SIG 3D – UM ESTUDO DE CASO PARA A CONSTRUÇÃO DE FERROVIAS

PATRÍCIA DO AMORIM VIDA COSTA[1,2]
PAULO FERNANDO MOURA DA COSTA[1,3]
JOSÉ CARLOS PENNA DE VASCONCELLOS[1]

[1]Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ
Faculdade de Engenharia – FEN
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Computação / Geomática

[2]Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE
Diretoria de Geociências – DGC
Coordenação de Cartografia – CCAR

[3]Companhia Vale do Rio Doce – VALE
Gerência Geral de Empreendimentos Florestas – GEFEB
Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento – GAPEB

patricia.vida@ibge.gov.br
paulo.fernando.costa@vale.com
jcpvasconcellos@uol.com.br

RESUMO - Durante muitos anos a representação de uma porção da superfície terrestre tem sido feita utilizando-se uma projeção em duas dimensões do terreno real, seja utilizando-se cartas topográficas em papel, ou mapas digitais bidimensionais. Como ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais, o Sistema de Informação Geográfica - SIG foi aceito como sendo uma tecnologia capaz de realizar estas análises e oferecer alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico. Quando for adicionada a possibilidade de visualizar, consultar e analisar dados nos SIG tradicionais, utilizando sua altura z, além da coordenadas x e y, obtém-se o equivalente tridimensional de um SIG, conhecido como 3D-GIS (Tridimensional Geographical Information System). Para a perfeita construção de uma ferrovia, torna-se necessário o uso de anteprojetos e projetos de engenharia, definidos sobre cartas topográficas e perfis de superfície, no entanto, com a disponibilidade de ferramentas 3D para os SIG de mercado. O artigo proposto descreve funcionalidades geradas no âmbito de ferramentas 3D a auxiliar a construção de uma ferrovia, o qual neste caso, utiliza documentos, dados e exemplos gentilmente cedidos pela Companhia Vale do Rio Doce, quanto a sua ferrovia "Estrada de Ferro Litorânea Sul – EFLS" compreendida no estado do Espírito Santo.

ABSTRACT - During many years the representation of a terrestrial surface's part has been done using a projection with two dimensions of the real terrain, such using topography maps in paper, or bi-dimensional digital maps. As necessary tool to realize analysis with spatial data, the Geographical Information System – GIS was accept like a technology able to realizing these analysis and offer alternatives to the understanding of occupation and physical environment's utilization. When we add the possibility of visualizing, of realizing consults and analysis about data in the traditional GIS, using the coordinate z, over there the coordinates x and y, we have an equivalent three-dimensional of a GIS, called 3D-GIS (Three-dimensional Geographical Information System). To make a railroad construction perfect, became necessary to use in the face of-projects and engineering projects, defined using topography charts and surfaces profile, however, with the accessibility of 3D tools to the market GIS. The proposed document, related functionalities of the 3D tools generated in the ambit of the 3D tools to help in a railroad construction, that in this case, use documents, data and examples kindly given by the Vale do Rio Doce Company, in relation to its railroad "Litorânea Sul Railway – (EFLS)" located at Espírito Santo State.

1 INTRODUÇÕES GERAIS

O final do século XX foi consagrado como a era do gerenciamento disciplinado de informações. As interligações entre as organizações e sociedade estão se tornando a cada dia mais complexas.

Como ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi aceito como sendo uma tecnologia capaz de realizar estas análises e oferecer alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico.

Com isso, a partir da década de 80, é realmente expressiva a constatação de que a comunidade que utiliza-se de um SIG possuiu um aumento de estudiosos e pesquisadores, e em paralelo, pesquisas e programas de treinamento foram implementados em universidades e em empresas, causando um aparecimento no mercado de novas aplicações e novos produtos. Melhoramentos se fizeram sentir na capacidade das plataformas, e novos banco de dados ou estruturas organizadas, que armazenam uma base de informações alfa-numéricas, matriciais ou vetoriais.

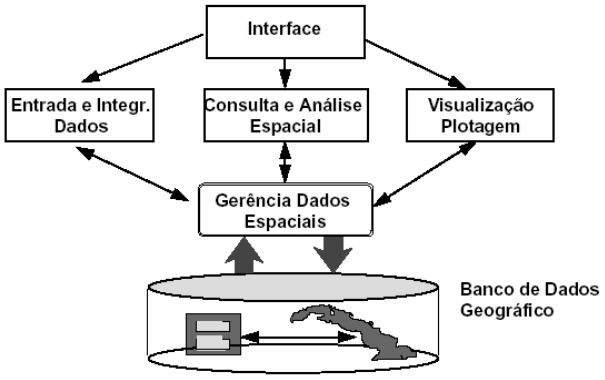

Fig. 1 – Arquitetura de Sistema de Informação Geográfica

2 DESCRIÇÃO GERAL DE UM SIG

O termo Sistema de Informação Geográfica (SIG) é aplicado a sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. A maior característica de um SIG é a capacidade de armazenar, além dos atributos descritivos dos dados geográficos, suas geometrias. O SIG também possui outras importantes características que são inserir e integrar numa mesma base de dados várias informações espaciais de diferentes fontes, e ter mecanismos que permitam a combinação destas várias informações para a obtenção de análises espaciais, bem como visualizar, consultar e recuperar o conteúdo da base de dados espaciais.

Na figura 1, encontra-se representado a arquitetura de um SIG, onde no nível mais próximo do usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado, no nível intermediário, verifica-se que o SIG deve ter mecanismos de processamentos de dados espaciais, a entrada inclui os mecanismos de conversão, as consultas e análises espaciais, incluem as operações topológicas, álgebra de mapas, modelagem numérica do terreno, estatísticas espaciais e processamento de imagens, a visualização e plotagem. No nível mais interno, um sistema de gerência de banco de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

3 FUNÇÕES DE UM SIG

A utilização das funções de um SIG requer metodologia adequada. O ponto de partida é organizar um banco de dados robusto e bem planejado.

A manutenção de um banco de dados que compreende listar arquivos, cuidar da entrada e saída de dados, copiar, renomear, importar, exportar, orientar, reamostrar arquivos, mudando o tamanho do pixel e mudar o padrão de cores, são algumas funções de um SIG.

As funções de SIG podem ser divididas em:

a) consulta – uma das mais simples funções, consiste em argüir o banco de dados, para que o sistema informe, as coordenadas de um determinado dado espacial além de seus atributos.

b) reclassificação – é uma das mais utilizadas, permite que diferentes usuários, utilizando o mesmo banco de dados, produzam informações de seu interesse simultaneamente.

c) análises de proximidade – também chamada de operação de buffer ou análise de corredores, gera subdivisões geográficas bidimensionais em forma de faixas, cujos limites externos possuem distância fixa.

d) análises de contigüidade – são procedimentos matemáticos que envolvem atributos de um determinado pixel e os atributos dos pixels vizinhos.

e) modelos digitais de elevação – é a descrição espacial dos diversos tipos de terreno, em forma contínua.

f) operações algébricas não cumulativas – utilizam análises lógicas.

g) operações algébricas cumulativas – correspondem funções de adição, subtração e divisão entre matrizes que correspondem ao arranjo dos dados espaciais de mapas georeferenciados.

A utilização de um SIG na execução de um projeto é indispensável na fase de planejamento de etapas, desde a idéia até a transferência para o papel. Após é construído um fluxograma que leva em consideração a especificidades do problema (equipamento, aplicativo, pessoal, custos), em seguida, os produtos são definidos, e finalmente são implementadas as funções dos SIG. Para a implementação de um projeto de SIG, as relações

topológicas entre os dados espaciais devem ser satisfeitas. A topologia refere-se à parte da matemática que estuda as propriedades geométricas que explicitam o relacionamento espacial. Através das relações topológicas de disjunção, de adjacência, de contingência, de igualdade, de interjeição e de cruzamento, é possível analisar e manipular os dados espaciais.

4 O SIG 3D

Enquanto a maioria dos SIG atuais se limita a representar duas dimensões da realidade, cada vez mais domínios de aplicações requerem SIG que representem três dimensões: geologia, engenharia, planejamento civil e militar, etc. Essas aplicações não só fazem uso da modelagem e visualização dos dados em 3D como também manipulam esses dados. Dessa forma está surgindo um novo tipo de SIG: são os chamados SIG 3D.

É importante notar a diferença entre essa nova geração de SIG e a anterior no tratamento dado à terceira dimensão, ou seja, a altitude. Os SIGs tradicionais usualmente representam duas dimensões espaciais, não permitindo a possibilidade de um atributo do tipo altitude (z) para cada posição (x, y). Já os SIGs 3D tratam as três dimensões (x, y, z) como atributos espaciais, o que significa que o sistema lida diretamente com a altitude - há um significado semântico para tal informação, não sendo ela um mero atributo. Dessa forma, rotinas para cálculo de distâncias, áreas e volumes podem envolver as três coordenadas automaticamente, não necessitando de nenhuma rotina especial desenvolvida pelo usuário.

Os SIGs tridimensionais, atualmente em desenvolvimento, são baseados sobretudo em sistemas de CAD. Apesar de terem realmente muito em comum, pois ambos lidam com objetos tridimensionais, podemos apontar algumas diferenças básicas entre os sistemas de CAD e de SIG 3D; particularmente no tipo de dados e na realização de consultas.

No entanto, os SIGs 3D apresentam algumas desvantagens:

- a massa de dados tende a aumentar muito;
- os cálculos geométricos em 3D são mais complexos do que em 2D;
- dados tridimensionais são mais difíceis de serem obtidos;
- a imprecisão é maior quando se trata de dados 3D.

No entanto possui funcionalidades que não estão nos SIGs tradicionais, como:

- definição e modificação de entidades, através da integração transparente com sistemas de CAD. Essa funcionalidade deve ser tal que permita o planejamento e cálculo de plantas e projetos in loco, ou seja, sem que o usuário abandone o ambiente do SIG;
- visualização de dados espaciais em 3D, com várias possibilidades: paisagens artificiais renderizadas, mapeamento de imagens reais e, na medida em que o hardware assim o permita, vôos e passeios simulados;
- cálculo de integrais em 3D: volume, área de superfícies, distâncias, massa etc.;
- recuperação da informação através de consultas tridimensionais.

A utilização de SIG 3D oferece um ganho que vai muito além da apresentação visual de plantas tridimensionais de equipamentos e instalações e Modelos Digitais de Terreno (MDT). Ferramentas e facilidades inerentes a estes sistemas, tais como acesso e consultas (espaciais e alfanuméricas) a informações em banco de dados, cruzamentos e análises entre diversas informações e variáveis, análises de locações e movimentações de instalações, sobrevôos em qualquer direção na área em questão, geração de filmes tridimensionais que podem ser levados a campo com todas as tarefas e rotinas a serem executadas e que foram pré-estabelecidas no ambiente computacional, são alguns exemplos que podem ser citados.

5 ESTUDO DE CASO: CONSTRUÇÃO DE FERROVIAS

Para concepção de um projeto de ferrovia, parâmetros devem ser considerados nas fases preliminares, constituído pelo estudo de traçado, que tem por objetivos principais a delimitação dos locais convenientes à passagem de seu eixo, a partir de informações básicas a respeito da geomorfologia da região e a caracterização geométrica destes locais de forma a permitir o desenvolvimento do projeto pretendido.

Os estudos de traçado são denominados pelos termos de reconhecimento e exploração.

➢ Reconhecimento

Para maior entendimento do que significa reconhecimento, faz-se necessário o correto conhecimento das seguintes definições:

Traçado de uma ferrovia – é a linha que constitui o projeto geométrico em planta e em perfil;

Diretriz – é um itinerário ao longo (e ao largo) da qual se presume que possa ser lançado o traçado da ferrovia.

Para um projeto de ferrovia pressupõe-se a existência de dois pontos (inicial e final), os quais poderão ter várias diretrizes. Além dos pontos iniciais e finais, pontos intermediários que representem pontos

estratégicos a sua construção deverão ser atingidos ou evitados pelo traçado.

Estes pontos intermediários, obrigados de condição, são obrigatoriamente atingidos (ou evitados) pelo traçado por razões de ordem social, econômica ou estratégica, tais como vilas e cidades, áreas de reserva e proteção, portos, instalações industriais ou outra ferrovia que serão atendidas (ou não) por esta nova ferrovia.

Em termos genéricos, pode-se dizer que o reconhecimento compreende a realização de estudos topológicos, mediante observação detalhada do modelado e da configuração ou forma da região situada entre os pontos extremos a serem ligados pela ferrovia, complementados por levantamentos que permitam, em seu conjunto, identificar e assinalar características de interesse para a definição da diretriz, tais como, entre outras:

- Classificação orográfica da região (plana, ondulada, montanhosa);
- Uso do solo, incluindo ocupações urbanas, instalações, e respectiva toponímia;
- Áreas com restrições ambientais (reservas ecológicas, áreas indígenas, sítios arqueológicos e outros);
- Acidentes geográficos, rios, lagoas, quedas d'água;
- Tipos de solos, ocorrências de materiais, cobertura vegetal, entre outros.

Os trabalhos de reconhecimento, dependendo das características da região, dos recursos disponíveis e do próprio projeto a ser realizado, podem compreender:

- exame de mapas e cartas da região;
- inspeção in loco;
- sobrevôo da região;
- exame de fotografias aéreas.

O reconhecimento da superfície para definir a diretriz do projeto, pode contar com a capacidade de análise espacial, consulta e visualização de um SIG, para que profissionais das áreas técnicas, gerenciais e administrativas das empresas e órgãos envolvidos, sem a ida ao local de fato, possam analisar e tomar decisões sobre o projeto, principalmente quanto a obstáculos e vantagens.

➢ Exploração

Uma vez definida a diretriz para o desenvolvimento do projeto, a etapa seguinte dos estudos de traçado se constitui na exploração, que tem como objetivo o levantamento detalhado da diretriz, visando à obtenção de uma planta planialtimétrica (ou recurso equivalente) da faixa de terreno em escala adequada e exatidão compatível.

Essa planta planialtimétrica, seja em meio analógico ou digital, é um recurso técnico básico sobre o qual se poderá desenvolver o projeto geométrico da ferrovia.

A denominação dada a essa etapa decorre do procedimento clássico (com utilização de recursos da topografia convencional) para a realização do levantamento planialtimétrico de uma faixa de terreno (diretriz) selecionada para que nela seja lançado o traçado de uma ferrovia, ou do emprego de aerofotogrametria, ou ainda utilizado mais recentemente os de sensoriamento ativo, caso do perfilamento a laser e radar aerotransportado, constituindo assim, a fase de construção da base para que sejam geradas informações diversas.

O traçado planimétrico básico de uma estrada compreende a existência de tangentes e curvas, dispostas entre si de forma contínua e normalmente alternada em ambas as direções.

As tangentes são segmentos de reta que unem duas curvas subseqüentes, recebendo esta denominação por tangenciarem as curvas em projeção horizontal.

As curvas circulares, ou de raio constante, podem ser de mesmo sentido ou de sentidos contrários. Podem ser separadas por uma tangente ou ligadas entre si. O ideal é que as curvas contíguas tenham a concordância de uma tangente, que deve ter um comprimento mínimo, sem superelevação; equivalente ao maior veículo ferroviário que circule na linha (distância entre eixos extremos).

Analogamente ao traçado planimétrico, o traçado altimétrico básico também é composto de curvas e tangentes (verticais). Neste caso, dois greides retos definidos por suas respectivas declividades que devem concordar entre si por intermédio de uma curva que será côncava (no caso das depressões ou bacias) ou convexa (no caso de cristas).

5.1 Aerofotogrametria

A utilização de aerofotogrametria convencional à obtenção de vetores planialtimétricos e ortoimagens, gerando as ortofocartas, que consistem no agrupamento destas duas bases (vetorial e raster), necessita atender as seguintes etapas:

a) Vôo aerofotogramétrico

O vôo fotogramétrico, aqui discriminado à produção de ortofotocartas, deve ser executado sem que haja ocorrência de neblina, nuvens, fumaças, poluição excessiva ou outros fatores que possam deteriorar a qualidade espectral da imagem registrada, ou até mesmo encobrir detalhes da área fotografada.

O vôo fotogramétrico é executado por câmera métrica equipada com conjunto de lentes que confine a distorção radial absoluta.

É executado mediante diretrizes de vôo e recobrimentos laterais e superficiais da área de estudo, previamente determinadas no plano de vôo.

b) Geração de imagens

As imagens de qualidade fotogramétrica a serem utilizadas nos sistemas de fotogrametria digital de um projeto para execução de ortofocartas digitais de alta qualidade e precisão necessitam ser originadas da digitalização matricial direta dos filmes aéreos, e em equipamento scanner fotogramétrico de alta precisão.

c) Apoio de campo

O planejamento do apoio básico horizontal e vertical deverá ser elaborado considerando a distribuição de marcos referenciais das redes fundamentais de órgãos oficiais, caso da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE ou outros que garantam as precisões dos produtos. O desenho da geometria deverá se dar à luz da necessidade de determinar os pontos de apoio básico e suplementar do aerolevantamento.

No caso específico da rede altimétrica, a preocupação do desenho deve alcançar também as prescrições da distribuição dos pontos que melhor modelam a determinação da ondulação geoidal da área a ser levantada, caso esta venha a ser utilizada para determinação da altitude ortométrica a partir da altitude elipsoidal.

d) Aerotriangulação

O principal objetivo das atividades de aerotriangulação é a densificação dos pontos de apoio de campo necessários à adequada orientação dos modelos fotogramétricos.

Nas atividades iniciais desta etapa, deverão ser escolhidos os pontos fotogramétricos que irão compor o conjunto que se faz necessário ao cálculo e ajuste da aerotriangulação propriamente dita.

e) Modelos Digitais de Terreno e Modelos Digitais de Superfície (MDT e MDS)

Modelar um terreno significa reproduzir sua forma [Andrade, 1998], logo, os modelos digitais gerados a partir de aerotriangulação fotogramétrica e, caso necessário, pontos retirados também dos modelos fotogramétricos tornam-se a base altimétrica principal a geração de ortofotocartas. As curvas de nível são referidas ao Modelo Digital de Terreno – MDT enquanto as ortofotos são referidas ao Modelo Digital de Superfície.

f) Ortoimagens

Para confeccionar uma ortofoto digital a partir de uma imagem fotográfica aérea digital, um novo arranjo de pixels deve ser realizado para atender a transformação. Tal tarefa exige o conhecimento da posição e atitude da fotografia, bem como o modelo digital, sistema de referência e projeção.

g) Restituição

Restituição na sua origem significa a "reconstrução do terreno fotografado", a partir de suas fotografias. [Andrade, 1998] A partir de um modelo tridimensional do terreno (modelo fotogramétrico ou estereomodelo), a restituição é definida em seu segmento altimétrico e planimétrico por meio de ferramentas adequadas.

h) Ortofocartas

A geração de ortofocarta se dá pela junção da ortofoto (ortoimagem) e sua respectiva base vetorial, aqui definida planialtimétrica.

5.2 Sensoriamento Remoto

A utilização de sensoriamento ativo, tanto de um imageamento radargramétrico quanto a de um laser, deverá se pautar pela premissa de um levantamento de alta resolução para geração de Modelo Digital de Terreno e de Superfície – MDT e MDS.

Atualmente a unificação de vôo aerofotogramétrico e sensoriamento ativo a obtenção de ortofocartas, tem se mostrado altamente satisfatória, quanto à exatidão, custo, diminuição dos prazos e a certeza da entrega da componente altimétrica, pois o sensoriamento ativo não é totalmente afetado pelas condições climáticas como o vôo aerofotogramétrico.

6 ESTUDO DE CASO DA COMPANHIA VALE DO RIO DOCE

A Companhia Vale do Rio Doce – VALE, cedeu exemplos e uma pequena amostra de como ela utiliza a ferramenta ArcScene da família ArcGIS (ESRI) para auxílio no desenvolvimento do projeto de uma ferrovia no Espírito Santo. A nova ferrovia chamada de Estrada de Ferro Litorânea Sul – EFLS irá unir duas ferrovias já existentes, a Ferrovia Centro Atlântica – FCA e a Estrada de Ferro Vitória a Minas – EFVM.

O primeiro passo a ser executado pela VALE, foi o reconhecimento da região, por meio de cartas topográficas, levantamentos topográficos, variantes populacionais, econômicas e sociais, mapas geomorfológicos, mapas geológicos, bem como visita ao

possível local a ser implantada a diretriz de estudos. Nesta primeira fase a VALE contou com a utilização das ferramentas SIG 3D e 2D, onde todos os dados referentes à área de estudo foram levantados e armazenados, para que as informações pudessem ser geradas e analisadas individualmente e em relação às demais (cruzamentos).

Pela utilização conjunta do DEM da NASA, de imagens Landsat 7, SPOT e folhas topográficas scaneadas e georreferenciadas, tornou-se possível a determinação de uma superfície 3D, ainda que em escala pequena e sem muita exatidão. Com esta superfície já montada, tornava-se de fácil compreensão, em um primeiro momento, a topografia e os obstáculos existentes.

Em segundo momento, após definir que a região encontra-se com altíssimo potencial a oferecer para uma nova ferrovia, estudos mais detalhados necessitam ocorrer. Entra em andamento o projeto de viabilidade, que consiste na verificação real da viabilidade do local e, caso se torne satisfatório, documento primeiro a ser entregue aos órgãos federais e estaduais competentes a este tipo de atividade.

O estudo de viabilidade de implantação da ferrovia consiste na construção de uma base vetorial planialtimétrica sobre imagens de alta resolução, as chamadas ortofocartas, processadas de forma a fornecer a exatidão cartográfica para a escala, neste caso, 1:5.000.

Nesta etapa de viabilidade, foi definido, principalmente curvas de nível a cada 5 metros, estradas, caminhos e trilhas, rios de margens simples e duplas, lagoas, lagos, canais, e as principais feições de uso e ocupação do solo (florestas, pastagens, pastos sujos, áreas de alagado, etc.), unidades de conservação, áreas de preservação, áreas indígenas, entre outras. Todos arranjados em uma plataforma de SIG 3D, agora muito mais precisa e rica em detalhes.

A partir da base planialtimétrica enriquecida, a definição da diretriz para determinação do traçado, pode ser determinada corretamente, pois todas as informações necessárias às análises e decisões encontram-se no SIG, o qual será capaz de responder principalmente aos seguintes:

- qual a melhor declividade para o traçado, para que a locomotiva e vagões cheios possam passar sem problemas?
- quantos vagões serão possíveis para locomotiva romper a declividade?
- quantas obras de arte (ponte, túneis etc.) serão necessárias para o traçado?
- as curvas realizadas pelo traçado são seguras?
- traçado passa por áreas povoadas, áreas de conservação ou áreas industriais?
- quais os locais a considerar e a não considerar para a passagem do traçado?
- qual o volume de material (solo) a ser manuseado?

O terceiro e último passo, compreende o projeto executivo, geralmente realizado em escala 1:2.000 ou 1:1.000. É nesta etapa que os pormenores do projeto serão definidos para a locação posterior em campo.

Esta escala pode ser obtida por aerofotogrametria convencional, topografia, ou ainda unindo as técnicas de aerofotogrametrias e sensoriamento ativo (perfilagem a laser ou radar aerotransportado).

7 MATERIAIS E MÉTODOS

Uma ferrovia pode ser imaginada como sendo uma entidade física, na qual prevalecem as dimensões longitudinais, sendo seus elementos referenciados geometricamente a uma linha fluente e contínua. Para tratamento com maior facilidade, os elementos geométricos são decompostos segundo as três dimensões.

Para atender a estes requisitos, conforme mostrado no item anterior, a VALE necessitou gerar uma base planialtimétrica em escala 1:5.000, nos quesitos de ortofocartas, para atender o projeto de viabilidade da Estrada de Ferro Litorânea Sul – EFLS, da seguinte forma:

a. Execução do vôo fotogramétrico, colorido, em escala 1:20.000 com área de 370 Km². O vôo foi executado por uma aeronave destinada a este fim, com câmera aérea métrica e demais equipamentos para a correta tomada das fotografias.

b. O apoio planialtimétrico, se constituiu a partir dos marcos e RRNN do IBGE, distribuídos entre os modelos em forma de pontos HV e H, de modo a permitir o correto processo da aerotriangulação.

c. Geração do MDT e MDS em escala 1:5.000.

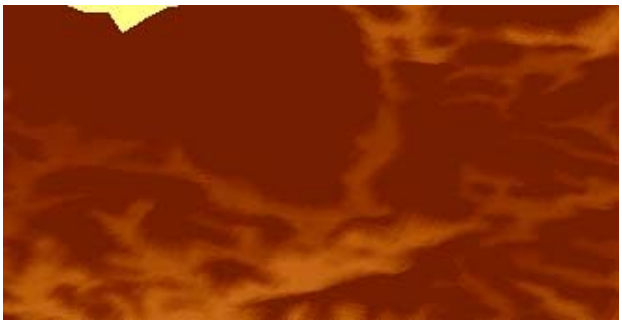

Fig. 2 – MDT utilizado

d. Restituição planialtimétrica em escala 1:5.000.

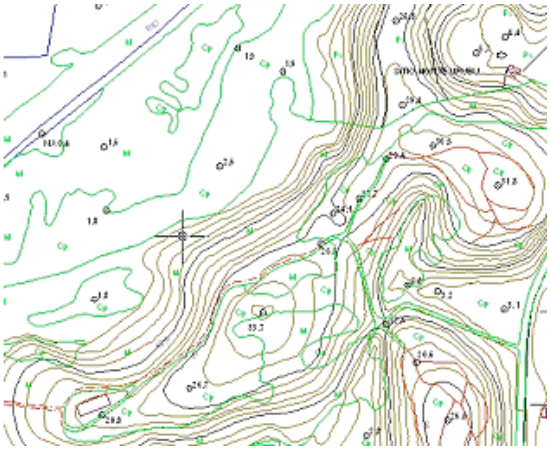

Fig. 3 – Restituição planialtimétrica

e. Geração de ortofocartas em escala 1:5.000.

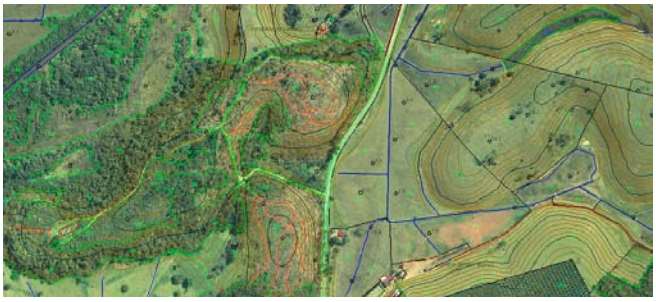

Fig. 4 – Ortofocarta

f. Interpretação do uso e ocupação do solo.

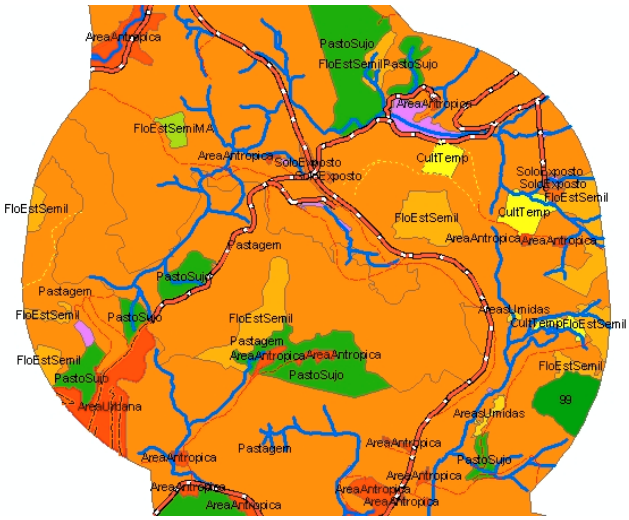

Fig. 5 – Exemplo de interpretação de uso e ocupação do solo

A junção de todos estes temas se constitui na utilização de uma ferramenta SIG 3D, neste caso, o software utilizado foi o ArcScene da família ArcGIS (ESRI).

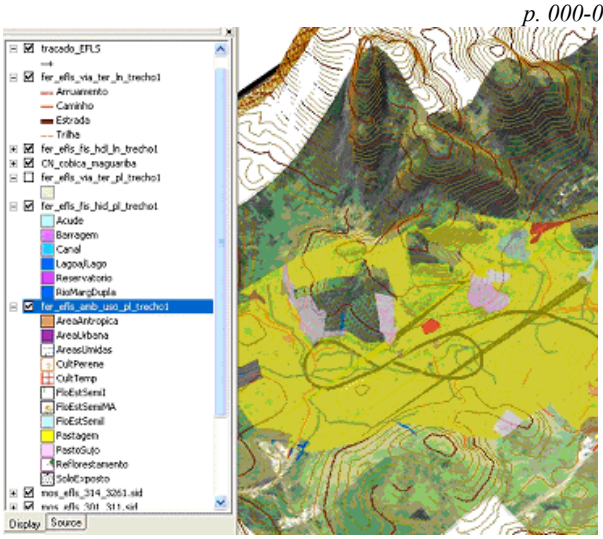

Fig. 6 – Tela do software ArcScene

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O ponto forte da utilização de um SIG 3D, especificamente com relação à plataforma adotada para realização do trabalho, encontra-se no fato de que é possível usufruir diretamente dos benefícios de outras funcionalidades tradicionais presentes nos ambientes SIG acrescidas de ferramentas específicas para o processamento, análise e visualização da informação tridimensional.

O suporte ferramental diferencial dos SIGs à gestão e análise da informação reside no fato destes sistemas permitirem a integração e a interação de dados espaciais e não espaciais para a solução de problema a partir da propriedade de análise entre várias combinações de dados simultaneamente. Somando-se a estas possibilidades as específicas do ambiente tridimensional tem-se um ganho não somente no quesito estético como, principalmente, nas possibilidades de novas perspectivas de modelagem e simulação dos mais diversos cenários prognósticos.

Ambientes virtuais têm sido criados para aplicações específicas, com suas próprias instâncias e objetivos, técnicas de interação e aparelhagem. Para a modelagem de aplicações no software ArcScene, precisamos de uma metodologia típica para ambientes virtuais desktop, pois eles são uma alternativa eficiente e de baixo custo, em relação aos ambientes virtuais altamente aparelhados.

As tomadas de decisões e avaliações entre o quadro técnico e administrativo das empresas tornam-se mais satisfatórias, quando da utilização de uma ferramenta SIG 3D, pois é muito mais simples analisar e decidir algo como se é visto (superfície 3D) do que sobre uma superfície 2D.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**, Editora SBEE, 1998.

BARANAUSKAS, C. C.; MEDEIROS, C. B.; SCHIMIGUEL, J**. Modelando a interface de aplicações em Sistemas de Informação Geográfica como espaços de comunicação**. Instituto de Computação Unicamp.

BASTOS, M. X.; SENNA, C. A. P**. Utilização da ferramenta GIS-3D no gerenciamento de instalações submarinas na indústria de petróleo**. Petrobrás.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; JUNIOR, C. A. D.; QUEIROZ, G. R.; VINHAS, L**. Banco de Dados Geográficos**. Editora Mundo Geo, 2005. 12-15p.

COUTINHO, E. S.; OLIVEIRA, J. C.; PORTO, F. A. M. **Armazenamento e recuperação de objetos em ambientes virtuais colaboradores para SIG-3D.** IME/LNCC.

LEE, S. H. **Introdução ao Projeto Geométrico de rodovias.** Editora da UFSC, 2002.

MAGALHÃES, P. C. B.; FILHO, E. D.; SILVA, M. W. P. **Via Permanente, Especialização em Engenharia Ferroviária**. Pontifica Universidade Católica de Minas Gerais, 2006.

Notas da Companhia Vale do Rio Doce para Construção de Rodovias. 2000.

Using Arc Gis 3D Analyst. Manual, GIS by ESRI, 2002.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas. Conceitos e fundamentos**. Editora Unicamp, 2003.

SILVA, G. Z.; SOUZA, J. M. **Futuras direções em SIGs: o que os usuários devem esperar dos novos sistemas**. UFRJ.