

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**MODELO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DO SINCLINAL DO
BAIRRO DA SERRA, VALE DO RIBEIRA - SP**

Arthur Coculo Pavese

Orientador: Dr. Ginaldo Ademar da Cruz Campanha

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-08/06)**

TF
P337
AC.m

São Paulo
2008

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



MODELO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DO SINCLINAL DO
BAIRRO DA SERRA, VALE DO RIBEIRA - SP

Arthur Coculo Pavese

Arthur

Orientador: Dr. Ginaldo Ademar da Cruz Campanha

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-08/06)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900025626

São Paulo
2008

TF
P337
AC.m

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



MODELO GEOLÓGICO ESTRUTURAL DO SINCLINAL DO
BAIRRO DA SERRA, VALE DO RIBEIRA - SP

Autores: [illegible]

[illegible]

Coordenador de Trabalho: [illegible]

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

[illegible]

Agradecimentos

Agradeço a minha família, ao meu orientador, a minha namorada e aos amigos, que estiveram sempre ao meu lado me apoiando nas horas difíceis e ajudando na realização deste trabalho.

Sumário

| | |
|---|-----|
| RESUMO..... | ii |
| ABSTRACT..... | iii |
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| LOCALIZAÇÃO E ACESSOS..... | 2 |
| OBJETIVOS..... | 2 |
| DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO..... | 3 |
| GEOLOGIA REGIONAL..... | 4 |
| Evolução no Conhecimento..... | 4 |
| Compartimentação Geológica..... | 6 |
| MATERIAIS E MÉTODOS..... | 10 |
| Técnicas de Representação em 3D..... | 10 |
| Visualização e Criação de Modelos Tridimensionais em AutoCAD..... | 12 |
| CONSTRUÇÃO DO MODELO..... | 15 |
| Inserção dos Dados no Sistema..... | 15 |
| Etapas da Construção..... | 21 |
| CONCLUSÕES..... | 37 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 38 |

RESUMO

Foi escolhida uma área situada a oeste da cidade de Iporanga – SP, localizada na Folha Iporanga (1:50.000, SG.22-X-B-V-2) entre as coordenadas UTM 728-740E e 7276-7286N, para a confecção de um modelo tridimensional sólido. O alvo da modelagem é a macrodobra representada pelo Sinclinal do Bairro da Serra.

Afloram na região uma série de rochas siliciclásticas e carbonáticas alternadas pertencentes ao Subgrupo Lajeado e a Formação Iporanga, subunidades do Supergrupo Açungui. Estas rochas apresentam diferentes graus de metamorfismo variando de fácies xisto verde baixo a anfibolito.

Predomina um estilo estrutural com macrodobras que possuem comprimento de onda e amplitude da ordem de centenas de metros, até quilômetros. Essas macrodobras mostram uma geometria cilíndrica em suas porções centrais, porém suas terminações mostram uma geometria cônica.

Como base para a construção do modelo foram utilizados perfis, mapa geológico e mapa de contorno linha de forma, digitalizados e vetorizados, e uma base topográfica vetorizada.

O aplicativo *AutoCAD* foi utilizado na construção do modelo e na inserção dos perfis geológicos no sistema. Outro aplicativo que auxiliou na inserção do restante dos dados foi o *ArcMAP*, que permite uma perfeita integração devido a seu sistema de coordenadas compatível.

Realizou-se também uma comparação entre os métodos gráficos tradicionais em 2D e o método computacional em 3D, mostrando suas vantagens e desvantagens.

O modelo permite uma visualização em três dimensões da macrodobra, e das relações entre o metacalcário da Formação Bairro da Serra com os metasiltitos da Formação Betari, que podem representar importantes barreiras impermeáveis para o aquífero cárstico.

ABSTRACT

It was choice an area situated west of the City of Iporanga – SP, located between the UTM coordinates 728-740 km E e 7276-7286 km N of the Iporanga quadrangle map (1:50.000, SG.22-X-B-V-2), in order to make a tridimensional solid geologic model of the area. The target of the modeling was the macrofold represented by the Bairro da Serra Synclinal.

The region is composed by a series of alternated siliciclastic and carbonatic rocks that belongs to Lajeado Subgroup and to the Iporanga Formation, subunits of Supergroup Açungui. These rocks present different degrees of metamorphism varying from greenschist to amphibolite facies.

The prevailing structural style comprises macrofolds with wave lengths and amplitudes of hundreds of meters, even quilometers. These macrofolds show a cylindrical geometry in the central portions, however its terminations show a conical geometry.

Geologic cross-sections, geologic maps and maps of form line contours were used for the construction of the model.

The software AutoCAD was used to construct the model and to inserts the cross-sections in the system. Other software that helps to inserts the lacking data was ArcMap / ArcGIS, which allows a perfect integration due its compatible coordinate system.

A comparison was also made between the graphic methods in 2D and the computational method in 3D, showing theirs advantages and disadvantages.

The model allows visualization in three dimensions of the macrofolds, and of the relations between the metalimestone of the Formation Bairro da Serra with the metasiltstones of the Formation Betari, that can represent importants impermeable barriers to the carstic aquifer.

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado em uma área contida no Cinturão Ribeira (Figura 1), mais especificamente no Domínio Apiaí, localizada entre as cidades paulistas de Apiaí e Iporanga - SP. Neste local afloram rochas pertencentes ao Subgrupo Lajeado e a Formação Iporanga, subunidades do Supergrupo Açungui.

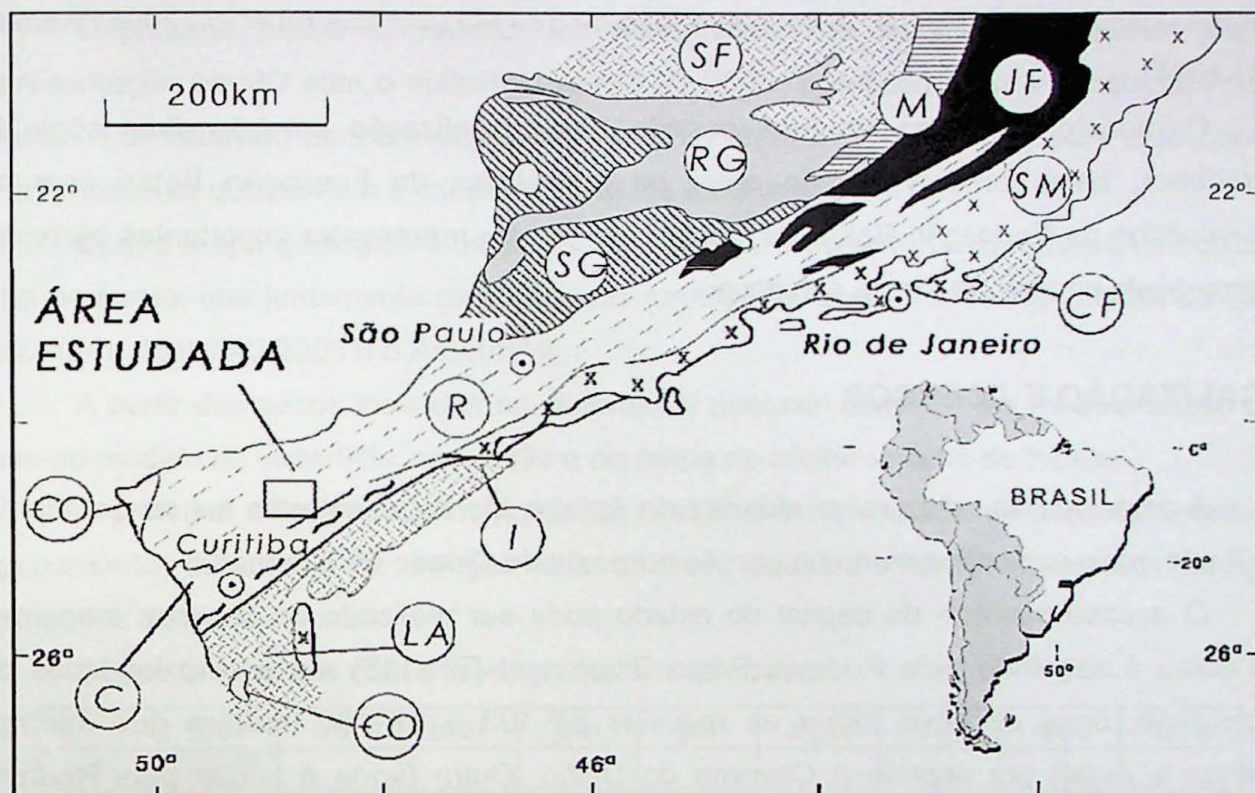


Figura 1 - Localização da área de estudo e sua relação com as principais unidades tectônicas pré-Silurianas, do sudeste do Brasil. Fragmentos Cratônicos e Blocos: (LA) Luís Alves, (I) Itatins, (SF) São Francisco. Faixas móveis Mesoproterozóicas a Neoproterozóicas: (RG) Alto Rio Grande, (SG) Nappe Socorro-Guaxupé, (R) Ribeira. Rochas de alto grau Arqueanas e Paleoproterozóicas, retrabalhadas no ciclo Brasileiro: (C) Curitiba, (SM) Serra do Mar, (CF) Cabo Frio, (JF) Juiz de Fora, (M) Mantiqueira. Sequências sedimentares e vulcanosedimentares Cambro-Ordovicianas: (CO). (Campanha e Sadowski, 1999)

O Subgrupo Lajeado é constituído por sete formações de natureza clástica terrígena e carbonática alternadas, com espessuras individuais da ordem de centenas de metros. O grau metamórfico dessas unidades litoestratigráficas é baixo, variando regionalmente de facies xisto verde baixo a localmente facies anfibolito, com estruturas sedimentares, reliquias e vulcânicas bem preservadas. Apresentam uma clivagem tectônica em geral empinada com direção NE e mergulhos fortes para NW.

Predomina na região um estilo estrutural com macrodobras que possuem comprimento de onda e amplitude da ordem de centenas de metros, até quilômetros. Essas

macrodobras mostram uma geometria cilíndrica em suas porções centrais, porém suas terminações mostram uma geometria cônica.

Nesta região o Subgrupo Lajeado é intrudido a oeste pelo Granito Itaóca, e a sudeste mostra contato tectônico com a Formação Iporanga, dado através da zona de cisalhamento da Figueira, com movimentação tida como inversa.

O Subgrupo Lajeado tem idade de sedimentação entre 630 Ma (idade do Granito Itaóca) e 1.400 Ma (idade dos zircões detríticos mais jovens encontrados). Já a Formação Iporanga possui idade máxima de sedimentação de 585 Ma (Campanha *et al.*, 2008; Salazar *et al.*, 2004).

O modelo geológico-estrutural permite uma visualização em três dimensões da macrodobra, bem como a relação entre os metasiltitos da Formação Betari com os metacalcários da Formação Bairro da Serra, que podem representar importantes barreiras impermeáveis para os aquíferos cársticos.

LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área localiza-se entre as cidades de Apiaí e Iporanga, extremo sul do Estado de São Paulo, mais especificamente na porção noroeste da Cidade de Iporanga.

O acesso partindo da capital do estado pode ser realizado de diversas maneiras, uma delas é seguindo pela Rodovia Régis Bittencourt (BR-116) até as proximidades de Jacupiranga, onde se deve tomar as rodovias SP-193 e SP-165 (rodovia que interliga Iporanga e Apiaí) em sentido à Caverna do Diabo. Outra forma é seguir pela Rodovia Raposo Tavares (SP-270) até as proximidades de Vargem Grande Paulista, onde deve-se acessar a Rodovia Bunjiro Nakao (SP-250) até chegar à Apiaí.

OBJETIVOS

Os objetivos foram:

- 1) A construção de um modelo geológico-estrutural sólido tridimensional das macroestruturas da área, utilizando para isso os métodos gráficos tradicionais 2D, como seções geológicas, mapa geológico e mapa de contorno linha de forma;
- 2) Comparar as duas abordagens, a gráfica tradicional e a modelagem computacional, analisando as vantagens e desvantagens de cada uma.

DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Inicialmente desenvolveu-se o trabalho de pesquisa bibliográfica referentes à geologia regional e local da área, a evolução do conhecimento e as técnicas de representação do modelo tridimensional.

Um trabalho de campo de três dias realizado em abril permitiu um breve reconhecimento dos litotipos e do estilo estrutural da área.

O próximo passo foi realizar um treinamento nas técnicas disponíveis para a representação em 3D com o aplicativo *AutoCAD* 2000, escolhido para a construção deste modelo. Foi realizado também um treinamento no *AutoCAD* 2007 *Trial*, pois este contém uma ferramenta que permite a criação de sólidos mais refinados.

Com o mapa geológico e os perfis digitalizados foi construído um mapa de contorno linha de forma, que juntamente com os perfis geológicos foram vetorizados utilizando-se os aplicativos *AutoCAD* 2000 e o *ArcMAP* 9.

A partir dos dados inseridos no sistema foi possível construir um modelo sólido com base no modelo de superfície, nos perfis e no mapa de contorno linha de forma.

A principal dificuldade encontrada foi devido à incapacidade de processamento do equipamento durante a construção dos sólidos, causando travamentos em estágios avançados da modelagem.

Segue uma tabela com o cronograma das atividades:

| | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |

- 1) Preparação do plano inicial;
- 2) Revisão bibliográfica da geologia regional e local;
- 3) Revisão bibliográfica dos métodos de representação em 3d;
- 4) Treinamento no aplicativo;
- 5) Importação, revisão e inserção dos dados no sistema;
- 6) Trabalho de campo;
- 7) Interpretação da macro estrutura;
- 8) Elaboração do modelo em 3d;
- 9) Redação da monografia.

GEOLOGIA REGIONAL

Evolução no Conhecimento

Dentre os trabalhos pioneiros destacam-se os de Derby (1878), que estudou os metassedimentos do Vale do Rio Açungui, e os de Oliveira (1916, 1925, 1927), que posteriormente introduziu o termo Série Açungui para as rochas metamórficas localizadas a oeste e noroeste de Curitiba, e as separou de um embasamento cristalino arqueano.

Moraes Rego (1933) denominou de Série São Roque os epimetamorfitos encontrados próximos a São Paulo, e os distinguiu de gnaisses arqueanos do complexo cristalino. Devido à contigüidade entre a Série São Roque e a Série Açungui, em trabalhos que se seguiram os termos foram escolhidos de acordo com o autor, sendo adotado unicamente o termo Açungui em trabalhos futuros.

Leonardos (1934, 1941) nomeou de Formação Iporanga os conglomerados encontrados nos arredores da cidade homônima, interpretados como possíveis tilitos. Mais tarde essa designação é modificada para Série Ribeira, por descobrir que essas rochas estavam expostas em uma área maior do que se observou anteriormente.

Barbosa (1941) tentou definir na região entre Apiaí e Iporanga um primeiro empilhamento das seqüências da Série São Roque, modificando essa designação para Série Açungui em trabalhos posteriores. Em 1948 o autor apresentou um perfil construído na estrada Apiaí-Iporanga, inaugurada há pouco tempo, definindo as principais unidades litoestratigráficas. O autor ainda propõe a extinção da designação Série Ribeira para os conglomerados de Iporanga, proposta por Leonardos (1941), e assume que esses metassedimentos são pertencentes à Série Açungui.

O MMAJ/JICA (1981, 1982, 1983) realizou um reconhecimento regional no Vale do Ribeira nas áreas limítrofes aos estados de São Paulo e Paraná, e posteriormente desenvolveu um mapeamento de semidetalhe (1:25.000), em um projeto chamado Anta Gorda desenvolvido em convênio com o DNPM, realizado em três etapas. O Grupo Açungui foi dividido em três formações, denominadas da base para o topo de Açungui I, Açungui II e Açungui III, com essa última subdividida em sete membros, denominados L1, S1, L2, S2, L3, S3 e L4, compostos alternadamente por rochas carbonáticas e terrígenas.

Campos Neto (1983) distinguiu entre Barra do Turvo e Apiaí sete seqüências litoestratigráficas, e denominou-as informalmente de seqüência Rio Pardo, seqüência Ribeirão das Pedras, seqüência Iporanga, seqüência Betari, seqüência Furnas-Lajeado, seqüência Serra da Boa Vista e seqüência do Gorutuba.

Campanha *et al.* (1985) dividiram o Grupo Açungui em Subgrupo Lajeado, Seqüência Iporanga e Seqüência Rio das Pedras. O Subgrupo Lajeado foi subdividido em sete formações, segundo adaptação das proposições de Barbosa (1941), Campos Neto (1983),

MMMA/JICA (1983) e Hasui *et al.* (1984), nomeadas: Formação Betari, Formação Bairro da Serra, Formação Água Suja, Formação Mina de Furnas, Formação Serra da Boa Vista, Formação Passa Vinte e Formação Gorutuba. Posteriormente Campanha *et al.* (1986) modificam a denominação de Seqüência Rio das Pedras para Formação Perau e Seqüência Iporanga para Formação Iporanga.

Pires (1988) definiu na região entre Barra do Turvo e Apiaí, utilizando o termo seqüência com conotação de estratigrafia genética, cinco seqüências deposicionais (seqüência Betari, seqüência Furnas-Lajeado, seqüência Serra da Boa Vista, seqüência Gorutuba-Passa Vinte e seqüência Iporanga) e um complexo turbidítico (complexo turbidítico Rio das Pedras), agrupados por associações particulares de tipos distintos de rochas, que revelam episódios regressivos e transgressivos.

Pires (1990) estudou detalhadamente as seqüências Betari e Furnas-Lajeado (Pires, *op. cit.*), e as considerou como representantes de um ciclo transgressivo-regressivo, com espessura aproximada de 2000m. Devido às similaridades litológicas e dos ambientes deposicionais entre as seqüências Betari e Serra da Boa Vista, e entre as seqüências Furnas-Lajeado e Gorutuba-Passa Vinte, o autor sugere a configuração de uma estrutura *duplex*, gerada por cavalgamento através da Falha de Arapongas.

Compartimentação Geológica

A região é compartimentada em blocos tectônicos principais separados por extensas zonas de cisalhamento (Figura 2), denominados Bloco Costeiro, Bloco Andorinhas, Bloco Ribeira, Bloco Lajeado e Bloco Apiaí, sendo o penúltimo de interesse por conter o subgrupo homônimo (Campanha, 1991).

Seu embasamento é formado pelas rochas pertencentes ao Complexo Gnáissico Migmatítico, de idade Paleoproterozóica, que consistem em uma assembléia de gnaisses migmatíticos e orto e paragneisses, intercalados com ectinitos, representados por mármore, quartzitos, anfibolitos e rochas calcissilicáticas (Campanha e Sadowski, 1999).

O Bloco Lajeado é limitado a sudeste pelo Lineamento da Figueira e a noroeste pelos lineamentos Quarenta-Oitava e Carumbé. Em sua porção sudoeste e nordeste encontram-se intrudidos respectivamente os granitóides Itaóca e Vargem Grande. Na parte central do bloco estão o Anticlinal da Serra do Sem Fim e o Sinclinal do Bairro da Serra, ambos em escala quilométrica (Figura 2).

O contato entre o Subgrupo Lajeado e a Formação Iporanga, realizado pelo Lineamento da Figueira, ocorre de forma brusca, com essas unidades apresentando diferentes estilos estruturais e fácies sedimentares. Esse lineamento apresenta forte expressão morfológica, ressaltada devido aos mármore da Formação Bairro da Serra estarem subverticalizados em sua zona de influência (Campanha, 1991).

Na zona de influência desse lineamento, onde as rochas aparecem mais deformadas, os mármore da Formação Bairro da Serra desenvolvem dobras isoclinais e uma transposição do acamamento por uma clivagem tectônica. No topo da Formação Betari ocorrem dobras em bainha centimétricas, com estiramento máximo na direção de mergulho, e uma dobra hectométrica com flanco verticalizado ou invertido, mergulhando para NW (Campanha, 1991).

O Subgrupo Lajeado, que contém parte das supracrustais definidas como Supergrupo Açungui, apresenta idades do Mesoproterozóico ao Neoproterozóico. Suas formações são constituídas essencialmente por rochas siliciclásticas e carbonáticas alternadas, com espessos pacotes da ordem de centenas de metros. Essas rochas foram interpretadas por Petri e Suguio (1969) como uma seqüência plataformar de águas rasas, porém não litorâneas.

O grau metamórfico baixo a incipiente ao qual foram submetidas essas rochas permitiu a preservação de estruturas sedimentares em abundância, observadas por vezes deformadas, mas raramente destruídas por completo. Segundo Hasui *et al.* (1984) e Campanha *et al.* (1985, 1986) a porção central do subgrupo contém um estilo estrutural mais simples e com empilhamento estratigráfico original preservado, entretanto ocorre uma estruturação em lascas tectônicas, o que pode indicar repetições das unidades devido a

falhas de empurrões. Saindo da parte central e deslocando-se longitudinalmente na direção SW-NE, ou transversalmente para na direção NW-SE, o grau de deformação e recristalização das rochas aumenta, e o estilo estrutural complica-se (Campanha, 1991).

O Subgrupo Lajeado é expresso por sete formações, descritas sumariamente a seguir da base para o topo:

(a) Formação Betari composta na base por metaarenitos e metaconglomerados oligomíticos e no topo por metarritmitos; (b) Formação Bairro da Serra composta por metacalcário calcítico de coloração cinza escuro; (c) Formação Água Suja composta por filitos finamente interestratificados; (d) Formação Mina de Furnas com composição idêntica à Formação Bairro da Serra; (e) Formação Serra de Boa Vista composta por bancos de metaarenitos localmente com finas camadas de sedimentos finos clásticos; (f) Formação Passa Vinte composta por metacalcário restritamente distribuído; e (g) Formação Gorutuba composta por metassiltitos calcisilicáticos bandados e onde encontra-se intrudido o Gabro de Apiaí (Campanha e Sadowski, 1999).

A Formação Betari constitui a base do subgrupo e apresenta uma espessura de 600m, estimada por Faleiros (2000), com base em coluna estratigráfica levantada no flanco noroeste da Serra da Biquinha, realizada durante mapeamento de detalhe na área (Figura 3).

É considerada como subdivisível em dois membros, um inferior constituído por metaarenitos, metaarenitos arcoseanos de granulação média a grossa, metaarenitos com grânulos, e lentes de espessura decimétrica a métrica de metaconglomerados oligomíticos de matriz arenosa; e outro membro superior, constituído por metarritmitos com granulação variando de areia fina a silte (Campanha, 1991).

A Formação Bairro da Serra é de natureza carbonática, e aparece amplamente distribuída na área, em dois corpos segmentados. Um com formato alongado e espessura maior na porção SW em relação à porção NW, e outro com exposição mais significativa na área com forma determinada pela intersecção na topografia do Sinclinal do Bairro da Serra, do Anticlinal da Serra do Sem-Fim e do Anticlinal de flanco invertido do Bairro do Betari. Sua coluna estratigráfica está representada na figura 3.

Sua composição é de mármore finos a médios, cinza escuros, homogêneos e por vezes bandados. Esse bandamento em geral é decimétrico, mas localmente pode aparecer centimétrico, correspondendo ao acamamento reliquiar. São em geral impuros, margosos, passando localmente a filitos/xistos carbonáticos, com intercalações de filitos sericíticos e metassiltitos (Campanha, 1991).

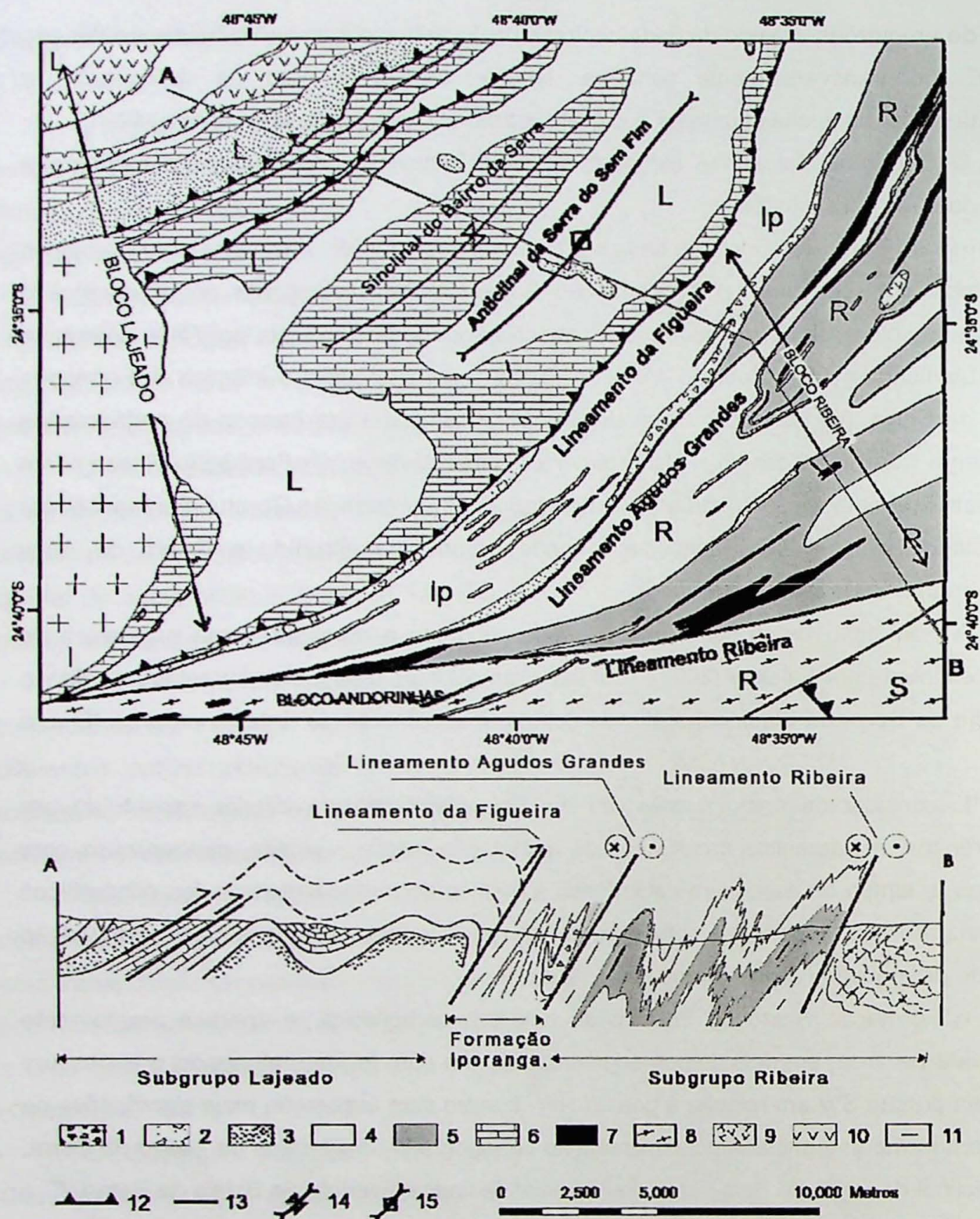


Figura 2 – Mapa geológico e seções da área de estudo; (1) metaconglomerado polimítico e metabrecha com matriz pelítica; (2) metaconglomerado polimítico com matriz arcoseana, e arenito arcoseano; (3) metaarenito, intercalado com metaconglomerado oligomítico e metasiltito; (4) metapelito, predominantemente composto por metarrilito; (5) metapelito fino, de estrutura maciça; (6) metacalcário; (7) metabásica; (8) filito e xisto; (9) microdiorito; (10) Gabro de Apiai; (11) Granito Itaóca; (12) zona de cisalhamento de empurrão; (13) zona de cisalhamento transcorrente; (L) Subgrupo Lajeado; (R) Subgrupo Ribeira; (Ip) Formação Iporanga; (14) Sinclinal; (15) Anticlinal (Campanha *et al.*, 2008).

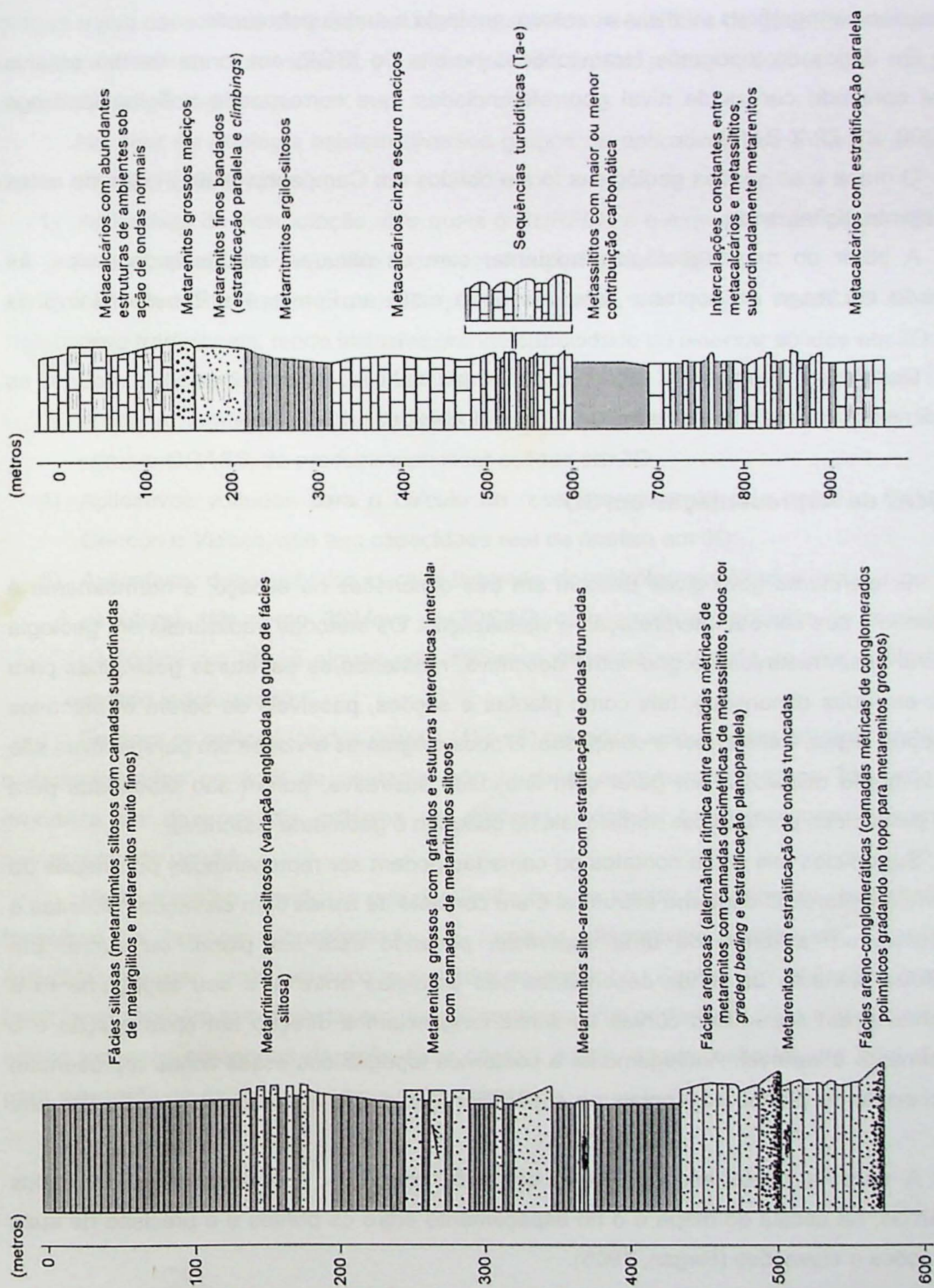


Figura 3 – Colunas estratigráficas das Formações Betari e Bairro da Serra, adaptadas de Faleiros (2000).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaborar o modelo tridimensional foi realizada uma compilação de dados e informações cartográficas relativas ao relevo, geologia e dados estruturais.

Os dados da topografia foram obtidos no site do IBGE, em forma de um arquivo vetorial contendo curvas de nível georreferenciadas, que corresponde a Folha Iporanga (1:50.000, SG.22-X-B-V-2).

O mapa e as seções geológicas foram obtidos em Campanha (1991), estando estes previamente digitalizados.

A partir do mapa geológico existente, com as atitudes estruturais lançadas, foi elaborado um mapa de contorno linha de forma entre as Formações Betari e Bairro da Serra.

Com base nos mapas e seções digitalizadas elaborou-se um modelo 3D segundo os procedimentos mostrados em *AutoDesk* (1999) e *AutoDesk* (2007) *Trial*.

Técnicas de Representação em 3D

As estruturas geológicas existem em três dimensões no espaço, e normalmente é um desafio a sua correta interpretação e visualização. Os métodos tradicionais em geologia estrutural usam recursos de geometria descritiva, rebatendo as estruturas geológicas para planos em duas dimensões, tais como plantas e seções, passíveis de serem trabalhados com papel, régua, transferidor e compasso. Blocos diagramas e visões em perspectivas são eventualmente utilizados, em geral com finalidade ilustrativa, porém são laboriosas para serem produzidas por técnicas tradicionais de desenho e geometria descritiva.

Superfícies tais como contatos ou camadas podem ser representadas por mapas de contorno estrutural. O contorno estrutural é um conjunto de linhas com elevações distintas e que descrevem a forma de uma superfície, podendo esta ser planar ou curva. Em superfícies planares as linhas desenhadas são paralelas entre si e seu espaçamento é constante, e em superfícies curvas as linhas tangenciam a direção em cada porção e o espaçamento é variável. Analogamente a contornos topográficos essas linhas representam a intersecção de planos horizontais na superfície, espaçados em intervalos iguais (Ragan, 1985).

A escolha deste intervalo deve ser feita com base na quantidade de dados disponíveis, na escala do mapa e o no espaçamento entre os pontos e a precisão de suas localizações e elevações (Ragan, 1985).

O contorno linha de forma realizado para a superfície de contato entre as Formações Bairro da Serra e Betari considerou as atitudes dos pontos referentes às medidas de

acumulação, as cotas onde o contato intersecta a superfície topográfica e as cotas dos perfis rebatidas no mapa geológico.

A modelagem em três dimensões pode ser feita mais diretamente no computador, graças a sua capacidade de processamento, utilizando-se técnicas de geometria analítica, e considerando-se as dimensões x, y e z dos pontos, linhas, planos e sólidos que compõem as estruturas geológicas.

Na área de geologia existem diversos grupos de aplicativos que tratam e analisam dados em 3D. Por exemplo:

- 1) Aplicativos de interpolação, dos quais o *SURFER* é o exemplo mais conhecido, que têm a capacidade de gerar e representar superfícies em 3D;
- 2) Aplicativos de desenho assistido por computador, dos quais o *AutoCAD* é um dos mais tradicionais, tendo inclusive grande capacidade de elaborar sólidos em 3D;
- 3) Sistemas de informação geográfica (SIG, ou GIS, em inglês), muitos dos quais possuem também a capacidade de interpolar e tratar superfícies em 3D, e alguns, como o *GRASS*, de produzir e analisar sólidos em 3D;
- 4) Aplicativos voltados para o cálculo de reservas minerais, tais como o *DataMine*, *Gencon* e *Vulcan*, que tem capacidade real de análise em 3D;
- 5) Aplicativos desenvolvidos para a indústria do petróleo e voltados para a geologia estrutural, tais como *3DMove* e *GOCAD*, com ampla capacidade de modelagem geológica em 3D, e alguns com recursos de restauração de seções e blocos ao estado indeformado.

Embora os aplicativos dos grupos (4) e (5) referidos acima sejam os mais poderosos e especializados na área de geologia, são também extremamente caros (da ordem de grandeza de dezenas de milhares de dólares), exigindo também longo e complexo treinamento do usuário.

Neste trabalho, devido às próprias limitações de tempo e escopo de um trabalho de formatura, e também considerando os recursos disponíveis, adotou-se o aplicativo *AutoCAD*, de uso mais genérico e voltado ao desenho. Sendo um aplicativo bastante tradicional, também tem a vantagem de que seus arquivos podem ser lidos e importados por quase todas as categorias de aplicativos citadas acima, sendo inclusive um bom recurso para a entrada de dados para esses outros sistemas.

Visualização e Criação de Modelos Tridimensionais em AutoCAD

No aplicativo *AutoCAD* é possível construir modelos tridimensionais com base em três técnicas de modelagem, denominadas de *wireframe modeling*, *surface modeling* e *solid modeling*.

Wireframe modeling consiste em posicionar no espaço 3D pontos, linhas e polígonos, que representam a forma do objeto 3D por meio de suas arestas, semelhante a uma descrição esquelética.

Surface modeling utiliza parte dos princípios da primeira técnica, definindo as arestas do objeto 3D a ser criado, e adicionalmente gera por meio de métodos de interpolação uma superfície que une essas arestas. Essa superfície é formada por uma malha poligonal composta por faces planares, podendo ser alterado o grau de detalhamento conforme o número de linhas e colunas da matriz.

Solid modeling é parecida com a segunda técnica, baseando-se no revestimento das arestas por superfícies, mas o objeto criado é fechado e apresenta propriedades físicas de um sólido (massa, gravidade, centro de gravidade, etc.), diferente do objeto criado pela técnica anterior, que é aberto e contém apenas o valor da área das superfícies geradas.

Alguns dos procedimentos para a geração de objetos 3D nestas duas últimas técnicas são semelhantes, como a construção de formas primitivas (cubos, esferas, cones, etc.) por meio da inserção de alguns valores como comprimento, largura, altura e raio; desenhando formas que descrevem o objeto quando rotacionadas em torno de determinados eixos de simetria; ou utilizando formas que definam o objeto quando movimentadas segundo uma direção, retilínea ou curva.

Os objetos são criados utilizando como base o sistema de coordenadas cartesiano ou polar, dependendo da maneira com que os dados são inseridos (cartesiano: x,y,z (10,-5,8) – polar: distância<ângulo (50<45)). Ao criar um novo arquivo o sistema padrão de coordenadas, denominado de *world coordinate system* (WCS), possui origem definida no ponto 0,0,0. É possível alterar o WCS para um sistema de coordenadas escolhido pelo usuário (*user coordinate system* – UCS), por meio do comando **UCS**.

Este comando permite essa alteração por diversos métodos, como por exemplo, definindo um novo ponto (x,y,z) como origem sem alterar a direção dos eixos, orientando os eixos segundo a face de um objeto, utilizando três pontos que definem a origem e orientação dos eixos x e y , rotacionando o plano de trabalho em relação ao eixo x , y ou z , dentre outros. Quando múltiplos sistemas de coordenadas são necessários em um mesmo projeto existe a opção para salvar e carregar posteriormente.

A inserção dos dados no aplicativo pode ser realizada de forma absoluta ou relativa. Na primeira os valores das coordenadas de cada ponto são conhecidos, e na segunda as

coordenadas de um ponto podem ser definidas de acordo com a distância positiva ou negativa nos três eixos a partir do ponto anterior (absoluta: 5,-2,10 – relativa: @5,-2,10).

Para a visualização do modelo 3D no programa existem as opções de alternar entre vistas ortográficas e isométricas, e ainda a possibilidade de movimentar o ponto de vista segundo uma órbita 3D dos objetos. As vistas ortográficas e isométricas podem ser alteradas segundo a barra de ferramentas **view**, através de botões que contém a imagem ilustrativa da posição da vista do observador. Em alguns projetos quando é necessário salvar algumas vistas definidas pelo usuário isso pode ser feito com o uso do comando **view**. Para mover o ponto de vista segundo a órbita 3D de um objeto usa-se o comando **3dorbit**.

Na necessidade de trabalhar em mais de uma tela com pontos de vista diferentes, isso é possível através do comando **viewport**, que divide a tela em até quatro subtelas sendo permitida ainda a divisão dessas subtelas em outras, entretanto o espaço pode ficar reduzido. Para escolher um ponto de vista em cada subdivisão cada tela deve ser selecionada uma de cada vez e atribuída a vista. Essas subtelas servem somente para realizar tarefas em uma das telas e visualizá-la em outros pontos de vista, não sendo permitido trabalhar com mais de um projeto.

As superfícies no *AutoCAD* 2000 e 2007 podem ser criadas utilizando alguns comandos como o **3dmesh**, **rulesurf** e **edgesurf**. O **3dmesh** permite criar uma superfície com base em vértices (N, E e Z) definidos como linhas e colunas de uma matriz (M x N). Um modelo digital de terreno pode ser construído desta forma, com pontos dispostos no espaço 3D contendo valores de elevação, entretanto o limite da matriz é de 256 X 256, o que pode requerer uma união das malhas criadas, caso a área seja muito grande.

Selecionar os pontos manualmente no espaço pode ser uma tarefa demorada, entretanto podem ser criados arquivos de *script* em diversas linguagens de programação, para ser rodado no aplicativo. Esses *scripts* contêm uma rotina que descreve passo a passo como construir um modelo, com base nas informações disponíveis e seu arranjo, e quando executado automatiza todo o processo, economizando muito tempo.

O comando **edgesurf** cria uma superfície com a entrada de quatro pontos dispostos no espaço, por meio de uma interpolação entre eles. É definida somente por quatro pontos o que torna esta função restrita quando há necessidade de confeccionar superfícies mais irregulares, porém em superfícies regulares quando utilizadas em grande número podem representar dobras ou contatos entre unidades.

O **rulesurf** cria uma superfície em relação à disposição de duas seções, unindo-as conforme disposição no espaço e proporção em tamanho. Parece funcionar bem quando os perfis são regulares e possuem dimensões equivalentes. Outra desvantagem é a limitação de apenas duas seções.

Em versões posteriores do *AutoCAD*, como a versão 2007, além das formas descritas anteriormente, criar uma superfície entre diversas seções tornou-se possível com o comando **loft**. Este comando permite a interpolação entre essas seções, que devem ser todas abertas e não obrigatoriamente planares. No caso de seções fechadas e planares o comando gera um sólido. Uma de suas desvantagens é não poder unir seções que foram ligadas, para ampliar o modelo, pois o comando interpola conforme cada seguimento unido criando assim distorções no desenho. Apesar de ser mais flexível em relação à configuração dos perfis com relação ao comando **rulesurf**, existe a possibilidade de erro ao executá-lo em seções não compatíveis.

Em ambas as versões os sólidos podem ser criados por união, subtração e intersecção de sólidos, respectivamente utilizando os comandos **union**, **subtract** e **intersect**. Outra forma é usando os comandos **thickness** e **extrude**, que permitem definir uma espessura ao objeto, muito úteis em curvas de nível. Outra forma de obter um sólido é utilizando o comando **slice**, que corta um objeto em dois segundo uma superfície qualquer, deixando o sólido com a forma da superfície.

Com o comando **point** é possível definir um ponto no ambiente 3D com a entrada de coordenadas e a elevação, permitindo a construção de linhas e planos com base em atitudes de camadas. Outros comandos de desenho em 2D são o **line**, que constrói uma linha, o **pline**, que constrói uma linha com inúmeros segmentos de retas e o **spline**, com o mesmo resultado que o anterior mas com inúmeros segmentos curvos. No ambiente 3D, pode ser usado o comando **3Dpoly** para construir linhas.

CONSTRUÇÃO DO MODELO

Inserção dos Dados no Sistema

Diversos são os tipos de informações que podem ser inseridas no sistema para auxiliar na construção do modelo tridimensional, e dentre elas destacam-se os perfis geológicos, os contornos estruturais, os furos de sondagem e os dados geofísicos, desde que estes estejam devidamente georreferenciados, para serem compatíveis com o sistema de coordenadas do programa. Para a realização deste modelo no *AutoCAD* foi utilizado o sistema de coordenadas UTM, que se encaixa com eficiência no sistema de coordenadas cartesiano do programa.

Alguns projetos são realizados com base em fragmentos de informações contidas em diversos arquivos, por vezes confeccionados em unidades distintas, como por exemplo, metros e quilômetros. Trabalhando desta forma a unidade de todos os arquivos deve ser a mesma, ou as informações podem tornar-se incompatíveis caso o programa não consiga ajustar as diferentes escalas. O *AutoCAD* permite o trabalho em um mesmo projeto em diferentes escalas, desde que ajustado o zoom de acordo com cada objeto, e também é possível determinar um fator de escala nas três dimensões do objeto para que este se ajuste com outros em diferente escala.

Os dados inseridos no sistema para a construção do modelo do Sinclinal do Bairro da Serra foram os perfis geológicos e o mapa geológico obtidos de Campanha (1991), as curvas de nível vetorizadas e o contorno estrutural do contato entre as Formações Bairro da Serra e Betari.

Essas curvas de nível estão contidas em um arquivo vetorial em formato *dgn*, nativo do aplicativo *Microstation*. O arquivo é georreferenciado e foi construído com a unidade configurada em quilômetros, porém não inclui os valores de elevação das curvas, que estão definidos como zero. Informações detalhadas podem ser encontradas no arquivo de documentação referente a essa folha, também disponível no site.

Para que o arquivo possa ser editado no *AutoCAD* é preciso que ele seja importado para os seus formatos nativos *dxf* ou *dwg*. Neste trabalho preferiu-se utilizar o aplicativo *ArcMap* para exportar o arquivo para o formato *dwg*, mantendo a unidade em quilômetros, original do arquivo. Esse procedimento foi realizado utilizando duas ferramentas contidas no menu **standard**, uma para adicionar no aplicativo os dados do arquivo original e outra para converter o arquivo (Figura 4).

Os perfis geológicos previamente digitalizados foram rotacionados para alinharem-se com a horizontal e recortados para reduzir o tamanho do arquivo e preservar somente as informações necessárias, utilizando para isso um editor de imagens. Existem diversos editores de imagens disponíveis na internet com licença gratuita e que realizam estas

funções muito bem, entretanto podem ser obtidos diferentes resultados relacionados à distorção e alinhamento dos pontos da imagem, variando de acordo com a programação de cada aplicativo.

Após o tratamento das imagens estas foram inseridas no *AutoCAD* como referência, utilizando o comando **imageattach**, que possui opções de inserção por meio da entrada de uma coordenada específica ou clicando em um ponto qualquer da tela; de ajuste de escala segundo um determinado fator; de rotação segundo sentido horário e anti-horário, usando valores negativos e positivos respectivamente. A rotação da imagem pode ser realizada nesta etapa, desde que medido o ângulo previamente.

Existe a possibilidade de inserir a imagem no plano frontal da vista ortográfica, quando esta vista está selecionada antes da adição da imagem, o que permite a vetorização dos perfis na posição vertical, tornando mais fácil a integração com o resto dos dados por não ser necessária a sua rotação.

O ponto de inserção pode ser definido na origem (0,0,0) ou em qualquer posição na tela, pois posteriormente o perfil será alinhado segundo pontos de controle conhecidos (x,y,z), não interessando a posição no desenho atual e sim sua escala. Para facilitar este procedimento as opções do comando devem ser ajustadas como origem no ponto de inserção, fator de escala igual a um se não for conhecida, e rotação igual a zero grau. Um cuidado a ser tomado é verificar se a unidade do desenho foi definida como quilômetros.

Quando a imagem é adicionada é necessário executar a vista ortográfica frontal novamente para que a imagem seja encontrada no desenho e seja exibida em sua escala e com zoom definido em seus limites. O ajuste da escala pode ser realizado utilizando o comando **scale** e entrando com um fator de escala, caso este seja conhecido. Neste trabalho os mapas foram digitalizados em escala 1:50.000, permitindo entrar com um fator de escala aproximado de 50.000. Outra forma de ajustar a escala da imagem é arrastando os limites da imagem e realizando verificações de distância entre dois pontos conhecidos, com a distância real determinada graficamente no perfil (Figura 5).

Ajustada a escala da imagem no programa com a escala real, foram criadas as camadas (*layers*) contendo as informações dos perfis, pertinentes a construção do modelo, como falhas, contatos litológicos e superfície topográfica, transformadas em vetores utilizando o comando **pline**, que cria uma linha bidimensional composta por vários segmentos de retas ligados pelas extremidades, e permite representar linhas curvas em grande escala.

O contorno linha de forma foi confeccionado utilizando o aplicativo *ArcMap*, que permite criar facilmente pontos, linhas e polígonos tendo como base uma imagem digitalizada e georreferenciada, permitindo assim uma perfeita integração com o *AutoCAD*. Essas ações podem ser realizadas utilizando as barras de ferramentas **editor** e **georeferencing**, ilustradas na figura 6. É importante criar uma camada para cada desenho,

para facilidade no manuseio e por serem reconhecidas como camadas no *AutoCAD* quando exportadas, tendo o nome do arquivo em formato *shp* (*shape*). A criação dos arquivos em formato *shp* pode ser realizada no aplicativo *ArcCatalog*, integrante do pacote *ArcGIS*, por meio do menu **file > new > shapefile**.

A exportação desses arquivos foi realizada da mesma maneira que as curvas de nível (Figura 4).

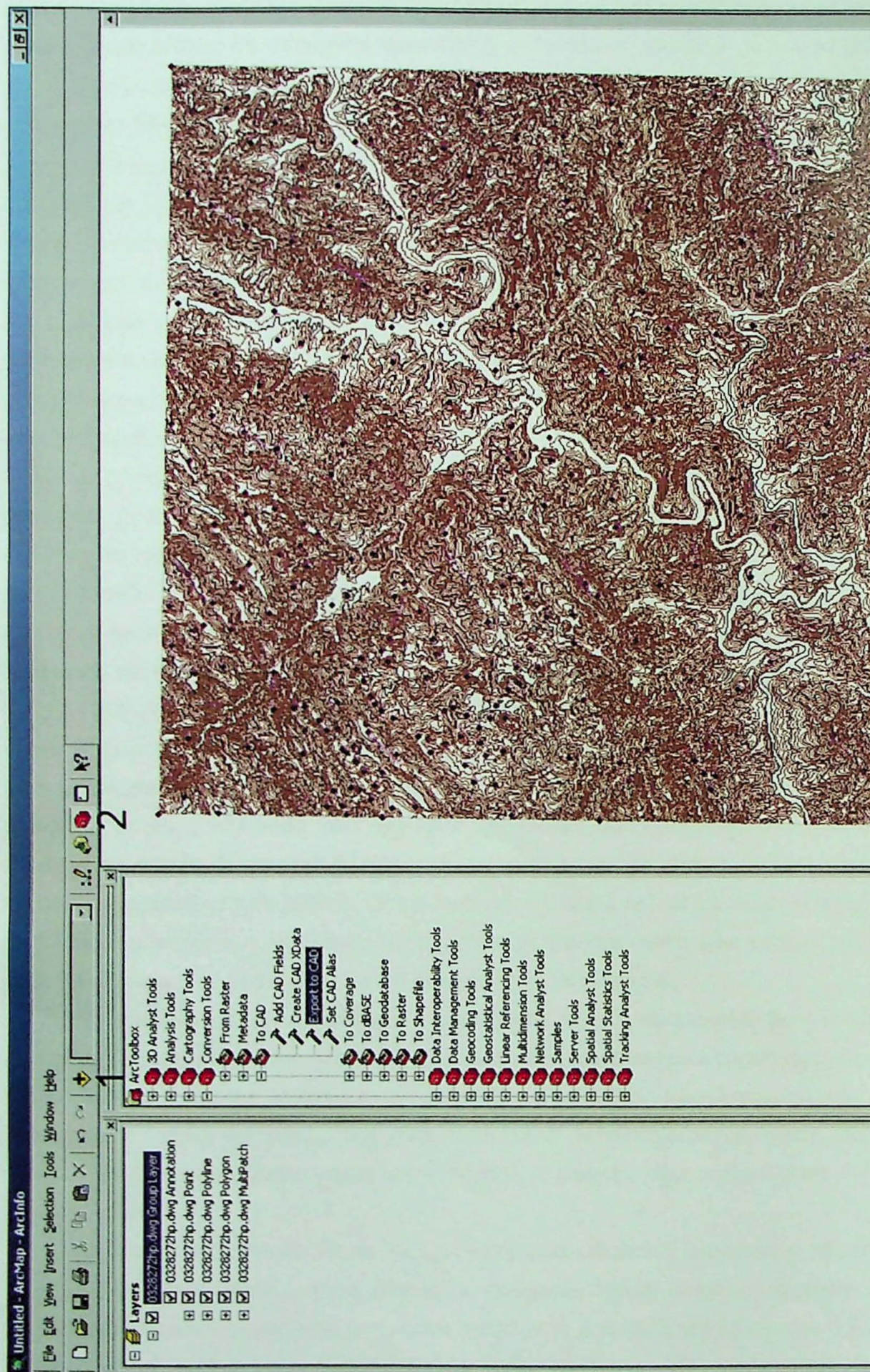


Figura 4 – Conversão de arquivos *dgn* para *dwg* dentro do ArcMap; (1) Ferramenta para adicionar o arquivo em formato *dgn*; (2) Ferramenta para conversão do arquivo para o formato *dwg*.

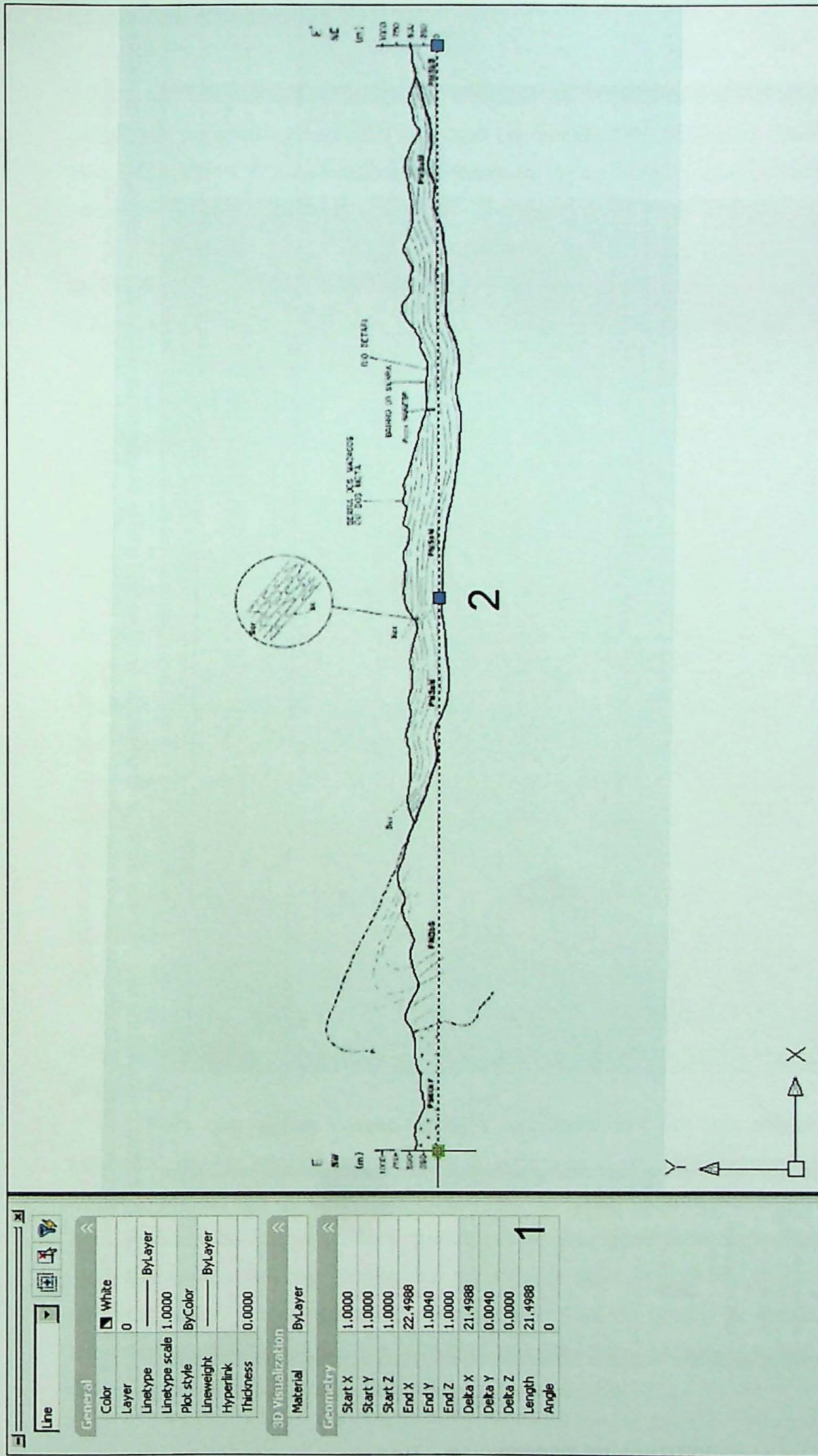


Figura 5 – Ajuste da escala do perfil dentro do ambiente 3D; (1) Valor do comprimento da reta desenhada; (2) Reta desenhada para verificação da escala.

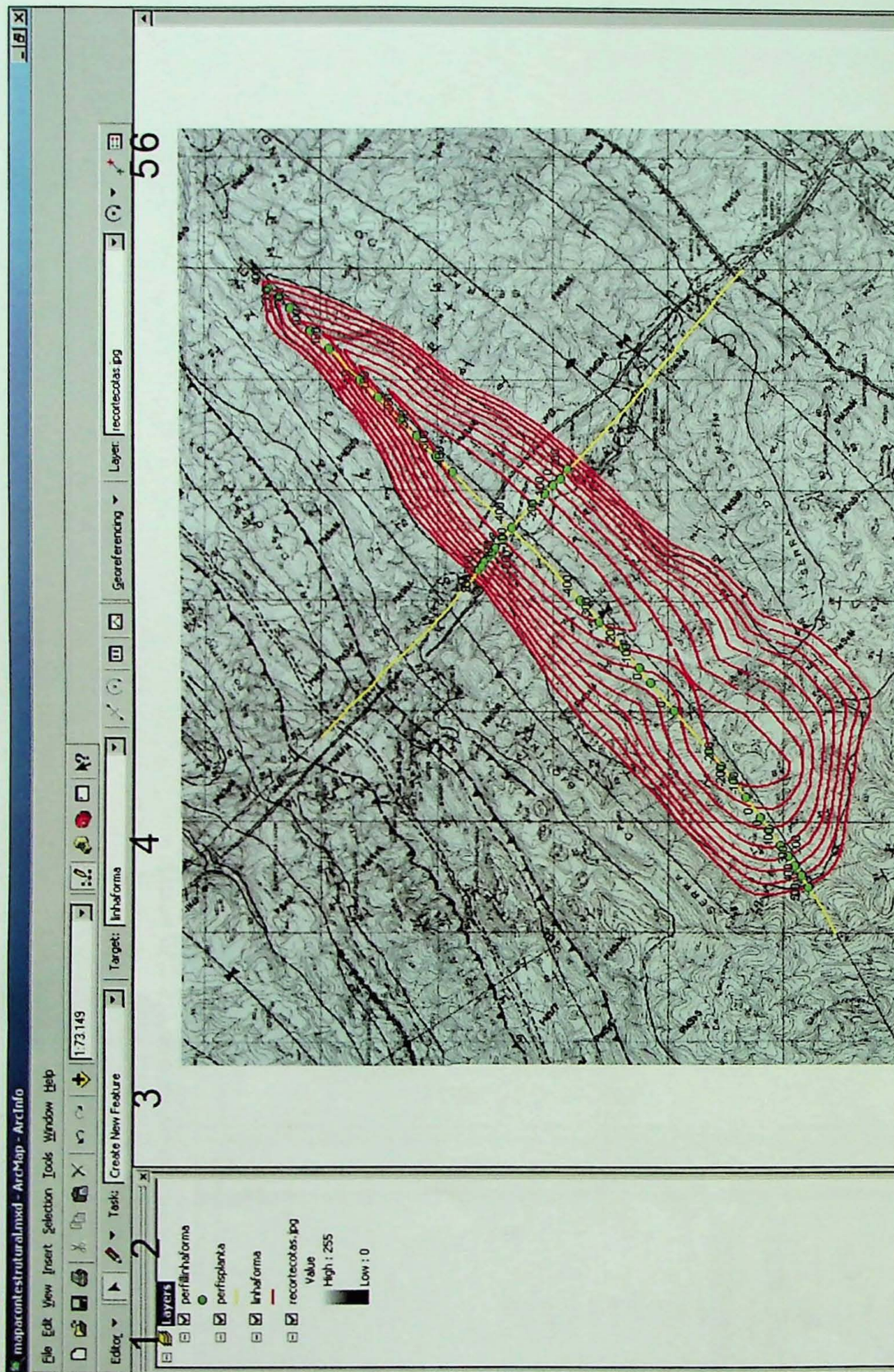


Figura 6 – Construção do contorno estrutural e seu georreferenciamento dentro do ArcMap; (1) Habilita e desabilita a edição das camadas; (2) Ferramentas variadas para edição da camada; (3) Opções de uso para as ferramentas de edição; (4) Camada a ser editada; (5) Adiciona pontos no mapa para georreferenciamento; (6) Informações dos pontos inseridos.

Etapas da Construção

A construção do modelo tridimensional começou a partir dos dados de topografia existentes no arquivo da Folha Iporanga em escala 1:50.000, já convertido no formato *dwg* para ser editado. A área então selecionada foi recortada para que os valores de elevação de cada curva de nível, representadas por *polylines*, fosse atribuído.

Este recorte foi realizado criando-se um retângulo por meio do comando **rectang**, definindo as coordenadas UTM 728,7276 – 740,7286 de seus vértices opostos, delimitando o local do sinclinal. Usando o comando **trim** as linhas que interseccionam este retângulo e estão do lado exterior são deletadas (Figura 7). Este comando funciona selecionando uma linha ou polígono qualquer como limite de referência para o corte. Quando o trabalho utiliza referências externas e blocos o comando **xclip** é utilizado, permitindo a definição de um limite que controla a visualização tornando visíveis ou não os objetos presentes fora desse limite.

A atribuição da elevação foi realizada por meio do comando **properties**, que abre uma janela que permite a alteração de diversas propriedades do plano de trabalho ou de objetos selecionados, como por exemplo, valores de elevação, espessura (*thickness*), entre outros (Figura 8). O valor da cota de cada curva pode ser obtido com base nas curvas mestras e identificando os objetos como sendo curvas intermediárias ou depressões, além das relações com os pontos cotados e a toponímia (Figura 8). Para facilitar este procedimento utiliza-se a vista ortográfica de cima, que permite uma boa percepção da relação entre essas curvas. Como os valores do georreferenciamento estão em quilômetros deve-se tomar cuidado para que a entrada desses dados seja na mesma unidade.

Após essa etapa já é possível obter uma visualização prévia das feições do relevo mudando-se da vista ortográfica de cima para qualquer uma das vistas isométricas predefinidas, devido ao deslocamento das curvas para as elevações correspondentes.

Nesta etapa é possível inserir os perfis e o contorno de linhas de forma juntamente com as curvas de nível, o que ajuda a perceber se o conjunto dos dados está ajustado (Figura 9).

Para que essas curvas fossem transformadas em um sólido foram construídas seções paralelas ligando-as no ponto de intersecção, e que representam a forma do relevo naquela porção em que passam. Essas seções foram ligadas posteriormente em sequência com a ajuda do comando **loft**, gerando primeiramente uma superfície. Para transformar essa superfície em um sólido foi construída uma figura em forma de caixa com as dimensões pouco menores do que as da superfície, da ordem de dezenas de metros. Com essa superfície intersectando a caixa foi possível dividi-la com o comando **slice**, que criou dois sub blocos cujo contato tem a forma da superfície.

Esses passos agora serão detalhados para uma melhor compreensão dessas técnicas de modelagem.

O primeiro passo consiste em desenhar linhas horizontais e paralelas com um espaçamento constante, cortando as curvas de nível em planta. Esse procedimento pôde ser realizado utilizando o comando **line** e definindo as coordenadas conhecidas nas duas extremidades. O intervalo do espaçamento deve ser o menor possível para evitar ruídos na superfície topográfica, causados pela falta de informação entre os perfis durante a interpolação da superfície. A primeira e última linha não foram desenhadas, pois no limite do recorte realizado anteriormente as curvas já estavam cortadas e as suas extremidades prontas para serem ligadas.

Depois de construídas elas servem como guias para os cortes das curvas utilizando o comando **trim** (Figura 10). Cada vez que as curvas são cortadas usando essas linhas de referência sobram os finais de cada curva de nível, e estes foram ligados com a ajuda da ferramenta **osnap**, que permite a criação dos perfis com facilidade a partir do comando **spline** (Figura 11). A ferramenta **osnap** permite ligar pontos, retas, curvas, entre outros objetos a locais determinados segundo a sua configuração, como nós, finais de linhas, meio de linhas, intersecções, entre outros.

Quando todos os perfis foram criados (Figura 12), o comando **loft** gerou uma superfície unindo-os em seqüência correta (Figura 13). Então uma caixa foi criada com o comando **box**, com dimensões pouco menores do que a superfície topográfica, para evitar erros durante a geração do sólido. Por meio do comando **slice** e utilizando a superfície topográfica que intersecta a caixa foram criados dois blocos com o contato igual ao da superfície (Figura 14). O Bloco resultante contendo a superfície topográfica está ilustrado na figura 15.

Outra forma de criar um sólido da superfície topográfica a partir das curvas de nível é usando o comando **thickness** nas curvas, como no exemplo da figura 16, definindo o valor da espessura segundo a distância em metros entre as curvas. Essas curvas devem ser fechadas para que o sólido possa ser gerado. Este procedimento é simples com a obtenção de ótimos resultados, entretanto devido à falta de processamento do equipamento não foi possível a construção para ser avaliada.

Com o contorno linha de forma exportado para o *AutoCAD* foram atribuídos os valores de elevação para as linhas, da mesma maneira que as curvas de nível. As linhas então foram fechadas selecionando-as e atribuindo essa propriedade com ajuda do comando **properties**. O sólido então foi construído com o comando **loft**. Em alguns casos quando a configuração espacial dessas linhas não permite o uso do comando, como neste caso, é possível desmembrá-las e criar vários sólidos, unindo-os com o comando **union**.

Esse contorno também pode ser construído usando o comando **thickness**, com resultado melhor que a técnica anterior. As figuras 17 e 18 ilustram os dois métodos.

Criados os sólidos referentes à superfície topográfica e ao contorno de linhas de forma, estes são integrados juntamente com os perfis geológicos. A integração foi feita no arquivo com o sólido da superfície topográfica, abrindo simultaneamente os outros arquivos. Os perfis geológicos e o contorno linha de forma foram selecionados, um de cada vez, e com um clique do botão direito do mouse foi escolhida a opção **copy with base point**. Alternando para a tela da integração esses dados são colados (ctrl + v) e inseridos com um clique na tela. O contorno por estar na posição correta foi movido, com o comando **move**, segundo um ponto conhecido, e cujas coordenadas foram obtidas no *ArcMap*, encaixando com a superfície topográfica. Os perfis foram alinhados segundo o comando **3dalign**, com base em três pontos também obtidos no *ArcMap*.

O sólido do sinclinal é obtido a partir da intersecção do sólido da superfície topográfica com o sólido do contorno estrutural de linha de forma, por meio do comando **intersect**. O resultado está representado na figura 19.



Figura 7 – Recorte da área de interesse retirada da Folha Iporanga (1:50.000, SG.22-X-B-V-2), usando o comando **trim**. Vista em planta, eixo Y = Norte, X = Leste, Z = vertical para cima.

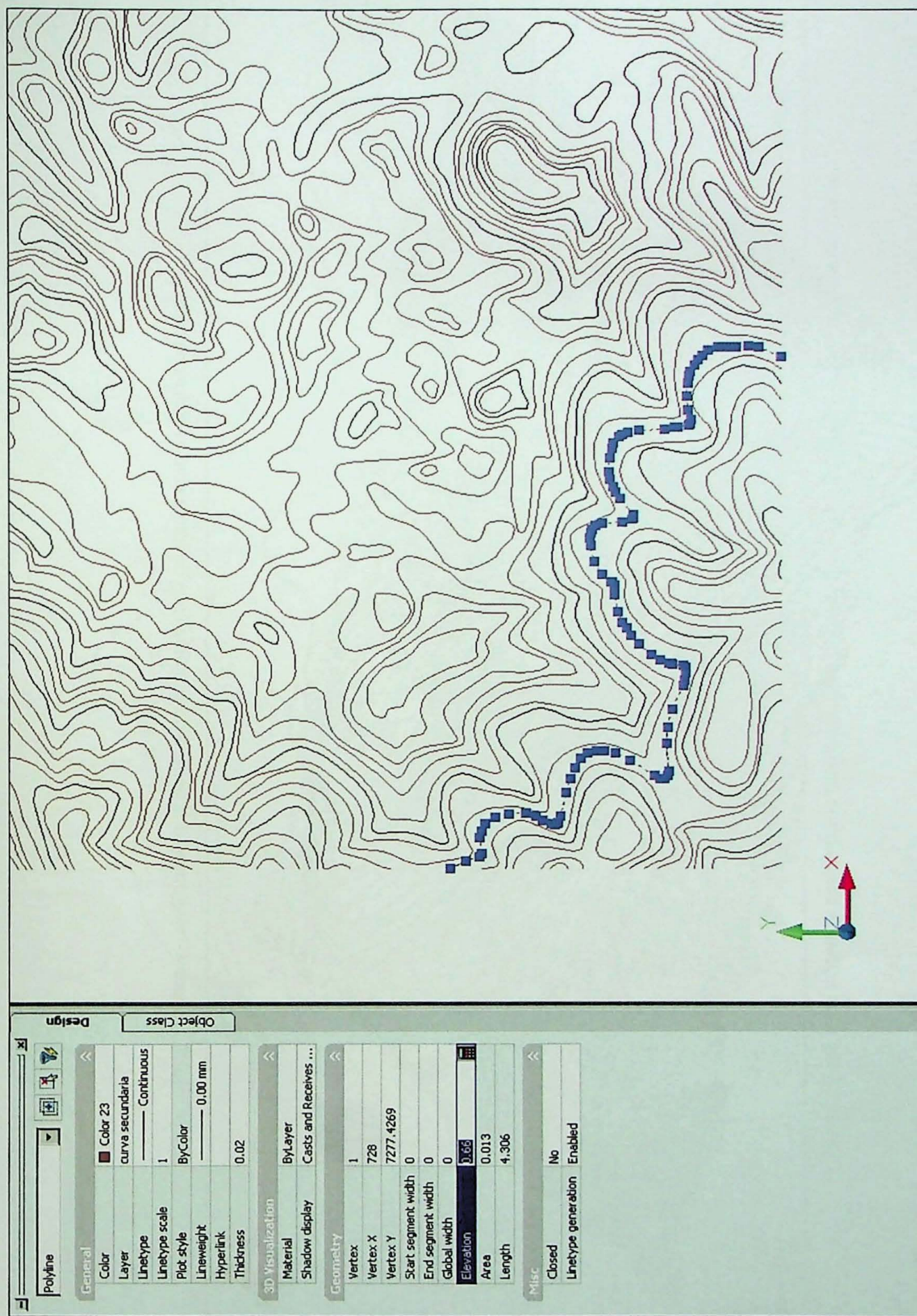


Figura 8 – A curva selecionada em azul recebe o valor de elevação com a ajuda da janela propriedades. Vista em planta.

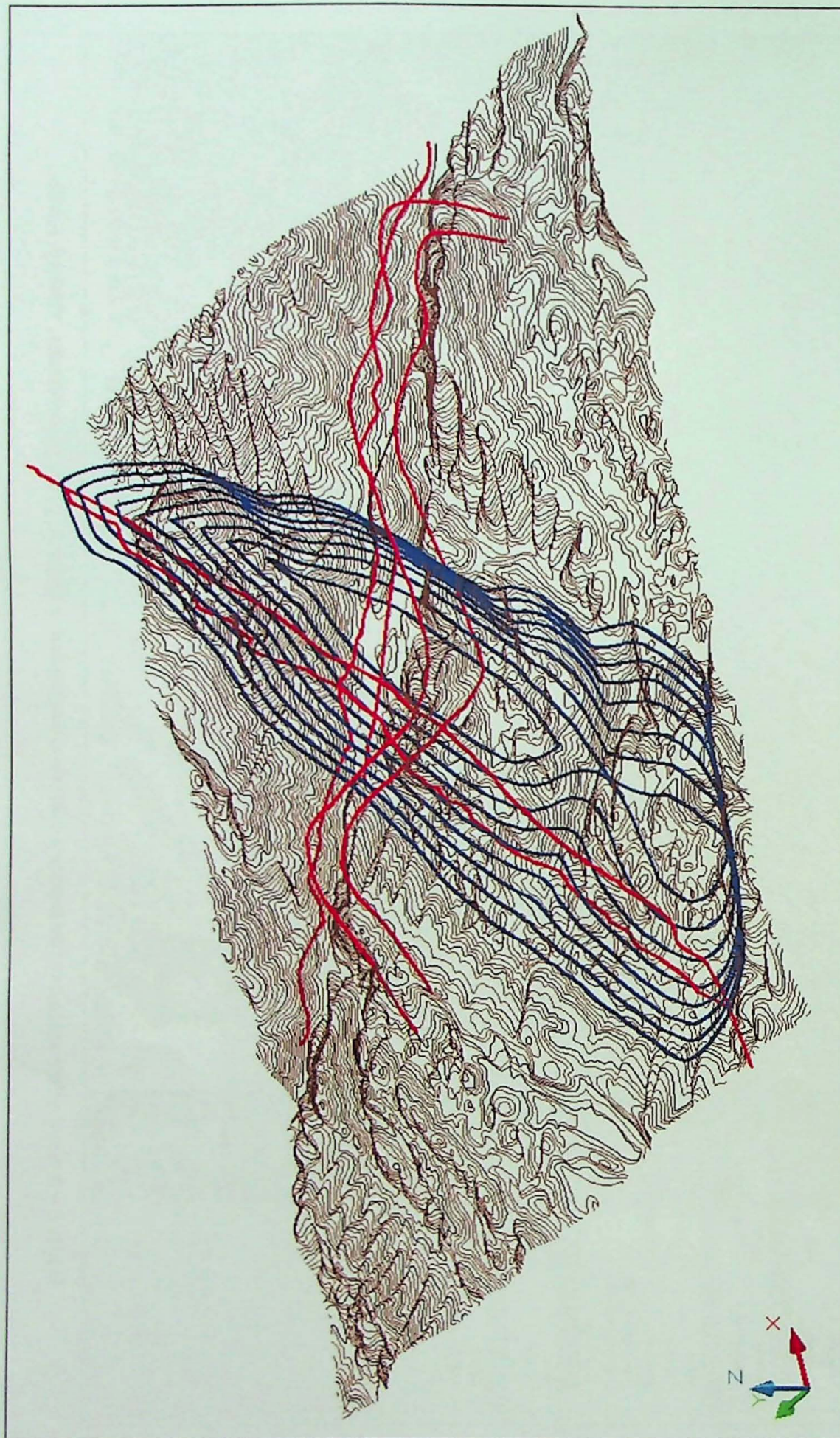


Figura 9 – Integração dos perfis e do contorno linha de forma com as curvas de nível.

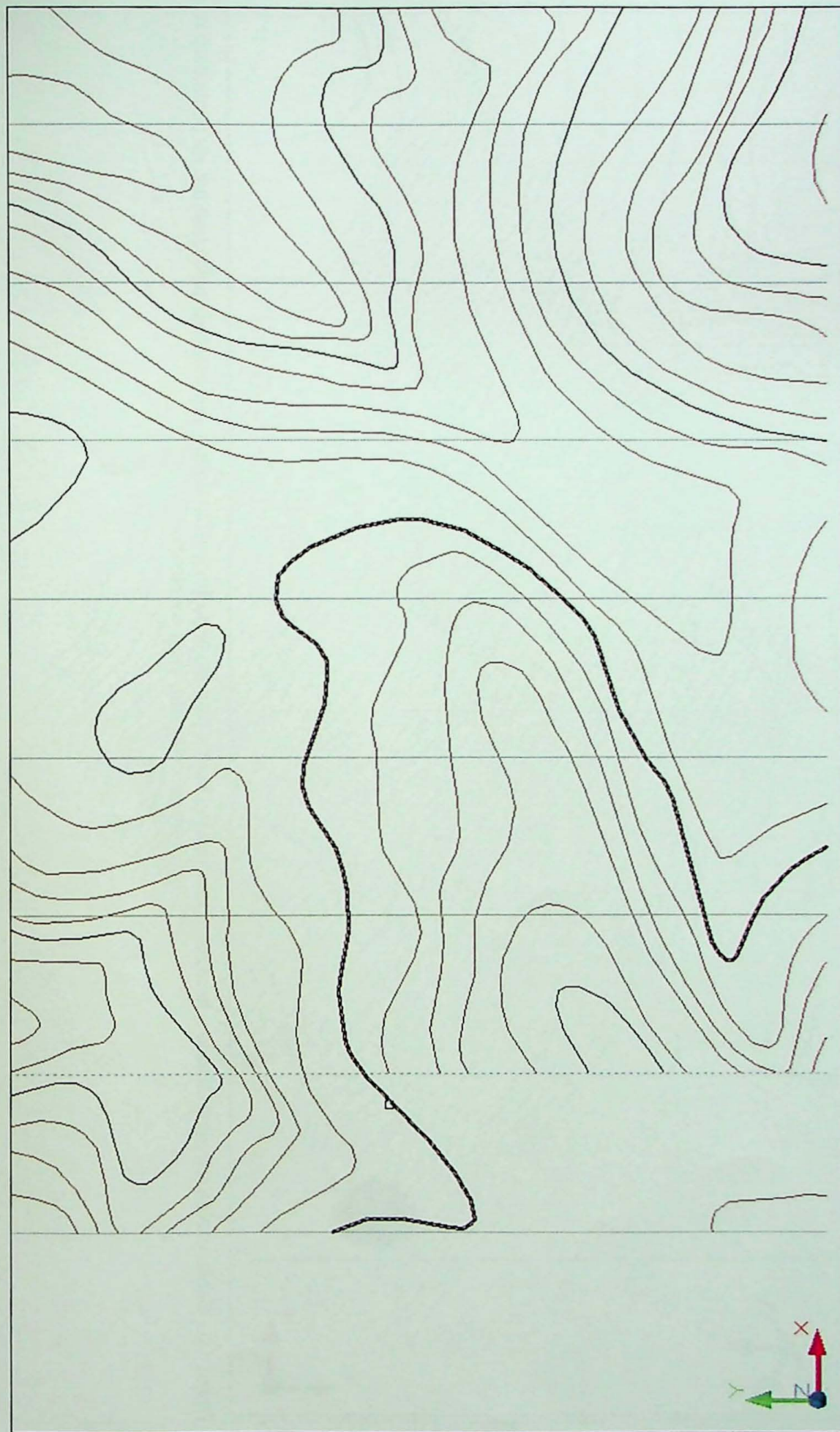


Figura 10 – A linha tracejada serviu como referência para o corte da curvas que a interseccionam. Vista em planta.

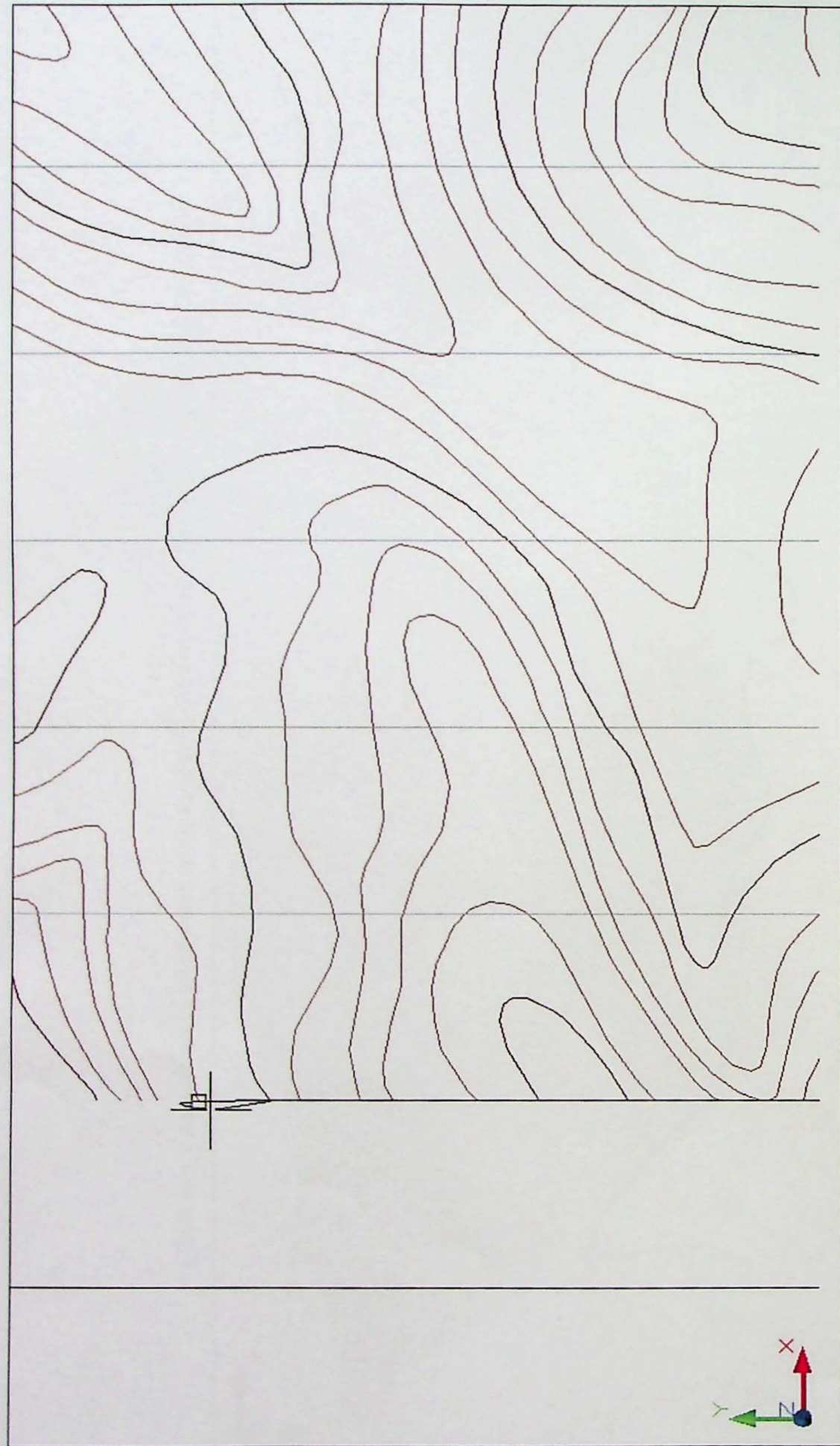


Figura 11 – Confeção de um perfil usando a ferramenta de desenho **spline** com ajuda da ferramenta **osnap**, representada pelo quadrado na ponta da curva que esta sendo ligada. Vista em planta.

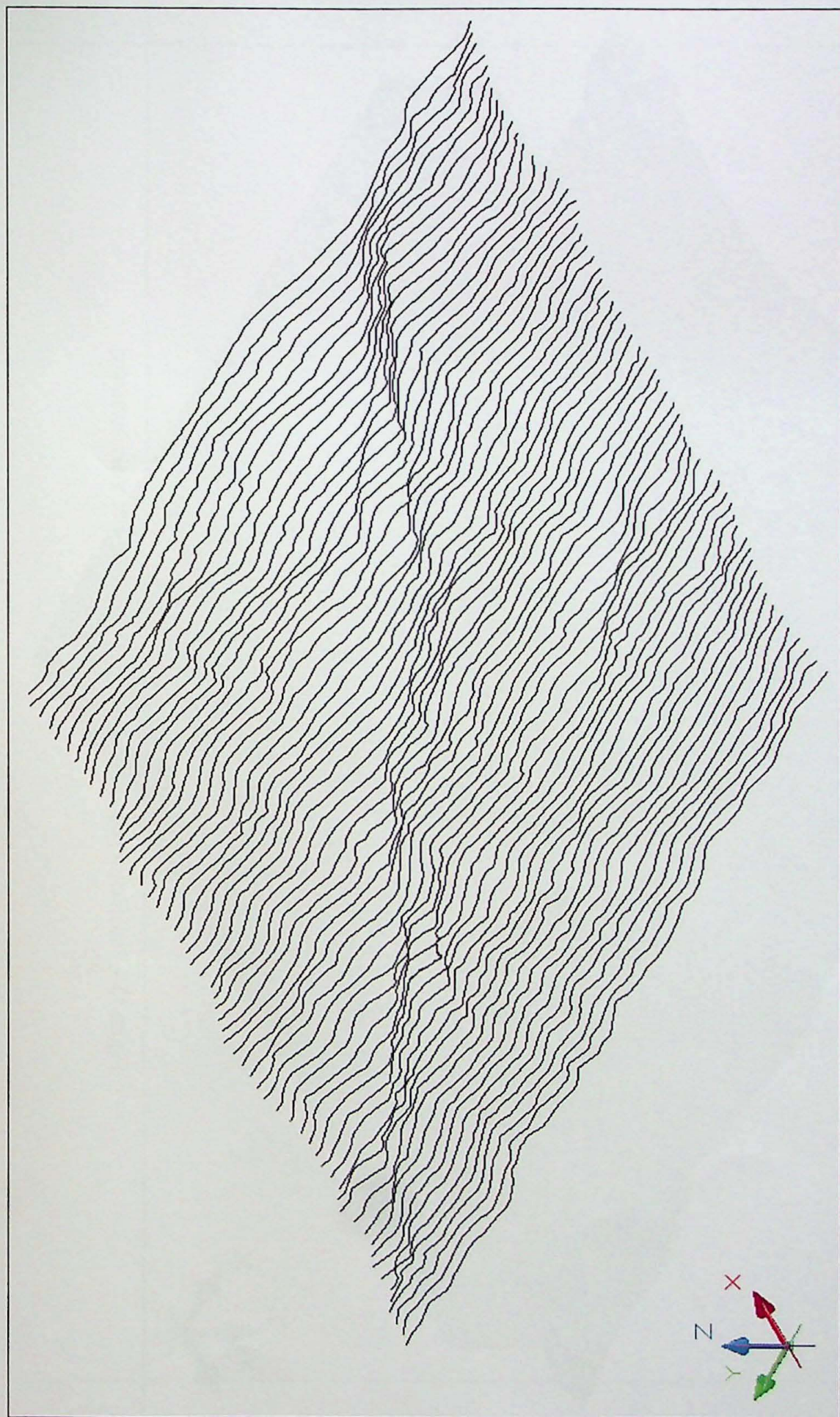


Figura 12 – Perfis construídos com o comando **spline** e que descrevem a forma da superfície topográfica. Vista isométrica.

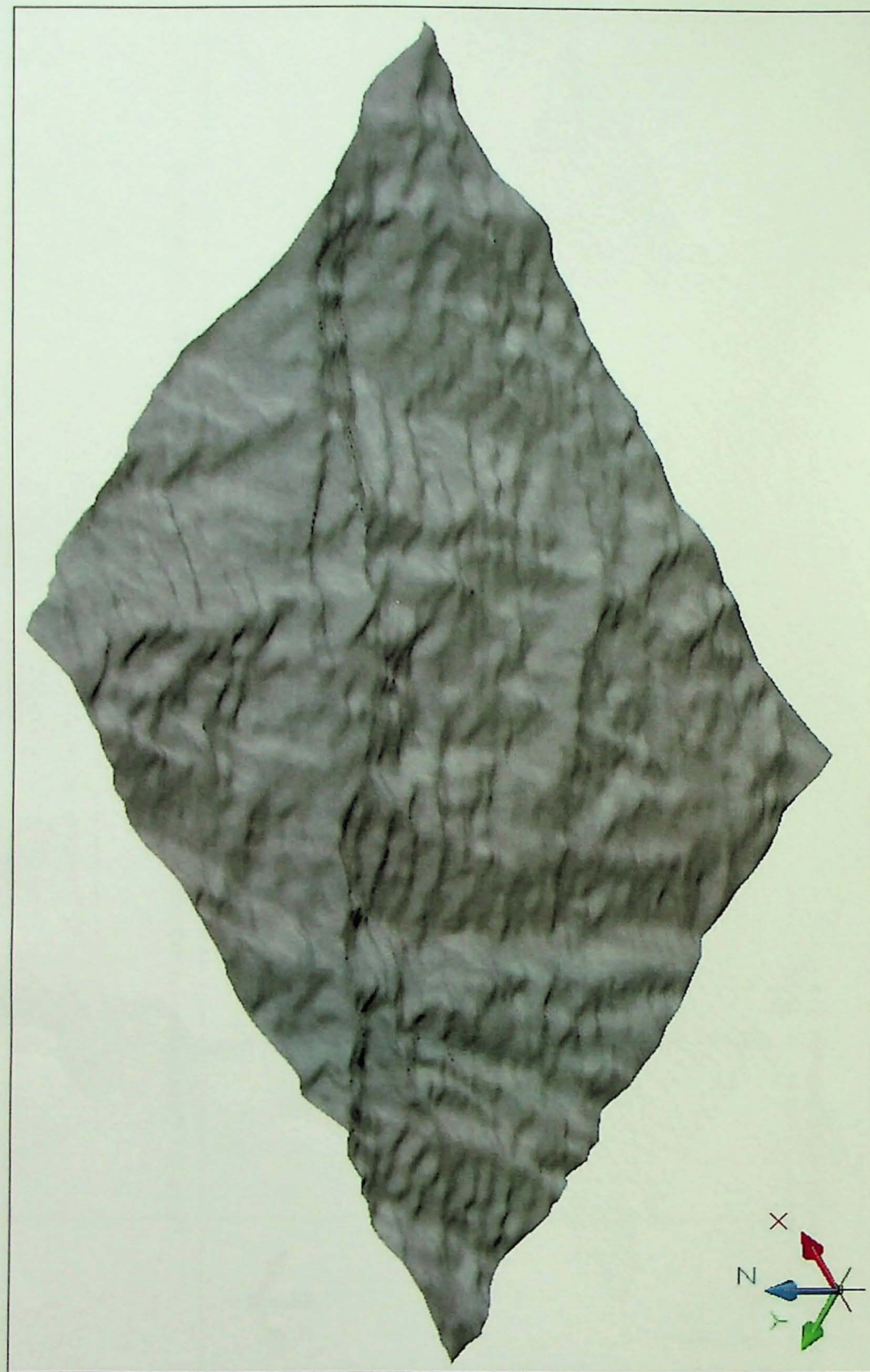


Figura 13 – Superfície topográfica gerada com o comando **loft**. Vista isométrica.

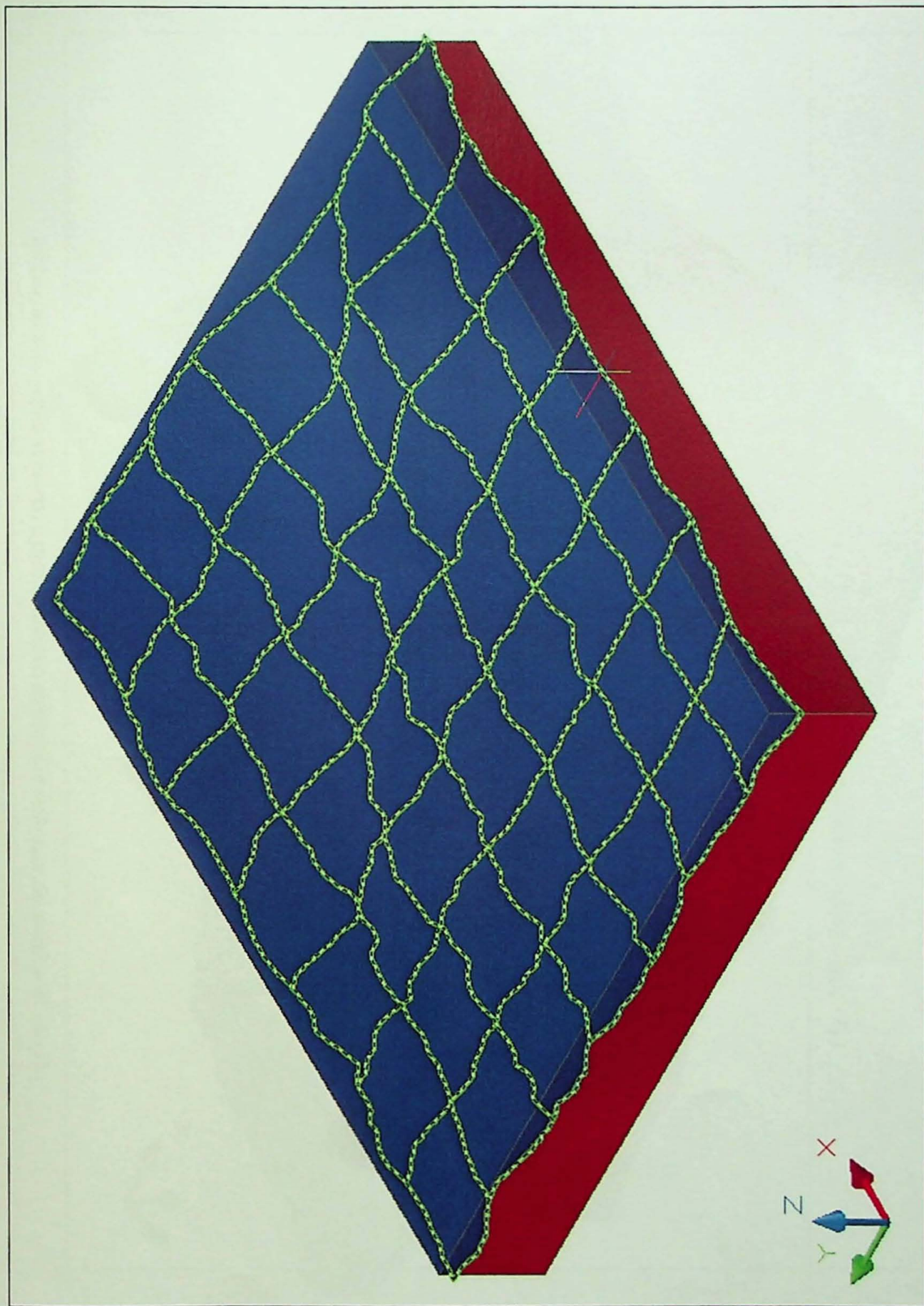


Figura 14 – Divisão da caixa em dois blocos sólidos limitados no contato pela superfície topográfica, utilizada como referência pelo comando **slice** para o corte. Vista isométrica.



Figura 15 – Sólido da superfície topográfica construído com o comando **slice**. Vista isométrica.



Figura 16 – Sólido de uma superfície topográfica construído com o comando **thickness**.

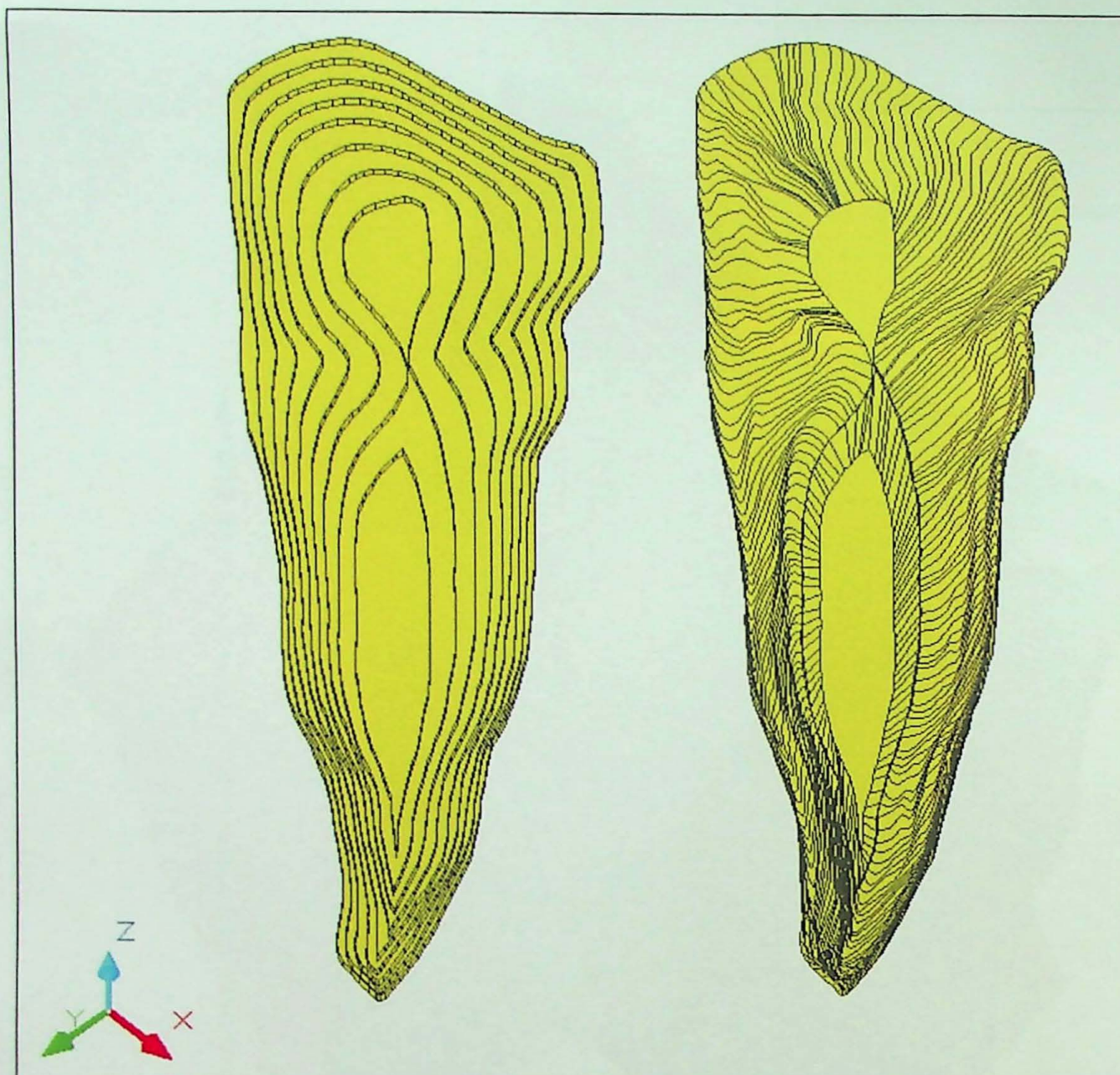


Figura 17 – Comparação entre as duas técnicas, olhando-se de baixo para cima. Na esquerda com **thickness** e na direita com **loft**.

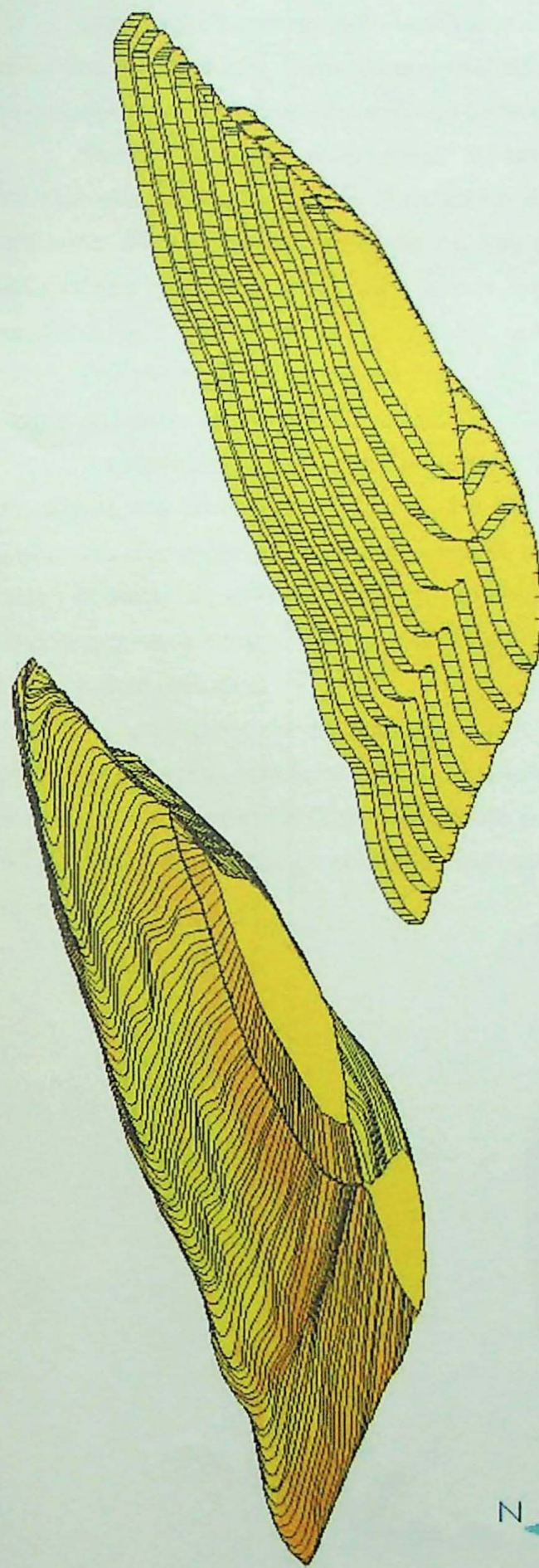


Figura 18 – Comparação entre as duas técnicas. Na esquerda com **loft** e na direita com **thickness**.

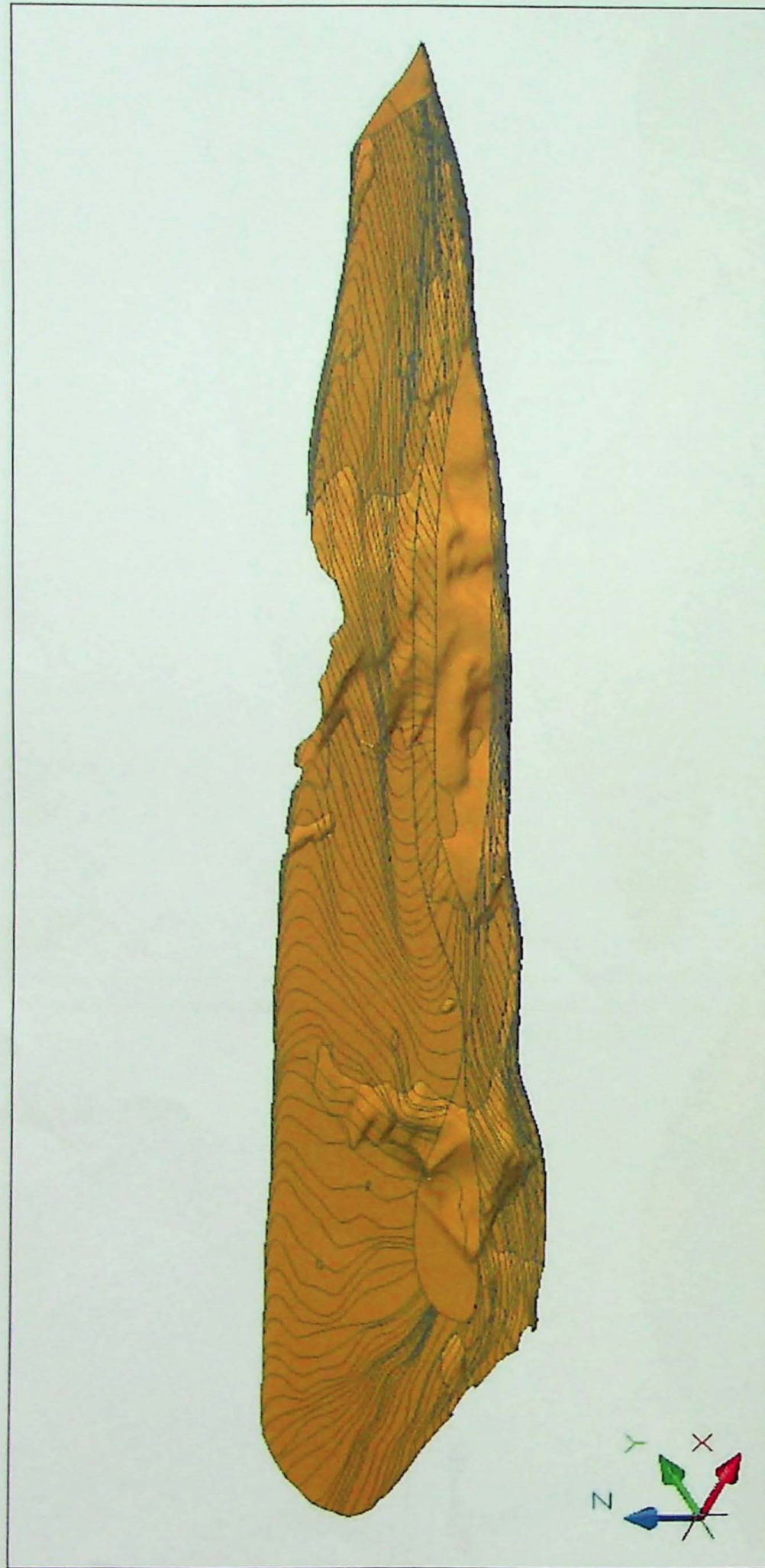


Figura 19 – Sólido formado pela intersecção da superfície topográfica com o contorno de linhas de forma, ambos gerados com o comando **loft**.

CONCLUSÕES

O *AutoCAD* oferece bom suporte a construção de modelos tridimensionais sólidos aplicados a geologia, com a possibilidade de escolha entre diferentes técnicas de modelagem, permitindo assim uma comparação entre os melhores resultados obtidos.

Mesmo a versão mais antiga do programa prestou-se as finalizadas do projeto, gerando um modelo sólido do Sinclinal do Bairro da Serra, porém com resultados menos refinados em termos de aparência do que a versão mais recente, com resultados mais satisfatórios. A visualização dos sólidos criados pelo método do *thickness* mostrou-se melhor do que a visualização dos sólidos criados pelo método do *loft*.

Por tratar-se de um modelo sólido existe a possibilidade ainda de obter por meio do programa informação a respeito do volume do corpo.

A exigência em termos de processamento de dados é um dos pontos negativos, pois em alguns dos processos como o *slice e intersect*, para geração dos sólidos, ou até mesmo a abertura dos arquivos depois de gerados, chegava a demorar mais de 5 horas. Em alguns casos como a geração do sólido da superfície topográfica por *thickness* tornou-se inviável devido a travamentos, o que impossibilitou uma comparação entre a intersecção do sólido entre os dois métodos.

As vantagens da visualização em 3D com relação às representações em mapas, perfis e contornos estruturais são a possibilidade da observação do corpo em diferentes pontos de vista, além da facilidade gerada por não ser necessário imaginar sua forma em 3D por meio de atitudes ou contornos estruturais, permitindo focar o pensamento em outros assuntos relacionados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTODESK 1999 *AutoCad 2000 user's guide*. Autodesk, 914 p.

BARBOSA, O. 1941. *Geologia e petrologia na região de Apiaí, Estado de São Paulo*. São Paulo, 76 p. (Tese para concurso da cadeira de "Geologia, Petrografia e Mineralogia". Escola Politécnica - USP) (inédito).

BARBOSA, O. 1948. A chamada Série Ribeira. *Min. Metal.*, São Paulo, **13** (79): 187-189.

CAMPANHA, G.A. da C. et al. *Geologia das folhas Iporanga (SG.22-X-B-V-2) e Gruta do Diabo (SG.22-X-B-VI-1), Estado de São Paulo*. São Paulo, Contrato IPT/Pró-Minério (IPT. Relatório, 22 352) (inédito), 1985

CAMPANHA, G.A. da C.; GIMENEZ FILHO, A.; CAETANO, S.L.V.; PIRES, F.A.; DANTAS, A.S.L.; TEIXEIRA, A.L.; DEHIRA, L.K. Geologia e estratigrafia da região das folhas Iporanga e Gruta do Diabo, Vale do Ribeira, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, SBG., 1986 v. 2, p. 1058-1073.

CAMPANHA, G.A.C. *Tectônica proterozóica no Alto e Médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná*. São Paulo, 296 p., anexos (Tese de Doutorado Instituto de Geociências da USP), 1991.

CAMPANHA, G.A.C. & SADOWSKI, G.R. Tectonics of the southern portion of the Ribeira Belt (Apiaí Domain). *Precambrian Research* 98:31-51, 1999.

CAMPANHA, G.A.C., BASEI, M.S., TASSINARI, C.C.G., NUTMAN, A.P., FALEIROS, F.M. Constraining the age of the Iporanga Formation with SHRIMP U-Pb zircon: Implications for possible Ediacaran glaciation in the Ribeira Belt, SE Brazil. *Gondwana Research* 13: 117–125, 2008

CAMPANHA, G.A.C., BASEI, M.S., TASSINARI, C.C.G., NUTMAN, A.P., FALEIROS, F.M. 2008. U-Pb SHRIMP and Sm-Nd Analysis for Ribeira Belt Mesoproterozoic and Neoproterozoic terranes. In: VI SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, *Proceedings ...*, CD-Rom, San Carlos de Bariloche, 2008.

CAMPOS NETO, M. da C. 1983. Contribuição à litoestratigrafia do Grupo Açungui no sudeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1983. *Atas...* São Paulo, SBG. p.103-112.

DERBY, O.A. 1878. Geologia da região diamantífera da Província do Paraná no Brasil. *Arq.Mus.Nac.*, Rio de Janeiro, 3: 89-96.

FALEIROS, F. M.; CAMPANHA, G. A. C.. Estratigrafia e Tectônica de parte do Subgrupo Lajeado, Iporanga, SP. 2000. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade de São Paulo.

HASUI, Y., CREMONINI, O.A., BORN, H. Considerações sobre o Grupo Açungui em São Paulo e porção adjacente do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG., 1984, v. 7p. 3297-3306.

LEONARDOS, O.H. 1934. Nota sobre a geologia do distrito de Iporanga, SP. Rio de Janeiro (DNPM. *Relatório*, 564).

LEONARDOS, O.H. 1941. Notas petrográficas sobre a Série Ribeira do Sul do Estado de São Paulo. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras - USP, p. 7-13. (Boletim, 21. Mineralogia, 4).

METAL MINING AGENCY of JAPAN. Japan International Cooperation Agency. 1981. *Report on geological survey of Anta Gorda; phase 1*. Convênio DNPM/MMAJ/JICA.

METAL MINING AGENCY of JAPAN. Japan International Cooperation Agency. 1982. *Report on geological survey of Anta Gorda; phase 2*. Convênio DNPM/MMAJ/JICA.

METAL MINING AGENCY of JAPAN. Japan International Cooperation Agency. 1983. *Report on geological survey of Anta Gorda; phase 3* Convênio DNPM/MMAJ/JICA.

MORAES REGO, L.F. 1933. Contribuição ao estudo das formações Pré-devonianas de São Paulo. São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico de São Paulo.

OLIVEIRA, E.P. 1916. Geologia do Estado do Paraná. *Bol.Min. Agric.Ind.Com.*, Rio de Janeiro, 5 (1): 77-143.

OLIVEIRA, E.P. 1925. *Mapa geológico do Estado do Paraná, escala 1:1 000 000*. Rio de Janeiro, DNPM. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil.

OLIVEIRA, E.P. 1927. Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná. Rio de Janeiro, DNPM. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, 172 p. (*Monografia*, 6).

PETRI, S. & SUGUIO, K. *Sobre os metassedimentos do extremo sul do Estado de São Paulo*. São Paulo, convênio USP/DAEE (Publicação especial). 1969.

PIRES, F.A. 1988. Uma nova concepção para os ambientes do Grupo Açungui, na região de Iporanga e Apiaí, sul de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 35. Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.2, p.606-616.

PIRES, F.A. *Análise paleoambiental e estratigráfica de seqüências metassedimentares (Grupo Açungui), na região de Iporanga e Apiaí- SP*. São Paulo. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências - USP), 1990.

RAGAN, D. M. *Structural geology: an introduction to geometrical techniques.*, Wiley, 208 p., 1985.

SALAZAR, C.A; Tomba, C.L., Archanjo, C.J, Babinski, M. 2004. Anisotropia de susceptibilidade magnética e geocronologia U-Pb no batólito de Itaóca, faixa Ribeira, São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 42, Araxá, *Anais ...*, CD.

