ao clima quente. São, enfim, caras, faces contraditórias de uma cidade onde há ao mesmo tempo muita riqueza e muita miséria e que tem problemas urbanos gravíssimos, decorrentes do seu processo de crescimento."*

É a típica cidade que se desenvolveu em volta de uma grande usina, que acolheu grupos oriundos de diversas partes deste país. A grande diversidade de aspectos aos quais referiu-se o antigo administrador lhe confere o status de objeto privilegiado de estudo.

A denominação de Ipatinga, possui, aparentemente, duas vias alternativas de interpretação. A primeira seria a junção das palavras Ipa de Ipanema e Tinga de um barro amarelo argiloso comum no ribeirão. Esta interpretação é atribuída ao engenheiro Pedro Nolasco, responsável pelo projeto da estrada de ferro que ligaria as minas de minério de Itabira, em Minas Gerais, a Vitória, no Espírito Santo. Entretanto, de acordo com o Prof. Saul Martins, a palavra originar-se-ia do Tupi-Guarani pela aglutinação dos radicais I+PA+TINGA, cujo significado seria Pouso de Água Limpa.

O próprio termo exemplifica bem a dualidade do processo de urbanização que ocorreu na região nas últimas décadas, acompanhando as metamorfoses ocorridas em escala nacional. A necessidade de desenvolver a economia regional, estagnada desde o período da mineração, estava difundida entre todos. Todavia, uma das consequências imediatas seria a transformação da área de expansão da economia calcada na atividade industrial em pólo preferencial de atração populacional e toda a desordem gerada quando não existe um aparato organizacional que permita um crescimento urbano dentro dos meios cabíveis de acolhimento da população deslocada. Ipatinga irá vivenciar toda esta problemática.

Figura 1: Localização da área de estudo no contexto do Vale do Aço  
(Fonte: Carta Topográfica do Brasil em escala de 1:100.000, IBGE)



0 1 2 3 4 km



LEGENDA

-  Limites do Município de Ipatinga
-  Poços de bombeamento d' água subterrânea da COPASA
-  Áreas de expansão das baterias de poços da COPASA

## 1.2 – LOCALIZAÇÃO E HISTÓRIA

O município de Ipatinga está situado na porção centro-leste do estado de Minas Gerais, à margem esquerda do Rio Piracicaba, na confluência deste com o rio Doce (Figura 1). Seu núcleo urbano constitui um componente fundamental do “Aglomerado Urbano do Vale do Aço” (USIMINAS 1977), por agrupar, num ponto central do vale do rio Doce, os municípios de Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga, em torno de duas das mais importantes unidades brasileiras de transformação do minério de ferro, oriundo do Quadrilátero Ferrífero, em aço de qualidade internacional.

Essa característica geo-econômica justifica sua atribuição à Zona Metalúrgica. O Município de Ipatinga integra o conjunto de 14 municípios que formam a Micro-Região do Vale do Aço.

Os limites do município são estabelecidos, a oeste e sudoeste pelas serras de Escuro e dos Cocais, na divisa com o município de Coronel Fabriciano; a nordeste e leste pela Serra de Pedra Branca, na divisa com o município de Mesquita; a sudeste pelo Rio Doce, na divisa com o município de Caratinga e a sul pelo Rio Piracicaba e Parque Florestal do Rio Doce-PFRD, na divisa com o município de Timóteo.

A sede municipal é situada numa altitude média de 245 metros, no ponto de coordenadas geográficas 19°29'30” de latitude sul e 42°32'30” de longitude oeste.

### 1.2.1 - Os marcos iniciais

Os documentos mais antigos, relatam o primeiro acampamento na confluência dos rios Doce e Piracicaba, nas imediações do que viria a ser Ipatinga, nos anos de 1703. Sob o comando de Borba Gato, um dos maiores desbravadores das Minas Gerais, que embrenhou-se nas matas mineiras, após assassinar Dom Rodrigo Castel Blanco, que havia substituído Fernão Dias Paes Leme (sogro de Borba Gato), como Administrador Geral das Capitânicas, contra os desejos de Borba Gato, o que levou o mesmo a matá-lo em um dos momentos de discórdia, por volta de 1683.

Vinte anos após o crime, ao ser perdoado pelo Governador Arthur de Sá e Menezes, Borba Gato retorna à vila de Taubaté na capitania de São Vicente.

Entre os muitos que o visitam, recebe Antônio Dias de Oliveira, amigo inseparável do passado, que ouve encantado as histórias de Borba Gato e ganha de presente um mapa de todas as áreas conhecidas pelo destemido bandeirante, onde ouro e pedras preciosas, supostamente eram fartas.

Fascinado pelas riquezas do sertão das Minas Gerais, Antônio Dias organiza uma pequena bandeira e dá-se o início a mais uma aventura.

Em 1706, Antônio Dias chega a embocadura do rio Piracicaba, onde param para um novo bateamento. Em vão, apenas mais uma ilusão. Seguindo as margens do rio, Antônio Dias fixa um acampamento, que recebe o nome de “Arraial de Antônio Dias”. Local onde anteriormente, havia sido refúgio de Borba Gato.

Em 1736, aos 90 anos, muito velho e atacado pela febre, não resiste e morre. Seu corpo foi sepultado no altar da Igreja Matriz da cidade que hoje tem o seu nome: Antônio Dias.

Grande mistério envolve a vida do soldado francês Guido Marlière. Depois de ser acusado de emissário de Napoleão Bonaparte no Brasil, teve sua casa vasculhada e foi preso. Entretanto, nada foi provado contra ele. Para evitar maiores aborrecimentos, pediu ao Governador Geral que o enviasse para um deserto, bem longe da civilização. Seu pedido foi aceito. No dia 09 de setembro de 1818, Marlière é nomeado "Inspetor de Divisão das conflagradas e temidas regiões do rio Doce" (Guerra, 1978).

Antes de partir, procurou Marlière conhecer as estórias e as lendas do rio Doce, que até então apresentavam resultados fracassados na tentativa de explorá-lo, com esperança de também conseguir a amizade dos índios Botocudos. A quase ausência de picadas na floresta, fez com que a expedição vasculhasse a mata anos a fio. Com presentes ofertados aos índios, juntos a eles obteve bom relacionamento. Entre eles, um amigo inseparável, o índio Botocudo Pocrane. Seu nome correu léguas junto aos indígenas, que atravessavam o rio em busca dos presentes dados pelo chefe branco.

Entre os anos de 1830, construiu um quartel às margens do rio Doce e do seu afluente rio Piracicaba, onde hoje se encontra a cidade de Ipatinga. Posteriormente, subindo o rio Piracicaba, iniciou um novo povoamento ( hoje a cidade de Marliéria ).

Morreu no dia 04 de junho de 1836, só e sentindo-se injustiçado por não ter recebido o título de "Barão do Rio Doce". Título que lhe foi prometido e que caiu no esquecimento.

No início de 1900, o jovem engenheiro Pedro Nolasco, com a missão de construir a Estrada de Ferro Vitória a Minas, partiu para o interior das Minas Gerais, para conhecer as terras que receberiam os trilhos da ferrovia.

Retornando ao Espírito Santo, Pedro Nolasco apresenta um relatório de viagem, onde explicou: "A estrada deve margear, a todo momento, o rio Doce, passando mais ou menos no Naque e, mais acima, num terreno baixo e continuado, que poderemos denominar 'Ipatinga', lpa ,de um ribeirão, o Ipanema, e Tinga, nome de barro amarelo e argiloso, abundante na barra do ribeirão." (Guerra, 1978).

No decorrer de 1920, os trilhos chegam a região de Ipatinga, dá-se o início a construção da Estação de Pedra Mole. Entretanto, a febre maleita atinge vários operários, chegando a 30 mortes por dia. Assustados e com medo os trabalhadores se recusam a trabalhar no local.

Novos operários oriundos da Bahia, chegam para dar continuidade às obras. Em poucos dias a estação está construída, caiada de amarelo-barro. Os trilhos avançam. Mas a febre não poupa os baianos. Apenas um sobrevivente, o sr. Lino Paulo do Nascimento. Assim ficou decidido um desvio da estrada, determinado pela companhia, para evitar a febre, (distante da lagoa da Anta, temida pelas suas águas paradas, sem saída), Com esta medida a antiga estação foi abandonada, apenas ruínas (próximo aos bairros Castelo e Cariru, nas margens do rio Piracicaba) desta que foi o marco da saga de bravos operários que perderam a vida em nome do desenvolvimento das Minas Gerais.

Após a construção da estação, a região começa a receber seus primeiros habitantes. O Sr. José Fabrício Gomes é primeiro a chegar. Nascia o povoado de Ipatinga.

### 1.2.2 - As primeiras mudanças

*...Surgiram as chaminés  
Como dedos gigantescos  
A pregar no infinito  
Nuvens lindas, rubras,  
Cinzentas,  
Amarelas.  
Branças... branquinhas...  
Noite e dia. Dia e noite, sem cessar.*

*Maria de Lourdes B. de Vasconcellos.*

Alçada à categoria de distrito de Coronel Fabriciano em 12 de dezembro de 1953, a minúscula comunidade de Ipatinga contava com uma população de apenas 300 habitantes distribuídos em sessenta moradias e encontrava-se envolta no doce sabor do progresso que o futuro vislumbrava, pois já corriam rumores sobre sua escolha como local para a instalação de uma grande siderurgia. De fato, sabia-se que o estudo das alternativas de localização, com vistas na otimização do aproveitamento dos recursos, tinha atribuído as maiores pontuações a duas cidades do vale do rio Doce, Ipatinga e Governador Valadares (Tabela 1).

**Tabela 1: Fatores de avaliação para escolha da localização da USIMINAS**

Fatores	Valor dos fatores	Belo Horizonte	Vale do Paraopeba	Cons. Lafaiete	Ipatinga (Acesita)	Gov. Valadares
Topografia e possibilidade de expansão	0-5	2	1	2	4	5
Valor do terreno	0-5	1	3	3	5	2
Localização da matéria prima	0-20	10	10	10	15	10
Transporte ferroviário e rodoviário	0-10	10	4	4	8	8
Captação de água	0-20	5	10	5	20	20
Fornecimento de energia elétrica	0-10	8	5	5	10	8
Distância do Porto de Vitória	0-20	5	1	1	15	20
Distância do Rio e São Paulo	0-10	8	5	8	2	3
Obtenção de materiais de construção	0-10	10	6	6	4	4
Existência de habitação	0-5	5	0	0	2	2
Serviços de utilidade pública	0-5	5	0	0	3	4
Obtenção de mão de obra	0-10	10	3	3	5	7
Transporte aéreo	0-2	2	0	0	1	0
Existência de indústria correlacionadas	0-30	15	0	3	25	5
<b>TOTAIS</b>	<b>162</b>	<b>96</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	<b>119</b>	<b>98</b>

Fonte: USIMINAS 1990

Conforme indicado nesta tabela comparativa das alternativas cogitadas, coube a Ipatinga sediar a grande usina devido a vantagens relacionadas com critérios de localização estratégica (proximidade da matéria-prima proveniente da região de Itabira que dista pouco mais de 100 km e facilidade de escoamento da matéria-prima e do aço a ser produzido através da Estrada de Ferro Vitória-Minas-EFVM) e de condições físico-geográficas (topografia altamente favorável constituída, em mais de 50 %, por amplas planícies aluviais, além de áreas circundantes com declividades baixas a médias e solos, a princípio, apropriados para fundações (Figura 2). Para completar o quadro, a energia elétrica necessária seria produzida na UHE de Salto Grande, construída pela CEMIG, próximo à confluência dos rios Santo Antônio e Guanhães.

O único inconveniente daquele momento era representado pela baixíssima disponibilidade de mão-de-obra, problema comum naquela época no vale do rio Doce, devido principalmente às limitações impostas pelo meio físico, visto que *“O rio Doce nunca apresentou condições muito propícias a uma navegação fácil, a floresta de difícil penetração e as características de insalubridade encontradas durante muito tempo em suas margens”* (Alvim et al. 1969).

O início da ocupação populacional da bacia do rio Doce foi induzido e orientado pelo desenvolvimento da atividade minerária, que apresentará uma aceleração com a construção da ferrovia EFVM. Esta, segundo Alvim et al. (1969), *“propiciou um afluxo da população para as margens do próprio Doce na região cortada pela estrada”*.

No entanto, este inconveniente seria logo contornado no Médio rio Doce, principalmente no trecho banhado pelo rio Piracicaba, um dos principais afluentes. Uma importante migração iria ocorrer, onde todos os migrantes foram atraídos pelo fascínio da “grande siderurgia”. Logo que, em 15 de agosto de 1958, foi implantada a Pedra Fundamental da USIMINAS (Figura 3), um grande contingente de operários migrou para a região, sendo que 10.000 pessoas chegariam só para a construção da usina. Em menos de uma década a população ultrapassaria os 50.000 habitantes.

Apesar disso, Ipatinga permanecia na categoria de distrito de Coronel Fabriciano, que dispensava poucos cuidados à infra-estrutura da nova aglomeração. À exceção dos bairros pertencentes à Usiminas, não existiam as mínimas condições necessárias à acomodação de tamanha população.

Esta situação se agravou quando, em 1962, o Governador do Estado, Magalhães Pinto, vetou o projeto de emancipação do município, elaborado pelo deputado Geraldo Quintão, um dos grandes idealizadores da emancipação, com o apoio da “Sociedade Amiga de Ipatinga”. Entretanto, influenciado pelo prefeito do município de Coronel Fabriciano, pelo presidente da Acesita, contrários à emancipação e pelo contexto histórico da época, o governador não permitiu que tais objetivos fossem alcançados.

*“ O governador Magalhães Pinto vetou a emancipação de Ipatinga por questão militar. Naquela ocasião, havia uma efervescência muito grande na região. Havia influência militar nas indústrias do Vale do Aço, por causa da política de 1964. Os Militares interferiram e não queriam criar municípios, porque segundo eles, prejudicaria a revolução. Essa política contrária era desenvolvida desde 1962 ”* (PMI 1991).

**PRANCHA "A":**  
**O sítio geomorfológico original do Complexo Industrial da USIMINAS**

Foto 1: A planície fundamental do rio Piracicaba, antes da implantação do complexo urbano-industrial de Ipatinga-USIMINAS

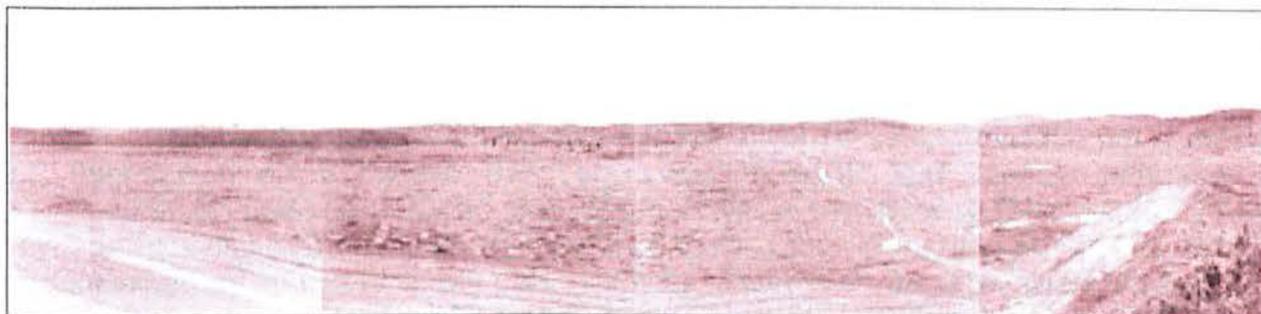


Foto 2: Início da ocupação do sítio geomorfológico da planície fundamental pelas instalações da USIMINAS



Uma articulação política imposta pelo deputado citado, nos idos de 1963, com apoio de representantes da comunidade de Ipatinga, conseguiu o apoio de quase 100% dos deputados da época, inclusive do próprio Governador, derrubaram o veto anterior e garantiram a emancipação de Ipatinga concedida em 28 de abril de 1964, em meio à vigência do governo militar. Ipatinga nascia como município pouco depois da primeira produção da USIMINAS.

### **1.3 – As bases físicas**

#### **1.3.1 – Contexto geológico**

A geologia regional de Ipatinga, sintetizada por Klumb-Oliveira & Noce (1999), é caracterizada por um “*contexto de terrenos arqueanos, intensamente retrabalhados por eventos proterozóicos*” (Figura 2).

Na base da sequência litoestratigráfica encontra-se o embasamento gnáissico migmatítico do Complexo Basal, ou seja gnaisses com aspecto bandado ou finamente laminado (foliação com direção NNE a N-S e mergulhos de 25° a 45°), que constituem o substrato da parte sudoeste e toda a metade oriental da cidade, incluindo a planície ocupada pela Usiminas. Sobre esta unidade, foram depositadas as rochas do Grupo Guanhões, compostas por formação ferrífera, quartzitos, xistos e paragneisses, que não afloram na área de estudo.

Granitos associados ao tipo Borrachudos, resultando de plutonismo paleoproterozóico, sustentam as altas colinas que margeiam a malha urbana a oeste, por onde freiam sua expansão. Esses granitos apresentam pronunciada foliação tectônica, com direção oscilando entre NNW e NNE e mergulhos variando de 20° a 45°, além de bolsões de granulação grossa e textura sacaróide, do biotita. Quando situados em zona de cisalhamento, esses granitos apresentam laminação fina com mergulho de até 75°, conforme ocorre ao longo da falha transcorrente dextral (NNE) que corta a parte SW da cidade. Finalmente, xistos quartzosos e quartzitos com Grupo Rio Doce (Neoproterozóico), ocupam uma faixa mediana que serve de substrato à parte central da cidade e se estende para norte. Nessas rochas, a foliação tem direção NNE, mergulho de 30° a 45° para ESE e lineação com caimento de 20° a 30° para NNE, consequência do contato junto aos Granitos Tipo Borrachudos por falha de empurrão NNE, com movimentação oblíqua dextral.

#### **1.3.2 – Contexto geomorfológico**

Uma primeira abordagem da organização do relevo deve passar pelo reconhecimento dos 3 compartimentos regionais revelados nos trabalhos da Fundação João Pinheiro (1978), conforme ilustrado pela figura 3. Esses compartimentos, de orientação geral NNE-SSW, mostram, em posição central, a Depressão Interplanáltica do Rio Doce, onde os topos de colinas suaves situam-se na altitude de 300 metros e o leito do rio Doce na cota 200 metros. Os dois planaltos que a margeiam, Zona de Colinas e Cristas (a oeste) e Zona dos Pontões (a leste), apresentam altitudes variando, respectivamente, entre 400 e 900 metros, e 400 e 700 metros.

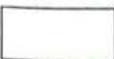
Figura 2: Esboço geológico da região do Vale do Aço  
(adaptado de Klumb & Noce 1999)



LEGENDA

-  CIDADE
-  RODOVIA
-  LAGO
-  RIO
-  FALHA DE EMPURRAO
-  FALHA TRANSCORRENTE

NEOPROTEROZOICO

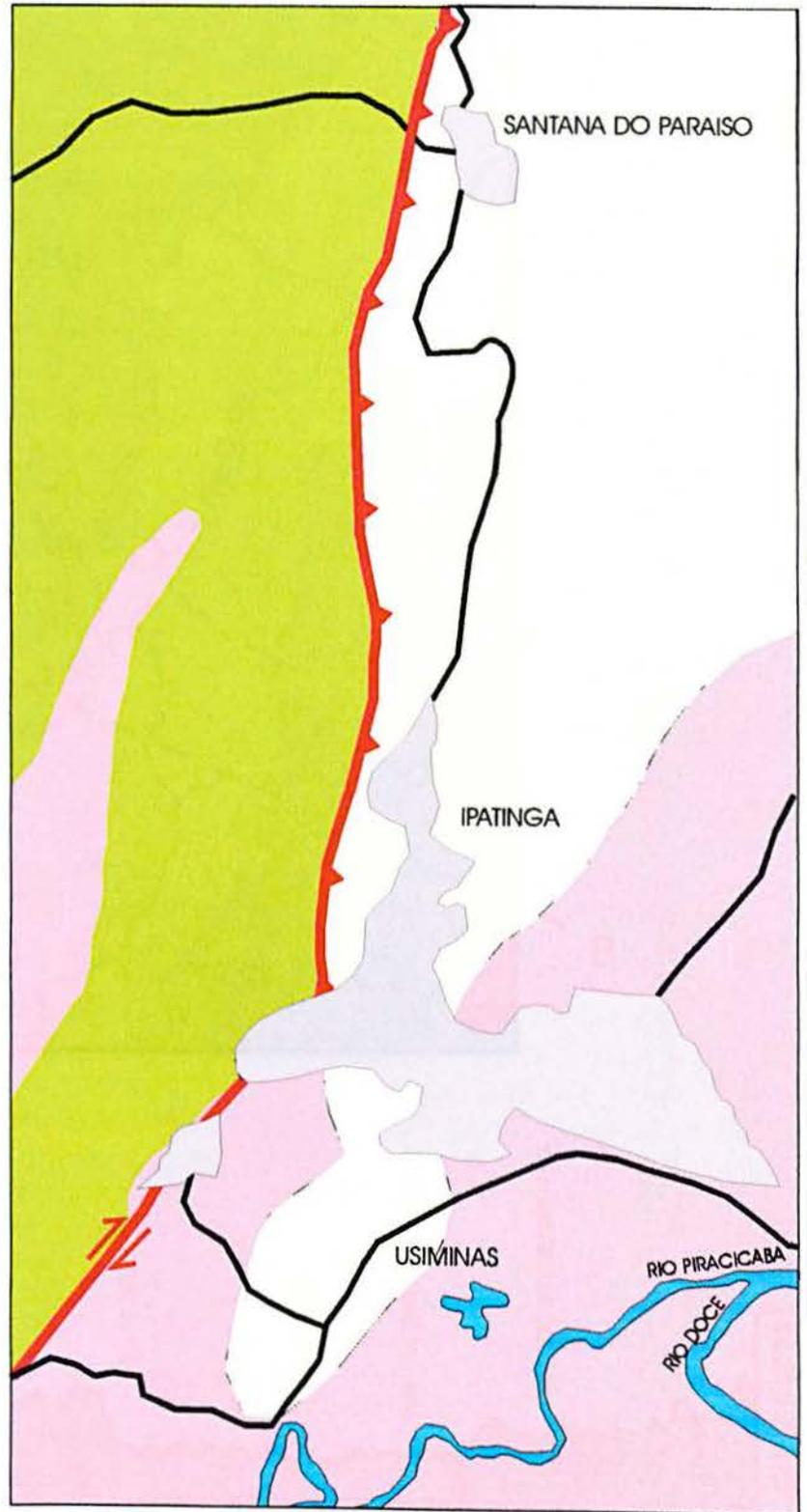
 GRUPO RIO DOCE

PALEOPROTEROZOICO

 GRANITO TIPO BORRACHUDOS

ARQUEANO

 COMPLEXO BASAL



0 5 10 KM

Figura 3a: Compartimentos de relevo da região do Vale do Aço  
 (Fonte: FJP 1978)

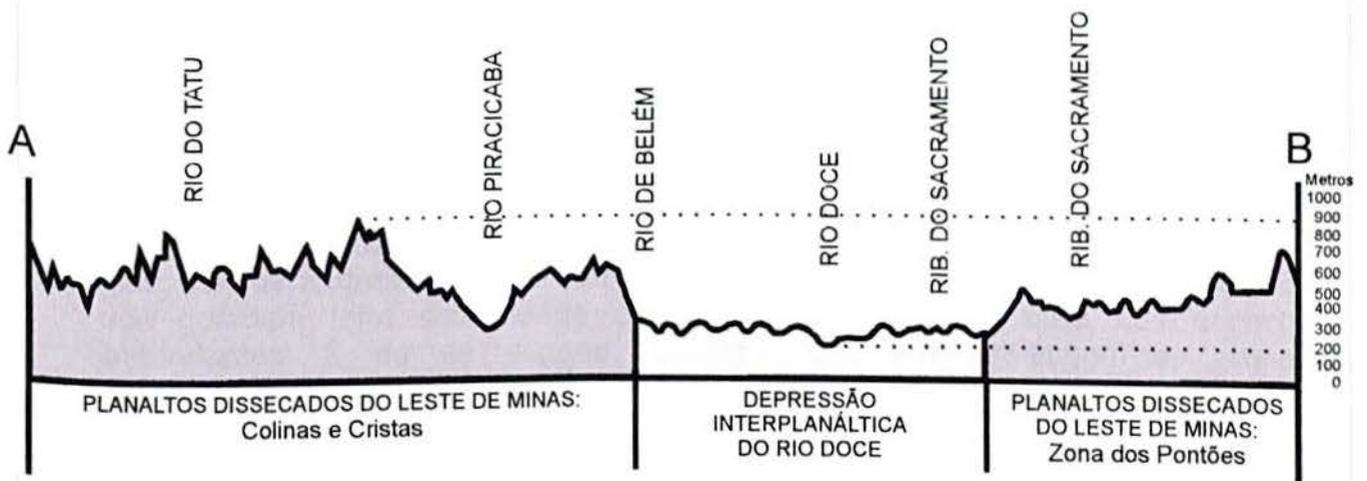
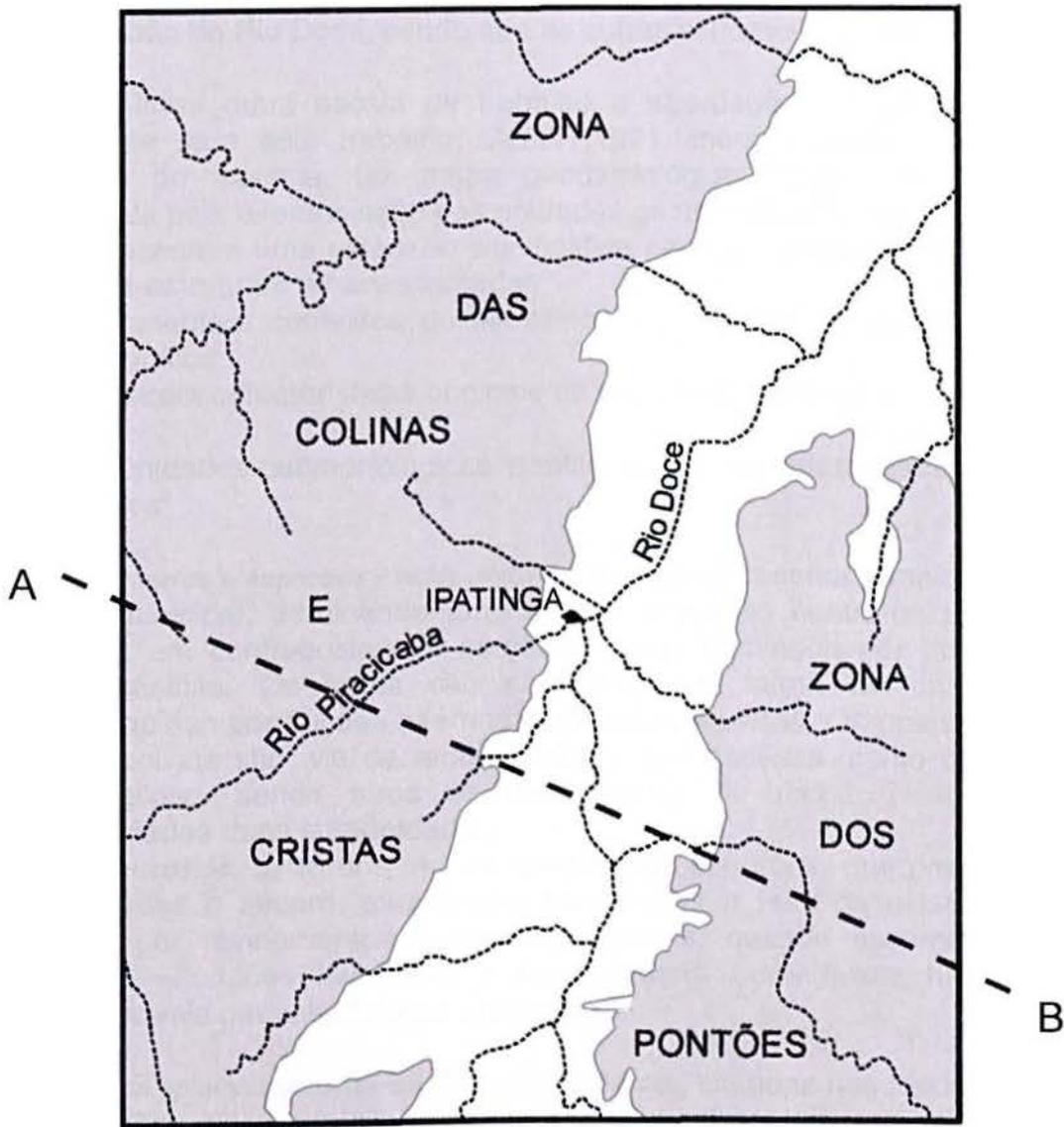


Fig. 3b: Perfil geomorfológico regional (FJP 1978)

A cidade de Ipatinga, e todo o aglomerado urbano do Vale do Aço, instalaram-se na borda oeste desta depressão, ou seja no contato da mesma com a Zona das Colinas, devido à localização da bacia do rio Piracicaba neste compartimento, bem como da das jazidas de minério de ferro em suas cabeceiras. Numa aproximação maior de escala, pode-se notar que a situação de Ipatinga se diferencia da das demais cidades (Coronel Fabriciano e Timóteo), pois ela se assenta realmente na Depressão do Rio Doce, sendo que as outras situam-se dentro da Zona das Colinas.

Numa outra escala de trabalho e abordagem de geomorfologia aplicada, relevante para este trabalho, Saadi (1991, inédito) elaborou, para o Perímetro Urbano de Ipatinga, um mapa geomorfológico (Figura 4) cuja concepção foi orientada pela diferenciação das unidades geomorfológicas que:

- a- apresentam uma extensão significativa para a implantação de construções e/ou infra-estruturas urbanas variadas;
- b- representam contextos de ocorrência de um tipo de dinâmica geomorfológica específica;
- c- possuem características originais de suporte geotécnico.

As unidades geomorfológicas identificadas e adotadas no mapeamento foram as seguintes:

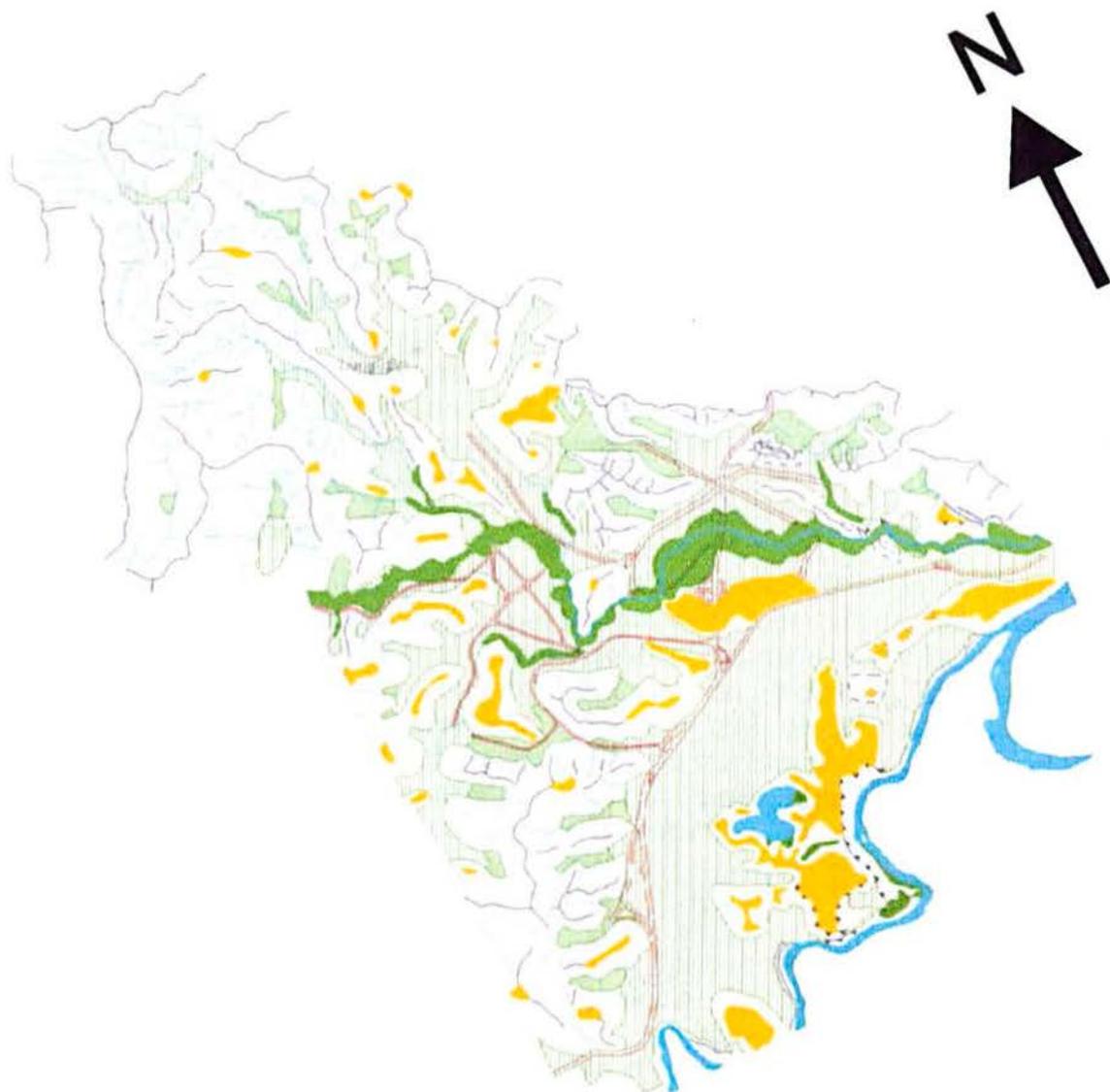
**1.3.2.1- Morros e esporões** - esta unidade é a que apresenta a maior extensão areal, a nível municipal, dominando amplamente a porção centro-ocidental do perímetro urbano, em contraposição à porção oriental, dominada por planícies aluvionares pleistocênicas. Os topos são alinhados sob forma de cristas descontínuas, interrompidas por feições alternadas de selas e platôs. Os gnaisses que sustentam essas colinas são, via de regra, cobertos por espesso manto de alteração arenosilto-argiloso, sendo raros os afloramentos de rocha. Nesta unidade, foram diferenciadas duas sub-unidades:

a) **As encostas**, tanto dos morros quanto dos esporões, que possuem declividades acentuadas e seriam, atualmente, submetidas a fase de dissecação que os faz evoluir por ravinamentos e escorregamentos, quando assumem perfil côncavo, gerando situações favoráveis à concentração dos fluxos hídricos superficiais, responsáveis por catastróficas enxurradas;

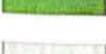
b) **Topos aplainados**: trata-se das áreas planas, situadas nos topos de alguns morros e esporões, geralmente erguidos como relevos residuais em meio às planícies do ribeirão Ipanema e do rio Piracicaba. De maneira geral, possuem pequenas extensão areal, estando circundados por encostas íngremes, que dificultam o acesso às áreas com topografia favorável. Em condições de preservação, esses topos apresentam espessa cobertura de latossolos e rebordos geralmente suaves;

**1.3.2.2 - Rampas colúvio-aluvionares** - são superfícies de declividade moderada e perfil retilíneo a suavemente côncavo, que ocupam a parte baixa das cabeceiras dos afluentes do ribeirão Ipanema. São formadas pela coalescência de leques aluvionares e coluvionares. Sendo originados das encostas situadas logo às suas margens, os materiais dessas rampas são constituídos por sedimentos imaturos, que guardam forte similaridade com as formações superficiais das encostas circundantes. É de se esperar, também, que em sub-superfície, existam intercalações entre esses materiais e areias aluviais oriundas de transbordamentos nos paleo-cursos fluviais;

Figura 4: Mapa das unidades geomorfológicas do Município de Ipatinga  
(Saadi, 1991, inédito)



### LEGENDA

-  Rio
-  Morros e esporões
-  Topos aplainados
-  Rampas colúvio-aluvionares
-  Planície aluvial (várzea)
-  Planície fundamental

0 2 4 km



**1.3.2.3- Planície aluvial (várzea)** – esta unidade situa-se ao longo das drenagens principais, assumindo maior expressão ao longo do ribeirão Ipanema, a jusante de Barra Alegre. Constituída por sedimentos arenosos e cascalhosos, esta área é claramente embutida nos terraços aluviais, sendo abruptos seus contatos com os taludes subverticais que a bordejam. Esta unidade está sujeita, pelo menos em parte, a inundações periódicas;

**1.3.2.4-Terraço aluvial baixo ou “Planície Fundamental”-** trata-se indubitavelmente, da unidade geomorfológica mais expressiva no município, formada pelas ações morfodinâmicas associadas dos rios Piracicaba e Doce. Apresenta como principal característica uma superfície plana (altitude entre 230m e 245m) que abriga a maior parte do aglomerado urbano, onde, aparentemente, não existem problemas de estabilidade geotécnica. No entanto, ela é constituída por espessos pacotes de sedimentos aluviais (as sondagens a percussão indicam espessura superior a 40 metros), cuja textura varia entre as areias e as argilas, incluindo vários pacotes de argilas orgânicas em várias profundidades. Em caso de opção pela verticalização, como solução para a falta de espaços construtíveis, há fortes probabilidades de riscos geotécnicos associados a recalques diferenciais.

### **1.3.3 – Contexto bioclimático**

O contexto bioclimático do Vale do Aço apresenta os ingredientes necessários à caracterização de um ambiente tropical úmido, com cobertura florestal densa em condições naturais. No entanto, a superposição temporal e espacial de drásticas alterações antrópicas de origem agropecuária e urbano-industrial, transformou por inteiro a paisagem original, sobretudo a vegetal que só sobrevive no Parque Florestal do Rio Doce-PFRD, à margem direita do rio Piracicaba, no Município de Timóteo. O que se observa, atualmente, tanto na área urbana quanto nas áreas rurais circundantes, são encostas desnudas ou cobertas por capoeiras, quando não por reflorestamentos de eucaliptos.

#### **1.3.3.1 – Os solos**

No contexto pedológico da região, sob forte controle das características climáticas tropicais, percebe-se a predominância de solos vermelho-amarelos representados pelas classes dos latossolos, cambissolos, podzólicos e aluviais eutróficos (A & M Consultores Associados Ltda, 1996).

Os latossolos vermelhos-amarelos distróficos são encontrados comumente nas porções elevadas dos terrenos, sendo altamente representativos dos topos dos morros, *“onde a pedogênese teve o tempo necessário para promover a formação dos solos mais velhos da paisagem brasileira”*. São solos minerais profundos, bem a excessivamente drenados, bastante porosos e permeáveis, com sequência de horizontes A-Bw-C de difícil diferenciação. Os teores de argila permanecem constantes ao longo do perfil, sendo comum a fração argila atingir 80%, com baixa proporção da fração areia, enquanto a dos siltes pode variar de 10% a 20%.

Em direção à base das encostas, a partir da linha de declive que marca a ruptura com a posição superior da encosta, há o predomínio de cambissolos distróficos, solos minerais não hidromórficos, com horizonte B incipiente ou câmbico, subjacente a um horizonte A. Os teores de argila e silte são superiores a 20% e 15%, respectivamente, em sua composição granulométrica. No entorno de Ipatinga,

há ocorrência de solos pouco desenvolvidos, com domínio da fração silte sobre os demais. São solos rasos, possuindo sequência de horizontes A-Bi-C.

Os solos podzólicos marcam a transição dos solos câmbicos, quando a morfologia é caracterizada por declives mais fortes. Estes solos são posicionados na porção inferior das encostas, marcando a transição da vertente propriamente dita com os eventuais níveis de terraços. Eles se caracterizam por serem solos minerais e não hidromórficos, com horizonte B textural, perfil bem desenvolvido, profundo e medianamente profundo, bem a moderadamente drenado, além de sequência de horizontes A-Bt-C.

Pelo fato de apresentarem textura variável, sendo mais comum a média-argilosa ou muito argilosa, esses solos são bastante susceptíveis à atividade erosiva, pois a drenagem interna é restrita por causa do horizonte B argiloso (acumulação de argila no horizonte B, como herança do processo de iluviação). Quando situados em relevos mais acidentados, é comum neles a ocorrência de movimentos de massa, do tipo rastejamento, ou deslizamentos parciais. Por fim, deve-se ressaltar propriedades químicas variáveis e caráter distrófico bastante pronunciado.

Os solos aluviais eutróficos, formados por materiais não consolidados de deposição recente, apresentam-se em camadas estratificadas, sem inter-relação genética, ao longo do trecho do médio rio Doce, na confluência do rio Piracicaba. Neles, os horizontes não são bem diferenciados. Porém, em algumas ocorrências, consegue-se identificar alguns horizontes A ou B.

Normalmente, são solos profundos, com características morfológicas extremamente variáveis, de acordo com a natureza do material sedimentar constituinte. São, também, solos jovens, pouco desenvolvidos e de drenagem variável. Eles englobam solos que, atualmente, sofrem inundações e eventos de deposição periódicos.

Segundo FJP (1979), existem também solos aluviais mais desenvolvidos, que, por terem sido formados sobre depósitos aluviais antigos, já refletem melhor a influência do clima e da vegetação tropicais.

Os solos formados sobre sedimentos aluviais arenosos possuem baixa aptidão agrícola, enquanto os formados sobre sedimentos areno-argilosos apresentam melhor aptidão agrícola.

#### 1.3.3.2 – O clima

O clima da região é quente (temperatura média de 24°C) e úmido (pluviometria anual média de 1500 mm), sendo enquadrado no tipo *Aw* pela classificação de *Koeppe*n. É, portanto, um clima tropical com duas estações bem individualizadas: verões chuvosos e invernos secos (Tabela 2). De acordo com FJP (1978), a massa de ar mais atuante na região, durante o verão, é a Massa Equatorial Continental (mEc). Originada na Amazônia, ela recobre a região sudeste do país nesta estação, sendo responsável pelas precipitações marcantes durante este período.

**Tabela 2: Distribuição Temporal da Precipitação Média Anual**

PERÍODO	PROPORÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL
Setembro a Novembro	25 %
Dezembro a Fevereiro	50 %
Março a Maio	20 %
Junho a Agosto	05 %

Fonte: Fundação João Pinheiro (1978)

A amplitude térmica anual é muito baixa (5°C), mas nota-se uma nítida variação nas condições térmicas, com temperaturas mais baixas a sudoeste (18°C) e crescentes em direção a leste (24°C). Esta queda da temperatura, a sudoeste, é diretamente relacionada com as altitudes mais elevadas na unidade de morros e esporões (Saadi *et al.* 1991). Apesar de reduzida, esta variação ocorre durante o período mais frio que, na porção sudoeste, caracteriza o trimestre de junho-agosto, quando as mínimas podem ser inferiores a 10°C durante curto tempo, normalmente em julho, mês mais frio.

Quanto ao trimestre mais quente, este se estende de dezembro a fevereiro, sendo, normalmente, fevereiro o mês mais quente.

A figura 5 mostra a evolução da temperatura média mensal ocorrida na cidade de Ipatinga, durante os últimos anos. Percebe-se que, durante este período, a amplitude térmica parece ter se ampliado pois a diferença entre a menor temperatura registrada (19.6°C, em julho 1996) e a maior (28.9°C, em outubro 1996), alcançou 9.3°C. Por outro lado, a característica de clima permanentemente quente é ilustrada por temperaturas que não descem abaixo de 20°C, salvo raras oportunidades.

No que diz respeito à sazonalidade das chuvas, ela é bem nítida em Ipatinga, onde as chuvas ocorrem com maior frequência durante os meses de verão. Durante o trimestre marcadamente chuvoso (dezembro-fevereiro), ocorrem 50% das precipitações anuais (tabela 2 e figura 6). Durante os meses de dezembro e janeiro, as chuvas podem ocupar até 25 dias por mês. Este período é o dos maiores aguaceiros, apesar dos mesmos serem considerados moderados, com índices de 120 mm em 24 horas, pois em outras regiões estes índices alcançam até 400 mm.

O trimestre mais seco, compreende os meses de junho, julho e agosto, período em que ocorrem 5% das chuvas anuais, sendo que o número de dias com chuvas podem não ultrapassar 1 dia (tabela2).

A partir de análises de dados meteorológicos, fornecidos pela USIMINAS, obtidos das Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar, controladas pela empresa, foi possível precisar algumas conclusões sobre o comportamento do regime dos ventos. Estes dados são referentes aos anos de 1994, 1996, 1999 e 2000, e indicam a distribuição total e a direção preferencial dos ventos nestes períodos (figura 7).

Figura 5: Temperatura média mensal, na estação da USIMINAS, em Ipatinga, entre 1994 e 2000 (Fonte dos dados originais: USIMINAS)

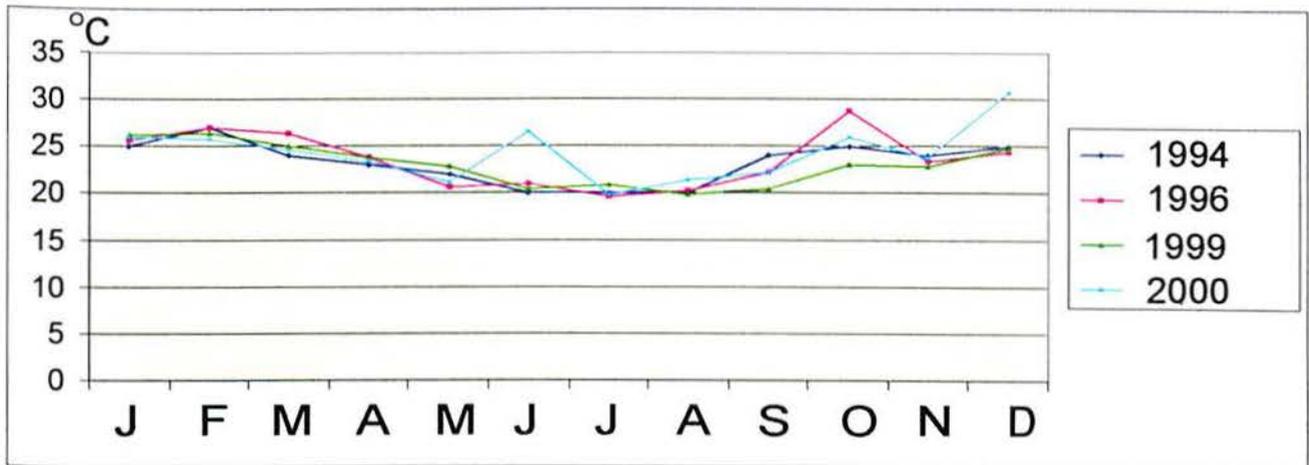


Figura 6: Precipitação mensal na estação da USIMINAS, em Ipatinga, entre 1994 e 2000 (Fonte dos dados originais: USIMINAS)

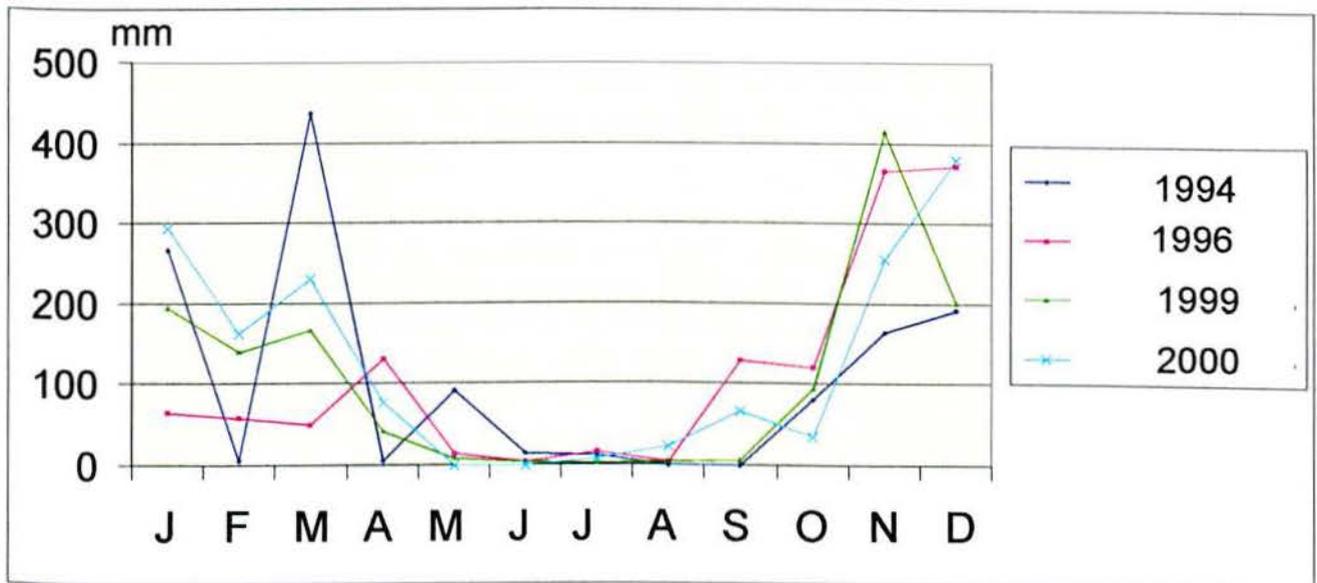
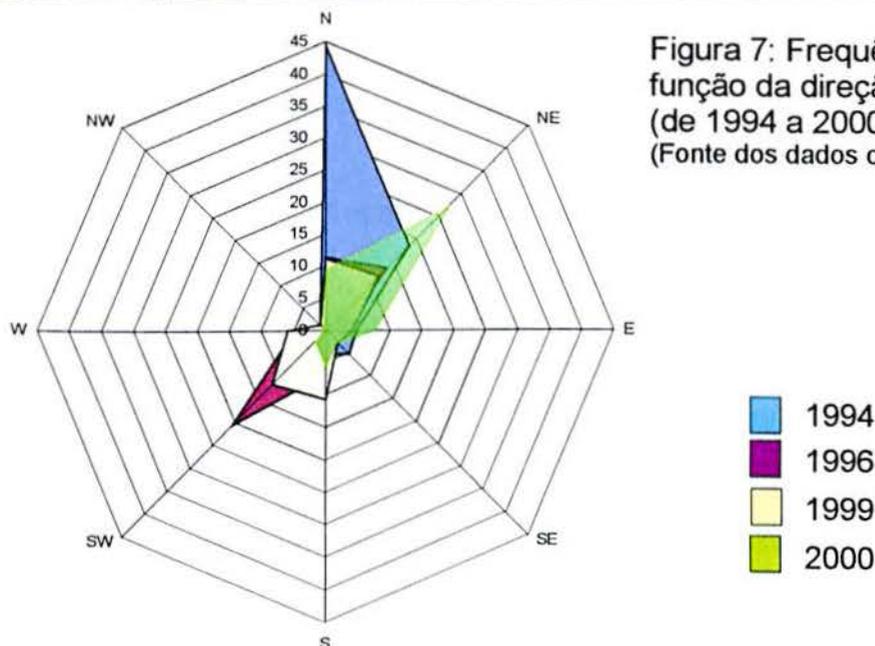


Figura 7: Frequência dos ventos, em função da direção, em Ipatinga-MG (de 1994 a 2000, em %) (Fonte dos dados originais: USIMINAS)



As principais conclusões são:

- ✓ Os ventos têm direção de escoamento predominante de nordeste para sudoeste, apenas em 1994 a direção preferencial foi de norte (44,55%). Estes dados coincidirão quase que totalmente com os estudos realizados pela Fundação João Pinheiro, 1978;
- ✓ O tempo global de distribuição dos ventos ultrapassa a 50%, sendo que em 1994, ocorreu a maior incidência de ventos entre os anos analisados (80,2%). A menor incidência ocorreu em 1999 (59,41%);
- ✓ A direção preferencial dos ventos está intrinsecamente relacionada com a morfologia. Na direção NE-SW, o relevo deprimido entre os morros e esporões (Saadi et al. 1991), determina a direção dos ventos, oriundos das áreas de Alta Pressão das serras que circundam a grande depressão do rio Doce;

A Fundação João Pinheiro, 1978, complementando estes dados, definiu as velocidades dos ventos, de acordo com a Escala de Beaufort, para os ventos atuantes na região, sendo que os maiores índices são alcançados no verão. Ventos de 1,6 a 3,3 m/s. Com médias mensais entre 1,7 a 2,5 m/s – “Brisa ligeira, o vento é percebido pelo balanço das folhas e pela turbulência da fumaça”.

#### 1.3.3.3– A cobertura vegetal

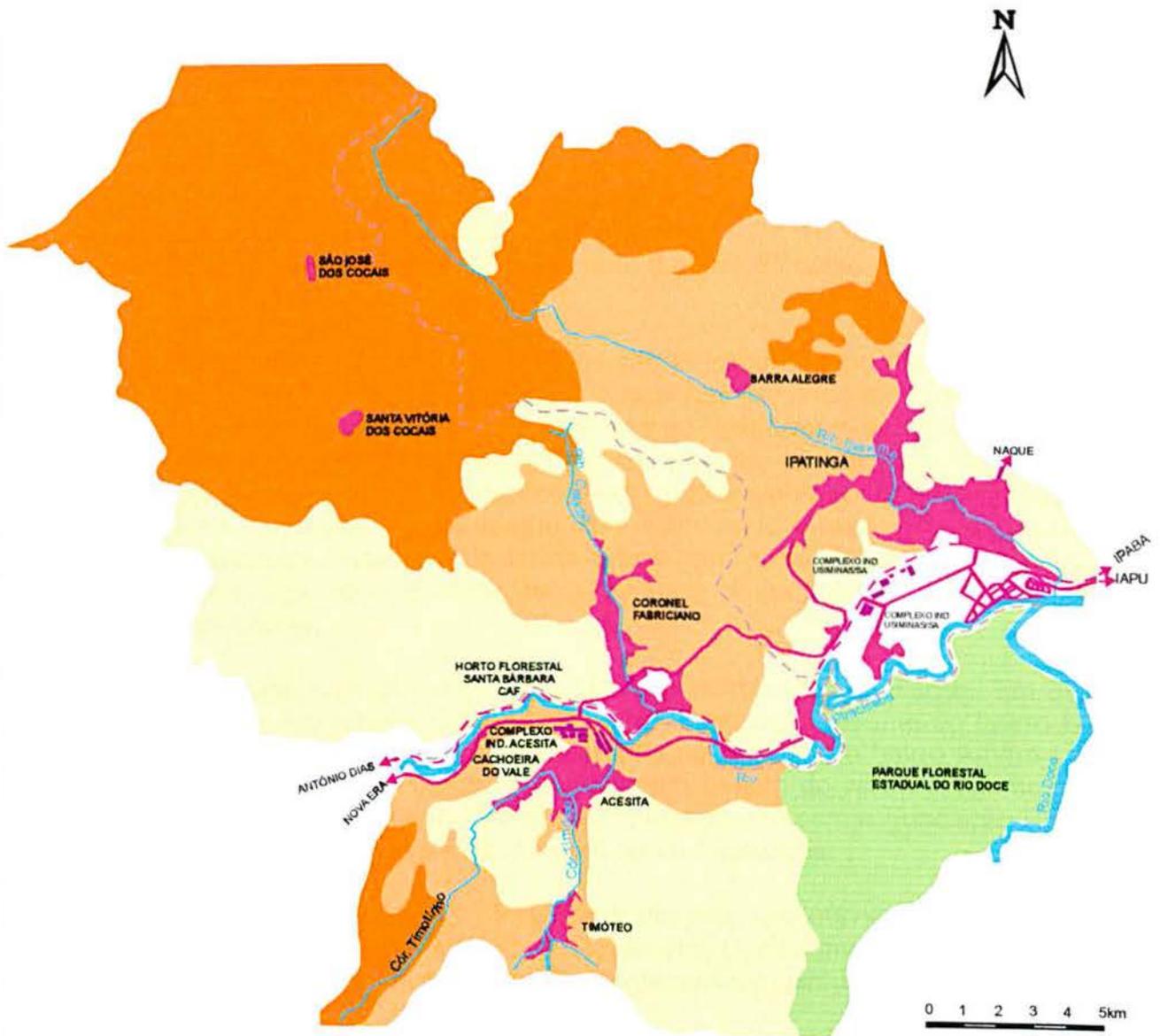
*“As matas beirantes do vazio verde eram divididas ao meio, formando no encontro das águas do rio Doce com o Rio Piracicaba, um bico de arado, que cunhava a terra, num corte profundo, separando a margem direita, mais larga e bonita, da esquerda, mais tímida e menos espraiada. O mundo verde de chão sem fim, toda vida por uma encosta, até a lagoa das Antas, famosa: quem passasse por perto, era apanhado pela febre malária. Mas a terra era boa mesmo, baixada de primeira, tão forte de preta que as plantas nativas cresceram demais, principalmente nas tiras de beira d’água, que acompanhavam o frescor de um barro semi-amarelo, argiloso e fino.*

*Sobrava a tal madeira de lei, sucupira nem se fala, braúnas, ipês, do amarelo e do roxo, ainda um faturão doido de peroba rosa. Léguas e mais léguas do chamado pau-mulato, fino e reto, folhas curtas, pegantes, descuidadas principalmente entre as pedras musguentas, onde aparecia viçoso e de nasçença”* (Guerra, 1978).

O autor representou com fidelidade uma Ipatinga de outrora, com toda a exuberância da sua selva impenetrável. Todavia, muito antes do início da ocupação praticamente toda a cobertura vegetal foi retirada, possivelmente pela ação das várias carvoarias que ali se instalaram para explorar a farta madeira para atender as necessidades energéticas das usinas próximas à região (Figura 8).

A flora caracterizada nos primórdios da ocupação através de fotointerpretação, na escala 1:12.000, apresenta um ecossistema florístico totalmente alterado, com grandes trechos totalmente expostos, indicando uma interferência antrópica altamente negativa para a região.

Figura 8: Situação dos principais tipos de uso da terra no Vale do Aço, em 1967  
(Fonte: CETEC, 1967)



### LEGENDA

	CURSO D' ÁGUA		FLORESTA TROPICAL
	LIMITE DE MUNICÍPIO		PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO
	RODOVIA		CAPOEIRA
	FERROVIA		CAMPO DE PASTAGEM
	INSTALAÇÃO INDUSTRIAL		ÁREA URBANIZADA

O município de Ipatinga encontra-se no domínio das Florestas Estacionais Semi-Deciduais, a terminologia utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, para substituir a cobertura vegetal que usualmente é denominada “Mata Atlântica”, de forma indevida para esta região. Pois, devido ao afastamento do litoral e às barreiras orográficas, o índice de chuvas é muito reduzido em relação ao domínio das Florestas Ombrófilas Densas (Mata Atlântica) ao longo da costa litorânea, originando em função disso uma cobertura vegetal adaptada a condições climáticas mais adversas, com quedas parciais das folhas nos períodos mais secos.

Nas áreas onde a mata original foi retirada, uma nova cobertura vegetal está sendo recomposta por uma vegetação denominada capoeira, para os locais onde as árvores alcançam um porte médio, com plantas de 03 a 10 metros de altura. Nos locais onde esta vegetação apresenta-se com árvores de baixo porte e com troncos finos foi denominada de capoeirinha.

A cidade tipicamente industrial apresenta atualmente uma grande área verde, superior aos índices indicados para uma cidade nos mesmos moldes, circundando praticamente todo o sistema viário e os trechos ao longo das grandes planícies. Nos terrenos, de propriedade da siderúrgica em sua maioria, as encostas não ocupadas, a reposição vegetal com plantas exóticas, principalmente os eucaliptais, são marcantes na paisagem. Ao passo que, nos locais onde a expansão da ocupação urbana ocorreu nas encostas, de forma quase que generalizada a vegetação foi retirada, agravando os problemas de segurança da população e dificultando o planejamento urbano.

A mata ciliar está presente ao longo do principais cursos d'água. Em alguns trechos bastante devastada, como no Ribeirão Ipanema, a jusante do bairro Barra Alegre. Em outros locais, como a área compreendida desde o bairro Amaro Lanari até o local denominado de ilha do Rio Doce, um projeto de reflorestamento criado pelo engenheiro florestal Millôr Sabará (1997) juntamente com a Fundação Relictus, garantiu a manutenção da mata na margem do rio Piracicaba.

Da margem direita do Rio Piracicaba até sua confluência com o Rio Doce, área compreendida pelo Parque Florestal do Rio Doce, uma exuberante floresta cuidadosamente preservada nos dias atuais intensifica o “cinturão verde” da cidade.

É notória a presença positiva que acompanhou a implantação da usina no que se refere a recuperação de espaços verdes ao longo de toda a aglomeração urbana, associados também a uma política de preservação entre a população, que apesar de incipiente, bons resultados são computados na região.

#### **1.3.4– Contexto hidrológico**

O município de Ipatinga está inserido na grande Bacia do Rio Doce. Esta apresenta um elevado potencial hidrológico, pois é abastecida por vários cursos d'água de grandes dimensões. Esta situação apresenta, ao mesmo tempo, vantagens e desvantagens. As vantagens são oriundas do fato de que uma região rica em água, facilita o processo ocupacional, uma vez que o problema de disponibilidade de água para abastecimento torna-se menos crucial.

As desvantagens são provenientes da questão ligada à preservação dos mananciais e dos cursos d'água, o que pode muitas das vezes não ocorrer, devido

aos desmatamentos realizados em torno das nascentes e ao longo das margens, bem como ao lançamento de lixo nos leitos dos rios, principalmente dos que banham as áreas urbanas.

#### 1.3.4.1 – A rede hidrográfica

Dentre os principais cursos d'água que banham o Município de Ipatinga, três serão abordados com mais detalhes, devido à importância que os mesmos representam para a região (tabela 3).

**Tabela 3: Características gerais dos principais cursos d'água da região de Ipatinga**

Cursos d'água	Extensão em km	Área da bacia km <sup>2</sup>	Vazão mínima l/s
Rio Doce	300	20.000*	73.000
Rio Piracicaba	200	6.300	19.400
Ribeirão Ipanema	30	138	540

Fonte: FJP, 1978 (\*Média aproximada da nascente à confluência com o Rio Piracicaba)

O Rio Doce tem sua nascente na Serra da Mantiqueira, no estado de Minas Gerais, próximo a cidade de Barbacena, onde recebe o nome de Xopotó, até alcançar a cidade Senador Firmino, onde se lança no rio Piranga. A partir da confluência deste com o Ribeirão do Carmo, passa a ser denominado rio Doce. O nome Doce foi dado ao rio por Sebastião Fernandes Tourinho, enviado da corte para comandar a expedição de desbravamento da região, no início do século XV, quando ele teria *"encontrado no mar água doce, defronte deste rio, a seis milhas da barra, atribuindo-lhe então o nome de Rio Doce"* (Guerra, 1978).

O Rio Doce tem direção geral norte, como se estivesse se dirigindo para o rio São Francisco, mas na cidade de Governador Valadares, experimenta uma grande curva, infletindo para sudeste. Nas proximidades com o estado do Espírito Santo, ele toma a direção leste, atravessando o estado até alcançar a desembocadura no Oceano Atlântico.

Apesar de ser um rio que corta áreas de planaltos, o rio Doce possui, em grande parte do seu percurso, características típicas de rio de planície, com escoamento lento e margens distanciadas, baixas e alagadiças.

Entretanto, a grande maioria de seus afluentes, como o rio Piracicaba, apresenta um curso irregular e bastante encachoeirado, o que garante um grande potencial hidroelétrico para os mesmos, representado pela expansão das numerosas pequenas a médias unidades hidrelétricas implantadas e projetadas ao longo dos seus cursos.

A bacia do Rio Doce, naturalmente, apresenta um significativo potencial econômico, através da atividade mineradora, da agropecuária, da energia hidrelétrica, entre outros. Mas ela é, na realidade, uma região onde os índices econômicos são baixos, em quase toda a bacia. As condições sociais acabam sendo relegadas a planos secundários pelos órgãos governamentais, acentuando ainda mais os problemas locais.

No meio da vastidão de áreas economicamente pobres espalhadas na bacia, uma se destaca pelo elevado Produto Interno Bruto, superior a um bilhão de reais, e

exerce um papel polarizador sobre a economia de vários municípios. Toda sua riqueza está atrelada à presença de grandes unidades siderúrgicas, concentradas no trecho compreendido pelo médio curso do Rio Doce: O Vale Do Aço.

Esta região constitui a sede da maior indústria siderúrgica da América Latina, baseada na USIMINAS em Ipatinga e na ACESITA em Timóteo. O vale adquiriu estas características nos anos 40, com a ACESITA, e fortaleceu sua aptidão industrial com a USIMINAS, nos anos 60. A partir de então, o vale passou a ser referência nacional, como uma das regiões chaves para a economia brasileira, pela produção de um dos melhores aços mundiais, que seria o setor básico para atrair as empresas transnacionais, e seria também um dos principais produtos brasileiros de exportação.

Novamente, a presença de grandes rios foi um dos pré-requisitos fundamentais para a escolha do local de instalação deste pólo siderúrgico. Ao longo da confluência do Rio Doce com o Rio Piracicaba, a USIMINAS se instalou e, posteriormente, a cidade de Ipatinga nela se desenvolveu. É do rio Piracicaba que toda a água de abastecimento da usina é retirada. Dos aquíferos aluviais, situados a montante da grande planície fundamental, provém todo o abastecimento d'água da população de Ipatinga.

A cidade cresceu ao norte da confluência dos rios Doce e Piracicaba. Todavia, a principal sub-bacia de drenagem, responsável pelo escoamento da maior área urbanizada é a do Ribeirão Ipanema, com uma extensão de 30 km.

O ribeirão Ipanema é o maior referencial hídrico da área urbana. Toda sua bacia se localiza dentro dos limites do município de Ipatinga. Este ribeirão exerce o papel de um dos principais elementos de lazer para a população local, que se diverte no Parque Ipanema, um ambiente saudável e familiar criado na margem direita do ribeirão, com lagos artificiais, pista de corrida, equipamentos de ginástica, locais de recreação para as crianças, passeios de "Maria Fumaça" ao longo do parque. Ao mesmo tempo, ele é, no verão, o principal responsável pelos problemas das cheias, devido a ocupação indevida de suas margens, caso típico do bairro Limoeiro e do antigo centro, hoje recuperado e transformado num novo ambiente de lazer

Na ocasião da grande enchente de 1979, Ipatinga registrou o maior número de vítimas fatais em toda a bacia do rio Doce, um total de 43 pessoas. Todas estas perdas ocorreram nas margens do ribeirão Ipanema, principalmente por causa de deslizamentos e do transbordamento de seu leito. Desde então, projetos de retificação do ribeirão foram realizados para amenizar as consequências das cheias, em vários trechos do seu percurso. Entretanto, o que se percebe, é a continuidade dos efeitos das inundações em vários bairros situados a montante da área central da cidade, com perdas parciais e/ou totais das moradias que avançaram sobre a planície de inundação do ribeirão. Isto ficou claro com os acontecimentos penosos que atingiram os moradores desta área, durante as últimas enchentes que marcaram o período chuvoso de 1999/2000.

#### **1.3.4.2– As águas superficiais**

O conhecimento das vazões mínimas, médias e máximas dos rios é de suma importância, pois é fundamental para dimensionar projetos de irrigação, construção de hidrelétricas, abastecimento, navegação, etc.

Devido à variabilidade sazonal e inter-anual das chuvas, as vazões variam durante o ano, como também de um ano para outro. As vazões máximas são diretamente relacionadas às precipitações pluviométricas, enquanto as vazões mínimas são, geralmente, condicionadas pelas restituições d' água do lençol freático. Em casos extremos, onde as precipitações são muito escassas, as variações das vazões podem levar o rio a secar totalmente, caso dos rios intermitentes, comuns no Nordeste Brasileiro e nas regiões norte e nordeste do estado.

Por causa da carência de estações de medições dos níveis d'água dos rios que banham o município de Ipatinga, os dados analisados neste trabalho ficaram concentrados na variação das vazões do rio Piracicaba, rio de regime pluvial como a maioria dos rios brasileiros, baseando-se em dados coletados na estação de Coronel Fabriciano. Estes dados foram extraídos de um relatório elaborado pela empresa Hidrosistemas, fornecido pela USIMINAS, e cobrem um extenso período de tempo: de 1938 a 1984. Foram registradas todas as vazões mínimas e máximas do rio Piracicaba, coletadas na estação de Coronel Fabriciano, situada 3 km a montante da bateria de poços da COPASA instalada no bairro Amaro Lanari (Figura 9a).

Nota-se, de início, a relativamente baixa variação registrada nas vazões mínimas do rio Piracicaba, comparativamente ao comportamento das vazões médias e máximas, mesmo quando as mesmas são seguidas de intensos aguaceiros, como os registrados em 1961 e particularmente em 1979, período da grande enchente que atingiu toda a bacia do rio Doce. Isto demonstra o papel preponderante exercido pelo armazenamento de água subterrânea na manutenção do escoamento fluvial. Neste caso, mesmo que na região também grande parte da cobertura vegetal foi retirada, isto não alterou o volume de armazenamento do lençol freático local. A média das variações nas vazões mínimas é de  $35\text{m}^3/\text{s}$ . Com a maior vazão mínima, registrada em 1948/49, igual a  $90\text{ m}^3/\text{s}$ , e a menor registrada em 1980/81, igual a  $15\text{ m}^3/\text{s}$ , a variação máxima registrada em 46 anos foi igual a  $75\text{ m}^3/\text{s}$  (ou fator multiplicador de 6 vezes).

No caso das vazões máximas, os valores registrados no mesmo período sofreram variação máxima mais acentuada, tendo oscilando entre  $236\text{ m}^3/\text{s}$ , em 1939/40, e  $1990\text{ m}^3/\text{s}$ , em 1978/79 (isto corresponde a um fator multiplicador de 8,4 vezes).

É interessante notar que:

1. a menor vazão mínima de  $15\text{m}^3/\text{s}$ , registrada no ano 1980/81, a menor de todas, correspondeu a uma baixa vazão máxima, intercalou-se de dois anos de altíssima vazão máxima ( $1990\text{ m}^3/\text{s}$  em 1978/79 e  $1635\text{ m}^3/\text{s}$  em 1979/80) e foi também seguida de ano de alta vazão máxima ( $1045\text{ m}^3/\text{s}$  em 1981/82 );
2. a maior parte dos anos de maiores vazões máximas (a média dessas situa-se em  $600,34\text{ m}^3/\text{s}$ ) apresenta vazões mínimas bem baixas e inferiores à média dessas ( $38,6\text{ m}^3/\text{s}$ ), como os de 1962/63 ( $788$  e  $30\text{ m}^3/\text{s}$ ), 1976/77 ( $786$  e  $25\text{ m}^3/\text{s}$ ), 1978/79 ( $1990$  e  $33\text{ m}^3/\text{s}$ ), 1979/80 ( $1635$  e  $23,7\text{ m}^3/\text{s}$ ) e 1981/82 ( $1045$  e  $37\text{ m}^3/\text{s}$ ).

Esses dados parecem demonstrar uma forte independência do escoamento superficial com relação ao escoamento básico, ou seja ao armazenamento do lençol freático, o que configura uma situação original.

Figura 9a: Evolução temporal da vazões do rio Piracicaba em Coronel Fabriciano  
 (Dados extraídos de relatório da Hidrosistemas, cedidos pela USIMINAS)

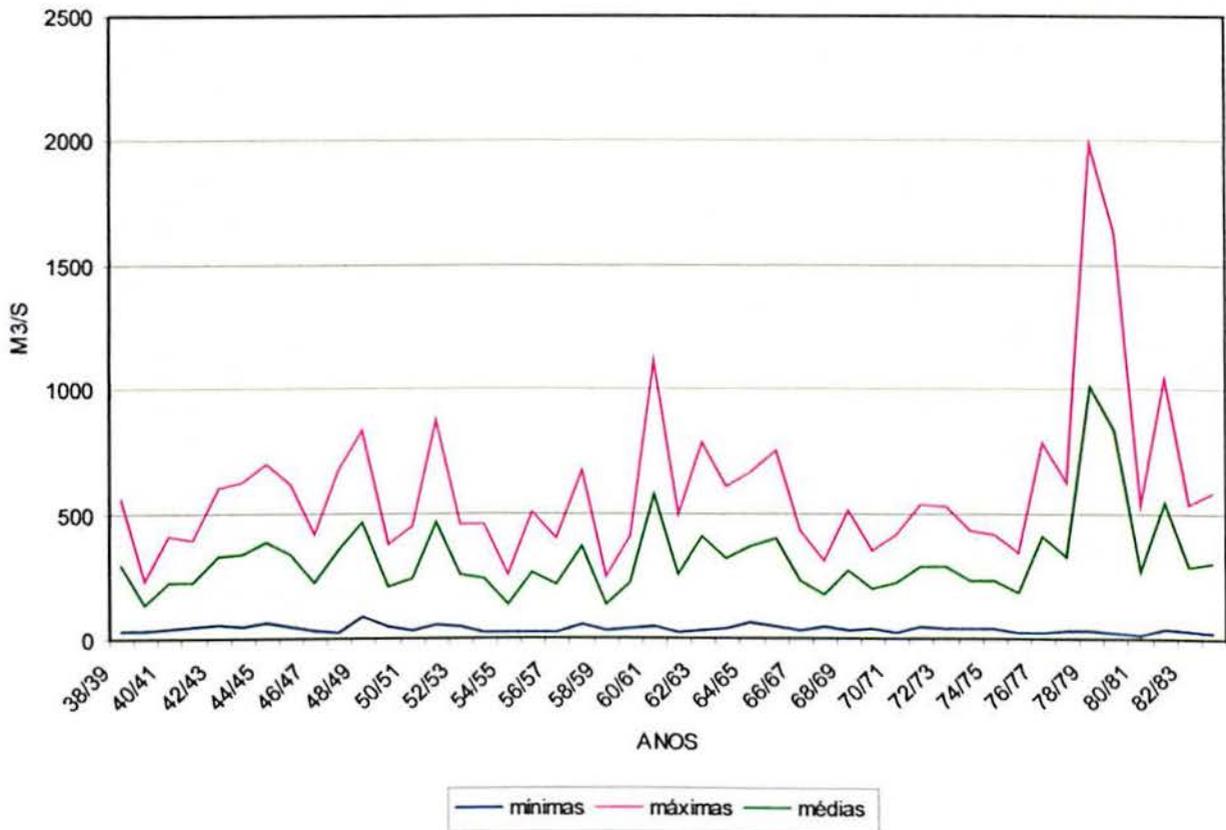
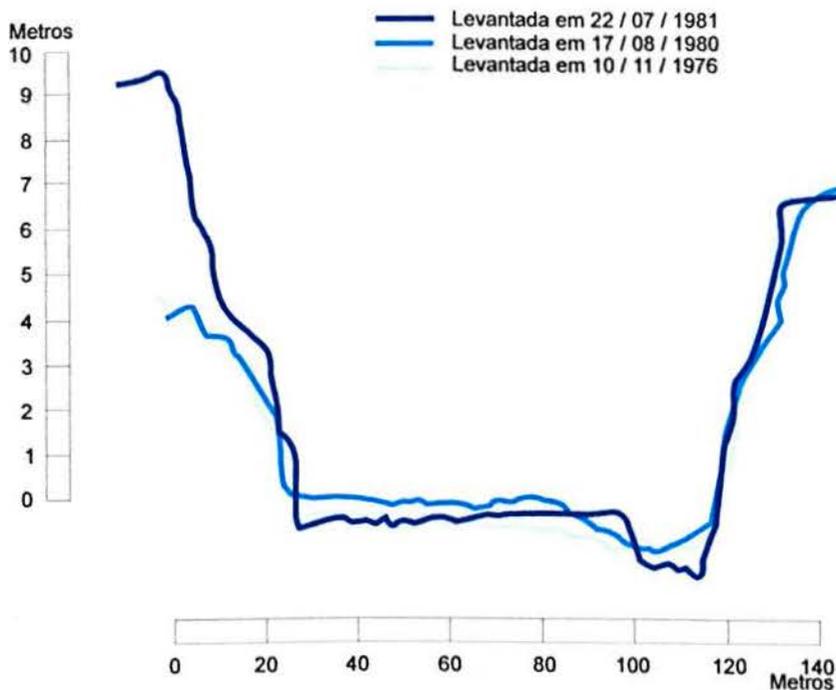


Figura 9b: Evolução da morfologia da seção do canal fluvial  
 rio Piracicaba em Timóteo (Estação 56695000)



Apesar disso, as variações das vazões superficiais não perdem importância, pois esta é claramente demonstrada pelo seu papel geomorfológico (Figura 9b). Observa-se que a geometria da seção do canal é bastante móvel, em resposta à alternância de fenômenos de erosão-sedimentação controladas pelas referidas variações, em associação com as conseqüências das alterações antrópicas ocorrendo em na bacia.

#### 1.3.4.3– As águas subterrâneas

As águas subterrâneas representam cerca de 95% da água doce do planeta, sendo o restante contido em rios, lagos e outros. Muito além do significado dessa informação, a importância fundamental das águas subterrâneas é ilustrada pela importância social de seu uso, que sofreu um forte aumento nas duas últimas décadas. Em função de um crescente aumento da demanda e da má qualidade das águas de superfície, só na América Latina países como Venezuela, México, Peru, Chile, entre outros, transformaram-se em grandes utilizadores e dependentes das águas subterrâneas.

Isto se explica pelo fato de seu uso apresentar sérias vantagens, tais como:

- ❖ custos de construção das obras de captação relativamente menores que os ligados ao uso das águas superficiais;
- ❖ qualidade normalmente adequada ao consumo humano, sem que seja necessário adotar tratamentos especiais, excetuando casos de contaminação natural ou artificial, principalmente por indústrias, atividade agrícola-pecuária ou por resíduos domésticos ou minerais;
- ❖ boa alternativa para pequenas aglomerações urbanas ou zonas rurais.

A quantidade e a qualidade das águas subterrâneas são fatores de suma relevância. A alteração de um desses pode acarretar conseqüências imprevisíveis, custosas e, em alguns casos, insolúveis. Assim, a atenção dada à preservação dos reservatórios subterrâneos torna-se primordial, principalmente quando se verifica um descaso por parte dos órgãos públicos, que teimam em não cuidar daquilo que não é diretamente exposto aos olhos.

No caso de Ipatinga, de acordo com a configuração geológica da região, é possível identificar dois tipos de aquíferos. Nas extensas áreas sustentadas, predominantemente, por rochas cristalinas graníticas e gnáissicas, compõe-se um ambiente favorável à ocorrência de aquíferos confinados ao longo das estruturas tectônicas, como falhas e fraturas. Isto caracteriza, principalmente, a parte oeste do município, onde o substrato rochoso pré-cambriano é mais aflorante.

Por outro lado, aquíferos aluviais alojam-se em ambientes granulares constituídos pelos espessos pacotes de sedimentos aluvionares que preenchem as planícies, com espessuras que atingem 70 metros. Esses aquíferos compõem, ao longo da planície do rio Piracicaba, nos municípios do Vale do Aço, os mananciais explorados pela COPASA para abastecer as cidades do aglomerado urbano.

Informações extraídas da re-interpretação de sondagens a percussão mostram que, em alguns bairros como Bom Jardim e Veneza e em grandes trechos do médio-baixo ribeirão Ipanema, esses aquíferos apresentam um nível piezométrico sub-aflorante durante praticamente o ano inteiro. Mas, ao longo da área urbana central de Ipatinga, ocorrem importantes variações na profundidade do nível

piezométrico relacionado com o aquífero contido nos sedimentos do ribeirão Ipanema. Este parece estacionar numa profundidade próxima a 10 metros, durante o verão úmido, mas sofrer rebaixamento de até 4 metros, durante o período de estiagem invernal, quando alcança a profundidade de 14 metros, aproximadamente.

No entanto, essas variações não gerem maiores problemas para o abastecimento para os principais usos da água no município de Ipatinga, em especial industrial e doméstico. O abastecimento para uso doméstico é realizado pela COPASA-MG, através de poços tubulares furados na planície aluvionar do rio Piracicaba, na estação do bairro Amaro Lanari (município de Coronel Fabriciano), situada logo a montante do município de Ipatinga. A USIMINAS, quanto a ela, extrai as águas que lhe são necessárias, diretamente do canal do rio Piracicaba. O volume excedente, tratado para uso doméstico, é vendido à própria COPASA que o comercializa junto aos usuários urbanos.

Os poços da COPASA atingem, em média, profundidade de 10 metros e permitem extrair vazões com média global de 20 m<sup>3</sup>/h, ou seja vazões altas com relação à média da Província Hidrogeológica regional do Escudo Oriental (inferior a 1-5 m<sup>3</sup>/h, para zonas fraturadas e 5-10 m<sup>3</sup>/h, para manto de rocha alterada e/ou fraturada, segundo Rebouças 1999/*In*: Teixeira *et al.* 2000).

A tabela 4 mostra que o atendimento às necessidade da população urbana é quase total, para o ano 2000, mas que há um elevadíssimo índice de perda d' água ocorrendo entre a entrada dessa na rede de distribuição e o consumidor final, índice sempre superior a 50%.

**Tabela 4: Abastecimento em água potável, a partir do lençol freático aluvial, em Ipatinga-MG (Fonte: Copasa-MG)**

ANO	População Urbana		Volumes d' água em m <sup>3</sup>		
	População Total	População Atendida	Aduzido	Distribuído	Consumido
1991	206571	177793	1281948	1399751	800257
1992	184368	170964	1286599	1418699	678028
1993	189162	176634	1238531	1296183	759683
1994	186622	163598	1513899	1341838	763411
1995	189421	168844	1583127	1373628	748021
1996	192262	176889	1477832	1480552	766326
1997	195146	184418	1516694	1736849	833301
1998	201114	191079	1378509	1589855	850254
1999	204574	202053	1595302	1645020	865357
2000	208093	202900	1753501	1676980	849230

O abastecimento de cidades, parcial ou totalmente, por águas subterrâneas pode enfrentar alguns graves problemas, ligados a alterações tanto da quantidade das águas, quanto de sua qualidade.

Em Ipatinga, como todo o abastecimento doméstico é oriundo da exploração dos aquíferos alojados nos sedimentos da planície do rio Piracicaba, no bairro Amaro Lanari (município de Coronel Fabriciano), os cuidados têm que ser redobrados.

Conforme já ilustrado, não há risco de deficiência quantitativa e consequente super-exploração dos aquíferos, o que poderia ocasionar uma diminuição do nível da água subterrânea, por causa da perfuração de um grande número de poços ou pela proximidade entre as baterias e de sua contínua exploração. Mas, um sério problema pode tornar-se realidade, que é o da contaminação dessas águas.

Isto, principalmente porque já se evidencia a ocupação, ilegal e portanto desprovida de infra-estruturas sanitárias, de trechos da planície do rio Piracicaba por grupos sociais, em locais onde a COPASA extrai a água para abastecimento doméstico. Como, os sedimentos aluviais nestes trechos são muitos arenosos, a contaminação é facilitada. Este é, provavelmente, o mais grave de todos os problemas ligados às águas subterrâneas do aglomerado urbano local.

A contaminação se processa por duas vias distintas: através da infiltração da água de chuva, ou pelo movimento lateral dos agentes contaminantes, quando estes alcançam as águas subterrâneas.

Como os resíduos domésticos se transformam em nitratos, substâncias potencialmente cancerígenas, e estes mesmos resíduos podem conter organismos transmissores de enfermidades de origem hídrica (diarréia, tifo, cólera, entre outros), os riscos tornam-se reais e extremamente preocupantes.

Outra forma de contaminação é aquela ligada aos resíduos industriais. Mas, apesar da economia regional ser essencialmente ligada ao setor secundário, os riscos são menores, pois a captação da COPASA situa-se a montante da área industrial, reduzindo drasticamente as possibilidades nefastas de uma contaminação por metais pesados e compostos químicos.

As outras atividades suscetíveis de gerar formas de contaminação, ligadas à atividade agrícola e à exploração mineral, tornam-se pouco representativas, por serem pouco expressivas na região.

### **1.3.5– Síntese do contexto ambiental**

A cidade de Ipatinga apresenta grandes contradições nos aspectos ambientais. Intrinsecamente a todo um programa de conscientização provindos dos órgãos públicos (PMI) e também do setor privado, apesar de ser em menor escala, têm como consequência imediata relativa degradação ambiental.

Entre os impactos que atingem a região, o mais referenciado, sem dúvida, está relacionado à qualidade do ar, devido aos lançamentos de gases tóxicos pela USIMINAS. Nos dias atuais apresentam papel de degradação inferior a anos anteriores, onde foram registrados índices alarmantes de toxidez do ar, responsáveis pela ocorrência de chuvas ácidas na região. A essa mudança deve-se o papel fundamental dos órgãos públicos na fiscalização dos equipamentos utilizados pela usina para controlar a emissão de poluentes na atmosfera, garantindo melhor qualidade do ar.

Outro elemento importante a ser considerado é a presença da vegetação ao longo de toda a planície, mas sua escassez nas encostas, o que agrava problemas de deslizamentos, transporte de sedimentos para as partes planas, prejudicando o trânsito normal da cidade e assoreando os cursos d'água, que por sua vez intensificam sua capacidade de transbordamentos, levando às inundações que se tornam comuns nos períodos de maiores precipitações (dezembro a fevereiro), principalmente ao longo do ribeirão Ipanema e seus afluentes.

Os leitos dos rios também sofrem o impacto de serem despejo de lixo, tanto o doméstico, lançado aleatoriamente pela população, e principalmente o industrial, caso dos "bota-foras" da usina, nas margens do rio Piracicaba, no bairro Bom Retiro e nas margens do rio Doce, na área do distrito industrial.

A retirada da vegetação ao longo dos mananciais, também é fator a ser mencionado, pois ocorreram durante longo tempo, comprometendo os lençóis d'água e as nascentes do rios.

Mas, nem tudo é tão obscuro e pouco promissor. Ipatinga tem praticamente 100% de recolhimento de lixo e seu aterro é modelo de referência nacional. Mais de 90% da população tem acesso a rede de esgoto e tratamento de água.

Grandes projetos realizados juntos a órgãos públicos, como a COPASA, tratam da recuperação dos fundos de vales de proteção aos mananciais.

A recuperação de toda a margem do ribeirão Ipanema e do córrego Londrina, ao longo da parte central e a migração da população ribeirinha para uma área totalmente fora de riscos (bairro Planalto II), são fatos notáveis.

A participação popular junto aos organismos governamentais, para definição dos principais investimentos sociais, impulsionaram muitas mudanças positivas. Assim, todo um trabalho de divulgação junto a comunidade, ressaltando a importância da conservação e preservação do meio ambiente, passaram a ser elementos comuns na realidade de Ipatinga.

A inserção de Ipatinga no eixo turístico de Minas Gerais, acabou por estimular vários setores a participar da divulgação das belezas do lugar e isto expande o conceito de que uma cidade limpa e agradável é fundamental para a população e para atrair os turistas. Por que neste caso, a primeira imagem é a que permanece, não existe uma segunda chance.

É claro, que a perfeição absoluta não existe, ainda menos quando temos que considerar o fator progresso-homem. Mas muito tem sido realizado no quesito das melhorias ambientais. As indústrias são elementos arraigados a este espaço e não ocorre desenvolvimento sem alterações. O que tem sido realizado é um esforço conjunto da minimização destas alterações e isto já é grande feito.

## 2 – OBJETIVOS E MÉTODOS

### 2.1 - OBJETIVOS

#### 2.1.1 - Objetivo geral

Investigar o papel desempenhado pelas condições geomorfológicas no desenvolvimento da urbanização no Vale do Aço, a partir do exemplo da cidade de Ipatinga-MG, com enfoque especial nas potencialidades e limitações impostas pelo meio físico geológico-geomorfológico, em associação com os processos de mordinâmica fluvial.

Paralelamente, pretende-se demonstrar a viabilidade da realização de estudos de suporte geotécnico, a custo irrisório, baseando-se na re-interpretação de sondagens a percussão elaboradas para outros fins.

#### 2.1.2 - Objetivos específicos

- ❖ Analisar as relações existentes entre a configuração geomorfológica e o arranjo da malha urbana.
- ❖ Focalizar a investigação das relações Geomorfologia-Urbanização nas áreas de planícies aluviais, características da região do Vale do Aço.
- ❖ Avaliar a interferência de fatores humanos, tais como a especulação imobiliária, na alteração dessas relações.
- ❖ Analisar as condições de suporte à urbanização, oferecidas pelo substrato das planícies aluviais, principalmente considerando-se a tendência atual à verticalização.
- ❖ Caracterizar e mapear a dinâmica das enchentes atuais, como base para ações corretivas.

### 2.2 - METODOLOGIA

#### 2.2.1 - Os enfoques do trabalho

O trabalho será desenvolvido através de três abordagens

◆ A primeira abordagem enfocará o processo de adaptação urbana à organização geomorfológica. Com a análise da planta de ocupação e uso do solo elaborada pelo arquiteto Rafael Hardy Filho (1958), associando-a com as características geomorfológicas locais. A partir desta análise, verificar quais os pressupostos adotados para definir o projeto de urbanização obedecendo a hierarquia social que tão bem se vislumbra na paisagem da cidade com as áreas de melhor ocupação destinada aos funcionários da usina e garantindo dentro destas as de menores limitações para a chefia da empresa.

Ainda nesta primeira fase, demonstrar como ocorreu toda a expansão cronológica dos bairros, relacionado-os com geomorfologia, até chegar a planta urbana atual, priorizando as áreas de planícies que compõem a área urbana.

◆ A Segunda abordagem será composta de dois enfoques complementares. A primeira destacará a evolução da planície do Rio Piracicaba. Através do mapa geomorfológico, identificar as possíveis paleo-desembocaduras do rio, relacionando as variações dos “pacotes” de sedimentos, identificados a partir das análises das sondagens a percussão e vários perfis transversais dos diversos cursos d’água que cortam a região com as antigas trajetórias do rio Piracicaba.

A *posteriori*, o enfoque será a constituição sedimentológica das planícies como suporte à urbanização, visto que a cidade está iniciando o processo de verticalização, devido as limitações do meio físico ao avanço do crescimento dos bairros e esta verticalização está ocorrendo em áreas planas da região o que pode implicar em riscos futuros a estas edificações.

◆ A terceira abordagem enfatizará a morfodinâmica e os riscos ligados à dinâmica fluvial. Bairros, tais como, o Limoeiro, Amaro Lanari ( que apesar de pertencer ao município vizinho Coronel Fabriciano receberá uma atenção especial devido a grande influência que Ipatinga exerce sobre o bairro, devido a proximidade e pelo fato de ter sido ocupado pelos operários responsáveis pela construção da usina), são trechos onde a dinâmica fluvial desempenha um papel preponderante na morfologia do bairro, com as inundações frequentes que os assolam. Ao mesmo tempo destacar as planícies protegidas das inundações em função de obras de engenharia, caso do Novo Centro, Parque Ipanema e em trechos onde o córrego Ipanema foi retificado.

## **2.2.2 - Técnicas utilizadas**

### **2.2.2.1 - A foto-interpretação**

A metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho, incorporou a utilização de informações oriundas da interpretação de fotografias aéreas na escala de escala 1:8000. Essas informações dizem respeito às características geomorfológicas e suas relações com a urbanização. Foram utilizadas fotografias aéreas do vôo realizado em 1996, para a Prefeitura Municipal de Ipatinga. Foram, também, utilizadas fotografias aéreas em escala de 1:25.000, de um segundo vôo efetuado em 1998, para sistematizar as informações extraídas da cobertura mais antiga. Ferramentas de geoprocessamento servirão à manipulação do arquivo digital da carta topográfica do município, também disponibilizado pela PMI, que servirá de base para o mapa de detalhamento geomorfológico.

### **2.2.2.2 – As sondagens a percussão**

Associado a estes trabalho, um levantamento de sondagens a percussão de diversas áreas da malha urbana, gentilmente cedidas pela PMI e pela USIMINAS, serão os alicerces para um conhecimento aprofundado das condições litológicas do substrato das planícies aluviais, possibilitando a elaboração, no futuro, de um mapa geotécnico do município.

### **2.2.2.3 – A reconstituição fotográfica**

Uma riquíssimo acervo gráfico cedido pela USIMINAS, expõe minucioso estudo da comunidade local, inestimável pelas fotos representando toda uma história de sobrevivência e adaptação dos pioneiros naquele vazio verde, que anunciaram o amanhecer de Ipatinga, Guerra(1978).

Complementando os resultados desses instrumentos, valiosas informações foram extraídas de uma documentação bibliográfica de abrangência local que retrata a história da região, desde os primórdios da ocupação até a atualidade, possibilitando o acompanhamento da evolução e crescimento da cidade de Ipatinga e do aglomerado urbano do Vale do Aço.

Além disso, no decorrer de todo o trabalho, várias pessoas foram entrevistadas no objetivo de agregar maiores esclarecimentos a respeito de determinados fatos ou para enriquecimento de informações.

### **3- A ESTRUTURA E A ORGANIZAÇÃO DAS PLANÍCIES NO MUNICÍPIO DE IPATINGA.**

#### **3.1- Elementos de geomorfologia regional na literatura**

Ao analisar a morfologia da região correspondente à margem esquerda do médio rio Doce, que compreende um dos seus principais afluentes, o rio Piracicaba, Saadi (1991) lhe atribuiu a denominação de “Anfiteatro Escalonado da Margem Esquerda do Rio Doce”.

Segundo o autor, estas condições morfoestruturais originaram uma sub-bacia hidrográfica com forma de anfiteatro aberto em direção sudeste, onde vários degraus alongados na direção SW-NE e escalonados em sentido NW-SE, são concordantes com o sentido geral dos fluxos fluviais.

Neste anfiteatro, os principais tributários do rio Doce apresentam uma orientação predominante de NW-SE, com suas cabeceiras situadas na extremidade oriental da Cordilheira do Espinhaço Meridional e nas escarpas que, ao norte, formam o divisor hidrográfico com a bacia do rio Araçuaí.

Este rumo predominante para SE, opõe-se ao caimento geral dos degraus, que é preferencialmente para NW. Outro elemento merecedor de destaque é o fato dos rebordos dos principais degraus corresponderem às falhas de direção SW-NE, o que explica seus traçados retilíneos, mesmo que sejam relativamente descontínuos.

No interior dos degraus, a morfoestrutura é caracterizada por depressões alveolares, abrigando aglomerados de colinas convexas, com espessos mantos de intemperismo. Às vezes essas depressões encontram-se pontilhadas por pontões granito-gnaíssicos, espalhados em planícies aluvionares bem desenvolvidas nos alvéolos. Os rebordos são compostos “por enormes dorsos e paredões rochosos com tálus de detritos grosseiros na base” (Saadi, 1991). Neste contexto, os cursos d’água formam vales encaixados que antecedem cachoeiras e/ou corredeiras.

Um outro elemento da hidrografia regional que merece realce, é a ocorrência frequente de conjuntos de lagos no centro dos alvéolos.

A grande planície do rio Doce, que se desenvolve no último degrau, é circundada por escarpas retilíneas controladas por zonas de falhas de direção SW-NE.

No que diz respeito ao conhecimento dos depósitos sedimentares resultantes da morfogênese ocorrida durante o Cenozóico, há sérias limitações devido ao pequeno número e ao caráter fragmentário dos trabalhos realizados na bacia do rio Doce.

Meis & Monteiro (1979), em trabalhos relacionados à geomorfologia do Parque Estadual do Rio Doce, propuseram uma estratigrafia quaternária baseada em unidades morfo-estratigráficas e crono-estratigráficas. Segundo estes autores, essas “unidades morfo-estratigráficas são controladas por elementos morfológicos denominados “rampas”.

Trata-se de três níveis de rampas coluviais, parcialmente imbricadas em quatro níveis de terraços fluviais:

- ❖ A rampa R3, de maior altitude, pleistocênica, está associada a depósitos provenientes de fluxos de lama e detritos;
- ❖ A rampa R2, intermediária, de idade "neo-pleistocênica", estabelece relação com um terraço de agradação T3, cujos depósitos, que podem atingir até 35 metros de espessura, apresentam três fácies: A; fluxo de lama; B: misto ; C: fluvial típico;
- ❖ A rampa R1, inferior, provavelmente do Pleistoceno Superior, exhibe colúvios sobrepostos a um terraço de erosão T2.

Finalmente, um terraço T1 e um degrau To, representam os níveis fluviais holocênicos.

O terraço T3, inclui os lagos que compõem parte da morfologia do Parque Estadual do Rio Doce, estudado por Pflug (1969). Dos estudos deste autor podem ser extraídas as três seguintes conclusões:

- ❖ A gênese da planície do rio Doce teria sido condicionada por uma evolução policíclica, comandada por eventos climáticos, ora secos, ora úmidos, no decorrer do Terciário e do Quaternário;
- ❖ Para explicar a ocorrência dos climas secos, o mesmo se apóia em características dos materiais depositados, que apresentavam sedimentos "clásticos grosseiros e contendo feldspatos e micas inalterados";
- ❖ rebaixamento do nível de base regional, explicaria a posição superior do nível de terraço T3.

As interpretações de Pflug (1969) embasaram os estudos de Meis (1977), ao estudar a sequência de colmatagem dos lagos, elementos morfológicos comuns no referido parque. Como continuidade deste trabalho, foram apresentados os resultados de datação dos níveis de turfa enterrados nesta sequência (Meis & Monteiro, 1979). Os resultados indicaram idades holocênicas, no intervalo de  $3.365 \pm 155$  anos B.P. a  $9.840 \pm 220$  anos B.P., para sedimentos localizados entre 3 a 7 metros de profundidade.

Os estudos de Barbosa & Kohler (1981), com base em foto-interpretação concluíram que os lagos são ligados à formação de um "rift regional localizado" de direção N-S.

Os mesmos autores destacaram a ocorrência de subsidências associadas às desembocaduras de alguns afluentes do rio Doce, tais como, o rio Revés de Belém e os ribeirões Turvo e Mombaça, com base nos critérios morfológicos "dimensão da planície" e "volume e dimensão do curso d'água".

As mesmas idéias de influência da atividade neotectônica foram defendidas por Suguio & Kohler (1992), para explicar a evolução dos lagos do Parque Estadual do Rio Doce.

Segundo Saadi (1991), *“as subsidências assinaladas ao lado das epirogenias descritas por estes autores, deviam representar meio-grabens, visto que são sempre acompanhados por basculamento em direção NE-NW. Além do mais, as principais falhas controladoras pertencem também à direção E-W e não só NE-NW.”*

Os trabalhos de Souza & Saadi (1993), baseados em análise morfotectônica de toda a bacia do rio Doce, confirmam a existência de um compartimento tectonicamente rebaixado na área da depressão do médio rio Doce. E os mesmos autores assinalaram o papel ímpar das falhas de direção E-W na organização geomorfológica da bacia.

Por fim, destaca-se que Saadi (1991), com base no volume de dados disponíveis, apresentou um modelo de evolução morfotectônica da região, em caráter preliminar, devido a impossibilidade de atribuir idades absolutas aos diversos eventos.

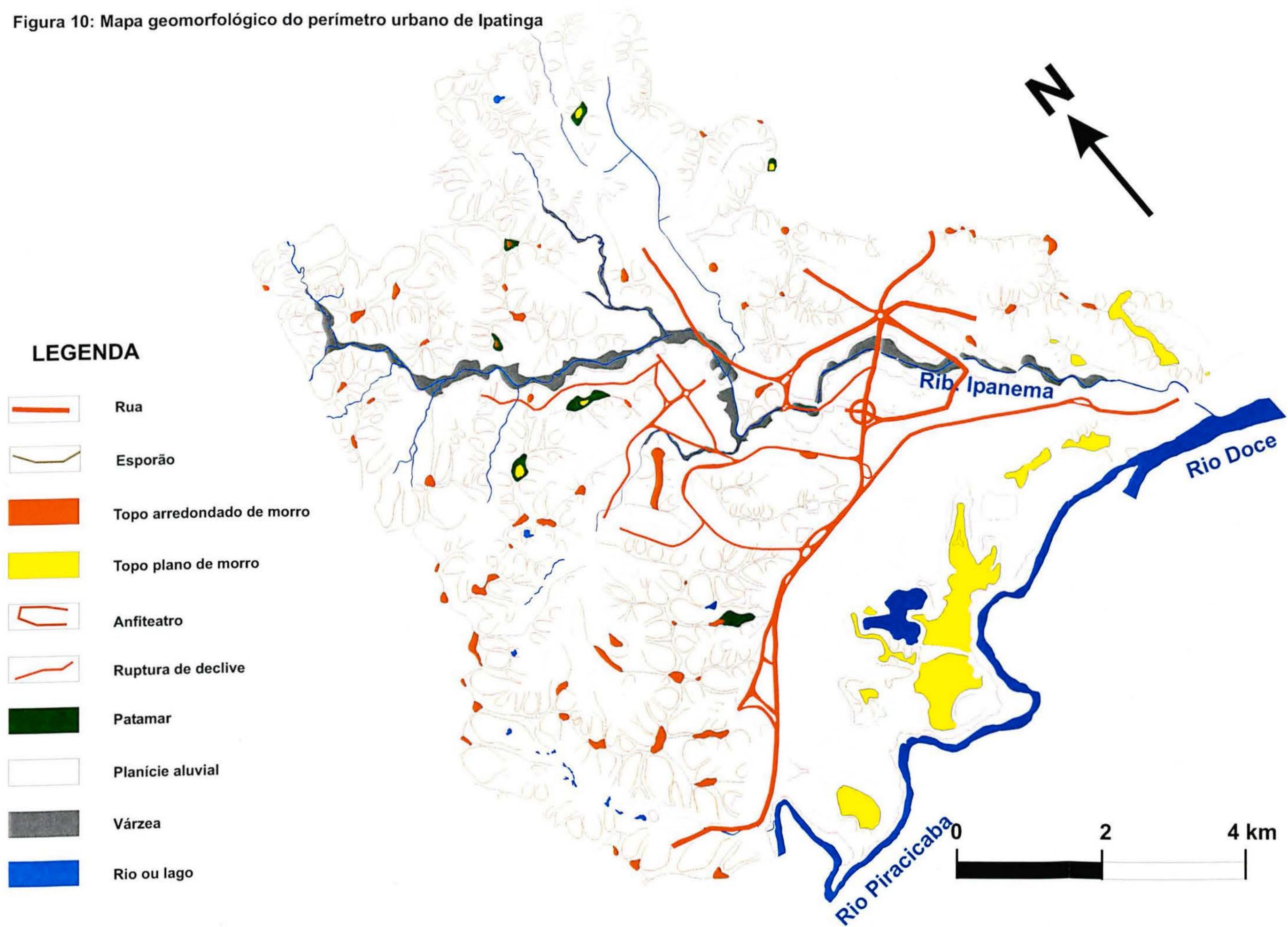
Em busca de balizamento cronológico, propôs este autor uma idade pleistocênica para a fragmentação da Superfície Sulamericana. O que confere a todos os acontecimentos posteriores idade máxima pleistocênica inferior. Partindo destes pressupostos e em pontos consensuais da literatura geomorfológica, propôs as seguintes idades aproximadas:

- ❖ Plioceno a Pleistoceno Inferior, para os depósitos decorrentes de fluxo de lama e detritos localizados em topos de morros (relevo invertido), a correlacionar com os depósitos da rampa R3 de Meis (1977);
- ❖ Pleistoceno Médio e Superior, para depósitos de terraços fluviais e níveis baixos (4 a 10 metros) diretamente relacionados com as atuais calhas fluviais;
- ❖ Pleistoceno Superior, para depósitos coluviais de areias, siltes e argilas vermelhas não consolidadas;
- ❖ Holoceno para os lagos (Meis & Monteiro, 1979) e as planícies aluviais.

Outro fator interessante que foi ressaltado por Saadi (1991), diz respeito aos depósitos associados com as rampas R3, encontrados por ele somente ao norte do rio Santo Antônio, sem nenhuma ocorrência em outras localidades da bacia. Estes depósitos *“constituem massas homogêneas de areias médias a grossas e argilas, de cor alaranjada com manchas claras e dotadas de considerável consolidação.”*

Algumas características associadas a esses depósitos, fazem deles depósitos de movimento de massa, ligados à evolução das escarpas de falhas normais de direção SW-NE que delimitam os blocos escalonados do anfiteatro regional. Isto resulta do fato de não apresentarem estruturas primárias, assim como o fato dos grãos serem angulosos com presença de minerais altamente sujeitos à alteração como as micas e os feldspatos, bem como, a ocorrência esporádica de clastos imersos na massa.

Figura 10: Mapa geomorfológico do perímetro urbano de Ipatinga



### 3.2 - As Planícies e Terraços do Município de Ipatinga

O estudo da organização geomorfológica no Município de Ipatinga, foco principal desta parte do trabalho, necessitou o uso combinado de vários instrumentos e técnicas de uso tanto da geomorfologia, como da geotecnia.

Em primeiro lugar, inspirou-se do Mapa Geomorfológico do Município de Ipatinga elaborado por Saadi (1991), para produzir um novo mapa, mais completo, atualizado e detalhado (Figura 10). Isto resultou da interpretação de aerofotos (escala de 1:8.000, de 1996 e 1:25.000, de 1998), seguida de controles de campo realizados em várias etapas.

Num segundo momento, procedeu-se à elaboração de perfis geomorfológicos (Figura 18), a partir:

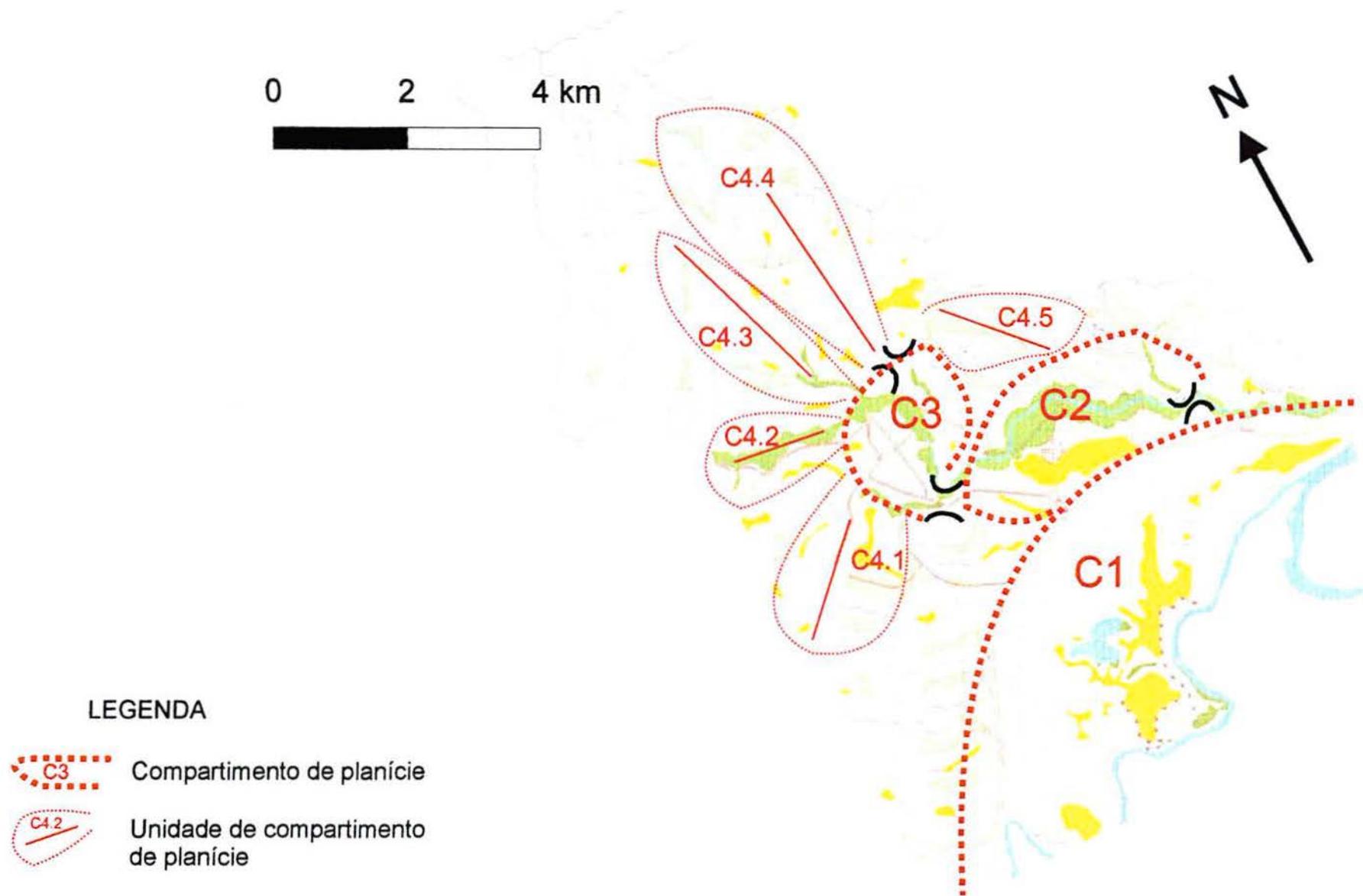
- ❖ do Mapa Topográfico do Município de Ipatinga (Prefeitura Municipal de Ipatinga, 2000: escala de 1:10.000 e equidistância de curvas de nível de 5 metros);
- ❖ do Mapa Geológico da região (Figura 2) elaborado por Klumb-Oliveira & Noce (1999);
- ❖ das informações acumuladas durante o mapeamento geomorfológico;
- ❖ do conhecimento das características dos depósitos aluviais adquirido pela re- interpretação de logs de antigas sondagens a percussão.

Os resultados mostram que as planícies são as formas de relevo predominantes no espaço do Município de Ipatinga, ocupando mais de 60% do mesmo. Isto corresponde a praticamente toda a faixa centro-oriental, onde estão instaladas quase todas as estruturas urbanas. Os demais 40% deste espaço estão divididos entre as formas elevadas da faixa oeste, pertencentes a um compartimento de colinas e cristas, que margeia a depressão do rio Doce, e aos topos planos correspondentes a remanescentes dos terraços do rio Piracicaba, que ocorrem junto aos domínios das planícies centro-orientais.

#### 3.2.1- As planícies

Conforme ilustrado na figura 11, essas planícies apresentam uma organização tipicamente alveolar, cuja origem reside em estreitamentos dos vales, ligados a barramentos operados por soleiras rochosas, situadas onde o substrato do embasamento foi menos profundamente intemperizado ou erodido. Sua inserção na organização hidrográfica local, é caracterizada pela associação das mesmas com duas bacias fluviais. Em primeiro lugar, com a porção local do vale do rio Piracicaba que desemboca no rio Doce, logo a jusante do Município de Ipatinga. Em segundo lugar, mas com grau de importância igual, a associação ao baixo vale do ribeirão Ipanema, também afluente do rio Doce ainda mais a jusante. Neste último caso, deve-se ressaltar que seus vários cursos d' água subsidiários convergem, para nele afluir, exatamente no espaço ocupado pela área central da cidade de Ipatinga.

Figura 11: Organização espacial das planícies aluviais, no município de Ipatinga-MG



No que diz respeito ao rio Piracicaba, sua margem direita é ocupada pelo Parque Florestal (Estadual) do Rio Doce, cuja densa cobertura florestal dificulta uma análise mais aprofundada da morfologia. A este respeito, deve-se dizer que pelo fato deste parque situar-se fora da área de estudo, não foi, no presente trabalho, objeto de significativa atenção.

No entanto, pela observação de sua margem esquerda, fica claro que a unidade geomorfológica de maior destaque corresponde à grande planície orientada em direção S-N, e com desenvolvimento para leste, no seu eixo norte. Esta é a mais expressiva das planícies da região, onde hoje se encontra instalada a USIMINAS.

No caso do ribeirão Ipanema, é em sua margem direita que a expressão das planícies aluviais é maximizada, sendo que a análise da organização espacial dos alvéolos permite destacar dois conjuntos principais:

- ❖ primeiro corresponde à planície que suporta a área central da cidade, que engloba o Parque Ipanema e partes dos bairros Novo Cruzeiro, Veneza e Novo Centro;
- ❖ segundo correspondente àquela que suporta o bairro Cidade Nobre e partes dos bairros Vila Formosa e Iguaçu.

Irradiando em torno desses dois conjuntos, cinco unidades menores correspondem a planícies alongadas, ligadas a curso afluentes, que convergem em direção ao ribeirão Ipanema, com orientações NNE/SSW a SE/NW.

Na margem esquerda do ribeirão Ipanema, os terraços apresentam-se mais estreitos, devido ao próprio confinamento espacial desta margem, com estreitamento de suas planícies de inundação que se conectam diretamente com as áreas elevadas da paisagem local.

### 3.2.1.1 – Compartimento 1: a “Planície Fundamental” do rio Piracicaba

É a mais significativa das planícies (Foto 3). Com 7,5 km de extensão na direção S-N, com inflexão para leste ao norte e máximo de 1,5 km de largura no trecho de maior expressão, correspondente à área que vai do bairro Bom Retiro às proximidades do local onde está instalado o *shopping center*. A denominação “Planície Fundamental” não representa uma proposta de neologismo, mas foi adotada por Saadi (1991), para expressar a importância desta feição no contexto do relevo local, onde ela corresponde à coalescência de baixos terraços ligados a quase todos os cursos d’ água que confluem na área do Município de Ipatinga.

A planície é bordejada a SE e NW, por dois arcos de morrarias, com topos planos testemunhos de terraços do rio Piracicaba. O contato com esta zona de morrarias, faz-se através de rampas colúvio-aluvionares, conectando suas bordas com os morros que compõem a morfologia local. Esta conexão, às vezes, ocorre de forma mais abrupta em alguns trechos a SE, quando se faz diretamente com rochas do embasamento, principalmente na área interna da usina. Praticamente toda a planície se situa na cota 245 metros, com talude escarpado a SE, no contato com o rio Piracicaba, na cota 215 metros.

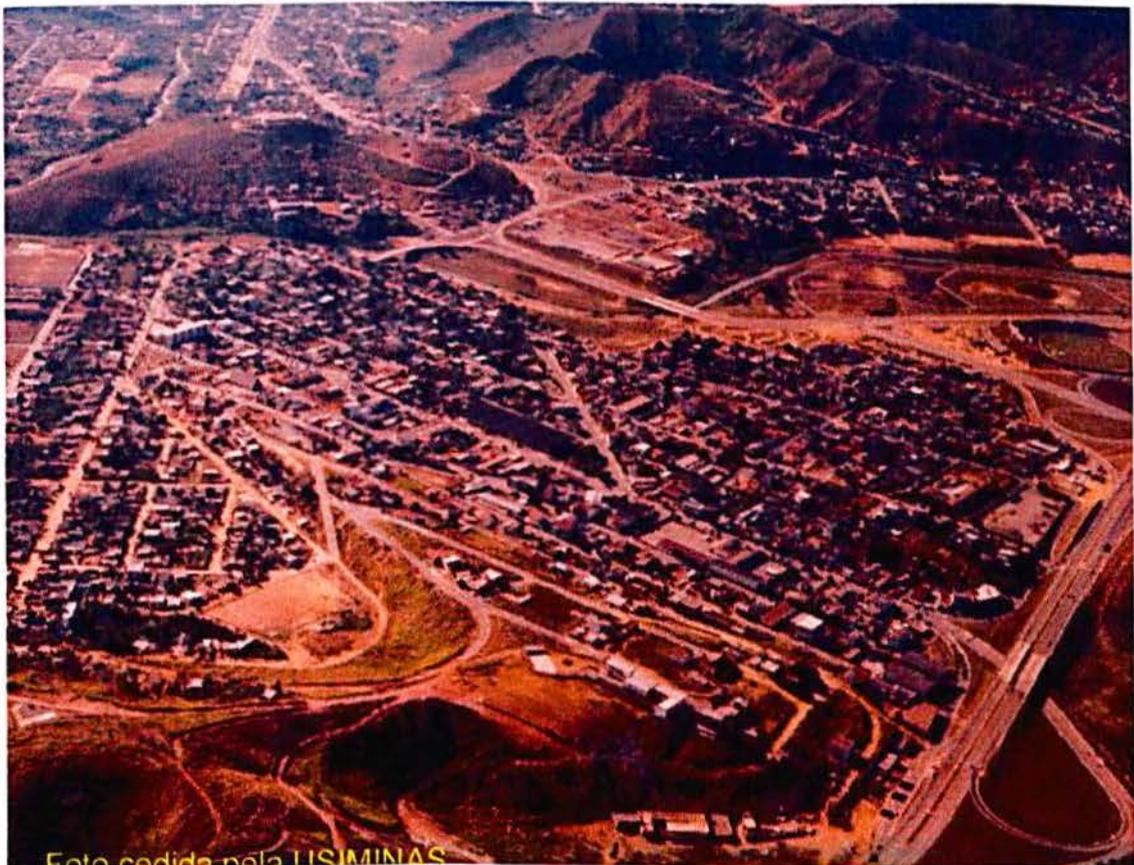
PRANCHA "B"

Vistas aéreas das planícies dos cursos d' água principais

FOTO 3: Vista aérea oblíqua da Planície Fundamental



FOTO 4: Vista aérea oblíqua da planície do ribeirão Ipanema



Esse expressivo alvéolo se desenvolveu ao longo da margem esquerda do canal do rio Piracicaba. Apresenta-se com uma forma de meia-lua, com maior largura ao sul e estreitamento ao norte, nas proximidades da confluência do rio Piracicaba com o rio Doce.

Através de dados de sondagens à percussão, foram identificados espessos pacotes de sedimentos aluviais, cujas profundidades variam entre 40 a 70 metros. Esses pacotes sedimentares apresentam texturas predominantemente finas, com elevadas porcentagens de siltes associados a areias e argilas, e, por vezes, entremeados a estas camadas, espessos pacotes de argilas orgânicas. Os mais expressivos desses pacotes foram identificados ao longo da parte leste da Planície Fundamental. O lençol d'água subterrânea encontra-se em profundidades que variam de 14 metros, nos períodos secos, a 10 metros, nos períodos úmidos.

Os riscos normalmente associados a esta configuração do substrato são representados pelas significativas probabilidades de ocorrências de recalques, ou subsidências. Todavia, até hoje, nunca houve registro de semelhantes ocorrências. O que foi percebido, junto aos técnicos, durante os contatos realizados e a consulta de documentos, é que existe uma preocupação para com todos os possíveis riscos geotécnicos que poderiam afetar a infra-estrutura da usina.

Como esta ocupa toda a área da Planície Fundamental, é óbvio que empreendimentos do porte desta siderúrgica implicam em alterações ambientais extremamente variadas. Entretanto, percebe-se uma preocupação com a manutenção e melhoria da qualidade de vida, pelo menos externamente, pois há muitas áreas verdes, belos jardins (incluindo uma cascata artificial), na parte interna da usina. As encostas que a bordejam são cobertas por matas preservadas, impedindo a ocorrência de deslizamentos e proporcionando uma paisagem agradável, frente à aridez imposta pelos altos-fornos e equipamentos afins da empresa.

### **3.2.1.2 – Compartimento 2 : a planície do baixo curso do ribeirão Ipanema**

No trecho correspondente ao baixo curso do ribeirão Ipanema, ocorrem duas situações distintas: uma área de várzeas periodicamente inundadas e outra a salvo das inundações periódicas. A extensão desta planície é de aproximadamente 3 km, com largura superior a 600 metros, nas proximidades do Parque Ipanema (Foto 4). As cotas altimétricas variam de 220 metros, ao longo do canal, a 245 metros, nas áreas não inundáveis.

Esta planície, de forma retangular, predominantemente, alonga-se em sentido W-E, com suave curvatura próximo a seu limite ocidental, no bairro Iguaçu.

A morfologia que acompanha o baixo curso do ribeirão Ipanema é composta, ao longo da margem esquerda, por pequenas planícies alongadas ligadas aos afluentes do ribeirão e morros relativamente elevados, como o "Morro da Embratel" no bairro Panorama (limitrofe com o bairro Caravelas) e o "Morro do C3" (denominação relacionada com a presença de um centro católico em seu topo) no bairro Iguaçu. Neste trecho, a planície se conecta às áreas elevadas através de rampas colúvio-aluvionares.

Os bairros Panorama e Veneza estão assentados, em quase suas totalidades, sobre a parte da planície de margem esquerda não suscetíveis, naturalmente, aos risco de inundações periódicas. Entretanto, essas acabam os afetando, por causa do realce topográfico da margem oposta devido aos aterramento ali realizados, possibilitando o alcance das águas no período das maiores vazões, do trecho urbanizado que acompanha a parte rebaixada à esquerda do canal do ribeirão.

No conjunto destas planícies secundárias, uma delas, relativamente estreita (extensão de 1,5 km e largura de 150-200 metros, aproximadamente), se alonga em sentido NW-SE, acompanhando as margens do córrego Londrina e compondo o relevo de sua margem esquerda. A confluência deste córrego com o ribeirão Ipanema situa-se próximo ao "Pontilhão" da área central. O relevo que domina a margem direita desta planície é composta por morrarias de declividade bem acentuada (ocupadas por parte do bairro Veneza II), induzindo um contato abrupto da vertente com a planície. Na margem esquerda, a morfologia é mais suavizada e apresenta contatos vertentes-planícies operados por rampas colúvio-aluvionares. Os sedimentos aluviais que compõem esta planície, atingem espessura de 22 metros, com predomínio de material silteoso, associado a muita matéria orgânica e, nas proximidades da confluência, argilas orgânicas com mais de 5 metros de espessura.

Há menos de uma década, o leito do córrego Londrina era um esgoto a céu aberto. Hoje o mesmo apresenta-se totalmente recuperado, com canalização fechada e com o sistema de tratamento do esgoto instalado, dando origem a uma larga avenida bastante arborizada, portando o mesmo nome do curso d'água. Este empreendimento fez parte do Projeto Novo Centro.

Na margem direita do ribeirão Ipanema, o relevo é mais plano, pois resulta de uma comunicação direta entre sua planície e a Planície Fundamental do rio Piracicaba. O ponto mais alto da Planície do médio ribeirão Ipanema, um aterramento dá suporte ao estádio de futebol "Ipatingão" e à BR 381 (Belo Horizonte-Governador Valadares). Este local corresponde ao trecho do antigo bairro Novo Iguaçu, que foi substituído pelas obras do estádio.

Em toda a extensão da planície do ribeirão Ipanema, esta é uma das áreas que apresentam maior largura. Este fato constitui, provavelmente, o resultado de alargamento devido à acentuação dos meandramentos entre as duas soleiras existentes, na área onde se encontra o "Pontilhão", a leste, e nas proximidades do "Morro do C3", a oeste. A soleira do "Pontilhão", situada a jusante, pode ter imposto um estreitamento do canal com represamento das águas do ribeirão, traduzindo-se pela acentuação dos processos de morfodinâmica fluvial lateral.

A jusante do "Morro do C3", é também peculiar o leve meandramento do canal, que, de acordo com o Engenheiro Valtair José Calixto (antigo morador do bairro, hoje Diretor do Colégio Dom Bosco de Timóteo-MG) e o Sr. José Maria Ferreira, (Secretário de Obras da PMI), já foi caracterizado por sinuosidades muito mais acentuadas. As obras de retificação realizadas no final dos anos 70, as reduziram significativamente, não se encontrando, infelizmente, registro fotográfico deste período. Neste trecho a espessura dos sedimentos é muito reduzida em relação às demais áreas, alcançando uma média de 12 metros, com ocorrência de muitas areias associadas a argilas.

## PRANCHA "C"

### Vistas aéreas das planícies dos cursos d' água secundários

Foto 5: Vista aérea oblíqua da Planície do córrego Bom Jardim



Foto 6: Vista aérea oblíqua da Planície do córrego Taúbas



### 3.2.1.3 – Compartimento 3: a confluência ribeirão Ipanema – Córrego Bom Jardim

Uma extensa planície contígua à Planície Fundamental, se desenvolve no médio curso do ribeirão Ipanema, na área de sua confluência com o córrego Bom Jardim, resultando do trabalho morfogenético conjunto de ambos os cursos d' água (Foto 5).

A planície, apresenta uma extensão de 3 km e uma largura variando entre 0,2 e 1,4 km, dimensões que a fazem destacar na paisagem local. As cotas altimétricas variam de 220 metros, nas estreitas várzeas de ambos, a 245 metros, na parte mais elevada, onde se instalou o bairro Cidade Nobre, a salvo das inundações.

O relevo marginal, a oeste e sul, apresenta altitudes mais elevadas, com morrarias cujas vertentes se conectam à planície de duas maneiras: ao sul, suavemente, através de rampas colúvio-aluvionares; a oeste, abruptamente.

O substrato rochoso do “Morro do C3”, situado logo a jusante da confluência, funciona como uma soleira que continua condicionando a dinâmica fluvial de montante. De forma similar ao caso anterior do barramento operado pelo “Pontilhão”, a gênese deste alvéolo representa, provavelmente, o resultado da expansão lateral dos processos da dinâmica fluvial logo a montante.

Os sedimentos aluviais de textura granulométrica fina (silte argilo-arenosos, argiloso siltoso e areno silto-argiloso, predominantemente) e espessuras de até 60 metros, abrigam pacotes de argilas orgânicas cujas espessuras ultrapassam 20 metros. Isto constitui um fator de risco no que diz respeito a probabilidades de ocorrências de recalques diferenciais, como também subsidências de subsolo.

### 3.2.1.4 – Compartimento 4: o conjunto de planícies alongadas

Este quarto compartimento representa, na realidade, o agrupamento fortuito de 5 planícies que circundam a área de desenvolvimento dos 3 grandes compartimentos já descritos. Pertencentes aos vales de cursos d'água tributários do ribeirão Ipanema, em 4 casos, e ao médio-alto curso deste num deles, elas apresentam um desenvolvimento maior no sentido longitudinal.

No geral apresentam significativa extensão, sendo mais representativa a que se instala na margem direita do córrego Taúbas, com comprimento de 4,4 km e largura de 0,8 km.

Excetuando a planície que se alonga em direção à cabeceira do córrego Bom Jardim, com orientação SW-NE e à do próprio ribeirão Ipanema no seu médio-alto curso (W-E), as demais planícies apresentam direção predominante de NW-SE.

As planícies aluviais de direção NW-SE são relativamente largas (caso da planície do córrego Taúbas) e contínuas, entremeando áreas de morros e cristas bastantes acidentadas, conectados às partes mais baixas através de rampas colúvio-aluvionares.

Uma característica comum a todas essas planícies é a elevada densidade populacional. As condições sócio-econômicas desta população variam de média a baixa. Assim, as que apresentam melhor renda ocupam os fundos de vales. As encostas que bordejam estes alvéolos, e que apresentam restrições à urbanização são ocupadas, indevidamente, pela população de mais baixa renda.

Esta lógica imobiliária resultou em graves problemas urbanísticos. A ocupação das encostas gera alguns inconvenientes como a dificuldade em conseguir acessos adequados aos terrenos. Todavia, os problemas não seriam tão graves se não fosse a qualidade das moradias e as características dos solos de Ipatinga, extremamente susceptíveis a erosão.

Assim, nos períodos chuvosos, as encostas funcionam como grandes “fornecedoras” de sedimentos (entulhos para as partes baixas), comprometendo os moradores e os leitos d’água com o assoreamento e poluição. De certa forma, isto acaba neutralizando os resultados das melhorias decorrentes das obras de canalização, que caracterizam a maioria destes cursos d’água.

**a : Unidade C4.1 - a confluência dos córregos Bom Jardim e Esperança**

A área desta confluência corresponde aos baixos cursos dos dois córregos, compreendendo os bairros portando os mesmos nomes dos respectivos cursos d’água. Os elementos comuns a estas duas micro-bacias são:

- ❖ o abaciamento suave do fundo do vale, com várzeas curtas: na bacia do córrego Bom Jardim, este apresenta extensão de 3,1 km por 0,7 km de largura máxima; na bacia do córrego Esperança a extensão é ainda menor, com 1,1 km e largura de 0,6 km;
- ❖ os leitos relativamente profundos que resultam em situações menos problemáticas em épocas de muita chuva.

Este compartimento é caracterizado por uma morfologia de anfiteatros: as planícies são circundadas por encostas elevadas. Apesar do contato suave destes morros com as planícies, devido à presença de rampas colúvio-aluvionares, as partes das vertentes próximas aos interflúvios são de declividade acentuada. Esta situação é ainda mais evidente no bairro Esperança.

A espessura dos sedimentos aluviais, na área central do bairro Bom Jardim, alcançam, na parte mais baixa (altitude de 255 m), profundidade de 30 metros, com predomínio de materiais argilo-arenosos e muita matéria orgânica intercalada. Já na ponte sobre o córrego Bom Jardim, ligando os bairros Ideal e Esperança, os pacotes de sedimentos alcançam espessura de 35 metros, com pacotes de argilas orgânicas que variam de 12 a 20 metros. No trecho mais elevado, em altitude de 280 m, a espessura desses pacotes aproxima os 21 metros, com ocorrência de sedimentos siltosos, com menor teor de matéria orgânica, associados à presença de materiais coluviais grosseiros.

No bairro Esperança, os sedimentos alcançam profundidade de 30 metros, com predomínio de areias finas e argilas silto-arenosas. Espessos pacotes de argilas orgânicas (11 metros) ocorrem a partir da profundidade média de 18 metros.

Um sério complicador social provém desta morfologia agressiva, pois tais áreas estão quase totalmente ocupadas, e no bairro Esperança esta ocupação processou-se através da invasão dos morros pela população de baixa renda, com moradias extremamente precárias e sem nenhuma infra-estrutura urbana. Isto tornou os infortúnios mais graves, inclusive com perdas de vidas humanas, como a que ocorreu no verão de 2000, quando as chuvas fortes provocaram deslizamento de encostas. Num destes casos, uma casa foi soterrada por entulhos vindos de montante, provocando a morte de uma criança. Neste mesmo período, várias casas desmoronaram com as fortes chuvas.

A Avenida Hortênsia, que acompanha o leito do córrego Esperança, já teve aspecto de esgoto a céu aberto. Hoje, a mesma encontra-se totalmente recuperada, graças a obras de canalização e alargamento do fundo do vale, que reduziram parte dos problemas urbanos da parte baixa deste bairro. O problema que permanece só será solucionado quando as encostas forem adequadamente ocupadas e deixarem de funcionar como áreas-fonte de sedimentos e lixo, que, entre outras conseqüências, podem provocar doenças.

No bairro Bom Jardim, os riscos de deslizamentos também são comuns ao longo das encostas, mas menos temidos do que no bairro limítrofe (bairro Esperança), pois as condições das moradias são um pouco melhores.

No que diz respeito ao leito do córrego Bom Jardim, deve-se ressaltar que ele foi um dos primeiros do município a ser canalizado. A canalização fechada foi realizada no final dos anos 70, drenando a avenida principal, a Avenida das Flores, e eliminando praticamente os problemas de transbordamento do seu leito, que, durante muito tempo, foi um "brejão" abrigo de insetos e fonte de doenças.

O bairro Bom Jardim, um dos mais antigos e mais independentes do centro da cidade, com uma eficiente rede de prestação de serviços, continua atraindo moradores que se deslocam para a região de Ipatinga. Com isto, o que se observa é uma expansão da construção de prédios de até 4 pavimentos. Como essas edificações se assentam sobre sedimentos aluviais, as exigências para construí-las deveriam ser mais rigorosas, para evitar, no futuro, possíveis problemas ligados às fundações destes prédios.

#### ***b : Unidade C4.2 – o médio ribeirão Ipanema***

Este trecho de planície desenvolve-se à margem esquerda do médio-alto curso do ribeirão Ipanema, na cota 245 metros, sobre a qual se instalaram os bairros Limoeiro e Chácara Madalena. A jusante da parte central do bairro Limoeiro, nas proximidades do bairro Chácara Madalena, a planície de inundação se alarga, principalmente na margem esquerda (a margem direita, com várzea reduzida, está quase diretamente conectada à encosta). Com extensão de 1,5 km, largura de 0,6 km e forma de meia-lua, a planície é margeada por encostas declivosas em ambas as margens. Isto é mais significativo ao longo da margem esquerda, enquanto na margem

direita, o relevo é mais suavizado pelas rampas colúvio-aluvionares, que atenuam a declividade nos sopés e a acentuam em direção aos topos.

Infelizmente, não foi localizada nenhuma sondagem que pudesse caracterizar os sedimentos aluviais que compõem esta planície.

O vale de fundo chato desta área difere dos trechos de montante, onde o ribeirão escavou leitos extremamente encaixados diretamente nas rochas do embasamento cristalino (substrato da Zona de Colinas e Cristas do oeste do município de Ipatinga), gerando uma profusão e pequenas e belas quedas d' água e cachoeiras.

***c : Unidade C4.3 – a planície do baixo córrego Forquilha.***

A planície do córrego Forquilha é bastante extensa, com 1,6 km, mas é a mais estreita de todas, com 0,5 km de largura, principalmente no seu curso superior, onde forma um vale encaixado em encostas com intensos deslizamentos e grandes anfiteatros. Sua maior largura se encontra no seu médio curso, nas proximidades da área central do bairro Vila Celeste. Logo a jusante a planície se estreita, para se alargar novamente em direção à desembocadura no ribeirão Ipanema.

A espessura dos sedimentos aluviais ultrapassa os 28 metros, no médio curso do córrego, na cota 260 metros, com predomínio de areias finas e matéria orgânica, bem como pacotes de argilas orgânicas, com 3 metros de espessura.

Próximo à sua cabeceira, o córrego Forquilha apresenta um leito estreito (média de 01 metro de largura) e baixa vazão. Entretanto, no seu médio curso, sua vazão se avoluma, pois ele recebe a contribuição de outros córregos que deságuam em sua calha. É neste trecho, também, que parte do seu canal apresenta-se canalizada.

Como esta planície é circundada por encostas bastante declivosas, são comuns alguns problemas ligados à expansão urbana que ocorreu nestas morrarias. É uma das áreas portadoras das maiores densidades populacionais (ao longo dos alto e baixo curso do córrego) e a ocupação expandiu-se tanto nas áreas baixas como nas mais elevadas.

No alto curso, as condições da moradia são mais adequadas na margem direita do que na margem esquerda, onde a encosta apresenta-se muito íngreme e as construções são mais precárias. Na há registros de grandes transbordamentos do leito d'água, mas tal situação pode ser alterada devido a uma ocupação, já iniciada, a pouco mais de 1 metro de distância do mesmo.

Todavia, no médio-baixo curso, a situação se torna mais complicada, pois com o incremento da vazão pelos afluentes, a maior descarga, em época de chuvas, já provocou danos tanto por enchentes quanto por deslizamentos de encostas. Atualmente, com a urbanização destas áreas elevadas, como a localidade conhecida como Vale do Sol, os problemas foram sensivelmente reduzidos.

**d : Unidade C4.4 – a planície do médio-baixo córrego Taúbas**

Trata-se da mais extensa das planícies que se alongam em direção ao ribeirão Ipanema, drenada pelo córrego Taúbas e seus afluentes (Foto 6). Com extensão superior a 4 km, uma larga planície se desenvolveu ao longo da margem direita. À margem esquerda, uma reduzida área plana entra em contato quase direto em alguns trechos com as encostas que a margeiam. O leito do córrego Taúbas é estreito e relativamente profundo.

Uma das possíveis causas da gênese desta extensa planície pode residir nas características de seu canal, nas proximidades de sua foz. O meandramento que, apesar de não ser muito acentuado, torna-se mais intenso em seu baixo curso. O estreitamento de sua margem neste ponto, imposto, provavelmente, pela vertente norte do “Morro do C3”, pode ter provocado a formação desta planície, ao inibir ou dificultar a vazão normal de suas águas, nos períodos de maior volume. Como a margem esquerda está próxima das encostas que servem de suporte aos bairros Bethânia, Canaã e Canaãzinho, o transbordamento se fez ao longo da margem direita, originando esta extensa área plana.

A forma retangular da planície principal se estende a outras duas planícies que acompanham os dois principais afluentes no médio-curso do córrego Taúbas. Margeando estas planícies, encostas abruptas compõem a morfologia local. A conexão talvegue-interflúvio se faz na maioria dos casos através de rampas colúvio-aluvionares, encostas das mais densamente ocupadas em Ipatinga e, em geral, sem nenhuma infraestrutura urbana. Excetuando o caso do “Morro do Escorpião”, onde a urbanização praticamente já se completou, nos outros trechos elevados ainda há muito a fazer e conter.

Nos furos de sondagens realizados nessa planície do médio-curso do córrego Taúbas, na cota de 270 metros, foram encontrados pacotes de sedimentos com espessura superior a 25 metros. Compõem-se materiais silto-arenosos, associados a bastante matéria orgânica e argilas orgânicas com espessura de 4 metros. Já no baixo-curso (cota 250 metros), a espessura dos sedimentos é de 40 metros, com predomínio de argilas e camadas silto-arenosas mais delgadas. As argilas orgânicas apresentam espessuras de até 12 metros.

Durante muito tempo, o canal do córrego Taúbas funcionou como um depósito de dejetos a céu aberto. Atualmente, em praticamente todo o seu leito situado na área urbana ocupada pelos bairros Bethânia e Canaã, as obras de canalização encontram-se em fase de conclusão.

**e : Unidade C4.5 – planície do córrego do bairro Caravelas**

Um grande anfiteatro compõe a morfologia onde se aloja esta planície ocupada pelo bairro Caravelas. O fechamento deste alvéolo pelos morros que circundantes é um dos elementos morfológicos mais notáveis. A planície é pouco extensa, em relação às demais (0,9 km), entretanto bastante larga (0,6 km).

Até há bem pouco tempo, a parte plana apresentava uma paisagem de “brejo”, com um solo quase permanentemente úmido. Atualmente, toda esta área é drenada e,

no leito principal, foi construída uma canalização fechada que permitiu a instalação de uma larga avenida, com ruas paralelas bem dimensionadas.

A conexão com as encostas se faz através de rampas colúvio-aluvionares. Apesar de apresentarem baixa declividade, estas áreas apresentam uma ocupação que acaba trazendo vários problemas para os moradores da planície, pois é comum o bairro ter sua área plana completamente inundada, principalmente pelas águas que descem as encostas. Como a canalização é fechada, isto vem a constituir um agravante ainda maior, pois concentra as águas cheias de dejetos trazidos pelas enxurradas das partes mais elevadas, expondo a população também a problemas de saúde.

### 3.2.2 - Os Terraços

A identificação dos níveis de terraços ocorreu através de um mapeamento geomorfológico realizado a partir de um trabalho de foto-interpretação (fotos aéreas de escala 1:8.000) e levantamentos de campo. Assim, foram identificadas as feições que representam a segunda maior expressão da morfologia urbana de Ipatinga (a primeira já detalhada anteriormente, é representada pelas planícies).

Para verificar se estas feições elevadas do sítio urbano de Ipatinga correspondem de fato a níveis de terraços dos principais rios locais, foi necessário desenvolver duas atividades em paralelo: a análise de materiais de subsolo em campo e a re-interpretação de logs de sondagem à percussão.

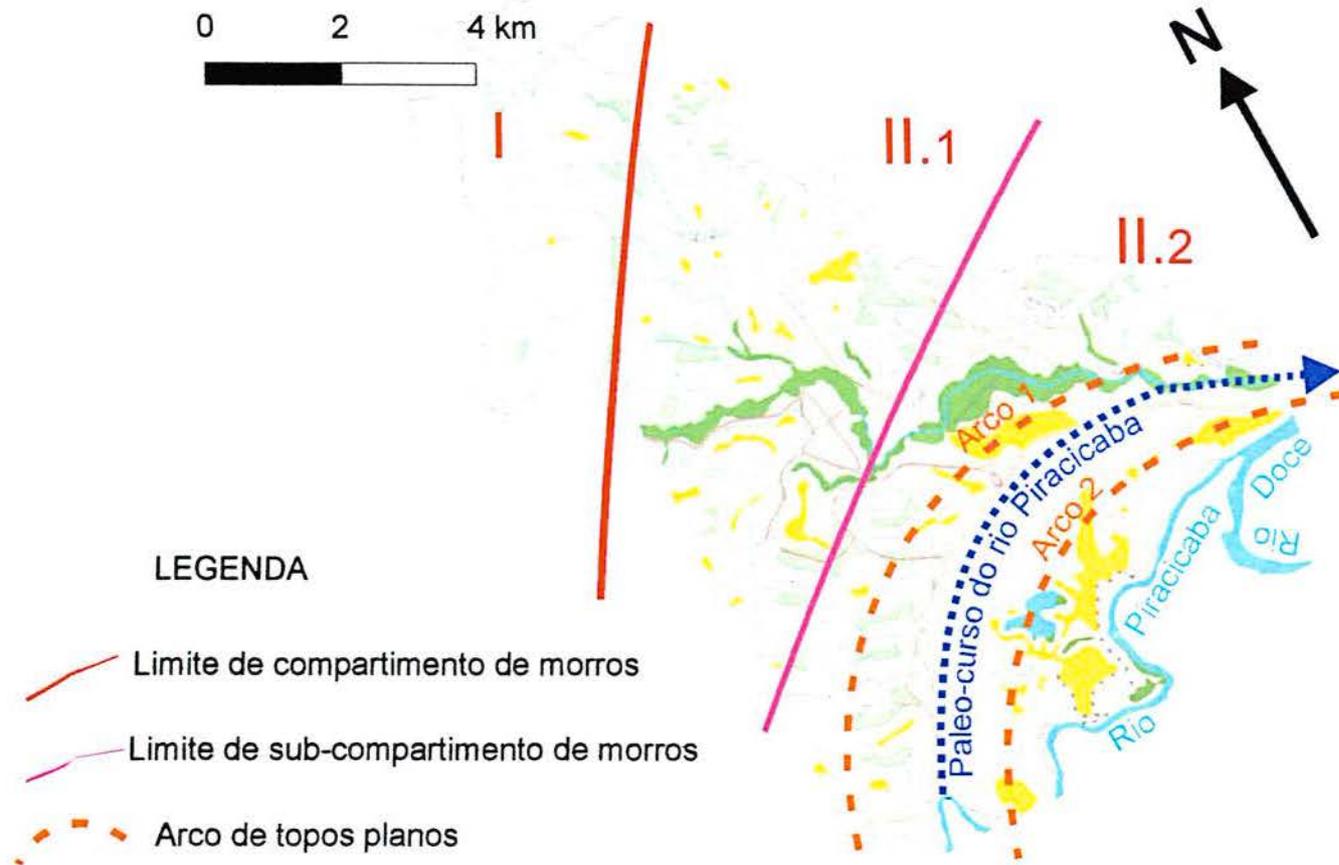
As informações extraídas da investigação de campo, em alguns locais, foram fundamentais para associar, de maneira inequívoca, a morfologia à atividade remota de cursos d'água. De fato, foram encontrados restos de cascalheiras aluviais (camadas de seixos de quartzo arredondados e areias e siltes), em topos do bairro Iguaçu, nas encostas que margeiam Hotel Panorama e no alto do bairro Bela Vista. Por outro lado, logs de sondagens realizadas no alto do bairro Das Águas e no bairro Bom Jardim (cota 315 metros), indicaram a presença de pacotes de sedimentos aluviais com espessura de até 15 metros, dos quais 5 de argilas orgânicas e areias com argilas orgânicas, além de cascalheiras aluviais em sub-superfície.

A organização espacial dessas feições de terraços é bastante peculiar no espaço municipal de Ipatinga. Conforme a figura 12, observa-se que este espaço pode ser segmentado em 3 unidades, em função das características de ocorrência dos topos de morros, sendo que vários desses correspondem a testemunhos de terraços.

A primeira unidade (Compartimento I) engloba as áreas elevadas a W-NW do município, correspondente ao domínio geomorfológico da Zona de Colinas e Cristas (Figura 3). Neste, a dissecação é muito avançada e os elementos morfológicos de topos são caracterizados por cristas cujas altitudes podem superar a cota 900 metros. Os vales que as separam são bastante encaixados e drenados por pequenos cursos d'água, incluindo o alto curso do ribeirão Ipanema. Neste compartimento, não se encontrou evidência nenhuma da presença de testemunho de terraço.

As duas outras unidades são consideradas como variantes de um mesmo Compartimento II, onde as formas dos topos são mais aplainadas e as evidências para a caracterização de vários entre eles como terraços mais freqüentes.

Figura 12: Organização espacial dos topos de morros, no município de Ipatinga-MG



A unidade II.1 compreende a área central do município, correspondente à média bacia do ribeirão Ipanema. Nesta área, a dissecação é bastante evoluída, mas os topos apresentam-se tanto como crista, quanto topos arredondados e planos.

Apesar de não apresentarem uma organização espacial específica, é nítido que os topos são mais baixos, extensos e planos quanto mais oriental for sua localização. Isto sugere estágios de dissecação diferenciados: mais avançado a oeste e menos avançado a leste, onde os topos mais planos apresentam características morfológicas de remanescentes de terraços.

A subunidade II.2, por sua vez, apresenta um modelo organizacional dos topos muito sugestivo no que diz respeito à caracterização de seus topos de morros como testemunhos de terraços. Esses são organizados em 2 arcos concêntricos, mais ou menos paralelos à forma da planície fundamental, que testemunha a existência de um paleo-curso do rio Piracicaba (Figura 12).

O arco 1, situado a oeste da Planície Fundamental, apresenta uma linha ocidental de topos arredondados com altitude superior a 450 metros, dentre os quais o morro do bairro Santa Mônica, que suporta a antena da Rádio Vanguarda, representa a feição isolada, mais elevada, atingindo a cota 470 metros. A leste desta linha, aloja-se um alinhamento de patamares com altitudes variando na faixa 370-390 metros. Esses patamares apresentam características morfológicas suscetíveis de corresponder a testemunhos de terraços. Deve-se ressaltar que dois patamares exibiram ocorrência de cascalheiras aluviais: na cota 280 metros (bairro Iguaçu, ao lado do Hotel panorama) e na cota 315 metros (bairro Bom Jardim, na área do "Mutirão Habitacional").

Fato notável na morfologia das vertentes associadas a esses relevos são os anfiteatros que abrem tanto em direção leste quanto oeste.

O arco 2, situado a leste da planície fundamental e margeando o atual curso do rio Piracicaba, apresenta morros com topos nitidamente planos e bastante extensos, servindo de sítios para os bairros Imbaúbas, Bela Vista, das Águas e Castelo. Neste alinhamento de topos, merece destaque o conjunto abrigando o Hospital Marcio Cunha, que apresenta freqüentes trechos rebaixados (morfologia de "dorsos"), correspondendo, aparentemente, a divisores rebaixados por paleo-cursos de um proto-rio Piracicaba.

O conjunto de topos deste alinhamento situa-se em altitude constante de 295 metros. Essa característica, aliada à sua posição com relação ao curso do rio Piracicaba e à planura de sua superfície legitima sua caracterização como nível de terraço do rio Piracicaba. Esta interpretação foi confirmada pela ocorrência de materiais sedimentares aluviais em furo de sondagem realizada na área do Hospital Marcio Cunha.

### **3.3 – OS SEDIMENTOS DAS PLANÍCIES E SUAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS**

#### **3.3.1 – Introdução**

No objetivo de permitir uma melhor compreensão da abordagem adotada para a apresentação das características geotécnicas dos sedimentos que preenchem as planícies locais, será, inicialmente, apresentada uma breve revisão de conceitos ligados à dinâmica fluvial.

Esta deverá focar, principalmente:

- a- os principais tipos de canais fluviais, para destacar a característica meandrante dos canais que predominam na área de estudo;
- b- os principais tipos de depósitos fluviais ligados a planícies de meandros, caso específico da área de estudo.

Finalmente, deve-se ressaltar que o desenvolvimento desta parte do trabalho apóia-se sobre modelos de organização dos sedimentos em planície aluvionar, em vigor na prática da sedimentologia moderno e retratados por literatura pertinente.

### 3.3.2 - Canais e sedimentos fluviais

Os ambientes de sedimentação se organizam em três grandes grupos: continental, transicional e marinho. Em conformidade com os objetivos, os esforços concentrar-se-ão nos ambientes de sedimentação continental, em particular a sedimentação fluvial.

Os rios constituem os principais agentes transformadores da paisagem, com ação permanente na morfogênese das bacias, erodindo, transportando os materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas, depositando-os e com destino final nas bacias oceânicas.

No entanto, uma grande parte desses materiais transportados, depositar-se-á no fundo dos próprios canais ou ao longo das várzeas, durante os períodos de inundação. Em consequência da grande variedade de mecanismos de transporte e sedimentação, esses aluviões acabam preservando características diferenciadas, que uma vez soterradas pelas camadas mais recentes, acumulam informações que auxiliam a reconstituição das características morfogenéticas predominantes naqueles momentos e, ainda, apresentam um significativo valor econômico, pois, contém jazidas secundárias importantes de ouro e diamantes, entre outros.

#### 3.3.2.1 - Tipos principais de canais fluviais

A literatura em vigor sobre sistemas fluviais ( Della Fávera, 2001) ressalta a importância de dois tipos básicos de canais de rios: os canais entrelaçados (*braided*) e os meandros (*meandering*). Além desses dois, deve-se ressaltar a existência de trechos de canais retilíneos e anastomosados, no entanto de menor importância no contexto deste trabalho.

As variáveis que condicionam essas diferenciações, são, entre outras: declividade, sinuosidade, grau de entrelaçamento e relação entre largura e profundidade. Além disso, os rios podem adquirir várias formas, como resultado do ajustamento do canal à seção transversal, sendo aparentemente controladas pelas relações específicas entre o volume de água e a carga sedimentar transportada.

##### a – Os canais entrelaçados

Os canais entrelaçados estão relacionados diretamente com o material transportado, ou seja com a carga sedimentar dos rios. Quando o rio transporta material grosseiro e seu gradiente não o habilita a transportar estes sedimentos até o nível de

base final, estes se depositam no seu próprio leito, criando obstáculos, que condicionam as rugosidades e saliências que induzem o rio a ramificar-se em vários canais, não muito profundos e bastante desordenados. Reencontros posteriores, rápidos desses canais, separam ilhas assimétricas de barras arenosas.

Esses rios apresentam canais largos e pouco profundos, rápido transporte de sedimentos e contínuas migrações laterais, associadas a flutuações na vazão líquida (descarga) dos rios. Os canais entrelaçadas são caracterizados por grande volume de carga de fundo e gradiente relativamente alto.

#### ***b – Os canais meândricos***

A denominação desses tipos de canais tem por base as características do rio Meandro, (Ásia Menor), representadas por importantes sinuosidades que se desenvolvem ao longo de seu leito.

Essas sinuosidades resultam numa importante assimetria transversal dos canais, como consequência de um incessante trabalho de escavação na margem côncava (ponto de maior velocidade), onde o leito é mais profundo e abrupto, e de deposição na margem convexa (ponto de menor velocidade), onde o leito ascende suavemente.

Normalmente, os rios escavam meandros quando apresentam grande quantidade de carga suspensa, com materiais finos e seus canais são pouco largos e grande profundidade. Quando estas características mudam, com predomínio de carga de leito, com materiais grosseiros, os canais são geralmente largos e de baixa profundidade, inibindo a formação de sinuosidades no leito.

No caso específico deste trabalho, este tipo de canal caracteriza o trecho do rio Piracicaba na área de estudo, pois o mesmo apresenta um canal sinuoso no seu curso inferior, desde a jusante da ponte da BR 381, nas proximidades da Usina Hidroelétrica de Sá Carvalho, no município de Jaguaçu, até sua desembocadura no rio Doce, em Ipatinga. À montante desta ponte o rio apresenta uma morfologia de vales em V, com um leito bastante encaixado, escavado diretamente nas rochas do embasamento cristalino.

#### **3.3.2.2 – Tipos de depósitos em planícies de meandros**

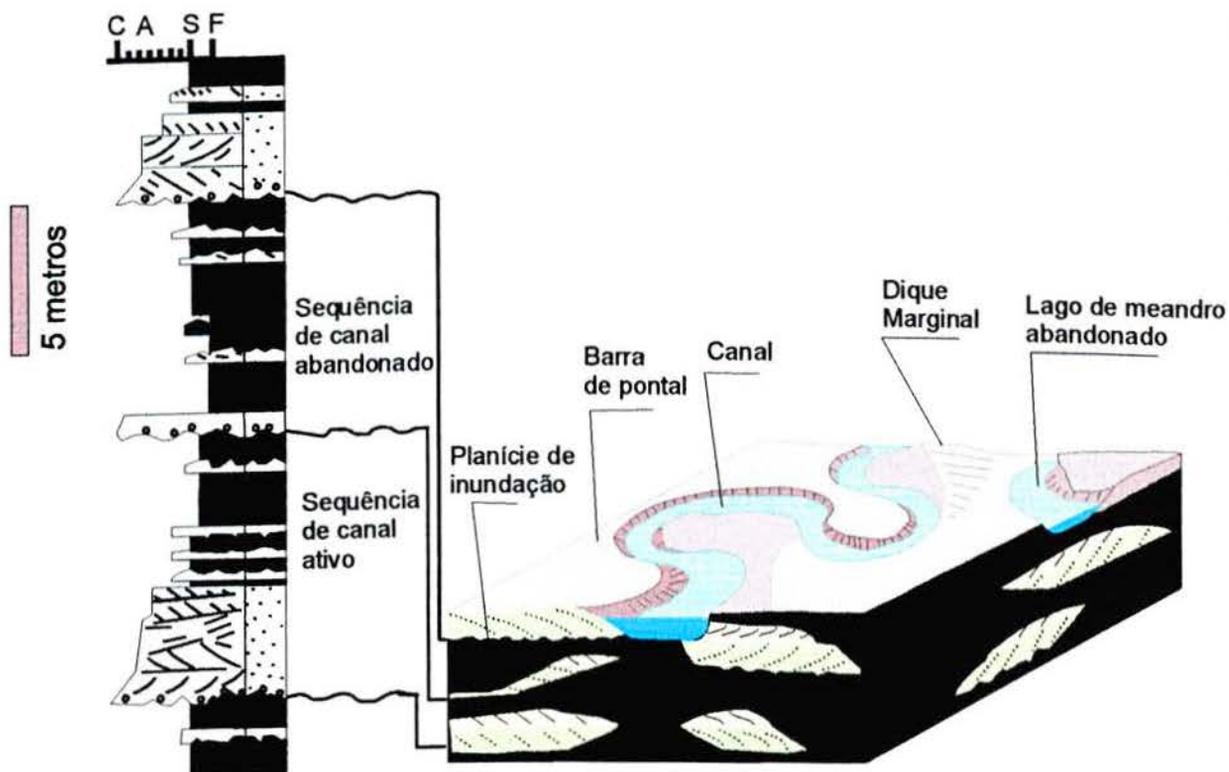
Conforme Mendes (1984), Della Fávera (2001) e a ilustração das figuras 13 a e b, é possível identificar 3 grandes tipos de depósitos fluviais relacionados a rios meandrantés:

- ✓ *Os depósitos de canal* são aqueles formados por processos sedimentares que atuam dentro do canal, geralmente compostos por sedimentos grosseiros, como areias e materiais do fundo do leito e que correspondem aos depósitos residuais de canais, depósitos de barras de pontal e depósitos de preenchimentos de canais;
- ✓ *Os depósitos de transbordamento* são os depósitos fluviais gerados fora do canal, sendo constituídos por sedimentos finos, que se acumulam verticalmente, na superfície da planície de inundação, e que correspondem aos depósitos de diques marginais e depósitos de rompimentos de diques;

Figura 13 a: Organização dos depósitos sedimentares, numa planície de meandros, segundo Mendes (1984)



Figura 13 b: Organização das seqüências sedimentares fluviais, numa planície de meandros, segundo Selley (1976, In: Della Fâvera, 2001)



- ✓ *Os depósitos da bacia de inundação* são os depósitos que resultam da deposição nos períodos de enchentes, quando todo o conjunto da planície passa a compor o leito do rio.

**a – Os depósitos de canal**

- ✓ *Os depósitos residuais de canal*

Os depósitos residuais de canal (*channel lag deposits*) são formados por sedimentos grosseiros, que se acumulam no fundo do leito. Neles, são escassos os materiais compostos por granulometrias finas. Entretanto, quando ocorrem, são mais preservados e, com maior frequência, são encontrados em depósitos fluviais antigos. Raramente formam grandes espessuras e suas ocorrências são, normalmente, descontínuas

- ✓ *Os depósitos de barra de ponta*

As barras de ponta (*point bars*) são, também, denominadas de depósitos de barra de meandro e constituem os depósitos mais importantes dos canais meandrantés, apresentando uma expressão muito particular nos registros de antigas seqüências fluviais.

O tamanho e a forma dos depósitos de barra de meandro variam de acordo com as dimensões do canal. Estes depósitos se desenvolvem nas partes menos profundas dos canais, em lados alternados em cada curva. Quase sempre, apresentam menores concentrações de seixos do que os encontrados nos depósitos residuais de canal. São normalmente constituídos de materiais arenosos, siltico-argilosos ou conglomeráticos. Nem sempre são bem selecionados granulometricamente. Segundo Bigarella & Suguio (1979), estes materiais encontram-se sobrejacentes aos depósitos residuais de canais.

- ✓ *Os depósitos de preenchimento de canal*

Segundo Bigarella (1979), estes tipos de depósitos “*representam a sedimentação e o preenchimento de canais abandonados pelos rios. Ocorrem frequentemente associados a rios meandrantés, pela tendência que estes rios têm para cortar atalhos, seja através de corredeiras, em colo ou por avulsão.*”

Vários desses canais abandonados tornam-se praticamente lagos, com flora e fauna abundantes e um índice de sedimentação normalmente baixo. A geometria desses lagos está diretamente relacionada com a forma e a profundidade do canal abandonado.

Os materiais de preenchimento são constituídos, principalmente, por areias silticas, siltes arenosos e argilas silticas. À montante, nas proximidades do atalho onde se operam os desvios, unidades finas e grosseiras podem estar intercaladas (Bigarella, 1979).

**b – Os depósitos de transbordamento**

- ✓ *Os depósitos de diques marginais*

Os diques marginais apresentam-se em cordões sinuosos, compostos de sedimentos circundantes aos canais fluviais. São formados pela deposição de sedimentos quando a corrente transborda, formando bancos elevados e íngremes à medida que se aproxima dos canais. São sedimentos mais finos que os da barra de

ponta do mesmo rio. Entretanto, as sequências da barra se assemelham às dos diques, quer na composição quer nos tipos de estruturas sedimentares.

Nas épocas de enchentes, a velocidade da corrente fora do canal é relativamente baixa, devido ao atrito, propiciando a deposição de grande parte da carga suspensa. Ainda assim, observa-se uma seleção de tamanho no sentido lateral, graças às partículas mais grosseiras, situadas nas proximidades do canal (Mendes, 1984).

✓ Os depósitos de rompimento de diques

Nos períodos de enchentes, as águas podem abrir passagem em direção à planície, cortando os diques marginais. As aberturas variam de tamanho de acordo com o volume d' água transbordado, propiciando a formação de depósitos de rompimento de diques, os quais são lobiformes e espriam-se pelas planícies de inundação.

Esses depósitos representam os sedimentos mais grosseiros depositados nos vales fluviais fora do canal. São classificados como transicionais, devido ao fato de serem oriundos da carga de fundo. Os sedimentos mais grosseiros, normalmente não ultrapassam a fração areia, depositam-se no interior dos principais canais de rompimento. Em geral, eles apresentam depósitos tabulares, com aproximadamente 30 cm de espessura e padrão do tipo deltaico.

De acordo com Bigarella (1979) "*a deposição é relativamente rápida, mas a fácies pode ser construída durante várias enchentes. Eventualmente, a fenda original de rompimento pode tornar-se um ponto de avulsão com o estabelecimento de um novo curso*".

**c – Os depósitos de planície de inundação**

Os depósitos da planície de inundação, ou várzeas, são as aluviões e materiais distintos depositados no canal, ou mesmo fora dele, quando ocorre o transbordamento e as águas inundam as áreas baixas marginais.

Normalmente, as planícies de inundação apresentam-se com forma alongada e variável. Na maior parte das vezes, elas se encontram nos baixos cursos dos rios. Entretanto, isto não impede que possam situar-se nos altos cursos dos rios, mesmo que tal ocorrência seja rara.

Nas sequências das planícies de inundação, são depositadas camadas de areias finas, siltes e argilas. A espessura de cada sequência pode variar de alguns centímetros até vários decímetros. Em alguns casos, podem ocorrer intercalações de sedimentos finos com camadas de sedimentos mais grosseiros, devido às flutuações das cheias.

Uma outra particularidade das áreas de várzeas, é que durante as cheias uma significativa deposição de restos orgânicos complementa as sequências sedimentares.

Quando há muita umidade, é comum a ocupação da área por espessa vegetação, que se espria por ambientes brejosos. Em caso de formarem-se lagoas, estas acumulam muitos detritos vegetais. Mendes (1984) esclarece que "*esses depósitos aparecem no registro estratigráfico como lentes delgadas de argila carbonosa*

*nos siltitos da paleoplanície de inundação. Lagoas desta natureza podem oferecer as condições favoráveis à formação da turfa”.*

Braços de meandros abandonados, devido a mudanças no percurso do rio ou mesmo em função do assoreamento acelerado, podem ser encontrados ao longo das planícies de inundação. As sequências destes ambientes podem variar de materiais finos, originados das enchentes, à bolsões de matéria orgânica oriunda da atividade biológica.

### **3.3.3 – Os sedimentos das planícies do município de Ipatinga**

Este capítulo objetiva-se apresentar uma caracterização sedimentológica-geotécnica dos materiais, principalmente sedimentares-aluviais, que preenchem as planícies aluviais mais extensas do espaço municipal de Ipatinga. Deve-se ressaltar que algumas delas, também merecedoras de estudos mais pormenorizados, não foram incluídas nesta análise por causa da ausência quase total de informações pertinentes.

A abordagem utilizada para esta finalidade baseia-se na re-interpretação de logs de sondagens a percussão realizadas, a princípio, para a implantação de infraestruturas urbanas e industriais (método direto) à luz de conceitos de geomorfologia e sedimentologia. Este método de sondagem faz parte do aparato da engenharia civil, não sendo utilizado pelos pesquisadores de geociências. Por isso, fez-se necessário descrever, pelo menos de forma sucinta, as características da técnica de sondagem. Isto permite cercar tanto o interesse da abordagem utilizada, quanto suas limitações.

#### **3.3.3.1 – O método de sondagem a percussão**

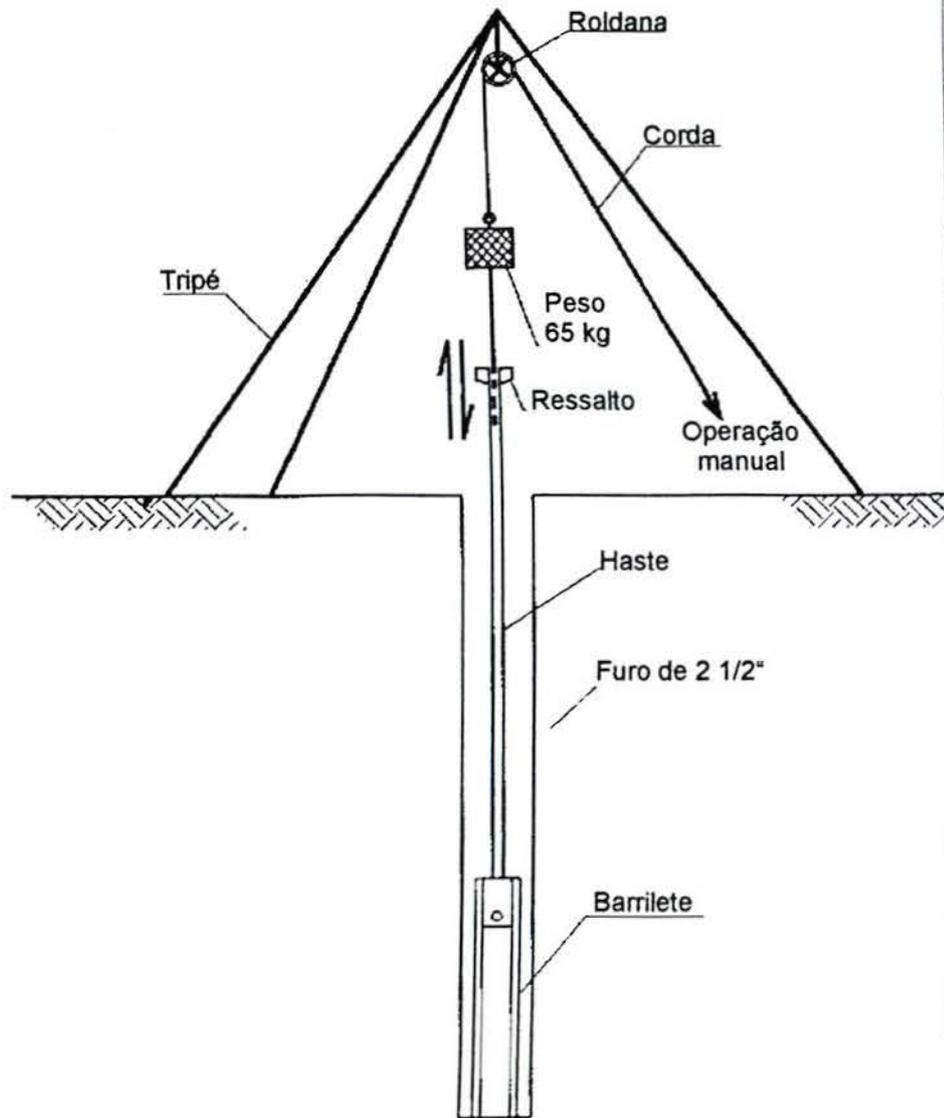
As condições de tropicalidade nas quais o Brasil está inserido, criam as condições favoráveis para a utilização do método de sondagem à percussão. Este representa um dos meios de investigação mais adequado para o estudo do substrato brasileiro, devido à espessa camada de solos resultante do intenso intemperismo químico gerado sob condições climáticas tropicais úmidas.

Este método de sondagem é um dos mais simples dos utilizados para fins de investigação do sub-solo. Segundo Maciel Filho (1994), *“sondagem à percussão é um método para investigação de solos em que a perfuração é obtida através do golpeamento do fundo do furo por peças de aço cortante. E utilizada tanto para a obtenção de amostras do solo como índices de sua resistência à penetração. Podem atingir até 40 metros de profundidade”.*

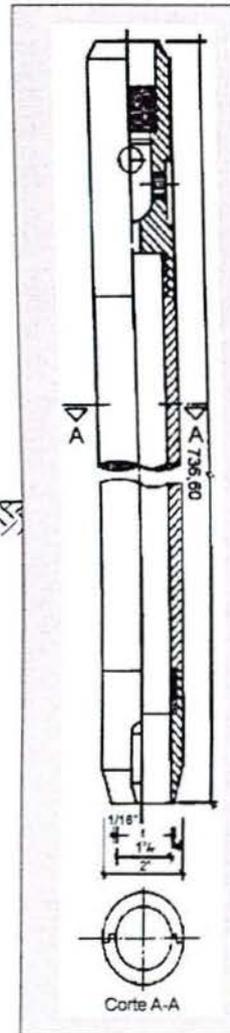
Conforme descrição de Oliveira & Brito (1998), *“o equipamento utilizado é simples e consta basicamente de um tripé, uma bomba de água, um tanque de água de 200 litros e ferramentas de corte do solo. O diâmetro normal da perfuração é de 2,5 (aproximadamente 6,3 cm) e, em geral a sua profundidade varia de 10 a 20 metros”* (Figura 14).

Essas descrições feitas por especialistas em geologia de engenharia mostram, no entanto, importante discordância sobre as características do método. Isto é claro, pelo menos, com relação à profundidade alcançável pelos furos da sondagem, pois ela varia entre 10 e 40 metros em função do autor.

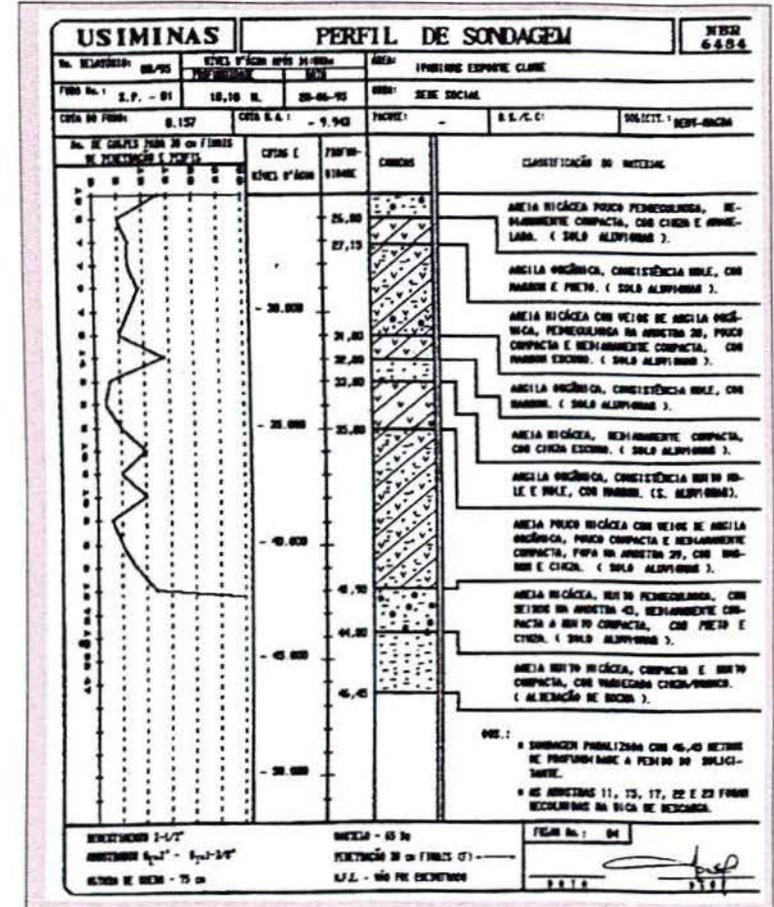
Fig. 14: O método da sondagem à percussão e seu produto que foi re-interpretado em bases geomorfológicas



O aparelhamento geral de sondagem



O barrilete amostrador



Esta discordância parece ser devida a razões bem específicas, pois no caso das planícies do rio Piracicaba, no município de Ipatinga, vários furos atingiram profundidades de até 70 metros, devido à facilidade de penetração em sedimentos aluviais recentes.

A presença de material duro, como a zona de contato solo-rocha ou a ocorrência de camadas de matacões, seixos ou cascalhos de grande diâmetro limitam o uso da sondagem a percussão, devido a dificuldade de penetração das ferramentas utilizadas.

Acima do nível d'água, utiliza-se geralmente para avançar no solo, o trado espiral. Quando se atinge o nível d'água ou material resistente, a sondagem tem prosseguimento com o uso do trépano e circulação de água, processo que recebe a denominação de lavagem. O trépano é uma ferramenta da largura do furo e com terminação em bisel cortante. Sua operação se faz por repetidas quedas do conjunto trépano/hasteamento contra o fundo do furo, de altura de 30 cm, seguidas por um pequeno movimento de rotação, acionado manualmente desde a superfície com uma cruzeta acoplada ao topo de hasteamento. Pelas hastes é injetada água sob pressão, que circula pelo furo arrastando os detritos de perfuração até a superfície.

A cada metro da perfuração é feito um ensaio de cravação de um barrilete, tubo oco com comprimento de 45 cm, no fundo do furo, para medida de resistência do solo e coleta de amostra pouco deformada. Esse ensaio, denominado ensaio de penetração ou ensaio SPT, é feito com equipamento e procedimento internacionalmente padronizado, para permitir a correlação de seu resultado com a experiência consolidada de muitos estudos feitos no Brasil e no exterior.

Para cravar o barrilete, é usado o impacto de uma massa metálica de 65 kg caindo, em queda livre de 75 cm de altura, sobre um ressalto da parte superior do hasteamento a ele conectado.

O resultado do teste SPT corresponde à quantidade de golpes necessários para fazer penetrar, no fundo do furo, o barrilete amostrador nos seus últimos 30 cm.

### **3.3.3.2 – Os sedimentos das planícies dos córregos Esperança e Bom Jardim**

Em função da disponibilidade de furos de sondagem, cujos relatórios foram gentilmente cedidos pela Secretaria de Obras, da Prefeitura Municipal de Ipatinga, e pela Gerência de Meio Ambiente e Urbanismo-PGM, da USIMINAS, conseguiu-se realizar a identificação dos materiais geológicos sub-superficiais os grandes compartimentos de planícies, dos seguintes trechos de bacias hidrográficas situadas nos limites do município de Ipatinga:

- a) a bacia dos córregos Bom Jardim e Esperança;
- b) a bacia do médio-baixo ribeirão Ipanema;
- c) a Planície Fundamental do rio Piracicaba.

### PRANCHA "D"

As planícies das bacias hidrográficas internas do município de Ipatinga, em seu contexto urbanístico (fotografias cedidas pela USIMINAS)

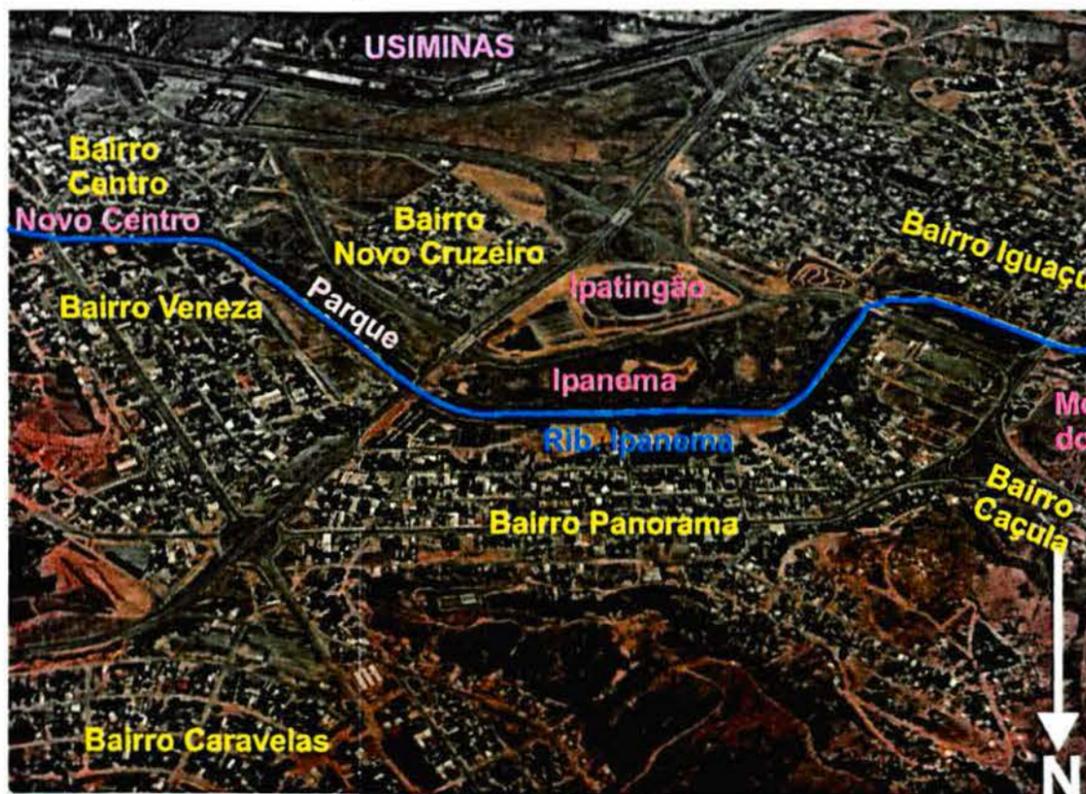


Foto9: Planícies do baixo ribeirão Ipanema

Foto 7: Planícies da bacia dos córregos Bom Jardim/Esperança

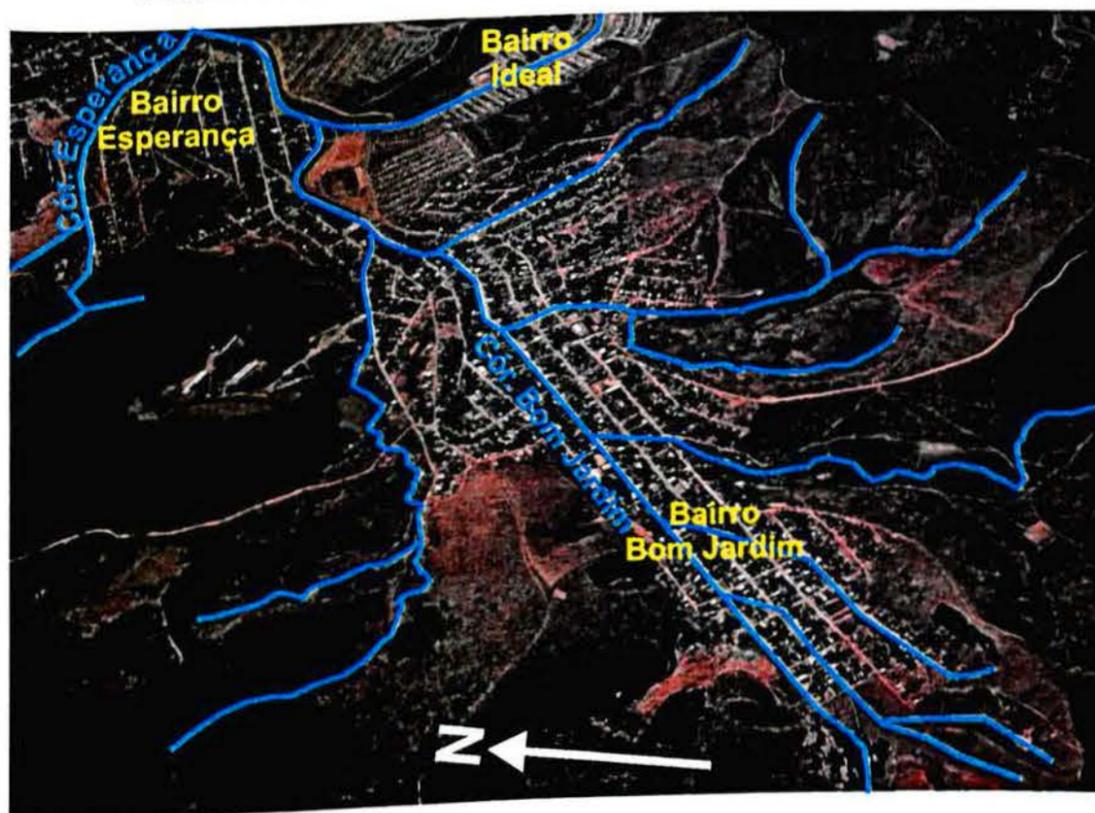
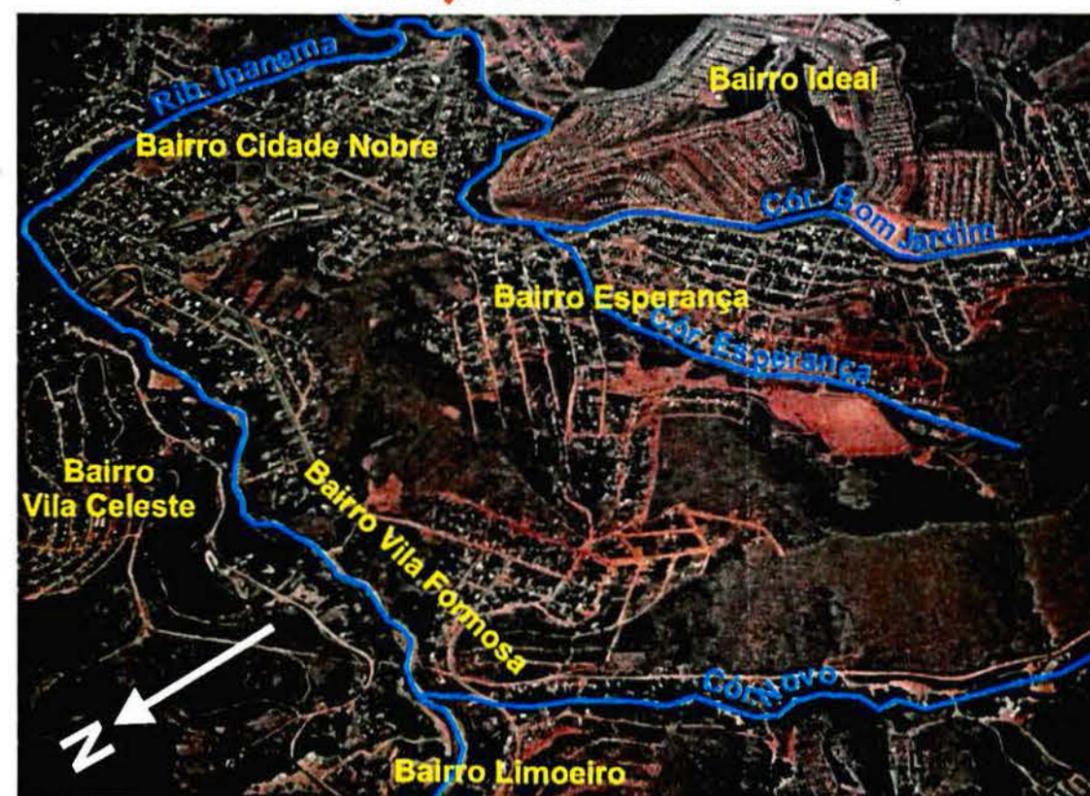


Foto 8: Planícies do médio ribeirão Ipanema



Após sua identificação, os materiais foram interpretados com base em conceitos morfogenéticos (de encostas e de planícies aluviais), permitindo sua modelização tridimensional ao longo dos trechos de planícies estudados. Os resultados dessa abordagem foram expressos sob forma de perfis sedimentológicos, longitudinais no caso das planícies internas ao municípios (conjuntos a e b), e seriados no caso do terceiro.

**a – Os sedimentos da bacia do córrego Bom Jardim**

As sondagens utilizadas no caso dessa bacia foram realizadas ao longo de toda a planície, paralelamente à Avenida das Orquídeas, no bairro Bom Jardim, e da rua Crisântemo, no bairro Esperança (Foto 7).

Os resultados são ilustrados pelo perfil sedimentológico da figura 15a. Neste, as variações ocorrendo no piso rochoso que serve de substrato ao preenchimento sedimentar conduziu a uma compartimentação da planície em 2 unidades.

A “unidade A”, maior em extensão, estende-se por todo o trecho do bairro Bom Jardim, onde a topografia do piso rochoso é relativamente plana, numa profundidade média de 20 metros.

O preenchimento sedimentar é composto por uma massa, com textura predominantemente arenosa, irregularmente misturada com materiais mais finos (siltes e argilas), e correspondendo, provavelmente, a depósitos de barra de ponta. Em meio a esta massa, distingue-se lentes de materiais predominantemente cascalhentos, interpretados como depósitos de preenchimento de canal. Várias lentes de sedimentos finos (siltes, argilas e argilas orgânica), com espessuras de até 10 metros, caracterizam ocorrências de depósitos de planície de inundação, entremeados com os depósitos de barra de ponta, na parte superior do perfil.

A “unidade B”, compreende o trecho da planície ocupado pelo bairro Esperança e incluindo a área de confluência dos córregos Bom Jardim e Esperança. Nesta unidade, o piso rochoso aprofunda-se até 40 metros e sua topografia torna-se mais irregular, com um alto de embasamento separando 2 depressões com até 20 metros de profundidade.

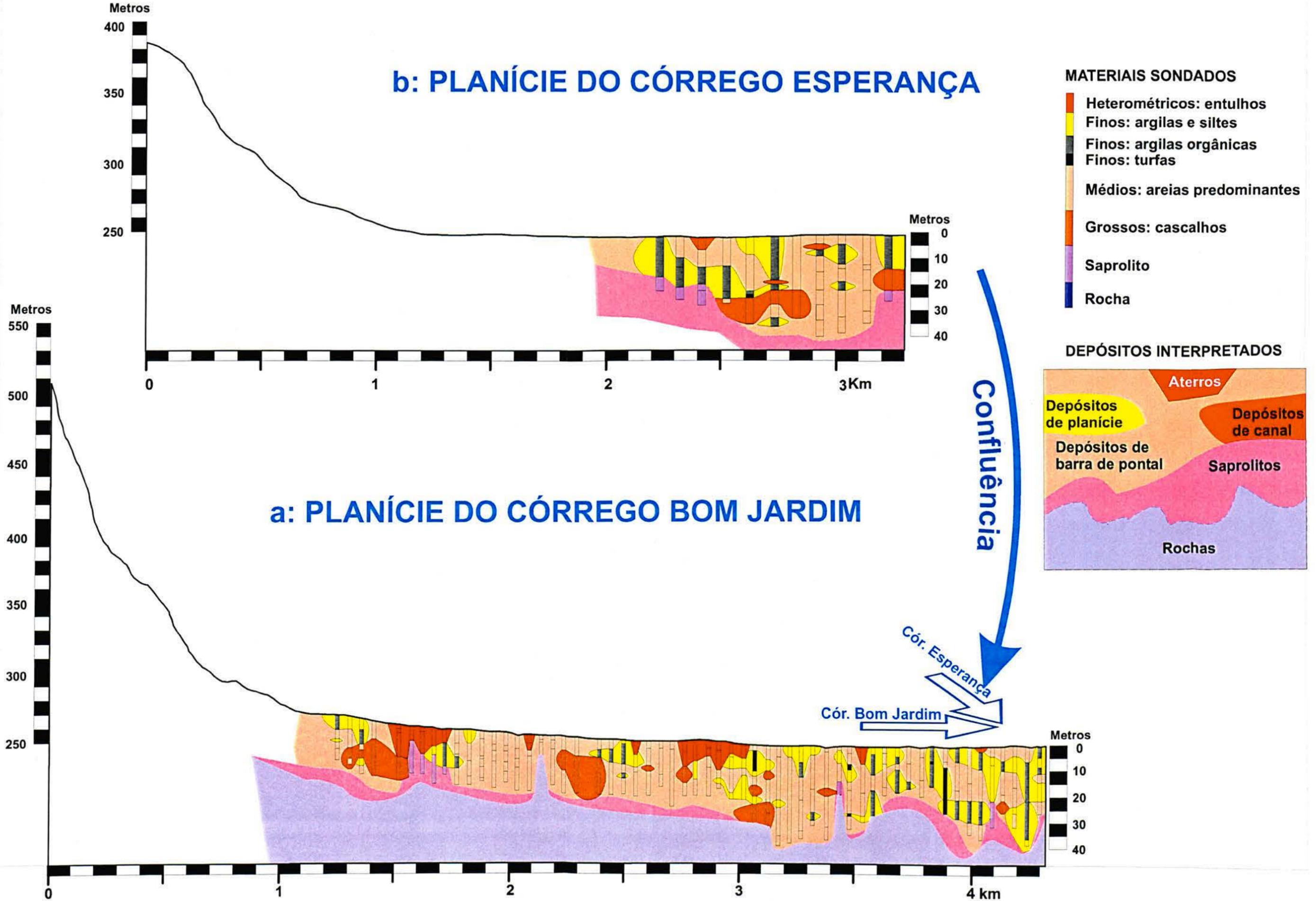
O preenchimento sedimentar apresenta uma variação com relação à “unidade A”, pois a massa de depósitos de barra de ponta diminui frente ao crescimento volumétrico dos depósitos de planície de inundação, onde aumenta, também, a ocorrência e espessura dos pacotes de argilas orgânicas. Camadas de turfas (espessura de até 3 metros) aparecem intercaladas em meio a esses.

As lentes de prováveis depósitos de preenchimento de canal ocorrem com tamanho menor e profundidade maior que 20 metros.

**b – Os sedimentos da bacia do córrego Esperança**

A bacia do córrego Esperança é afluente da bacia do córrego Bom Jardim, na parte mais baixa desta (Foto 7). As sondagens disponíveis permitem caracterizar o subsolo da porção de sua planície onde se assenta o bairro Esperança, incluindo a área de confluência.

Figura 15: Perfis sedimentológicos-geotécnicos longitudinais nas planícies da bacia dos córregos Bom Jardim/Esperança



O perfil sedimentológico resultante da interpretação das sondagens (Figura 15b) mostra que os sub-solos de ambas apresentam forte semelhança, tanto no tocante à geometria do piso rochoso, quanto ao preenchimento sedimentar, permitindo adotar a mesma compartimentação em duas unidades.

A “unidade A”, situada a montante, apresenta, em conformidade com a unidade correspondente da outra bacia, uma espessura do preenchimento sedimentar equivalente a 20 metros, com topografia do piso rochoso regular. Os sedimentos aluviais são caracterizados por depósitos de barra de ponta e de planície de inundação (argilas orgânicas), além de uma lente superficial de preenchimento de canal.

Infelizmente, a metade de montante da planície apresenta carência de informações, impossibilitando seu estudo mais detalhado. Entretanto, como a porção de vale correspondente é bastante estreita, a proximidade das vertentes conduzem a considerar uma situação de substrato rochoso cada vez mais próximo da superfície.

A “unidade B” comporta-se, igualmente ao caso do córrego Bom Jardim, como bacia de sedimentação mais profunda, atingindo a profundidade de 40 metros.

Seu preenchimento sedimentar é, também, dominado por materiais a predominante arenosa (depósitos de barra de ponta), entrecortados por pacotes de siltes e argilas orgânicas, característicos de planícies de inundação. Deve-se ressaltar, por outro lado, as ocorrências de lentes grosseiras (depósitos de preenchimento de canal) organizadas verticalmente, ou seja acima e abaixo da profundidade 20 metros.

#### *c – as características comuns*

Do conjunto das informações extraídas da análise conjunta dessas sondagens, deve-se destacar as seguintes características comuns às duas bacias hidrográficas:

- ✓ predominância de massas sedimentares predominantemente arenosas, com taxas variadas de siltes e/ou argilas, compondo, prováveis depósitos de barra de ponta;
- ✓ ocorrências esparsas de lentes de argilas orgânicas, em todas as profundidades e com espessuras de até 15 metros;
- ✓ compartimentação longitudinal em duas unidades, sendo que o piso rochoso situa-se em profundidade de 20 metros a montante e 40 metros a jusante;
- ✓ aparente superposição (verticalmente) de 2 grandes eventos de preenchimento sedimentar, cujas seqüências se diferenciam a partir da profundidade 20 metros, a mesma que situa o piso rochoso das unidades de montante.

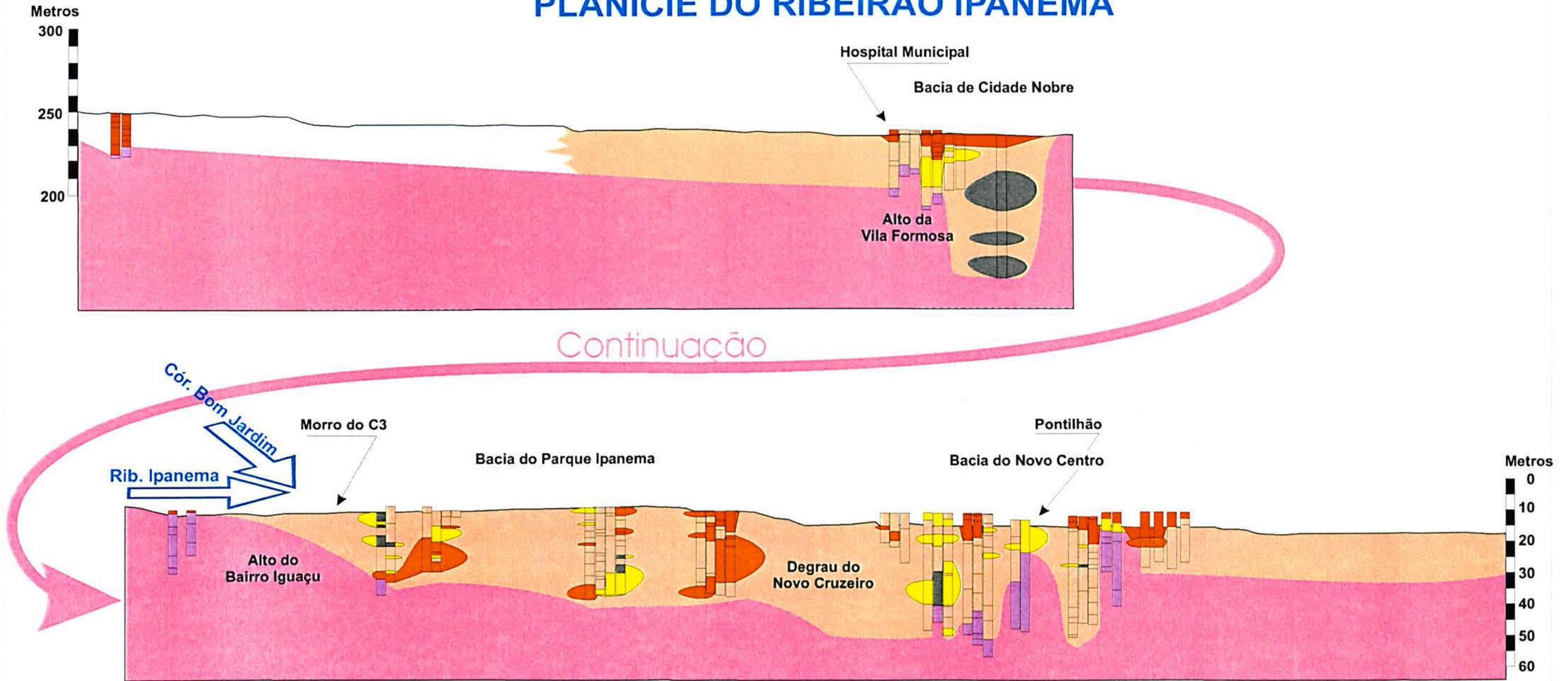
#### **3.3.3.3 – Os sedimentos da planície do ribeirão Ipanema**

Nos estudos inerentes à bacia de sedimentação aluvial do ribeirão Ipanema, foram considerados os seguintes critérios para sua subdivisão:

- ✓ profundidade alcançada pelos sedimentos;
- ✓ características texturais dos sedimentos;
- ✓ organização das seqüências sedimentares;
- ✓ geometria da bacia de sedimentação;
- ✓ topografia do substrato rochoso.

Figura 16: Perfil sedimentológico-geotécnico longitudinal na planície do ribeirão Ipanema

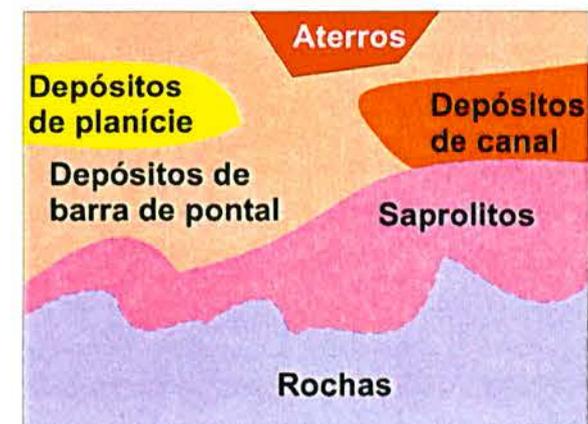
## PLANÍCIE DO RIBEIRÃO IPANEMA



### MATERIAIS SONDADOS

- Heterométricos: entulhos
- Finos: argilas e siltes
- Finos: argilas orgânicas
- Finos: turfas
- Médios: areias predominantes
- Grossos: cascalhos
- Saprolito
- Rocha

### DEPÓSITOS INTERPRETADOS



O trecho da planície do ribeirão Ipanema ao qual se referem as informações pertinentes de sondagens utilizadas, situa-se na parte média e média-baixa da bacia, entre os conjuntos de bairros Vila Formosa/Cidade Nobre e Centro/Veneza (Fotos 8 e 9).

Em função dos critérios citados, foi identificada uma compartimentação longitudinal em 3 unidades principais de bacias sedimentares separadas por altos/degraus do piso rochoso, ou seja altos de embasamento (Fig. 16), conforme segue:

- ◆ Alto do bairro Vila Formosa ( próximo ao Hospital Municipal);
- ❖ “unidade A”: Bacia do bairro Cidade Nobre;
  - ◆ Alto do bairro Iguaçu/Morro do C3;
- ❖ “unidade B”: Bacia do Parque Ipanema;
  - ◆ Degrau do bairro Novo Cruzeiro;
- ❖ “unidade C”: Bacia do Novo Centro.

#### **a – A bacia sedimentar do bairro Cidade Nobre**

Esta bacia, situada entre os altos do bairro Vila Formosa e do bairro Iguaçu, corresponde ao trecho de planície que suporta o bairro Cidade Nobre, com espessura sedimentar variando de 20 metros, na entrada no trecho a mais de 45 metros, na parte central. Em superfície, também, sua expressão é bastante notável na morfologia local, devido à sua grande extensão.

Seu preenchimento sedimentar é, aparentemente, bastante homogêneo. Predominam materiais de textura fina, com grande massa de areias mais ou menos siltosas e com lentes delgadas de pedregulhos, correspondentes a depósitos de barra de ponta, principalmente, e alguns prováveis depósitos de preenchimento de canal. Depósitos de planícies aluviais, com siltes e argilas, ocorrem sob forma de várias camadas e/ou lentes. Deve-se ressaltar, neste caso, a importância das camadas de argilas orgânicas, com espessuras de até 10 metros e presença em todas as profundidades, com expressão maior na parte central da planície.

A montante desta unidade, a ausência de informações impossibilita um detalhamento do sub-solo. Morfologicamente, o vale se estreita até o baixo bairro Limoeiro ( próximo à Chácara Madalena ), onde a planície se alarga novamente, num trecho relativamente curto, ao longo da margem esquerda, voltando a estreitar-se até os limites do bairro Barra Alegre. A partir daí, até ao Parque das Cachoeiras, ocorre um novo alargamento, mas onde o ribeirão escava rochas do embasamento. A elevada concentração de feldspatos nessas rochas induz a gênese de solos extremamente arenosos, os quais facilitam a ocorrência de sérios deslizamentos durante o período de maior pluviometria, como ocorreu durante os meses de fevereiro e março de 2000. A montante desta área, o ribeirão adentra o domínio das Colinas e Cristas a oeste de Ipatinga, com vales encaixados, quedas d’água e cachoeiras.

O Alto do bairro Iguaçu/Morro do C3 separa este trecho de planície da parte de jusante, por intermédio de uma subida do piso rochoso de embasamento que chega a, praticamente, expor este último em afloramento. Em superfície, a este alto do piso

rochoso, corresponde um dos mais notáveis estreitamentos de toda a bacia do ribeirão Ipanema.

Isto permite caracterizar a unidade do bairro Cidade Nobre como uma autêntica bacia sedimentar aluvial, bastante confinada.

#### ***b – A bacia sedimentar do Parque Ipanema***

A segunda unidade situa-se entre o Alto do bairro Iguçu/Morro do C3 e o Degrau do bairro Novo Cruzeiro, compreendendo toda a parte da planície do ribeirão Ipanema ocupada pelo Parque Ipanema. Os dados de sondagens, parecem indicar que o piso rochoso eleva-se de, aproximadamente, 15 metros com relação à bacia de montante, pois o preenchimento sedimentar “reconhecido” alcança espessura máxima de 31 metros. No entanto, este piso se mantém elevado de, aproximadamente, 10 metros com relação à unidade de jusante, a Bacia do Novo Centro. Este aprofundamento a jusante é controlado por um aparente degrau do piso, o Degrau do Novo Cruzeiro.

Deve-se ressaltar que a entrada neste trecho de planície é marcada pela confluência de dois importantes tributários do ribeirão Ipanema, o córrego Bom Jardim, que acaba de receber as águas do córrego Esperança, e o córrego Taúbas. Isto reflete-se, evidentemente em sério aumento de vazão líquida e de aporte sedimentar.

As consequências dessa interferência são representadas, no preenchimento sedimentar, por uma forte desorganização e importante heterogeneidade em todas as sondagens. As seqüências sedimentares mostram fortes variações laterais e verticais, com inúmeras lentes de depósitos de preenchimento de canal e de planície de inundação, intercaladas em meio a areias de depósitos de barra de ponta, aparentemente sem ordem clara. Há, também, ocorrência de muita matéria orgânica associada a siltes e argilas, e, na faixa central da bacia, a presença de argilas orgânicas, com várias lentes de espessura reduzida.

Essas características de baixo grau de organização deposicional parece também resultar de um efeito de estreitamento do vale, no local onde recebe maiores cargas líquida e sólida.

Na mesma linha de argumentação, deve-se lembrar que neste trecho, o canal do ribeirão Ipanema foi submetido a obras de retificação, na década de 70. A planície apresentava, em condições naturais, canais anastomosados e uma dinâmica de cheias acentuadas, causadoras de grandes danos à população local. Infelizmente, as informações foram verbais, obtidas através do Engenheiro Valtair José Calixto e do Sr. José Maria Ferreira, não tendo sido encontrados registros escritos ou cartográficos da época.

#### ***c – a bacia sedimentar do Novo Centro***

Esta bacia, situada entre o Degrau do Novo Cruzeiro, a montante, e a desembocadura do ribeirão Ipanema no rio Doce, sendo parcialmente representada na fotografia da foto 9.

Neste trecho, a bacia de sedimentação se espessa, alcançando 40 metros de profundidade, enquanto a planície correspondente se alarga ao longo da antiga rua do

Buraco, ou rua São José, área hoje conhecida como Novo Centro. Observa-se que logo a partir do degrau do Novo Cruzeiro, a planície do ribeirão Ipanema se conecta à Planície Fundamental do rio Piracicaba, onde a espessura do preenchimento sedimentar alcança 70 metros.

As informações extraídas das sondagens indicam que as sequências sedimentares parecem reorganizarem-se, com predominância de pacotes arenosos de barra de ponta, entremeados de siltes e argilas depositados em planícies de inundação. A matéria orgânica é presente em profundidades de 30 a 35 metros, misturada a todos os tipos de materiais. Por outro lado, algumas lentes de materiais grosseiros indicam a ocorrência de depósitos de preenchimento de canal nas camadas sub-superficiais.

Nota-se que, apesar da falta de informações claras, não se pode descartar a presença de algum alto do embasamento a jusante desta bacia, pois algumas sondagens executadas na área do Pontilhão denunciam uma redução drástica da espessura do preenchimento sedimentar. Considerando a história das enchentes que ocorriam, em relação com este, antes da realização das obras do Novo Centro, é bem possível que ao estreitamento da planície, em superfície, corresponda um alto do embasamento em sub-superfície, atendendo ao modelo geral da região.

#### **3.3.3.4 – Os sedimentos da planície do rio Piracicaba**

O sub-solo da Planície Fundamental do rio Piracicaba, cuja organização espacial e ocupação são ilustradas pela foto 10, foi investigado com base em perfis sedimentológicos seriados (figuras 17-1, 17-2 e 17-3), que permitiram inclusive uma análise tridimensional preliminar. Um aperfeiçoamento desta análise poderá ser realizado, no futuro, pois a interpretação da maior parte das centenas de sondagens disponíveis (gentilmente cedidas pela PGM/USIMINAS) necessitaria de um longo tempo, além de ferramenta de análise tri-dimensional informatizada.

No estágio atual da investigação, foi identificada uma organização em 3 grandes tipos de unidades de preenchimento sedimentar:

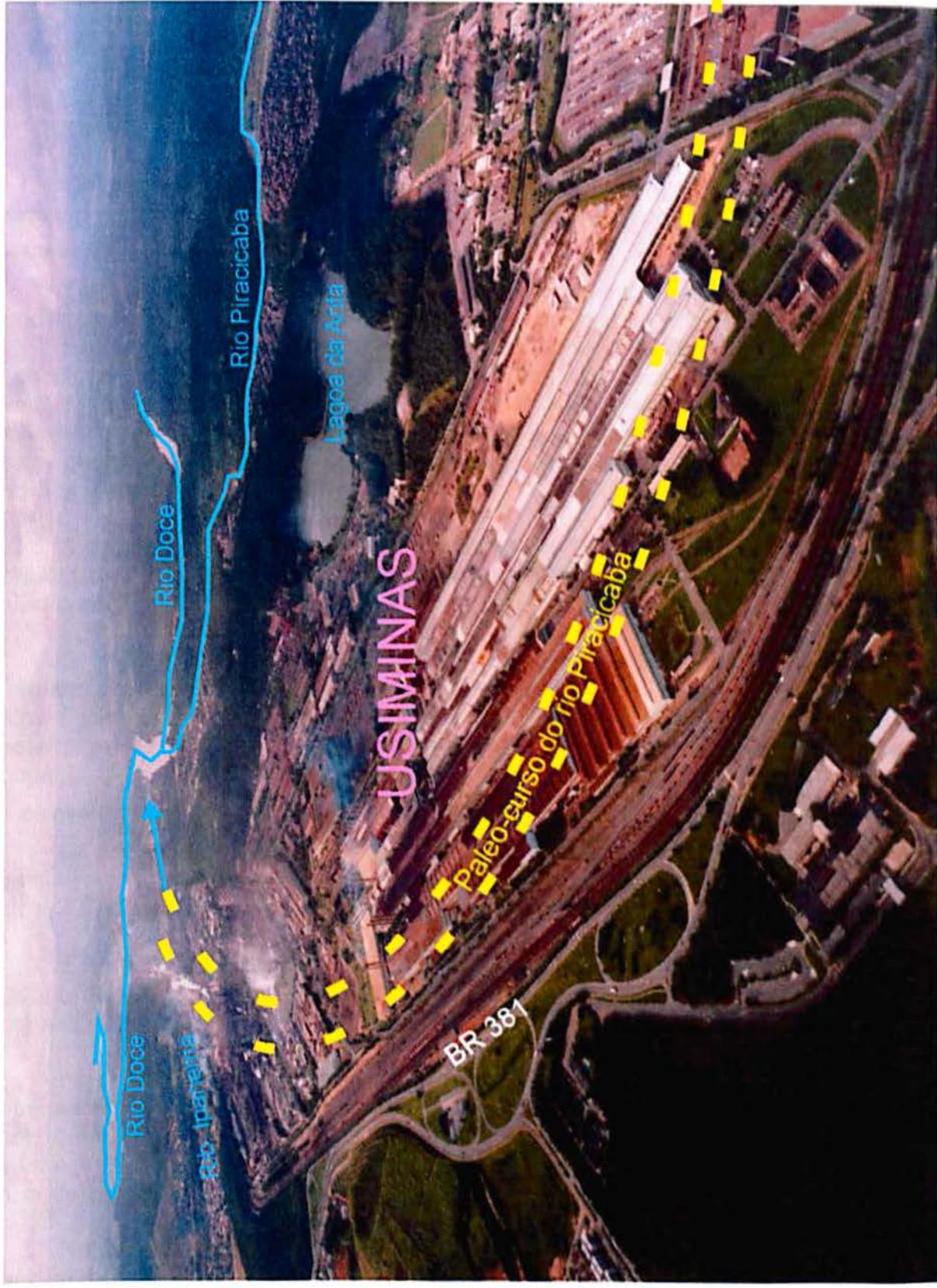
- “tipo A”: a Planície Fundamental s.s.;
- “tipo B”: as planície de conexão;
- “tipo C”: o terraço marginal.

#### **a – Os depósitos da Planície Fundamental s.s.**

A Planície Fundamental s.s. corresponde a uma planície de inundação elaborada, em tempos geológicos não muito remotos, pelo próprio rio Piracicaba, tendo a abandonado, posteriormente, para migrar em direção a leste.

Nesta, o comportamento da sedimentação parece ter obedecido a uma dinâmica fluvial bastante regular. Os pacotes sedimentares identificados apresentam uma alto grau de homogeneidade e uma estratigrafia de seqüência bem típica dos depósitos de barra de ponta. Em todos os perfis, observa-se espessos pacotes de areias, entremeados de camadas de siltes e argilas, geralmente mais delgadas, ilustrando os padrões de acumulação de materiais das planícies de inundação.

PRANCHA "E"  
Foto 10: A "Planície Fundamental" do rio Piracicaba em Ipatinga, em seu contexto urbanístico



A espessura do preenchimento sedimentar é impressionante, pois atinge 70 metros, o que parece indicar um processamento em regime de subsidência. Por outro lado, o piso rochoso parece sofrer um progressivo aprofundamento, de sul para norte, o que está de acordo com a direção do paleo-fluxo.

Com altas taxas de deposição de areias, característica comum dos depósitos de barra de ponta, e intercalações de depósitos finos de inundação, esta bacia apresenta um sistema típico de ambientes fluvial meandrante.

Os depósitos de preenchimento de canal, menos expressivos, apresentam-se em intervalos irregulares, incorporados aos outros sistemas deposicionais.

#### ***b – Os depósitos das pequenas planícies de conexão***

Trata-se de pequenos e estreitos trechos de planícies que conectam a Planície Fundamental s.s. ao terraço que margeia o atual canal do rio Piracicaba.

Os registros estratigráficos formam seqüências delgadas de materiais finos em associação com espessos pacotes de matéria orgânica, inclusive turfeiras. Isto identifica ambientes de sedimentação fluvial dominados por inundações em bacias fechadas ou bastante confinadas. Quantidades significativas de detritos fósseis foram assim deslocados pelas correntes, e nelas acumuladas junto a materiais com estes padrões texturais.

A espessura do preenchimento sedimentar, limitada a 25 metros, constitui um parâmetro de interpretação importante, pois assinala uma conexão tardia do eixo do paleo-curso com o curso atual.

O caráter peculiar dos sedimentos, com elevado potencial de preservação de materiais de inundação, na área hoje correspondente aos limites entre a Usiminas e o bairro Cariru, onde foi instalado o “Clube Aciaria”, geraram, indubitavelmente, condições geotécnicas desfavoráveis a edificações de médio porte, limitando as possibilidades de ocupação do solo ao uso recreativo.

#### ***c – os depósitos do terraço marginal***

O aqui denominado Terraço Marginal corresponde à faixa de terreno que constitui a margem esquerda do rio Piracicaba, sendo representada nos perfis 3 e 4 da figura 29, pois se desenvolve preferencialmente próximo à confluência com o rio Doce.

É importante notar que o piso rochoso situa-se, também, em altitude mais elevada que a do piso da Planície Fundamental s.s.. Isto parece confirmar a idéia de um preenchimento em regime de subsidência.

Neste preenchimento, os depósitos de materiais finos são extremamente abundantes, e dominam a totalidade das seqüências. A espessura dos sedimentos varia entre 30 a 45 metros. Além da textura, a notável organização das camadas sedimentares assinala uma sedimentação em planície de meandros, com depósitos de barra de ponta alternando com depósitos de planície de inundação.

Nos demais perfis, esta unidade é ausente na margem esquerda do rio Piracicaba, que é diretamente talhada nas rochas do embasamento cristalino.

Figura 17-1: Perfis sedimentológicos-geotécnicos seriados na "Planície Fundamental" do rio Piracicaba, em Ipatinga-MG (.....continuação na página seguinte)

OBS: Legenda comum na página 69

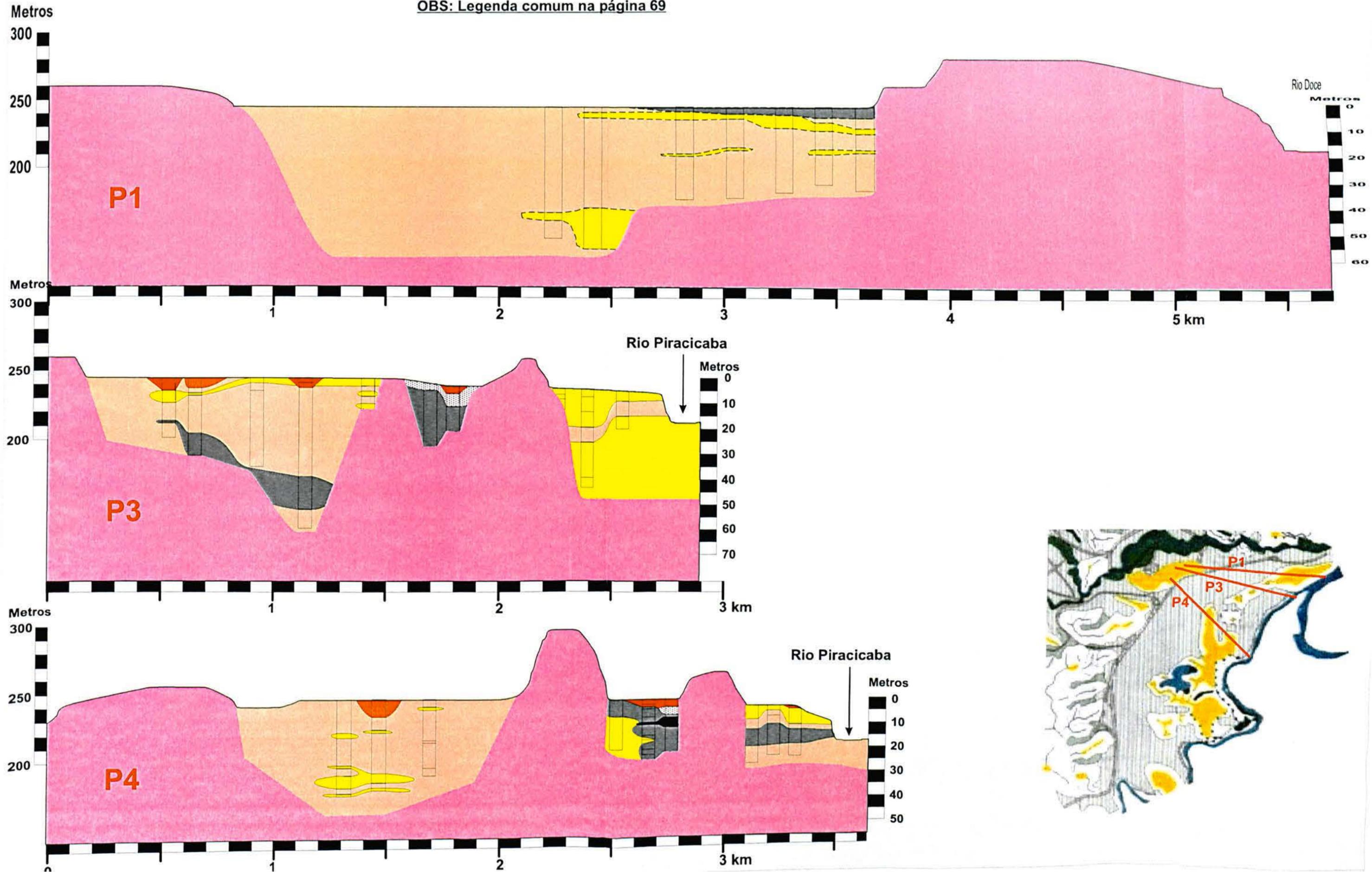
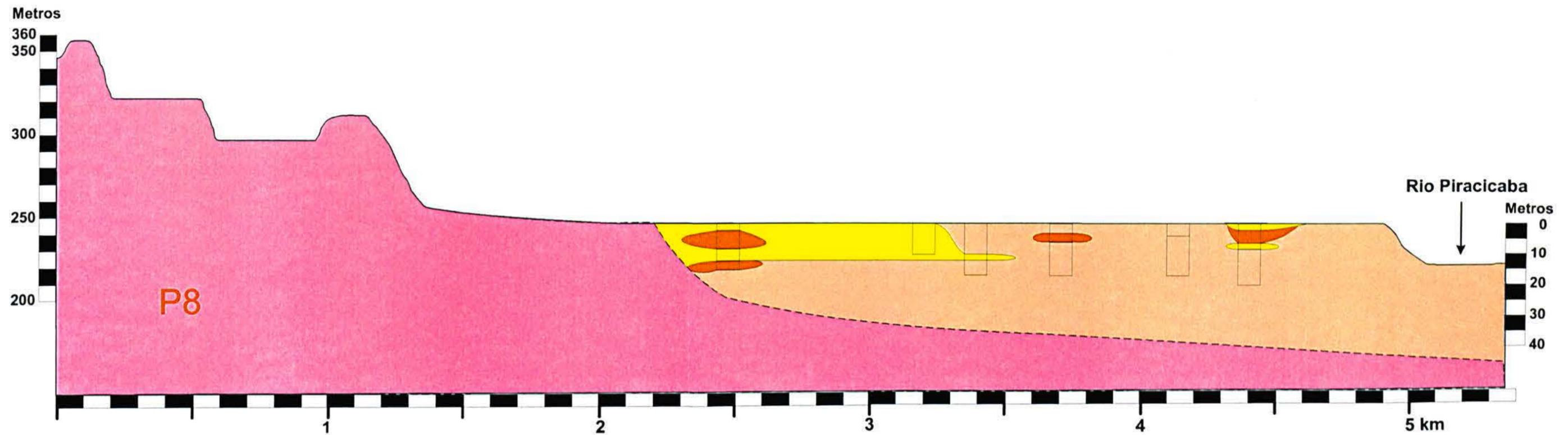
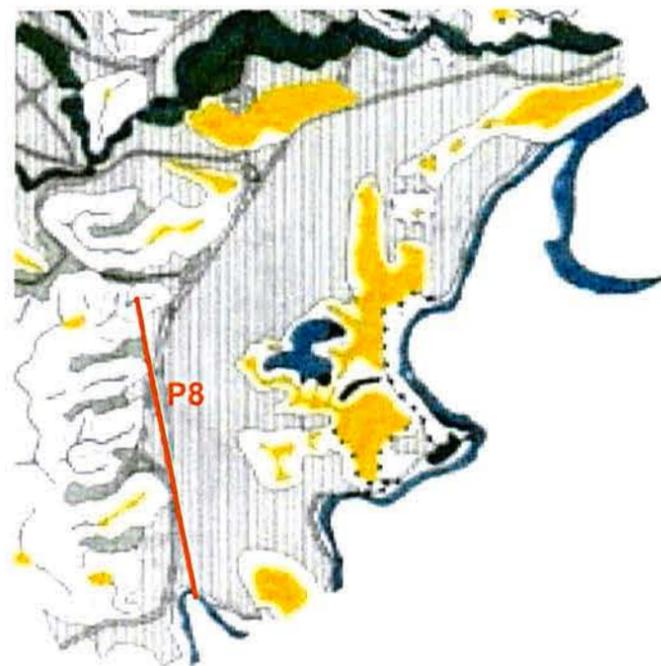


Figura 17-3: Perfis sedimentológicos-geotécnicos seriados na "Planície Fundamental" do rio Piracicaba, em Ipatinga-MG (...continuação da página anterior)



LEGENDA  
(comum às figuras 29-1, 29-2 e 29-3)



MATERIAIS SONDADOS

-  Heterométricos: entulhos
-  Heterométricos: colúvios
-  Finos: argilas e siltes
-  Finos: argilas orgânicas
-  Finos: turfas
-  Médios: areias predominantes
-  Grossos: cascalhos
-  Saprolito
-  Rocha

DEPÓSITOS INTERPRETADOS



### 3.4- EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA REGIÃO DE IPATINGA

#### 3.4.1- Elementos de morfogênese cenozóica

A morfodinâmica cenozóica da região foi abordada com base numa síntese das informações contidas nos perfis geomorfológicos (Figuras 18-1 e 18-2). A ilustração resultante desta síntese representa as feições morfológicas mais recorrentes no município de Ipatinga, permitindo propor, em caráter preliminar, uma cronologia relativa da evolução geomorfológica. Além da evidente importância de que se reveste o estabelecimento de marcos cronológicos, atentou-se para particularidades morfológicas da planície do rio Piracicaba, que parecem denunciar a ocorrência de uma evolução morfodinâmica quaternária complexa, caracterizada por várias fases de deslocamento dos canais dos cursos d' água principais da área das confluências rio Doce/rio Piracicaba e rio Doce/ribeirão Ipanema.

##### 3.4.1.1 – Cronologia relativa da morfodinâmica fluvial local

Os marcos identificados são representados por 6 níveis de erosão e/ou sedimentação, que podem ser interpretados conforme segue.

###### *a - Níveis de cristas altas*

Trata-se do conjunto de cristas localizadas na parte ocidental do município e que apresentam dois níveis altimétricos predominantes. O primeiro, situado entre as cotas 330 a 340 metros, envolve trechos do bairro Bom Jardim e as elevações próximas ao Escritório Central da Usiminas. O segundo, situado entre as cotas de 370 a 385 metros, ocorre no bairro Canaã (morro da antena da Telemig Celular), alto Bom Jardim e na mata da Usiminas, nos arredores dos bairros Horto e Santa Mônica. Todas as ocorrências correspondem a topos dos interflúvios dos vales fluviais relativamente estreitos, que canalizam os cursos d' água secundários.

Ocorrem, também, níveis de cristas mais elevadas, identificadas com menor recorrência nos perfis, e que atingem altitudes superiores a 470 metros (torre da rádio Vanguarda no bairro Santa Mônica).

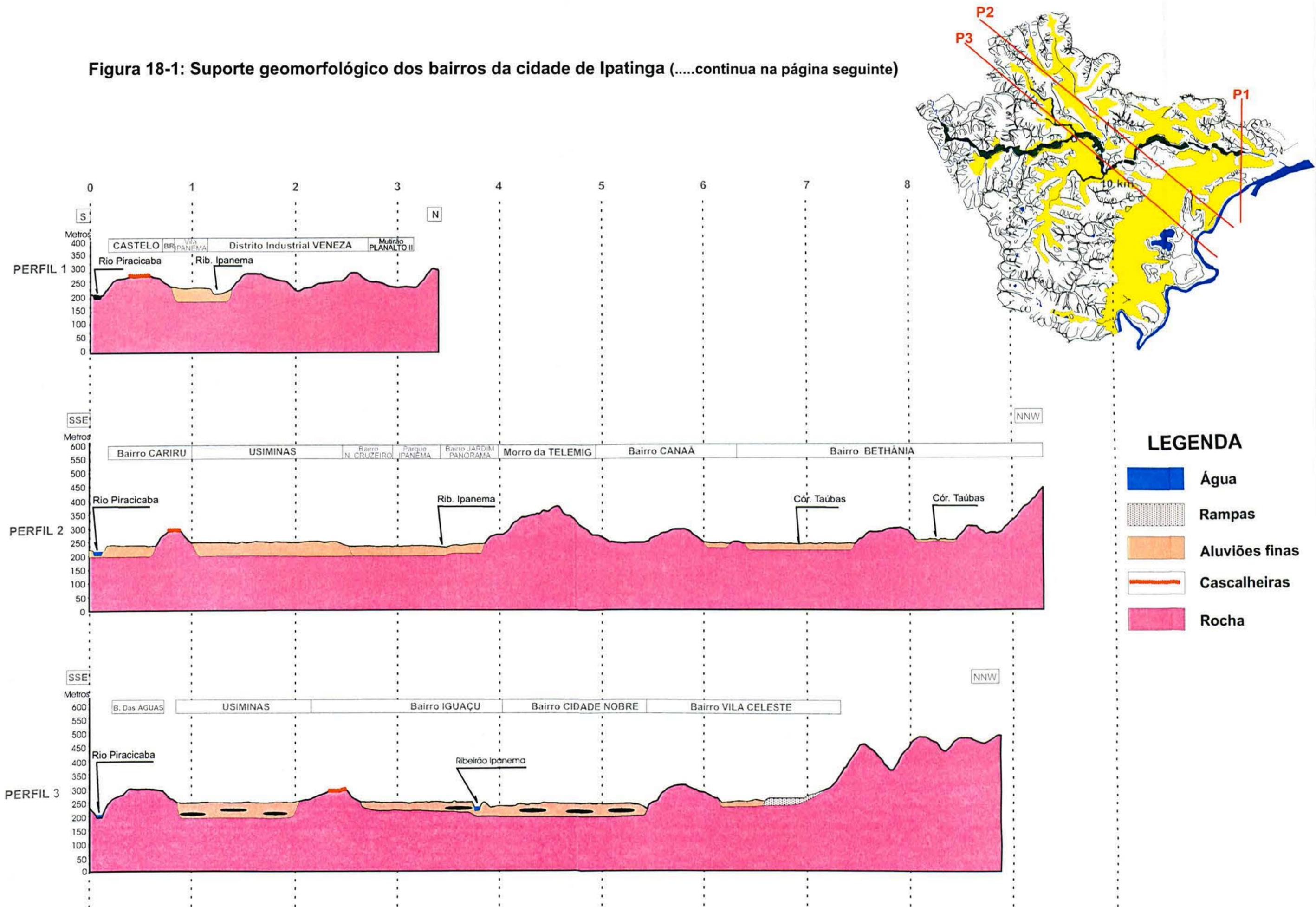
No entanto, não há nenhuma indicação de padrão que permita interpretar essas feições como marcadoras de algum nível específico de erosão.

###### *b - Terraço alto do rio Piracicaba*

Vários topos planos, situados entre as cotas 280 a 295 metros, correspondem ao primeiro e mais alto nível de terraço atribuído ao rio Piracicaba. Os resquícios da cobertura aluvial presentes nos topos, foram identificados em campo, nas morrarias do bairro Iguazu (Fotos 11, 12, 13 e 14) e nos logs de sondagens, no alto do bairro das Águas, próximo ao Hospital Márcio Cunha.

Estendendo-se para fora da área central, este nível de terraço acompanha o vale do ribeirão Ipanema. Esta afirmação resulta da identificação de sedimentos aluviais, em sondagens realizadas na localidade conhecida como Vale do Sol, no bairro Vila Celeste.

Figura 18-1: Suporte geomorfológico dos bairros da cidade de Ipatinga (.....continua na página seguinte)



## PRANCHA "F"

### Aspectos dos terraços do rio Piracicaba

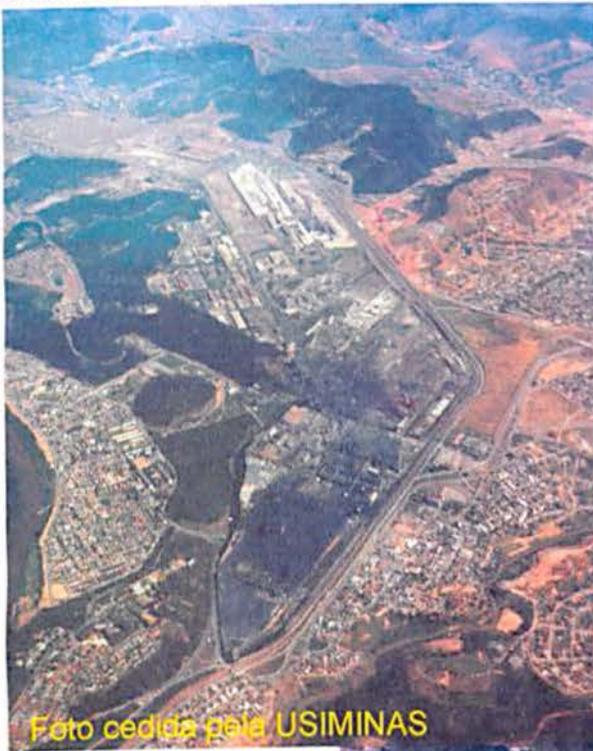


Foto cedida pela USIMINAS

Foto 11: Vista da Planície Fundamental, no eixo central, com a planta industrial da USIMINAS. Os alinhamentos de morros, que a bordejam dos dois lados, constituem os dois arcos de terraços do rio Piracicaba.

Foto 12: os bairros Bela Vista e das Águas ocupam morros planos, que são testemunhos de terraços do rio Piracicaba

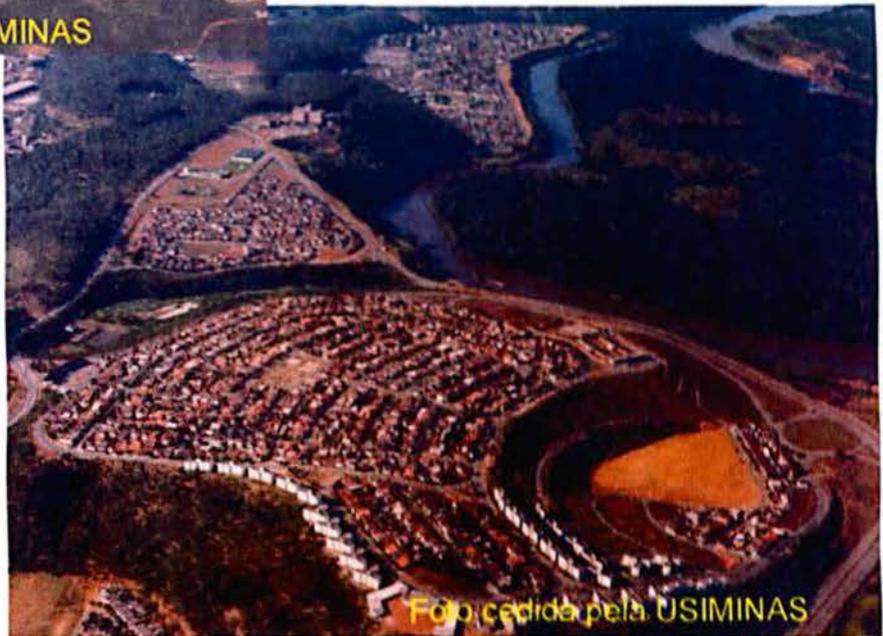


Foto cedida pela USIMINAS

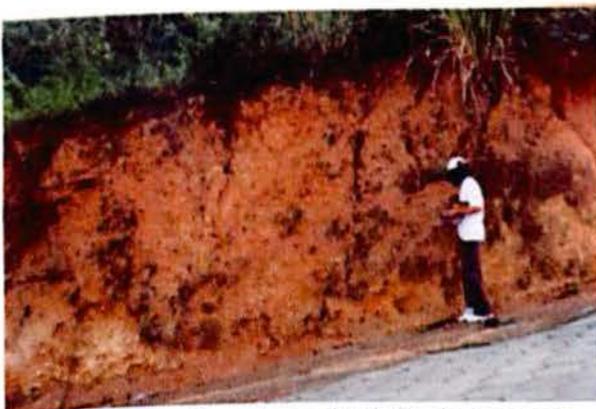


Foto 13: sedimentos aluviais de terraço, aflorando no barranco situado atrás



Foto 14: detalhe do afloramento, com destaque para as cascalheiras de quartzo

### ***c- A base das rampas colúvio-aluvionares***

Esse nível corresponde a patamares dispersos na área, com altitude média de 265 metros. Estes representam a base de rampas colúvio-aluvionares, situadas, geralmente, entre os níveis do Terraço Alto e da Planície Fundamental. Normalmente, eles acompanham os vales secundários dos cursos d' água dos afluentes do ribeirão Ipanema. Essas feições são identificadas em praticamente todos os bairros de Ipatinga, mas não podem ser facilmente creditadas a um marco cronológico específico.

### ***d- A Planície Fundamental***

Esta planície é caracterizada por uma extensão e uma geometria que, além de estabelecerem um vínculo genético direto com a dinâmica do rio Piracicaba, mostram que sua formação envolveu a conexão com os cursos d' água menores, sobretudo o ribeirão Ipanema. Ela representa o segundo nível de aluvionamento reconhecido no âmbito da rede fluvial local. A planície se desenvolve numa estreita faixa altitudinal, 240 a 245 metros e ainda conserva testemunhos das migrações pretéritas do canal do rio Piracicaba.

### ***e - A várzea do rio Piracicaba e ribeirão Ipanema***

Esta várzea desenvolvida na faixa altitudinal de 230 a 235 metros, corresponde ao terceiro nível de aluvionamento no contexto da organização da rede fluvial local. Ela se desenvolve de forma mais representativa ao longo do ribeirão Ipanema, uma vez que no rio Piracicaba, ela é extremamente estreita e confinada.

### ***f- Nível de base atual***

O nível de base atual, controlado pelos canais dos rios Piracicaba e Doce, na altitude aproximada de 215 metros, constitui o quarto e último marco cronológico da dinâmica fluvial cenozóica reconhecida na região.

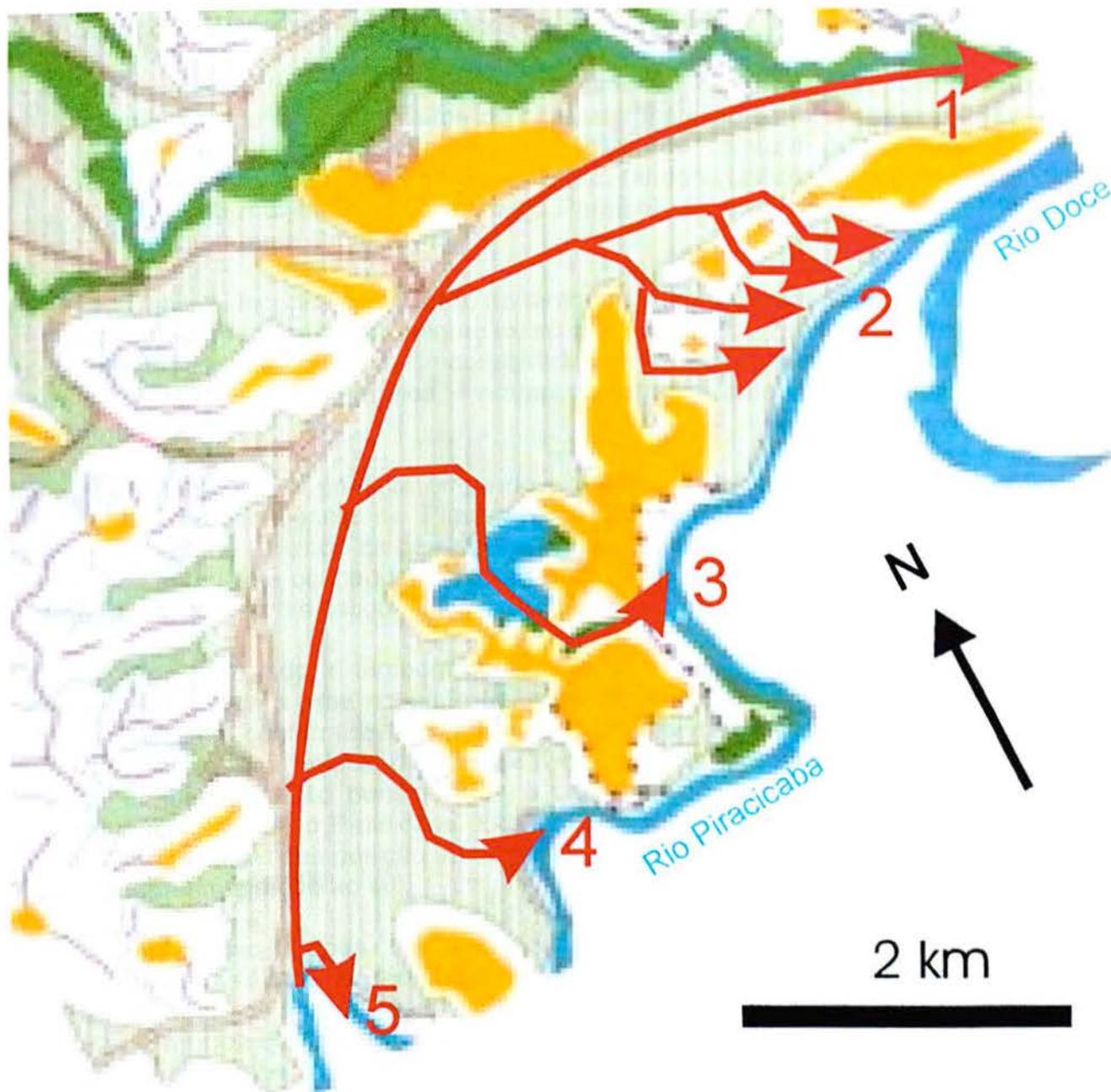
#### **3.4.1.2 – As migrações de canais fluviais na área das confluências**

A análise da morfologia apresentada pela planície do rio Piracicaba, entre a Ponta do Tomazinho e a confluência com o rio Doce (Figura 19), serviu de base a uma tentativa de reconstituição dos eventos da dinâmica fluvial ocorridos durante a transferência dos canais fluviais do segundo para o terceiro nível aluvial, ou seja, da Planície Fundamental ao nível das várzeas atuais.

O primeiro ponto de interesse é representado pelo fato que a organização dos elementos morfológicos denuncia uma ocupação pretérita, por parte do rio Piracicaba, da planície hoje ocupada pelas instalações da USIMINAS e separada do canal do rio Piracicaba por um alinhamento de morros. Isto é possível de ser confirmado através de três elementos relevantes :

- a existência deste trecho de planície abandonado no exato local em que o canal do rio Piracicaba é afetado por uma forte anomalia, representada pela Ponta do Tomazinho, não havendo nenhum outro curso d' água que possa ser apontado como eventual responsável pela formação desta planície;

Figura 19: Migrações prováveis do canal do rio Piracicaba, na área de confluência com o rio Doce, durante o Pleistoceno



LEGENDA



1,2,3,4,5

Fases de migração/retração do canal do rio Piracicaba (da mais antiga para a mais recente)

- ✓ a relação de continuidade cronológica existente entre os compartimentos correspondentes as etapas 2 (Planície Fundamental) e 3 (nível das várzeas), da evolução morfodinâmica fluvial local;
- ✓ os resultados da análise anterior dos sedimentos dessa área de acumulação fluvial, permitiram identificar depósitos de preenchimento de canal acompanhando toda a margem esquerda da planície, entre a Ponta do Tomazinho (nas proximidades do bairro Amaro Lanari) e a área do aeroporto (antiga confluência dos rios Piracicaba e Doce, já no município de Santana do Paraíso), denunciando a localização pretérita de um importante canal fluvial.

Deste paleocanal, o rio teria, portanto, migrado para sua posição atual, a leste do alinhamento de morros. Esta migração, ao que tudo indica, parece ter sido realizada em várias etapas, que podem ser reconstituídas com base na morfologia atual, através de uma seqüência de, pelo menos, 4 etapas de retração do canal do Piracicaba de norte para sul.

Nota-se que a primeira etapa deve ter envolvido, automaticamente, a migração para sul da confluência rio Piracicaba/rio Doce. Para isso, o paleocurso do rio Piracicaba teria utilizado as passagens existentes entre os morros remanescentes dos terraços altos, hoje ocupados nos topos pelos bairros Castelo, Das Águas, Bela Vista e Imbaúbas; nas partes baixas pelos bairro Cariru e Bom Retiro.

Por outro lado, é também possível que um trecho maior do canal do rio Doce, extensível a toda a área ocupada pelos lagos, tenha acompanhado esta alteração da rede fluvial, em conformidade com as importantes alterações do curso deste rio, durante o Pleistoceno-Sup./Holoceno (Barbosa & Kohler, 1981; Lima *et al.*, 1999). No presente caso também, é lícito pensar que o canal do rio Doce junto com seu ponto de confluência com o rio Piracicaba, localizava-se mais a oeste. Seu deslocamento para leste, até alcançar sua posição atual, parece ter sido efetuada à medida da migração do Piracicaba em direção ao sul.

As várias etapas de retração do rio Piracicaba são, a primeira vista, testemunhadas por lentes de areias grossas (aparentemente, depósitos de preenchimento de canal), que ocorrem próximo a quase todas as passagens existentes entre os morros que separam o rio da planície. Estas observações são aqui utilizadas como argumentos suplementares das várias fases de retração usando essas passagens.

Merece ressaltar que a Lagoa da Anta, existente dentro da área da Usiminas e usada para as operações de resfriamento, tem origem natural, pois já era identificada em aerofotos de vôos realizados anteriormente ao processo de ocupação. É bem provável que ela corresponde a um remanescente de um dos referidos paleocursos do rio Piracicaba, ou seja, a um braço de meandro abandonado.

### 3.4.2 – A morfodinâmica histórica natural e induzida

Uma vez identificadas a organização geomorfológica geral do município, bem como a dos ambientes fluviais, foco principal deste trabalho, surge a necessidade de traçar um painel dos principais elementos que permitem compor uma idéia da dinâmica desses ambientes. Para isso, foram resgatados os principais elementos documentados, que expressam faces do comportamento morfodinâmico, tanto em condições naturais quanto artificiais, antropicamente induzidas.

#### 3.4.2.1 – Migrações históricas do rio Piracicaba no bairro Amaro Lanari

O bairro Amaro Lanari pertence ao município de Coronel Fabriciano, mas encontra-se encostado no limite sul do município de Ipatinga. O bairro foi intensamente polarizado pelo município vizinho, desde o início de sua ocupação, com a implantação das obras de construção da Usiminas. Os trabalhadores de mais baixa renda da usina foram seus primeiros habitantes.

O fato de incluir este bairro que foge aos limites municipais de Ipatinga na área de pesquisa, deve-se principalmente aos seguintes fatores:

- ❖ a proximidade com a área de estudo;
- ❖ a dinâmica fluvial do rio Piracicaba, que apresenta características muito peculiares e bem distintas de todo o seu canal, justamente no trecho próximo ao bairro;
- ❖ a importância do bairro para toda a região do Vale do Aço, no que diz respeito ao abastecimento em água para uso doméstico, pois as principais baterias de poços para captação d'água da COPASA estão instaladas nas planícies do rio Piracicaba situadas neste bairro;
- ❖ a forte pressão antrópica exercida sobre essas margens do rio Piracicaba, pelo complexo siderúrgico e pela urbanização, conflitando com a destinação de uso principal.

O bairro está assentado sobre uma grande planície à margem esquerda do rio Piracicaba. Parte desta corresponde à planície de inundação do rio, sendo circundada por níveis distintos de terraços. Colinas suaves constituem o relevo dos interflúvios, de ambos os lados do vale (Fotos 15 e 16).

Devido a estas características morfológicas, o bairro é quase sempre atingido pelas enchentes que ocorrem na bacia do rio Piracicaba. O caso mais dramático já registrado, foram as enchentes de 1979, que atingiram toda a bacia do rio Doce.

Um dos fatores que contribui à explicação das enchentes que atingem periodicamente o bairro, é o fato desta planície situar-se em nível altimétrico inferior ao da Planície Fundamental, que estrangula o canal logo a jusante do bairro. Deve ocorrer, assim, um bloqueio do fluxo com subida das águas à montante desta, atingindo diretamente o bairro.

## PRANCHA "G"

A planície do rio Piracicaba, no bairro Amaro Lanari  
(município de Coronel Fabriciano)



Ponta do Tomazinho

Foto 15: Vista aérea oblíqua, centrada sobre a Ponta do Tomazinho de montante para jusante. Notar, ao fundo, a tendência do canal a penetrar dentro da Planície Fundamental, que está protegida pelo aterro de escórias.

Foto cedida pela USIMINAS

Perímetro de extração de água  
da COPASA

Foto 16: Vista aérea oblíqua, de montante para jusante, centrada sobre o perímetro de extração de água da COPASA.



Foto cedida pela USIMINAS

Além desta característica altimétrica, uma peculiaridade morfológica do canal do rio Piracicaba, deve contribuir à acentuar ainda mais o fenômeno. O canal fluvial forma uma curva bastante original, ao tocar na base do rebordo da Planície Fundamental, denominada Ponta do Tomazinho. Para isso, após um trecho retilíneo rumo ao norte, o canal opera um retorno rumo a sudeste, descrevendo um ângulo brusco de aproximadamente  $130^{\circ}$ . Após isso, uma outra curva fechada em apêndice faz o canal rumar alternadamente para oeste e leste, deixando por muito pouco de formar uma ilha bem próximo ao bairro. Estas divagações do canal dificultam a rápida circulação das águas do rio, nos períodos em que seu volume aumenta consideravelmente, contribuindo à gênese das enchentes frequentes a montante da Ponta do Tomazinho.

As características lamosas dos sedimentos, também causaram problemas estruturais graves aos primeiros moradores que sofriam com a presença de barro durante todos os períodos de precipitação mais acentuada, independente do extravasamento das águas do rio. O problema só foi solucionado com a aplicação de técnicas de urbanização: sistema de drenagem pluvial, de esgoto e asfaltamento.

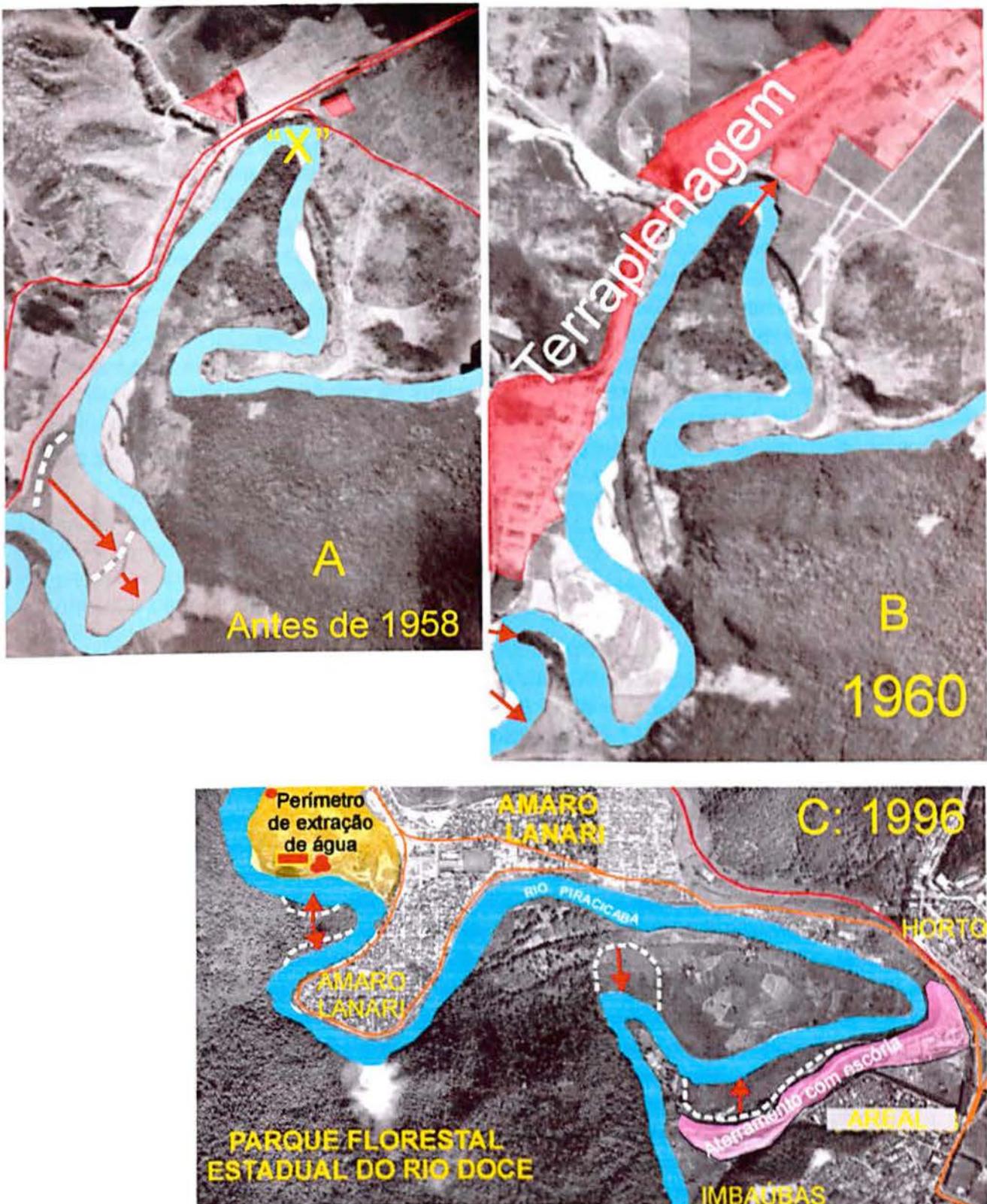
#### 3.4.2.2 – as migrações do canal do rio Piracicaba nas proximidades do bairro Amaro Lanari

Com base em análise de aerofotos de períodos distintos, foi possível identificar as várias mudanças às quais este trecho de rio foi submetido ao longo das últimas décadas (Figura 20), desde os tempos em que não havia ocupação humana de suas margens. As mudanças são, em sua maioria, claramente de origem antrópica, ora em função das necessidades de urbanização da área, ora em função de necessidades associadas aos interesses das atividades industriais da região.

As fotos registram três momentos, dentro dos quais identifica-se as seguintes mudanças:

- ❖ o primeiro momento antecede o ano 1958, ano do início da construção da usina da USIMINAS, ou seja retrata a situação antes do processo de ocupação da área (Figura 20 a). O canal exibe feições naturalmente relacionadas com dinâmica de meandros, abandonando um antigo curso bem retificado para redesenhar, em duas etapas, uma curva, que circunda uma porção de planície onde será instalada parte do futuro bairro. Este tipo de dinâmica sugere que a ponta aguda, descrita pelo rio quando toca a Planície Fundamental ("X" na figura), deve avançar por solapamento da margem, adentrando mais a planície.
- ❖ o segundo momento retrata a situação no início da década de 60 (Figura 20 b), em pleno período de urbanização. A margem esquerda do rio é toda afetada por obras de terraplenagem para assentamento das infraestruturas urbano-industriais. A porção de planície recentemente isolada pelo meandramento natural apresenta, também, um início de preparação do terreno. A ponta "X" do canal exibe uma tendência à penetração na Planície Fundamental, enquanto que a curva do canto sudoeste apresenta uma certa acentuação do meandro.

Figura 20: Evolução da urbanização e alterações associadas no canal fluvial do rio Piracicaba, nas vizinhanças do bairro Amaro Lanari (limite dos municípios de Ipatinga e Coronel Fabriciano)



**LEGENDA**

- Sentido de migração de canal fluvial
- Paleocanal de meandro abandonado

- ❖ o terceiro momento retrata a situação no ano de 1996 (Figura 20 c). Neste momento, os bairros Amaro Lanari, Horto, Imbaúbas e Areal estão totalmente assentados, o perímetro de extração de água subterrânea da COPASA ocupa a porção mais meridional da planície. As modificações operadas na geometria do canal são mais drásticas, sendo muito provavelmente de origem totalmente antrópica: retração das curvas de meandramento em torno da Ponta do Tomazinho e abertura da curva situada entre o bairro Amaro Lanari e o perímetro da COPASA. Um importante aterramento por material de escórias é realizado à margem do rio Piracicaba, ao longo dos bairros Areal e Imbaúbas pela USIMINAS. Esta área continua, ainda hoje, recebendo grandes quantidades de escórias e outros materiais de rejeitos, em condições seriamente controladas. Do ponto de vista da morfodinâmica fluvial, deve-se ressaltar que este aterramento por materiais pesados tem o mérito de estabilizar este trecho da margem fluvial, a priori um dos mais potencialmente instáveis, em condições naturais e a longo prazo. As informações fornecidas pelas sondagens demonstraram que seu subsolo é constituído por sedimentos aluviais finos, os quais não ofereceriam resistência suficiente a correntes fortes, em períodos de alta instabilidade.

#### **3.4.2.3 – Projetos de modificações no canal do rio Piracicaba**

Segundo alguns levantamentos feitos em arquivos da Usiminas e relatos de alguns moradores da região, existe o projeto de modificar a atual geometria do canal do rio Piracicaba ao longo do trecho adjacente ao bairro Amaro Lanari. Tratar-se-á de operar um corte fluvial forçado, na Ponta do Tomazinho, eliminando de vez a curva que conduz o canal a banhar a margem aterrada pelo depósito de escória.

Isto poderia gerar sérias complicações para o bairro. As mudanças na dinâmica fluvial natural poderão romper o equilíbrio existente e as modificações se propagariam, de maneira imprevisível, ao longo dos outros trechos do próprio canal. As consequências sobre as margens urbanizadas, apesar de dificilmente previsíveis, podem resultar em solapamentos de margens, comprometendo a estabilidade de toda a área urbanizada.

#### **3.4.2.4 – Alterações efetuadas no canal do ribeirão Ipanema**

O ribeirão Ipanema, também, sofreu alterações ao longo do seu canal. Estas se concentraram nas imediações do eixo central e datam do final dos anos 70, quando o trecho que se estende do bairro Cidade Nobre até o Parque Ipanema foi retificado, com a eliminação de vários meandros. Essas divagações do canal eram associadas à ocorrência das cheias na área com graves consequências para os que moravam nas proximidades. Mesmo ruas um pouco mais distanciadas do leito, eram invadidas pelas águas que encontravam dificuldades para escoar naquela profusão de curvas que o ribeirão apresentava, sendo represadas pelos barramentos impostos pelo próprio canal.

Infelizmente, não se encontrou nenhuma documentação fotográfica que apresente essas características anteriores do ribeirão. Entretanto, com bases em depoimentos de antigos moradores e de técnicos da prefeitura, informações relativamente precisas foram coletadas e identificadas as melhorias advindas das obras de retificação, que contribuíram à redução das enchentes no local.

Entretanto, os benefícios não foram generalizados. Em algumas áreas, principalmente próximo ao Parque Ipanema, acentuaram-se os problemas. Em consequência da retificação, a margem direita do ribeirão ficou mais elevada do que a margem esquerda. Isto fez com que a parte rebaixada seja atingida, periodicamente, por cheias do ribeirão Ipanema que invadem casas e pequenas áreas plantadas com hortaliças principalmente, gerando, às vezes, grandes perdas materiais aos moradores.

Por outro lado, a acentuação da velocidade do fluxo não foi acompanhada de obras de correção mais a jusante. Como a planície se estrangula a partir da área do Pontilhão, as águas do ribeirão ficavam bastante represadas, durante os fortes aguaceiros. As ruas que ficavam perto do rio eram então totalmente alagadas, implicando em privações sérias para os moradores das margens.

Uma das ruas mais atingidas, era a rua São José ou rua do Buraco, como também era conhecida. Esta rua era localizada em plena área central e instalada nas proximidades do leito do ribeirão Ipanema. Em toda época de chuvas, ela era atingida pelas cheias (o caso mais grave foi o de 1979) que invadiam casas, destruindo moradias e móveis, quando não provocava vítimas fatais. Hoje tais problemas foram solucionados, com as obras do Projeto Novo Centro, que, além de correções no canal, transferiu a população que morava nas áreas atingidas para um local que não apresenta riscos à ocupação, no bairro denominado Planalto II.

### 3.4.3 - As enchentes recentes : causas e consequências

*"A vida é uma questão de passar bons dias; mas é também uma questão de passar bons minutos."*

Emerson, R.W (In: Mumford, 1980)

As inundações são os efeitos indesejáveis provocados pelas enchentes sazonais. As enchentes, apesar de serem fenômenos naturais, principalmente em rios que drenam ambientes tropicais, com chuvas torrenciais no verão e escassez de chuvas no inverno, tornam-se verdadeiros flagelos para as cidades e mesmo para algumas áreas rurais, onde são responsáveis por enormes danos materiais e inclusive destruição de vidas humanas.

Nas áreas urbanas, as inundações causam o alagamento de ruas, o afogamento de cidades inteiras, isto porque as cidades normalmente nascem nas margens dos rios, tanto pela facilidade de comunicação e transporte, como pela disponibilidade de água para o abastecimento ou para o destino de resíduos sólidos ou não. A princípio, as casas se encontram em locais de maior elevação, relativamente distantes das margens dos rios e livres das inundações. Entretanto *"com o crescimento da população, os rios vão sendo canalizados, os terrenos baixos vão sendo drenados, as várzeas vão sendo ocupadas por avenidas ( as chamadas 'avenidas de fundo de vale') ou por bairros residenciais"* (Branco 1999).

Normalmente, as obras de canalização e "retificação" dos rios, prevêm um aumento da capacidade do canal que possa conter toda a vazão das cheias mesmo nos momentos mais críticos. Muitas das vezes, não é isto que ocorre. A impermeabilização dos solos, a retirada da cobertura vegetal, quebrando o equilíbrio cíclico das águas, faz com que o volume da água que é escoada para os rios o

transforme, em poucos minutos, em um caudaloso e violento curso d'água, arrasando as várzeas agora ocupadas e que também encontram-se impermeabilizadas.

As consequências são várias. Além da perda das propriedades móveis e imóveis, os congestionamentos de tráfego causam prejuízos incalculáveis pelo retardamento das atividades urbanas e aumento de gastos de combustível dos veículos.

*“Ainda mais graves são os surtos de doenças devido às contaminações da rede de água potável pelas águas poluídas ou da própria drenagem do solo da cidade, a formação de poças d'água que facilitam a reprodução de insetos vetores, como os transmissores da dengue, e até invasão da cidade por ratos e baratas que normalmente habitam a canalização de esgotos...”* ( Branco 1999).

#### **3.4.3.1 – Cartografia das enchentes recentes no município de Ipatinga**

A elaboração deste mapa (Figura 21) justifica-se, principalmente, pelo fato de parte da cidade de Ipatinga ser atingida, com certa regularidade, pelas inundações provocadas pelo transbordamento dos rios que drenam seu perímetro urbano.

No histórico da cidade, alguns momentos foram realmente sofríveis em função das fortes chuvas. Situada na confluência dos rios Doce e Piracicaba, a cidade propriamente dita não sofre inundações relacionadas a nenhum dos dois.

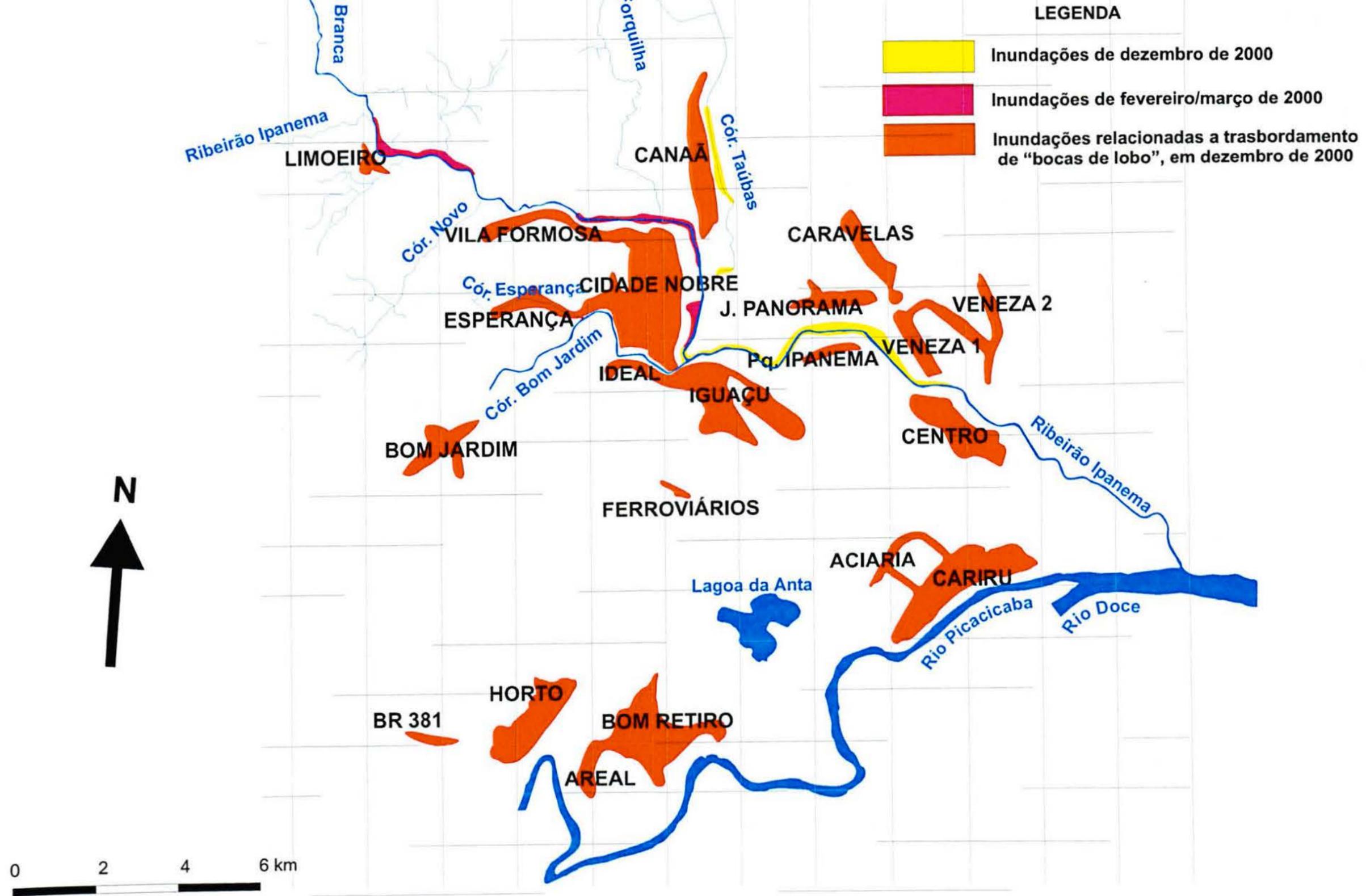
As enchentes estão relacionadas com o ribeirão Ipanema e seus afluentes, cursos d'água que drenam a cidade. Estes sofrem retornos de fluxos em seus trechos mais baixos, provocando toda a problemática das enchentes.

No registro de períodos de enchentes deve-se lembrar os da década de 60 (1963), mas que foram menos impactantes devido ao fato do aglomerado urbano ser menor. A maior lembrança negativa associada às enchentes, sem dúvida, é a das enchentes de 1979, quando toda a bacia do rio Doce sofreu perdas terríveis. Neste período, Ipatinga registrou o lamentável número de 43 mortos, por causa das fortes chuvas que provocaram inundações das margens do ribeirão Ipanema e afluentes, além de deslizamentos das encostas.

Durante aquelas cheias, o número de perdas de vidas humanas foi o maior de toda a bacia do Doce. Além disso, a cidade ficou praticamente incomunicável: a ferrovia ficou interrompida durante 15 dias, o abastecimento por terra praticamente bloqueado, a produção da USIMINAS foi reduzida a 15% do total por vários dias.

Em novembro de 1981, repetiu-se o fenômeno, no entanto com menor grau de gravidade (DNOS 1982).

Figura 21: Mapa das áreas atingidas pelas enchentes recentes, no município de Ipatinga (Fonte de dados: levantamentos de campo e documentares da autora)



Para a representação das informações levantadas, diretamente em campo no caso de alguns eventos, e por investigação oral e documentar nos outros, operou-se uma classificação das enchentes por causas, resultando na seguinte tipologia:

- ❖ transbordamento dos leitos dos cursos d'água interiores;
- ❖ esgotamento dos sistemas de drenagem pluvial urbano;
- ❖ impermeabilização do solo urbano, principalmente pelo asfaltamento.

Os dados foram obtidos através dos registros das consequências provocadas pelas fortes chuvas que incidiram sobre a região no ano de 2000, principalmente durante as grandes tempestades que ocorreram no mês de fevereiro/março, e a última no dia 06 de dezembro de 2000.

#### **3.4.3.2 – Papel do transbordamento do ribeirão Ipanema e seus afluentes**

As áreas analisadas compreendem os trechos próximos ao ribeirão Ipanema e seus afluentes. As áreas mais atingidas no mês de fevereiro correspondem às partes baixas dos bairros Limoeiro e Chácara Madalena, onde o excesso do volume d'água do ribeirão Ipanema, ao longo da margem esquerda de seu alto-médio curso, destruiu casas e pequenos plantios agrícolas, deixando um número significativo de desalojados e destruindo parcialmente uma ponte que liga o bairro Limoeiro ao bairro Barra Alegre.

Neste trecho, vários afluentes se juntam ao ribeirão Ipanema, aumentando sua vazão e agravando os problemas de transbordamento, nos períodos chuvosos. Praticamente toda a planície foi ocupada por moradores de baixa renda, com construções simples. A geração de uma grande quantidade de lixo sólido lançado no leito do ribeirão, que apesar de ser relativamente largo neste trecho, apresenta-se bastante assoreado, aumentou os riscos de transbordamento. No mês de fevereiro de 2000, fenômenos semelhantes destruíram um grande número de moradias e deixaram muitos desabrigados (Fotos 17 e 18)

As encostas que bordejam o vale estão quase totalmente ocupadas, mas apenas as encostas da margem direita são mais urbanizadas. Mas, ainda assim, sempre há probabilidades de riscos para seus moradores. Nas encostas da margem esquerda, a situação é mais caótica. As encostas que se conectam à planície, no bairro Chácara Madalena, são mais íngremes. A intervenção humana, com moradias precárias e sem infra-estrutura urbana, acaba maximizando os problemas, pois são fontes permanentes de exportação de sedimentos para os leitos fluviais dos fundos de vale locais, exigindo maior atenção dos serviços técnicos.

Situação semelhante se repetiu na parte baixa dos bairros Cidade Nobre e Iguazu, onde a população invadiu as margens inundáveis do ribeirão Ipanema. No bairro Cidade Nobre, nos trechos onde o ribeirão Ipanema foi retificado eliminando-se antigos meandros, a ocupação urbana se expandiu, expondo a população a riscos periódicos de enchentes. Essa situação se agrava, devido ao fato desta área estar próxima à desembocadura do córrego Taúbas, o que aumenta o impacto das correntes d'água sobre as margens.

## PRANCHA "H"

Aspectos das enchentes causadas pelo transbordamento do ribeirão Ipanema



Foto 17: Destruição de moradias instaladas sobre a planície de inundação do ribeirão Ipanema, no bairro Limoeiro, pelas enchentes de fevereiro de 2000



Foto 18: Destruição parcial da ponte que liga os bairros Limoeiro e Chácara Madalena, pelas enchentes de fevereiro de 2000

Durante as chuvas de dezembro de 2000, quando precipitaram 350 mm, em 45 minutos, os problemas foram mais visíveis no baixo curso do ribeirão Ipanema e nas margens do córrego Taúbas. No bairro Canaã, principalmente, ao longo da Avenida Gerasa, o nível d'água atingiu uma média de 2 metros acima do seu leito normal, invadindo as casas e destruindo parte das obras de canalização que estavam sendo realizadas, justamente para reduzir os riscos oriundos das cheias.

Objetivava-se a eliminação definitiva de seus transbordamentos. Entretanto, em dezembro de 2000, seu leito transbordou novamente. É fato que o volume d'água precipitado foi atípico, mas isto serviu de alerta para um local que ainda apresenta riscos de inundação, mesmo com todo o investimento em infra-estrutura.

As causas, além da precipitação intensa, podem estar relacionadas ao fato deste córrego receber um número significativo de pequenos cursos d'água neste trecho, o que incrementa fortemente sua vazão durante os períodos mais críticos.

Outro elemento a ser ressaltado, é a intensificação da urbanização nas encostas interligadas com sua margem esquerda, próximo à sua desembocadura. Isto ocorre com um loteamento recém iniciado, sem preocupações ambientais ou medidas de mitigação das causas da erosão-assoreamento, cujas conseqüências estão dificultando o escoamento normal das águas do córrego Taúbas.

Um fato importante de ser também considerado está relacionado com antigas obras urbanas, como o que acontece quando o córrego escoar sob a avenida do bairro Caçula. A "ponte" foi assentada sobre duas manilhas sub-dimensionadas para a vazão local, mesmo durante os eventos de chuvas menos intensas do que o de dezembro de 2000. De fato, além do diâmetro reduzido, estas já estão praticamente entupidadas pelo lixo. A associação destes fatores gera os excedentes hidrológicos que provocam os problemas de enchentes (Fotos 19 e 20).

Na faixa próxima à desembocadura do ribeirão Ipanema, correspondente à área atual do Novo Centro, as inundações já foram frequentes. Atualmente, as possibilidades de transbordamento do leito estão bastante reduzidas, praticamente eliminadas, devido as obras de engenharia, que compreenderam o projeto de recuperação dos fundos dos vales dos cursos d'água das áreas centrais

Nesta porção, a planície situa-se em altitudes mais baixas (220 metros) e é mais larga, a montante do barramento existente na área do pontilhão. A jusante do "Pontilhão", ocorre um estreitamento do canal do ribeirão que pode ter induzido, antigamente, uma dinâmica de alargamento natural a montante desta soleira. Por volta de 1996, este fato trazia enormes problemas urbanos, acentuados pela ocupação indevida de suas margens. Com a recuperação do centro da cidade o problema foi praticamente eliminado. Exceção deve ser feita das partes baixas dos bairros Panorama e Veneza (margem esquerda do ribeirão) que, devido ao levantamento da margem direita por aterramento, para a estruturação do Parque Ipanema, recebem o excesso de água dos períodos mais chuvosos.

## PRANCHA "I"

### Causas e consequências das enchentes devido a transbordamentos de cursos d' água, em Ipatinga



Fotos 19 e 20:  
Córrego Taúbas:  
a esquerda, manilhas subdimensionadas em ponte do bairro Caçula;  
a direita, destruição das obras de canalização, em consequências da chuva de 06/12/2000, na Av. Gerasa, bairro Canaã.

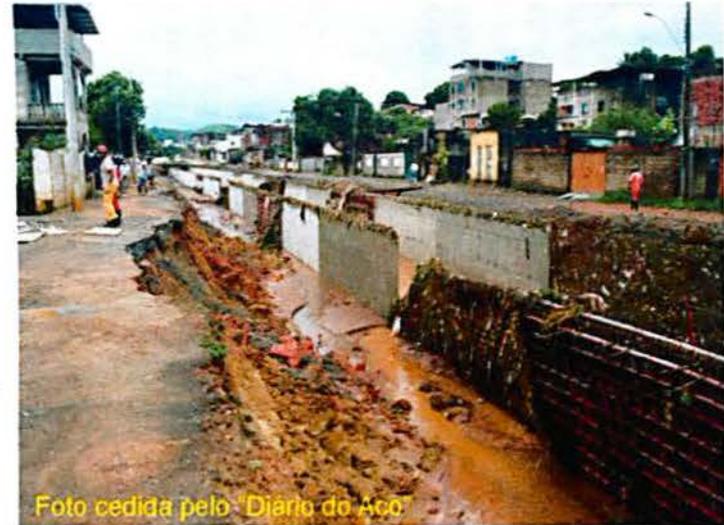


Foto cedida pelo "Diário do Aço"



Fotos 21 e 22:  
Ribeirão Ipanema, ao longo do Parque Ipanema:  
a esquerda, ponte destruída durante as chuvas de 06/12/2000;  
a direita, Avenida Burle Marx alagada pelo transbordamento das águas, em 06/12/2000.

Foto cedida pelo "Diário do Aço"



Foto cedida pelo "Diário do Aço"

Outro fator a ser ressaltado como intensificador das inundações, ocorre num trecho sob a ponte que liga o Centro ao bairro Veneza, onde uma curva não retificada do ribeirão Ipanema e o lançamento de dejetos sólidos pela população que habitam uma área próxima ao ribeirão e por tubulações de esgoto residencial, acentuam a concentração d'água à montante ao gerar barreiras ao livre escoamento das águas quando o volume excede à normalidade. Esta situação acabou provocando o transbordamento fluvial, resultando em problemas graves para os moradores, que tiveram perdas materiais tanto em relação a área construída, como em relação a sua atividade econômica principal no local, o cultivo de hortigranjeiros.

Durante as chuvas de dezembro de 2000, a situação mais crítica ocorreu ao longo da faixa central desta planície, incluindo o Parque Ipanema e os bairros Panorama e Veneza, quando o aumento do fluxo d'água atingiu principalmente a margem esquerda, onde esses bairros estão situados. Casas foram inundadas e pequenas áreas de plantio destruídas. Na área do atual Centro, o ribeirão apresentou um relativo aumento do volume d'água em seu leito, e alguns deslizamentos ocorreram próximo ao Pontilhão, sem causar maiores danos.

Portanto, nesta faixa, merecem destaque duas situações: o trecho corrigido do Novo Centro, que reduziu drasticamente os problemas de inundação, e o trecho correspondente à área do Parque Ipanema, que ainda é palco de sérios riscos à população ribeirinha de margem esquerda.

No Parque Ipanema, foram registradas perdas em bens materiais, como a ponte que liga o parque ao bairro Panorama, totalmente derrubada pela violência das águas do ribeirão, além de outros equipamentos que pertenciam ao aparato do parque para entretenimento da população. Os transeuntes, apanhados de surpresa, viram seus carros e motos arrastados pelas força das águas, que ocuparam toda a avenida que margeia o Parque, de maneira praticamente instantânea (Fotos 21 e 22).

#### **3.4.3.3 – Influência do sub-dimensionamento da rede de drenagem pluvial**

No dia 06 de dezembro de 2000, grande parte da cidade foi atingida pela ascensão de material proveniente do sistema de esgoto, que não suportou o excessivo volume de água precipitada, invadindo estabelecimentos comerciais, como o Supermercado Bretas, no centro de Ipatinga.

Houve denúncias de situações similares ocorridas, também, em residências. Isto constitui um fator de comprometimento sério da qualidade da saúde, pois põe as pessoas em contato direto com águas poluídas, oriundas das canalizações de esgotos.

## PRANCHA "J"

Aspectos de enchentes recentes em Ipatinga, em consequência da impermeabilização do solo urbano, durante as fortes chuvas de fevereiro de 2000



Foto cedida pelo "Diário do Aço"

Foto 23: Alagamento da rua Caeté, no bairro Iguaçu



Foto cedida pelo "Diário do Aço"

Foto 24: Alagamento da rua Passo Fundo, no bairro Caravelas



Foto cedida pelo "Diário do Aço"

Foto 25: Barro e águas invadindo casa no bairro Veneza



Foto cedida pelo "Diário do Aço"

Foto 26: Alagamento do mergulhão sob o viaduto da EFVM, no bairro Vila Ipanema

#### 3.4.3.4 – Influência da impermeabilização do solo urbano

A impermeabilização do solo pela urbanização e asfaltamento vem associar-se à causa anterior, para constituir um dos maiores responsáveis pela geração de enchentes.

Muitos bairros são atingidos pela subida da água nas ruas do bairro Iguaçu (Foto 23), principalmente as que margeiam a avenida Brasil. Por serem mais baixas, estas represam a água que invade casas e estabelecimentos comerciais. Situação semelhante ocorre nas ruas do bairro Caravelas, ao longo da avenida Getúlio Vargas. Neste caso dá-se destaque para a rua Passo Fundo, que recebe também todos os materiais erodidos das encostas que a circundam e transportados para as partes baixas da rua (Foto 24). O mesmo ocorre ao longo da avenida Macapá, no bairro Veneza (foto 25), destacando-se também as avenidas Londrina e Sacramento.

Casos de áreas de rebaixamento das ruas em relação ao meio-fio, geraram problemas seríssimos ao tráfego urbano, como o que ocorreu na avenida Búrle Marx, que margeia o Parque Ipanema. Por estar assentada sobre um grande aterramento e ser zona de intenso fluxo de veículos automotores, a avenida sofreu uma subsidência do terreno, que acabou por acumular grandes volumes d'água, que chegaram a arrastar os carros. Situação semelhante ocorreu, também, ao longo da avenida Minas Gerais (bairro Caçula), próximo ao estabelecimento comercial conhecido como Estação do Chopp, e na BR que liga Ipatinga a Caratinga (bairro Vila Ipanema), no trecho do viaduto da ferrovia EFVM, onde o trânsito ficou impedido devido ao acúmulo de água (Foto 26).

Outros pontos críticos estão associados ao impedimento imposto ao escoamento das águas nas áreas de grandes planícies não-inundáveis em condições naturais, devido à associação de dois fatores: sistema de drenagem urbana ineficiente e intensa impermeabilização do solo, em ambientes altamente urbanizados, como os bairros Canaã, Cariru, Cidade Nobre, Centro de Ipatinga, Esperança, Ideal, Bom Jardim, Bom Retiro, Vila Celeste, Vila Formosa. Em dezembro de 2000, a subida da água alcançou mais de 50 cm em alguns trechos desses bairros.

## 4- O DESENVOLVIMENTO URBANO DE IPATINGA E A GEOMORFOLOGIA

*“Nenhum plano urbano pode ser adequadamente descrito em termos de seu plano bidimensional, pois é apenas na terceira dimensão, pelo movimento no espaço, e na quarta dimensão, pela transformação no tempo, que chegam a viver as relações funcionais e estéticas” (Mumford, 1982).*

Em 1800, nem sequer uma cidade do mundo ocidental tinha um milhão de habitantes: Londres, a maior delas, tinha apenas 959.310. Em 1850, Londres tinha mais de 2 milhões.

A partir do século XX, as cidades se avolumam, a alteração em números, dimensões e áreas urbanizadas resultaram em mudanças qualitativas em todos os

centros. A resposta a esta rápida dinâmica populacional, principalmente nos países economicamente mais pobres, foi a expansão das áreas urbanas para as periferias com praticamente nenhuma infra-estrutura, impondo ao indivíduo quase sempre condições de vida extremamente precárias. Assim, esse movimento resultou em extremos que chegam à escassez e penúria. A autonomia da cidade perdeu o ritmo, tornava-se quase impossível controlar seu crescimento.

O rápido crescimento vivenciado pelas cidades nas últimas décadas, desencadeou verdadeiros *“funis que ajudam a soprar a poeira urbana para mais longe do centro”* (Mumford 1982). As cidades apresentaram um desenvolvimento acelerado, que impulsionou a mobilidade urbana fora do ambiente de maior controle.

Esta desorganizada movimentação, em parte consequência do atrativo imposto pela cidade ao indivíduo, determinou uma inversão notável do modo de viver humano. As melhorias sociais foram abandonadas e destruídas as propriedades ideais de fixação: o homem desconsidera o meio físico e sua distribuição espacial é preenchida por estruturas de moradias inferiores. O urbanismo cedeu espaço em conjunto, para topografias íngremes e abrigos ao longo dos mananciais hídricos, elevando a densidade populacional em núcleos pouco indicados para essa finalidade.

A determinada e pouco hábil migração centro-periferia, ampliou em muitas vezes os desafios que a cidade contemporânea teria que orientar. O crescimento das dificuldades urbanas se acelera com tal mobilização em direção às áreas distantes dos eixos melhores estruturados. A cidade passou a conviver com a dualidade imposta pelo modelo centro-periferia.

São nas áreas periféricas que ocorrem os grandes desajustes da urbanização, pois ocorrem quase na sua maioria sem projetos de ocupação e a população instalada passa a viver em condições de precariedade.

Um dos problemas mais visíveis acontece junto aos cursos d'água, com a ocupação das margens inundáveis, que a cada período de concentração de chuvas impõe à população riscos às vezes fatais. Os rios já degradados pela retirada da vegetação, pelo crescente assoreamento, pelo lançamento de poluentes industriais e lixo urbano, passa a dividir seu espaço lado a lado com um grupo que também é estranho ao seu meio, a proximidade imediata do homem. Se às vezes a relação é amistosa, em muitos outros casos ela é de extremo conflito. Nestes casos, não apresentam vencedores.

O caso da cidade de Ipatinga reflete bem este tipo de desenvolvimento das relações entre o homem, a cidade e o meio ambiente circunvizinho.

#### **4.1- A PRIMEIRA FASE DA URBANIZAÇÃO (1958 A 1960): A SEGREGAÇÃO GEOMORFOLÓGICA NOS BAIRROS DA USIMINAS**

O projeto inicial de urbanização, ficou a cargo da USIMINAS. Como o núcleo existente tinha um insignificante número de moradias, apenas o Centro e o bairro Barra Alegre existiam antes da usina. A emergência de um projeto urbanístico tornava-se essencial, para dar início à construção da usina.

A empresa adquiriu praticamente todas as terras situadas à margem direita do ribeirão Ipanema, correspondentes a um terraço do rio Piracicaba em cuja extensa área plana a usina seria instalada. Os terrenos que circundavam esta "Planície Fundamental", no eixo sul, seriam os locais de expansão dos bairros destinados aos operários da USIMINAS.

O *lay-out* da região foi entregue ao arquiteto Rafael Hardy Filho em 1958, arquiteto responsável pelo primeiro projeto de urbanização e do plano expansão urbana da cidade. O espaço reservado à usina era o único com traçado definido (Hardy, 1958).

Como a planície fundamental da USIMINAS tem orientação preferencial Norte-Sul, com inflexão para leste em sua extremidade norte, os bairros que compreenderiam a vila operária teriam sentido linear à usina, no projeto. Os terrenos disponíveis para a vila operária, compreendiam a área situada à margem esquerda do rio Piracicaba, e apresentavam espaços planos reduzidos próximo ao leito do rio, separados da usina por áreas mais acidentadas, correspondentes aos anfiteatros e suas rampas colúvio-aluvionares.

Esta limitação imposta pelas escassez de áreas suscetíveis a implantação de novas plantas urbanas, resultou num sistema de integração entre os bairros da vila, que os tornava totalmente independentes uns dos outros. Possuindo todos os elementos de lazer, comércio e educação, de forma individualizada, além de um ambiente seletivo e integrado por sistema viário moderno e eficiente.

Estas condições apresentavam a desvantagem de eliminar projetos de expansão, devido a escassez de áreas disponíveis, mas apresentavam uma vantagem no âmbito social, no que se refere aos interesses dos moradores, que seria o isolamento da "cidade" da USIMINAS em relação as áreas que certamente seriam ocupadas por outros forasteiros (Hardy, 1958).

As áreas de topografia favorável, correspondentes aos terraços aluviais, circundados por uma extensa cobertura vegetal nas partes mais elevadas, que os separavam da usina e os protegiam da fumaça poluidora, foram as preferenciais para a implantação da vila operária.

Assim, os bairros Castelo, Cariru, Bom Retiro, Areal, Imbaúbas e, posteriormente, na década de 70, os bairros Bela Vista e das Águas (ocupando os topos pouco declivosos), formavam um alinhamento entre a USIMINAS e os rios Piracicaba e Doce. Do lado oposto, entre a usina e o sistema viário, instalou-se os bairros Candangolândia-Maringá (atual Amaro Lanari), Horto, Santa Mônica e, posteriormente, Ferroviários, e o Ideal nos trechos mais elevados a oeste da usina (anos 70).

Excetuando o Candangolândia e Maringá, ocupados por operários de baixa renda, e frequentemente alagados no passado, devido a carência de infra-estrutura, todos os demais bairros, praticamente não apresentavam limitações à ocupação. O único inconveniente foi devido a um erro nos cálculos de direção dos ventos, que os indicavam na direção SE-NW, o que protegeria os bairros dos efeitos maciços da poluição atmosférica, entretanto os ventos na região deslocam-se preferencialmente na direção NNE-SSW, atingindo frontalmente os bairros da USIMINAS (Figura 7).

Estas condições topográficas acabaram por criar uma cidade segregada, isolada dos infortúnios vividos por aqueles que não faziam parte da classe de operários da usina. As unidades habitacionais se desenvolveram de acordo com a categoria exercida pelos funcionários da siderúrgica, totalmente alheios aos problemas da área central. Esta situação deu origem à cidade da USIMINAS e a cidade de Ipatinga.

Ao mesmo tempo, a área central crescia totalmente desordenada, com ruas sem pavimentação, moradias espremidas umas a outras, ocupações nas proximidades do leito do ribeirão Ipanema, a famosa rua São José com sua carência total de infraestrutura. A topografia do centro, representada por uma planície contínua à planície fundamental, foi totalmente ocupada por casas de baixíssimo padrão, distribuídas aleatoriamente no espaço, sem nenhum arruamento, incluindo a área da planície de inundação do ribeirão Ipanema. As dificuldades iniciais eram resultado de uma estrutura do Poder Público ainda não definidas (Ipatinga consegue sua emancipação após a primeira produção da Usiminas), com o distrito industrial ainda pertencente ao município vizinho, Coronel Fabriciano, que até então não havia criado um projeto urbanístico para receber os vários imigrantes que certamente chegariam à região.

A situação ficou tão grave em determinado momento que Usiminas isolou o espaço a ela reservado, por uma cerca com doze fios de arame farpado, fechando a cidade que foi, comicadamente, chamada de "cidade aberta". As únicas comunicações com o centro faziam-se através das ruas São João Del Rei e Ouro Preto (Pref.Munic. Ipatinga, 1990).

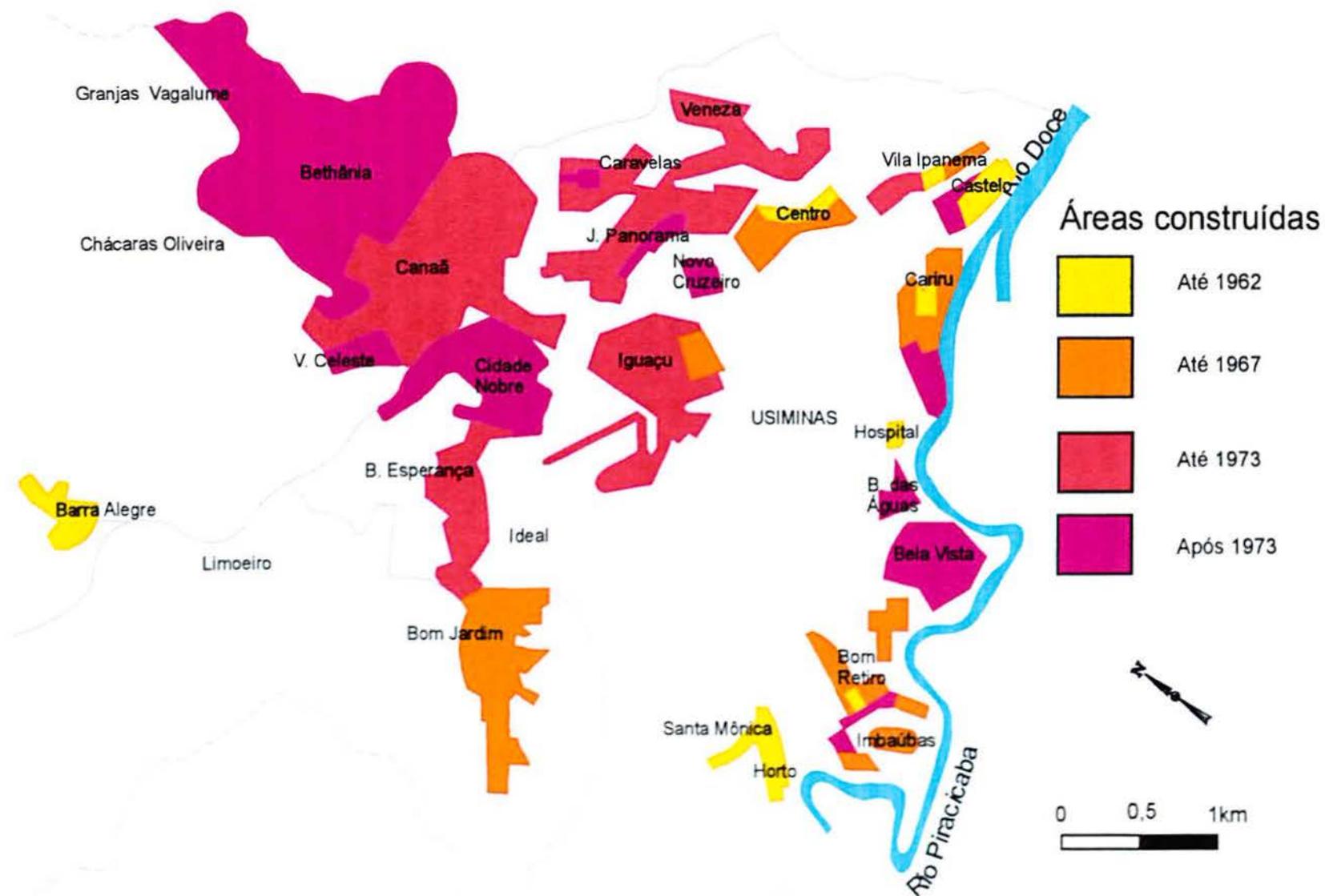
#### **4.2 – A SEGUNDA FASE DA URBANIZAÇÃO (DÉCADAS DE 60 E 70): A OCUPAÇÃO DISPERSA DAS PLANÍCIES INTERNAS E A ESPECULAÇÃO IMOBILIÁRIA**

O processo de expansão da cidade foi acompanhado pela especulação imobiliária, que reservou as melhores áreas próximas ao centro, correspondentes aos terraços e os anfiteatros, para o momento oportuno de maior valorização, prevendo um elevado crescimento populacional para a região (Figura 22).

Nesta época, a organização do espaço em Ipatinga, era bem definida: à margem direita do ribeirão Ipanema, todas as terras pertenciam à Usiminas, que as ocupava de acordo com os interesses e necessidades da empresa. A margem esquerda era constituída por terras pertencentes à Acesita e, associados a estes 2 grandes donos, grandes propriedades ficavam sobre comando de poucos donos (praticamente terras do oeste da região), como as terras da fazenda Bethânia – de propriedade de Selim José de Sales, as terras da fazenda Prato Raso - de propriedade de Jair Gonçalves e as terras da Vila Celeste - de propriedade da família Fernandes.

Assim, com esta distribuição das terras, o processo especulatório domina a região e determina a estruturação urbana de Ipatinga. A azáfama imobiliária se concretiza a partir de então, pois era o momento: a chegada contínua de grande número de pessoas, fazia da questão da moradia um grande filão. Mas isto irá gerar complicadores para a própria cidade. Os bairros se formaram um distante do outro, dificultando assim a dinâmica do complexo demográfico que se instalava e onerando os gastos públicos.

FIG. 22: Cronologia da expansão urbana no município de Ipatinga, ilustrando os mecanismos de especulação imobiliário (Fonte: PMI, 1991)



A lógica imobiliária que resguardou as áreas centrais para a valorização no mercado, com seus bairros distanciados, acabou por concentrar os benefícios junto aos proprietários deste terrenos, pois o Poder Público, ao gerar as obras de infra estrutura dos bairros mais longínquos, introduzia elementos de valorização das áreas reservadas para empreendimentos futuros

As diferenças se tornam mais acentuadas e os problemas urbanos, também, se agravam à medida que saem fora do contexto da cidade planejada pela grande usina, provocando o crescimento disperso da cidade, muitas das vezes sem nenhuma infra estrutura urbana. O centro continua sua expansão sem um critério lógico, as ruas não apresentavam traçados definidos, careciam de qualquer saneamento básico e faltavam água, rede de esgoto, rede de drenagem pluvial e rede elétrica. Conjuntamente com o centro, o bairro Bom Jardim, foi o primeiro bairro independente que se desenvolveu distante da área central e da Usiminas, acompanhado pelo bairro Vila Celeste, com uma concentração populacional bem inferior ao Bom Jardim, mas ambos muito periféricos.

O bairro Bom Jardim se expandiu ao longo do fundo do vale do córrego que lhe deu nome. Sua morfologia se caracteriza por planície estreitas, que acompanham os córregos que banham a região, entremeadas por colinas que se comunicam com as partes mais baixas através de extensas rampas colúvio-aluvionares (foi ao longo destas áreas elevadas que a ocupação estendeu-se nos anos seguintes). As terras deste bairro apresentavam restrições em relação à propriedade. Por isso, o loteamento foi realizado de forma mais aleatória, sem um projeto de urbanização definido. Os moradores de baixa renda ocuparam esta terras mais distanciadas do centro.

Segundo relatos, *“O Bom Jardim era um brejo. Lá era o lugar mais abandonado da cidade...A Avenida Orquídea era um córrego, um lugar pantanoso, difícil de trabalhar”* (PMI 1992). Como *“primeiro bairro de Ipatinga, era um lugarejo que agrupava os jogadores profissionais do baralho. Era uma espécie de esconderijo. Ali jogava-se e matava-se constantemente. Havia muitas mortes nesta época. Com a vinda da Usiminas chegaram muitos aventureiros à cidade. Boa parte desse pessoal se alojou no B.J. Lá os proprietários passaram a riscar os 300 metros quadrados dos lotes e a vendê-los sem obedecer nenhum critério...Lá passou a ser o bairro mais populoso de Ipatinga, porque todas as famílias de poder aquisitivo baixo se concentraram ali. Um bairro distante do centro”* (PMI 1992).

Quase que sincronicamente com a ocupação bem irregular do Bom Jardim, outro bairro vai ser loteado, mas sem os embaraços gerados até então nos núcleos fora da “cidade aberta” da usina. A área a ser loteada correspondia a antiga fazenda Prato Raso, que daria origem ao bairro Iguazu.

O loteamento compreendia uma extensa e antiga planície aluvial entremeada de anfiteatros, apresentando condições de urbanização para a classe média ao longo do amplo terraço, sem opor problemas inerentes à ocupação. Este bairro atendia principalmente àqueles que prestavam serviços indiretos a usina, ou a trabalhadores que preferiam não estar tão atrelados à realidade imposta pela mesma. Foi o primeiro bairro a se instalar sem nenhuma relação com o sistema Usiminas de habitação.

Já nos idos dos anos 60, surgiu a urbanização efetiva do bairro Canaã, nas terras da outrora fazenda Bethânia. Ruas largas foram projetadas sobre uma vasta planície, com pensamentos futuristas de uma cidade que só tendia a se expandir. Os arruamentos eram projetados para gerar as condições necessárias para um trânsito relativamente tranqüilo.

As condições sociais dos moradores eram inferiores às do bairro Iguçu e a comunicação com o centro durante muito tempo só foi possível com a utilização do pontilhão, pois os cursos d'água impediam a livre locomoção dos habitantes da região. Bem depois, o tráfego foi alterado, construindo-se pontes que interligavam o bairro Canaã com o Iguçu, e daí com o restante da cidade.

Na década de 70, a urbanização se propaga com grande afã. O intenso crescimento populacional acarretou o aparecimento de vários outros loteamentos. Bairros foram se expandindo, ocupando antigas glebas e gerando novas aglomerações urbanas.

No conjunto do Iguçu, surge o bairro Cidade Nobre. Um extenso terraço, que antes era utilizado com pastagens, foi loteado na segunda metade dos anos 70, para atender a uma clientela de poder aquisitivo elevado. A partir dele, em direção NW, em ambientes mais acidentados, forma-se a Vila Formosa e o bairro Limoeiro, que se comunicará com a mais antiga aglomeração de Ipatinga juntamente com o Centro, o bairro Barra alegre. Em alguns trechos destes bairros, a atenção dos órgãos públicos teve de ser redobrada, pois os terrenos mais declivosos, que acompanham planícies estreitas, impõem limitações mais sérias à ocupação.

A SW do bairro Cidade Nobre, o bairro Esperança forma um elo contínuo com o bairro Bom Jardim. As características morfológicas se assemelham com os bairros situados mais ao norte, citados anteriormente, juntamente com os problemas que podem gerar. Isto, principalmente pelo fato deste bairro concentrar um expressivo número de pessoas de baixa renda, que invadiram as encostas do bairro, promovendo uma série de riscos geomorfológicos urbanos.

Na continuidade do bairro Canaã, foi criado o bairro Bethânia, que ocupará a parte plana que acompanha os cursos d'água que banham a região. As encostas e partes altas (no eixo mais próximo ao Centro), serão sede do bairro Canaãzinho. Na margem esquerda do Ribeirão Ipanema (ao N do Iguçu e a E do Canaã), a expansão do bairro Panorama e posteriormente do bairro Caravelas, ocuparão um extenso terraço e a parte mais baixa das colinas que circundam a área.

Ainda na margem esquerda do ribeirão, próximo ao Centro de Ipatinga, são formados os bairros Veneza I e II, ocupando partes correspondentes a terraços e planícies inundáveis em proporções relativamente acentuadas, o que vai enunciar sérios futuros problemas urbanos.

No final da década de 70, a malha urbana estava praticamente definida. E, como consequência desta "arrumação" imobiliária, houve a criação de bairros isolados. Estes, se por um lado são bastante independentes, pois quase todos possuem uma boa infraestrutura de prestação de serviços, por outro lado geraram um elevado ônus com o

sistema de transportes e os gastos com infraestrutura básica urbana, bem como facilitaram a ocupação em áreas de risco, como as encostas e as planícies inundáveis, principalmente as do ribeirão Ipanema.

#### **4.3- A TERCEIRA FASE DA URBANIZAÇÃO (DÉCADA DE 80): A OCUPAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO EM ENCOSTAS E VÁRZEAS**

Nos anos 80, acentuaram-se os problemas da década anterior. A cidade continua a receber um considerável número de pessoas oriundas de outras regiões, e os espaços destinados às edificações estavam praticamente esgotados (Ipatinga ainda possui vastas áreas vazias, entretanto são áreas destinadas a lazer, preservação e especulação, ou de propriedade da própria USIMINAS que ainda não tem interesse em ocupá-las). Desta forma, a expansão da cidade irá se direcionar para locais com sérias limitações impostas pelos elementos físicos, como as encostas íngremes e as planícies inundáveis.

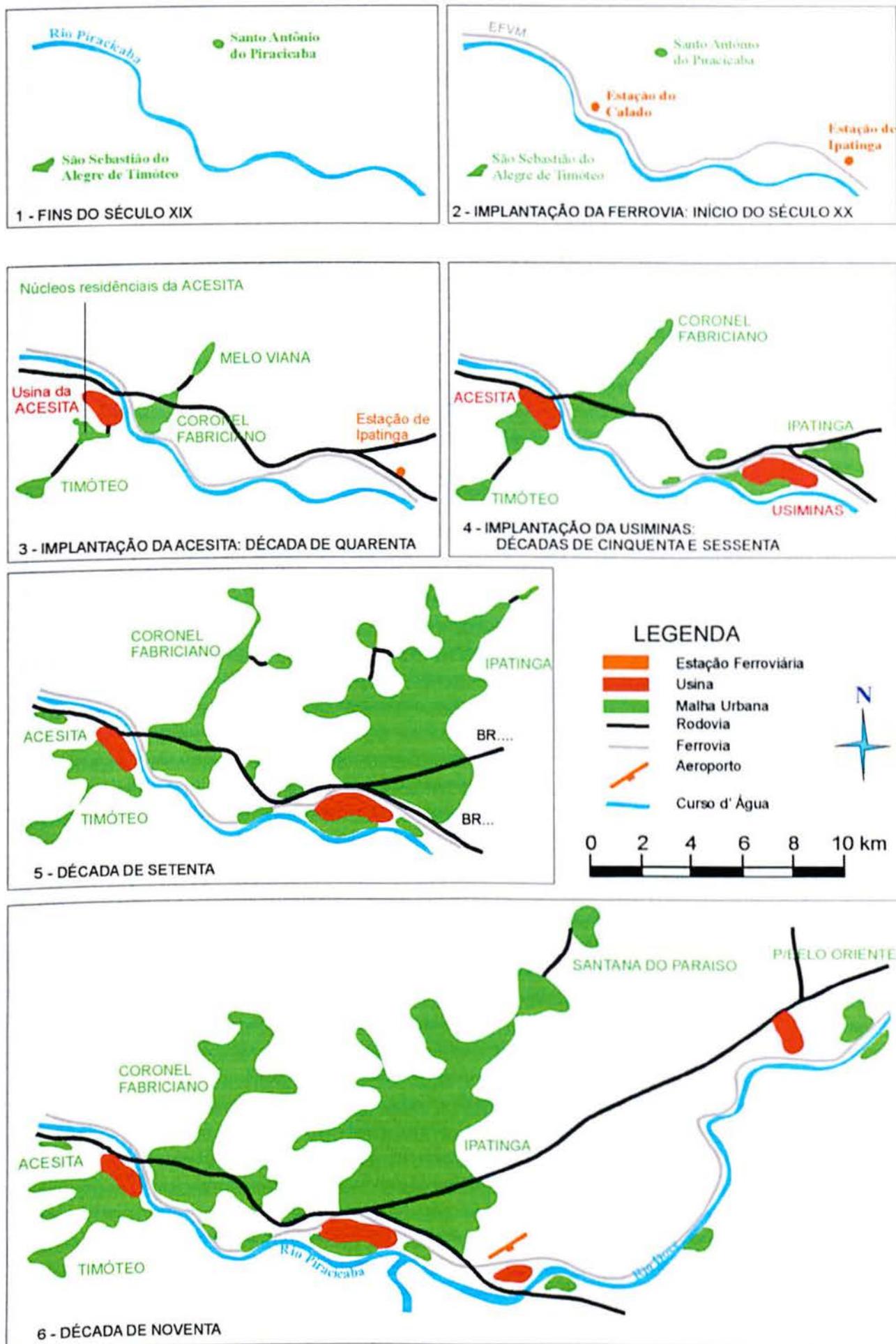
O congestionamento urbano conduziu a uma continuada difusão em direção aos ambientes de menor aptidão ocupacional. Novas áreas de favelização, de invasões em locais de riscos, foram se integrando à paisagem da cidade, deteriorando as estruturas urbanísticas instaladas. As partes mais declivosas dos bairros, principalmente os mais distantes (tais como o Esperança, Bethânia, Vila Formosa, Bom Jardim, Game - parte alta do bairro Iguaçu), e ao longo das áreas próximas aos leitos dos rios, dentro de suas planícies de inundações (como se verifica nos bairros Limoeiro, Vila Celeste, Iguaçu) começaram a ser ocupados sem nenhuma preocupação com os elementos naturais e suas imposições ao uso indiscriminado. As encostas foram cortadas e construções precárias foram construídas. Às vezes, tratava-se de barracões com cobertura de plástico e/ou papelão. Consequentemente, a vegetação também foi comprometida, pois foi praticamente erradicada, salientando as complicações de moradia.

Outra consequência desta contínua imigração foi o crescimento de cidades vizinhas, que também apresentaram um acentuado crescimento demográfico, caso das localidades de Santana do Paraíso, Belo Oriente, Ipaba e Coronel Fabriciano, entre outras (Costa, 1990).

Consolida-se o processo de conurbação da região do Vale do Aço (Figura 23), e, também, tornam-se proeminentes os efeitos de uma urbanização descontrolada nos outros municípios, que se transformaram em cidades-dormitórios de forma muito rápida. Ao não se adaptar a esta nova realidade, começam a conviver com sérios problemas urbanos, que vão da carência de moradias ao aumento da marginalização.

Com certeza, foi o período mais atípico de todo o processo de urbanização de Ipatinga. O modelo funcional, autônomo e unificado da cidade projetada pelos técnicos da usina e dos grandes loteamentos, foi se esvaindo e, efetivamente, foi sendo incorporado à verdadeira "cidade aberta" (como foi denominada no passado), um agrupamento mesclado pela desorganização espacial e, aberta a todas condições sociais e seus respectivos implicadores. Assim, *"áreas meticulosamente planejadas e executadas no passado recente, com base urbana de apoio à indústria, representada pelos bairros habitacionais destinados aos empregados das siderúrgicas, convivem com a expansão de áreas periféricas típicas de crescimento metropolitano excludente e degradado"* (Costa, 2000).

Figura 23: Evolução da ocupação urbana do Vale do Aço (Fonte: Costa 1995)



#### **4.4- A QUARTA FASE DA URBANIZAÇÃO (A PARTIR DOS ANOS 90): A VERTICALIZAÇÃO SOBRE AS PLANÍCIES E SEUS RISCOS**

Os anos 90 trouxeram grandes mudanças para a região, que variam da estruturação econômica (privatização da USIMINAS) a um novo modelo de cidade, a cidade vertical. A redução de espaços urbanizáveis associada a uma demanda por moradia na região, impulsionaram a construção de edificações maiores.

Com as mudanças econômicas, a cidade adquiriu um novo perfil, bem mais dinâmico e menos dependente da grande usina. Com a privatização, as oportunidades de emprego no setor secundário se exauriram quase que por completo. Com esta nova realidade, expandiram-se as atividades atreladas ao setor terciário, principalmente as ofertas no setor educacional. Importantes faculdades se consolidaram na região, atraindo pessoas de outros lugares em busca de uma vaga no ensino de terceiro grau. Assim, as possibilidades de crescimento do setor hoteleiro e de novas moradias para a classe estudantil, transformaram as grandes edificações num rentável mecanismo da economia local.

Paralelamente a esta nova situação, os órgãos públicos e privados esmeram-se na tentativa de transformar o Vale do Aço num novo pólo turístico do estado de Minas Gerais. Mas, para isto precisam de infraestrutura para este novo integrante do ambiente sócio-econômico da região do aço.

No entanto, os riscos maiores aguardam o inevitável processo de verticalização, por sinal já impulsionado nos bairros Horto e Cidade Nobre. Os dois bairros apresentam uma das melhores condições em termos de padrões físico-urbanísticos de Ipatinga. De modo geral, são ocupados por população de alta renda.

Um dos problemas que poderão surgir, está associado ao próprio tipo de urbanização que está se instalando no bairro, baseado na "cidade vertical", com inúmeros prédios de apartamentos, com mais de 08 pavimentos. As condições geotécnicas do substrato que compõe essas planícies aluviais, se não forem tomadas as devidas precauções, poderão originar problemas futuros para as fundações e estabilidade destes prédios.

Portanto, maiores exigências por parte do setor público no processo de urbanização deveriam ser postas, ainda mais com uma reserva de mais ou menos 500 lotes vagos, para serem ocupados só no bairro Cidade Nobre.

As informações fornecidas pelas sondagens revelaram que:

- a) a espessura dos pacotes aluviais pode superar os 40 metros;
- b) a textura predominante desses pacotes de sedimentos é areno-siltosa;
- c) existem intercalações de lentes de argilas orgânicas com até 15 metros de espessura em várias profundidades;
- d) a profundidade do nível piezométrico varia de 1 a 20 metros.

Tais condições demonstram a existência de solos colapsíveis com repartição espacial aleatória, possibilitando recalques diferenciados de edificações, ou seja, riscos sérios para a expansão da verticalização sem os necessários cuidados de conhecimento do subsolo.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 – Um balanço dos objetivos perseguidos e resultados alcançados

Os objetivos fixados para este trabalho enfocaram a análise da relação geomorfologia-urbanização do perímetro urbano de Ipatinga, em várias escalas de abordagem, que incluem tanto as características morfológicas regionais e locais, como a identificação das características geotécnicas do substrato da região.

A região é carente em estudos que enfoquem, principalmente, a expansão urbana, sendo o trabalho mais expressivo o de Costa (1990). Para contribuir ao preenchimento deste vazio, a interface geomorfologia-urbanização foi analisada no contexto dessa dissertação. A investigação do substrato foi possibilitada pela disponibilização do acesso a centenas de relatórios de sondagens à percussão, por parte da USIMINAS e da Prefeitura Municipal de Ipatinga. Deve-se ressaltar que o objetivo inicial, o de elaborar uma carta de riscos geotécnicos de Ipatinga, não foi atingido, infelizmente, devido ao fator tempo e principalmente por falta de suporte financeiro para alguns poucos gastos complementares. O fato de não ter conseguido o envolvimento da administração municipal para o custeio desta tarefa, acabou gerando o “engavetamento” temporário deste projeto, inicialmente priorizado.

A geomorfologia da região tem sido estudada, anteriormente, por vários autores cujos resultados trouxeram à tona algumas características originais do relevo local e seus condicionantes.

Em primeiro lugar, desde o primeiro trabalho realizado por Pflug (1969), seguido por Meis (1977), Meis & Monteiro (1979), Barbosa & Kohler (1981), até os de Saadi (1991) e Suguio & Kohler (1992), em praticamente todos eles, foi atribuída certa relevância ao papel exercido pela neotectônica na configuração dessa morfologia. Não sendo, todavia, a análise deste aspecto o pilar da dissertação, mas buscar referenciais que expliquem as mudanças morfológicas a que foi submetida a região, este assunto não foi abordado.

Em segundo lugar, todos os autores destacaram o papel desempenhado pela subsidência ocorrida na desembocadura de alguns afluentes do rio Doce. Esta subsidência encontra-se aqui comprovada, pela primeira vez, como processo de necessária ocorrência para possibilitar o empilhamento de tão espessos pacotes de sedimentos aluviais.

Na primeira fase desse trabalho, buscou-se, na morfologia do município, argumentos que pudessem respaldar de forma mais conclusiva as idéias emitidas anteriormente. Para que tal propósito fosse alcançado, foi elaborado um minucioso mapeamento geomorfológico do município, tendo por base a interpretação de fotografias aéreas, em escala de 1:8.000, e a confecção de vários perfis geomorfológicos recortando todo o perímetro urbano de Ipatinga. Paralelamente a esta abordagem morfológica, mereceu atenção especial o comportamento da rede de drenagem local, envolvendo o rio Piracicaba e os cursos d'água de ordens inferiores, o ribeirão Ipanema e seus afluentes mais importantes.

Os resultados do mapeamento geomorfológico do município identificaram vários níveis de elaboração do relevo local, mostrando compatibilidade com os resultados adquiridos pelos outros trabalhos, envolvendo áreas próximas da bacia do rio Doce. Os resultados expressos nos perfis geomorfológicos apresentam escalonamento de

vários níveis geomorfológicos, relacionados com planícies, terraços, rampas colúvio-aluvionares e cristas.

Em seguida, os níveis de planícies foram submetidos a análise com enfoque específico. A identificação dessas áreas planas e sua gênese exigiu um maior empenho na pesquisa, do que as feições mais elevadas. Mesmo porque um trabalho tratando especificamente das encostas está sendo realizado simultaneamente, pela mestrandia Maria Francisca Araújo Gomes, complementando este trabalho.

Na análise das planícies, as características altimétricas do substrato rochoso e os efeitos da morfodinâmica, foram os elementos principais considerados como objetos de estudo. Para isso, valeu-se principalmente dos resultados dos furos de sondagens à percussão para um conhecimento preciso do substrato e das condições geotécnicas que o mesmo impõe. Isto resultou numa caracterização sedimentológica-estratigráfica das informações originalmente geradas pelos operadores das sondas, com base em suas descrições de texturas e cores, além de algumas tentativas de interpretação genética.

Esses dados foram compilados em perfis sedimentológicos recortando as principais planícies do município, que permitiram obter uma visão tridimensional da organização de diversos depósitos. Esta etapa consistiu na análise integrada dos parâmetros determinados a partir do mapeamento, através dos perfis topográficos e posterior lançamento das unidades sedimentológicas preenchendo o sub-solo dessas áreas planas.

O alcance desses resultados permitiu determinar:

- a espessura dos depósitos aluviais, portanto do substrato rochoso, que varia de 10 metros (ao longo do ribeirão Ipanema, próximo ao "Morro do C3") a 70 metros (na Planície Fundamental), com predominância de sedimentos de texturas finas;
- a variação dessa profundidade com a existência de bacias sedimentares, alternadas com altos do embasamento, como os identificados ao longo do ribeirão Ipanema.

As implicações geradas por estes resultados influem principalmente nos seguintes fatores:

- prever consequências danosas sobre o armazenamento de água subterrânea, no ambientes das planícies internas, uma vez que toda a água consumida pela população é extraída do lençol freático, portanto exigindo maiores cuidados com a ocupação do solo nessa região;
- a caracterização dos materiais mostrou a existência de importantes variações texturais, que podem interferir no processo de verticalização, já desencadeado na urbanização da cidade. Este processo já está iniciado nos bairros Cidade Nobre e Horto, onde o substrato formado por sedimentos aluviais com espessura superior a 40 metros, incluindo intercalações de espessos pacotes de argila orgânica, oferece sérias limitações a grandes edificações, caso não se adote os devidos cuidados que estes ambientes exigem;

- do ponto de vista morfodinâmico, conseguiu-se mapear as áreas atingidas pelas inundações recentes (1999/2000), com caracterização das causas das mesmas, permitindo oferecer um primeiro quadro espacial dos riscos deste tipo e, espera-se motivar as autoridades municipais e empresariais locais a custear um aperfeiçoamento e publicação definitiva deste trabalho.

Todos esses resultados, associados à observação de algumas feições geomorfológicas, como as soleiras que segmentam as planícies internas, poderiam servir de base a um plano de manejo mais adequado às condições hidrológicas e hidráulicas do município. Entretanto, o que se observou foi a realização de um trabalho a custo zero, que não conseguiu suscitar, apesar dos esforços para isso, o interesse definitivo da Administração Pública.

## 5.2 – Ensinaamentos de problemas similares

Apesar da importância ímpar dos cursos d'água no contexto de vida dos povos da antiguidade, como os egípcios, os mesopotâmios, entre outros que tiveram quase toda sua economia atrelada à dinâmica fluvial, a maior parte dos estudos geológicos-geomorfológicos relacionados à segurança das construções e à drenagem urbana, são recentes no histórico da humanidade, tendo, segundo Gupta (1984), exibido uma forte expansão a partir do final do século XX.

Segundo Costa & Fleisher (1984), a grande maioria das pesquisas se concentram nos países desenvolvidos. Nos países ditos subdesenvolvidos, este tipo de estudos é colocado em plano secundário por seus governos, pois problemas de ocupação urbana próximo às zonas de drenagem não são considerados prioridades. Grande parte dos investimentos são aplicados em setores tidos como mais urgentes, tais como saúde, educação, alimentos, ou, pelo menos, é a justificativa dada para não desenvolverem pesquisas nessas áreas.

Nos países desenvolvidos, expressa-se uma maior preocupação com a segurança das construções. Na Bélgica, um dos países que se destacam nesse setor, já em 1934, tinha sido fundado o Bureau SECO, ou Bureau de contrôle pour la sécurité de la construction em Belgique (Calembert 1973), com o objetivo de assegurar aos responsáveis pelas obras de expansão urbana, dados de solo e subsolo que garantiriam o reconhecimento das áreas onde as construções seriam submetidas aos menores riscos.

Calembert (1973) descreve o trabalho realizado neste país, visando a identificação das áreas onde as características de solo e subsolo oferecem maior segurança às construções. Deve-se ressaltar a importância da forma como este trabalho foi conduzido. Vários ministérios do governo fizeram parcerias com as universidades belgas para a realização dos estudos de reconhecimento geotécnico, envolvendo pesquisadores de diversas áreas ( Geotecnia, Engenharia Civil, Hidrogeologia, entre outros). Além disso, foi realizado um verdadeiro trabalho interdisciplinar, com o objetivo de elaborar uma carta detalhada do subsolo urbano, considerando tanto o substrato de relevos tabulares, acidentados, esculpido sobre rochas sedimentares antigas e recentes de natureza variada, assim como de maciços rochosos.

Partindo de outro enfoque, Chazan (1973) apresentou um projeto desenvolvido na França, denominado Plano ZERMOS (Zonas Expostas aos Riscos de Movimentos do Solo). No caso específico, tratou-se de identificar as zonas expostas aos riscos ligados aos movimentos de solo e subsolo na região parisiense. Este plano foi

desenvolvido com representantes do Ministério de Desenvolvimento Industrial e Científico com o Serviço Geológico Nacional, envolvendo um grupo associando profissionais das diferentes áreas da engenharia e outras afins. O objetivo desse plano era garantir condições de previsão e prevenção dos efeitos associados à geodinâmica dos solos e subsolo, nas áreas de ocupação urbana.

No entanto, não se identificou neste relato uma preocupação específica com as planícies de inundação. Interpreta-se esta omissão pela raridade de ocorrência de riscos geotécnicos em planícies aluviais, nesses países, pois o monitoramento da expansão urbana garante, de início, a preservação dessas áreas. As catástrofes associadas aos trasbordamentos dos cursos d'água, só ocorrem quando os eventos chuvosos apresentam volumes excessivamente excepcionais, como já aconteceu na bacia do Mississipi-Missouri (EUA) e na bacia do rio Pó (Itália), entre outros casos.

Segundo Gupta (1984), estes problemas são observados, mais frequentemente, nos trópicos úmidos, densamente ocupados e onde não há um controle permanente da expansão urbana, o que acaba permitindo a ocupação ao longo das planícies inundáveis. Mas, por isso mesmo não há um significativo número de trabalho associada à dinâmica fluvial, pois a ocupação ocorre através da população de baixa renda, que sequer considera tal situação como um problema, mesmo quando as enchentes tornam-se endêmicas.

Como comprovação desse fato, Mc. Pherson & Zuidema (1978, in: Gupta 1984), ao editarem os *doze National Reports "on the state-of-the-art in urban catchment research and hydrological modeling"*, como parte do Programa Hidrológico Internacional da UNESCO, destacaram que a Índia foi o único participante representante dos países tropicais.

Finalmente, Gupta (1984) ressalta alguns graves problemas associados à dinâmica fluvial nos países tropicais, devido à localização de áreas urbanas em planícies de inundação e zonas deltáicas, citando casos específicos de Kuala Lumpur, Costa Rica e Singapura. Em geral, a deficiência infra-estrutural, principalmente no que diz respeito ao dimensionamento e manutenção das rede de drenagem das águas urbanas conduzem à ocorrências frequentes de inundações que atingem estradas e áreas edificadas.

Um outro tipo de risco geológico com consequências muito danosas é representado pelo processo de subsidência que afeta áreas com condições geotécnicas específicas, nas quais se situam, também, as áreas de planícies aluviais e de extração excessiva de águas subterrâneas..

Casos extremamente graves de subsidência afetam a Cidade do México, causada pela extração excessiva de água subterrânea, com efeitos acentuados pelos abalos sísmicos.

Em Bangkok, a taxa de subsidência varia de 2 a 6 cm anuais, com um máximo de 10cm em certas partes da cidade. Até 1984 (num período de 23 anos), o rebaixamento do solo havia alcançado 80cm, colocando partes da cidade abaixo do nível do mar e criando depressões na parte sudeste da cidade. Isto acentuou os efeitos das inundações, cuja ocorrências são periódicas regulares nesta área (Natalaya & Rau 1981, in: Gupta 1984).

Ainda nesta cidade, localizada na planície do rio Chao Phraya cuja altitude varia de 0,5 a 1,5 metros, a retirada diária de 1.000.000 m<sup>3</sup> de água pelos mais de 11.000

poços, provocou um forte rebaixamento do nível piezométrico. Paralelamente, a extração da água dos aquíferos silto-argilosos com capa arenosa causou uma subsidência afetando os 200 metros superiores de terreno, sendo que 40% da movimentação concentrou-se nos 15 metros superiores. Com a expansão urbana desenfreada, o problema da subsidência agravou-se, principalmente nos períodos das monções.

Em Bangkok, as consequências da subsidência, como danos a estradas, edifícios e calçadas, são facilmente observados. Os edifícios requerem a adição de piso extra na base, as calçadas desenvolvem rachas e desníveis. Constróem-se diques para evitar a entrada, nos edifícios, da água provindo das ruas. Mas, conforme Gupta (1984), é somente com medidas corretivas para a redução da subsidência que poder-se-á diminuir a exacerbação do problema das enchentes.

Deste modo, há convergência de opiniões com Martin (1973), que insistiu sobre a importância do estudo geotécnico como instrumento de interesse social por permitir a segurança pública e privada *“em via de prevenir os efeitos destruidores dos fenômenos geodinâmicos atuiais sobre as instalações humanos existentes”*. Com tal estudo, muitos governos poderiam contar com um instrumento de apoio no controle de grande parte dos impactos ocorridos nas planícies de inundação e obter conhecimento do comportamento hidrológico local e/ou regional.

Bortolucci & Nogueira (1984) ilustram esta afirmação ao demonstrarem a importância da utilização das sondagens à percussão na Engenharia das Fundações. Como são muito executadas nos centros urbanos, tais registros podem ser aproveitados como suporte para a análise do substrato. Normalmente, são de baixo custo e já são realizados por empresas do setor, que podem fornecê-las às universidades para um estudo mais pormenorizado que permita o conhecimento geológico-geotécnico da região.

Tal experiência foi realizada, por eles, na cidade de São Carlos-SP. Um intercâmbio mantido pela EESC-USP com empresas especializadas em sondagens, permitiu à instituição universitária obter um considerável número de sondagens. Através desse material foi possível, segundo os autores, *“identificar geologicamente, com razoável segurança, cada uma das camadas perfuradas e descritas nos relatórios de sondagens”*. Em seguida, confeccionou-se mapas geológicos de sub-superfície de pequena profundidade: *“No caso de São Carlos foram efetuados mapas mostrando a cota altimétrica do topo de cada formação geológica envolvida”*.

Acredita-se que com estes mapas seria possível conhecer o comportamento do subsolo em qualquer ponto desejado. Assim, com estas informações em mãos, os profissionais de geociências podem atuar como auxiliares na escolha de locais para projetos de obras. Os mesmos podem também, contribuir na realização de projetos de maior alcance, como o planejamento urbano de uma cidade, evitando transtornos oriundos de ocupação em locais impróprios, ou ainda gerar um acervo de amostras para pesquisas na região.

Para efeito de comparação, relatar-se-á os casos em que problemas deste tipo, em países europeus, envolveram a realização de sondagens, especialmente para este fim, com todos os altos custos associados. Um trabalho bem similar ao desenvolvido nesta dissertação, foi realizado na Itália (Bozzano *et al.* 1997), para avaliar as condições de sustentação das fundações antigas e novas das construções urbanas no centro da cidade de Roma. No entanto, os elevados custos de sondagem

reduziram o número das mesmas ao número de 50, ao passo que nesta dissertação teve-se acesso a centenas delas. A única vantagem do trabalho daqueles autores foi a possibilidade de descrição pessoal dos materiais retirados das sondas, e conseqüente possibilidade de realização de análises laboratoriais específicas, para caracterização geotécnica dos materiais.

Outro trabalho realizado no intuito de avaliar as condições de subsidência dos terrenos aluviais da planície da Tessália, na Grécia (Soulis 1997), demonstra ter recebido dedicação especial por parte dos órgãos públicos. Com isso, permitiu-se determinar as contribuições relativas dos fatores hidrogeológicos (super exploração dos mananciais subterrâneos) e neotectônicos no processo de subsidência, que vinha afetando seriamente a estabilidade dos núcleos urbanos locais.

### **5.3 - Conclusão**

Um estudo sistemático do comportamento geotécnico desses depósitos aluviais, conjuntamente a um monitoramento das edificações, torna-se de grande relevância para o planejamento urbano de Ipatinga a curto e médio prazo. Poder-se-á, assim, reduzir os prováveis danos a que essas poderão estar submetidas, já que a contiguidade de materiais com texturas tão diferentes provoca recalques diferenciados, e/ou subsidências do terreno, por pressão exercida por tais construções ou por uso inadequado das águas subterrâneas.

Ao nosso ver, continuidade deveria ser dada a este trabalho para estendê-lo aos demais municípios do Vale do Aço. Como existe uma semelhança morfológica entre eles, além de um processo de urbanização parecido e, atualmente, atrelado pelo processo de metropolização, um estudo estendido a toda a região só geraria benefícios tanto a órgãos públicos como empresas privados. Parcerias e financiamentos poderiam ser providenciadas pelos dois setores, agilizando a produção de todos os levantamentos necessários para a elaboração de trabalho que expresse um conhecimento profundo das condições físicas, que serviriam de suporte para melhorar as condições sócio-econômicas locais.

## 6 - BIBLIOGRAFIA

- Almeida, F.F.M. & Hasui, Y. 1984.** *O Pré-cambriano do Brasil*. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 1ª ed., 378p.
- Alvim, P.R.J. et al. 1969.** *A região siderúrgica do Vale do Aço*. Belo Horizonte-MG. 17 p.
- A & M Consultores Associados Ltda. 1996.** Estudo de impacto ambiental do Distrito Industrial de Ipatinga. Prefeitura Municipal de Ipatinga, dezembro de 1996, 150 p.
- Barbosa, G.V. & Kohler, H.C. 1981.** O sistema lagunar do Parque Estadual do rio Doce (MG). *Boletim da SBG-MG*, (2):37-46.
- Bortolucci, A. A. & Nogueira, J.B. 1984.** A utilização de sondagens de simples reconhecimento na caracterização geológico-geotécnica de uma região. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4, Belo Horizonte-MG, ABGE/MG. Anais..., ABGE/MG, Belo Horizonte-MG, 1984. pp. 387-392.
- Bozzano, F.; Gaeta, M.; Valentini, G.; Funiciello, R.; Marra, F. & Rosa, C. 1997.** Recent alluvial deposits in Rome, Italy: morpho-stratigraphic, mineralogical and geomechanical characterisation. In: Marinos, Koukis & Stoumaras (eds.) 1997. *Engineering Geology and the environment*, Balkema, Rotterdam, pp. 1193-1198.
- Branco, S. M. 1999.** Das enchentes às inundações, uma história humana. São Paulo, Jornal "Mundo", Edit. Moderna, março de 1999.
- Brasil 1983.** Projeto RadamBrasil, Levantamento dos Recursos Naturais. MME, Folha Rio Doce.
- Calembert, L. 1973.** Sols et sous-sol et sécurité des constructions en Belgique. In: SYMPOSIUM NACIONAL "SOL, SOUS-SOL ET SÉCURITÉ DES CONSTRUCTIONS", 1973, BRGM, Cannes. Anais..., Vol.1, BRGM, 1973. p. 68-77.
- Cartilha do cidadão. Vale do Aço. 1998.** Click idéias Assessoria Ltda. João Monlevade-MG. 206 p.
- CETEC, 1967.** Projeto de caracterização ambiental da bacia do rio Doce. SECT/CETEC, Belo Horizonte-MG, 1967.
- Chazan, W. 1973.** Le Plan "ZERMOS". In: SYMPOSIUM NACIONAL "SOL, SOUS-SOL ET SÉCURITÉ DES CONSTRUCTIONS", 1973, BRGM, Cannes. Anais..., Vol.1, BRGM, 1973. p. 93-99.
- Costa, J.E. & Fleisher, P.J. (Org.) 1984.** *Developments and applications of geomorphology*. Springer Verlag, Berlin, 372 p.
- Damião, E. 1977.** Terra e gente de Ipatinga. Editora Comunicação. Belo Horizonte-MG. 126 p.
- Della Fávera, J. C. 2001.** Fundamentos de estratigrafia moderna. Rio de Janeiro. Editora da Universidade do Rio de Janeiro. 263 p.
- D.N.O.S. 1982.** Prevenção e controle das enchentes do rio Doce, Relatório. Grupo Interministerial de trabalho para realizar estudos para a prevenção e o controle das enchentes do rio Doce, DNOS, Rio de Janeiro, 226 p.
- Fundação João Pinheiro 1975.** *Vale do Rio Doce: Uma proposta para desenvolvimento integrado*. Belo Horizonte.
- Fundação João Pinheiro 1978a.** *Plano de desenvolvimento Integrado do aglomerado Urbano do Vale do Aço – Sítio Natural*. Belo Horizonte-MG.

- Fundação João Pinheiro 1978b.** *Plano de desenvolvimento integrado do aglomerado urbano do Vale do Aço – Demografia.* Belo Horizonte-MG.
- Fundação João Pinheiro 1990.** *USIMINAS conta sua história.* Belo Horizonte-MG.
- Fundação João Pinheiro 1998.** *Ocupação e uso do solo em Ipatinga. Diagnóstico e diretrizes.* Belo Horizonte-MG.
- Guerra, J. B. 1975.** *Vazio Verde: o amanhecer de Ipatinga.* Editora Nova, Ipatinga-MG, 127 p.
- Gupta, A. 1984.** Urban hydrology and sedimentation in the humid tropics. In: Costa, J.E. & Fleisher, P.J. (Org.) 1984. *Developments and applications of geomorphology.* Springer Verlag, Berlin. Pp. 240-267.
- Hardy, F. R. 1958a.** *Vila operária da USIMINAS em Ipatinga.* Belo Horizonte-MG.
- Hardy, F. R. 1958b.** *USIMINAS – Pré –plano de urbanização.* Belo Horizonte-MG.
- Hardy, F. R. 1958c.** *USIMINAS. O plano habitacional.* Belo Horizonte-MG.
- Hardy, F. R. 1970.** Ipatinga, cidade aberta. *USIMINAS Revista*, Belo Horizonte-MG,1(2): 34-41.
- Hardy, F. R. & Bhering, M.P. 1961.** *Relatório: Vila operária da USIMINAS.* Belo Horizonte-MG.
- Klumb-Oliveira, A.A. & Noce, C.M. 1999.** Estruturação tectônica do embasamento da Faixa Araçuaí na região de Ipatinga, MG. *Anais do VII SNET*, 1999, pp. 38-41
- Lucas, F. 1974.** *O ferro na história do Brasil e de Minas Gerais.* *USIMINAS Revista*, Belo Horizonte-MG,5(10):34-39.
- Maciel Filho, C.L. 1994.** *Introdução à geologia de engenharia.* Editora da UFSM/CPRM, Santa Maria-RS, 283 p.
- Martin, P. 1973.** L' étude géotechnique et la notion d' intérêt général. In: SYMPOSIUM NACIONAL "SOL, SOUS-SOL ET SÉCURITÉ DES CONSTRUCTIONS", 1973, BRGM, Cannes. *Anais...*, Vol.1, BRGM, 1973. p. 301-306.
- Meis, M.R.M. 1977.** As unidades morfoestratigráficas neoquaternárias do médio vale do rio Doce. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 49(3):443-459.
- Meis, M.R.M. & Monteiro, A.N.F. 1979.** Upper Quaternary "Rampas": Doce River Valley, Southeastern Brazilian Plateau. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Stuttgart, 23(2):131-151.
- Mello, C. L. 1997.** *Sedimentação e tectônica cenozóicas no Médio vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos.* Instituto de Geociências/USP, São Paulo, Tese de Doutorado, 275 p.
- Mello, C. L.; Metelo, C. M. S.; Suguio, K. & Kohler, H. C. 1999.** Quaternary sedimentation, neotectonics and the evolution of the Doce River Middle Valley lake system (southeastern Brazil). *Rev. Inst. Geol., IG/USP*, 20(1/2): 29-36.
- Mendes, J.C. 1984.** *Elementos de estratigrafia.* São Paulo, EDUSP, 566 p.
- Mumford, L. 1982.** *A cidade na história suas origens, transformações e perspectivas.* Editora Martins Fontes, São Paulo-SP, 741 p.
- Oliveira, A.M.S. & Brito, S.N.A. 1998.** *Geologia de Engenharia.* Ed. ABGE/CNPq/FAPESP, São Paulo-SP, 586 p.
- Pflug, R. 1969.** Die Überschüttungsrelief des Rio Doce, Brasilien. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Stuttgart, N.F.(13):141-162.

- Prefeitura Municipal de Ipatinga 1990.** Lei Orgânica do Município de Ipatinga. In: *Suplemento Institucional do Vale do Aço*. 08/05/1990.
- Prefeitura Municipal de Ipatinga 1991.** *Homens em série. A história de Ipatinga contada por seus próprios personagens*. Volumes 1. 1991. Prefeitura Municipal de Ipatinga-MG.
- Prefeitura Municipal de Ipatinga 1992.** *Homens em série. A história de Ipatinga contada por seus próprios personagens*. Volumes 2. 1991. Prefeitura Municipal de Ipatinga-MG.
- Posada, J.E.M. 1991a.** O plano e a cidade. *Diário do Aço*, 27/03/1991, Ipatinga-MG.
- Posada, J.E.M. 1991b.** Proposta básica do Plano Diretor de Ipatinga. *Diário do Aço*, 19/05/1991, Ipatinga-MG.
- Revista Agenda Vale do Aço.** Ipatinga-MG.1(9): 8-9, 1999
- Revista Carta de Notícias.** Ipatinga-MG. 1(1): 7, 1999
- Revista Carta de Notícias.** Ipatinga-MG. 12(101/8): 8,2000
- Revista Imagem Vale do Aço.** Ipatinga-MG. 3(22): 10-12, 1991
- Revista Imagem Vale do Aço.** Ipatinga-MG. 5(43): 9-10, 1993
- Revista Imagem Vale do Aço.** Ipatinga-MG. 7(59): 10-11, 1995
- Revista Imagem Vale do Aço.** Ipatinga-MG. 8(68): 8-9,1996
- Revista Imagem Vale do Aço.** Ipatinga-MG. 11(93): 5-6, 1999
- Saadi, A. 1991.** *Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais*. Belo Horizonte-MG, IGC/UFMG, Tese de Professor Titular.
- Saadi, A.; Costa, N.B.O.R & Campos, J.K.F. 1992.** Geomorfologia aplicada ao controle ambiental da expansão urbana do Vale do Aço. *Anais...2º Simpósio "Situação Ambiental e Qualidade de Vida na RMBH e Minas Gerais"*, ABGE, Belo Horizonte-MG, 1992, p. 149-152.
- Soulios, G. 1997.** Subsidence de terrains alluviaux dans le sud-est de la plaine de Thessalie, Grèce. In: Marinos, Koukis & Stoumaras (eds.) 1997. *Engineering Geology and the environment*, Balkema, Rotterdam, pp. 1067-1072.
- Souza, C.J.O. & Saadi, A. 1993.** Contribuição à geomorfologia da bacia do rio Doce. *Anais...6º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, São Paulo-FFLCH/USP, 1994, p. 157-161.
- Souza, C.J. O. 1995.** *Interpretação morfotectônica da bacia do Rio Doce*. Belo Horizonte-MG, Instituto de Geociências/UFMG. Dissertação de Mestrado.
- Suguio, K. & Kohler, H.C. 1992.** Quaternary barred lake systems of the Doce River (Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 64(2):183-191.
- Técnica de Engenharia Civil e Sanitária Ltda. -TECISAN 1996.** *Prefeitura Municipal de Ipatinga. Distrito Industrial: anteprojeto de parcelamento*. Prefeitura Municipal de Ipatinga, Março de 1996.
- Teixeira, W.; Toledo, M. C. M.; Fairchild, T. R. & Taioli, F. (Org.) 2000.** *Decifrando a terra*. São Paulo, USP/Oficina de textos, 558 p.
- Terra Consultoria e Assessoria Ambiental Ltda. 1992.** *Avaliação dos Condicionantes Físicos da Área Urbana do Município de Ipatinga/MG*. Belo Horizonte-MG. Relatório Interno. 19p.
- USIMINAS 1965.** *Plano Diretor, mapa de ocupação do solo, Escala: 1:20.000.*

**USIMINAS 1970.** Aqui Ipatinga. USIMINAS Revista, Belo Horizonte. 1(2): 31-42.

**Vella, G. 1996.** *Parecer Técnico Ambiental - Loteamento Industrial do Setor 01, Distrito Industrial - Ipatinga, MG.* Relatório Interno, 13p.