

UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

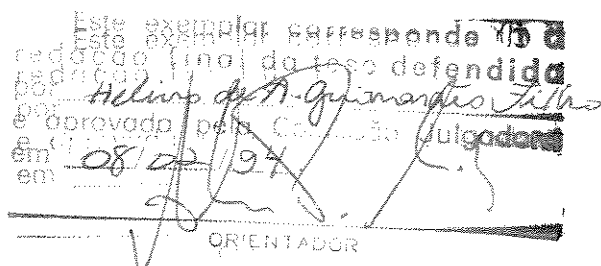
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ÁREA DE METALOGÊNESE

**METODOLOGIAS PARA INTERCÂMBIO DE DADOS
ENTRE PROGRAMAS DE CADD, SGBD, PDI E SGI EM
PROJETOS DE EXPLORAÇÃO MINERAL**

Helius de Almeida Guimarães Filho

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

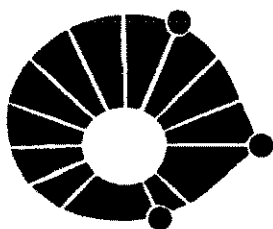


CAMPINAS - SÃO PAULO

FEVEREIRO - 1994

G947m





UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ÁREA DE METALOGÊNESE

**METODOLOGIAS PARA INTERCÂMBIO DE DADOS
ENTRE PROGRAMAS DE CADD, SGBD, PDI E SGI EM
PROJETOS DE EXPLORAÇÃO MINERAL**

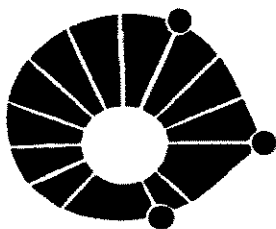
Heliuss de Almeida Guimarães Filho 947

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências - Área de Metalogênese.

Orientador: Alvaro Penteadocróstat - IG / Unicamp
Co-Orientador: Alfonso Schrank - IG / Unicamp

CAMPINAS - SÃO PAULO

FEVEREIRO - 1994



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ÁREA DE METALOGÊNESE

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:

**METODOLOGIAS PARA INTERCÂMBIO DE DADOS ENTRE
PROGRAMAS DE CADD, SGBD, PDI E SGI EM PROJETOS DE
EXPLORAÇÃO MINERAL**

AUTOR: Helius de Almeida Guimarães Filho

ORIENTADOR: Alvaro Penteado Crósta - IG / Unicamp

CO-ORIENTADOR: Alfonso Schrank - IG / Unicamp

COMISSÃO EXAMINADORA

PRESIDENTE: Alvaro Penteado Crósta

EXAMINADORES: Ardemirio Barros da Silva

Marcos Rodrigues

CAMPINAS, 08 DE FEVEREIRO DE 1994.

*Ao carinho, compreensão e
ao tempo roubado de Luiza
e Carmen.*

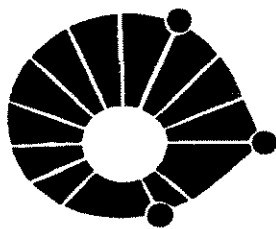
*Ao eterno auxílio de meus
pais e irmãos.*

"To make the right decision requires that the relevant data be present in the framework of an appropriate model that is evaluated using true criteria."

Aronoff (1989)

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente à todos que auxiliam em minha formação. Obrigado aos colegas, professores e funcionários da UNICAMP, principalmente aos Profs. Alvaro, Alfonso e Barros. Agradeço aos geólogos da CPRM pela disponibilidade de material e recursos durante o início do trabalho de mestrado, principalmente ao Geol^o Mário. Obrigado a todo corpo técnico da COMIG: ao Ulisses e a Bia pela disponibilidade de material e discussão dos dados geológicos levantados em campo; a Cibele e ao Fábio na construção dos códigos do GEOMIG; a Ana pela disponibilidade das fotografias aéreas e mapa digitalizado; ao Rodrigo e ao Marco Aurélio pela discussão e entrada dos dados no GEOMIG, a Esmeralda pelos dados digitalizados; ao Pedro Paulo também pelo auxílio na digitalização de mapas e elaboração de normas para digitalização de dados; ao Sávio pela manutenção da ordem no laboratório de geoprocessamento; aos auxílios diversos da Mariza e Léa; as diversas discussões e disponibilidade de dados da Cláudia e ao João pelas discussões e liberação de material e recursos humanos da COMIG para a confecção da tese. Obrigado a D. Solange pela leitura e correção dos primeiros manuscritos. Agradeço ao CNPq e Fapesp pela liberação de bolsa durante a realização dos créditos. Obrigado a Fundação Gorceix.



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE METALOGÊNESE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RESUMO

**METODOLOGIAS PARA INTERCÂMBIO DE DADOS ENTRE PROGRAMAS DE
CADD, SGBD, PDI E SGI EM PROJETOS DE EXPLORAÇÃO MINERAL**

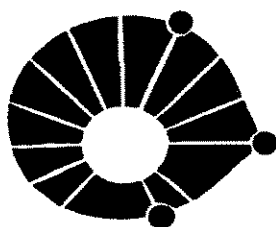
Heliuss de Almeida Guimarães Filho

A pesquisa realizada nesse trabalho busca mostrar que, as informações geradas em projetos de exploração mineral devem ser armazenadas de forma precisa visando a otimização no processo de intercâmbio e integração entre os programas utilizados em exploração mineral para desenhar mapas (CADD - *Computer Aided Drafting and Design*), processar imagens de sensoriamento remoto (PDI), gerenciar informações alfanuméricas em banco de dados (SGBD) e processar dados através de Sistemas Geo-referenciados de Informação (SGI), para se tirar o máximo proveito destes. Também procura-se mostrar que os dados obtidos nesses projetos devem ser adequados a cada programa.

Os resultados mostraram que é fundamental o estudo das etapas para digitalização de bases cartográficas e mapas geológicos em programas de CADD levando-se em consideração o equipamento utilizado para edição, fontes dos dados, escalas dos dados, controle do erro operacional, otimização dos níveis de informação no CADD, escolha das hachuras, geração de uma biblioteca de símbolos, formas de impressão dos dados, utilização de dados digitalizados em outros desenhos e a personalização do CADD. Dessa forma, um dos resultados do trabalho foi o de dar indicações para orientar na produção e geração de mapas precisos e com informações úteis para outros programas.

Foi desenvolvido um aplicativo de fácil operação para armazenar dados utilizados em projetos de exploração mineral através de um SGBD com seus formatos de arquivos intercambiáveis com programas de CADD, PDI e SGI.

Finalmente concluiu-se que, o intercâmbio de dados obtidos em projetos de exploração mineral e contidos em programas de CADD, SGBD, PDI e SGI proporciona a utilização de uma mesma informação por todos, aumentando-se a produtividade e a qualidade dos produtos gerados nesses projetos através de cada programa.



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE METALOGÊNESE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ABSTRACT

**METODOLOGIAS PARA INTERCÂMBIO DE DADOS ENTRE PROGRAMAS DE
CADD, SGBD, PDI E SGI EM PROJETOS DE EXPLORAÇÃO MINERAL**

Helius de Almeida Guimarães Filho

This work aims to demonstrate that information generated by mineral exploration projects must be stored in a precise way in order to optimize the interchange and integration processes between the various packages used in mineral exploration, to draw maps (CADD - Computer Aided Drafting and Design), to process remote sensing images (DIP), to manage alphanumeric data in database management systems (DBMS) and to process data using geo-referenced information systems (SGI). Also, we tried to show that the data acquired for mineral exploration projects must be adequate to each of these programs.

The results showed that the study of the various steps for digitizing the cartographic and geologic maps using CADD programs is essential and must take into account the equipment used for map edition, the data sources and scales, the control over the operational errors, the optimization of information levels in the CADD, the choice of hatch patterns, the generation of symbol libraries, the processes of data printing, the use of digitized data in other drawings and the CADD customization. One of the main results of the work was to establish some parameters to orientate the generation and production of maps containing useful information to other programs.

An user-friendly application was developed, to store data for a mineral exploration project, using a DBMS with file formats interchangeable with CADD, DIP and GIS programs.

Finally, it was concluded that data interchange between CADD, DBMS, DIP and GIS programs in mineral exploration projects make possible to share information between all members of the team, increasing the productivity and the quality of the products generated.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xv
LISTA DE ABREVIATURAS	xvi
PREFÁCIO	xvii
OBJETIVOS	xviii
 CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	 1
1.I - CARACTERÍSTICAS DOS DADOS MAIS UTILIZADOS EM EXPLORAÇÃO MINERAL	2
1.II - CARACTERÍSTICAS DOS PROGRAMAS MAIS UTILIZADOS EM EXPLORAÇÃO MINERAL	3
1.II.1 - Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBDs)	3
1.II.2 - Processamento Digital de Imagens (PDI)	4
1.II.3 - <i>Computer Aided Drafting and Design</i> (CADD)	5
1.II.4 - Sistemas Geo-referenciados de Informação (SGI)	6
1.II.5 - Em que Programa os Dados Devem Ser Digitalizados ?	8
1.III - ENTRADA DE DADOS	10
1.III.1 - Digitalização Utilizando-se o Teclado	10
1.III.2 - Digitalização Utilizando-se o <i>Mouse</i>	11
1.III.3 - Digitalização Utilizando-se a Mesa Digitalizadora	12
1.III.4 - Digitalização Utilizando-se o <i>Scanner</i>	16
1.IV - INTERCÂMBIO E COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS PROGRAMAS.	20
1.V - DADOS, PROGRAMAS E EQUIPAMENTOS DISPONÍVEIS PARA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS QUE SERÃO APRESENTADAS NOS CAPÍTULOS SUBSEQÜENTES	25

1.V.1 - Dados Disponíveis	25
1.V.2 - Programas Disponíveis	26
1.V.3 - Equipamentos Disponíveis	27
 CAPÍTULO 2 -	
DIGITALIZAÇÃO DE DADOS UTILIZADOS EM EXPLORAÇÃO MINERAL ATRAVÉS DE PROGRAMAS DE CADD	30
 2.I - OBJETIVO DA DIGITALIZAÇÃO	31
 2.II - CONSIDERAÇÕES GERAIS	32
2.II.1 - Dimensionamento do Equipamento Utilizado para Edição	33
2.II.2 - Fontes dos Dados	34
2.II.3 - Escalas dos Dados	37
2.II.4 - Otimização dos Níveis	38
2.II.5 - Escolha das Hachuras	39
2.II.6 - Impressão dos Dados	40
2.II.7 - Personalização do CADD	41
 2.III - METODOLOGIA PARA DIGITALIZAÇÃO DE MAPAS GEOLÓGICOS UTILIZANDO PROGRAMAS DE CADD	42
2.III.1 - Variáveis do Sistema	42
2.III.2 - Criação dos Níveis de Informação	42
2.III.3 - Geração de Bibliotecas	44
2.III.4 - Orientação do Mapa na Mesa Digitalizadora	44
2.III.5 - Digitalização de Polilinhas	47
2.III.6 - Inserção de Símbolos	49
2.III.7 - Inserção de Textos	49
2.III.8 - Edição de Polilinhas	50
2.III.8.1 - Edição de Curvas de Nível, Estradas e Drenagens	50
2.III.8.2 - Edição de Contatos Geológicos e Falhas	50
2.III.9 - Hachurar Domínios de Classes	53
2.III.10 - Criação da Legenda e do Selo do Mapa	58

2.III.11 - UTILIZAÇÃO DE DADOS DIGITALIZADOS EM OUTROS DESENHOS	58
 CAPÍTULO 3 -	
SISTEMAS GERENCIADORES DE BANCO DE DADOS (SGBDs) E LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS	59
3.I - ESCOLHA DO SGBD	60
3.II - ESTRUTURAÇÃO DE INFORMAÇÕES GERADAS EM LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS EM UM SGBD - O <i>GEOMIG</i>	62
3.II.1 - Tela Principal	62
3.II.2 - Relação do BD Central com os BDs Complementares	64
3.II.2.1 - Banco de Dados de Descrição do Ponto	64
3.II.2.2 - Banco de Dados de Rocha / Amostra	66
3.II.2.3 - Banco de Dados de Medidas Estruturais	66
3.II.2.4 - Banco de Dados de Lâminas	66
3.II.2.5 - Banco de Dados de Geoquímica	69
3.II.2.6 - Banco de Dados de Fotografias de Campo	69
3.II.3 - Edição dos BDs através do Comando <i>Browse</i>	69
3.II.4 - Relatórios Emitidos pelo GEOMIG	69
3.II.5 - Saída para o GRASS	72
3.II.6 - Saída para o Programa de CADD AutoCAD 12	73
3.II.7 - Saída para o Programa de Análise de Medidas Estruturais MICRONET	74
 CAPÍTULO 4 -	
EXEMPLOS DE INTERCÂMBIO DE DADOS ENTRE PROGRAMAS DE CADD, SGBD, PDI E SGI EM PROJETOS DE EXPLORAÇÃO MINERAL	75
4.I - INTERCÂMBIO DE DADOS ENTRE OS PROGRAMAS DE CADD, SGBD E PDI	75
4.I.1 - Intercâmbio entre os Programas de CADD e SGBD	75
4.I.1.1 - Transferência do SGBD GEOMIG para o CADD: Medidas Estruturais	76

4.I.1.2 - Transferência do CADD para o SGBD GEOMIG: Coordenadas de Pontos Geológicos	76
4.I.1.3 - Intercâmbio entre o SGBD GEOMIG e o CADD: Pontos Geoquímicos e Geofísicos	80
4.I.1.4 - Acesso Direto do AutoCAD a um Arquivo DBF do SGBD	82
4.I.2 - Intercâmbio entre os Programas de CADD e PDI	84
4.I.2.1 - Superposição da Imagem de Satélite com a Base Cartográfica	84
4.I.2.2 - Superposição da Imagem de Satélite com o Mapa Geológico	86
4.I.2.3 - Superposição da Fotografia Aérea com a Base Cartográfica	87
4.I.2.4 - Superposição da Imagem de Satélite com Limites de Áreas Requeridas ao DNPM	88
4.I.2.5 - Transferência de Fotolineamentos Extraídos do PDI ..	89
4.I.2.6 - Transferência de Classes Extraídas do PDI	90
4.I.3 - Intercâmbio entre os Programas de SGBD e PDI	91
 4.II - TRANSFERÊNCIA DE DADOS CONTIDOS NOS PROGRAMAS DE CADD, SGBD E PDI PARA O SGI COM BASE NA PADRONIZAÇÃO PROPOSTA	 92
4.II.1 - Intercâmbio entre os Programas de CADD e SGI	92
4.II.1.1 - Visualização da Base Cartográfica no SGI GRASS ...	93
4.II.1.2 - Visualização do Modelo Digital do Terreno (DTM) ..	94
4.II.1.3 - Visualização de Mapas Geológicos	96
4.II.2 - Intercâmbio entre os Programas de PDI e SGI	98
4.II.2.1 - Visualização da Imagem de Satélite através do DTM.	98
4.II.2.2 - Visualização da Imagem de Satélite com a Base Cartográfica e Contatos Geológicos	98
4.II.3 - Intercâmbio entre os Programas de SGBD e SGI	101
4.II.3.1 - Transferência de Localização de Pontos Geológicos	101
4.II.3.2 - Transferência de Tipos de Rochas	103
4.II.3.3 - Transferência de Associações Minerais	104
4.II.3.4 - Transferência de Pontos Geoquímicos e Geofísicos	105

4.II.3.5 - Transferência de Outros Campos Codificados	106
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXO 1	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Teclado	10
Figura 1.2: <i>Mouse</i> - Movimento com a Mão	11
Figura 1.3: <i>Mouse</i> - Movimento com o Dedo	11
Figura 1.4: Mesa Digitalizadora	12
Figura 1.5: Distância a ser utilizada pelo comando de digitalização contínua de polilinhas via mesa	13
Figura 1.6: <i>Scanner</i> de mesa	16
Figura 1.7: Digitalização de dados alfanuméricos contidos em papel através de escanerização e OCR	16
Figura 1.8: Exemplo do fluxo do processo para vetorização de mapas escanerizados ..	17
Figura 1.9: Vetorização semi-automática com interação do operador durante o processo	18
Figura 1.10: Vetorização com reconhecimento automático das entidades a serem vetorizadas, em mapas escanerizados coloridos, utilizando classificação supervisionada antes de efetuar a vetorização	19
Figura 1.11: Para processar informações, oriundas de outros programas, em SGI, não basta que essas estejam em formato digital, mas sim compatíveis ou de fácil compatibilização	20
Figura 1.12: Exemplo de acesso a uma mesma base de dados por programas de CADD, PDI e SGI	22
Figura 1.13: Intercâmbio de dados através de estruturas compatíveis entre os aplicativos	23
Figura 1.14: Evolução dos SGIs englobando as funções atualmente desempenhadas pelos programas de CADD, SGBD e PDI	24
Figura 1.15: Esquema de trabalho integrado entre programas de SGBD, PDI, CADD e SGI	24
Figura 2.1: Quantificação do erro envolvido no processo de orientação de forma gráfica	46
Figura 2.2a: Fórmula para calcular o RMS dos eixos X e Y das polilinhas digitalizadas através da mesa e numericamente	54
Figura 2.2b: Coordenadas dos vértices dos polígonos a serem utilizadas na fórmula da Figura 2.2a. Os deslocamentos estão exagerados para mostrar que há uma diferença nas coordenadas dos vértices entre o polígono digitalizado numericamente e o digitalizado pela mesa	46
Figura 2.3: Modelo Digital do Terreno gerado com interrupção das curvas de nível	48
Figura 2.4: Modelo Digital do Terreno gerado sem interrupção das curvas de nível	48

Figura 2.5: Exemplo de medidas estruturais e textos de litotipos inseridas no mapa digitalizado	49
Figura 2.6: Exemplo de nomes de cidades e córregos inseridos no mapa digitalizado ..	49
Figura 2.7: Passos a serem seguidos para acertar o contato de uma polilinha com o limite do mapa. (a) a polilinha ultrapassa o limite do mapa, (b) a polilinha não intercepta o limite do mapa, (c) a polilinha não intercepta o limite do mapa e não está apontada em direção ao limite	52
Figura 2.8: Acerto de encontro entre drenagens	52
Figura 2.9: Quebra da linha limite do mapa nos contatos geológicos	52
Figura 2.10: Quebra das polilinhas de contatos geológicos em todos os pontos tríplices do mapa	52
Figura 2.11: Mapa geológico da região de Montezuma (Penha e Fonseca, 1993) digitalizado através do AutoCAD 12 e hachurado	54
Figura 2.12: Legenda do Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) apresentado nas Figuras 2.11, 2.13 e 2.14	55
Figura 2.13: Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) digitalizado através do AutoCAD e sem as hachuras	56
Figura 2.14: Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) colorido no Corel Draw	57
Figura 2.15: Um exemplo de selo ou carimbo para o mapa geológico apresentado nas figuras 2.17a, 2.17b, 2.18, 2.19	58
Figura 3.1: Estrutura geral do GEOMIG, subdividindo-o em BD Central, BDs Complementares e BDs de Códigos	63
Figura 3.2: Tela principal do GEOMIG	63
Figura 3.3: Seleção interativa do código no BD de municípios	63
Figura 3.4: Exemplo de Relação do BD Central com os BDs Complementares através da chave de acesso	65
Figura 3.5: Menu de seleção do BD Complementar que será manipulado	65
Figura 3.6: Tela para edição dos dados da descrição do ponto	65
Figura 3.7: Tela para edição dos dados de rochas e amostras	67
Figura 3.8: Tela para seleção interativa dos códigos de rocha	67
Figura 3.9: Tela para seleção interativa dos minerais/elementos	67
Figura 3.10: Tela para seleção interativa dos códigos de medidas estruturais	68
Figura 3.11: Tela para edição dos dados de medidas estruturais	68
Figura 3.12: Tela para edição dos dados de lâminas	68
Figura 3.13: Tela para edição dos dados geoquímicos	70
Figura 3.14: Tela para edição dos dados de fotografias de campo	70
Figura 3.15: Tela para localização e edição de qualquer BDs do GEOMIG	70

Figura 3.16: Tela para seleção do banco de dados a ser processado	71
Figura 3.17: Tela para edição do BD selecionado	71
Figura 3.18: Tela para seleção do relatório a ser emitido	71
Figura 3.19: Exemplo simplificado de relatório do BD Central	72
Figura 3.20: Exemplo de arquivo <i>Site</i> de rocha a ser enviado para o GRASS	72
Figura 3.21: Arquivo DXF padrão para ser utilizado com o arquivo da Figura 3.20 para gerar um terceiro arquivo através de impressão mesclada com o objetivo de alimentar o AutoCAD com medidas estruturais (Arquivo em duas colunas)	74
Figura 3.22: Linhas a serem inseridas no início e no final do arquivo DXF final gerado.....	73
Figura 3.23: Arquivo DAT de medidas estruturas de foliação gerado pelo GEOMIG e processado pelo Micronet	74
Figura 4.1: Algumas formas de intercâmbio de dados entre programas de CADD e SGBD	77
Figura 4.2: Fluxo da transferência dos dados de medidas estruturais do SGBD para o CADD	77
Figura 4.3: Porção do Mapa Geológico da Região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com as medidas estruturais importadas do GEOMIG	78
Figura 4.4: Porção do Mapa Geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) digitalizado no AutoCAD com a localização de pontos descritos em campo, retirados da base cartográfica	78
Figura 4.5: Arquivo <i>TEMPLATE</i> a ser utilizado pelo AutoCAD para gerar um arquivo com as coordenadas dos pontos geológicos	79
Figura 4.6: Exemplo de um arquivo DXF padrão para pontos geoquímicos (Arquivo em duas colunas)	80
Figura 4.7: Porção do Mapa Geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com alguns pontos geoquímicos	81
Figura 4.8: Tela do AutoCAD exibindo uma porção do Mapa Geológico da região de Montezuma com o ponto geológico 20, onde esse número corresponde a uma <i>chave de acesso</i> para o BD em <i>DBASE</i>	83
Figura 4.9: Tela do AutoCAD exibindo as informações do ponto geológico 20 contidas no BD com o número do ponto correspondendo a <i>chave de acesso</i>	83
Figura 4.10: Porção da Imagem de Satélite da região de Montezuma com as informações da base cartográfica oriundas do AutoCAD (Franca, 1993) ..	85
Figura 4.11: Porção da Imagem de Satélite da região de Montezuma com as informações do Mapa Geológico oriundas do AutoCAD (Franca, 1993) ..	86

Figura 4.12: Produto da superposição da fotografia aérea corrigida com as informações vetoriais também corrigidas (Chula <i>et al.</i> , 1993)	87
Figura 4.13: Porção da Imagem de Satélite com informações dos limites de áreas requeridas junto ao DNPM (Franca, 1993)	88
Figura 4.14: Fotolineamentos extraídos da Imagem de Satélite da região de Montezuma (Franca, 1993)	89
Figura 4.15: Anomalia espectral contornada por um vetor (Franca, 1993)	90
Figura 4.16: Base cartográfica da região de Montezuma no GRASS, com informações de estradas, curvas de nível e drenagens	93
Figura 4.17a: DTM em planta da região de Montezuma com uma malha de 30 metros.....	94
Figura 4.17b: DTM em perspectiva (Bloco Diagrama) da região de Montezuma, com uma malha de 30 metros	95
Figura 4.18a: Classes geológicas da região de Montezuma vistas em planta	96
Figura 4.18b: Classes geológicas da região de Montezuma vistas em perspectiva	97
Figura 4.18c: Legenda das classes geológicas da região de Montezuma	97
Figura 4.19: Imagem processada por Franca (1993) apresentada no DTM através do GRASS	99
Figura 4.20: Imagem processada por Franca (1993) apresentada no DTM através do GRASS com a drenagem e os contatos geológicos	100
Figura 4.21: Porção do Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com alguns pontos geológicos transferidos do GEOMIG	102
Figura 4.22: Porção do Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com alguns tipos de rochas transferidos do GEOMIG	103
Figura 4.23: Porção do Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com algumas associações minerais transferidas do GEOMIG	104
Figura 4.24: Porção do Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com alguns pontos geoquímicos transferidos do GEOMIG	105
Figura 5.1: Processamento de dados em aplicativos utilizados em projetos de exploração mineral de forma isolada	108
Figura 5.2: Processamento de dados em aplicativos utilizados em projetos de exploração mineral de forma integrada	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Testes de digitalização contínua de polilinhas via mesa, onde foram apurados os erros para várias precisões diferentes (Modificado de Keefer <i>et al.</i> , 1991)	13
Tabela 1.2: Valores para distância entre os segmentos para algumas escalas utilizadas em mapeamento geológico	15
Tabela 2.1: Exemplo simplificado da organização dos níveis de informações para um mapa geológico	39
Tabela 2.2: Informações sobre diversas alternativas para impressão de produtos digitalizados	41
Tabela 2.3: Exemplo para divisão dos níveis de informação para mapas geológicos	43
Tabela 2.4: Sugestão de valores máximos de erros médios quadráticos que podem ser obtidos durante a orientação do mapa na mesa	45
.....	
Tabela 3.1: Exemplo de arquivo com medidas estruturais para ser enviado para o AutoCAD através de impressão mesclada com um arquivo DXF padrão .	73
Tabela 4.1: Arquivo texto gerado pelo AutoCAD com os pontos geológicos e suas coordenadas	79
Tabela 4.2: Pontos geoquímicos com suas coordenadas	81

LISTA DE ABREVIATURAS

ANSI - *American National Standards Institute*
ASCII - *American National Standard Code for Information Interchange*
ASPRS - *American Society for Photogrammetric and Remote Sensing*
CADD - *Computer Aided Drafting and Design*
COMIG - *Companhia Mineradora de Minas Gerais*
CPRM - *Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais*
BD - *Banco de Dados*
DBF - *Data Base File*
DDE - *Dynamic Data Exchange*
DLL - *Dynamic Link Libraries*
DNPM - *Departamento Nacional da Produção Mineral*
DOS - *Disk Operation System*
DPI - *Dots Per Inch*
DTM - *Digital Terrain Model*
DXF - *Drawing Interchange File Format*
ERMapper - *Earth Resource Mapper* - Programa para PDI.
GEOMIG - Aplicativo para gerenciar bancos de dados contendo informações levantadas em projetos de exploração mineral.
GIS - *Geographical Information Systems*
GPS - *Global Positioning Systems*
GRASS - *Geographic Resource Analysis Support System*
OCR - *Optical Character Recognition*
PC - *Personal Computer*
PDI - *Processamento Digital de Imagens*
RAM - *Random Access Memory*
RMS - *Root Mean Square*
SGBD - *Sistema Gerenciador de Banco de Dados*
SGI - *Sistemas Geo-referenciados de Informação*
SQL - *Structure Query Language*
TM - *Thematic Mapper*
UTM - *Universal Transversa de Mercator*
VGA - *Video Graphics Array*

PREFÁCIO

O uso de técnicas de processamentos geo-referenciados em exploração mineral vem facilitando a preparação, a apresentação e a interpretação de informações geradas nos trabalhos de campo e laboratório. A utilização adequada de programas e equipamentos é fundamental para geração de produtos precisos, úteis e de boa qualidade. Estes, por sua vez, são essenciais para a etapa de tomada de decisões em exploração mineral. A visão global de todas as informações é fundamental para a elaboração de modelos geológicos compatíveis com os dados existentes, além de facilitar a locação de furos de sondagens, trincheiras, poços, seleção de novos alvos e o descarte de áreas.

A transformação dos dados analógicos para digitais, ou seja, a digitalização, é uma etapa importante em processamento geo-referenciado. A forma na qual esses dados são digitalizados e armazenados irá influenciar decisivamente na sua precisão e qualidade e definirá se eles poderão ou não ser integrados. Portanto, as metodologias empregadas no processo de digitalização são fundamentais para que haja integridade, compatibilização e integração de todos os dados. Contudo, os geólogos exploracionistas carecem ainda de uma melhor compreensão sobre as metodologias utilizadas em processamento geo-referenciado.

A presente dissertação mostra que os aplicativos empregados em exploração mineral devem ser utilizados buscando-se uma boa qualidade e precisão dos dados, tendo sempre em mente que estes devem ser analisados de forma integrada.

OBJETIVOS

Para mostrar a maneira como as informações obtidas através de projetos de exploração mineral e utilizadas em processamento geo-referenciado devem ser intercambiadas entre os diversos programas, com o objetivo de tirar o máximo proveito das bases cartográficas, dos dados levantados em campo e laboratório e das imagens obtidas através de sensoriamento remoto, pretende-se:

- Discutir formas de adequação dos dados aos programas utilizados em exploração mineral, a partir das características de uns e de outros e mostrar as formas de intercâmbio entre os principais programas.
- Discutir as características necessárias aos dados para que, digitalizados, atendam às exigências de precisão dos projetos de exploração mineral, e mostrar as etapas necessárias à digitalização de mapas geológicos utilizando-se um programa de CADD (*Computer Aided Drafting and Design*).
- Apresentar uma proposta de padronização de um banco de dados para gerenciar informações de modo que possam ser intercambiadas com outros programas.
- Discutir exemplos de intercâmbio de dados entre os vários programas utilizados em exploração mineral, analisando-se a utilidade de uma mesma informação em vários programas, e demonstrar como pode a manipulação adequada de dados relevantes e precisos contribuir para as tomadas de decisão.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A visão sinóptica de todos os dados em exploração mineral é importante, principalmente pela grande quantidade de informações com que se trabalha. Muitas dessas informações são agrupadas em nossas mentes, e estão registradas em diversas fontes e escalas.

A compilação dessas informações requer o manuseio de diversos documentos em papel (cadernetas, fotografias, imagens, mapas *e overlays*). A confecção de um mapa geológico, por exemplo, requer a escolha de uma base, a transferência para ela dos afloramentos descritos, contatos e falhas retirados de fotografias e/ou imagens de satélite e radar, dados petrográficos, estruturais, geoquímicos e geofísicos e outras informações sobre modelos geológicos. A integração desses dados, feita manualmente, pode gerar produtos pouco confiáveis, causados principalmente pelas diferentes distorções nas bases. Por outro lado, uma integração de todos esses dados de forma precisa pode ser feita através de técnicas de processamento geo-referenciado, também conhecido por geoprocessamento (Rodrigues, 1990).

Neste capítulo serão abordadas as principais características dos dados utilizados em exploração mineral, em quais tipos de programa de computador eles serão melhor processados e quais as formas para a entrada desses dados, levando-se sempre em consideração os erros envolvidos nesses processos. Também será mostrado como esses dados podem ser intercambiados entre os principais programas, e como esses podem ser integrados através de Sistemas Geo-referenciados de Informação (SGI). Finalmente, serão descritos os dados, programas e equipamentos disponíveis, utilizados para aplicação das metodologias que serão apresentadas nos capítulos subsequentes.

1.1 - CARACTERÍSTICAS DOS DADOS MAIS UTILIZADOS EM EXPLORAÇÃO MINERAL

As informações necessárias para se trabalhar em exploração mineral com técnicas de processamento geo-referenciado em meio digital possuem características próprias e estão divididas em quatro tipos: **textuais**, **numéricas**, **vetoriais** e **imagens** (ou *raster*).

As informações **textuais** podem ser exemplificadas como descrições de afloramentos, de lâminas delgadas, observações ou qualquer dado que possa ser expresso em forma de texto. Normalmente essas informações são digitadas através do teclado.

As informações **numéricas** podem ser exemplificadas por resultados de análises químicas, levantamentos geofísicos, número de pontos geológicos, medidas estruturais ou qualquer dado que possa ser expresso em forma de números.

As informações em formato de **imagem** ou *raster*, são caracterizadas por estarem dispostas em malhas regulares, de forma que o menor elemento da malha é chamado de *pixel* (*Picture Element*). Em exploração mineral, utilizam-se imagens de diversas fontes, tais como: satélite, radar, fotografias aéreas ou obtidas através de levantamentos geoquímicos ou geofísicos.

As informações **vetoriais** posicionam feições no espaço na forma de pontos, linhas e polígonos. Como exemplo de dados vetoriais pode-se citar as linhas dos contatos de falhas contidas em mapas geológicos, as linhas de drenagem e curvas de nível das bases cartográficas e símbolos de medidas estruturais.

Burrough (1987), Aronoff (1989) e Star & Estes (1990) descrevem detalhadamente cada um desses tipos de dados.

Maffini (1983), Burrough (1987), Aronoff (1989), Star & Estes (1990) e Tomlin (1990) comparam as vantagens e desvantagens de se trabalhar com dados em formato vetorial ou imagem. O processo de transformação dos dados de formato vetorial para imagem e vice-versa, é discutido por Burrough (1987), Aronoff (1989) e Star & Estes (1990). Já Steneker & Bonham-Carter (1988) mostram um programa para conversão

entre esses formatos de arquivos. Burrough (1987) apresenta uma forma de medir o erro resultante deste tipo de transformação. Já Tilley & Sperry (1988) mostram um produto de integração desses dois tipos de informações. A definição da melhor forma de armazenamento das informações vai depender do objetivo de sua utilização

1.II - CARACTERÍSTICAS DOS PROGRAMAS MAIS UTILIZADOS EM EXPLORAÇÃO MINERAL

A disponibilidade de equipamentos e programas vem fazendo com que os geólogos utilizem cada vez mais as técnicas de processamento geo-referenciado, que usam com maior frequência programas como Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD), Processamento Digital de Imagens (PDI), *Computer Aided Drafting and Design* (CADD), e *Geographical Information Systems* (GIS) ou Sistemas Geo-referenciados de Informação (SGI). Os SGBD são programas especializados em processar informações numéricas e textuais, embora possam também armazenar gráficos, sons e imagens. Os programas de PDI são especializados em processamento de imagens para extração de informações, enquanto os programas de CADD são especializados em fazer desenhos, ou mapas. Já os SGIs são programas especializados em integração de dados.

1.II.1 - Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBDs)

Os SGBDs trabalham com informações textuais, numéricas, imagens e sons. Esses programas são muito úteis em geologia para gerenciar informações coletadas tanto no campo como no laboratório, tais como descrições de afloramento, medidas estruturais, fotografias, análises químicas, descrições petrográficas e outras.

Uma análise sobre os tipos de SGBDs e a forma com que estes programas armazenam os dados pode ser encontrada em Burrough (1987), Star & Estes (1990) e, mais detalhadamente, em Aronoff (1989).

Atualmente o SGBD mais consagrado em exploração mineral é o tipo relacional, por ser de fácil manipulação, ter diversos fornecedores para diversos ambientes e de fácil intercâmbio com outros programas. Browning (1993), Ricciardi (1992), Simões *et al.* (1993a) e Salemi (1993) mostram as características de diversos SGBDs relacionais. Marques *et al.* (1993a) mostram um exemplo de SGBD para uso de dados de solos. Brod *et al.* (1990) descrevem um exemplo de aplicação de SGBDs para gerenciar informações de rochas ígneas. Já Masotti & Paes (1993) apresentam uma estrutura de banco de dados para cadastro de recursos minerais brasileiros e Lins (1992) uma base de dados utilizada pela CPRM.

A linguagem de 4ª geração SQL (*Structure Query Language*), foi consagrada por permitir que as informações contidas em banco de dados possam ser pesquisadas de uma forma simples pelo o usuário final. Aronoff (1989) introduz uma utilização de SQL em SGBDs e SGI. Já Clarkson (1993) mostra como o SQL evoluiu e Autodesk (1992b) mostra exemplos de comandos para o padrão ANSI (*American National Standard for Information Systems*), integrando os bancos de dados a mapas digitalizados em CADD.

Os SGBDs podem intercambiar informações com SGIs. Aronoff (1989) mostra alguns exemplos desse processo de intercâmbio. Marques (1993b) demonstra como um SGBD contendo informações de solos pode permutar dados com SGI. Já Morelli *et al.* (1993) apresenta outro exemplo de integração de SGBDs com SGI.

1.II.2 - Processamento Digital de Imagens (PDI)

Os **programas de PDI** são utilizados para o realce e extração dos atributos espaciais e espectrais contidos nas imagens de satélite, radar, *scanners* aeroportados, fotografias aéreas e de imagens geradas através de levantamentos geofísicos e geoquímicos. Os programas de PDI e SGI devem fazer a retificação ou registro de imagens para o processamento geo-referenciado. Segundo Star & Estes (1990), esses processos são executados através de modelos matemáticos, utilizados para modificar o

arranjo espacial dos objetos de uma imagem para um outro arranjo espacial específico. Esse procedimento objetiva alterar as relações geométricas, sem mudar substancialmente os dados. A retificação envolve a manipulação da imagem de forma a rearranjá-la espacialmente segundo um sistema de coordenadas cartográficas pré-definido. Já o registro da imagem é semelhante à retificação, embora não seja baseado em um sistema de coordenadas absoluto. Desta forma, o processo de registro envolve mudanças no arranjo espacial de uma imagem em relação à outra, sem levar em consideração nenhum sistema de coordenadas.

Aronoff (1989) e Drury (1987) mostram os princípios básicos do sensoriamento remoto, enquanto Crósta & Moore (1989), Crósta (1990), Forrest & Green (1986) e Loughlin (1991) mostram exemplos da aplicação desta tecnologia em exploração mineral. Já Ford & Zanelli (1985) mostram como analisar e quantificar erros na correção geométrica de imagens de satélite. Esses procedimentos são importantes, caso se tenha a intenção de utilizar estas imagens de forma geo-referenciada em outros programas. Aronoff (1989) e Star & Estes (1990) mostram como dados de sensoriamento remoto podem ser utilizados nos SGIs. Da mesma forma, Tanaka & Segal (1989) mostram como integrar as imagens oriundas do sensoriamento remoto com dados vetoriais em SGI para exploração de ouro

1.II.3 - Computer Aided Drafting and Design (CADD)

Os **programas de CADD** são muito utilizados para digitalização e manutenção dos atributos contidos em mapas geológicos, como contatos, lineamentos, rede de drenagem, curvas de nível, localização dos pontos levantados em campo, medidas estruturais, estradas, cidades e outras informações gráficas e alfanuméricas.

O capítulo 2 mostra com maior detalhe como são importantes esses programas para processar informações utilizadas em exploração mineral.

1.II.4 - Sistemas Geo-referenciados de Informação (SGI)

O processo de interpretação de dados em meio digital pode ser facilitado através da integração visual, análises estatísticas e geo-estatísticas ou mesmo através de modelamentos espaciais sofisticados, disponíveis nos SGIs. Aronoff (1989) faz um histórico sobre o surgimento dessa tecnologia, bem como de que maneira ela pode ser útil em trabalhos de planejamento urbano, agricultura e exploração mineral.

Os fundamentos básicos do SGI são expostos por Aronoff (1989), Burrough (1987), Ripple (1989), Star & Estes (1990) e Tomlin (1990). Aronoff (1989) também mostra alguns exemplos para aplicação de SGI em geologia.

Grande parte dos trabalhos encontrados na literatura sobre SGI e exploração mineral mostra a utilização de dados de sensoriamento remoto, mapas geológicos, geofísicos e geoquímicos visando a integração de dados e procura de novos alvos exploratórios.

Gaal (1984), através de análises estatísticas e métodos convencionais de integração de dados, avalia o potencial dos recursos minerais de uma região na Finlândia. Enquanto Ellwood *et al.* (1986) apresentam um procedimento automatizado para análise de dados geoquímicos de sedimento de corrente. Já Harding & Forrest (1988) integram dados do Landsat TM, geoquímica de sedimento de corrente e dados geofísicos regionais para auxiliar a exploração mineral. Wright *et al.* (1988), através de integração espacial de dados de geoquímica de sedimentos, geologia e ocorrências de ouro, selecionam áreas com bom potencial mineral. Do mesmo modo, Harris (1989) acrescenta mais algumas informações a esse modelo e através de técnicas de integração também seleciona novos alvos para exploração de ouro. Já Plummer (1992) mostra como pode o uso do SGI auxiliar a exploração mineral. Moon (1990) e Smith & Brilly (1992) dão exemplos de técnicas para integração de dados.

Branco *et al.* (1992), Sadowski (1992), Christophe da Silva *et al.* (1992a) e, de forma mais completa, Barros (1991) descrevem aplicações de SGI em exploração mineral no Brasil. Ceccato *et al.* (1993) apresentam uma proposta metodológica para

integrar dados convencionais, sensoriamento remoto, SGI e um banco de dados para avaliação da qualidade de vida urbana. Já Weibel & Bittenfield (1993) mostram a importância do SGI no auxílio de tomadas de decisão.

A utilização inadequada de SGI pode levar a resultados falsos. Sendo assim, deve-se tomar muito cuidado durante os processos de digitalização, integração e análise dos dados. Buscando detectar prováveis fontes de erros na utilização de SGI, Burrough (1987), Walsh *et al.* (1987), Aronoff (1989), Campbell & Mortenson (1989), Heuvelink *et al.* (1989), Lunnetta *et al.* (1991), Lanter & Veregin (1992) e Thapa & Bossler (1992) apresentam exemplos e técnicas para se evitar e quantificar esses erros.

O processo de implantação de um SGI passa por um estudo dos objetivos de sua utilização. Assim, Burrough (1987), Aronoff (1989) e Christophe da Silva *et al.* (1992b) mostram pontos relevantes no processo de escolha e implantação desses sistemas.

Vários artigos encontrados na literatura utilizam, para processamento nos SGIs, informações de imagens de satélite, geofísica, geoquímica, ocorrências minerais e modelos geológicos. Contudo, são raros aqueles que fazem uso das informações rotineiras de levantamentos geológicos de forma direta. Isto porque essas informações são encapsuladas nos modelos geológicos propostos e muitas são desconsideradas ou aproximadas para se adaptar aos mesmos. Portanto, acredita-se que essas informações, ligadas diretamente aos levantamentos geológicos, devam ser avaliadas de forma sinóptica e integrada, antes e depois da concepção do modelo, para se unirem às demais informações coletadas em projetos de exploração mineral. Desta maneira, pretende-se nos capítulos 2 e 3 mostrar como algumas informações utilizadas em exploração mineral podem ser processadas para que todos os dados sejam futuramente integrados em SGI. Esse procedimento deve ser considerado desde o início do armazenamento dos dados em qualquer programa utilizado, para facilitar a elaboração e avaliação de modelos.

Durante as etapas de um projeto de exploração mineral, as informações geradas e utilizadas em processamento geo-referenciado devem ser usadas para auxiliar a elaboração e avaliação dos mapas e modelos.

1.II.5 - Em que Programa os Dados Devem Ser Digitalizados ?

Os diversos tipos de dados coletados em projetos de exploração mineral devem ser digitalizados nos programas que mais se adequam às suas características, visando aproveitar da melhor maneira possível o conteúdo da informação.

As **informações textuais** podem ser armazenadas nos CADDs, PDIs e SGIs, embora devam ser processadas de forma completa nos SGBDs, que possuem recursos para manipulação dessas informações com grande versatilidade. Além disso, é possível codificá-las e enviá-las aos SGIs, CADDs e PDIs, para que possam ser integradas com outras informações.

As **informações numéricas** devem ser armazenadas nos SGBDs, porque estas podem servir como histórico de todo um projeto, e, através de formatos específicos, é possível transferi-las para CADDs, PDIs e SGIs. Informações de levantamentos geoquímicos e geofísicos podem ser armazenadas nos SGBDs em forma de tabelas e, com uma mudança de formato de arquivo, podem ser enviadas para PDIs ou SGIs em forma de imagens.

O processamento de imagens de satélite, radar, fotografias aéreas e imagens geradas a partir de levantamentos geofísicos e geoquímicos é feito através de programas de PDI, pois estes possuem funções específicas para trabalhar com **imagens**. Imagens podem também possam ser processadas nos SGIs visando sua integração com outros dados ou para o realce e extração de atributos espaciais ou espectrais.

A digitalização de informações **vetoriais** é feita em programas de CADD, pois estes possuem recursos para deixar o produto preciso, de fácil manutenção e com uma

boa qualidade final. No entanto a digitalização dessas informações também pode ser feito em SGIs e PDIs.

Os SGIs de maneira geral processam esses quatro tipos de informações, embora sua maior finalidade consista em integrá-las e não em fazer sua manutenção, ou seja, inserir, alterar e apagar dados. Cada vez mais os SGIs aumentam suas funções para possibilitar a manipulação dessas informações. Contudo, ainda não são programas especializados para tais tarefas. Atualmente, utilizam-se programas específicos para se trabalhar com cada tipo de dado, mas para qualquer entrada de dados é preciso ter sempre em mente que alguns deles serão posteriormente processados em SGIs. Consequentemente, ao se digitalizar uma informação deve-se analisar suas características visando sua forma de armazenamento, sua precisão e sua finalidade.

1.III - ENTRADA DE DADOS

O processo de digitalização tem como objetivo a transformação dos dados cartográficos analógicos para um meio digital. A digitalização de dados, em linhas gerais, pode ser realizada de quatro maneiras: **via teclado**, **mouse**, **escanerização** ou **mesa digitalizadora**. É difícil determinar qual a melhor maneira, pois uma que seja eficiente em uma determinada situação pode não o ser em outra. É necessário, portanto, levar em consideração a natureza do dado, o tempo gasto para a sua entrada em cada método, o custo, a precisão e a disponibilidade de equipamentos e/ou programas. Aronoff (1989) mostra algumas formas de entrada de dados, entre elas via teclado, digitalização através da mesa e escanerização, e faz uma comparação estas duas últimas. Já Faust (1987) e Ahac *et al.* (1993) descrevem algumas formas de digitalização automatizada de dados para serem processados em SGI.

Os processos de digitalização de mapas geram erros durante sua codificação. Esses erros devem ser muito bem controlados, principalmente se os produtos digitalizados forem utilizados posteriormente em outros programas. Existem duas fontes de erros que diminuem a precisão dos produtos gerados pelos processos de digitalização: erros inerentes e operacionais. Os erros presentes nas fontes originais são classificados como inerentes. Os erros operacionais são produzidos durante a entrada dos dados e manipulação digital nos programas.

Serão mostrados a seguir, de maneira geral, os quatro tipos de digitalização de dados.

1.III.1 - Digitalização Utilizando-se o Teclado

Todos os processos utilizam o teclado (Figura 1.1) para acionar comandos ou mesmo para digitalizar dados. Nos programas de CADD, sua utilidade está na entrada de dados como



Figura 1.1: Teclado.

pontos com coordenadas UTM E e N conhecidas e um atributo referente a essas coordenadas, por exemplo, um ponto de controle com descrição petrográfica, análise de solo ou sedimento de corrente, ou pontos utilizados em levantamento geofísico terrestre, ou mesmo símbolos e linhas/polilinhas com coordenadas ou distâncias e ângulos conhecidos. Essa etapa normalmente ocorre com um pequeno volume de dados, seja para atualização, correção ou inserção de novos tipos de dados.

É nos SGBDs que ocorre grande parte da entrada de dados através do teclado. Neste caso, este é a grande ferramenta para a manipulação (inserção, alteração e remoção) das informações de localização de pontos, descrições de afloramentos, geoquímicas, geofísicas e petrográficas.

1.III.2 - Digitalização Utilizando-se o *Mouse*

Existem vários modelos de *mouse* no mercado, embora todos tenham praticamente as mesmas funções, ou seja, acionar comandos ou digitalizar dados. De maneira geral, eles podem ser subdivididos

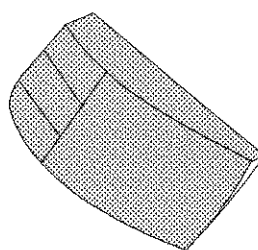


Figura 1.2: *Mouse* - Movimento com a Mão.

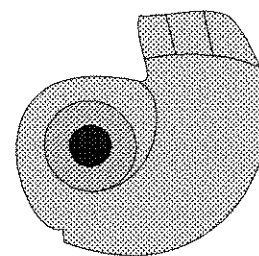


Figura 1.3: *Mouse* - Movimento com o Dedo.

em dois tipos: um com a bola rolante na parte inferior, que se movimenta quando o *mouse* é movido como um todo (Figura 1.2); o outro, um pouco mais caro, é conhecido como *trackball* e possui a bola rolante na parte de cima. Nesse caso o movimento é feito através do dedo polegar e não sobre a superfície da mesa (Figura 1.3). Ambos desempenham as mesmas funções e a escolha depende da adaptação de cada usuário. O *mouse* é uma ferramenta já conhecida pelos usuários por aumentar a produtividade das seções de trabalho.

O processo de edição de desenhos em programas de CADD, ou seja, incluindo, removendo e alterando as informações já digitalizadas, geralmente é realizado através do *mouse*.

1.III.3 - Digitalização Utilizando-se a Mesa Digitalizadora

A mesa digitalizadora (Figura 1.4) é uma ferramenta muito empregada para digitalização de dados, principalmente por programas de CADD e SGI. Através dela os dados são capturados e passados para o computador utilizando-se comandos dos respectivos programas. Ela possui, em sua base, uma malha eletrônica, pela qual o cursor e estes programas se orientam. Retas são transferidas do mapa para o arquivo digitalizando-se o primeiro e o último ponto. As curvas são transferidas passando-se vagarosamente o cursor sobre o mapa na mesa, assim o programa vai capturando os pontos necessários para construí-las digitalmente.

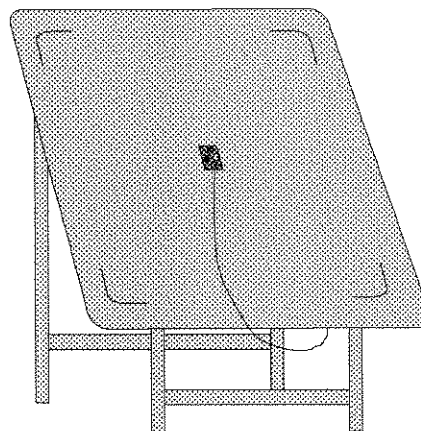


Figura 1.4: Mesa Digitalizadora.

Os principais dados são passados em formas de textos, símbolos e polilinhas. Os comandos utilizados nessa fase irão depender do tipo de entidade a ser digitalizada. Para um bom acompanhamento do erro gerado durante esse processo, o ideal é orientar o mapa na mesa e digitalizar as entidades que necessitam de maior precisão cartográfica em uma única sessão.

Para o controle do erro operacional envolvido no processo de inserção de dados através do comando de digitalização contínua de polilinhas via mesa, sugere-se a utilização da fórmula apresentada na Figura 1.5, como orientativa para a configuração do tamanho dos segmentos que irão compor as polilinhas. Esse valor corresponde a distância entre os pontos registrados de uma polilinha. Dessa forma, quando uma polilinha é digitalizada, os seus pontos são armazenados à medida que se percorre a distância designada através da fórmula.

Caso contrário, se o erro não for uma preocupação pode-se usar o comando de entrada manual da curva digitalizando-se os pontos necessários para construí-la à medida que se passa por ela, pressionando-se o botão do *mouse* da mesa para registrar cada ponto. Essa forma de digitalização de polilinhas pode gerar produtos insatisfatórios porque não há um controle preciso dos pontos digitalizados para compor as polilinhas.

$$\text{DISTÂNCIA} = \frac{\text{DENOMINADOR DA ESCALA} \times 0.508}{1000}$$

Figura 1.5: Distância a ser utilizada pelo comando de digitalização contínua de polilinhas via mesa.

Distância (Polegada)	Distância (Milímetro)	Milímetro X Denominador Escala [*] / 1000	Desvio Padrão da Área em %		Desvio Padrão do Perímetro em %	
			$\alpha=0.025$	$\alpha=0.20$	$\alpha=0.025$	$\alpha=0.20$
0.005	0.127	6.35	0.118	0.207	0.089	0.179
0.010	0.254	12.70	0.235	0.418	0.208	0.477
0.020	0.508	25.40	0.492	0.832	0.588	1.498
0.040	1.000	50.80	0.938	1.677	1.869	4.670

^{*} Exemplo de um valor para Escala 1:50.000.

Tabela 1.1: Testes de digitalização contínua de polilinhas via mesa, onde foram apurados os erros para várias precisões diferentes (Modificado de Keefer *et al.*, 1991).

Esse resultado foi obtido tomando-se como base o trabalho de Keefer *et al.* (1991), onde vários testes de digitalização foram feitos e seus erros apurados para precisões diferentes. O trabalho de Keefer *et al.* (1991) foi desenvolvido para desenhos sem escala e com as medidas calculadas em polegadas (coluna 1 da Tabela 1.1). Neste

trabalho, transformou-se os valores para milímetros (coluna 2) e multiplicou-se pelo denominador da escala do mapa que estava sendo digitalizado, dividindo-se por 1000 (coluna 3). Esse procedimento foi necessário porque o CADD trabalha com os valores em milímetros, sendo assim, 1 unidade de desenho no CADD (milímetro) corresponde a 1 metro no terreno.

Para avaliar praticamente esses resultados foi realizado um teste em um mapa com escala 1:50.000. Os valores de distância de 6.35 e 12.70 produziram segmentos muito próximos, onde pequenos desvios no cursor deixavam as linhas muito tremidas, além do que os arquivos digitais ficaram muito grandes. Já o valor de distância de 50.80 apresentou pequenas "arestas" nas polilinhas digitalizadas. Desta forma, foi escolhido o valor de distância de 25.40 metros, por produzir um erro provável relativamente pequeno - para medidas em áreas de 1.0 a 1.7 % e perímetro de 1.2 a 3 % - e por deixar os arquivos digitais operacionalmente viáveis.

Concluindo, então, com uma grande precisão (pequena distância entre os segmentos), os arquivos digitais ficam muito grandes e, com uma pequena precisão (grande distância entre os segmentos), o erro é muito grande e a curva digitalizada pode apresentar pequenas arestas.

Conseqüentemente, a Figura 1.5 apresenta uma fórmula para que, de acordo com a escala do mapa a ser digitalizado, a distância entre os segmentos possa ser calculada, e os dados possam ser registrados em coordenadas UTM, as quais são representadas em metros.

A Tabela 1.2 mostra alguns valores da distância ideal entre os segmentos para algumas escalas utilizadas em mapeamento geológico. Com base nos experimentos realizados recomenda-se o seu emprego de acordo com a escala, para captura de dados utilizados em trabalhos geológicos via mesa digitalizadora.

ESCALA	DISTÂNCIA
1:500	0.254
1:1.000	0.508
1:5.000	2.54
1:10.000	5.08
1:25.000	12.7
1:40.000	20.32
1:50.000	25.4
1:100.000	50.8
1:250.000	127

Tabela 1.2: Valores para distância entre os segmentos para algumas escalas utilizadas em mapeamento geológico.

1.III.4 - Digitalização Utilizando-se o *Scanner*

A forma mais fácil de digitalizar é através do uso de *scanners* (Figura 1.6). Esse processo é semelhante ao de uma máquina de fotocópia, porém, o resultado, em vez de ser representado em papel, fica registrado em um arquivo digital. Tal produto apresenta baixo custo e uma grande otimização do tempo na passagem de dados para o computador. Porém esse método, por si só, não permite uma posterior mudança nas entidades que compõem o desenho, ou seja, textos, polilinhas, símbolos e outros. Carolino (1992) mostra alguns exemplos de *scanners* para trabalhos com mapas pequenos em ambiente PC.

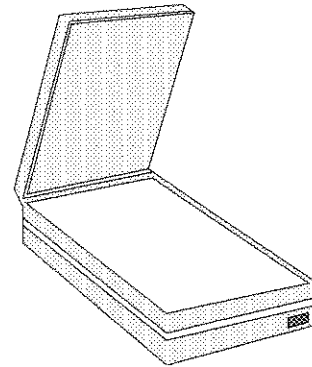


Figura 1.6: *Scanner* de mesa.

Dados contidos em tabelas alfanuméricas, que não estejam em formato digital, podem ser transferidos para o computador digitando-se as informações na forma tradicional através do teclado ou escanerizando-se os dados e depois, com o uso de um programa de Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR), transformá-los em formato de texto digital (Figura 1.7). Simões *et al.* (1993b) mostram como podem

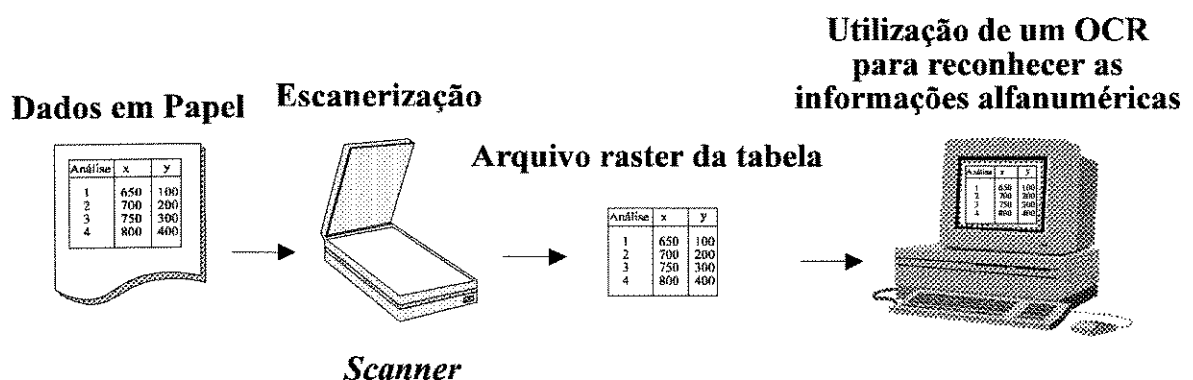


Figura 1.7: Digitalização de dados alfanuméricos contidos em papel através de escanerização e OCR. informações alfanuméricas ser digitalizadas e reconhecidas. Enquanto Bonham-Carter *et al.* (1985) descrevem um exemplo para digitalização de mapas geológicos

utilizando-se *scanners*. Já Bregt *et al.* (1991) propõem uma forma para determinar o erro envolvido no processo de escanerização.

Os produtos escanerizados podem ser utilizados em programas de CADD, PDI, SGBD e SGI, porém são processados como imagens, ou seja, os atributos que compõem o desenho não podem ser manipulados como entidades.

Uma técnica que vem ganhando usuários nos dias atuais consiste na vetorização de mapas escanerizados (Graça, 1990). Tal processo reconhece as entidades do desenho e possibilita sua posterior edição (Figura 1.8). Esses dados vetorizados podem ser enviados diretamente para programas de CADD, PDI e SGI. Existem vários programas que vetorizam dados em formato raster, embora poucos possibilitem a individualização de entidades no desenho através do processo de vetorização.

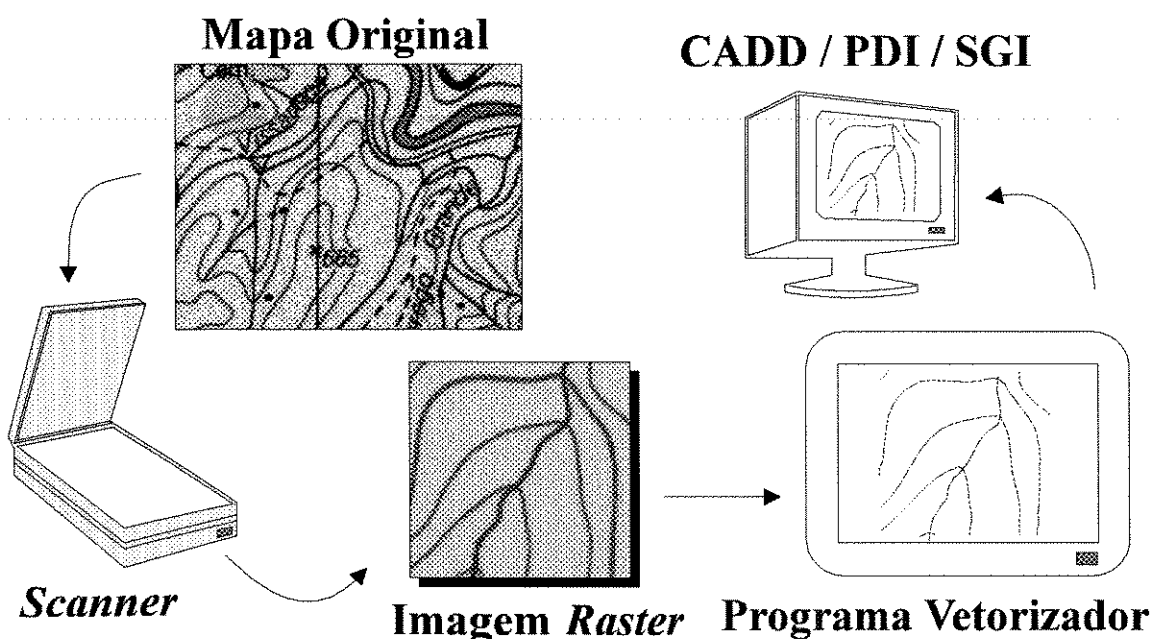


Figura 1.8: Exemplo do fluxo do processo para vetorização de mapas escanerizados.

Os programas vetorizadores mais simples fazem a transformação das linhas contidas nas imagens em vetores, que podem ser manipulados pelos CADDs e SGIs, embora não permitam uma individualização das entidades. Essa individualização consiste na caracterização de cada entidade que compõe o desenho. A falta disso faz com que, por exemplo, uma curva de nível não possa ter seu atributo cota definido, pois pode estar conectada a uma drenagem ou estrada. Da mesma forma, um texto ou

símbolo no desenho não será interpretado pelo CADD ou SGI como sendo uma entidade de tal natureza, pois só será entendido como traços. Para que o usuário possa individualizar cada uma dessas entidades é necessário um grande tempo de edição do desenho, além de ser necessária a retificação da imagem escaneizada ou dos vetores para as coordenadas reais do mapa. Caso este processo já esteja otimizado em determinadas etapas de um projeto, o tempo ganho através dessa técnica pode ser valioso.

Para facilitar o processo de edição necessário após a vetorização do mapa escaneizado, alguns programas de vetorização semi-automática possibilitam uma interface interativa com o usuário. Por exemplo, na vetorização de uma curva de nível, ao ocorrer uma interseção com uma drenagem, o operador seleciona qual linha o programa deve seguir, fazendo com que as entidades estejam individualizadas ao final da seção de trabalho (Figura 1.9).

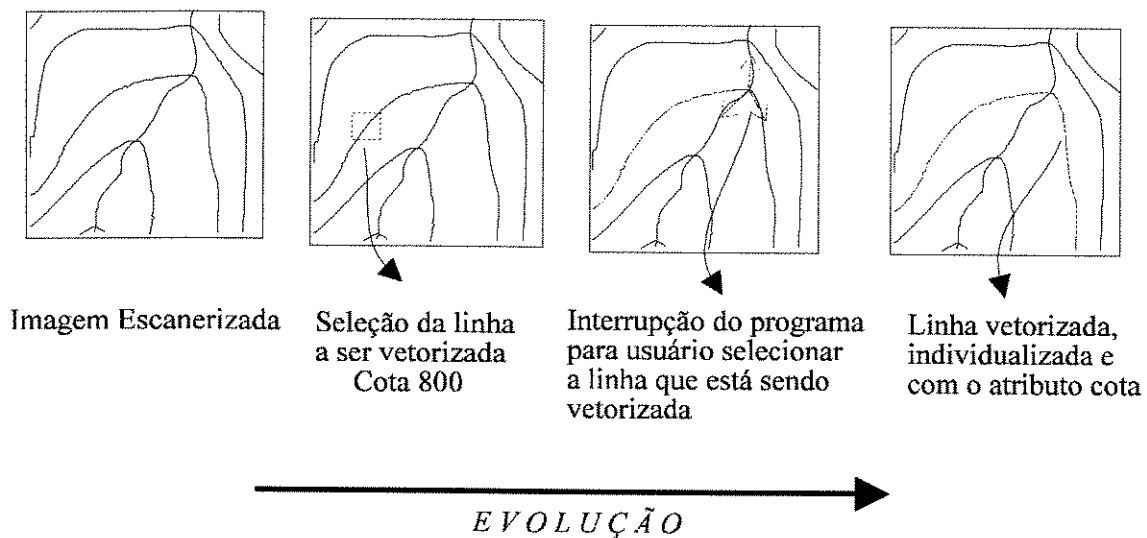


Figura 1.9: Vetorização semi-automática com interação do operador durante o processo.

A maior parte dos programas de vetorização processa a imagem raster, sem levar em consideração o atributo cor. Por isso, exaustiva etapa de edição é necessária para que sejam fornecidas informações sobre o atributo da polilinha que está sendo vetorizada. Guimarães Filho *et al.* (1993) mostram uma técnica para facilitar o processo de vetorização com reconhecimento automático das entidades a serem vetorizadas, em mapas escaneizados coloridos, utilizando-se classificação

supervisionada antes de se efetuar a vetorização. A técnica gera arquivos das informações contidas nos mapas separados por cor. Neste caso, as curvas de nível são classificadas pela cor marrom e colocadas em um único arquivo, o mesmo acontecendo com a drenagem. Como cada tipo de entidade é colocada em um arquivo separado, o processo de vetorização será simples e sem interseções de atributos diferentes. O mesmo pode ser feito com estradas (vermelho), vegetação (verde), texto (preto) ou qualquer outra informação que possa ser classificada pela cor (Figura 1.10).

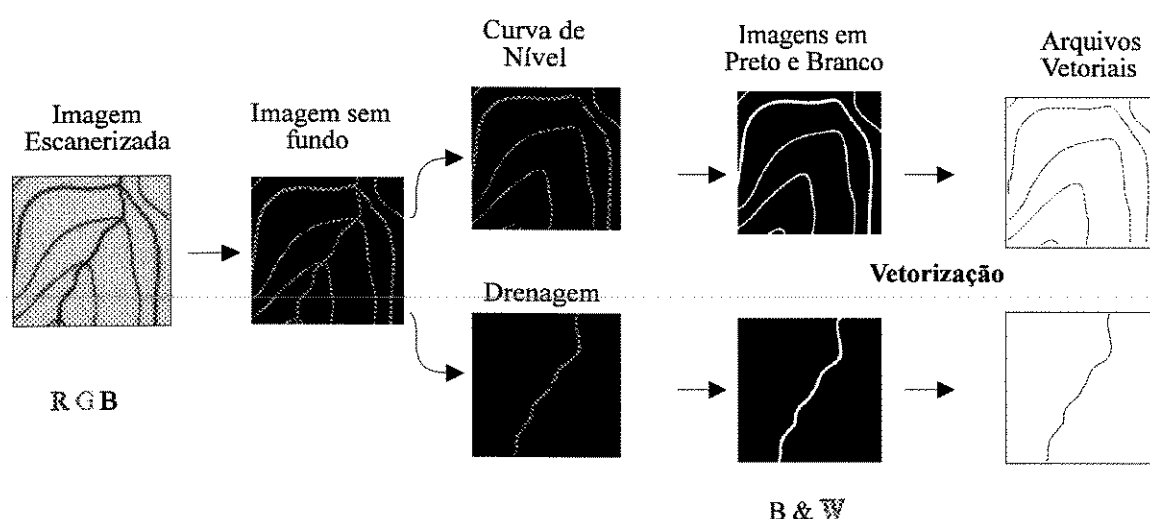


Figura 1.10: Vetorização com reconhecimento automático das entidades a serem vetorizadas, em mapas escaneizados coloridos, utilizando classificação supervisionada antes de efetuar a vetorização.

Programas de vetorização mais modernos levam em consideração o atributo cor, facilitando substancialmente o processo de vetorização e edição de mapas digitalizados através de escanerização. Isto provoca uma grande mudança nos procedimentos de entrada de dados de mapas coloridos.

Com a evolução dos *scanners* e dos programas vetorizadores, essa forma de entrada de dados tende a ser cada vez mais utilizada, fazendo com que os erros operacionais gerados e o tempo despendido sejam cada vez menores. Além disso, os próprios programas de SGI tendem a incluir internamente essas funções de vetorização, o que deverá torná-la mais popular.

1.IV - INTERCÂMBIO E COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS PROGRAMAS

A avaliação de uma região para exploração mineral requer a utilização de dados que podem estar armazenados em vários programas. Portanto o processo de intercâmbio desses dados, através de modelos adequados, é fundamental para que o geólogo possa definir, por exemplo, onde locar o furo de sondagem, pesquisar novos alvos e, principalmente, determinar se a área deve ou não ser descartada do ponto de vista exploratório, de acordo com o seu potencial mineral. Logan & Bryant (1987) mostram um exemplo para integração espacial de informações através do intercâmbio de dados contidos nos programas de CADD com SGI e PDI.

O simples processo de digitalização dos dados não é suficiente para que estes possam ser integrados digitalmente, ou seja, o fato de os dados estarem em um meio digital não significa que eles possam necessariamente ser modelados em um SGI (Figura 1.11), é preciso que eles estejam compatíveis. Portanto, é fundamental que sejam seguidas metodologias de digitalização para que estes dados fiquem em formatos, senão compatíveis, pelo menos de fácil compatibilização.

Para um desempenho ideal desses programas, um dos objetivos a serem alcançados é o de deixar os dados em formatos que possam ser utilizados e/ou intercambiados entre todos eles. Câmara *et al.* (1993) fazem uma comparação entre alguns programas de PDI, CADD e SGI e apresentam um modelo de SGI com

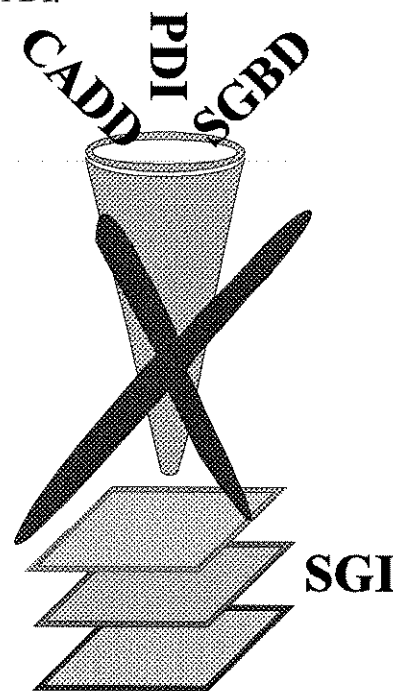


Figura 1.11: Para processar informações, oriundas de outros programas, em SGI, não basta que essas estejam em formato digital, mas sim compatíveis ou de fácil compatibilização.

características de PDI e CADD e que pode ser ligado a um SGBD. Conseqüentemente, os processos de intercâmbio entre esses programas seria praticamente transparente ao usuário.

A conveniência da transformação dos dados de formato analógico para digital, em programas de CADD, não se explica apenas pela facilidade do processamento computadorizado para substituir processos manuais e demorados de criação e manutenção dos desenhos. Os dados em formato digital podem e devem ser utilizados por diversos usuários, para diferentes finalidades. Para finalidades diferentes daquelas onde o desenho foi digitalizado, normalmente é necessário que se faça uma transformação de formatos para deixá-lo compatível com outros aplicativos. Aronoff (1989) e Brandalize (1993) apresentam vários formatos de arquivos gráficos digitais utilizados em processamento geo-referenciado e Kay & Levine (1992) descrevem detalhadamente os formatos mais populares. Já Dozier (1993) trata de alguns problemas para intercambiar dados e Miller (1993) e Desposito (1993) demonstram como podem os dados ser utilizados por vários programas em ambiente *windows* PC.

Os programas de CADD, PDI e SGI normalmente trabalham em um formato característico e importam e exportam dados em vários formatos. Portanto, ao se optar por um desses programas, o usuário deve verificar se o aplicativo possui as características necessárias para a realização do trabalho, além de observar se possui também formatos de intercâmbio com outros que já estão sendo utilizados. Caso os programas não possuam um formato em comum, a solução é desenvolver um programa de conversão de formatos.

Com a consagração de alguns formatos digitais, os programas de SGBD, CADD, PDI e SGI estão cada vez mais inteligentes para processar outros que não aqueles originalmente utilizados. Tecnologias como as de DDE (*Dynamic Data Exchange*) e DLL (*Dynamic Link Libraries*) vêm proporcionando uma diminuição drástica no tempo gasto para intercambiar informações entre aplicativos. O conceito básico dessas tecnologias consiste em deixar os formatos dos arquivos de conhecimento público. Desta forma, um PDI ou SGI pode editar um arquivo criado por um CADD e vice-

versa. Este recurso é tão importante para o usuário que a manutenção feita em uma base no CADD atualizará automaticamente a mesma base no PDI ou SGI, porque ambos utilizam o mesmo arquivo digital (Figura 1.12).

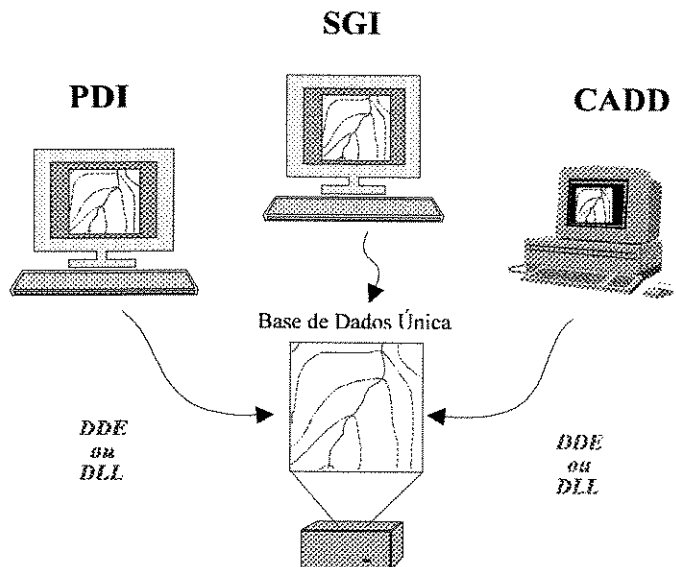


Figura 1.12: Exemplo de acesso a uma mesma base de dados por programas de CADD, PDI e SGI.

O exemplo da Figura 1.12 poderia representar também uma imagem que estivesse em um ambiente de PDI e tivesse que ser processada por um SGI. Como, normalmente, imagens ocupam grandes espaços de memória, as técnicas de *DDE* e *DLL* são quase indispensáveis nessas situações.

A utilização de informações contidas nos SGBD através de programas de CADD, PDI e SGI pode constituir um exemplo semelhante ao anterior, onde informações pontuais de valores de análises químicas, geofísicas, petrográficas e estruturais podem ser acessadas por esses programas, tendo em comum uma única base geo-referenciada.

A digitalização das bases cartográficas envolvem custos elevadíssimos e demanda muito tempo. Constatase que diversas instituições têm buscado criar suas próprias bases, fazendo com que haja uma multiplicação das mesmas, provocando uma pulverização de recursos, agravada pela ausência de padronização nacional. Mais uma vez, anda-se na contra mão das iniciativas internacionais. Espera-se que os órgãos responsáveis pela cartografia oficial do país distribuam estas bases já em formato digital, que podem ser geradas através da restituição digitalizada para novas bases ou escanerização e vetorização das bases existentes, considerando-se que esses mapas encontram-se separados por classes, devido ao processo de impressão ser colorido, facilitando-se o processo de vetorização. Desta forma, criar-se-ia uma alternativa

viável para que os usuários em todo o Brasil tivessem acesso a bases cartográficas digitais, reduzindo custos e tempo.

A utilização racional dos programas de CADD, PDI e SGI tem por objetivo tornar a busca de informações, por parte dos geólogos e outros usuários, de forma rápida, segura e integrada. O acesso eficaz aos dados contidos em todos esses programas é a forma de se obter respostas confiáveis e ricas em informações. Portanto, é de suma importância que as estruturas de dados de todos os aplicativos sejam compatíveis, para que eles possam intercambiar informações livremente (Figura 1.13).

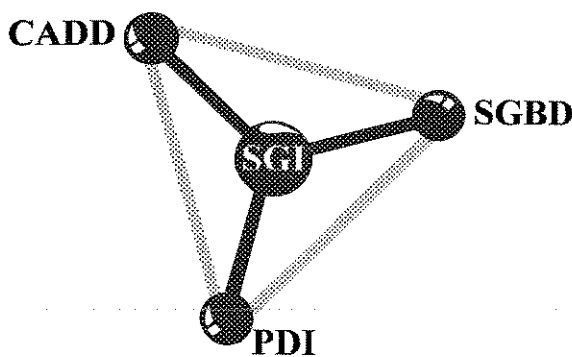


Figura 1.13: Intercâmbio de dados através de estruturas compatíveis entre os aplicativos.

Com o uso crescente do processamento geo-referenciado é importante que os geólogos tenham em mente que as estruturas dos dados, ou seja, a maneira como eles são armazenados, é essencial para um bom desempenho em exploração mineral. Nos dias de hoje, onde a quantidade de dados digitalizados é muito grande, tornam-se

fundamentais a normatização e a padronização, para que esses dados possam ser utilizados por vários programas com a qualidade e a precisão dentro dos padrões (limites) de cada aplicação.

Acredita-se que à medida que os SGIs evoluírem, as funções necessárias em exploração mineral atualmente executadas por programas de CADD, PDI e SGBD irão sendo incorporadas (Figura 1.14). Portanto, a compatibilização dos dados passará a ser automática, restando para o geólogo o trabalho de normatização e codificação.

A utilização de dados de diversas naturezas em exploração mineral, só será efetiva, se cada programa funcionar como uma engrenagem. Assim, todos eles contribuem com informações que serão integradas pelo SGI de maneira eficaz. Desta forma, será necessário realimentar os programas com novas informações, até que os

resultados alcançados sejam suficientes para auxiliar os geólogos nas tomadas de decisão (Figura 1.15).

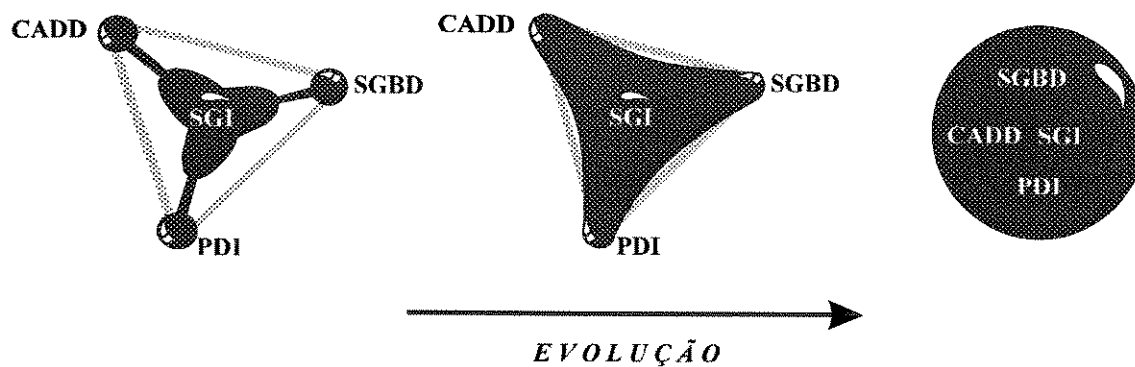


Figura 1.14: Evolução dos SGI englobando as funções atualmente desempenhadas pelos programas de CADD, SGBD e PDI.

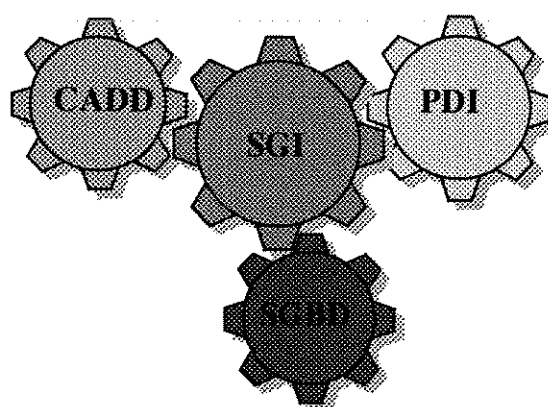


Figura 1.15: Esquema de trabalho integrado entre programas de SGBD, PDI, CADD e SGI.

1.V - DADOS, PROGRAMAS E EQUIPAMENTOS DISPONÍVEIS PARA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS QUE SERÃO APRESENTADAS NOS CAPÍTULOS SUBSEQUENTES

A disponibilidade de bons dados, programas e equipamentos para utilização de processamento geo-referenciado é indispensável para se chegar a produtos de boa qualidade. A seguir serão apresentados os dados, programas e equipamentos disponíveis para este trabalho e que foram utilizados para o desenvolvimento das metodologias mencionadas nos objetivos e apresentadas nos capítulos subsequentes.

1.V.1 - Dados Disponíveis

Os dados utilizados são da região de Montezuma, norte de Minas Gerais. As principais informações disponíveis utilizadas foram:

- Base cartográfica em escala 1:100.000 elaborada pelo IBGE em 1976
Folha Monte Azul - SD-23-Z-D-II.
- Mapa geológico preliminar regional em escala 1:100.000 elaborado por Penha & Fonseca (1993) - COMIG.
- Cadernetas do levantamento geológico em escala 1:50.000 elaboradas por Penha & Fonseca (1993) - COMIG.
- Levantamento geoquímico escala regional 1:100.000 executado por Christophe da Silva (1987).
- Imagem do satélite *Landsat* TM quadrante D da órbita 218, ponto 070 (218.70d) de 3 de setembro de 1987 processada por Franca (1993).
- Fotografia aérea vôo INCRA/LASA, número 329 de 1985 escaneizada por Chula *et al.* (1993).

1.V.2 - Programas Disponíveis

Os programas de computador disponíveis utilizados foram:

Para plataformas PC:

- D.O.S. versão 5.0 de 1991 - *Copyright Microsoft*
Manual: *MS DOS 5.0 User's Guide & Reference*
- Windows versão 3.1 de 1992 - *Copyright Microsoft*
Manual: *Microsoft Windows 3.1 User's Guide for the Windows Graphical Environment, MS DOS Operating System*
- WORD para Windows versão 2.0 de 1991 - *Copyright Microsoft*
Manual: *Microsoft Word for Windows - User's Guide*
- FoxPro para D.O.S. versão 2.0 de 1991 - *Copyright Fox Software*
Manual: *FoxPro Developer's Guide*
- AutoCAD para D.O.S. versão 12.0 de 1992 - *Copyright Autodesk*
Manual: *AutoCAD Reference Manual*
- CorelDraw para Windows versão 3.0 de 1992 - *Copyright Corel Corporation*
Manual: *CorelDraw User's Manual - Version 3.0*
- DeskScan para Windows versão II de 1992-*Copyright Hewlett-Packard*
Manual: *Using the HP ScanJet IIc Scanner with Microsoft Windows*

Para plataformas SPARC:

- SunOS versão 4.1.1 de 1990 - *Copyright Sun Microsystems*
Manual : *SunOS Reference Manual*
- OpenWindows versão 2.0 de 1990 - *Copyright Sun Microsystems*
Manual : *OpenWindows Version 2 User's Guide*

- ER Mapper versão 3.2 de 1991 - *Copyright Earth Resource Mapping Pty*
Manual : *ER Mapper Reference*
- GRASS (*Geographic Resource Analysis Support System*) versão 4.0 de 1991? - *Copyright U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory*
Manual: *Grass Reference Manual - "On Line Manual"*

1.V.3 - Equipamentos Disponíveis

Os equipamentos disponíveis utilizados foram:

Para plataformas PC:

- ***Utilização do AutoCAD***
 - √ 486 DX2 - 50MHz - 8 Mbytes RAM - *Mouse*
 - √ 1 disco flexível 3 1/2" de 1.4 Mbytes
 - √ 1 disco flexível 5 1/4" de 1.2 Mbytes
 - √ Disco rígido 202 Mbytes
 - √ Portas: 2 Seriais - 1 Paralela
 - √ Vídeo Super VGA Colorido CrystalScan 14" - Placa 1 Mbyte
 - √ Placa de Rede Ethernet e programa PCNFS
 - √ Mesa digitalizadora Calcomp tamanho A0 - *Mouse* de 16 botões
 - √ *Plotter* HP DraftMaster SX/RX tamanho A0
 - √ Impressora HP PaintJet XL tamanho A3
- ***Utilização do SGBD GEOMIG***
 - √ 486 DX2 - 50MHz - 8 Mbytes RAM - *Mouse*
 - √ 1 disco flexível 3 1/2" de 1.4 Mbytes

- √ 1 disco flexível 5 1/4" de 1.2 Mbytes
- √ Disco rígido 200 Mbytes
- √ Portas: 2 Seriais - 1 Paralela
- √ Vídeo Super VGA Colorido CrystalScan 14" - Placa 1 Mbyte
- √ Impressora Emilia PC - 132 colunas

- **Utilização do Corel Draw e Word**
 - √ 486 DX - 33 MHz - 4 Mbytes RAM - *Mouse*
 - √ 1 disco flexível 3 1/2" de 1.4 Mbytes
 - √ 1 disco flexível 5 1/4" de 1.2 Mbytes
 - √ Disco rígido 200 Mbytes
 - √ Portas: 2 Seriais - 1 Paralela
 - √ Vídeo Super VGA Colorido CrystalScan 14" - Placa 1 Mbyte
 - √ Placa de Rede Ethernet e programa PCNFS
 - √ *Scanner* HP ScanJet IIc tamanho Legal
 - √ 386 DX - 33 MHz - 4 Mbytes RAM - *Mouse*
 - √ 1 disco flexível 3 1/2" de 1.4 Mbytes
 - √ 1 disco flexível 5 1/4" de 1.2 Mbytes
 - √ Disco rígido 120 Mbytes
 - √ Portas: 2 Seriais - 1 Paralela
 - √ Vídeo Super VGA Colorido 14" - Placa 1 Mbyte

Para plataformas SPARC:

- **Utilização do ER Mapper**
 - √ SPARCstation IPX - 40 MHz - 32 Mbytes RAM - *Mouse*
 - √ Acelerador gráfico GX
 - √ 1 disco flexível 3 1/2" de 1.4 Mbytes
 - √ Disco rígido 207 Mbytes

- √ Disco rígido 1.3 Gbytes
- √ Portas: 1 Ethernet - 2 Seriais - 1 SCSI - 1 Audio
- √ 1 Vídeo 16" colorido
- √ 1 Vídeo 19" colorido
- √ 1 Unidade de fita *Streamer* 1/4"
- √ 1 CD-ROM
- **Utilização do GRASS**
 - √ SPARCstation IPC - 25 MHz - 16 Mbytes RAM - *Mouse*
 - √ 1 disco flexível 3 1/2" de 1.4 Mbytes
 - √ Disco rígido 207 Mbytes
 - √ Portas: 1 *Ethernet* - 2 Seriais - 1 SCSI - 1 Audio
 - √ 1 Vídeo 16" colorido
 - √ Impressora SparcPrinter 400 DPI

CAPÍTULO 2

DIGITALIZAÇÃO DE DADOS UTILIZADOS EM EXPLORAÇÃO MINERAL ATRAVÉS DE PROGRAMAS DE CADD

A natureza diversa dos dados utilizados em exploração mineral obriga o geólogo a lançar mão de programas especializados em cada tipo de dado. Neste capítulo serão enfatizados os dados em formato gráfico, ou seja, mapas cartográficos e geológicos, embora os procedimentos descritos sirvam para quaisquer mapas temáticos. Serão discutidas considerações como: equipamento utilizado para edição, fontes dos dados, escalas dos dados, controle do erro operacional, otimização dos níveis de informação no CADD, escolha das hachuras, geração de uma biblioteca de símbolos, formas de impressão dos dados, utilização de dados digitalizados em outros desenhos e a personalização de programas de CADD para otimização da digitalização. Também serão descritas detalhadamente as etapas necessárias para a digitalização desses mapas com programas de CADD e mesa digitalizadora com a apresentação de uma proposta metodológica para captura de dados através da mesa.

O Anexo 1 mostra uma proposta metodológica com a descrição dos passos operacionais para digitalização de mapas através da mesa digitalizadora e do programa de CADD AutoCAD 12, enquanto nesse capítulo será abordado somente o aspecto metodológico.

A digitalização de mapas em programas de CADD possibilita a sua manipulação em formato digital, facilitando os respectivos processos de manutenção, pesquisa e armazenamento. Os CADDs também podem ser utilizados como uma primeira etapa para a transferência de informações para os SGIs. Porém, é fundamental que se faça um estudo preliminar dessa transferência para tornar esse processo mais simples. Nos casos onde o fabricante do CADD é o mesmo que o do SGI esse processo é quase transparente ao usuário. No entanto, quando isso não ocorre, é necessário otimizar esse processo. Além disso, alguns SGIs possuem funções próprias de digitalização de

mapas e caso esta seja feita diretamente através dessas funções, o processo de conversão é desnecessário.

As plataformas que rodam SGI normalmente são mais robustas e caras em relação às que rodam programas de CADD. Assim, visando uma melhor relação custo/benefício, nos casos onde a entrada de dados é volumosa, é comum utilizar-se um CADD para digitalizar e fazer a manutenção das entidades que constituem o desenho, e depois transferi-las para os SGIs.

Para gerar produtos através de programas de CADD com boa precisão e qualidade e de forma que estes possam intercambiar informações com outros programas é necessário seguir procedimentos específicos durante a confecção dos mapas, que serão abordados a seguir.

Na rotina de digitalização de mapas, é fundamental que símbolos, padrões e normas sejam adotados e utilizados para todos os mapas, diminuindo a duplicidade de tarefas e aumentando a produtividade.

2.1 - OBJETIVO DA DIGITALIZAÇÃO

Inicialmente é importante estabelecer o objetivo da digitalização e determinar o grau de precisão que o produto final deve alcançar. O objetivo da digitalização consiste em definir *por quê* os dados serão digitalizados e, a partir daí, *para quê* servirão: se para visualização no computador, substituição de uma mapoteca analógica, se para facilitar os processos de manutenção e/ou para intercâmbio de dados com outros programas.

Propõe-se aqui que o uso de CADD não seja visto apenas como um auxílio ao desenhista, mas principalmente como uma poderosa ferramenta de entrada de dados para suprir e ser suprido por programas mais especializados. Dentre estes, pode-se mencionar:

- Sistemas Geo-referenciados de Informação (SGI);
- Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD);

- Sistemas de Modelos Digitais de Terreno (SDTM);
- Processamento Digital de Imagens (PDI);
- Programas de Geração de Mapas de Isovalores;
- Programas de Análise Estrutural;
- Pacotes Estatísticos, Geoquímicos, Geofísicos.

Uma vez capturados pelo CADD a partir de mapas analógicos, os dados tornam-se disponíveis para o intercâmbio entre os sistemas acima mencionados, desde que estejam em formatos se não compatíveis, pelo menos quase compatíveis com esses programas. Assim o processo de digitalização deve ser executado com critério e, principalmente, com organização e estabelecimento de normas.

A primeira noção importante é a de que, normalmente, o CADD enviará polilinhas, símbolos e/ou pontos com sua localização espacial e atributos para os programas mais especializados, como SGIs. Portanto, por mais estético que o mapa esteja no CADD, com seus símbolos, cores e hachuras, os programas especializados somente necessitarão das informações referentes a polilinhas de drenagens, curvas de nível, estradas, limites territoriais, limites de classes, contatos e falhas geológicas, símbolos ou pontos com sua localização e atributo. Os atributos que tais polilinhas possuem, tais como cotas, contatos litoestratigráficos e falhas, serão muito valiosos nos programas especializados, porém eles serão quantificados, não somente de forma visual como com traços diferentes ou cores, mas necessariamente como pertencendo a categorias diferentes.

2.II - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Antes de abordar os procedimentos práticos envolvidos na digitalização, serão comentados alguns itens relevantes para que o processo seja realizado de uma forma padronizada e otimizada. Esses itens se referem aos equipamentos utilizados para

edição, à fonte dos dados, à escala dos dados, à otimização dos níveis, à escolha das hachuras, à impressão dos dados e finalmente à personalização do CADD.

2.II.1 - Dimensionamento do Equipamento Utilizado para Edição

O equipamento utilizado na digitalização, abrangendo computador, vídeo e memória, deve ser dimensionado de acordo com o tamanho do trabalho. Dependendo do tamanho e densidade de informações contidas em alguns mapas, pode-se gerar grandes arquivos digitais, fazendo com que a ampliação de uma região e a frequente regeneração dos desenhos consumam demasiado tempo. Em algumas situações, os mapas devem ser subdivididos. Portanto, deve-se fazer uma análise prévia dos dados para otimizar o desempenho da digitalização.

As versões mais recentes dos programas de CADD permitem trabalhar com memórias expandidas e estendidas de forma versátil. Na maioria das situações, a melhor solução é trabalhar com o máximo possível de memória *RAM*, para que os desenhos possam ser processados em memória e não em disco. De maneira geral, o ideal é ter uma memória disponível que corresponda a pelo menos 4 vezes o tamanho do arquivo com que se esteja trabalhando. Por exemplo: se o arquivo em questão possui 2 *MBytes* de tamanho, são necessários 8 *MBytes* de memória *RAM* disponíveis. Na aquisição de uma estação gráfica é importante que não se economize em memória *RAM*; primeiro, porque não é um produto que não se desgasta e segundo porque o tempo ganho nos processos rotineiros de digitalização diminui significativamente a relação custo/benefício.

As placas de vídeo devem ser consideradas no processo de edição. Aceleradores de placas gráficas, ou placas que já contenham os aceleradores embutidos, auxiliam muito a performance durante esse processo. As dimensões do monitor devem também ser consideradas, dando-se preferência aos de 19", por permitirem uma melhor visualização, tanto das informações quanto dos erros.

Finalmente, os programas de CADD utilizam muitos cálculos matemáticos, tornando indispensável o uso de co-processadores matemáticos. Os simuladores em *software* de co-processadores em PCs podem ser utilizados, embora seu desempenho em relação aos co-processadores físicos deixem muito a desejar, devendo ser vistos como soluções improvisadas. Por outro lado, há diferenças de performance entre os simuladores em *software*, sendo recomendada uma análise prévia entre os disponíveis.

2.II.2 - Fontes dos Dados

Nas situações em que as informações provêm de fontes diferentes, deve-se tomar cuidado ao inseri-las em um mesmo arquivo no CADD. Tal fato justifica-se pelas diferenças nas bases cartográficas em que cada informação está contida. Esse processo é muito comum quando se tem informações contidas em imagens de satélite, imagens de radar, fotografias aéreas em escalas diversas, bases cartográficas e mapas geológicos, e se deseja uní-las em um mesmo arquivo no CADD. As distorções são inerentes a cada fonte e divergem entre si. Nesses casos, deve-se selecionar uma delas como sendo a "*correta*", elegendo-a como a base, e nela inserir as informações das outras fontes, fazendo as correções necessárias através de processos matemáticos.

Quando as distorções entre as fontes são pequenas, como mapas adjacentes, basta fazer uma reorientação¹ na troca dos mapas, e continuar o processo de digitalização normalmente. Caso contrário, como acontece com fotografias aéreas, imagens de satélite e radar, é necessário que se faça uma retificação (vide item 1.II.2), através de uma regressão polinomial, em todas as coordenadas das fontes, em relação à base. Essa regressão consiste em usar pontos em comum entre a base e a outra fonte e, a partir desses, criar um polinômio de regressão. Esses pontos são denominados pontos de controle no terreno (GCPs). Uma vez gerado o polinômio, todas as coordenadas da fonte distorcida devem ser processadas para ajustá-las à base. Alguns

¹ Entende-se por orientação o processo de relação entre o mapa, a mesa digitalizadora e o CAD. Detalhes sobre esse procedimento podem ser obtidos nos manuais dos programas de CAD.

CADDs mais modernos fazem esse processo de retificação durante a digitalização, através da orientação do mapa na mesa digitalizadora com vários pontos.

Em aplicações onde é necessária uma grande precisão cartográfica, geralmente é preciso que se faça trabalhos em campo para coletar as coordenadas comuns às duas fontes de forma precisa, seja através de GPS (*Global Position System*) ou de topografia convencional. Por outro lado, dependendo da escala de trabalho em algumas aplicações na área de geologia, agronomia, biologia, entre outras, que não requerem alta precisão, é possível utilizar somente processos laboratoriais para retificar as duas fontes com escalas e distorções diferentes.

ASPRS (1990) propõe padrões de precisão para mapas topográficos de escala grande. As proposições que se seguem correspondem a analogias, tomando-se como base o artigo acima citado. Os pontos de amarração entre as duas fontes devem ser escolhidos de forma aleatória, porém bem distribuídos, devendo-se incluir pontos localizados nas bordas e, dependendo da aplicação, distribuindo-se pontos com maior densidade nas vizinhanças das estruturas mais importantes. Cada quadrante deve conter, no mínimo, 20 % dos pontos e o espaçamento entre eles deve ser de pelo menos 10 % da diagonal do mapa. É recomendável que se tomem pontos notáveis, tais como encontro de drenagens, bifurcações de estradas e outros marcos naturais, com a localização mais precisa possível. Pelo menos 20 pontos de amarração devem ser escolhidos. Os erros envolvidos nesse processo devem ser quantificados, excluindo-se aqueles de valores mais elevados. O erro aceitável varia de escala para escala e de acordo com a aplicação. ASPRS (1990) apresenta valores requeridos de precisão para escalas diferentes. O erro quantificado envolvido nesse processo e as fontes de cada informação devem ser mencionados no mapa gerado.

Salienta-se a importância do planejamento da digitalização de mapas pois, se diversos desenhos necessitam ser articulados, os cantos dos mesmos devem ser digitados de forma numérica com a maior precisão possível, para permitir os respectivos ajustes, sem distorção ou diferença nos contatos dos mapas. No caso do AutoCAD, nunca devem ser utilizadas coordenadas de tela para recortar um mapa. É

necessário digitar as coordenadas de corte, do contrário os pontos serão capturados de um conjunto de pontos de coordenadas de tela para se referir às coordenadas verdadeiras do arquivo, jamais obtendo coordenadas reais do desenho. Sempre devem ser utilizadas as opções de proximidade para executar os comandos de corte de mapas.

É importante também dimensionar o tamanho da mesa digitalizadora, caso a precisão do trabalho seja crucial. Existe uma diferença entre o tamanho do desenho que o operador informa ao CADD e o tamanho que é inserido pela mesa digitalizadora. Toda vez que se orienta o mapa na mesa, o CADD faz uma regressão tentando ajustar os dados da mesa aos do desenho. Esse processo é diferente a cada vez que se faz essa orientação, porque dificilmente se consegue escolher exatamente o mesmo ponto na mesa. Desta forma, é quase impossível o CADD chegar às mesmas coordenadas na regressão. O erro envolvido nesse processo é fácil de ser quantificado e difícil de ser corrigido. Quanto mais o mapa for reorientado na mesa, maior será esse erro. Os detalhes acima mencionados servem tanto para desenhos que serão digitalizados em partes, por não caberem de uma só vez na mesa, quanto para desenhos que são digitalizados em várias sessões. Recomenda-se que o processo de digitalização das informações mais precisas, como pontos de controle, curvas de nível, contatos geológicos, estradas e drenagens seja executado em uma única sessão.

O tipo de papel do mapa também deve ser levado em consideração. As distorções envolvidas nos processos de fotocópias e cópias heliográficas acarretam um erro muito grande para o mapa digitalizado. Conforme já mencionado, quando ocorrer o processo de regressão dos dados da mesa para o CADD haverá uma distorção devido ao processo de reprodução. Recomenda-se realizar a digitalização a partir do original em papel vegetal ou *polyester* sempre que possível. Nesse processo, deve-se também considerar as distorções do papel devido à umidade.

As mesas digitalizadoras possuem precisões diferentes. Os dados de precisão encontram-se nos manuais que as acompanham e a marca/modelo a serem utilizadas devem ser selecionadas de acordo. Como regra geral, as mesas menores possuem precisão menor. Mesmo a mesa tendo uma boa precisão, pode haver em alguns casos

uma chave para configurar uma maior ou menor precisão, sendo sempre recomendável fazer uma conferência.

2.II.3 - Escalas dos Dados

Quando se trabalha com dados em escalas diferentes, o CADD não aumenta a precisão nos processos de aumento de escalas. É preciso considerar que os dados terão sempre a precisão de suas bases originais.

Ao se criar um desenho e fornecer seus limites, o CADD ainda não tem estabelecida qual a escala de trabalho. Isso ocorre quando o mapa é orientado na mesa digitalizadora. É exatamente nesse momento que se fornece ao programa qual é a escala do desenho, pois o mesmo calculará a quantos centímetros ou milímetros corresponde o intervalo das coordenadas UTM dos cantos do mapa. Também é dessa forma que se pode mudar de escala em um mesmo desenho. Por exemplo, se a coordenada inferior esquerda for 700.000,7.000.000 e a superior direita 701.000,7.001.000, tem-se uma área de 1.000 por 1.000 metros. Ao orientar um mapa dessa área na mesa digitalizadora em escala 1:10.000, o mesmo conterá 10 cm por 10 cm e o CADD interpretará a escala do mapa como sendo 1:10.000. Se, por outro lado, um mapa dessa mesma área contiver as dimensões de 20 cm por 20 cm, e for orientado na mesa digitalizadora, o CADD interpretará que esse mapa possui escala de 1:5.000.

Quando a escala dos mapas é da ordem dos milhões, é provável que este cubra várias zonas UTM. Conseqüentemente, fica inviável sua digitalização de forma georeferenciada tendo como base esta escala e este único mapa. Neste caso, uma saída para digitalizá-lo seria medir a sua largura e altura em milímetros, fazer o processo de orientação e considerá-lo como escala 1:1.000, para os processos posteriores. Desta forma, o mapa ficará em formato digital, porém não estará em coordenadas UTM.

2.II.4 - Otimização dos Níveis

As informações nos programas de CADD são organizadas em níveis diferentes. A organização desses níveis deve ser feita de forma lógica, com o objetivo de facilitar a manipulação das informações neles contidas, que incluem congelamento, descongelamento, cores, tipos de traços, exportação das informações contidas em um determinado nível, plotagem, e todos os demais processos usuais no CADD. Os nomes desses níveis devem ser bem objetivos, explicativos e conter o máximo de informação possível, para que um desenho possa ser manipulado a qualquer tempo a partir da leitura dos mesmos. A quantidade de níveis em um desenho no CADD não afeta a performance nos processos de manipulação do desenho; desta forma, deve-se intensificar a utilização desse recurso.

Em alguns CADDs é aconselhável o uso de números no início de seus nomes, principalmente para facilitar os processos de manipulação. Taracievicz (1993) apresenta um exemplo de organização de níveis para aplicações municipais. Já a Tabela 2.1 mostra um exemplo simplificado para o processo de organização de níveis de um mapa geológico.

O exemplo da Tabela 2.1 foi dado para CADDs onde os níveis possam ser tratados como números. Nesses casos, o processo de congelamento e descongelamento pode ser feito digitando os intervalos dos números para que se visualizem as informações desejadas. É aconselhável utilizar uma numeração de 10 em 10, para que novos níveis possam ser inseridos futuramente em suas posições corretas.

Através do exemplo simplificado de organização dos níveis mostrados na Tabela 2.1, nota-se claramente uma distribuição dos níveis de forma lógica e também uma facilidade no processo de sua relação com as informações contidas nos mesmos. Também se percebe uma relação do intervalo dos números dos níveis com sua informação e sua exibição no CADD de forma sequencial, sem misturar informações que não possuam relações entre si. Esse tipo de organização é de fundamental

importância em projetos com grandes volumes de dados, principalmente aqueles em andamento, onde novas informações são inseridas a todo momento.

Descrição dos Níveis	Intervalo de Números
Base cartográfica	000 ... 090
Contatos Geológicos	100 ... 190
Contatos por Falhas / Falhas	200 ... 290
Textos dos Litotipos	300 ... 390
Hachura dos Litotipos	400 ... 490
Símbolos	500 ... 590
Legenda	600 ... 690
Auxiliares	900 ... 990

Tabela 2.1: Exemplo simplificado da organização dos níveis de informações para um mapa geológico.

2.II.5 - Escolha das Hachuras

A forma de hachurar os polígonos varia de um CADD para outro. No caso de programa de CADD em que as hachuras ocupam um espaço em disco muito grande, é muito importante saber escolher o tipo de hachura correto, para otimizar o espaço em disco e para que a hachura tenha relação com a informação que se deseja representar. Uma boa solução pode ser a de criar tipos específicos de hachura pois, frequentemente, as disponíveis em versões originais são insuficientes e não retratam de forma ideal a informação que desejamos representar. Não se recomenda a criação de hachuras com muitos pontos ou muito densas. Nem sempre os domínios das informações devem ser hachurados, bastando por vezes um simples símbolo.

Em alguns programas de CADD, uma boa forma de hachurar os polígonos é quebrar as polilinhas de contato entre classes em todas as interseções e chamar o comando de hachura, selecionando todos os segmentos relacionados ao polígono que

se deseja hachurar. O recurso de copiar linhas de interseção entre dois polígonos para tratá-los como se fossem fechados aumenta muito o espaço em disco.

A questão mais delicada talvez esteja relacionada à quebra das polilinhas nas interseções. Essa quebra e a união dos pontos de interseção nos contatos das classes devem ser feitas no CADD, sempre com os comandos de proximidade ativos, de acordo com a necessidade, conforme será visto no item 2.III.8

2.II.6 - Impressão dos Dados

A forma de saída dos dados deve ser levada em conta, desde o início do processo de digitalização, porque ela influenciará na escolha das hachuras e tamanho de símbolos, letras e traços. O problema da representação gráfica é tratado por diversos autores. Bertin (1973), através da Semiologia Gráfica, estabelece uma relação direta entre a linguagem gráfica e variáveis da retina humana. Le Sann (1983), Ferreira & Simões (1987) e Weibel & Buttenfield (1992) fazem um resumo de algumas considerações sobre esse trabalho, onde os níveis de organização das variáveis da retina são descritos e exemplificados.

Os desenhos produzidos por CADDs e SGIs são normalmente enviados para impressoras matriciais, a jato de tinta ou laser, *plotters* de rolo, termais, eletrostáticos ou de mesa. Para desenhos que serão fotocopiados, é muito importante escolher hachuras que deixem os mapas legíveis. Em muitos casos o ideal consiste em utilizar símbolos e textos, sem hachuras densas. Em casos de desenhos coloridos, deve-se fazer um bom relacionamento das cores com os padrões de hachuras.

A Tabela 2.2 mostra, de forma geral, informações sobre diversas alternativas para impressão de produtos gerados através de CADD e SGI.

Para se obter produtos finais precisos e de boa qualidade necessita-se de equipamentos muito caros. Assim, uma boa alternativa pode ser a de realizar o serviço de impressão externamente, à medida que vão surgindo *bureaux* especializados na venda de serviços de plotagem e impressão colorida.

Equipamento	Qualidade	Cores	Tamanho	Velocidade	Precisão	Preço (US\$)
Impressoras Matriciais*	Média	Sim	Até A3	Média	Média	0.1 ~ 3 K
Impressoras Laser	Boa	Não**	Até A3	Alta	Boa	1 ~ 6 K
Impressoras e Plotters a Base de Jato de Tinta	Boa	Sim	Até A0	Alta	Boa	2 ~ 25 K
Impressora Sublimação	Boa	Sim	A3-A4	Alta	Boa	8 ~ 20 K
Plotters de Rolo	Boa	Sim	Maior A0	Lenta	Média	5 ~ 15 K
Plotters de Mesa	Boa	Sim	Maior A0	Lenta	Boa	2 ~ 40 K
Plotters Termiais	Boa	Não***	Maior A0	Alta	Boa	20 ~ 60 K
Plotters Eletrostáticos	Boa	Sim	Maior 2A0	Alta	Boa	40 ~ 80 K

* O nível de evolução das impressoras matriciais está crescendo rapidamente, existindo no mercado impressoras coloridas que geram mapas maiores que A3, com razoável qualidade final do produto.

** As impressoras a laser colorida começam a surgir no mercado, embora grande parte das instaladas hoje sejam monocromáticas.

*** Alguns plotters termiais imprimem em 2 cores, dependendo do papel utilizado.

Tabela 2.2: Informações sobre diversas alternativas para impressão de produtos digitalizados.

2.II.7 - Personalização do CADD

Os programas de CADD modernos permitem que o operador configure seu próprio *menu* de funções, para que as funções mais utilizadas possam ser acessadas com maior facilidade e rapidez. Isso faz com que se tenha um ganho substancial de qualidade, tempo e dê origem a produtos com normas estabelecidas.

Procedimentos que necessitam de acesso, importação e exportação a outras bases de dados de dentro do CADD devem ser feitos através de linguagens de programação específicas, caso essas bases não possuam um formato padrão no mercado. Com essa poderosa forma de personalizar o modo de trabalho de acordo com o problema a ser resolvido, podem-se intercambiar informações do CADD com vários outros programas, de forma rápida, precisa e versátil. Essas linguagens também podem ser utilizadas para facilitar procedimentos rotineiros no processo de digitalização, edição e manutenção do desenho.

2.III - METODOLOGIA PARA DIGITALIZAÇÃO DE MAPAS GEOLÓGICOS UTILIZANDO PROGRAMAS DE CADD

A digitalização de mapas geológicos através de programas de CADD requer procedimentos específicos para que as informações neles contidas possam ser úteis a outros aplicativos. A seguir são apresentadas algumas sugestões de passos operacionais a serem seguidos para digitalização desses mapas, utilizando-se de programas de CADD.

Deve-se ressaltar que o tempo gasto em cada etapa da digitalização deve ser anotado para uma posterior análise, visando uma melhor performance.

2.III.1 - Variáveis do Sistema

Os CADDs possuem um conjunto de variáveis internas, que são utilizadas durante a digitalização, para se referir aos tamanhos, limites, modos, denominadas *variáveis do sistema*. Essas variáveis possuem valores iniciais, que podem ser alterados através de comandos específicos. Para digitalização de mapas geológicos deve-se alterar as variáveis necessárias.

2.III.2 - Criação dos Níveis de Informação

O item 2.II.4 mostra que os CADDs possuem uma estrutura de organização das informações na forma de níveis. Neste trabalho, é feita uma sugestão de padronização desses níveis para a digitalização de mapas geológicos utilizando programas de CADD. Essa padronização é apresentada na Tabela 2.3. Cada informação digitalizada deve ser armazenada em seu respectivo nível que deve estar selecionado como corrente.

As informações que necessitam ser representadas por diferentes traços em suas polilinhas devem estar em níveis diferentes, para facilitar os processos de manutenção, impressão e exportação.

	NOMES DOS NÍVEIS	COR	TIPO DE LINHA
	000-.....	WHITE	Continuous
	002-Enquadramento_mesa	BLUE	"
	004-Enquadramento_numérico.....	RED	"*
	006-Limite_mapa_mesa	BLUE	"
	010-Malha_coord_mesa	BLUE	"
	012-Malha_coord_numérico	RED	"
	015-Txt_malha_coord	RED	"
	018-Cruzto_coord	WHITE	"
	020-Fazenda	WHITE	"
	030-Cidades	WHITE	"
	032-Txt_cidades	WHITE	"
	034-Setas_cidades	WHITE	"
BASE	036-Limite_município	WHITE	CenterX2
	038-Limite_estadual	WHITE	Center
	040-Drenagem_principal	CYAN	Continuous
CARTOGRÁFICA	042-Txt_drenagem_principal	CYAN	"
	044-Drenagem_secundária	BLUE	"
	046-Txt_drenagem_secundária	BLUE	"
	050-Curva_nível_principal	YELLOW	"
	052-Txt_curva_nível_principal	YELLOW	"
	054-Curva_nível_secundária	GREEN	"
	056-Txt_pontos_cotados	YELLOW	"
	060-Estradas_principais	RED	"
	062-Txt_estrada_principal	RED	"
	064-Estradas_secundárias	RED	Dashed
	066-Caminhos	WHITE	Dashed2
CONTATOS	100-Contatos_geo_definidos	WHITE	Continuous
GEOLÓGICOS	110-Contatos_geo_inferidos	WHITE	Dashed2
	180-Contatos_geo_terciário	MAGENTA	Continuous
CONTATOS	200-Falhas_caval_definidas	WHITE	Continuous
POR FALHAS	210-Falhas_caval_inferidas	WHITE	**
/FALHAS	220-Falhas_indiscriminadas	WHITE	"
TEXTOS	300-Txt_do_litotipo_k	RED	"
DOS	310-Txt_do_litotipo_x	GREEN	"
LITOTIPOS	320-Txt_do_litotipo_y	BLUE	"
HACHURA	410-Hachura_do_litotipo_k	RED	"
DOS	420-Hachura_do_litotipo_x	GREEN	"
LITOTIPOS	430-Hachura_do_litotipo_y	BLUE	"
SÍMBOLOS	510-Simb_estrutural_plano	WHITE	"
	520-Simb_estrutural_lineação.....	WHITE	"
	530-Simb_ocor_minerais.....	WHITE	"
LEGENDA	600-Quadro da legenda	WHITE	"
	605-Logotipo_empresa	WHITE	"
	610-Txt_legenda	WHITE	"
	620-Norte	WHITE	"
	650-Selo_mapa	WHITE	"
	620-Conteudo_selo	WHITE	"
PONTOS	700_Ponto_geológico	BLUE	"
GEOLÓGICOS	710_Ponto_geoquímico	MAGENTA	"
	720_Ponto_geofísico	WHITE	"
	790_Pontos_correção	WHITE	"
LIMITES	800-Alvo	WHITE	"
ALVOS / ÁREAS	810-Txt_alvo	WHITE	"
AUXILIAR	970-Auxiliar_falhas	WHITE	"
	980-Auxiliar_contatos_geológicos	WHITE	"
	990-Auxiliar	WHITE	"

* Se o limite do mapa for digitalizado numericamente deve-se copiar o nível 004 para o 990-Auxiliar, caso contrário copie o 006

** Polilinhas devem ser digitalizadas ou movidas para 970-Auxiliar_falhas, só ficando nesse nível os símbolos das falhas

As variáveis do sistema e os níveis de informação devem ser deixados em um arquivo de inicialização. Dessa forma, toda vez que se criar um mapa, as variáveis e os níveis já estarão presentes no novo arquivo digital.

Tabela 2.3: Exemplo para divisão de níveis de informação para mapas geológicos.

2.III.3 - Geração de Bibliotecas

Em programas de CADD, deve-se criar um símbolo para representar informações com padrões gráficos semelhantes que se repetem, como atitudes de camadas, lineações estruturais, ocorrências minerais e pontos de controle. Da mesma forma, são usados ou criados padrões para diferentes tipos de traços e letras. Portanto, é necessário criar esses padrões gráficos antes de digitalizar o mapa geológico propriamente dito.

Os estilos, fontes e tamanhos de letras de um mapa geológico devem ser utilizados de acordo com sua escala. Portanto, devem-se inserir as fontes referentes a um mapa antes de começar a digitalização, fornecendo o tamanho que essas terão de acordo com a escala do mapa. Os textos em arquivos de CADD podem ocupar grandes espaços em disco, porque estes não são programas especializados para processar textos. Portanto, devem ser evitadas fontes muito complexas e textos desnecessários ao desenho.

2.III.4 - Orientação do Mapa na Mesa Digitalizadora

Após analisar o conteúdo dos itens 2.II.2 e 2.II.3 deve-se orientar o desenho na mesa digitalizadora. Para este processo de orientação deve-se tomar pelo menos quatro pontos próximos aos limites do mapa. Caso o erro de orientação seja grande para a escala e aplicação utilizada faz-se uma reorientação. Se ainda assim o erro continuar grande, deve-se utilizar outra fonte, levando-se em consideração as informações descritas no item 2.II.2. Através de valores encontrados pela prática durante a orientação de dezenas de mapas, chegou-se a Tabela 2.4, que sugere os valores máximos de erros médios quadráticos que podem ser obtidos durante a orientação. Esses valores foram calculados como sendo 50% do tamanho da distância obtida pela fórmula da Figura 1.5.

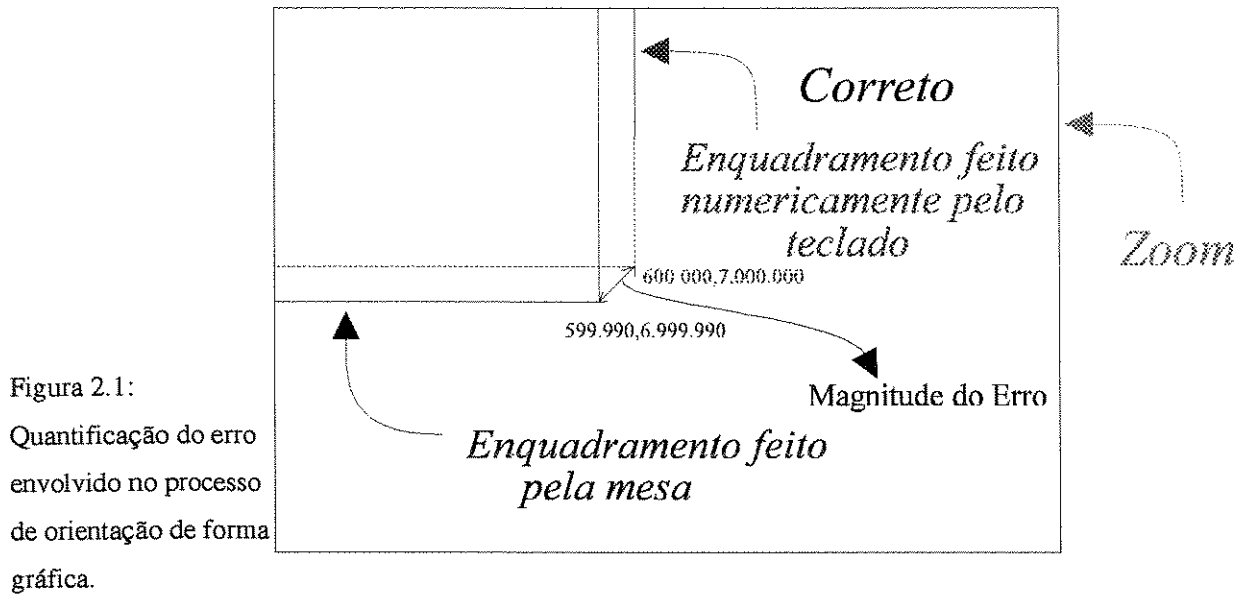
ESCALA	Erro Máximo (m)
1:500	0.127
1:1.000	0.254
1:5.000	1.27
1:10.000	2.54
1:25.000	6.35
1:40.000	10.16
1:50.000	12.7
1:100.000	25.4
1:250.000	63.5

Tabela 2.4: Sugestão de valores máximos de erros médios quadráticos que podem ser obtidos durante a orientação do mapa na mesa.

O próximo passo consiste em digitalizar a polilinha contendo as coordenadas limites do mapa no nível **004-Enquadramento_numérico**, utilizando-se o teclado para entrar com os valores em UTM. Esse método é preciso e este deve ser o limite do mapa a ser utilizado nos processos de edição.

Um acompanhamento do erro operacional pode ser feito da seguinte forma: deve-se digitalizar a polilinha anterior em um nível com o nome **002-Enquadramento_mesa**, utilizando-se a mesa digitalizadora. O erro envolvido no processo de orientação pode ser observado no CADD, visualizando as duas polilinhas de perto (Figura 2.1). Esse procedimento pode ser feito toda vez em que o desenho é reorientado.

Uma forma matemática de quantificar o erro médio quadrático (RMS) entre estas duas polilinhas consiste em utilizar a fórmula apresentada na Figura 2.2a com as coordenadas dos vértices dos polígonos, conforme Figura 2.2b.



$$RMS_{(x)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(X_i - X'_i)^2}{N}} \quad RMS_{(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(Y_i - Y'_i)^2}{N}}$$

Figura 2.2a: Fórmula para calcular o RMS dos eixos X e Y das polilinhas digitalizadas através da mesa e numericamente.

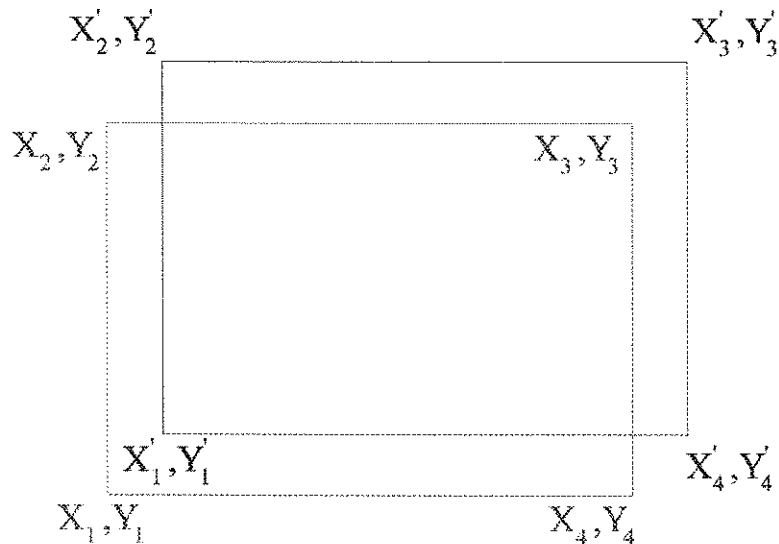


Figura 2.2b: Coordenadas dos vértices dos polígonos a serem utilizadas na fórmula da Figura 2.2a. Os deslocamentos estão exagerados para mostrar que há uma diferença nas coordenadas dos vértices entre o polígono digitalizado numericamente e o digitalizado pela mesa.

2.III.5 - Digitalização de Polilinhas

Polilinhas como drenagens, curvas de nível, estradas, contatos geológicos e falhas, devem ser digitalizadas em seus respectivos níveis, através do comando de digitalização contínua de polilinhas e com um tamanho de segmentos de acordo com a Figura 1.5. Os contatos em forma de falhas não precisam ser digitalizados duas vezes. Se o tipo de falha ou contato mudar, por exemplo, de contínuo para tracejado, digitaliza-se como se fossem duas polilinhas diferentes. Esse processo pode ser feito interrompendo-se a polilinha durante a digitalização ou quebrando-se a polilinha no processo de edição.

Para estradas com linhas paralelas utiliza-se o comando de duplicação de polilinhas, digitalizando sempre a paralela superior para criar a paralela inferior.

No que se refere aos contatos geológicos, devem-se utilizar os níveis dos contatos geológicos quando os mesmos não forem por falhas, e os níveis de falhas, quando o forem, conforme a Tabela 2.3.

Ao se digitalizar curvas de nível e se deparar com quebras causadas por textos de cotas ou outras informações, deve-se desconsiderar e continuar a digitalização normalmente. Desta forma, não haverá *buracos* nas linhas e os processos posteriores, como por exemplo a geração de Modelos Digitais de Terreno (*Digital Terrain Model - DTM*), serão mais confiáveis. A Figura 2.3 mostra um resultado de criação de DTM interrompendo a digitalização nesses pontos, ao passo que a Figura 2.4 mostra o resultado correto, por estar sem essa interrupção.

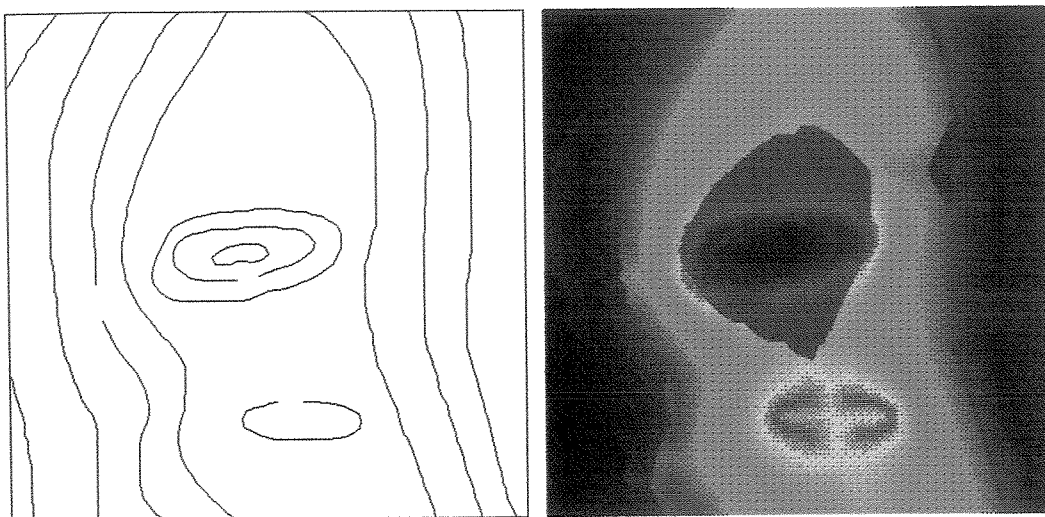


Figura 2.3: Modelo Digital do Terreno gerado **com** interrupção das curvas de nível.

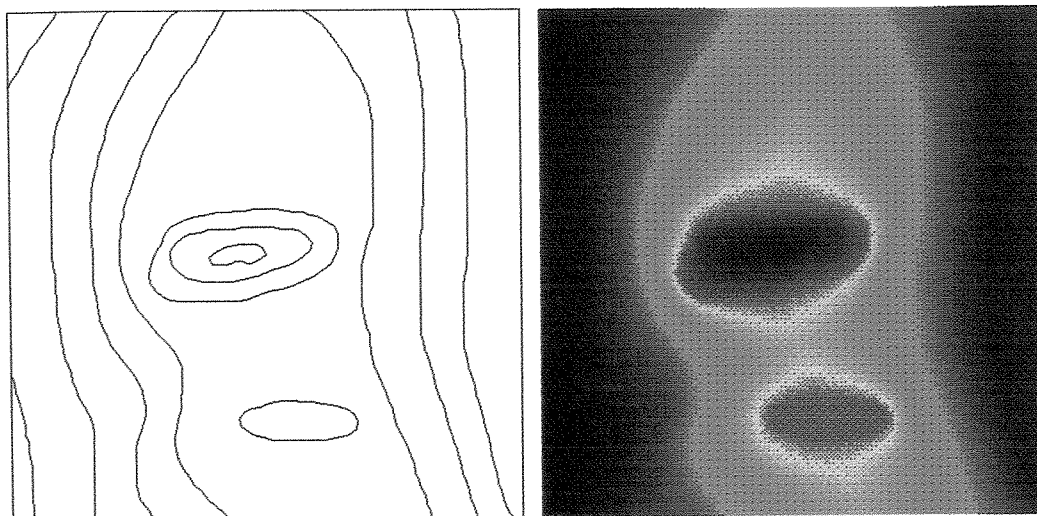


Figura 2.4: Modelo Digital do Terreno gerado **sem** interrupção das curvas de nível.

2.III.6 - Inserção de Símbolos

Devem-se selecionar os níveis 510-Simb_estrutural_plano e 520-Simb_estrutural_lineação de medidas estruturais para inseri-las. O mesmo procedimento deve ser seguido para inserir os símbolos referentes às sequências litoestratigráficas (Figura 2.5).

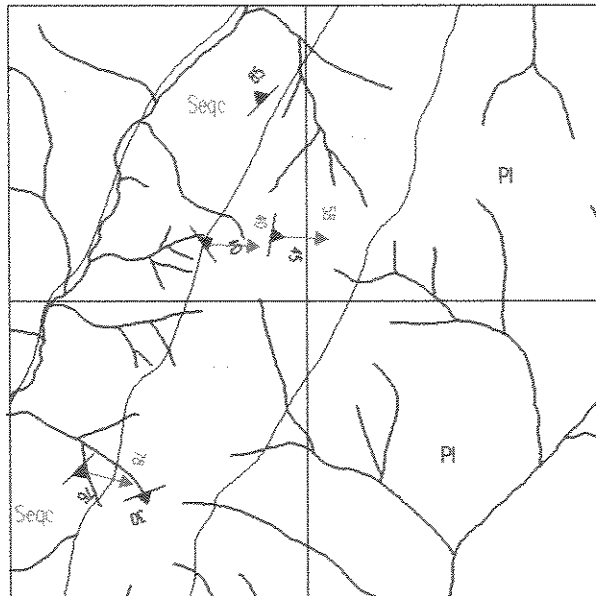


Figura 2.5: Exemplo de medidas estruturais e textos de sequências litoestratigráficas inseridas no mapa digitalizado.

2.III.7 - Inserção de Textos

As informações referentes a nomes de cidades, córregos, número de coordenadas e outras informações textuais devem ser inseridas no desenho levando-se em consideração os seus respectivos níveis (Figura 2.6).

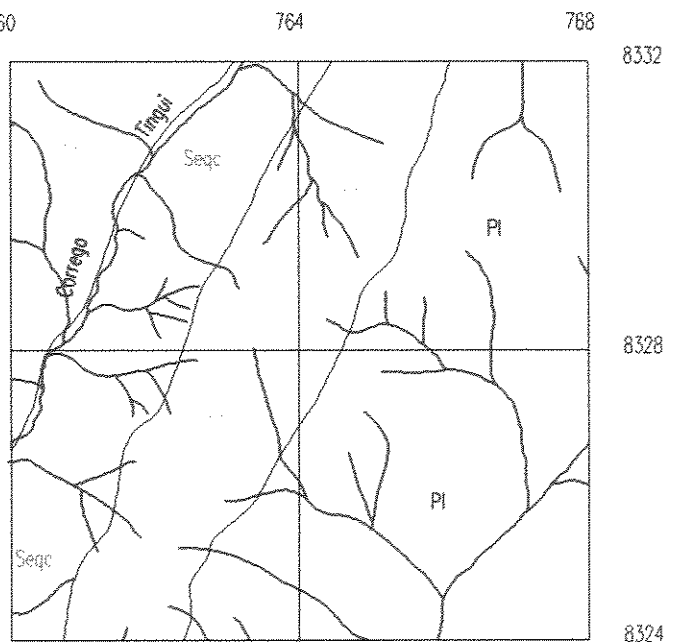


Figura 2.6: Exemplo de nome de córrego e números de coordenadas inseridos no mapa digitalizado.

2.III.8 - Edição de Polilinhas

A edição de polilinhas talvez seja um dos processos mais importantes na digitalização de mapas geológicos, principalmente quando o objetivo é o intercâmbio dessas informações com outros programas. Neste item tratar-se-á dessa edição em detalhe, qualificando-a em relação aos tipos de polilinhas comumente encontrados em mapas geológicos.

2.III.8.1 - Edição de Curvas de Nível, Estradas e Drenagens

O objetivo desse procedimento é o de acertar os encontros das polilinhas com a borda do mapa e todo o seu interior. Para isto é necessário que se verifique a relação da polilinha com a borda. Durante a digitalização, a polilinha pode ter sido interrompida antes ou depois da borda. A Figura 2.7 apresenta os procedimentos que devem ser usados para ajustá-las. É importante que a quebra ou o prolongamento da polilinha sejam feitos através de comandos precisos, como exemplificado, e não somente através de forma visual. Após o acerto das polilinhas com a borda do mapa, é necessário acertá-las em seu interior. As drenagens devem ter sempre seus segmentos coincidentes uns com os outros. Dessa forma, um afluente deve ser ligado ao outro, não somente de forma visual, porque ao se fazer um *ZOOM* pode-se perceber que eles não estão fisicamente conectados (Figura 2.8). Para se fazer a interseção é necessário que se utilize os mesmos comandos já utilizados no acerto das bordas. Estes mesmos critérios são também usados para as estradas.

2.III.8.2 - Edição de Contatos Geológicos e Falhas

As polilinhas que dividem domínios litológicos devem ser editadas com os mesmos critérios do item anterior, porém devendo ser interrompidas em todos os *pontos tríplexes*. Entende-se por ponto tríplex o encontro de uma polilinha divisória

com outra ou com o limite do mapa. Assim, deve-se utilizar o comando de quebra de polilinhas em todos esses pontos seguindo os seguintes passos:

1. Deve-se copiar o conteúdo do nível **004-Enquadramento_numérico** para o nível **980-Auxiliar_contatos_geológicos**, para que essa possa ser subdividida e utilizada para fins de hachurar as sequências litoestratigráficas.
2. Deve-se *quebrar* o polígono copiado no item anterior, sempre que este interceptar uma linha de contato geológico (Figura 2.9).
3. Deve-se utilizar este comando em todos os outros pontos tríplices no interior do mapa (Figura 2.10).

Nesse ponto, os polígonos já estão prontos para serem hachurados. Contudo, este processo só será executado mais adiante, porque elas aumentam muito o tamanho do arquivo e, conseqüentemente, degradam a velocidade nos processos de edição subsequentes.

Em computadores com pouca memória pode ocorrer que durante o processo de digitalização das polilinhas o *BUFFER* da mesa digitalizadora fique cheio (quando isso acontece a mesa emite vários *BIPs*). Nestes casos, é necessário liberá-lo, apertando-se uma das teclas do *mouse* da mesa. Com isso, o CADD criará uma polilinha para cada *BUFFER* liberado. Quando isto acontecer com uma grande polilinha este problema é contornado unindo-se as linhas interrompidas.

Outro fato comumente encontrado diz respeito a alguns contatos geológicos que possuem tipos de traços diferentes, como por exemplo, tracejado e traço-ponto. Durante o processo de digitalização, essas informações podem ter sido colocadas como linhas contínuas. Para separar as polilinhas que contém traços diferentes, é necessário utilizar o comando de quebra nos pontos onde ocorre a mudança de traço, caso elas tenham sido digitalizadas como uma única polilinha, e mudar o tipo de traço da polilinha desejada.

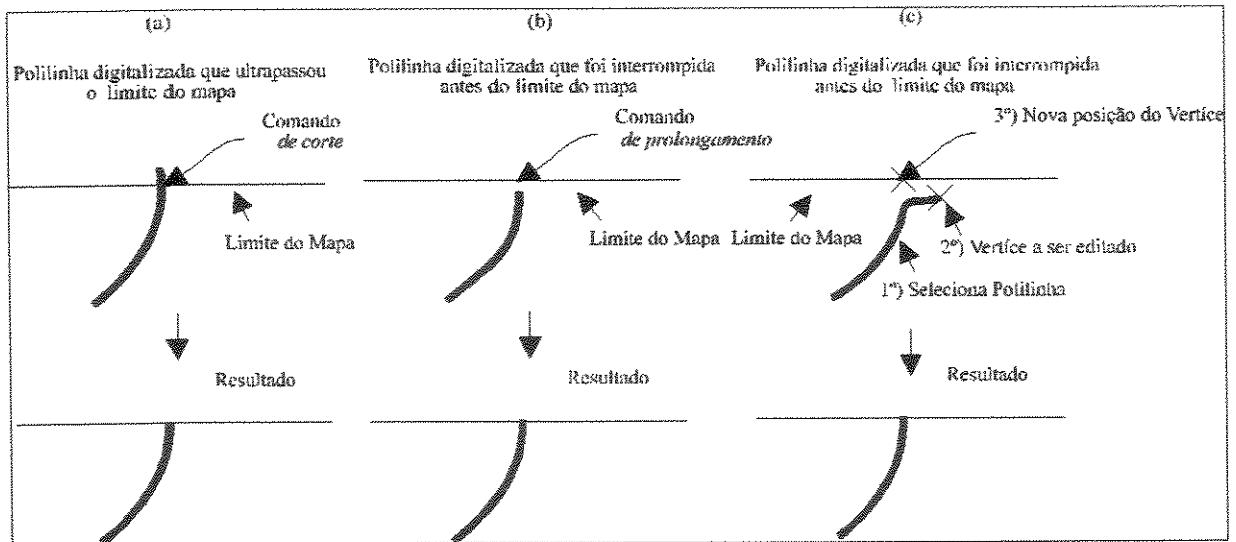


Figura 2.7: Passos a serem seguidos para acertar o contato de uma polilinha com o limite do mapa. (a) a polilinha ultrapassa o limite do mapa, (b) a polilinha não intercepta o limite do mapa, (c) a polilinha não intercepta o limite do mapa e não está apontada em direção ao limite.

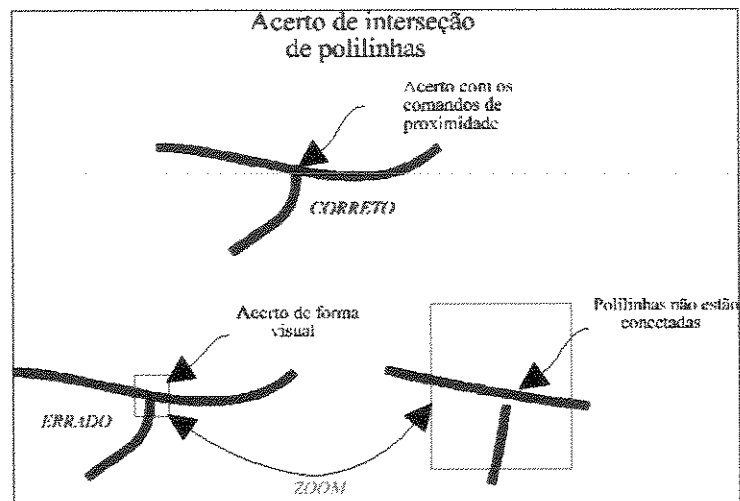


Figura 2.8: Acerto de encontro entre drenagens.

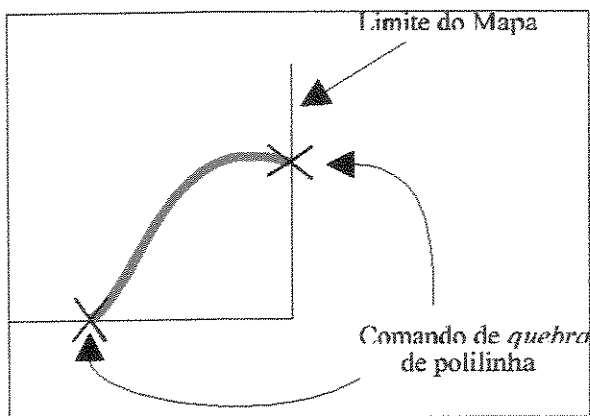


Figura 2.9: Quebra da linha limite do mapa nos contatos geológicos.

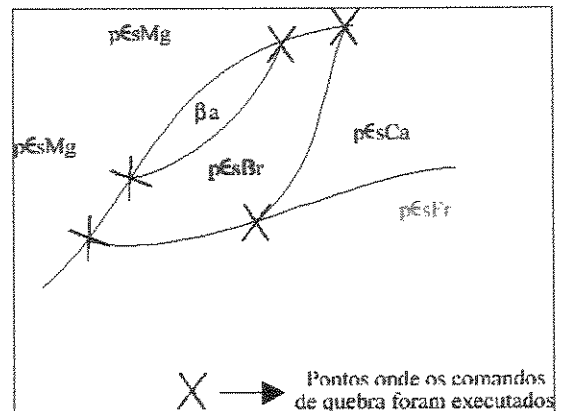


Figura 2.10: Quebra das polilinhas de contatos geológicos em todos os pontos triplíceis do mapa.

2.III.9 - Hachurar Domínios de Classes

O próximo passo consiste em hachurar os desenhos. Para isso, devem ser seguidas as recomendações feitas sobre as hachuras no item 2.II.5, e colocá-las em níveis separados para que as mesmas possam ser visualizadas em cores diferentes.

A Figura 2.11 mostra um mapa geológico da região de Montezuma, digitalizado através do AutoCAD 12 com os critérios acima e hachurado. A Figura 2.12 mostra a legenda desse mapa geológico, enquanto a Figura 2.13 mostra o mesmo mapa digitalizado sem as hachuras dos domínios.

Como o AutoCAD consome muito espaço em disco para hachurar as classes, pode-se exportar os contornos das classes em formato DXF para programas de ilustração e pintar as classes nesses programas. A Figura 2.14 mostra um mapa geológico colorido gerado pelo Corel Draw 3.0, através desta técnica. Sua maior vantagem é ter um arquivo com tamanho bem inferior ao daquele gerado pelo AutoCAD, além de possuir uma qualidade superior.

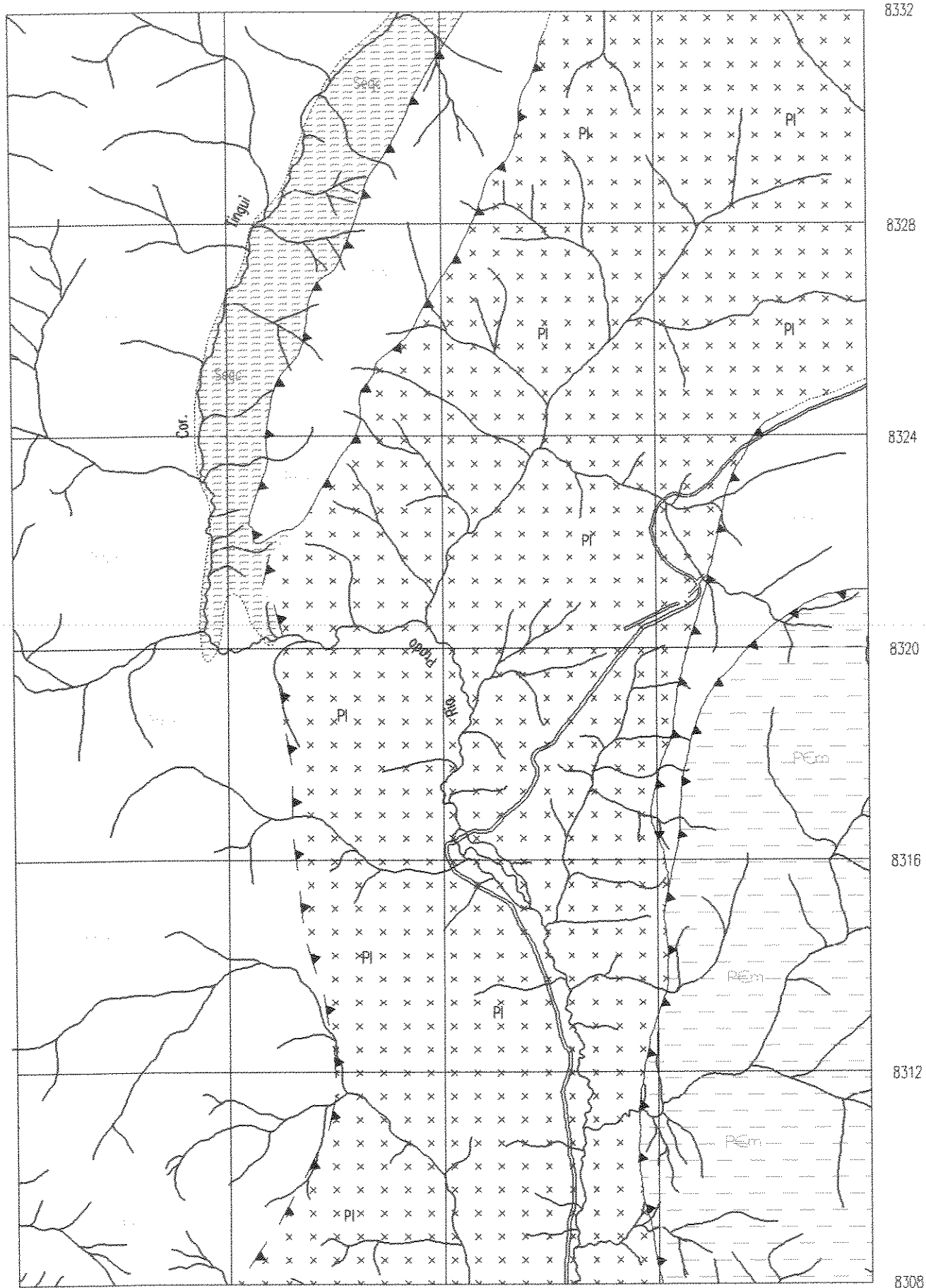
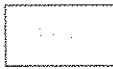
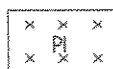
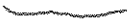
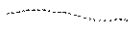
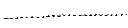


Figura 2.11: Mapa geológico da região de Montezuma (Penha e Fonseca, 1993) digitalizado através do AutoCAD 12 e hachurado.

LEGENDA

PROTEROZOICO SUPERIOR	{		GRUPO MACAUBAS Quartzo-Estauroilita-Granada Xistos, Quartzitos (Ferruginosos as vezes)
			ESPINHACO Quartzitos pouco foliados, localmente ferruginosos Quartzo Xistos miloníticos, metavulcanicas raras
ARQUEANO	{		"SEQUENCIA CANTINHO" Xistos possivelmente ortoderivados (Vulcanicas acidas a intermediarias) cisalhados com contribuicao sedimentar subordinada (Xistos carbonosos e ferruginosos)
			COMPLEXO PORTEIRINHA Biotita granitoides isotropos a localmente foliados faixas pegmatoides raras

	Drenagem Principal
	Drenagem Secundaria
	Estrada
	Caminho / Trilha
	Curva de Nivel Principal
	Contato Geologico Definido
	Contato Geologico Inferido
	Falha de Cavalgamento Definida
	Falha de Cavalgamento Inferida
	Foliacao
	Lineacao
	Ponto Geologico

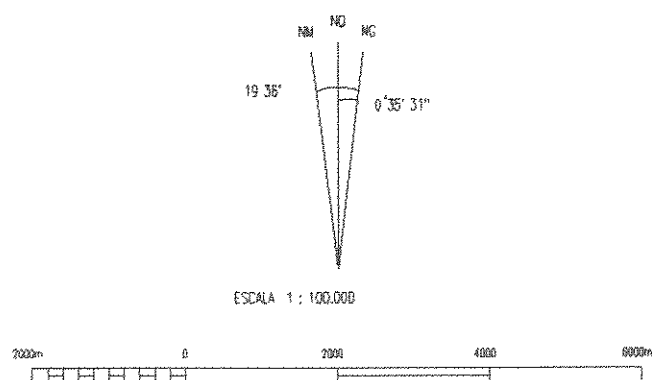


Figura 2.12: Legenda do Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993)

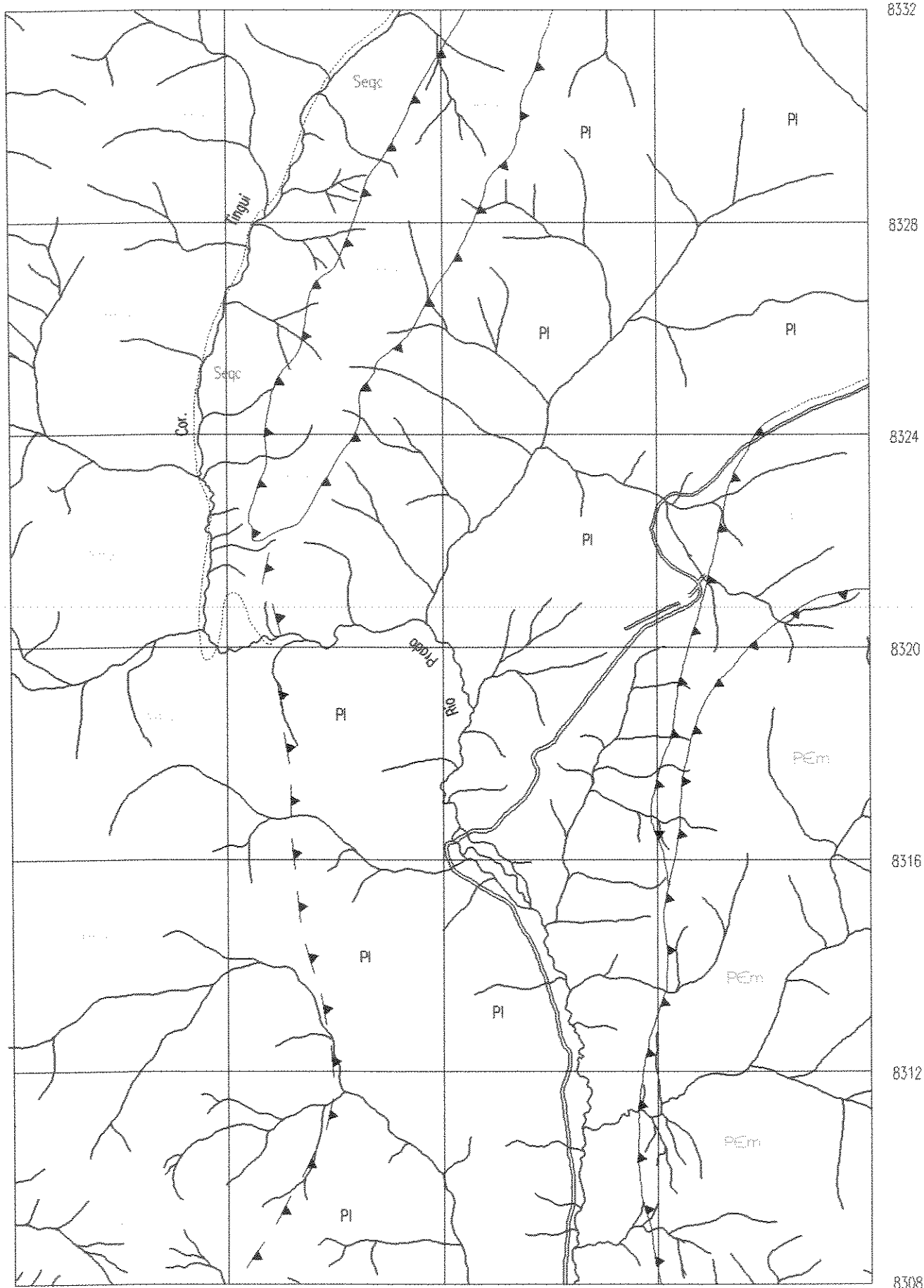


Figura 2.13: Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) digitalizado através do AutoCAD e sem as hachuras.

756

760

764

768

772

8332

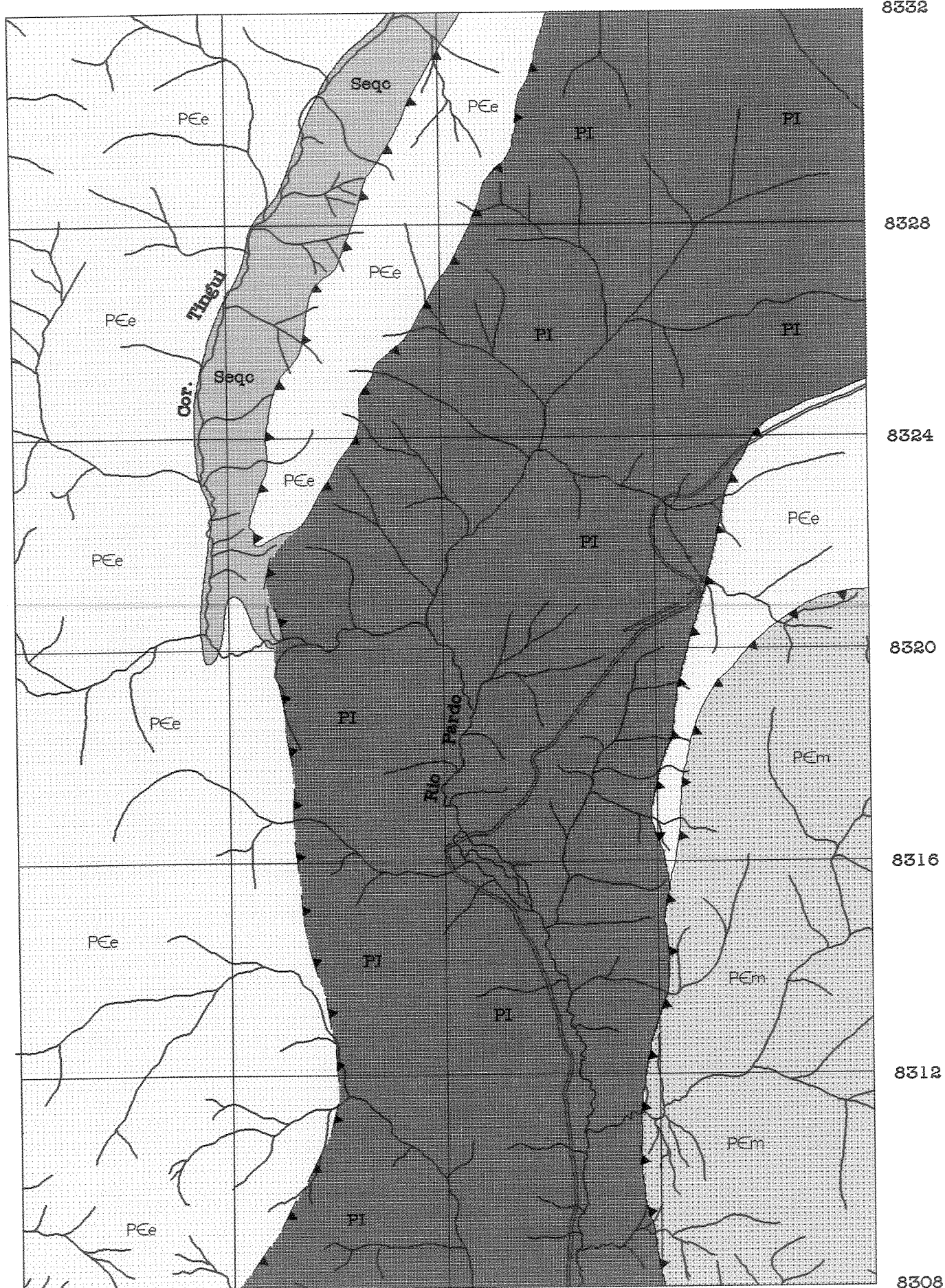


Figura 2.14: Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) colorido no Corel Draw.

2.III.10 - Criação da Legenda e do Selo do Mapa

Após criar a legenda, as hachuras utilizadas no mapa devem ser nela colocadas, em seus respectivos níveis. Um selo ou carimbo deve ser criado com as informações referentes às fontes de cada dado utilizado no mapa e também o erro operacional e inerente a cada mapa, mesmo que aproximado mencionando quando o erro foi quantificado e por qual método. Deve-se sempre utilizar escala numérica e gráfica, símbolo do norte, informações sobre declinação, tipo de coordenadas do mapa, malha de coordenadas com texto, título, autores, data, nome do arquivo digital e do CADD utilizado com sua versão, localização e articulação. Um exemplo para a legenda foi apresentado na Figura 2.12, enquanto um exemplo para o selo ou carimbo pode ser observado na Figura 2.15.

 MONTEZUMA												
Fonte	Procedência							Erro Inerente	Erro Operacional			
	Instituição	Executante	Título	Código	Descrição	Escala	Data		RMS Tabela ACAD 12	RMS Gráfico	Segmentos Polilinhas	
Cartográfica	IBGE	Sup. Cartog.	Montezuma	SD-23-Z-D-II	Folha Topog.	1:100.000	1976		6.3700 - Ortogonal	5.5337	50,8	
	IBGE	Sup. Cartog.	Montezuma	SD-23-Z-D-III	Folha Topog.	1:100.000	1976		5.3691 - Ortogonal	4.6162	50,8	
Geológica	COMIG	Penha de Fonseca	Espinosa		Geol. Estrutural	1:100.000	1993		8.1469 - Ortogonal	5.7622	50,8	
Geofísica												
Geoquímica	COMIG	Christophe Silva	Espinosa		Set. cor. Conc. b.	1:100.000	1987					
Imagem Sat.												
Foto aérea												
Radar												
Outra												
Digitalizador	Nome do Arquivo	Nome do Programa	Data: Execução	Data: Finalização	Responsável Técnico Digitalização	Responsável Técnico Projeto		Nome do Projeto		Observações		
Helius A.C.F. Claudio R.F. Pedro Paulo	MTZHE.ME	AutoCad12	22/10/93	04/12/93	Helius A. Guimarães Filho Claudia R. Franco	Maria Beatriz R. Fonseca		Montezuma				

Figura 2.15: Um exemplo de selo ou carimbo para o mapa geológico apresentado nas figuras anteriores.

2.III.11 - UTILIZAÇÃO DOS DADOS DIGITALIZADOS EM OUTROS DESENHOS

As informações criadas para geração de um mapa, tais como medidas estruturais, textos referentes a sequências litoestratigráficas, estilos de letras, legenda, mapa de localização, podem e devem ser utilizados em outros desenhos.

CAPÍTULO 3

SISTEMAS GERENCIADORES DE BANCO DE DADOS (SGBD) E LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS

Em projetos de exploração mineral o domínio da informação torna-se indispensável ao sucesso. Desta forma, é necessário que o geólogo exploracionista receba informações ricas em conteúdo e precisão para que possa analisar, com o menor risco possível, o potencial metalogenético de uma área. Para alcançar esse nível de qualidade pode-se utilizar técnicas de processamento geo-referenciado, para que as informações possam ser acessadas de forma eficaz. Para tanto, é necessário que se faça uma **normatização** dos bancos de dados, no sentido de que a base de dados a ser acessada seja compatível com os tipos de informações normalmente utilizados em levantamentos geológicos e com as necessidades de respostas para os geólogos.

Neste capítulo serão abordados os principais tipos de informações alfanuméricas utilizadas em projetos de exploração mineral, que devem ser processadas em SGBDs. Foi desenvolvida uma solução para padronização e manipulação desses dados, através de um aplicativo gerado em ambiente XBase, aqui denominado GEOMIG, visando sua integração com outros programas de processamento geo-referenciado. Esse aplicativo tem por objetivo armazenar de forma otimizada essas informações, bem como proporcionar sua manutenção e, principalmente, auxiliar na pesquisa de dados e no intercâmbio com programas de CADD, PDI e SGI.

3.1 - ESCOLHA DO SGBD

Conforme descrito no item 1.II.1, Ricciardi (1992) e Browning (1993) consideram o FoxPro um bom programa para desenvolvimento de aplicativos. Desta forma, optou-se por desenvolver um programa utilizando o FoxPro, para suprir algumas deficiências normalmente encontradas em projetos de exploração mineral, com o objetivo de relacionar informações coletadas em campo e laboratório com os programas de CADD, PDI e SGI, facilitando assim a confecção de mapas geológicos e as atividades de exploração mineral de uma região. Apesar de existirem plataformas melhores para desenvolvimento dessas tarefas, o FoxPro foi utilizado por uma questão de disponibilidade, bom desempenho para processar grandes volumes de dados e por uma familiaridade do autor com programação do tipo XBase. Acredita-se que o assunto não se encerra aqui, pois o desenvolvimento desses aplicativos em ambiente *windows* e orientados a objetos tornará esse processo ainda mais acessível ao operador e com facilidade de se implementar novas rotinas. O mais relevante é a questão da **normatização** da base de dados e da forma encontrada para intercambiar essas informações com os programas especializados como CADD, PDI e SGI.

O volume de dados coletados em campo e laboratório nas atividades de exploração mineral é grande. Grande parte dessas informações são preenchidas em cadernetas e tabelas e possuem características textuais, numéricas, alguns desenhos, fotografias de afloramentos e fotomicrografias. Durante a confecção de mapas geológicos e a avaliação metalogenética de uma área, essas informações devem ser acessadas e compiladas para auxiliarem na confecção de modelos geológicos e na avaliação da potencialidade da área. Como o volume de dados é grande, os SGBDs podem ser utilizados para facilitar a manutenção desse acervo, bem como a pesquisa de dados.

Existem alguns aplicativos desenvolvidos pelos SGBDs em exploração mineral que podem ser separados em duas grandes classes. A primeira delas tem o objetivo de gerenciar informações levantadas em campo e em laboratório, dentro de uma área geográfica definida, para auxiliar a confecção de mapas e modelos. A segunda tem o

objetivo de gerenciar informações sobre ocorrências, minas e jazidas minerais, visando catalogar informações em todo o mundo sobre caracterização metalogenética desses pontos, levando-se em consideração sua tipologia, localização geográfica, teores de reserva e produção, entre outros.

Para que as informações contidas nos SGBDs sejam utilizadas de forma eficaz em exploração mineral, é necessário que elas sejam geo-referenciadas e, em muitos casos, codificadas. Dessa forma, elas podem ser processadas pelos SGIs, CADDs e PDIs de forma gráfica e auxiliar, através de modelamentos espaciais, a confecção de mapas geológicos e avaliação metalogenética de uma área.

O processo de codificação, além de facilitar o intercâmbio com outros programas, também diminui substancialmente o espaço em disco no armazenamento dos dados coletados em campo. Isso se deve ao fato de ficarem gravados somente os códigos de alguns campos e não sua descrição, a qual necessita de maior espaço em disco.

Como visto no item 1.II.1, os SGBDs podem intercambiar informações com os programas de CADD. Esse processo de intercâmbio é feito através de uma chave de acesso. Grande parte dos CADDs disponíveis no mercado possui uma ligação com os SGBDs através de chaves de acesso, que devem estar relacionadas a uma entidade(s) no CADD e ao mesmo tempo a um registro(s) no SGBD. Por exemplo, um ponto geológico descrito no campo e digitalizado no CADD, é ligado à sua descrição no SGBD através de seu número, que neste caso é a chave de acesso que liga os dois programas.

A utilização de programas de CADD e SGI com SGBD não deve estar restrita à essa simples relação, mas a uma constante troca de dados, onde o CADD e o SGI alimentam o SGBD e este os realimenta. Os dados que fazem parte desse processo de intercâmbio devem possuir características que os façam ser úteis em cada um desses utilitários. Caso contrário existirá uma duplicidade de informações, o que não é bom para o sistema, pois a memória utilizada por eles será maior. Como exemplo de dados que podem constituir esse intercâmbio, citam-se as medidas estruturais levantadas em campo e inseridas nos SGBDs, que podem ser enviadas para os CADDs na forma de símbolos, já levando em consideração sua direção e mergulho. De forma geral, as informações textuais

ou numéricas registradas em um SGBD que podem ser codificadas em símbolos ou gráficos, constituem um bom exemplo de dados que podem ser enviados para CADDs e SGIs.

3.II - ESTRUTURAÇÃO DE INFORMAÇÕES GERADAS EM LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS EM UM SGBD - O GEOMIG

O aplicativo desenvolvido nesse trabalho utilizando o FoxPro foi nomeado GEOMIG. Esse aplicativo visa um estreito intercâmbio das informações coletadas em campo e laboratório com os programas de CADD, SGI e PDI, através de campos codificados, para facilitar esse intercâmbio. A Figura 3.1 mostra a estrutura geral do GEOMIG.

O GEOMIG pode ser dividido em 3 partes: **Banco de Dados Central, Bancos de Dados Complementares e Bancos de Dados de Códigos.**

Os novos pontos são inseridos no GEOMIG inicialmente no **BD Central**, que armazenará as informações do cadastro do ponto e de sua localização. A partir daí o operador seleciona qual **BD Complementar** será manipulado, como descrição de afloramento, estruturas encontradas e medidas, rochas, lâminas, fotografias de campo e dados geoquímicos. Durante a inserção dessas informações os **BDs de Códigos** são consultados interativamente, para que os campos codificados sejam inseridos através de seus respectivos códigos. Os BDs de Códigos de rochas e elementos foram retirados de Masotti & Paes (1993), enquanto os outros BDs de Códigos foram preenchidos por colaboradores da Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG.

São descritas a seguir, as principais características do GEOMIG, através de suas telas, com uma explicação sucinta dos *menus* e dos campos encontrados no aplicativo.

3.II.1 - Tela Principal

A Figura 3.2 mostra a tela principal do GEOMIG, onde são adicionadas as informações de cadastro e localização do ponto no BD Central.

Quando um campo codificado está sendo inserido, a seleção do seu código no BD de códigos é interativa, bastando ao operador selecionar o código desejado a partir da sua descrição, como mostrado na Figura 3.3 para o campo codificado de municípios.



Figura 3.1: Estrutura geral do GEOMIG, subdividindo-o em BD Central, BDs Complementar e BDs de Códigos.

A interface principal do GEOMIG, intitulada "Sistema Editar Registro Janela Arquivo Relatório". O menu "Banco de Pontos" está selecionado. Os campos de entrada são preenchidos com os seguintes dados:

- Projeto: CP
- Sub-Projeto: MIZ
- Data: / /
- Geólogo: SD-23-Z-D-III
- Folha: SD-23-Z-D-III
- Município: 330
- Foto Aérea: 330
- Código: BCF
- Número: 2
- Sub_ponto: 2
- UTM - NS: 8328897.6300
- UTM - EW: 763537.4700
- Latitude: 0.00
- Longitude: 0.00
- Tem. Afl. X: 0 m
- Tem. Afl. Y: 0 m
- Alteração: ESPH
- Estratigrafia: ESPH
- Toponímia: ALTO DA SERRA DO CANTINHO

Botões de navegação e ação: Ajuda, Novo, Salva, Cancela, Próximo, Anterior, Início, Fim, Localiza, OK.

Figura 3.2: Tela principal do GEOMIG.

A interface do GEOMIG mostrando a seleção interativa de um código no BD de municípios. O menu "Banco de Pontos" está selecionado. Os campos de entrada são preenchidos com os seguintes dados:

- Projeto: CP
- Sub-Projeto: MIZ
- Data: / /
- Geólogo: SD-23-Z-D-III
- Folha: SD-23-Z-D-III
- Município: 330
- Foto Aérea: 330
- Código: BCF
- Número: 2
- Sub_ponto: 2
- UTM - NS: 8328897.6300
- UTM - EW: 763537.4700
- Latitude: 0.00
- Longitude: 0.00
- Tem. Afl. X: 0 m
- Tem. Afl. Y: 0 m
- Alteração: ESPH
- Estratigrafia: ESPH
- Toponímia: ALTO DA SERRA DO CANTINHO

Botões de navegação e ação: Ajuda, Novo, Salva, Cancela, Próximo, Anterior, Início, Fim, Localiza, OK.

Lista de municípios selecionados:

- Moeda
- Moema
- Monjolos
- Monsenhor Paulo
- Montalvania
- Monte Alegre de
- Monte Azul
- Monte Belo
- Monte Carmelo
- Monte Santo de M
- Monte Siao
- Montes Claros

Figura 3.3: Seleção interativa do código no BD de municípios.

3.II.2 - Relação do BD Central com os BDs Complementares

A relação entre o BD Central e os BDs Complementares é feita através de uma chave de acesso composta, representada pelos campos: *código do ponto*, *número do ponto* e *número do sub-ponto*. Desta forma, a todo registro acrescentado em um BD complementar é adicionada também sua chave de acesso, para que possa ser pesquisada futuramente. A Figura 3.4 mostra como é feita esta relação.

A seleção do BD Complementar a ser manipulado é feita através do *menu* apresentado na Figura 3.5. Através desse *menu* é acessada a tela correspondente à escolha do operador e os campos chaves são automaticamente selecionados no BD Complementar. Caso não existam registros com a chave de acesso do ponto que está atualmente sendo manipulado, um novo registro é criado no BD Complementar com a respectiva chave de acesso.

3.II.2.1 - Banco de Dados de Descrição do Ponto

O primeiro BD Complementar apresentado no *menu* corresponde à descrição do ponto. A tela de descrição (Figura 3.6) consiste em campos sem tamanho definido, onde podem ser inseridas a quantidade de texto desejada. As informações contidas nesses BDs servem somente como forma de arquivar a descrição de campo, sem fazer nenhuma relação dessas informações com outros programas.

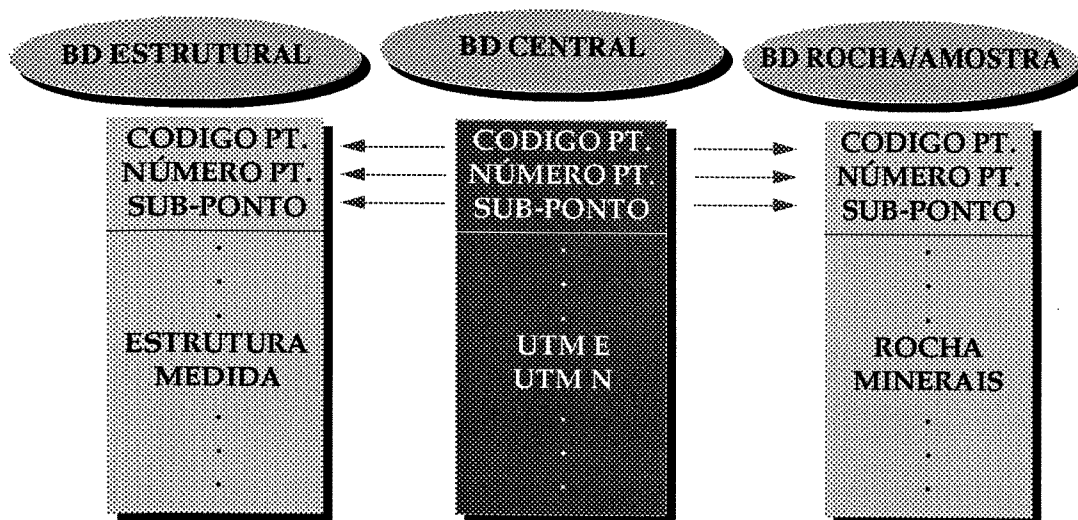


Figura 3.4: Exemplo de Relação do BD Central com os BDs Complementares através da chave de acesso.

Geomig - Sistema Editar Registro Janela Arquivo Relatório

Banco de Pontos

Projeto: CP Sub-Projeto: MIZ Data: / /
 Geólogo: SD-23-Z-D-11 Município: Foto Aérea: 330

Código: BCF UTM - NS: 8328897.6300 Alteração: ESPH
 Número: 2 UTM - EW: 763537.4700 Estratigrafia: ESPH
 Sub_ponto: 2 Latitude: 0.00
 Longitude: 0.00
 Tan. Afl. X: 0 m
 Tan. Afl. Y: 0 m

Toponímia: ALTO DA SERRA DO CANTINHO

Descrição:
 Estrutura
 Rocha/Amostra
 Estratigrafia
 Litologia
 Geoquímica
 Foto Campo

< Ajuda > < Novo > < Salva >

< Proximo > < Anterior > < Inicio > < Fim > < Localiza > < OK >

Figura 3.5: Menu de seleção do BD Complementar que será manipulado.

Geomig - Sistema Editar Registro Janela Arquivo Relatório

Descrição dos Pontos

Código: BCF
 Número: 2
 Sub_ponto: 2

Descrição: Mesocrita quartzito predominantemente máfica. CTRL+TAB para sair
 Litologia: Quando foliado ou fraturado desenvolve níveis oxidados. CTRL+TAB para sair
 Observação: CTRL+TAB para sair

< Ajuda > < Novo > < Salva > < Cancela >

< Proximo > < Anterior > < Inicio > < Fim > < Localiza > < OK >

Figura 3.6: Tela para edição dos dados da descrição do ponto.

3.II.2.2 - Banco de Dados de Rocha / Amostra

O segundo BD Complementar apresentado no *menu* corresponde às informações de rochas e amostras do ponto. A tela de rochas e amostras (Figura 3.7) consiste em campos com tamanhos definidos, onde alguns são codificados e ligados aos BDs de Códigos. A Figura 3.8 mostra como é o acesso ao código de rochas, o qual já contém várias rochas codificadas. Desta forma, o operador seleciona a rocha a ser inserida e o seu código é passado diretamente para o campo na tela de Rocha/Amostra.

Os minerais descritos macroscopicamente também serão inseridos nessa tela de forma codificada. O operador seleciona interativamente no BDs de Código de Elementos/Minerais os minerais descritos (Figura 3.9).

Quando há coleta de amostras, o número da amostra deve ser inserido também nessa tela e, caso esta tenha sido orientada para análise estrutural, deve-se inserir a estrutura que serviu de orientação, com a sua respectiva medida (Figura 3.10).

3.II.2.3 - Banco de Dados de Medidas Estruturais

O terceiro BD Complementar apresentado no *menu* corresponde às medidas estruturais do ponto. A tela de informações estruturais (Figura 3.11) consiste em campos com tamanhos definidos e com alguns codificados. O processo de seleção interativa dos campos codificados é semelhante aos apresentados nas telas anteriores.

3.II.2.4 - Banco de Dados de Lâminas

O quarto BD Complementar apresentado no *menu* corresponde às informações retiradas de lâminas e seções polidas. A tela de lâminas (Figura 3.12) consiste em campos com tamanhos definidos e com alguns codificados. O processo de seleção interativa dos campos codificados é semelhante aos apresentados nas telas anteriores.

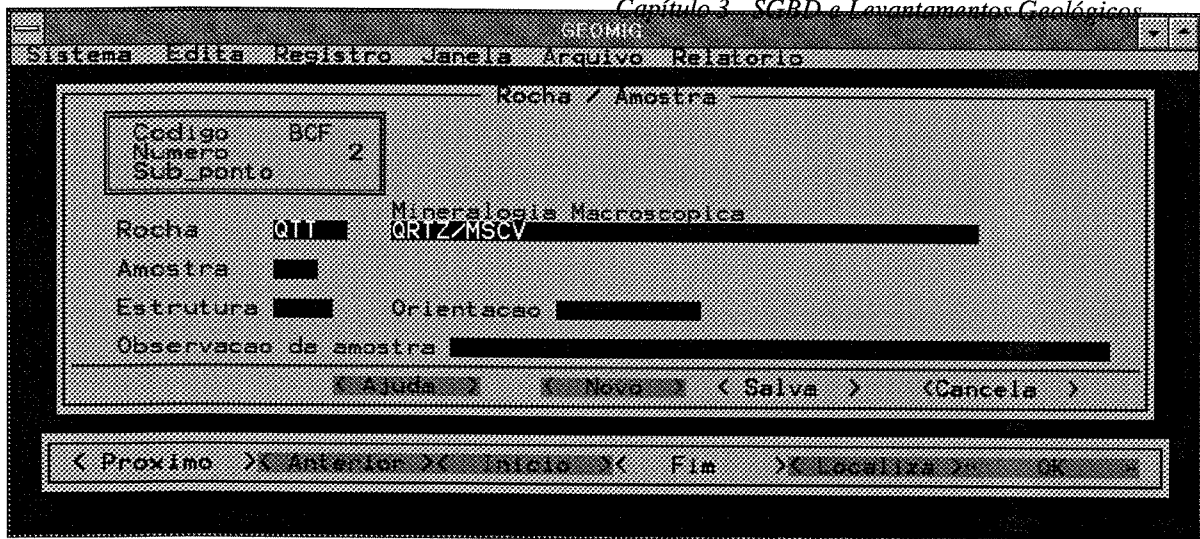


Figura 3.7: Tela para edição dos dados de rochas e amostras.



Figura 3.8: Tela para seleção interativa dos códigos de rocha.

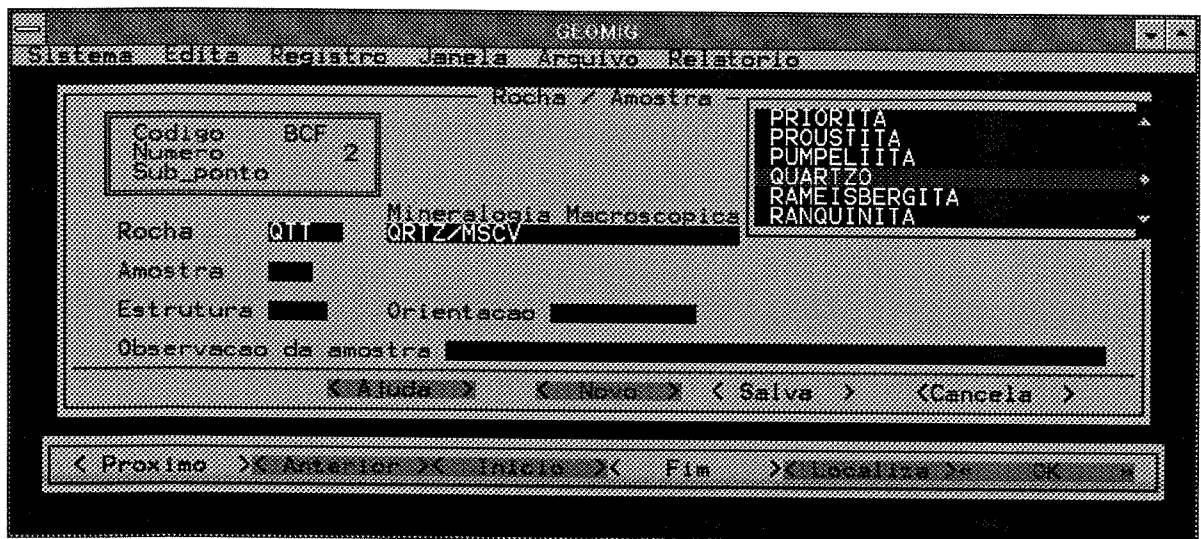


Figura 3.9: Tela para seleção interativa dos minerais/elementos.

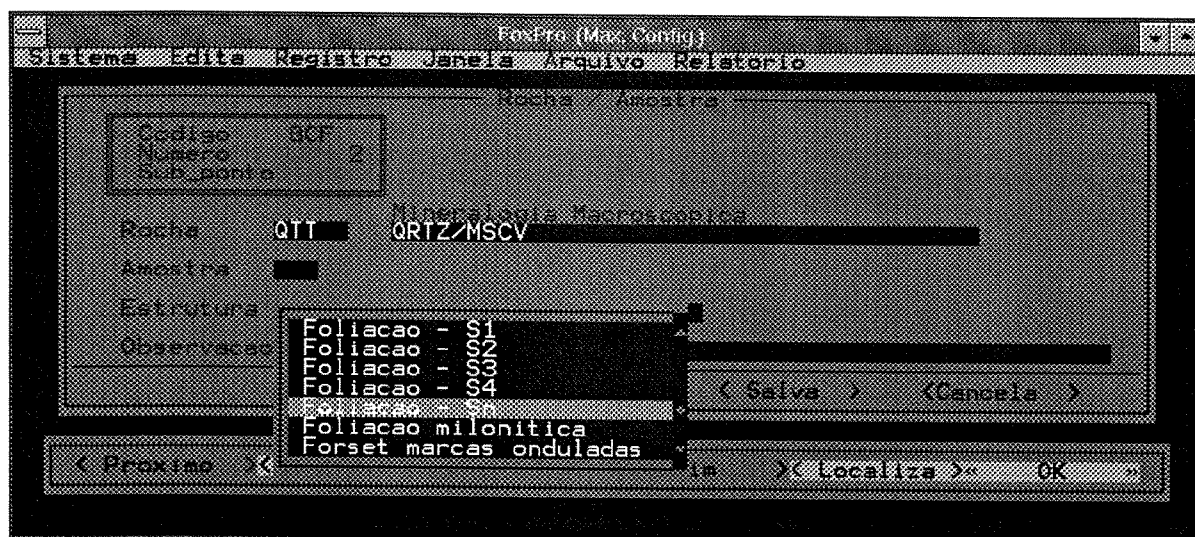


Figura 3.10: Tela para seleção interativa dos códigos de medidas estruturais.

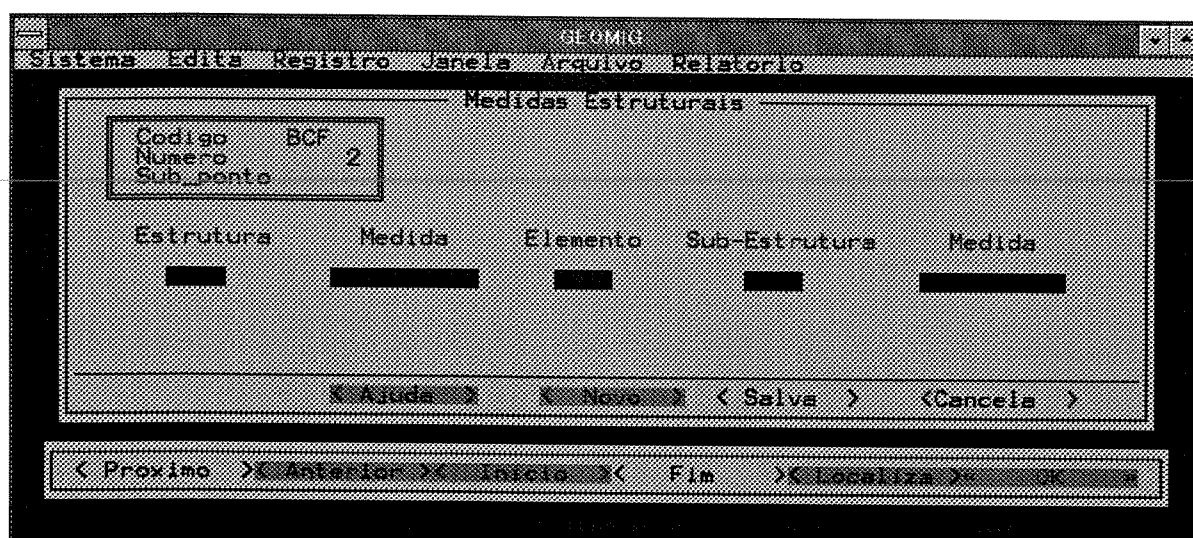


Figura 3.11: Tela para edição dos dados de medidas estruturais.

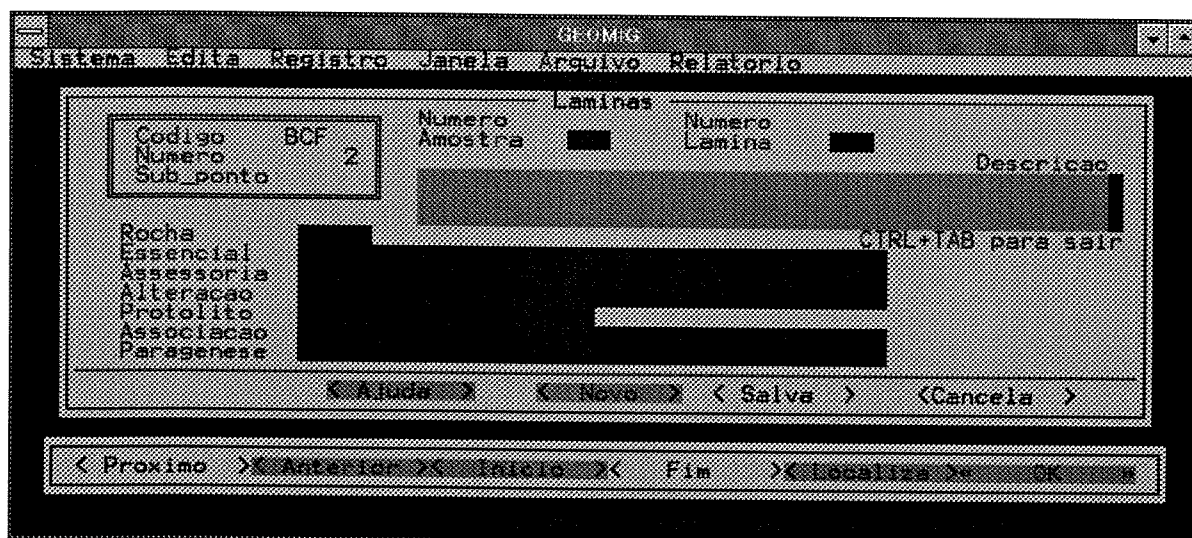


Figura 3.12: Tela para edição dos dados de lâminas.

3.II.2.5 - Banco de Dados de Geoquímica

O quinto BD Complementar apresentado no *menu* corresponde às informações geoquímicas dos pontos. A tela de geoquímica (Figura 3.13) consiste em campos com tamanhos definidos e com alguns codificados. O processo de seleção interativa dos campos codificados é semelhante aos apresentados nas telas anteriores.

3.II.2.6 - Banco de Dados de Fotografias de Campo

O sexto BD Complementar apresentado no *menu* corresponde às informações de fotografias tiradas em campo. A tela de fotografias de campo (Figura 3.14) consiste em campos com tamanhos definidos e com alguns codificados. O processo de seleção interativa dos campos codificados é semelhante aos apresentados nas telas anteriores.

O ideal consiste em armazenar as fotografias tiradas em campo no BD através da sua escanerização. Dessa forma, ao se selecionar um ponto contido no GEOMIG, poderia ser feita a visualização na tela da fotografia referente a esse ponto. Esse processo ainda não está implementado nessa versão do GEOMIG embora toda a estrutura para armazenar futuramente essa informação já esteja preparada.

3.II.3 - Edição dos BDs Através do Comando *BROWSE*

A manutenção dos BDs de Códigos, Complementares e Central pode ser feita através da opção <*LOCALIZA*> no *menu* inferior da tela principal. A tela acionada por essa opção (Figura 3.15) possibilita a edição de qualquer BDs (Figura 3.16) através do comando *BROWSE* do FOX (Figura 3.17). A localização de um registro através de uma condição também pode ser efetuada com a inserção do código no quadro situado no centro da tela de localização (Figura 3.15).

3.II.4 - Relatórios Emitidos pelo GEOMIG

A saída dos dados pode ser feita através de um relatório ou através de um arquivo digital para enviar informações para programas como CADD, SGI ou PDI. A Figura 3.18 mostra como é escolhido o relatório a ser emitido.

The screenshot shows the 'Dados Geoquímicos' (Geochemical Data) window in the GEOMIG application. The window has a menu bar with 'Sistema', 'Edita', 'Registro', 'Janela', 'Arquivo', and 'Relatorio'. The main area contains several input fields: 'Codigo' (BCF), 'Numero' (2), 'Sub_ponto', 'Numero Amostra', 'Metodo Analitico', 'Elemento', 'Status', 'Teor' (0.0000), and 'Unidade'. At the bottom, there are navigation buttons: '< Ajuda >', '< Novo >', '< Salva >', '< Cancela >', '< Proximo >', '< Anterior >', '< Inicio >', '< Fim >', '< Localiza >', and 'OK'.

Figura 3.13: Tela para edição dos dados geoquímicos.

The screenshot shows the 'Fotografias de Campo' (Field Photographs) window in the GEOMIG application. The window has the same menu bar as the previous one. The main area contains input fields for 'Codigo' (BCF), 'Numero' (2), 'Sub_ponto', 'Numero', 'Orientacao', and 'Observacao'. A note 'CTRL-TAB para sair' is visible next to the 'Observacao' field. At the bottom, there are navigation buttons: '< Ajuda >', '< Novo >', '< Salva >', '< Cancela >', '< Proximo >', '< Anterior >', '< Inicio >', '< Fim >', '< Localiza >', and 'OK'.

Figura 3.14: Tela para edição dos dados de fotografias de campo.

The screenshot shows the 'Pontos - Cadastro/Localiza' (Points - Registration/Localization) window in the GEOMIG application. The window has the same menu bar. The main area features a large list box for points. Below the list box are buttons for '< Apaga >', '< ↑ >', '< ↓ >', '< Grupo >', '< PROJETO >', '< = >', '< Insere >', '< Edita >', '< Limpa >', and '< Retorna >'. The window also includes a sidebar on the left with buttons for 'FICHA', 'LIVRO', 'FOLHA', and 'A'.

Figura 3.15: Tela para localização e edição de qualquer BDs do GEOMIG.



Figura 3.16: Tela para seleção do banco de dados a ser processado



Figura 3.17: Tela para edição do BD selecionado.



Figura 3.18: Tela para seleção do relatório a ser emitido.

Um exemplo simplificado de relatório do BD Central é mostrado na Figura 3.19.

COMIG - COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS						SUB-PROJETO : MONTEZUMA
PROJETO CAPTURA DE DADOS						
Data	Ponto	Utm - EW	Utm - NS	Toponímia	Unidade	
	Código Numero Sub				Estratigráfica	
14/10/92	BCF 56	0.0000	0.0000	TABOAS	EMBS	
14/10/92	BCF 57	0.0000	0.0000	TABOAS	EMBS	
14/10/92	BCF 58	0.0000	0.0000	DUAS ARVORES	ESPH	
14/10/92	BCF 59	0.0000	0.0000	A JUSANTE DA BARRAGEM DO ESPIG	EMBS	
14/10/92	BCF 60	0.0000	0.0000	FAZENDA Sr: JUCA.	ESPH	
14/10/92	BCF 61	0.0000	0.0000	DEUS - ME - LIVRE.	ESPH	
04/11/92	BCF 68	0.0000	0.0000	CABECEIRA DO BATI-BOTI	SQCT	
04/11/92	BCF 69	0.0000	0.0000	VOLTA DO MORRO	SQCT	
05/11/92	BCF 70	0.0000	0.0000	FAZENDA CALINDE	EMBS	
05/11/92	BCF 71	0.0000	0.0000	ENTRE VOLTA DO MORRO E CALINDE	SQCT	
05/11/92	BCF 72	0.0000	0.0000	ENTRE VOLTA DO MORRO E CALINDE	SQCT	
05/11/92	BCF 73	0.0000	0.0000	FAZENDA CALINDE	SQCT	
05/11/92	BCF 74	0.0000	0.0000	FAZENDA CALINDE	SQCT	
05/11/92	BCF 75	0.0000	0.0000	VOLTA DO MORRO	EMBS	
05/11/92	BCF 76	0.0000	0.0000	VOLTA DO MORRO	SQCT	
05/11/92	BCF 77	0.0000	0.0000	VOLTA DO MORRO	SQCT	

Figura 3.19: Exemplo simplificado de relatório do BD Central.

3.II.5 - Saída para o GRASS

Um exemplo de informações codificadas contidas no GEOMIG que podem ser enviadas para os SGIs são os tipos de rochas descritas nos afloramentos. A Figura 3.20 mostra um arquivo contendo as rochas na região de Montezuma, que alimentará o SGI GRASS através de arquivos *SITES*.

```

763537.4700|8328897.6300|QTT
762611.0420|8328649.2660|XIS
760966.0700|8325918.9500|MTI
762476.6480|8320741.0360|GRT
766528.2840|8297633.2460|GRT
765856.8170|8296069.3080|XIS
763439.4400|8330721.4510|XIS
761791.3660|8325534.7340|QTT
765982.8640|8306845.3730|GNA
756099.4360|8299447.4860|XIS
755934.7290|8294116.5890|GNA
764432.2110|8328111.9120|QTT
765835.8940|8323169.3200|GNA
765394.7420|8322799.4300|GRT
761482.8990|8320504.9530|GRT
760055.4220|8321572.4650|XIS
760907.4740|8323568.9900|QTT
761314.4310|8325164.2370|XIS
760876.7680|8324060.6340|QTT

```

Figura 3.20: Exemplo de arquivo *Site* de rocha a ser enviado para o GRASS.

3.II.6 - Saída para o Programa de CADD AutoCAD 12

Um exemplo de informações codificadas contidas no GEOMIG que podem ser enviadas para os CADDs são as medidas estruturais. A Tabela 3.1 mostra um arquivo de medidas estruturais da região de Montezuma, que alimentará o AutoCAD através de arquivos DXFs utilizando um editor de textos com impressão mesclada para fazer a combinação das coordenadas e símbolos com um arquivo DXF padrão (Figura 3.21). A Figura 3.22 apresenta as linhas que devem ser adicionadas no início e no final do arquivo DXF gerado pela união da Tabela 3.1 com a Figura 3.21.

PONTO	UTME	UTMN	SNDIREÇÃO	SNMERGULHO	LMDIREÇÃO	LMCAIMENTO
02	763537.470	8328897.630	100	45	93	58
03	762611.042	8328649.266	55	40	92	40
04	760966.070	8325918.950	135	76	105	78
08	762476.648	8320741.036	105	75		
20	763439.440	8330721.451	315	85		
43	761791.366	8325534.734	160	30		
55	764432.211	8328111.912	320	63	350	60
56	765835.894	8323169.320	87	57		
57	765394.742	8322799.430	112	64		
99	760907.474	8323568.990	115	60		

Tabela 3.1: Exemplo de arquivo com medidas estruturais para ser enviado para o AutoCAD através de impressão mesclada com um arquivo DXF padrão.

Adicionado no início do arquivo gerado 0 SECTION 2 ENTITIES Adicionado no final do arquivo gerado 0 ENDSEC 0 EOF
--

Figura 3.22: Linhas a serem inseridas no início e no final do arquivo DXF final gerado.

0	«UTME»
INSERT	20
8	«UTMN»
520-SIMB_LINEACAO	30
66	0.0
1	40
2	150.0
SIMLINEA	1
10	«LMCAIMENTO»
«UTME»	2
20	LINEACAO
«UTMN»	70
30	0
0.0	50
50	«LMCAIMENTO»
«LMDIREÇÃO»	7
0	ANGULO
ATTRIB	0
8	SEQEND
520-SIMB_LINEACAO	8
10	520-SIMB_LINEACAO

Figura 3.21: Arquivo DXF padrão para ser utilizado com o arquivo da figura anterior para gerar um terceiro arquivo através de impressão mesclada com o objetivo de alimentar o AutoCAD com medidas estruturais. (Arquivo dividido em duas colunas)

3.II.7 - Saída para o Programa de Análise de Medidas Estruturais MICRONET

As informações referentes às medidas estruturais contidas no GEOMIG podem ser enviadas para programas de análise de medidas estruturais. A Figura 3.23 mostra um arquivo de medidas estruturais de foliação da região de Montezuma gerado pelo GEOMIG, que alimentará o MICRONET através de arquivos com extensão DAT.

D	100/45
D	55/40
D	135/76
D	105/75
D	315/85
D	160/30
D	320/63
D	87/57
D	112/64
D	115/60

Figura 3.23: Arquivo DAT de medidas estruturais de foliação gerado pelo GEOMIG e processado pelo Micronet.

CAPÍTULO 4

EXEMPLOS DE INTERCÂMBIO DE DADOS ENTRE PROGRAMAS DE CADD, SGBD, PDI E SGI EM PROJETOS DE EXPLORAÇÃO MINERAL

A evolução dos sistemas especializados vem tornando comum a aplicação de rotinas, até então realizadas manualmente, através de computadores. Como visto anteriormente o item 1.II apresenta alguns exemplos de aplicações de SGBD, PDI, CADD e SGI em exploração mineral.

Neste capítulo no item 4.I ver-se-á exemplos de como podem os programas de CADD, SGBD e PDI intercambiar informações entre si, já no item 4.II, exemplos de como podem estes programas intercambiar informações com os SGIs.

4.I - INTERCÂMBIO DE DADOS ENTRE OS PROGRAMAS DE CADD, SGBD E PDI

Existe uma grande variedade de dados que podem ser intercambiados entre os programas de CADD, SGBD e PDI. Esse processo depende da natureza da informação a ser trocada entre programas. Desta forma, devem-se intercambiar esses dados, quando os mesmos podem ser mais úteis em outro aplicativo, visando uma interpretação geológica.

4.I.1 - Intercâmbio entre os Programas de CADD e SGBD

Com a consagração de alguns formatos de arquivos, grandes avanços foram feitos no sentido de intercambiar informações entre esses programas. Esse processo pode ser feito através de arquivos digitais específicos para intercâmbio de dados em formatos padronizados de acordo com o programa, ou diretamente através de leitura dos dados em um arquivo que ambos os programas aceitem (Figura 4.1).

4.I.1.1 - Transferência do SGBD GEOMIG para o CADD :

Medidas estruturais

Conforme o item 3.II.6, uma aplicação de transferência das informações contidas no CADD, através do GEOMIG, consiste nas medidas estruturais. Estas podem ser enviadas para o CADD já levando em consideração sua direção e mergulho. A Figura 4.2 mostra como é o fluxo dos dados nesse processo de transferência.

A Figura 4.3 mostra um exemplo do mapa geológico da região de Montezuma com as medidas estruturais importadas do GEOMIG.

4.I.1.2 - Transferência do CADD para o SGBD GEOMIG :

Coordenadas de Pontos Geológicos

Um exemplo de importação dos dados para o GEOMIG é a entrada de coordenadas UTMs de pontos levantados em campo. Essas coordenadas podem ser registradas no CADD, quando a localização dos pontos é feita em fotografias aéreas ou bases cartográficas. Quando as coordenadas dos pontos descritos em campo forem lidas através de GPS (*Global Positioning Systems*), as mesmas também podem ser importadas para os programas de CADD ou SGBD diretamente através de um arquivo digital, ou digitando-as através do teclado. A Figura 4.4 mostra uma porção do mapa geológico digitalizado no CADD com a localização de alguns pontos descritos em campo, retirados da base cartográfica. Essas coordenadas podem ser enviadas para o GEOMIG através de um arquivo DXF ou de um arquivo *TEMPLATE* utilizado pelo AutoCAD (Figura 4.5), para gerar um arquivo texto com os pontos geológicos e suas coordenadas (Tabela 4.1). Dessa forma, pontos descritos em campo e inseridos no GEOMIG podem ter suas coordenadas registradas, e posteriormente podem enviar informações geo-referenciadas para os SGIs e PDIs, ou até mesmo para realimentar o arquivo no CADD com novas informações.

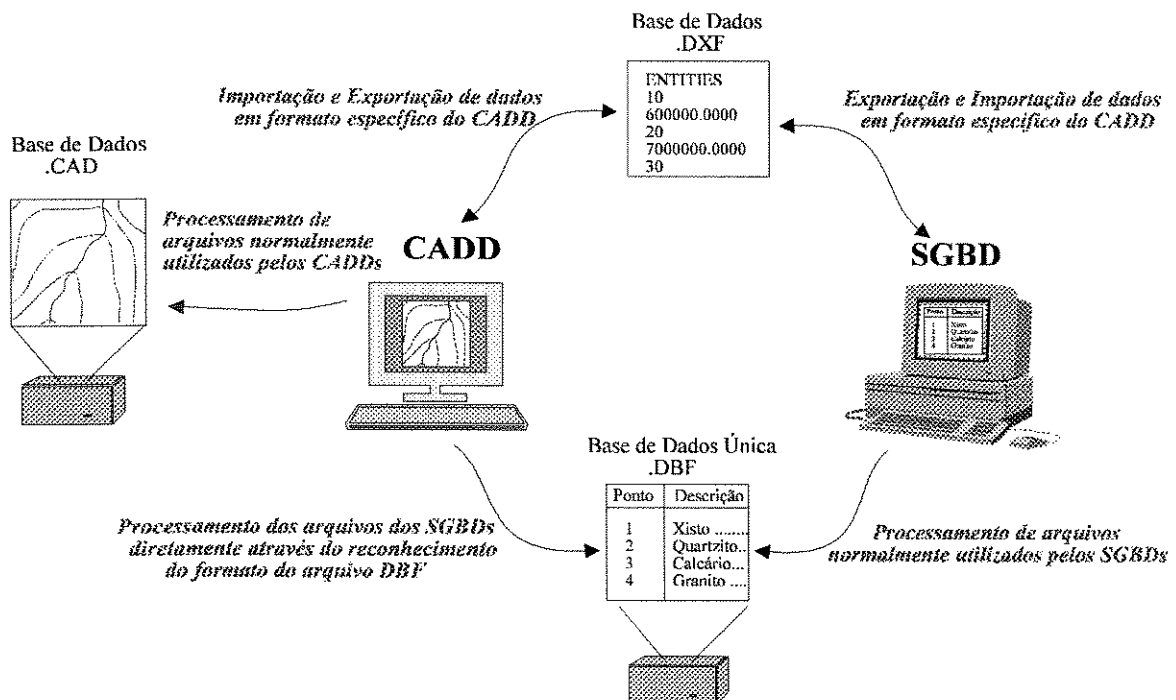


Figura 4.1: Algumas formas de intercâmbio de dados entre programas de CADD e SGBD.

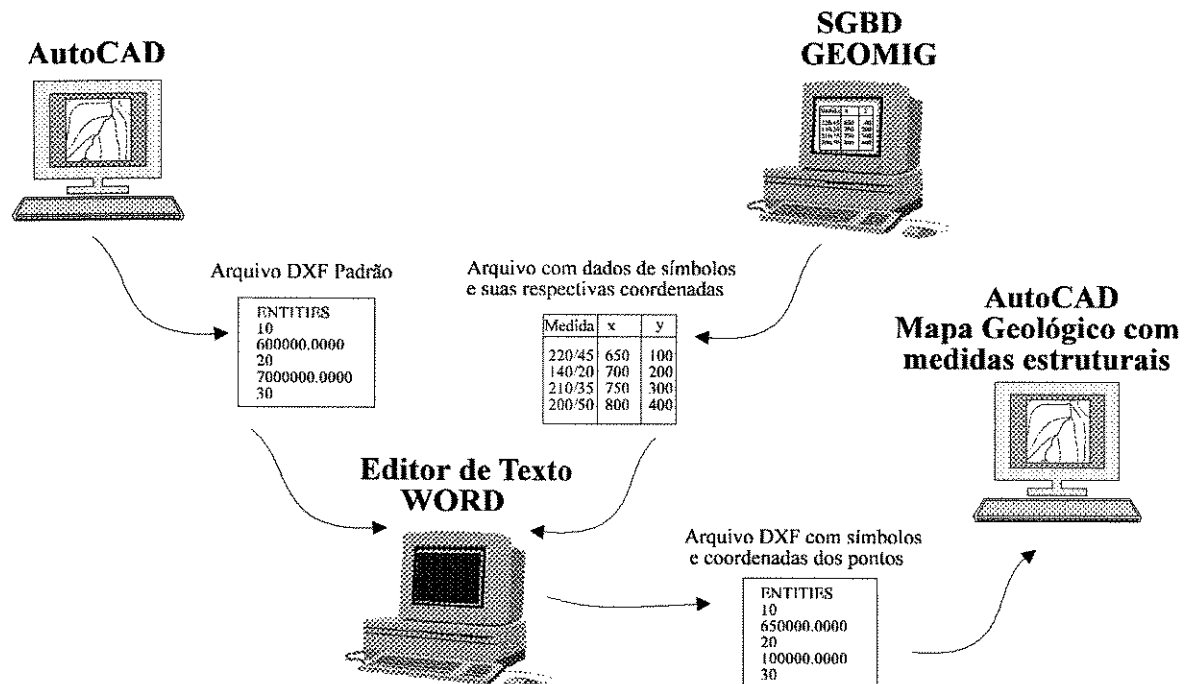


Figura 4.2: Fluxo da transferência dos dados de medidas estruturais do SGBD para o CADD.

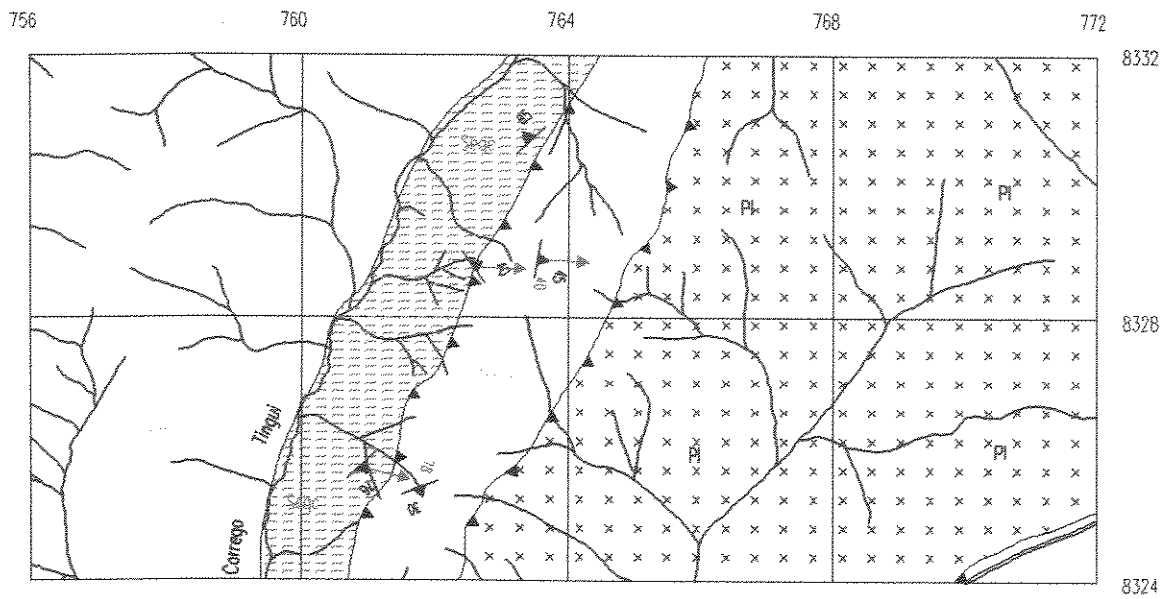


Figura 4.3: Porção do Mapa Geológico da Região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com as medidas estruturais importadas do GEOMIG.

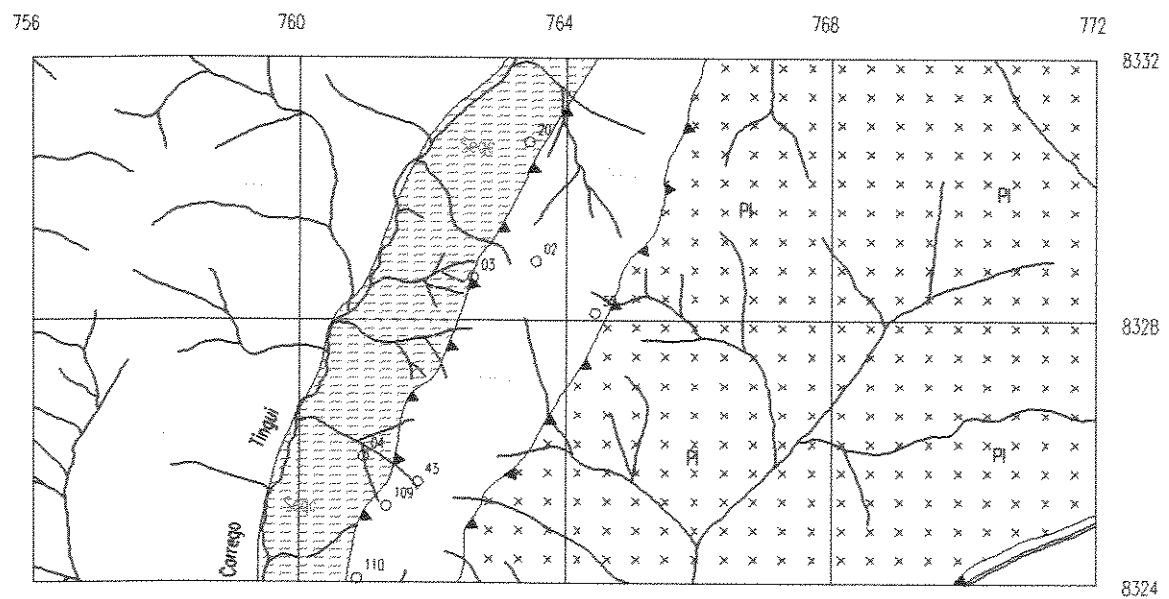


Figura 4.4: Porção do Mapa Geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) digitalizado no AutoCAD com a localização de alguns pontos descritos em campo, retirados da base cartográfica.

BL:SIMPTGEO	C008000
BL:X	N014003
BL:Y	N014003
BL:PT-GEO	C010000
PT-GEO	C010000

Figura 4.5: Arquivo *TEMPLATE* a ser utilizado pelo AutoCAD para gerar um arquivo com as coordenadas dos pontos geológicos.

Ponto Geológico	UTM E	UTM N
02	763537.470	8328897.630
03	762611.042	8328649.266
04	760966.070	8325918.950
08	762476.648	8320741.036
20	763439.440	8330721.451
43	761791.366	8325534.734
55	764432.211	8328111.912
56	765835.894	8323169.320
57	765394.742	8322799.430
70	761482.899	8320504.953
76	760055.422	8321572.465
99	760907.474	8323568.990
109	761314.431	8325164.237
110	760876.768	8324060.634

Tabela 4.1: Arquivo texto gerado pelo AutoCAD com os pontos geológicos e suas coordenadas.

4.I.1.3 - Intercâmbio entre o SGBD GEOMIG e o CADD:**Pontos geoquímicos e geofísicos**

O mesmo processo utilizado no item anterior pode também ser feito para transferir coordenadas de levantamentos geoquímicos e geofísicos do CADD para o SGBD. Em alguns levantamentos desse tipo, é comum utilizar-se malhas com pontos equidistantes, onde são coletados os dados. Dessa forma, pode-se alimentar tanto o programa de CADD quanto o SGBD com arquivos onde existem os números dos pontos com as coordenadas e os valores medidos. Já que o ponto deve ser tratado enquanto um símbolo no CADD, pode-se fazer o mesmo processo do item 4.I.1.1 para transferir essas informações para o CADD. A Figura 4.6 mostra um exemplo de um arquivo DXF padrão de símbolos para pontos geoquímicos, enquanto a Tabela 4.2 mostra os pontos geoquímicos com suas coordenadas.

0	<<UTME>>
INSERT	20
8	<<UTMN>>
710-PONTO_GEOQUIMICO	30
66	0.0
1	40
2	150.0
SIMPTGEQ	1
10	<<PONTOGEOQ>>
<<UTME>>	2
20	PT-GEQ
<<UTMN>>	70
30	0
0.0	7
0	ANGULO
ATTRIB	0
8	SEQEND
700-PONTO_GEOLOGICO	8
10	710-PONTO_GEOQUIMICO

Figura 4.6: Exemplo de um arquivo DXF padrão para pontos geoquímicos.

(Arquivo dividido em duas colunas)

PONTOGEOQ	UTME	UTMN
180	765510	8325770
190	767840	8326430
200	764910	8330330
240	761260	8329280
250	762710	8328400
270	765030	8331360
280	760810	8327730
320	757190	8324220
330	768610	8326280
350	768670	8326980
380	761110	8327930
500	763460	8329280
540	761610	8327930
600	761660	8325830
630	762210	8328730
690	761160	8326430

Tabela 4.2: Pontos geoquímicos com suas coordenadas.

Assim como foram processados esses dados para medidas estruturais (Figura 4.3), os pontos geoquímicos também podem utilizar esses formatos de arquivos para serem importados pelo CADD. A Figura 4.7 mostra um fragmento do mapa geológico com esses pontos geoquímicos.

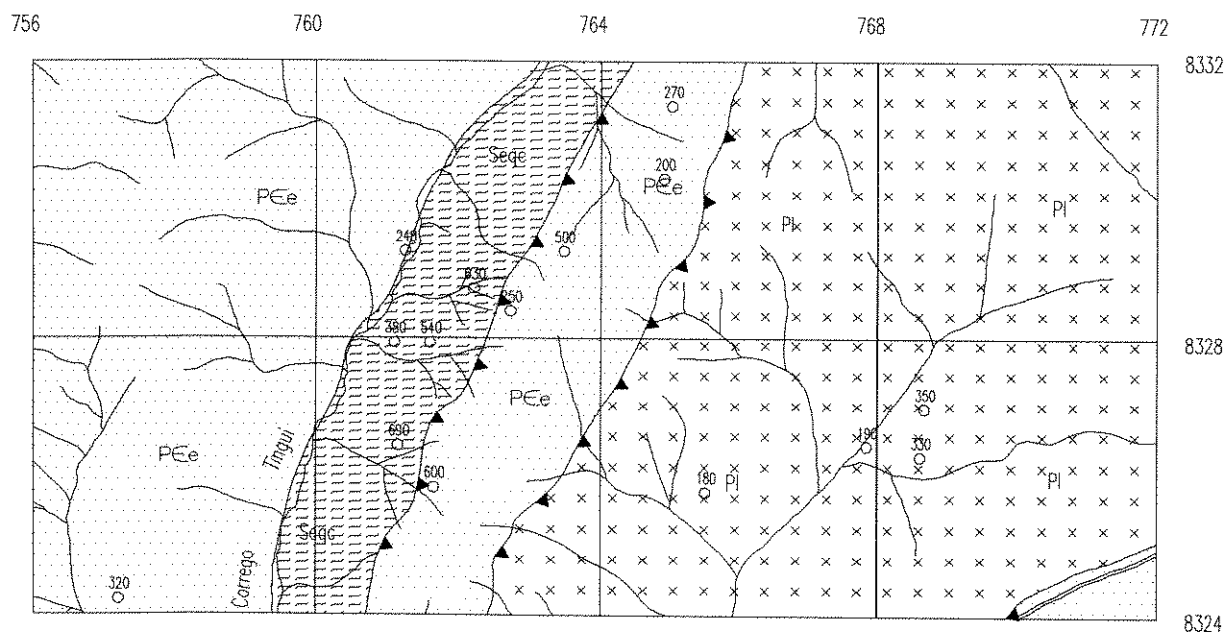


Figura 4.7: Porção do Mapa Geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com alguns pontos geoquímicos.

4.I.1.4 - Acesso Direto do AutoCAD a Um Arquivo DBF do SGBD

Como exemplificado na Figura 4.1, o programa AutoCAD acessa diretamente arquivos de alguns SGBDs. Essa pesquisa é feita através de uma *chave de acesso*, que é comum ao arquivo do CADD e ao do SGBD. Na versão utilizada, o AutoCAD reconhece os bancos de dados dos seguintes SGBDs: *DBASE*, *PARADOX*, *ORACLE* e *INFORMIX*. Como o SGBD utilizado foi o *FoxPro*, o acesso direto aos arquivos do GEOMIG ainda não pode ser feito. Conforme informado verbalmente pela Autodesk (fabricante do AutoCAD), o acesso aos BDs do *FoxPro* estará disponível brevemente.

Para exemplificar como é feito esse acesso foi criado um banco de dados simples em *DBASE*, com o número do ponto geológico servindo como chave de acesso. A Figura 4.8 mostra uma porção do mapa geológico com a localização de um ponto geológico que contém uma chave de acesso com o mesmo nome no BD do *DBASE*. A Figura 4.9 mostra uma tela com as informações desse ponto contidas no arquivo DBF, as quais são acessadas de dentro do programa de CADD.

Conforme o item 1.II.1 o AutoCAD pode utilizar a linguagem de 4ª geração SQL para processar informações contidas em BDs. Através dessa linguagem podem-se criar, inserir ou editar informações contidas nos BDs. Desta forma, não é necessário ter um SGBD para processar informações em BDs associadas a dados gráficos no CADD, quando o volume e a complexidade dessas informações são baixos.

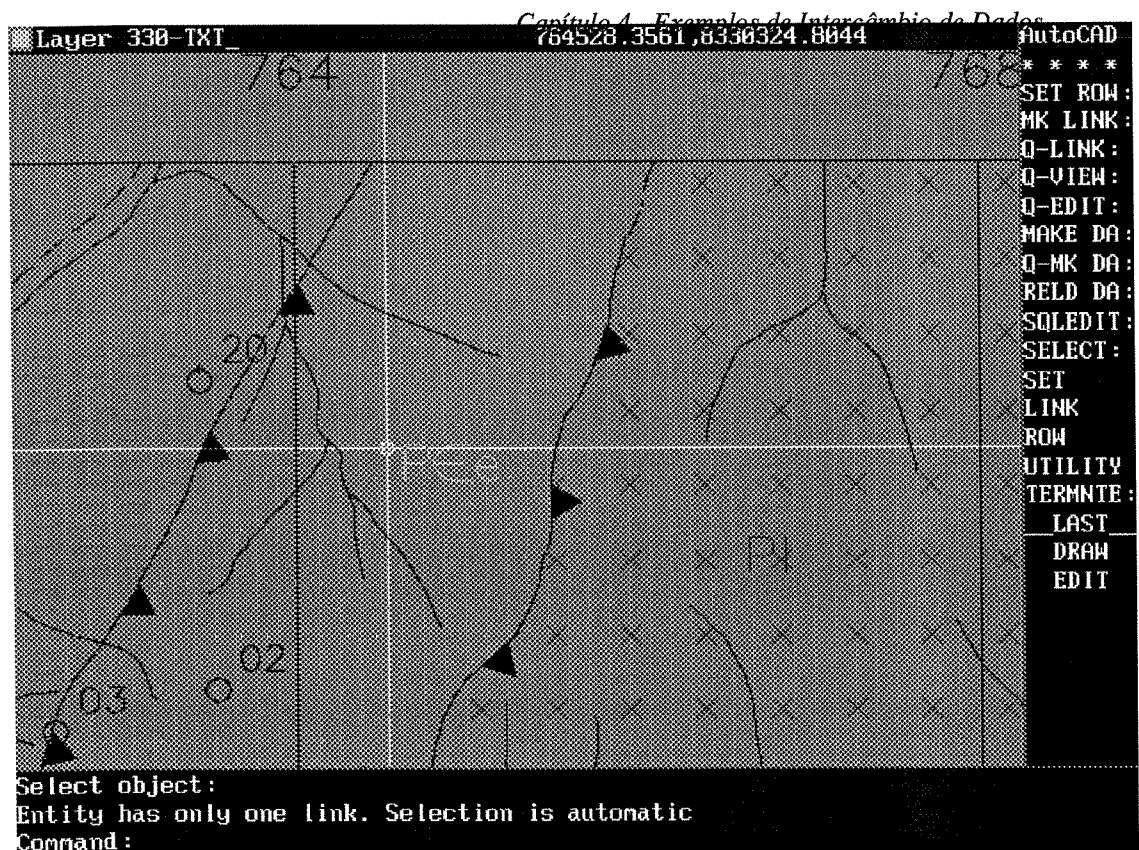


Figura 4.8: Tela do AutoCAD exibindo uma porção do Mapa Geológico da região de Montezuma o ponto geológico 20, onde esse número corresponde a uma *chave de acesso* para o BD em DBASE.

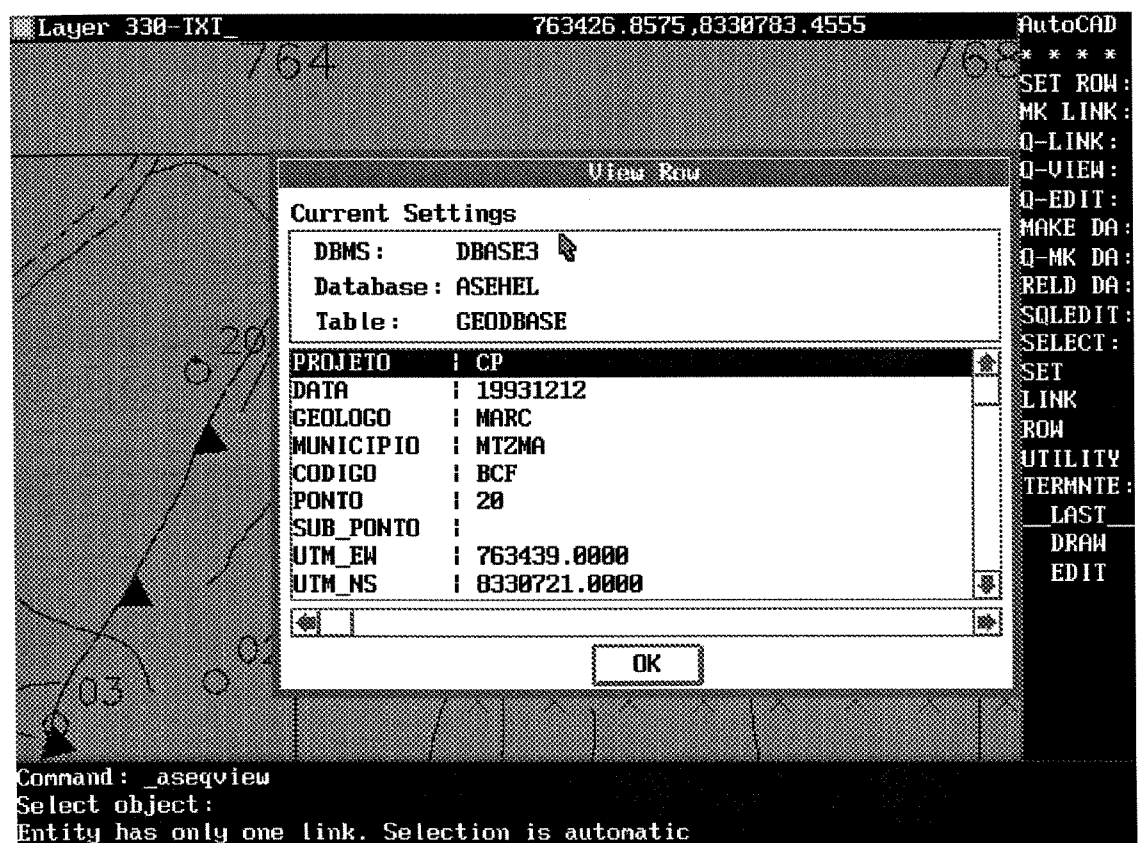


Figura 4.9: Tela do AutoCAD exibindo as informações do ponto geológico 20 contidas no BD com o número do ponto correspondendo a *chave de acesso*.

4.1.2 - Intercâmbio entre os Programas de CADD e PDI

O PDI permite, com o realce de atributos espaciais e espectrais de imagens de satélite, radar e fotografias aéreas, extrair uma vasta gama de informações geológicas e de outra natureza. Dados gerados por levantamentos geoquímicos e geofísicos também podem ser processados por estes programas, desde que convertidos primeiramente em *grids* e posteriormente transformados em imagens.

Dados vetoriais podem ser superpostos nessas imagens, com o objetivo de auxiliar a interpretação de anomalias encontradas através do PDI. Tal processo pode facilitar a localização geográfica dessas anomalias e comparar informações extraídas de mapas geológicos e bases cartográficas com as imagens processadas. Da mesma forma, dados vetoriais, como feições geológicas de interesse extraídas das imagens de sensoriamento remoto, geofísica e geoquímica, podem ser geradas através do PDI e enviadas para programas de CADD e SGI.

Para que esses dados possam ser superpostos digitalmente, é necessário que ambos estejam em formato digital com o mesmo sistema de coordenadas. Dessa forma, uma solução seria a de ter uma imagem corrigida geometricamente ou retificada e os dados vetoriais em coordenadas UTM.

O processo de importação dos dados pode ser realizado através de arquivos com formato padrão. O programa de PDI ERMMapper importa e exporta o formato de arquivo DXF do programa AutoCAD. Dessa forma, os dados digitalizados no AutoCAD podem ser importados para o ERMMapper e vice-versa.

4.1.2.1 - Superposição da Imagem de Satélite com a Base Cartográfica

Franca (1993) corrigiu a imagem de satélite da região de Montezuma e importou, através de arquivos em formato DXF, as informações da base cartográfica (Figura 4.10).

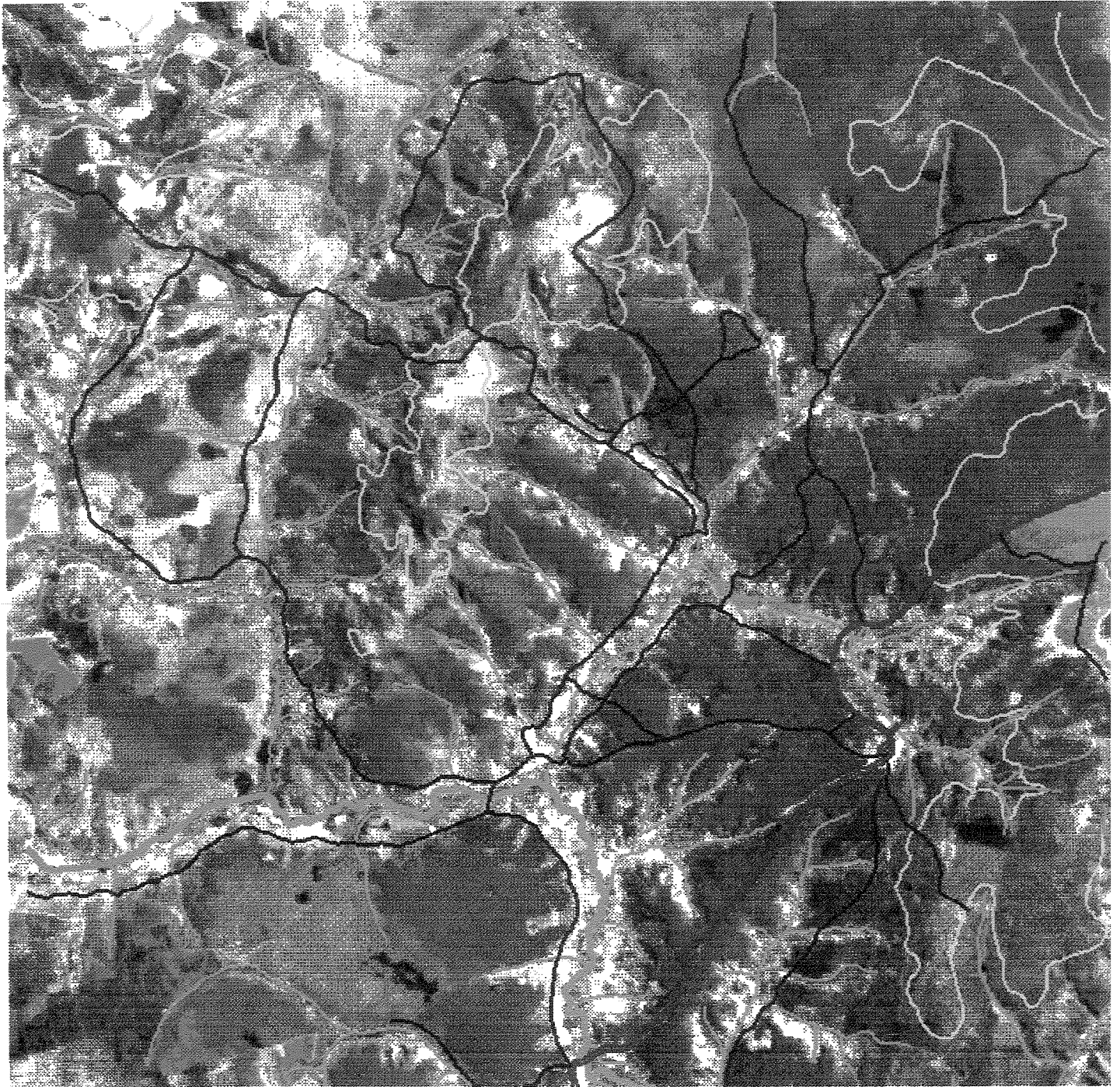


Figura 4.10: Porção da Imagem de Satélite da região de Montezuma com as informações da base cartográfica oriundas do AutoCAD (Franca, 1993).

4.1.2.2 - Superposição da Imagem de Satélite com o Mapa Geológico

Franca (1993) superpôs os dados vetoriais correspondentes aos contatos geológicos da mesma região para auxiliar a interpretação de imagens realçadas através de composição de bandas de imagens TM (Figura 4.11).

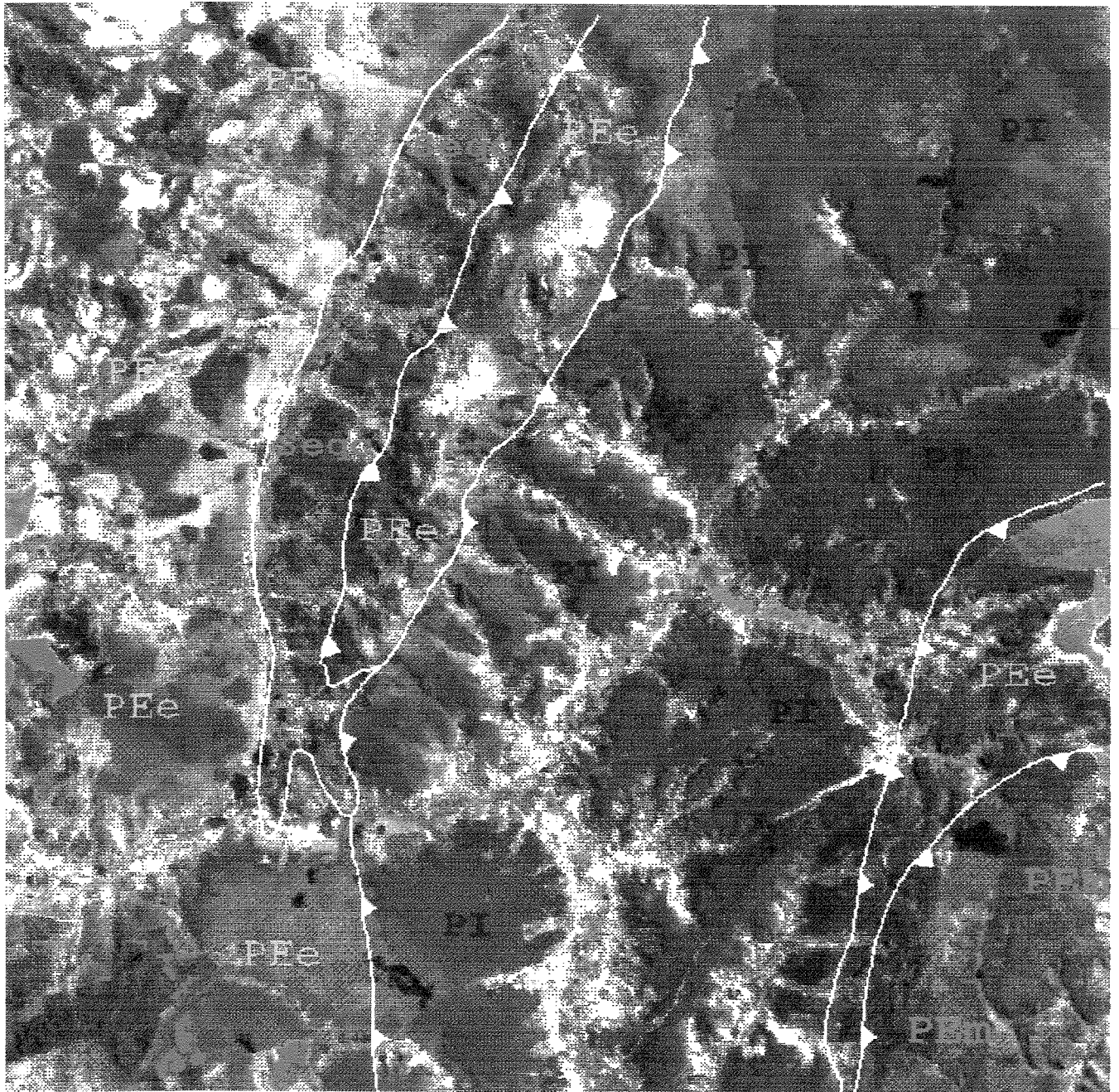


Figura 4.11: Porção da Imagem de Satélite da região de Montezuma com as informações do Mapa Geológico oriundas do AutoCAD (Franca, 1993).

4.1.2.3 - Superposição da Fotografia aérea com a Base Cartográfica

Chula *et al.* (1993) mostram como fotografias aéreas e atributos extraídos destas podem ser geo-referenciados através de processos de retificação da fotografia escanerizada e dos seus atributos vetoriais. O trabalho mostra como é feito o intercâmbio de informações contidas no AutoCAD com informações contidas no programa de PDI ERMapper. A Figura 4.12 mostra o produto da superposição da fotografia corrigida com as informações vetoriais também corrigidas.

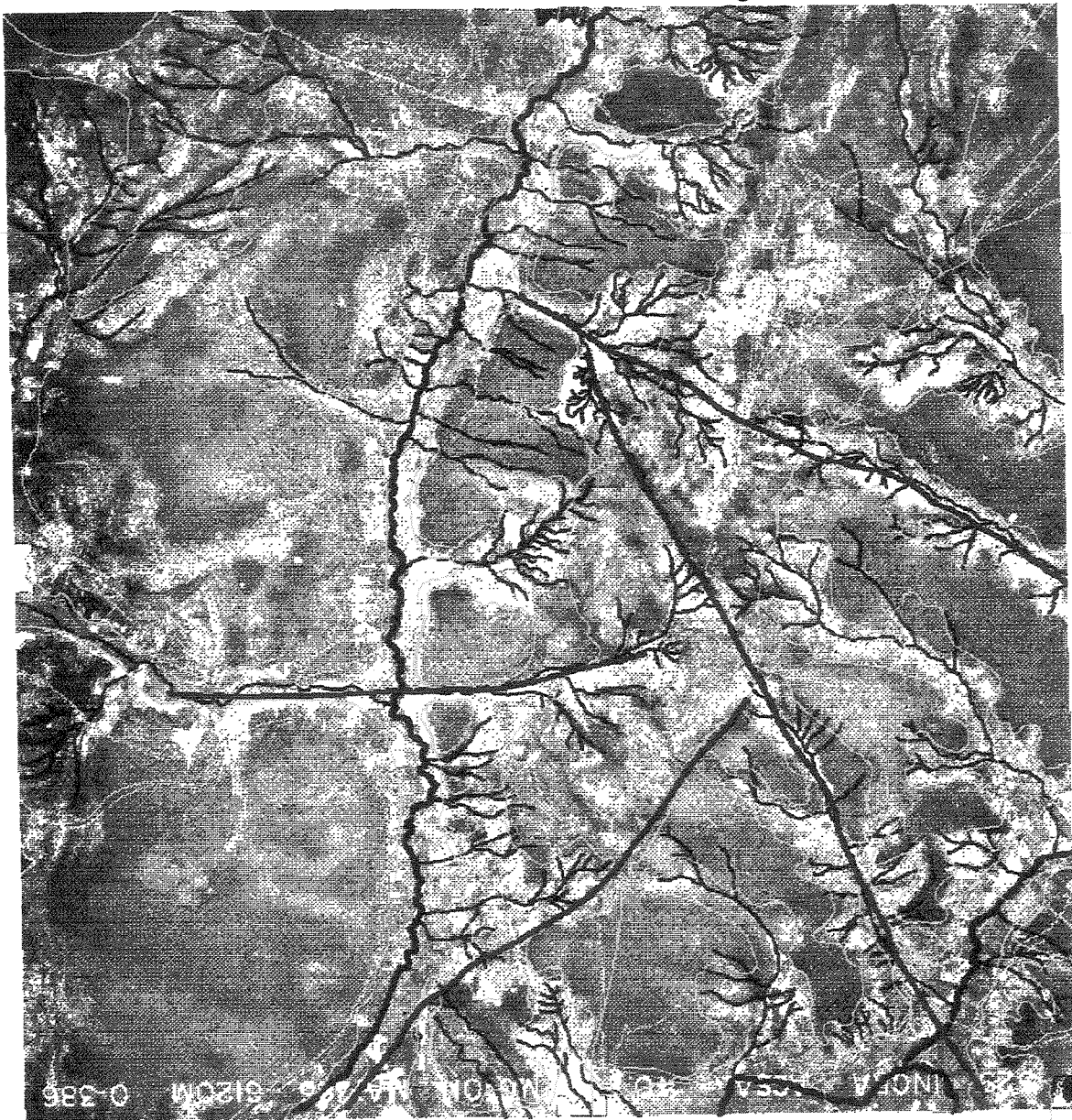


Figura 4.12: Produto da superposição da fotografia aérea corrigida com as informações vetoriais também corrigidas (Chula *et al.*, 1993).

4.1.2.4 - Superposição da Imagem de Satélite com Limites de Áreas Requeridas ao DNPM

As informações sobre controle de áreas requeridas ao DNPM podem ser precisamente inseridas nos mapas digitalizados nos programas de CADD através das coordenadas dos vértices dos polígonos que contornam essas áreas. Esse procedimento faz com que estes limites de áreas possam ser transferidos para programas de PDI e SGI. Franca (1993) mostra como esses polígonos podem ser superpostos à imagens de satélite (Figura 4.13). Através desse procedimento, anomalias detectadas em PDI podem ser comparadas aos pedidos de pesquisa junto ao DNPM, conseqüentemente, as anomalias que ainda não foram requeridas podem ser avaliadas e os seus pedidos podem ser encaminhados.

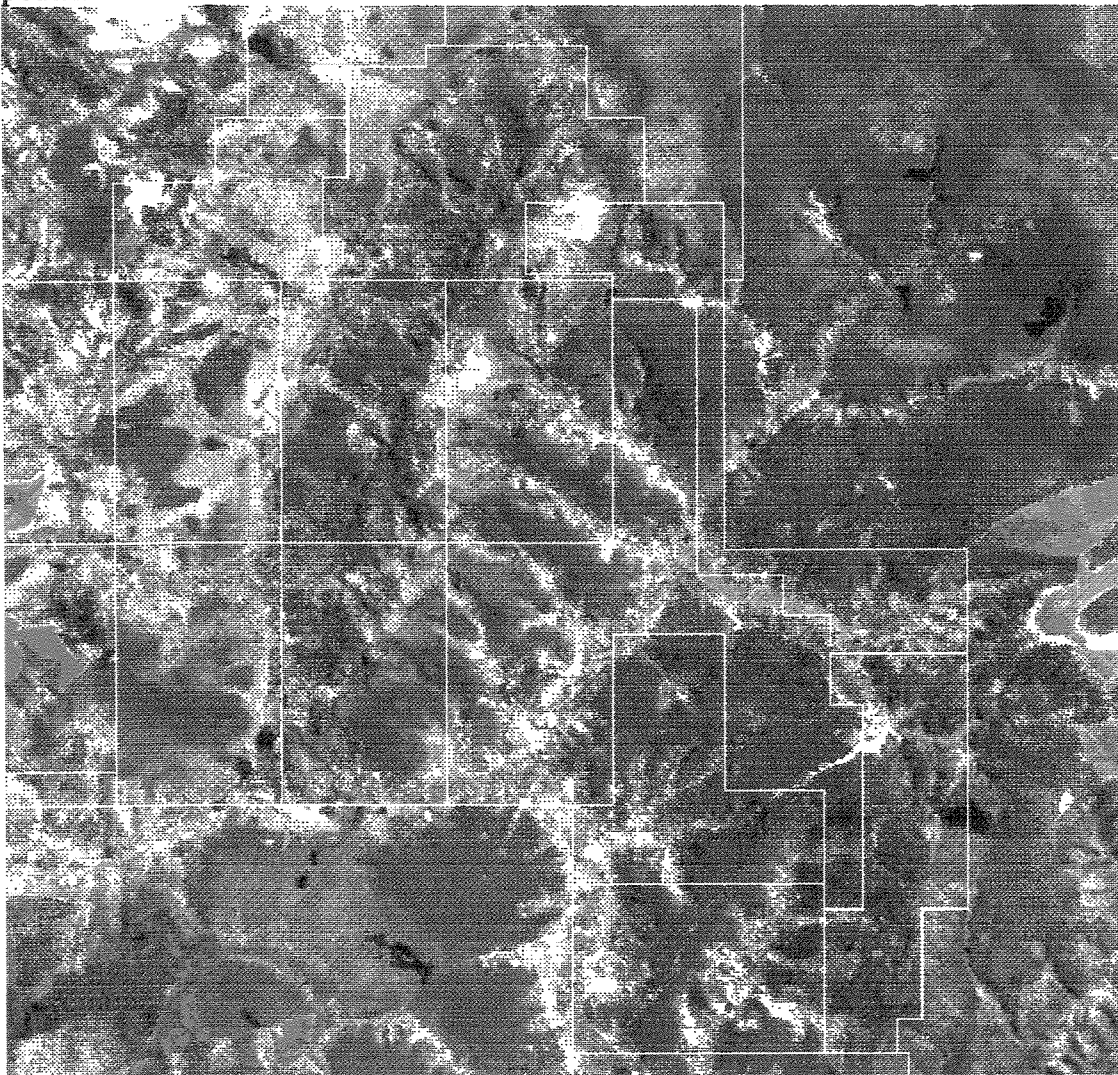


Figura 4.13: Porção da Imagem de Satélite com informações dos limites de áreas requeridas junto ao DNPM (Franca, 1993).

4.1.2.5 - Transferência de Fotolineamentos Extraídos do PDI

O processamento de imagens de sensoriamento remoto, geofísica e geoquímica através do PDI pode gerar, seja através de interpretação visual na tela do computador ou através de filtros específicos, informações vetoriais que podem ser úteis na confecção de mapas geológicos, elaboração de modelos ou integração de dados em SGI. Franca (1993) traçou fotolineamentos na imagem da região em estudo, através de filtros direcionais e interpretação visual na tela (Figura 4.14). Essas informações vetoriais podem ser transferidas para programas de CADD, para auxiliar a confecção de mapas geológicos, ou para SGI para auxiliar na integração de dados. Harris (1989) apresenta resultados na exploração mineral para ouro, tendo como base alguns fotolineamentos obtidos através desse processo de interpretação.

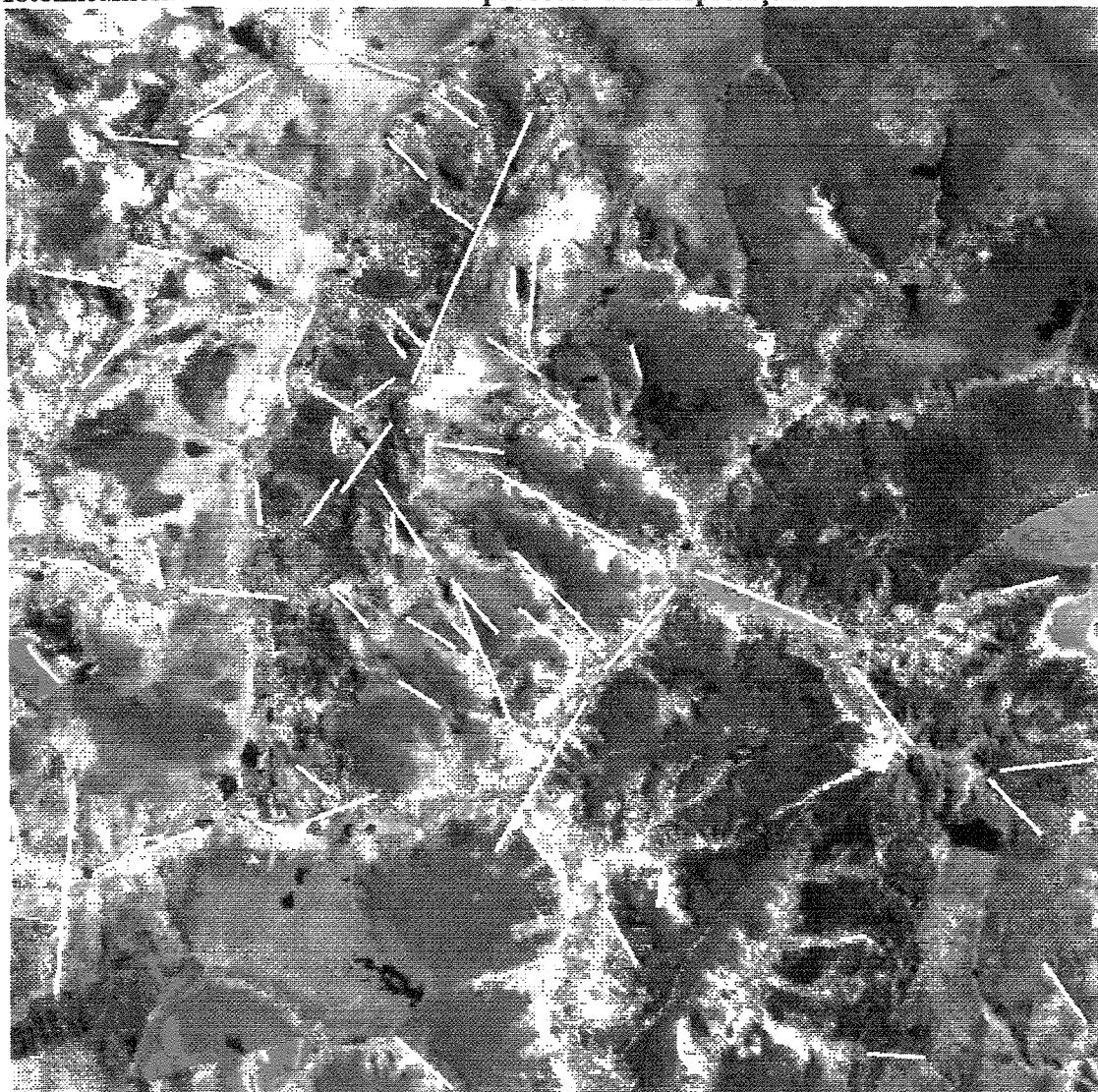


Figura 4.14: Fotolineamentos extraídos da Imagem de Satélite da região de Montezuma (Franca, 1993).

4.1.2.6 - Transferência de Classes Extraídas do PDI

Da mesma forma com foram obtidas as informações de fotolineamentos no item anterior, podem ser obtidas informações vetoriais com domínios de classes espectrais obtidas através do PDI. Essas classes podem representar anomalias úteis em exploração mineral , como descrito por Crosta (1990) e Loughlin (1991). Franca (1993) mostra uma anomalia na região em estudo que foi contornada por uma entidade vetorial (Figura 4.15). Desta forma, esses dados vetoriais obtidos através de PDI, também podem ser enviados para programas de CADD e SGI.

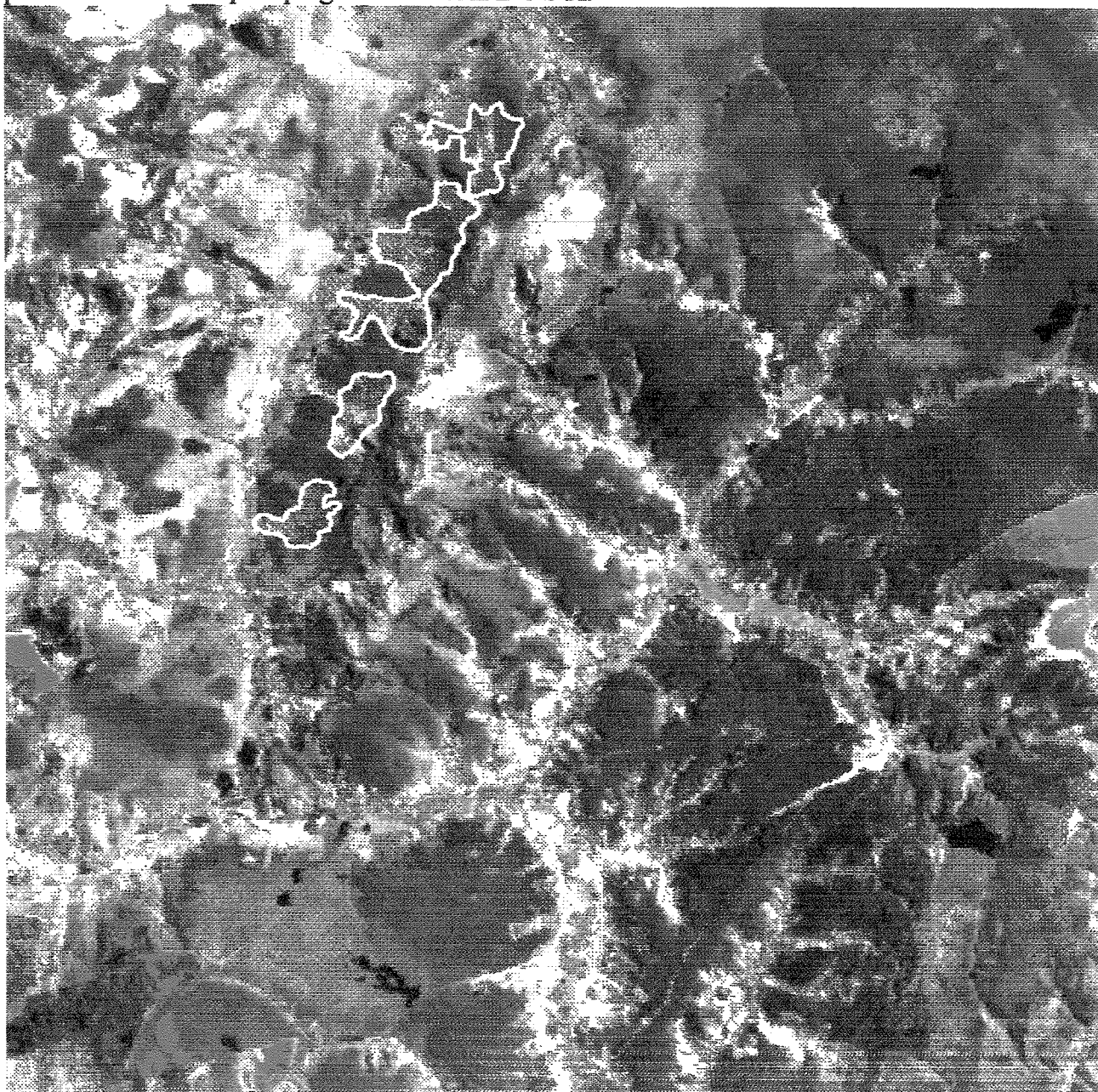


Figura 4.15: Anomalia espectral contornada por um vetor (Franca, 1993).

4.1.3 - Intercâmbio entre os Programas de SGBD e PDI

As informações armazenadas em SGBDs podem ser importadas pelos programas de PDIs através de arquivos em formato padrão, ou através de leitura direta dos BDs pelos programas de PDI.

Esse intercâmbio de informações pode facilitar a localização de anomalias encontradas através de PDI com a superposição visual de informações contidas nos SGBDs, como por exemplo, localização de ocorrências minerais.

O armazenamento de informações geoquímicas e/ou geofísicas em SGBDs, através de malhas pode fazer com que os SGBDs gerem imagens dessas áreas, compondo-as de acordo com a localização de cada ponto e do atributo medido nesse ponto. Dessa forma, além do SGBD armazenar informações dessa natureza junto com observações e descrições, poderá também gerar imagens para serem utilizadas pelos programas de PDI. O processo de geração da imagem é realizado utilizando os dados das coordenadas das malhas e dos resultados obtidos. Essas informações estão armazenadas nos SGBDs em forma de caracteres e armazenadas em forma de tabelas. A transformação desses dados para imagens consiste na mudança desses dados do formato em que estão para formatos de imagens. Nessas imagens os valores das coordenadas não são armazenados, somente são gravados os resultados em forma de *grids*, e de acordo com o programa de PDI a ser utilizado esses resultados são gravados em formato de números dos resultados ou dos correspondentes caracteres ASCII.

4.II - TRANSFERÊNCIA DE DADOS CONTIDOS NOS PROGRAMAS DE CADD, SGBD E PDI PARA O SGI COM BASE NA PADRONIZAÇÃO PROPOSTA

Os SGIs possuem as características necessárias para integração de dados utilizados em exploração mineral, com o objetivo de auxiliar a confecção de mapas geológicos, adequação e avaliação de modelos metalogenéticos, de forma a contribuir com informações para tomada de decisões em exploração mineral. Desta forma, são apresentados alguns exemplos de como esses programas especializados, utilizados em exploração mineral, podem intercambiar informações de forma a alcançar os objetivos citados. Resta, para trabalhos futuros, investigar a utilização de técnicas de integração aprimoradas, através de modelamentos espaciais, para processar essas informações nos SGIs de forma a utilizar estes sistemas com toda a sua capacidade.

4.II.1 - Intercâmbio entre os Programas de CADD e SGI

Os SGIs possuem normalmente funções para digitalizar e editar informações vetoriais, embora sejam frequentemente utilizados programas de CADD para confeccionar mapas geológicos. Dessa forma, para se fazer a integração dessas informações no SGI, é necessário transferi-las dos programas de CADD. As informações transferidas dos programas de CADD para o SGI podem ser referentes a polilinhas, como drenagens, estradas, curvas de nível, contatos geológicos ou informações pontuais, como localização de pontos geológicos, geoquímicos ou ocorrências minerais.

4.II.1.1 - Visualização da Base Cartográfica no SGI GRASS

A transferência das informações do AutoCAD para o SGI GRASS pode ser feita através de arquivos em formato DXF. Dessa forma, foram gerados arquivos DXF com as informações desejadas, os quais foram importados para o GRASS. A Figura 4.16 mostra a base cartográfica da região de Montezuma no GRASS, com informações de estradas, curvas de nível e drenagens.

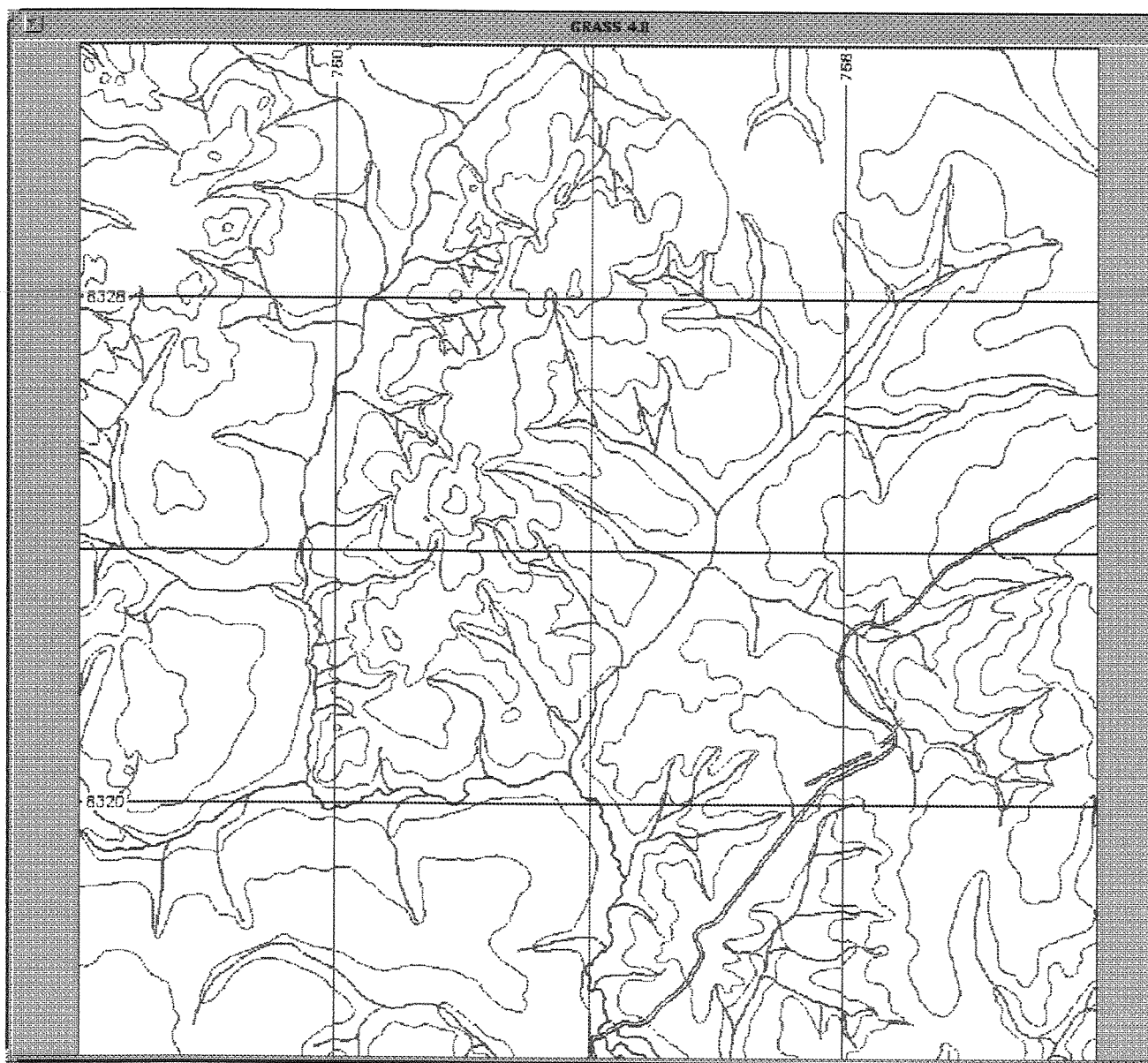


Figura 4.16: Base cartográfica da região de Montezuma no GRASS, com informações de estradas, curvas de nível e drenagens.

4.II.1.2 - Visualização do Modelo Digital do Terreno (DTM)

Através das curvas de nível, o GRASS pode gerar o Modelo Digital do Terreno (*Digital Terrain Model* - DTM) com a inserção das cotas de cada curva de nível. A Figura 4.17a mostra em planta o DTM da região de Montezuma com uma malha de 30 metros, enquanto a Figura 4.17b mostra a mesma região vista em perspectiva (Bloco Diagrama).

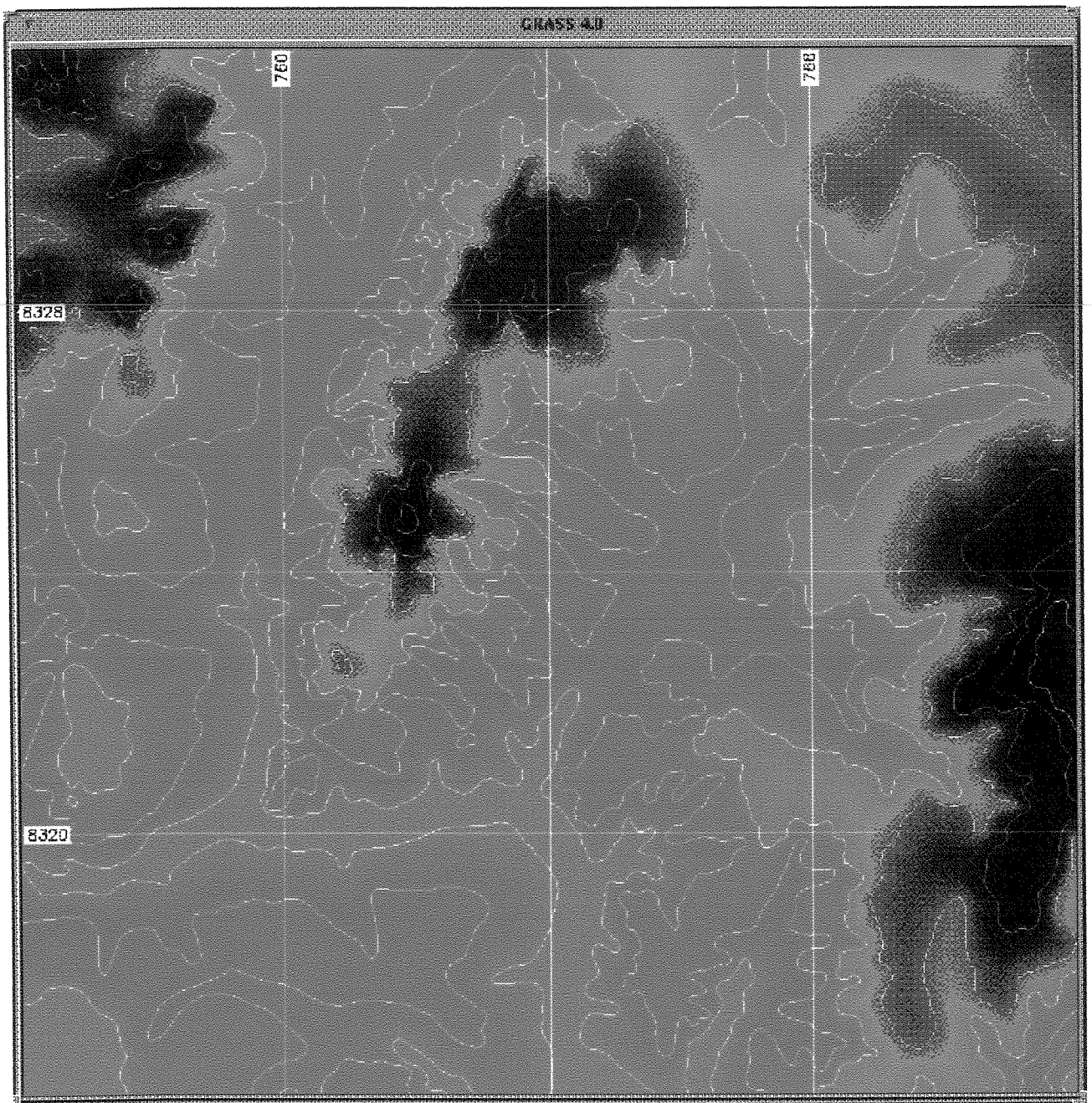


Figura 4.17a: DTM em planta da região de Montezuma com uma malha de 30 metros.

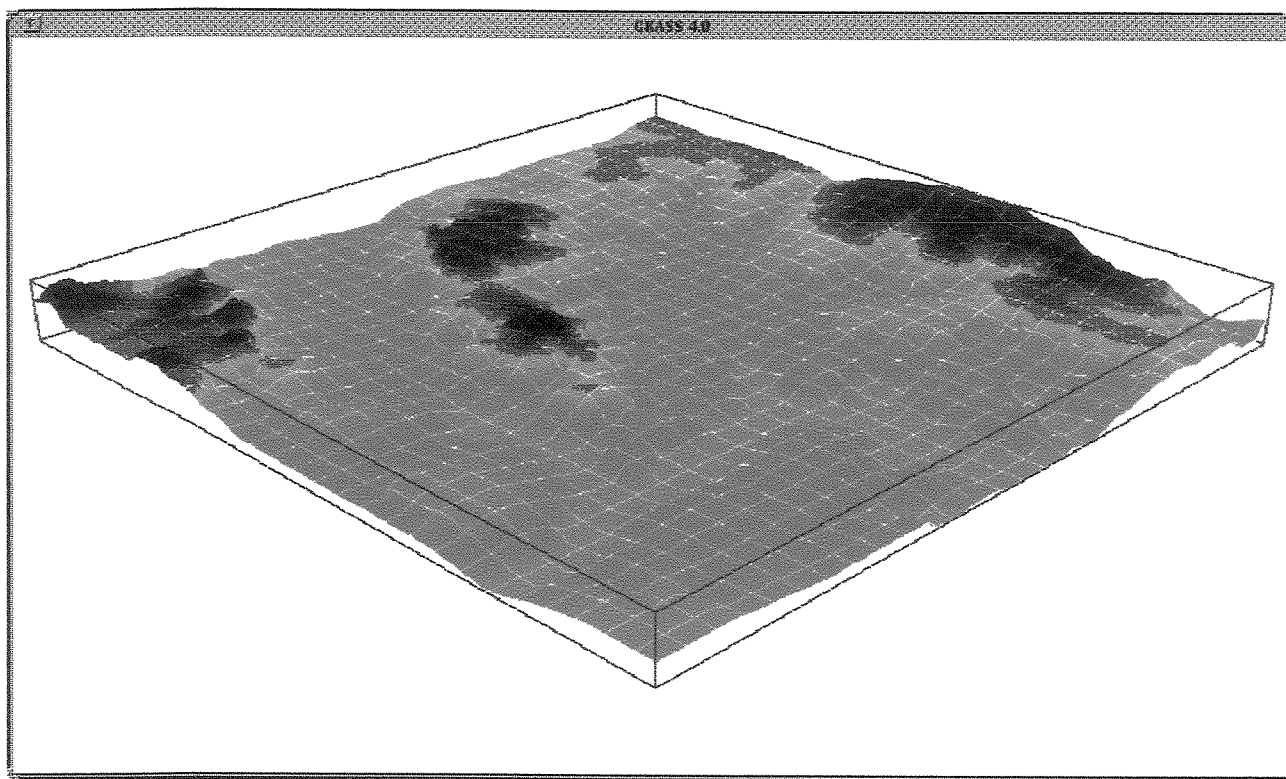


Figura 4.17b: DTM em perspectiva (Bloco Diagrama) da região de Montezuma, com uma malha de 30 metros.

A construção do DTM facilita a visualização da região e possibilita que informações de outras naturezas sejam superpostas através desse modelo. Através do DTM, pode-se gerar um mapa de declividade da região, que constitui mais uma informação de auxílio à integração de dados. A utilização do DTM com programas especializados pode gerar a rede de drenagens da região, bem como suas bacias de captação. Dessa forma, pode-se processar dados geoquímicos de concentrados de bateia por bacia de captação.

Da Vinci (1993) utilizam o DTM para diversas finalidades e mostram que várias informações podem ser geradas e utilizadas com fins de interpretar o por quê do DTM estar com as respectivas características.

4.II.1.3 - Visualização de Mapas Geológicos

A transferência de polilinhas referentes a contatos geológicos do AutoCAD para o GRASS é suficiente para que as classes geológicas sejam criadas no SGI. A Figura 4.18a mostra as classes geológicas da região de Montezuma em planta, enquanto a Figura 4.18b mostra essas classes vista em perspectiva. A Figura 4.18c apresenta a legenda das classes geológicas. Os resultados obtidos com mapas geológicos podem ser generalizados para qualquer tipo de mapa temático.

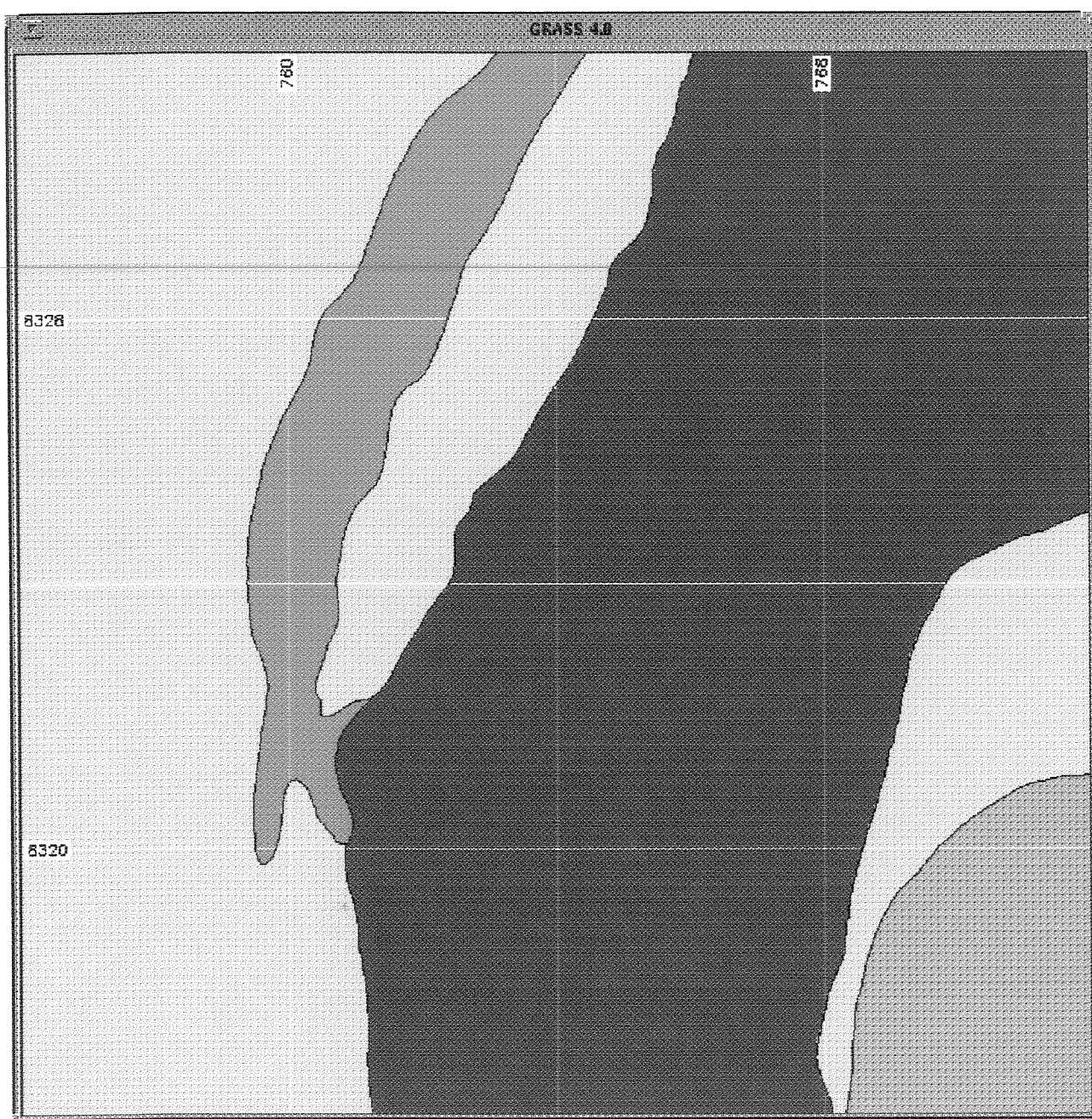


Figura 4.18a: Classes geológicas da região de Montezuma vista em planta.

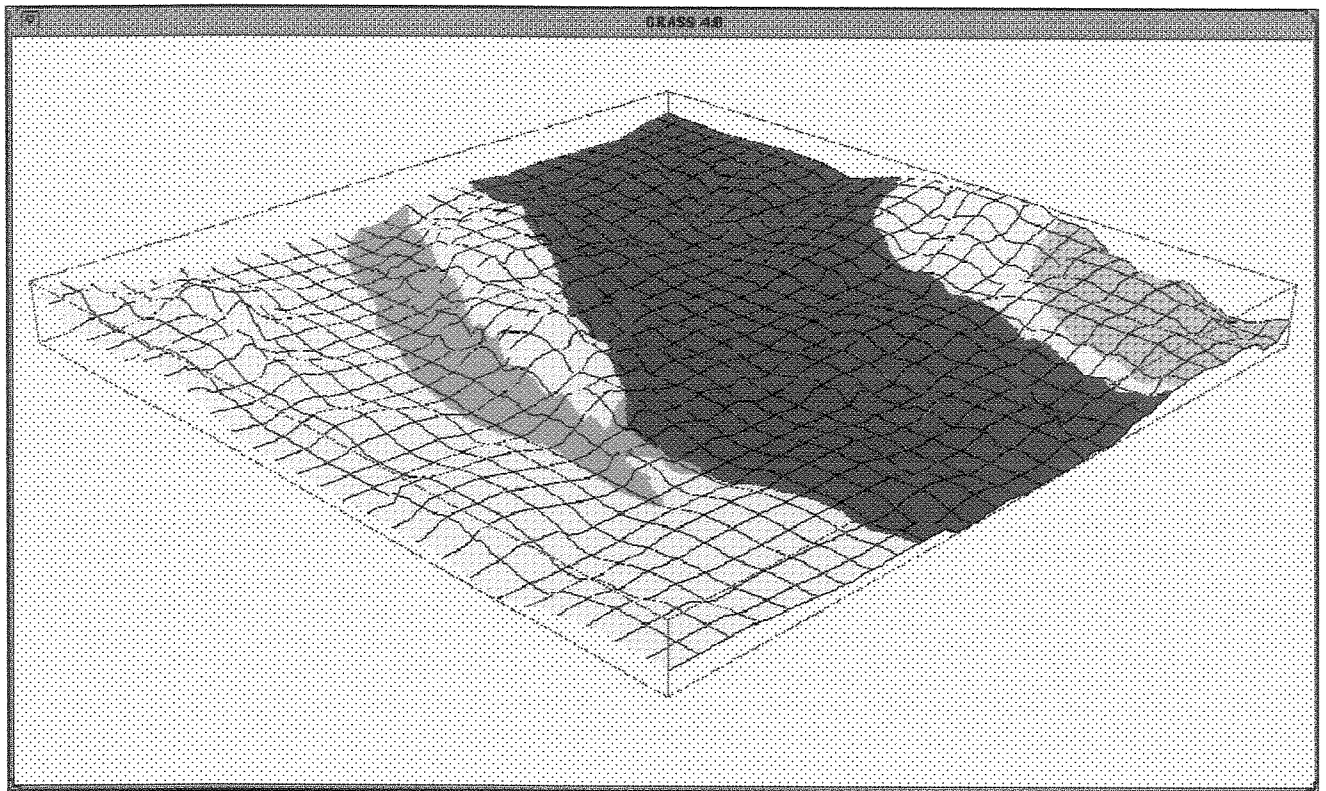


Figura 4.18b: Classes geológicas da região de Montezuma vista em perspectiva.

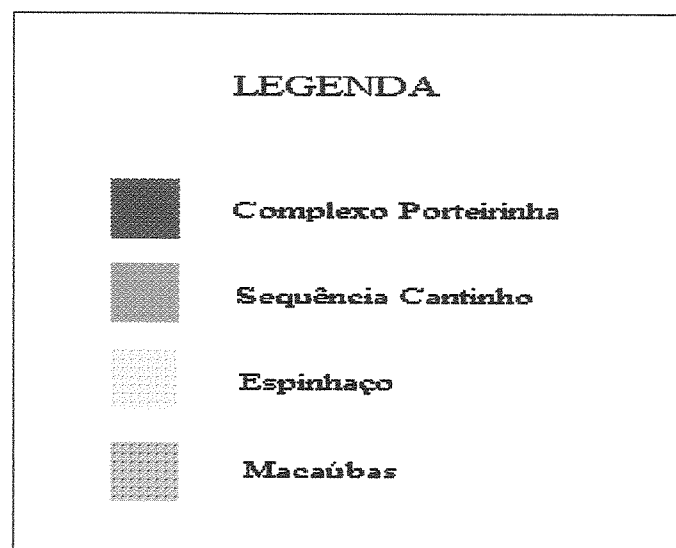


Figura 4.18c: Legenda das classes geológicas da região de Montezuma.

4.II.2 - Intercâmbio entre Programas de PDI e SGI

Os SGIs possuem funções para processar imagens de diversas naturezas, embora não sejam especializados em tal processo. Os programas de PDI podem oferecer uma maior gama de funções para fazer o processamento de imagens. Após esse processamento, pode-se transferir para os SGIs as imagens resultantes, através de formato vetorial, caso sejam separadas classes espectrais específicas, ou até mesmo imagens classificadas.

4.II.2.1 - Visualização da Imagem de Satélite Através do DTM

O DTM calculado através das curvas de nível pode servir como base para apresentação da imagem processada por Franca (1993) em perspectiva (Figura 4.19).

4.II.2.2 - Visualização da Imagem de Satélite com a Base Cartográfica e Contatos Geológicos

Franca (1993) apresenta uma imagem da região de Montezuma processada, que pode ser utilizada como fundo para apresentar as informações da base cartográfica e dos contatos geológicos no GRASS. A Figura 4.20 mostra essa imagem utilizando-se o DTM da região já calculado.

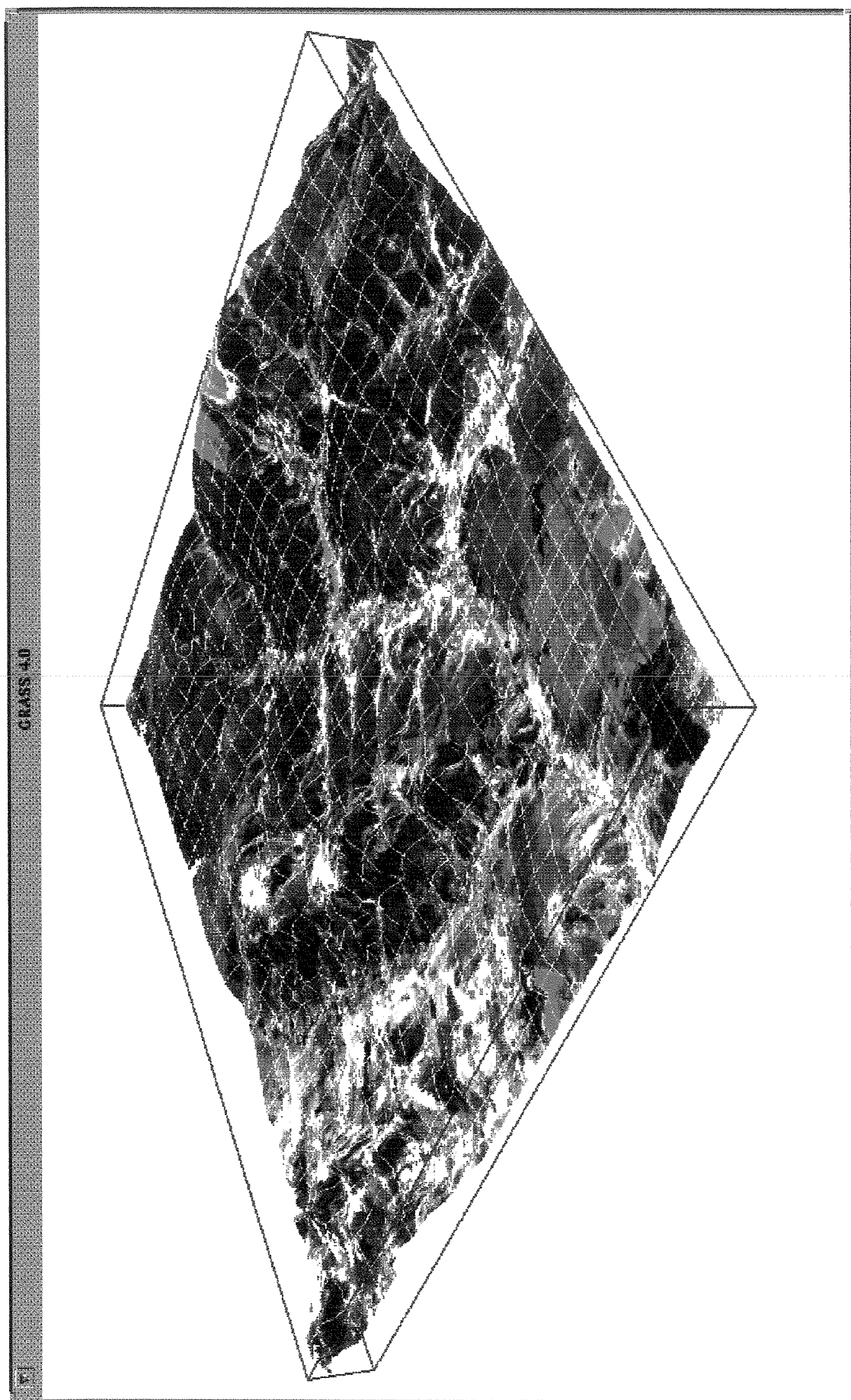


Figura 4.19: Imagem processada por Franca (1993) apresentada no DTM através do GRASS.

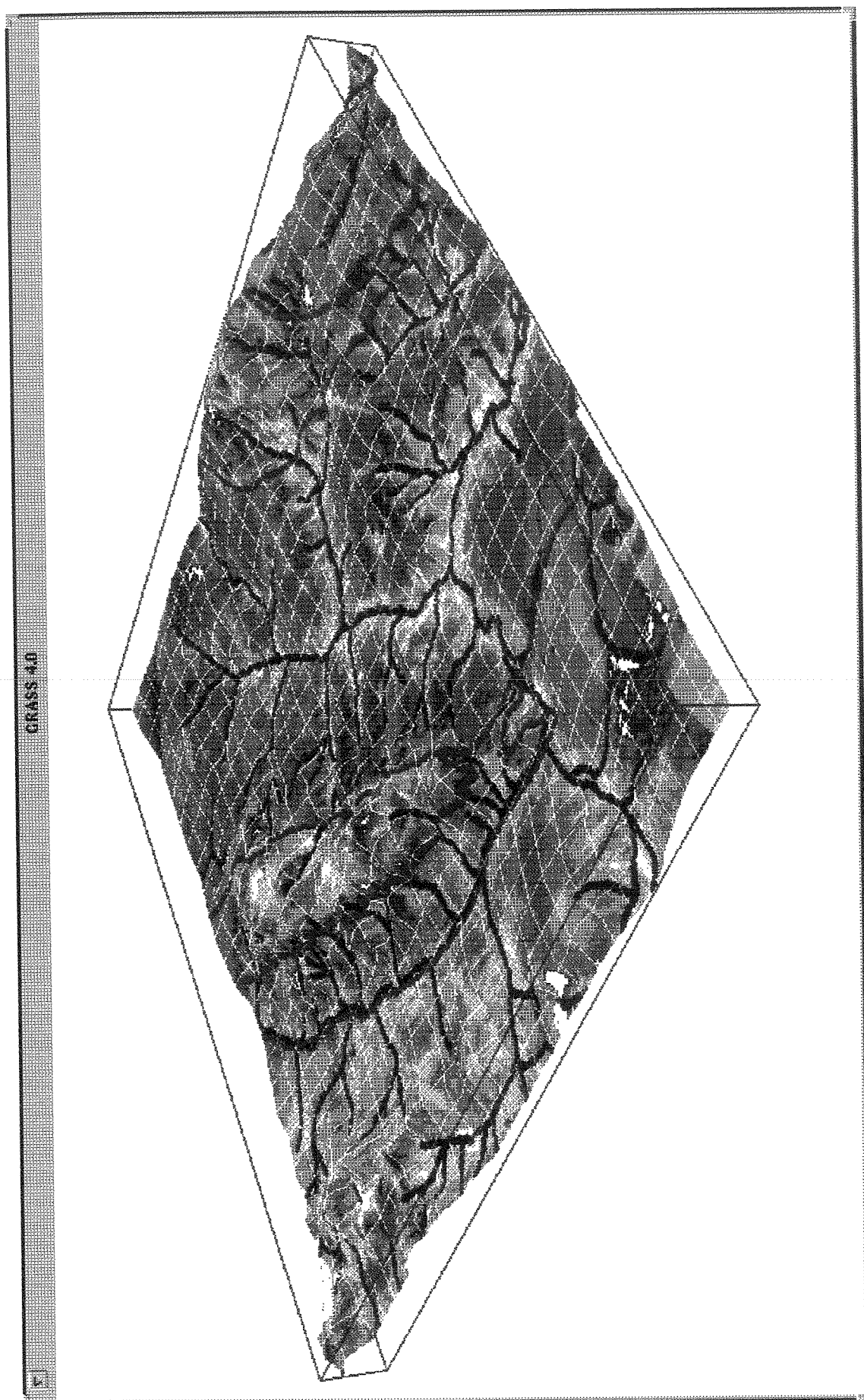


Figura 4.20: Imagem processada por Franca (1993) apresentada no DTM através do GRASS com a drenagem e os contatos geológicos.

4.II.3 - Intercâmbio entre os Programas de SGBD e SGI

Alguns SGIs possuem ligações diretas com SGBDs, facilitando o intercâmbio entre esses programas. O GRASS não possui acesso direto aos BDs do GEOMIG. Dessa forma, o GEOMIG foi programado para gerar arquivos no formato que o GRASS aceita, para facilitar o intercâmbio de dados entre esses programas. Basicamente, são transferidas informações pontuais através de arquivos do tipo *SITES*. Esses arquivos são constituídos por linhas com coordenadas UTM's E e N e um campo alfanumérico, referente ao atributo desse ponto. Um exemplo de arquivo *SITES* é apresentado na Figura 3.20.

Tendo em vista a forma como foi construído o GEOMIG, outras informações também podem ser enviadas para o GRASS, como localização dos pontos geológicos descritos em campo, minerais descritos em campo ou laboratório, associações minerais, rochas de uma determinada unidade estratigráfica, enfim, todas as informações geo-referenciadas e codificadas contidas no GEOMIG.

4.II.3.1 - Transferência de Localização de Pontos Geológicos

Os pontos geológicos descritos para confecção do mapa geológico da região de Montezuma podem ser enviados para o GRASS através do seu respectivo arquivo *SITE*. A Figura 4.21 apresenta uma porção do mapa da região de Montezuma com os pontos geológicos transferidos do GEOMIG.

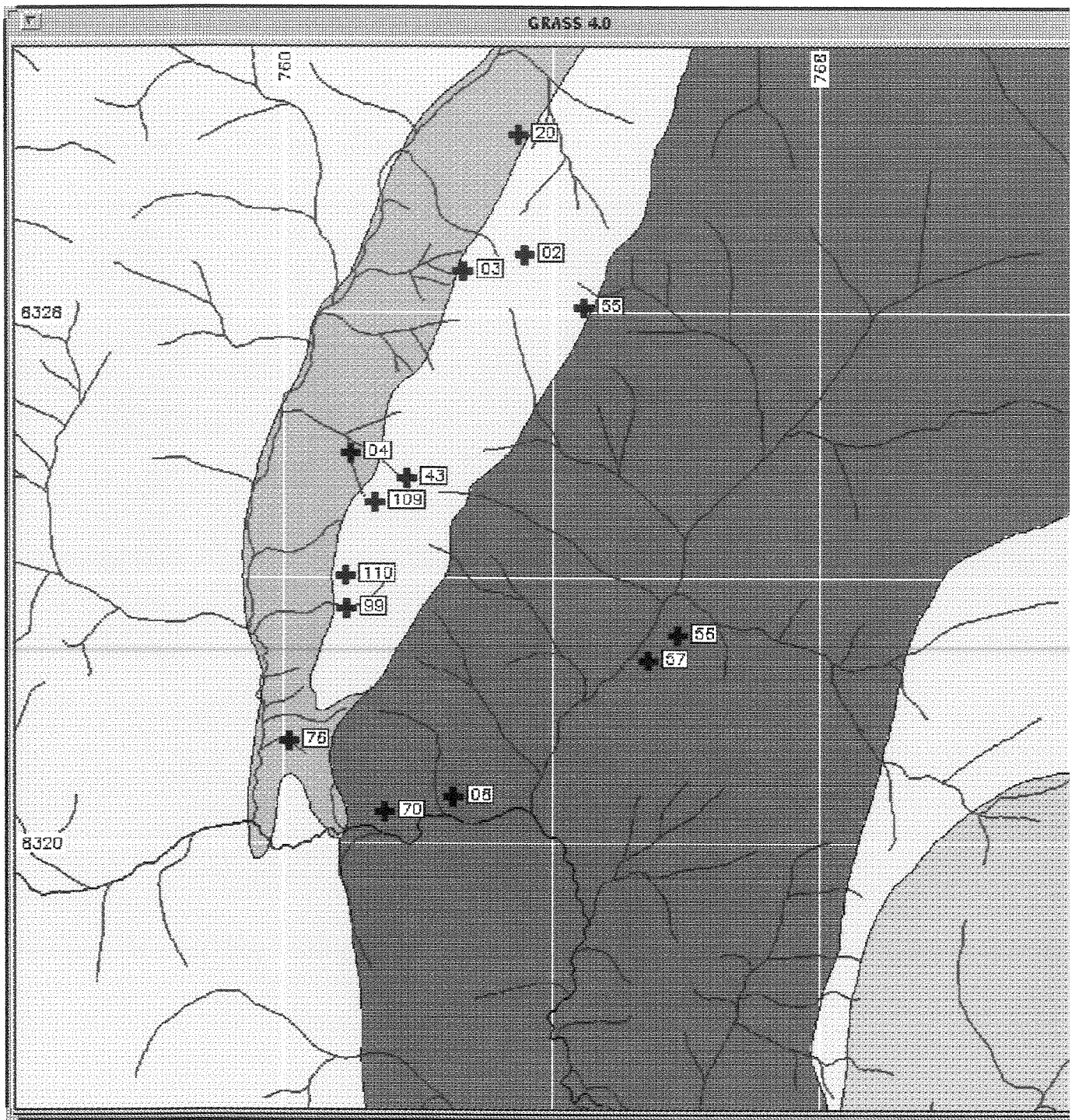


Figura 4.21: Porção do Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com alguns pontos geológicos transferidos do GEOMIG.

4.II.3.2 - Transferência de Tipos de Rochas

Os tipos de rochas descritos macroscopicamente e presentes no GEOMIG, referentes à região de Montezuma, também podem ser enviados para o GRASS através de arquivos *SITES* (Figura 3.20) e exibidos junto com o mapa geológico (Figura 4.22).

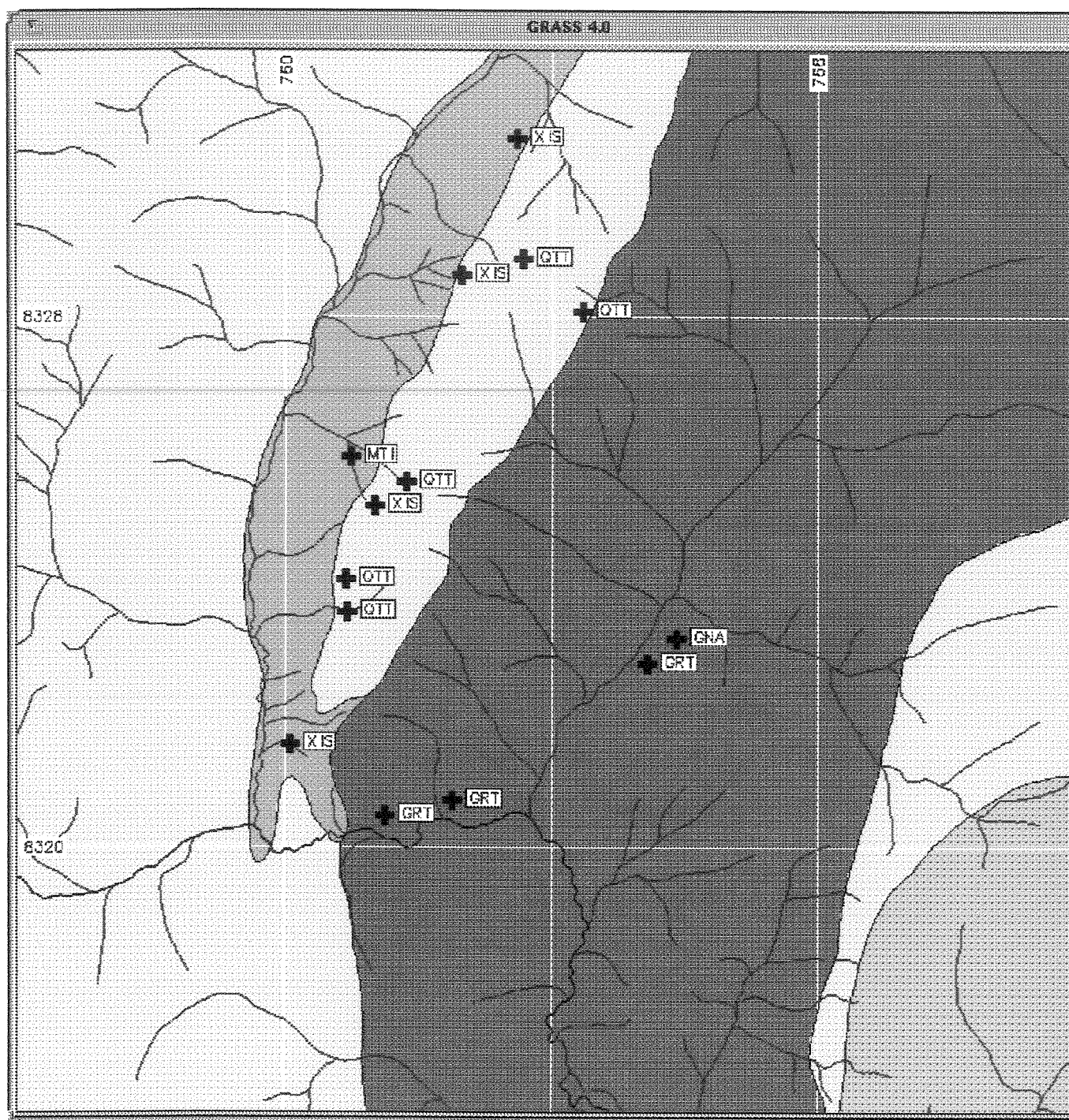


Figura 4.22: Porção do Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com alguns tipos de rochas transferidos do GEOMIG.

4.II.3.3 - Transferência de Associações Minerais

As associações minerais descritas macroscopicamente e presentes no GEOMIG, referentes a região de Montezuma, podem também ser enviadas para o GRASS através de arquivos *SITES* e exibidas junto com o mapa geológico (Figura 4.23).

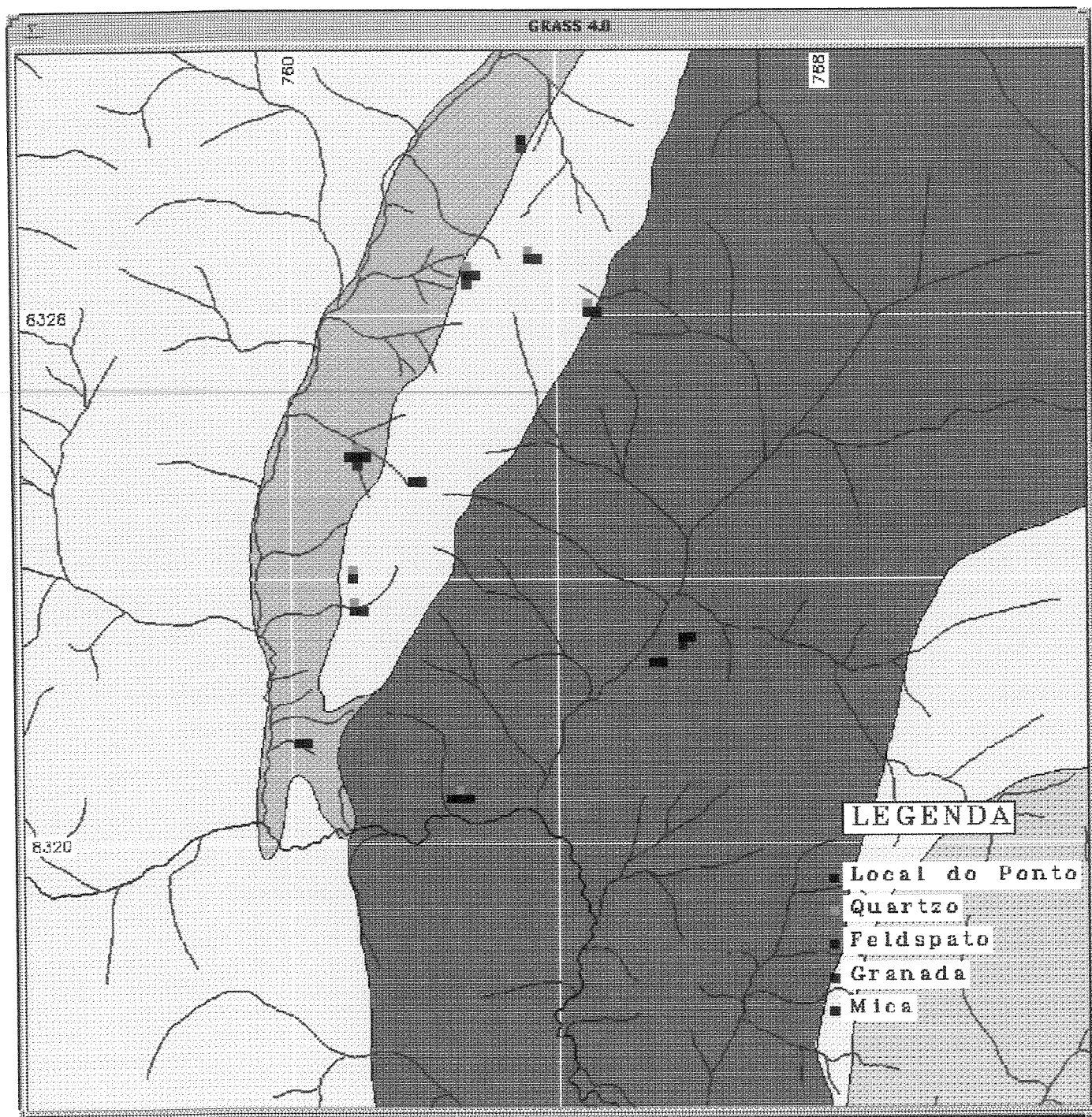


Figura 4.23: Porção do Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com algumas associações minerais transferidas do GEOMIG.

4.II.3.4 - Transferência de Pontos Geoquímicos e Geofísicos

Os pontos geoquímicos e/ou geofísicos presentes no GEOMIG, referentes a região de Montezuma, podem também ser enviados para o GRASS através de arquivos *SITES* e exibidos junto com o mapa geológico (Figura 4.24).

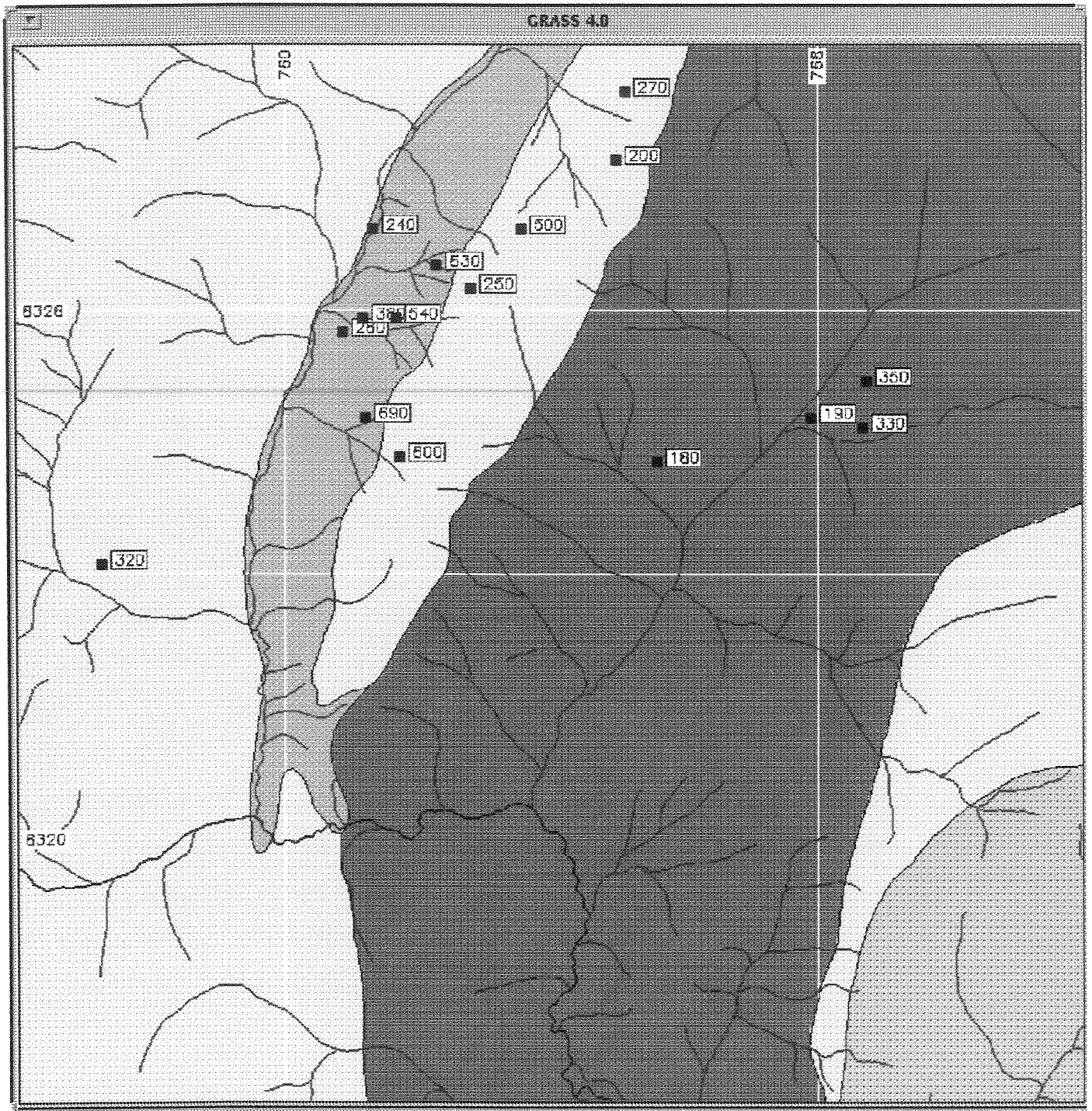


Figura 4.24: Porção do Mapa geológico da região de Montezuma (Penha & Fonseca, 1993) com alguns pontos geoquímicos transferidos do GEOMIG.

4.II.3.5 - Transferência de Outros Campos Codificados

Para transferir para o GRASS informações contidas no GEOMIG ou outro SGBD, basta que as coordenadas UTM's E e N sejam conhecidas e que se tenha um atributo codificado. Dessa forma, informações no GEOMIG tais como o geólogo que coletou a informação, alteração de rocha, municípios, projetos, base cartográfica, fotografia aérea, unidade estratigráfica e outras, podem ser enviadas para o GRASS e processadas através de arquivos *SITES*. Fica assim evidente a importância da codificação das informações nos SGBDs, para que possam ser enviadas para os SGIs.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Neste capítulo serão abordadas as principais considerações e conclusões extraídas da pesquisa realizada.

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram como é importante a adequação dos dados à cada programa e como esses podem e devem intercambiar informações, visando sempre obter produtos finais precisos e facilitar interpretações de mapas e imagens para a otimização dos projetos de exploração mineral.

Deve-se ter em mente que a utilização de programas de CADD, SGBD, PDI e SGI em projetos de exploração mineral **não** deve ser feita de forma isolada como mostrado na Figura 5.1, pois essa maneira dissemina as informações coletadas, torna difícil o intercâmbio de dados e não faz com que os programas sejam utilizados em sua plenitude, dificultando assim as tomadas de decisão, ponto crucial na exploração mineral.

A modo **correto** de utilização é apresentado na Figura 5.2, que ilustra como as informações são processadas à medida em que são inseridas nos aplicativos, que por sua vez intercambiam os dados e resultados entre si. Através dessa dinâmica o conjunto de aplicativos solicita novas informações, até que uma decisão seja tomada.

A integração de aplicativos através de DDE (*Dynamic Data Exchange*) e DLL (*Dynamic Link Libraries*) facilita o intercâmbio de dados e deixa transparente como esse processo é realizado, evitando complicações desnecessárias aos usuários. Portanto, essas tecnologias devem ser cada vez mais freqüentes, fazendo com que os bancos de dados dos SGBDs, as informações vetoriais dos programas de CADD, as imagens dos programas de PDI e os diversos dados dos SGIs tornem-se facilmente intercambiáveis, desde que estejam geo-referenciados, como exemplificado ao longo desta pesquisa.

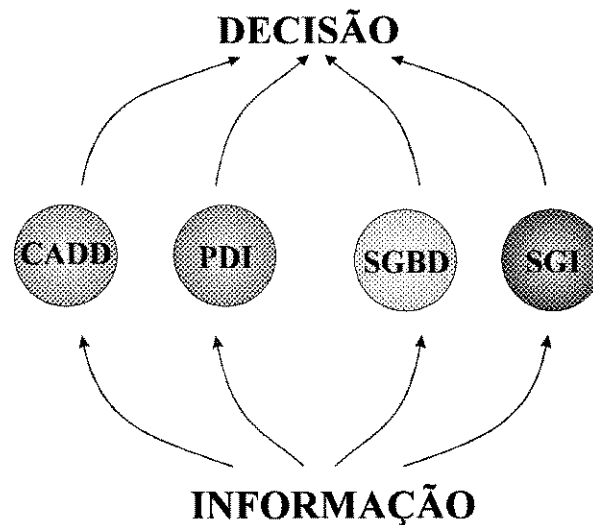


Figura 5.1: Processamento de dados em aplicativos utilizados em projetos de exploração mineral de forma isolada.

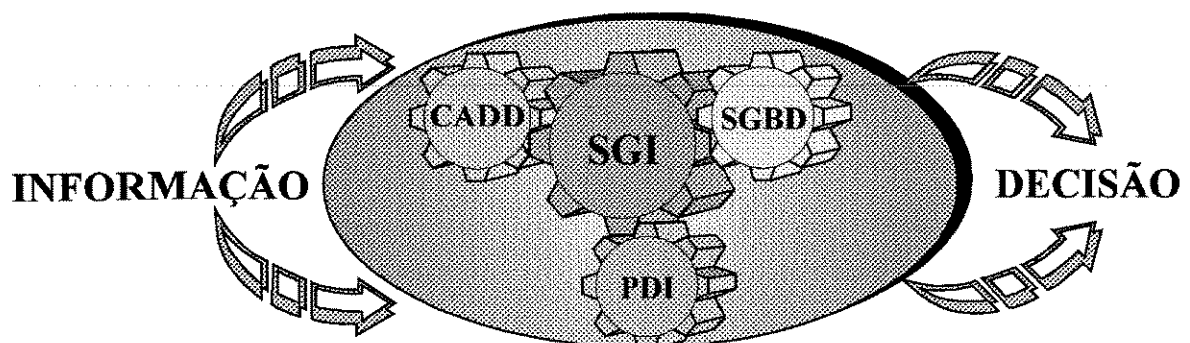


Figura 5.2: Processamento de dados em aplicativos utilizados em projetos de exploração mineral de forma integrada.

As considerações aqui realizadas sobre as características necessárias para digitalização de mapas e as etapas propostas para digitalizá-los através de programas de CADD, mostrou como os mapas podem ser armazenados de forma precisa e serem impressos com boa qualidade. Concluiu-se também que esses dados geo-referenciados podem e devem ser intercambiados com programas de SGBD, PDI e SGL.

Outro aspecto a ser salientado é que, à medida em que os produtos digitalizados vão se proliferando, a presença do selo no mapa (item 2.III.10) torna-se cada vez mais importante, até obrigatório, uma vez que propiciará também um incremento no número de

usuários interessados em obter o produto em formato digital. Com o selo, as informações contidas nos mapas, bem como suas precisões, poderão ser analisadas a qualquer tempo.

O formato dos dados nos SGBDs deve ser montado de forma a otimizar o processo de armazenamento, agilizar a manutenção e pesquisa e, fundamentalmente, tornar possível a compatibilização desses dados para intercambiá-los com outros aplicativos.

O aplicativo desenvolvido nesta pesquisa para gerenciar bancos de dados (GEOMIG), contendo informações levantadas em campo e laboratório, demonstrou ser de fácil operação e ilustra como é importante a versatilidade dos SGBDs no sentido de intercambiar informações com programas de CADD, PDI e SGI.

Com a finalização dos testes do GEOMIG através de usuários da COMIG (Companhia Mineradora de Minas Gerais), UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) e CPMTC (Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa) espera-se colocá-lo brevemente à disposição da comunidade técnico-científica.

Os exemplos apresentados mostraram como uma mesma informação pode ser útil em vários programas. A transferência de medidas estruturais e pontos geoquímicos do GEOMIG para o AutoCAD e de coordenadas de pontos do AutoCAD para o GEOMIG exemplifica como esses programas podem facilitar a elaboração de mapas e a transferência de informações para os programas de PDI e SGI.

O acesso à bancos de dados contendo informações alfanuméricas diretamente dos programas de CADD facilita o armazenamento e avaliação de dados contidos em ambos os programas.

A transferência de bases cartográficas e mapas geológicos contidos em programas de CADD para imagens de sensoriamento remoto, provou como esse processo facilita a interpretação e localização de anomalias extraídas através de técnicas de processamento digital de imagens.

A correção de fotografias aéreas e das respectivas informações extraídas através de fotointerpretação clássica, demonstrou como esses dados podem ser geo-referenciados e também como podem suprir informações para áreas desprovidas de bases cartográficas adequadas às diferentes etapas de um determinado projeto de exploração mineral.

A digitalização precisa de áreas requeridas junto ao DNPM em programas de CADD, além de auxiliar sobremaneira a elaboração de relatórios necessários à este Órgão, permite ainda que essas informações possam ser superpostas às imagens de satélite, facilitando assim a avaliação dos pedidos encaminhados e, diante das anomalias eventualmente encontradas, encaminhar novos pedidos.

A interpretação de imagens de sensoriamento remoto, geofísica e geoquímica através de PDI mostrou também como informações vetoriais extraídas com o auxílio dessa técnica auxiliam a elaboração de mapas geológicos.

O armazenamento de dados obtidos através de levantamentos geofísicos e geoquímicos em SGBDs de forma adequada possibilita construir imagens dessas informações para serem processadas por programas de PDI.

Através da digitalização de bases cartográficas e mapas geológicos em programas de CADD mostrou-se como essas informações podem ser enviadas para SGI. Desta maneira, foi possível construir o DTM e visualizar informações das bases, mapas e imagens em perspectiva. Através do DTM, são gerados mapas de declividade e, utilizando-se programas especializados, a rede de drenagem é extraída, bem como suas bacias, para facilitar o processamento de dados geoquímicos de concentrado de bateia e sedimento de corrente por bacia de captação.

As imagens geo-referenciadas e armazenadas nos programas de PDI, bem como as informações contidas no GEOMIG, são enviadas para o SGI e visualizadas em perspectiva através do DTM, facilitando o entendimento da região em foco como um todo, fato importante para planejamento otimizado da execução do projeto de exploração mineral.

Todos os procedimentos realizados visavam, além de utilizar os programas de CADD, PDI e SGBD, de acordo com suas características, enviar essas informações para o SGI de forma que elas pudessem ser úteis para o processo de integração. Resta, para trabalhos futuros, investigar a utilização de técnicas de integração aprimoradas, através de modelamentos espaciais, para processar essas informações nos SGIs de forma a utilizar estes sistemas com toda a sua capacidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHAC, A.A.; DEFOE, R.; WIJK, M.C.V. 1992. Considerations in the Design of a System for the Rapid Acquisition of Geographic Information. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 58(1): p. 95-100.
- ALMEIDA FILHO, R. & VITORELLO, I. 1993. Uso Combinado de Imagens Landsat e Fotografias Aéreas na Discriminação Espectral de Áreas de Alteração Hidrotermal: Uma Nova Abordagem em Pesquisa Mineral. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 7. Curitiba, 1993. Anais... São José dos Campos, INPE. v.3, p. 145-147.
- ARONOFF, S. 1989. **Geographic Information Systems: A Management Perspective**. Ottawa, WDL - Publications. 295 p.
- ASPRS 1990. ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) Accuracy Standards for Large-Scale Maps. Approval by the ASPRS Professional Practicing Division, March, 1990. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, p. 1068-1070.
- BARROS, A.S. 1991. **Geographic Information Systems and Mineral Exploration**. London, The Open University. (Ph.D. Thesis).
- BERTIN, J. 1973. **Semiologie Graphique**. Paris. (Ph.D. Thesis).
- BONHAM-CARTER, G.F.; ELLWOOD, D.J.; CRAIN, I.K.; SCANTLAND, J.L. 1985. **Raster Scanning Techniques for the Capture Display and Analysis of Geological Maps**. Ottawa, Canada Land Data Systems. 8 p. (ROO3210).
- BRANCO, P.C.M.P.; CÂMARA, M.M.; VASCONCELLOS, R.M. 1992. Análise de Dados Aplicada a Prospecção Mineral - Médio Ribeira (SP). In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 37. São Paulo, 1992. Anais... São Paulo, . v.2, p. 218.
- BRANDALIZE, A.A. 1993. Formatos de Arquivos: Chega de Quebrar a Cabeça. **Fator GIS**, 1(2): p. 7-11.
- BREGT, A.K.; DENNEBOOM, J.; GESINK, H.J.; VAN RANDEN, Y. 1991. Determination of Rastering Error: A Case Study With the Soil Map of the

Netherlands. **International Journal of Geographical Information Systems**, 3(5): p. 361-367.

BROD, J.A.; BOA AVENTURA, G.R.; HIRSON, J.R.; GASPAR, J.L.; DAVID GOMES, R.A. 1990. Base de Dados de Rochas Igneas da UnB - Uma Experiencia. In: **Geociencias**, p. 271-274. (nº esp.).

BROWNING, D. 1993. Relational Databases. **PC Magazine**, 12: p. 8-175.

BURROUGH, P.A. 1987. **Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment**. 2 ed. New York, Oxford University Press. 194 p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; PAIVA, J.A. 1993. SPRING, Concepção, Evolução e Perspectivas. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 7. Curitiba, 1993. Anais... São José dos Campos, INPE. v.2, p. 308-317.

CAMPBELL, W.G. & MORTENSON, D.C. 1989. Ensuring the Quality of Geographic Information System Data: A Pratical Application of Quality Control. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 55(11): p. 1613-1618.

CAROLINO, C. 1992. Scanners. **Byte**, 3(6): p. 37-43.

CECCATO, V.A.; FORESTI, C.; KURKDIJAN, .L.N.O. 1993. Proposta Metodológica para Avaliação da Qualidade de Vida Urbana a partir de Dados Convencionais e de Sensoriamento Remoto, Sistema de Informações Geográficas (SGI) e de um Banco de Dados. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 7. Curitiba, 1993. Anais... São José dos Campos, INPE. v.1, p. 32-39.

CHRISTOPHE-DA-SILVA, J.C. 1987. **Relatorio de Prospeccao Mineral Regional - Regiao 7 - Rio Pardo de Minas**. Belo Horizonte, METAMIG. 89 p. (Relatório Interno).

CHRISTOPHE-DA-SILVA, J.C.; FRANCA, C.R.; SOL, A.A.S.; CARVALHO, C. T. 1992a. Otimização da Exploração Mineral com Uso de PDI e SGI em Plataforma SPARC. In: **Seminário Nacional - O Computador e sua Aplicação no Setor Mineral. Pesquisa, Lavra e Beneficiamento**, Belo Horizonte, 1992. Anais... Belo Horizonte, IBRAM.

- CHRISTOPHE-DA-SILVA, J.C.; FRANCA, C.R.; SOL, A.A.S.; CARVALHO, C. T. 1992b. Geoexplor: Implantação de Um SGI para a Exploração Mineral. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 37. São Paulo, 1992. Anais... São Paulo, . v.2, p. 217-218.
- CHULA, A.M.D.; FRANCA, C.R.; GUIMARÃES FILHO, H.A.; CHRISTOPHE-DA-SILVA, J.C. 1993. Fogografias Aéreas: Digitalização de Imagens e Atributos para Utilização de Geoprocessamento em Exploração Mineral. In: **Simpósio de Geologia de Minas Gerais**, 7. Belo Horizonte, 1993. Anais... Belo Horizonte, SBG. p. 143-145.
- CLARKSON, M. 1993. The Many Flavors of SQL. **Byte**, p. 109-112.
- CRÓSTA, A.P. 1990. **Mapping of Residual Soils by Remote Sensing for Mineral Exploration in SW Minas Gerais State, Brazil**. London, Imperial College of S.,T.M.. 452 p. (Ph.D. Thesis).
- CRÓSTA, A.P. & MOORE, J. 1989. Geological Mapping Using Landsat Thematic Mapper Imagery in Almeria Province, South-East Spain. **Int. J. Remote Sensing**, 10(3): p. 505-514.
- DA VINCI 1993. **Morphoterra**. Belgium, Da Vinci Consulting. 29 p. (Manual de Introdução).
- DCDSTF 1988. The Proposed Standard for Digital Cartographic Data. **The American Cartographer**, 71(1): p. 129-135.
- DESPOSITO, J. 1993. Navigating Applications Integration. **PC Magazine**, 12: p. 138-143.
- DOZIER, N.G. 1993. A Dificuldade com os Dados. **Byte**, (6): p. 104-108.
- DRURY, S.A. 1987. **Image Interpretation in Geology**. London, Allen & Unwin. 243 p.
- ELLWOOD, D.J.; BONHAM-CARTER, G.F.; GOODFELLOW, W.D. 1986. **An Automated Procedure for Catchment Basin Analysis of Stream Geochemical**

Data: Nahanni River Map Area, Yukon and Northwest Territories. Ottawa, Geological Survey of Canada. 1 poster. (Paper 85-26).

FAUST, N.L. 1987. Automated Data Capture for Geographic Information Systems: A Commentary. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 53(10): p. 1389-1390.

FERREIRA, C.C. & SIMÕES, N.N. 1987. **Tratamento Estatístico e Gráfico em Geografia**. 2 ed. Lisboa, Gradiva. 151 p.

FORD, G.E. & ZANELLI, C.I. 1985. Analysis and Quantification of Errors in the Geometric Correction of Satellite Images. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 51(11): p. 1725-1734.

FORREST, M.D. & GREEN, P.M. 1986. Mineral Exploration Using Digital Image Processing - The GISA Service. **Mining Magazine**, 155(2):4 p.

FRANCA, C.R. 1993. **Relatório de Atividades do Processamento Digital de Imagens TM do Landsat-5**. Belo Horizonte, COMIG. 20 p. (Relatório Interno).

GAAL, G. 1984. **Evaluation of the Mineral Resources Potential of Central Finnish Lapland by Statistical Analysis of Geological, Geochemical and Geophysical Data**, p 767-776.

GRACA, L.M.A. 1990. O Uso de "Scanners" para a Digitalização de Cartas Topográficas e para a Implantação de um Sistema de Geo-informações Urbanas.

GUIMARÃES FILHO, H.A. & CRÓSTA, A.P. 199. Digitalização de Mapas. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 7. Curitiba, 1993. Anais... São José dos Campos, INPE. v.2, p. 351-358.

GUIMARÃES FILHO, H.A.G.; FRANCA, C.R.; CRÓSTA, A.P. 1993. Reconhecimento Automático de Entidades em Mapas Escanerizados. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 7. Curitiba, 1993. Anais... São José dos Campos, INPE.(Apresentação em Painel).

HARDING, A.E. & FORREST, M.D. 1988. Integration of Landsat TM, Stream Sediment Geochemistry and Regional Geophysics for Mineral Exploration in the

- English Lake District. In: **ERIM - Thematic Conf.**, 6. Houston, 1988. Proceedings... Houston, ERIM. p. 469-474.
- HARRIS, J. 1989. Data Integration for Gold Exploration in Eastern Nova Scotia Using A GIS. In: **Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology**, 7. Alberta, 1989. Proceedings... Alberta, p. 233-249.
- HEUVELINK, G.B.M.; BURROUGH, P.A.; STEIN, A. 1989. Propagation os Erros in Spatial Modelling with GIS. **International Journal of Geographical Information Systems**, 3(4): p. 303-322.
- KAY, D.C. & LEVINE, J.R. 1992. **Graphics File Formats**, McGraw-Hill. 278 p.
- KEEFER, B.J.; SMITH, J.L.; GREGOIRE, T.G. 1991. Modeling and Evaluating the Effects of Stream Mode Digitizing Errors on Map Variables. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 57(7): p. 957-963.
- LANTER, D.P. & VEREGIN, H. 1992. A Research Paradigm for Propagating Error in Layer-Based GIS. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 58(6):p. 825-833.
- LE SANN, J.G. 1983. Documento Cartografico: Consideracoes Gerais. **Geografia e Ensino**, (3): p. 3-17.
- LINS, C.A.C. 1992. A Base de Dados GEOQ e o Atlas Geoquímico da CPRM - 1ª Etapa. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 37. São Paulo, 1992. Anais... São Paulo, v.2, p. 215-216.
- LOGAN, T.M. & BRYANT, N.A. 1987. Spatial Data Software Integration: Merging CAD/CAM/Mapping with GIS and Image Processing. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 53(10): p. 1391-1395.
- LOUGHLIN, W.P. 1991. Principal Component Analysis for Alteration Mapping. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 57(9): p. 1163-1169.
- LUNETTA, R.S.; CONGALTON, R.G.; FENSTERMAKER, L.K.; JENSEN, J.R.; MCGWIRE, K.C.; TINNEY, L.R. 1991. Remote Sensing and Geographic

- Information System Data Integration: Error Sources and Research Issues. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 57(6): p. 677-687.
- MAFFINI, G. 1983. Raster Versus Vector Data Encoding and Handling: A Commentary. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 53(10): p. 1397-1398.
- MARQUES, J.N.; BRAGA, E.L.; ARAÚJO, M.V.M.; MILITÃO, J.G.O.; MARQUES, C.K.M. 1993a. Banco de Dados de Solos do Estado do Ceará. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 7. Curitiba, 1993. Anais... São José dos Campos, INPE. v.3, p. 256-262.
- MARQUES, J.N.; BRAGA, E.L.; MEDEIROS, J.S. 1993b. Utilização de Banco de Dados de Solos Integrado com o Sistema de Informações Geográficas para Identificação da Aptidão Edáfica das Terras. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 7. Curitiba, 1993. Anais... São José dos Campos, INPE. v.4, p. 165-169.
- MASOTTI, F.S. & PAES, V.J.C. 1993. Nota Explicativa para a Utilização do Banco de Dados BRMETA - **Cadastro Digital sobre Recursos Minerais Brasileiros Baseado em Adaptação do Banco de Dados META - CPRM**. Belo Horizonte, Inst. de Geociências - UFMG. 39 p. (Inédito).
- MILLER, M.J. 1993. Making Your Programs Work Together. **PC Magazine**, 12: p. 108-137.
- MOON, W.M. 1990. Integration of Geophysical and Geological Data Using Evidential Belief Function. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 28(4): p. 711-720.
- MORELLI, A.F.; OLIVEIRA, J.L.; MOREIRA, M.J.; SANTOS, R.D.C.; ANDRADE, R.B.; FERNANDES, S.F.; MORELLI, S.I.T.; CECCATO, V.A.; COSTA, V.M. 1993. Projeto SGIDB - Integração do SGI a Gerenciadores de Bancos de Dados Relacionais. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 7. Curitiba, 1993. Anais... São José dos Campos, INPE. v.2, p. 390-395.
- PC WORLD 1993. Local Bus. **PC World**, (10): p. 53-56.

PENHA, U.C. & FONSECA, M.B.R. 1993. **Relatório Parcial de Atividades do Projeto Montezuma**. Belo Horizonte, COMIG. 15 p. (Relatório Interno).

PLUMMER, R.W. 1992. Using a Geographic Information System as a Tool in Mineral Exploration. **CIM Bulletin**, 85(957): p. 67-71.

RODRIGUES, M. 1990. Introdução ao Geoprocessamento. In: **Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento**, 1. São Paulo, 1990. Anais... São Paulo, p. 1-26.

RICCIARDI, S. 1992. Xbase Development Systems. **PC Magazine**, 11: p. 301-337.

RIPPLE, W.J. (ed) 1989. **Fundamentals of Geographic Information Systems: A Compendium**. Bethesda, ASPRS / ACSM. 248 p.

SADOWSKI, G.R. 1992. A Aplicação de Sistemas Geográficos de Informação em Mapeamentos Geológicos-Geotécnicos. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 37. São Paulo, 1992. Anais...São Paulo. v.2, p. 219-220.

SALEMI, J. 1993. **Bancos de Dados Cliente/Servido**. Rio de Janeiro, Infobook. 265 p.

SIMÕES, L.J.; GOYA, D.H.; MADEIRA, M.A. 1993a. Bancos de Dados Orientados a Eventos. **PC Magazine**, 3(6): p. 39-76.

SIMÕES, L.J.; GOYA, D.H.; MADEIRA, M.A. 1993b. Abaixo a Digitação. **PC Magazine**, 3(10): p. 83-115.

SMITH, M.B. & BRILLY, M. 1992. Automated Grid Element Ordering for GIS-Based Overland Flow Modeling. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 58(5): p. 579-585.

STAR, J. & ESTES, J. 1990. **Geographic Information Systems: An Introduction**. New Jersey, Prentice-Hall. 303 p.

STENEKER, M. & BONHAM-CARTER, G.F. 1988. **Computer Program for Converting Arc-Node Vector Data to Raster Format**. , Geological Survey of Canada. 16 p. (Open File 103/88).

- TANAKA, S.M. & SEGAL, D.B. 1989. **Integrated Remote Sensing/Vector-Based GIS Technology for Gold Exploration, Round Mountain District, Nevada**. 28 p.
- TARACIEVICZ, M.C. 1993. Curitiba: O Convênio que Deu Certo. **Fator GIS**, 1(2): p. 18-19.
- TAVARES, P. 1993. A Qualidade da Base de Dados Gráfica para o Geoprocessamento. **Fator GIS**, 1(3):p. 40-41.
- THAPA, K. & BOSSLER, J. 1992. Accuracy of Spatial Data Used in Geographic Information Systems. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 58(6): p. 835-841.
- TILLEY, S. & SPERRY, S.L. 1988. Raster and Vector Integration. **Computer Graphics World**, p. 51-53.
- TOMLIN, C.D. 1990. **Geographic Information Systems and Cartographic Modeling**. New Jersey, Prentice-Hall. 249 p.
- VINHA, C.A.G.; DIAS, J.B.V.; INDA, H.A.V. . A Experiência da CPRM em Geoprocessamento. p. 136-144.
- WALSH, S.J.; LIGHTFOOT, D.R.; BUTLER, D.R. 1987. Recognition and Assessment of Error in Geographic Information Systems. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 10(53):p. 1423-1430.
- WEIBEL, R. & BUTTENFIELD, B.P. 1993. Improvement of GIS Graphics for Analysis and Decision Making. **International Journal of Geographical Information Systems**, 3(6):p. 233-245.
- WRIGHT, D.F.; BORHAM-CARTER, G.F.; ROGERS, P.J. 1988. Spatial Data Integration of Lake-Sediment Geochemistry, Geology and Gold Occurrences, Meguma Terrane, Eastern Nova Scotia, Canada. In: **Proc. Can. Inst. Mining Metall. Meeting. Prospecting In Areas of Glaciated Terrain**.Halifax, 1988. Proceedings... Halifax, B175-B184.

ANEXO 1

METODOLOGIA PARA DIGITALIZAÇÃO DE MAPAS GEOLÓGICOS UTILIZANDO PROGRAMAS DE CADD

ÍNDICE

I - Variáveis do Sistema AutoCAD	1
II - Criação dos Níveis de Informação	2
III - Geração de Bibliotecas	2
III.1 - Biblioteca de Estilos e Fontes de Letras	3
III.2 - Biblioteca de Símbolos	3
IV - Orientação do Mapa na Mesa Digitalizadora	6
V - Digitalização de Polilinhas	7
VI - Inserção de Símbolos / Blocos e Textos	7
VII - Edição de Polilinhas	7
VII.1 - Edição de Curvas de Nível, Estradas e Drenagens	7
VII.2 - Edição de Contatos Geológicos e Falhas	8
VIII - Hachurar Domínios de Classes	13
IX - Criação da Legenda e do Selo do Mapa	14
X - utilização de Dados Digitalizados em Outros Desenhos	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura A.1: Exemplo de bloco de medidas estruturais planas	5
Figura A.2: Exemplo de bloco de medidas estruturais de lineações	5
Figura A.3: Exemplo de bloco de textos para domínios litológicos	5
Figura A.4: Passos a serem seguidos para acertar o contato de uma polilinha com o limite do mapa. (a) a polilinha ultrapassa o limite do mapa, (b) a polilinha não intercepta o limite do mapa, (c) a polilinha não intercepta o limite do mapa e não está apontada em direção ao limite	9
Figura A.5: Acerto de encontro entre drenagens	9
Figura A.6: Quebra da linha limite do mapa nos contatos geológicos	9
Figura A.7: Quebra das polilinhas de contatos geológicos em todos os pontos tríplices do mapa	9
Figura A.8: Símbolos para representar falhas de cavalgamento	12
Figura A.9: Símbolos para representar falhas de cavalgamento inferidas	12
Figura A.10: Exemplo de falha de cavalgamento inferida através dos símbolos criados	12

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela A.1: Sugestões de alturas de fontes no AutoCAD para diferentes escalas em mapas geológicos	3
Tabela A.2: Tabela de erros gerada pelo AutoCAD 12 após o processo de orientação do mapa na mesa	6
Tabela A.3: Sugestões para valores de LTSCALE para algumas escalas de mapas geológicos	11
Tabela A.4: Sugestões para valores de MEASURE para algumas escalas de mapas geológicos	11

ANEXO 1

METODOLOGIA PARA DIGITALIZAÇÃO DE MAPAS GEOLÓGICOS UTILIZANDO O AUTOCAD 12

A grande popularidade do programa AutoCAD fez com que os passos que seguem tivessem como exemplo este programa. Outro motivo de sua utilização foi por que seus formatos de arquivos são importados por diversos programas de SGI, SGBD e PDI. E, finalmente, porque era o programa disponível para ser utilizado por esse trabalho. A versão utilizada foi a 12 para ambiente DOS, embora os procedimentos para versões mais antigas e futuras não devam ser muito diferentes. Contudo, o AutoCAD não é um CADD exclusivamente cartográfico, como é o caso do CartoCAD e do MaxiCAD. Uma das vantagens de se trabalhar com esses CADDs cartográficos é que os recursos necessários para digitalizar mapas são maiores.

A seguir é apresentada uma metodologia para digitalização de mapas geológicos utilizando o AutoCAD 12. Os itens que se seguem devem ser acompanhados das recomendações apresentadas no item 2.III (Capítulo 2).

I - Variáveis do Sistema AutoCAD

O AutoCAD possui um conjunto de variáveis internas, que são utilizadas durante a digitalização, para se referir aos tamanhos, limites, modos, denominadas *variáveis do sistema*. Essas variáveis possuem valores iniciais, que podem ser alterados através do comando *SETVAR*. As variáveis que devem ser alteradas para digitalizar mapas geológicos são:

1. Alterar a variável *SKPOLY* para o valor 1. Essa variável faz com que os segmentos digitalizados pela mesa, através do comando *SKETCH*, sejam agrupadas em uma polilinha contínua.

2. Alterar a variável *ANGDIR* para o valor 1. Essa variável faz com que os símbolos sejam colocados com o ângulo inicial começando do norte e aumentando no sentido horário, como em uma bússola.
3. Alterar a variável *PLINEGEN* para o valor 1. Essa variável faz com que os traços sejam digitalizados corretamente, conforme seus padrões de tipos, ou seja, contínuo, tracejado, traço ponto, etc.

Os tipos de linhas devem ser carregados para que possam ficar disponíveis para o mapa a ser digitalizado. Desta forma, deve-se utilizar o comando *LINETYPE* seguido de *LOAD* e ler os tipos a serem utilizados. Os exemplos a serem apresentados utilizam os seguintes tipos de linhas: *CENTER*, *CENTERX2*, *DASHED*, *DASHED2*.

II - Criação dos Níveis de Informação

Para manipular os níveis de informação no AutoCAD deve-se utilizar o comando *DDLMODES* ou *LAYER*.

O AutoCAD possibilita a escolha do traço utilizado pelas polilinhas através de níveis. Desse modo, pode-se utilizar o tipo tracejado em todas as polilinhas em um mesmo nível. Para isso muda-se o tipo de traço do nível através do comando *DDLMODES*, no campo *LINETYPE* para *DASHED*, por exemplo, quando se deseja o tipo tracejado (Tabela 2.3). Essa é uma condição que sugere a colocação de cada tipo de contato ou falha em níveis separados.

III - Geração de Bibliotecas

Os símbolos utilizados em mapas geológicos são tratados no AutoCAD como *blocos* de informações, onde várias entidades são agrupadas em uma única.

III.1 - Biblioteca de Estilos e Fontes de Letras

As fontes e estilos de letras no AutoCAD são determinados através do comando *STYLE* e o seu tamanho deve ser estabelecido de acordo com a escala. A Tabela A.1 apresenta algumas sugestões de alturas de fontes para diferentes escalas em mapeamentos geológicos. Sugere-se a utilização da fonte *ROMAND*, por não gerar arquivos extensos devido a sua simplicidade, ter boa aparência e ser ideal para impressão a laser.

ESCALA	Textos Pequenos	Textos Médios	Textos Grandes
1:500	1	1.25	1.5
1:1.000	2	2.5	3
1:5.000	10	12.5	15
1:10.000	20	25	30
1:25.000	50	62.5	75
1:40.000	80	100	120
1:50.000	100	125	150
1:100.000	200	250	300
1:250.000	500	625	750

Tabela A.1: Sugestões de alturas de fontes no AutoCAD para diferentes escalas em mapas geológicos.

III.2 - Biblioteca de Símbolos

Para criar símbolos referentes as medidas estruturais deve-se primeiro digitalizar as entidades que compõem a medida.

Para medidas de planos, em geral, pode-se digitalizar uma linha de base através do comando *LINE*, um triângulo sobre ela através do comando *SOLID* e um atributo texto para se referir à medida através do comando *ATTDEF*. Em seguida, deve-se

utilizar o comando *BLOCK* para agrupar essas informações em um único símbolo, colocando como *ponto base* a base do triângulo (Figura A.1). Portanto, para se digitalizar uma medida estrutural, deve-se posicionar o cursor no local da medida e através do comando *INSERT* inserir a medida no desenho com o seu respectivo ângulo de direção e mergulho. O mesmo procedimento pode ser feito para lineações estruturais (Figura A.2).

Deve-se criar também blocos com os textos utilizados para se referir às sequências litoestratigráficas, pois os mesmos serão colocados nas legendas e nos mapas. Esse procedimento é aconselhável principalmente porque estes textos utilizam-se de letras gregas e que, ao serem digitadas, tornam moroso o processo de mudança de fontes. Através do comando *STYLE* deve-se selecionar o padrão de letra a ser utilizado (*GREEK*, por exemplo). Em seguida, deve-se digitar o texto com o comando *TEXT*, e finalmente, criar o símbolo através do comando *BLOCK* (Figura A.3). Desta forma, sempre que for necessário inserir o texto *PESMG*, digita-se o comando *INSERT* e entra-se com *TEXTPESTMG* como nome do símbolo. Deve-se adicionar os textos referentes a cada domínio litológico em número suficiente para que estes sejam bem distribuídos e não sobrecarreguem o desenho. Um mapa geológico sem muitos traços pode ser gerado utilizando estes símbolos no lugar das hachuras, o que facilita a compreensão de mapas fotocopiados.

Os símbolos devem ser criados **nos níveis que serão inseridos**, porque ao se executar o comando *BLOCK*, as informações serão armazenadas nos níveis onde foram criadas.

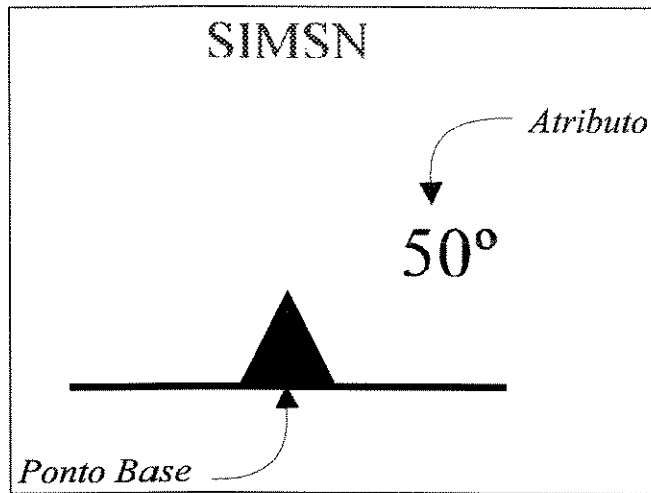


Figura A.1: Exemplo de bloco de medidas estruturais planas.

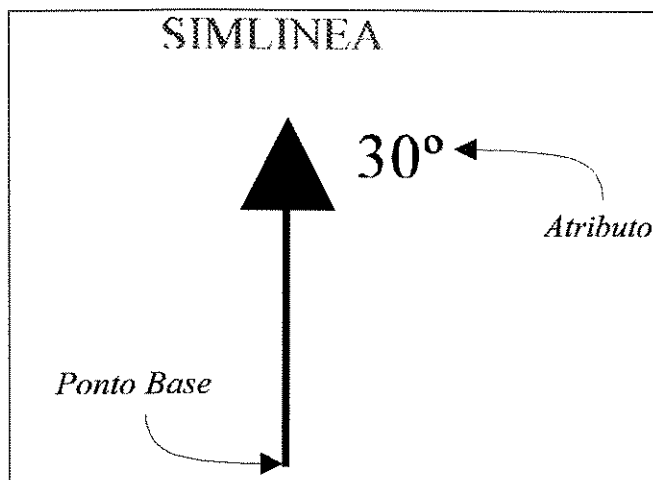


Figura A.2: Exemplo de bloco de medidas estruturais de lineações.

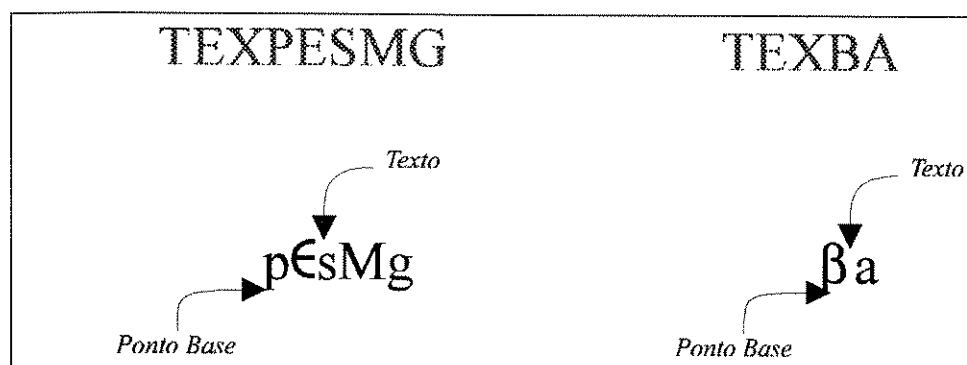


Figura A.3: Exemplo de bloco de textos para domínios litológicos.

IV - Orientação do Mapa na Mesa Digitalizadora

Com base nos itens 2.II.2 e 2.II.3 deve-se orientar o desenho na mesa digitalizadora através do comando *TABLET*. Em seguida, com o comando *LIMITS*, digita-se as coordenadas limites do desenho. O próximo passo consiste em digitalizar a polilinha contendo as coordenadas limites do mapa, através do comando *PLINE* no nível **004-Enquadramento_numérico**. Os valores em UTM são fornecidos através do teclado, conferindo a este enquadramento a precisão necessária para os processos de edição do desenho com o limite do mapa (itens VIII e IX).

Nas versões do AutoCAD a partir da 12 é apresentada uma tabela de erros após o processo de orientação, quando são utilizados pelo menos 3 pontos. Um exemplo pode ser observado na Tabela A.2. Para uma orientação mais precisa deve-se tomar pelo menos quatro pontos próximos aos limites do mapa. Esta tabela deve ser analisada e impressa sempre que um desenho for orientado. Para mapas em UTM, deve-se utilizar a projeção ortogonal, avaliar o erro e, se necessário, fazer uma reorientação.

Transformation type:	Ortogonal	Affine	Projective
Outcome of fit:	Success	Success	Exact
RMS Error:	13.9804	4.0432	
Standard deviation:	2.7562	0.0023	
Largest residual	16.9247	4.0461	
At point	2	1	
Second-largest residual	16.9247	4.0461	
At point	3	2	

Tabela A.2: Tabela de erros gerada pelo AutoCAD 12 após o processo de orientação do mapa na mesa.

V - Digitalização de Polilinhas

Polilinhas como drenagens, curvas de nível, estradas, contatos geológicos e falhas, devem ser digitalizadas em seus respectivos níveis, através do comando *SKETCH* e com um tamanho de segmentos de acordo com a Figura 1.5.

Para digitalizar estradas com linhas paralelas utiliza-se o comando *OFFSET*, digitalizando sempre a paralela superior para, então, criar a paralela inferior.

VI - Inserção de Símbolos / Blocos e Textos

Através do comando *LAYER* ou *DDLMODES* devem-se selecionar os níveis **510-Simb_estrutural_plano** e **520-Simb_estrutural_lineação** de medidas estruturais criado no item III.2 e inserir os blocos através do comando *INSERT*. O mesmo procedimento deve ser seguido para digitalizar os símbolos referentes às sequências litoestratigráficas (Figura 2.5).

As informações referentes a nomes de cidades, córregos, número de coordenadas e outras informações textuais devem ser inseridas no desenho através do comando *TEXT*, levando-se também em consideração os seus respectivos níveis (Figura 2.6).

VII - Edição de Polilinhas

Nessa etapa serão acertadas as polilinhas digitalizadas nos itens anteriores.

VII.1 - Edição de Curvas de Nível, Estradas e Drenagens

Caso a polilinha tenha sido interrompida depois do limite do mapa ou do encontro com outra polilinha, deve-se utilizar o comando *TRIM* para apagar a parte da polilinha que ficou de além (Figura A.4a). Por outro lado, se a polilinha foi

interrompida antes da borda, deve-se utilizar o comando *EXTEND* (Figura A.4b) ou *PEDIT* seguido de *EDIT VERTEX*, *MOVE* e *NEAR* (Figura A.4c). É importante que a quebra ou o prolongamento da polilinha sejam feitos através de comandos precisos, como exemplificado, e não somente através de forma visual, como poderia ter acontecido se não fosse dado o comando *NEAR* na Figura A.4c. Após o acerto das polilinhas com a borda do mapa, é necessário acertá-las em seu interior. As drenagens devem ter sempre seus segmentos coincidentes uns com os outros. Dessa forma, um afluente deve ser ligado ao outro, não somente de forma visual, porque ao se fazer um *ZOOM* pode-se perceber que eles não estão fisicamente conectados (Figura A.5). Para se fazer a interseção é necessário que se utilize os mesmos comandos acima referidos para o acerto das bordas, ou seja, *TRIM*, *EXTEND* ou *PEDIT*, de acordo com a necessidade. As estradas devem seguir os mesmos critérios apresentados para as drenagens.

VII.2 - Edição de Contatos Geológicos e Falhas

As polilinhas que dividem domínios litológicos devem ser editadas com os mesmos critérios do item anterior, porém devendo ser interrompidas em todos os *pontos tríplices*. O ponto tríplice é todo encontro de uma polilinha divisória com outra ou com o limite do mapa. Para tanto, utiliza-se o comando *BREAK* em todos esses pontos, seguindo os seguintes passos:

1. Com o comando *COPY* deve-se copiar o conteúdo do nível **004_Enquadramento_numérico**, para o nível **980-Auxiliar_contatos_geológicos**, para que essa possa ser subdividida e utilizada para fins de hachurar as sequências litoestratigráficas.
2. No nível auxiliar, através do comando *BREAK*, quebra-se o polígono sempre que este interceptar uma linha de contato geológico (Figura A.6).
3. Deve-se utilizar o comando *BREAK* em todos os outros pontos tríplices no interior do mapa (Figura A.7).

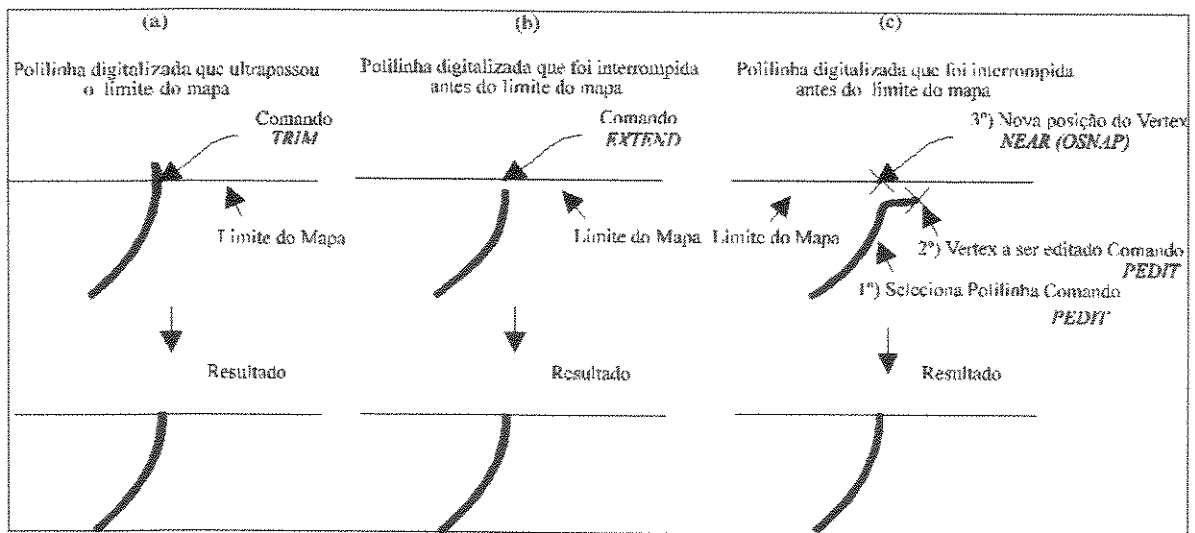


Figura A.4: Passos a serem seguidos para acertar o contato de uma polilinha com o limite do mapa. (a) a polilinha ultrapassa o limite do mapa, (b) a polilinha não intercepta o limite do mapa, (c) a polilinha não intercepta o limite do mapa e não está apontada em direção ao limite.

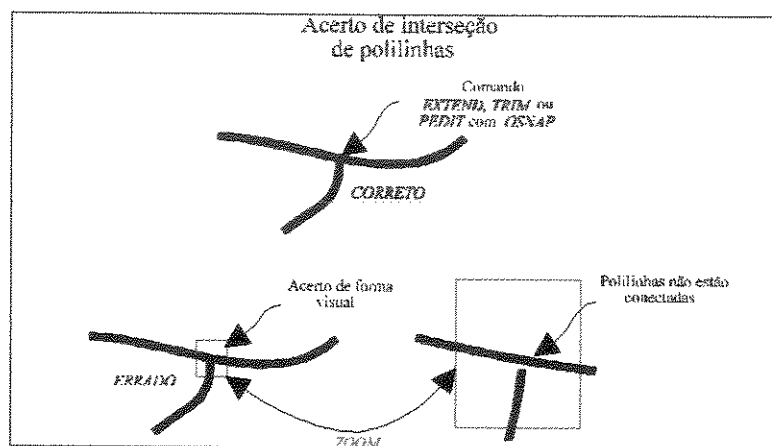


Figura A.5: Acerto de encontro entre drenagens.

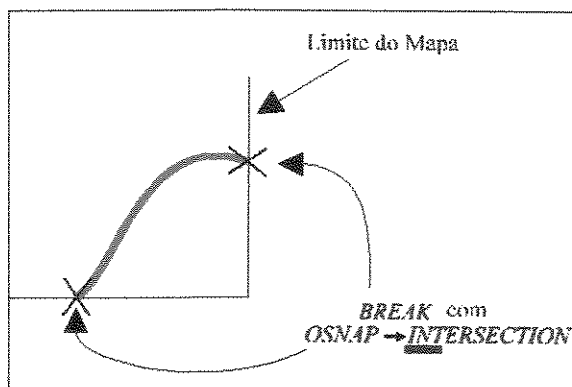


Figura A.6: Quebra da linha limite do mapa nos contatos geológicos.

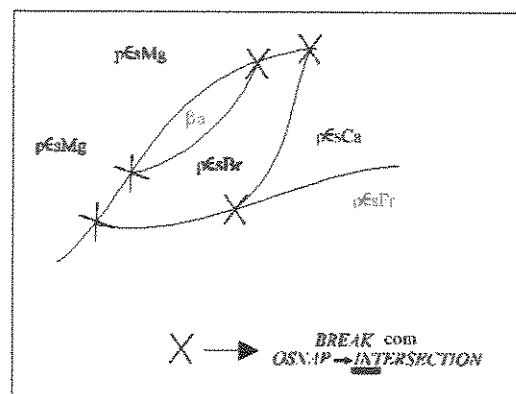


Figura A.7: Quebra das polilinhas de contatos geológicos em todos os pontos triplices do mapa.

Em computadores com pouca memória, pode ocorrer que durante o processo de digitalização das polilinhas, o *BUFFER* da mesa digitalizadora fique carregado, o que pode ser percebido pela emissão de *BIPs*. Quando isso ocorre é preciso liberá-lo apertando-se uma das teclas do *mouse* da mesa, criando o AutoCAD as polilinhas para cada *BUFFER* liberado. As linhas que foram interrompidas por este processo devem ser unidas através do comando *PEDIT* seguido de *JOIN*.

Outro fato comumente encontrado diz respeito a alguns contatos geológicos que possuem tipos de traços diferentes, como por exemplo, tracejado e traço-ponto. Durante o processo de digitalização, essas informações podem ter sido colocadas como linhas contínuas. Para separar as polilinhas que contém traços diferentes, é necessário utilizar o comando *BREAK* nos pontos onde ocorre a mudança de traço, caso elas tenham sido digitalizadas como uma única polilinha. Para fazer com que a polilinha possua um traço diferente, deve-se ter carregado o tipo da linha a ser utilizada através do comando *LINESTYLE* seguido de *LOAD* (item I) e mudar o tipo de linha, através do comando *DDLMODES*, no campo *LINESTYLE*. Para mapas geológicos, digitalizados em coordenadas UTM, o fator de escala das linhas é alterado através do comando *LTSCALE*. Através de testes de valores de *LTSCALE* para diversas escalas de mapas geológicos, chegou-se a Tabela A.3.

Para diferentes espessuras de linhas, é necessário configurar as penas do *plotter* de acordo com a aquela desejada, ou utilizar o comando *PEDIT* seguido de *WIDTH*. Novos tipos de linhas também podem ser criados. Nas versões do AutoCAD a partir da 12 o comando *LINESTYLE* e *LTSCALE* funcionam para esses tipos de polilinhas, ao passo que para versões anteriores o processo de mudança de traços só pode ser feito durante a impressão e de forma limitada.

Uma atenção especial deve ser dada às falhas de cavalgamento. Para representá-las, deve-se primeiro criar um bloco, após utilizar o comando *SOLID* para construir um triângulo, e colocar como ponto base do bloco a base do triângulo. Este bloco pode ser nomeado *SIMTRICI* (SIMbolo com TRIângulo para CIma). Em seguida, deve-se criar novamente outro triângulo, só que de cabeça para baixo e colocar, como

ponto base na criação do bloco, a base do triângulo que ficou em sua parte superior, o qual pode ser nomeado *SIMTRIBX* (SIMbolo com TRIângulo para BaiXo) - (Figura A.8). Com isto feito, dá-se o comando *MEASURE* nas polilinhas de falhas de cavalgamento, colocando sua direção de acordo com os blocos acima criados. Através de testes com valores de *MEASURE* para diversas escalas de mapas geológicos, chegou-se a Tabela A.4.

Para falhas de cavalgamento tracejadas, esse processo pode não ser satisfatório. Para melhorar um pouco mais a representação dessas falhas, pode-se transferir a falha para o nível **970-Auxiliar_falhas** e criar novos blocos como acima referido, adicionando uma linha na base do triângulo e nomeando-os *SIMCAVCI* e *SIMCAVBX* (Figura A.9). Ao utilizar o comando *MEASURE*, deve-se utilizar também os novos blocos criados, só que, por questões de clareza, sempre que o desenho for plotado ou visualizado com o objetivo de interpretações, deve-se congelar o nível **970-Auxiliar_falhas**, nível este que será utilizado quando essas polilinhas forem enviadas para outros programas, como SGIs.

As falhas de cavalgamento ficarão com o aspecto apresentado na Figura A.10.

ESCALA	<i>LTSCALE</i>
1:500	3
1:1.000	6
1:5.000	30
1:10.000	60
1:25.000	150
1:40.000	240
1:50.000	300
1:100.000	600
1:250.000	1500

Tabela A.3: Sugestões para valores de *LTSCALE* para algumas escalas de mapas geológicos.

ESCALA	<i>MEASURE</i>
1:500	5
1:1.000	10
1:5.000	50
1:10.000	100
1:25.000	250
1:40.000	400
1:50.000	500
1:100.000	1000
1:250.000	2500

Tabela A.4: Sugestões para valores de *MEASURE* para algumas escalas de mapas geológicos.

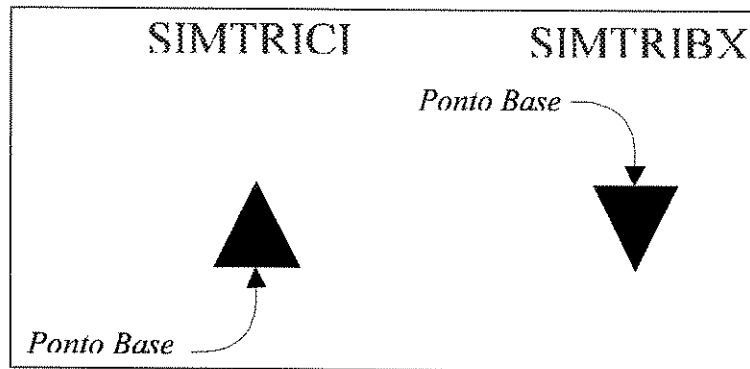


Figura A.8: Símbolos para representar falhas de cavalgamento.

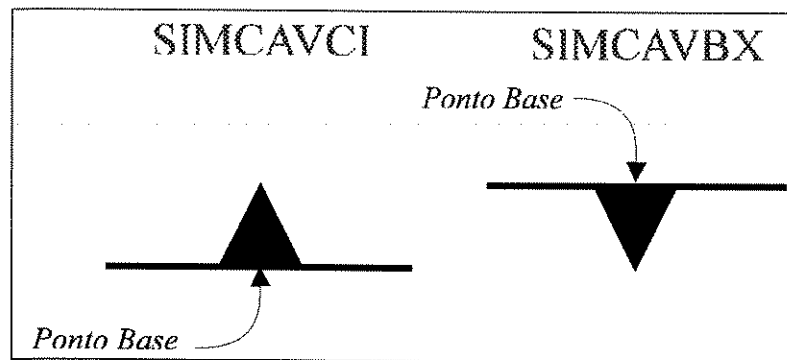


Figura A.9: Símbolos para representar falhas de cavalgamento inferidas.

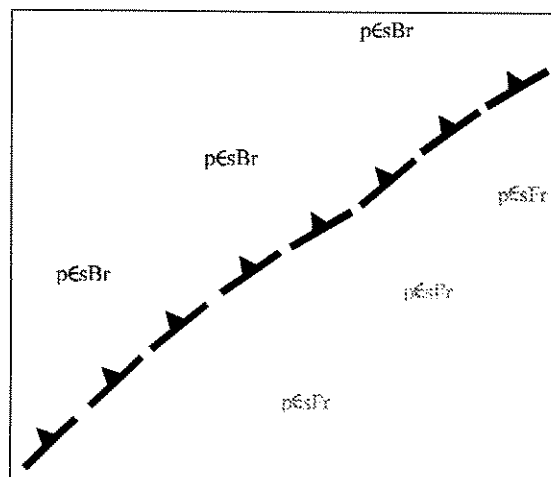


Figura A.10: Exemplo de falha de cavalgamento inferida através dos símbolos criados.

VIII - Hachurar Domínios de Classes

O próximo passo consiste em hachurar os desenhos, através do comando *BHATCH*. Para isso, devem ser seguidas as recomendações feitas sobre as hachuras no item 2.II.5, e colocá-las em níveis separados, para que as mesmas possam ser visualizadas em cores diferentes. Mesmo para hachuras pouco densas o AutoCAD 12 **no mínimo** duplica o tamanho do desenho após essa etapa. Para utilizar o comando *BHATCH* é necessário que os níveis a serem utilizados como limites de hachuras estejam com o tipo de linha *contínuo*, para que algumas delas não *vazem* pelos espaços entre os traços.

A Figura 2.11 mostra um mapa geológico da região de Montezuma, digitalizado através do AutoCAD 12 com os critérios acima e hachurado utilizando o comando *BHATCH*. A Figura 2.12 mostra a legenda desse mapa geológico, enquanto a Figura 2.13 mostra o mesmo mapa digitalizado sem o comando *BHATCH* para hachurar os domínios.

Como o AutoCAD consome muito espaço em disco para hachurar as classes, pode-se exportar os seus contornos em formato DXF, através do comando *DXFOUT*, para programas de ilustração e pintar as classes nesses programas. A Figura 2.14 mostra um mapa geológico colorido pelo Corel Draw 3.0, através desta técnica. Sua maior vantagem, além de uma qualidade melhor, é ter um arquivo com tamanho bem inferior ao gerado pelo AutoCAD.

A versão 12 do AutoCAD incorpora duas funções poderosas: uma para gerar polígonos de áreas a serem hachuradas (*BPOLY*) e a outra para hachurar áreas com limites definidos selecionando o centro da área (*BHATCH* seguido de *PICK POINTS*). Estes dois novos comandos auxiliam a criação das hachuras nos mapas, embora devam ser utilizados com muito critério, pois não há um controle do operador caso existam áreas não poligonizadas corretamente (áreas abertas). Assim, caso o mapa vá posteriormente alimentar um SGI é imprescindível que as áreas estejam poligonizadas corretamente.

IX - CRIAÇÃO DA LEGENDA E DO SELO DO MAPA

O item 2.III.10 mostra algumas recomendações para elaboração da legenda do mapa e principalmente do selo (carimbo) contendo as informações referentes ao mapa.

X - UTILIZAÇÃO DOS DADOS DIGITALIZADOS EM OUTROS DESENHOS

As informações criadas para geração de um mapa, tais como medidas estruturais, textos referentes a sequências litoestratigráficas, estilos de letras, legenda, mapa de localização, podem e devem ser utilizados em outros desenhos. Para a transferência dessas informações utiliza-se o comando *WBLOCK* no mapa que contém essas informações, tendo como origem as coordenadas 0,0 e o comando *INSERT* no mapa no qual se quer inserí-los, também tendo como origem as coordenadas 0,0. Essas informações serão registradas no novo desenho segundo as coordenadas do primeiro. Portanto, deve-se movê-las para seus respectivos lugares no novo mapa.