

SIMULAÇÃO DE INTERVENÇÃO NA PAISAGEM PARA A MINA DO PICO, MINERAÇÃO DE FERRO A CÉU ABERTO – ITABIRITO – BRASIL

Ana Clara Mourão Moura

Universidade Federal de Minas Gerais - Depto Cartografia
anaclara@ufmg.br

Abstract: The study of geoprocessing resources applied to landscape planning and heritage management, focusing on mining activities in the state of Minas Gerais, in examples of open pit iron ore mining. It develops a methodological plan on the application of studies on visual axis, virtual navigation, and simulation of landscape transformations. It focuses on the use of the fourth dimension, the time dimension.

Palavras-chave: Virtual Navigation, graphic treatment of the information, simulation of landscape transformations, navegação virtual, tratamento gráfico da informação, simulação de transformações da paisagem.

1. Introdução

O objetivo do trabalho foi a aplicação de recursos de Geoprocessamento e Realidade Virtual no desenvolvimento de aplicativo para a promoção de Simulação de Intervenção na Paisagem na Mina do Pico – Itabirito, área de exploração mineral da empresa MBR- Minerações Brasileiras Reunidas, Grupo CAEMI. Foi desenvolvido a pedido da empresa.

Temos produzido produtos de navegação virtual que se destinam à comunicação visual interativa de áreas de diversos interesses, desde o ambiental até o histórico e turístico, além de simulação de intervenção na paisagem. A sensação é de inserção na paisagem, pois o produto final explora efeitos de campo de visada do observador e de seu posicionamento no espaço.

A área da Mina do Pico é de grande importância para o patrimônio paisagístico do Estado de Minas Gerais e do Brasil, uma vez que o Pico do Itabirito era referência de localização para os primeiros desbravadores do território mineiro, tendo sido retratado por naturalistas e historiadores. Desde 1989 o Pico do Itabirito é tombado pelo IEPHA - Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico - como patrimônio paisagístico, o que justifica a aplicação de técnicas de geoprocessamento dos estudos de seu entorno e de sua recuperação.

O trabalho partiu de bases cartográficas em CAD 3D, assim como as plantas de localização e caracterização da intervenção. Foram também fornecidas informações sobre a composição da paisagem prevista para a intervenção de recuperação. A base topográfica de trabalho foi obtida por captura laser. Os procedimentos metodológicos se basearam na construção da modelagem do relevo e cobertura do solo, pelo estudo dos pontos de visada de maior interesse para as simulações e pela proposição de projeto de recuperação da paisagem.

As transformações na paisagem em função da mineração fazem parte do cotidiano e dos mapas mentais do mineiro que vive na região do Quadrilátero Ferrífero, pois a ocupação do território sempre esteve atrelada a esta atividade. Reconhecendo o território como um palimpsesto de formas que registram a passagem do homem sobre a Terra, não se pode dizer que uma época da história seja mais importante que outra, mas o conjunto deve manter os registros dos diferentes olhares que fizeram parte da ocupação mineira. Diante da importância

de atuar na paisagem com consciência, para que ela seja um livro de registros de valores de diferentes épocas, podem-se utilizar recursos de geoprocessamento para construir as simulações de intervenção na paisagem e atuar em estudos preditivos desta transformação.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo relatar um roteiro metodológico desenvolvido para a construção de simulações de intervenções na paisagem, com o apoio de técnicas de captura, tratamento e representação de dados digitais sobre o ambiente. A questão norteadora foi a consideração de olhar do usuário, do ponto de vista de posicionamento no território e de elaboração de produtos de forte apelo de comunicação gráfica. Assim, foram incorporados recursos de cartografia digital 3D e Navegação Virtual, para que o usuário se sentisse imerso no ambiente representado e recebesse como veículo de comunicação representações mais próximas de seus mapas mentais sobre o território.

Os estudos de simulação de intervenção na paisagem para áreas urbanas já foram amplamente detalhados e publicados por Moura (2003) em trabalhos anteriores, sobretudo em testes na cidade histórica de Ouro Preto, Minas Gerais. Contudo, o presente trabalho enfrentou o desafio de aplicar a metodologia em áreas de paisagem natural e transformada, com ênfase nas intervenções promovidas pela mineração a céu aberto em Minas Gerais. Como áreas-piloto para teste da metodologia desenvolvida, são apresentados os estudos de caso de Capão Xavier e da Mina do Pico do Itabirito, ambas pertencentes à empresa MBR – Minerações Brasileiras Reunidas, que faz parte do grupo Caemi, controlada integral da CVRD.

Localizada nas margens da BR040, que liga Belo Horizonte ao Rio de Janeiro, e nas proximidades do bairro Jardim Canadá, em Nova Lima, a mina de Capão Xavier é considerada a última grande reserva de minério de ferro de alta qualidade no entorno da capital mineira. A mina entrou em operação em junho de 2004, precedida por complexos estudos de impactos ambientais, entre os quais se abordou a questão da transformação da paisagem. O objetivo era construir clara visão do que seriam as etapas de lavra do ponto de vista da composição da paisagem, assim como promover estudos que apoiassem as escolhas sobre localização de atividades e de recuperação da cava paralelamente ao processo de exploração.

Localizada no município de Itabirito, próximo à rodovia BR356, que liga Belo Horizonte a Ouro Preto, na borda leste do Sinclinal de Moeda, a mina do Pico se encontra aos pés do Pico do Itabirito, importante referência geográfica, histórica e econômica para Minas Gerais. Tombado como patrimônio nacional desde 1962, e pelo patrimônio estadual desde 1989, o pico está fortemente vinculado à paisagem mineira desde a chegada dos primeiros bandeirantes na região, que se deslocavam no território usando-o como marco referencial de localização. Além da função de orientação, o pico se incorporou à paisagem como valor de mineiridade, pois está associado, nos mapas mentais, à região das minas de ouro. O valor do minério extraído do pico foi tão expressivo que dele veio o nome “itabirito”, pois inicialmente a região se chamava Itabira do Campo. Rosière et al (2005) assim descrevem a caracterização e importância do Pico:

“Trata-se de um ressalto topográfico composto por minério de ferro compacto, constituído de óxidos de ferro (hematita e magnetita), de forma lenticular e atitude vertical, sobressaindo 80 m acima da paisagem atual. O corpo de minério, de origem hidrotermal, formou-se durante o evento termotectônico denominado Transamazônico, de idade paleoproterozóica e está inserido na Formação Cauê, Grupo Itabira do Supergrupo Minas. A verticalização do corpo juntamente com a de toda a seqüência, que resultou em sua morfologia peculiar, ocorreu no final do Paleoproterozóico, concomitante à formação do Sinclinal de Moeda. O Pico de Itabirito

apresenta-se como cenário singular no contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero. Em função desta realidade, o IPHAN tombou em 1962 este marco geológico e seu entorno como conjunto paisagístico, tendo o espaço histórico da ocupação mineira como justificativa central. A região do Pico de Itabirito apresenta também uma história geológica extremamente rica, que leva a discussões no meio geológico e que merece ser resgatada e traduzida para os demais segmentos da sociedade, sendo também a localidade – tipo do termo itabirito introduzido pelo geólogo e metalurgista alemão W. L. von Eschwege.”

2. O conceito de paisagem

A classificação das áreas segundo o valor para o conjunto cênico está relacionada ao sentido de "*genius loci*", que significa o "espírito do lugar", pois os espaços mais dotados da essência do que representa um ambiente são os importantes para uma comunidade. O termo "*genius loci*" foi proposto por Norberg-Schulz (1975) para denominar o caráter especial de um espaço, baseado em elementos naturais, expressões culturais e interação cultura e meio-ambiente.

A identificação de características e lugares simbólicos do espaço dos ambientes naturais e construídos, assim como a utilização desses conceitos no planejamento, iniciou-se na década de 60, com os estudos de comportamento ambiental. Desta época, merece destaque o trabalho de Lynch (1960), "*The image of the city*", no qual são apresentados os conceitos de legibilidade, identidade e unicidade, que são características que fazem do espaço um lugar especial, dotado de caráter próprio. Naquela época foi construído o conceito, mas não existiam técnicas para apoiar a representação e a análise da paisagem.

Assim, diante do reconhecimento do valor da paisagem, a metodologia aqui apresentada desenvolve parte da escolha de pontos de visada em campo que traduzam a síntese do ambiente, ou seja: se fosse necessário escolher um ou alguns pontos para representarem a visão de uma paisagem, quais seriam eles? Quais seriam capazes de retratar em síntese o *genius loci*, a identidade e unicidade de uma paisagem?

3. Metodologia de interpretação da paisagem por eixos visuais e navegação virtual

O objetivo da análise é a construção de mapa que classifique os diferentes segmentos de uma paisagem segundo o grau de visibilidade. Através da classificação, é possível responder às questões: De uma localidade no espaço, o que é visto? De onde é vista uma localidade no espaço?

No estudo de caso da Mina de Capão Xavier, foram identificados os pontos do território de onde a intervenção seria mais visível, neste caso contando com sugestões de técnicos e de conhecedores da área. Uma vez identificados os pontos de visada, foram gerados mapas com as manchas das superfícies visíveis, pois estas respostas dariam subsídios para escolhas, por exemplo, de localizações de cortinas de vegetação e posicionamento de outros elementos amenizadores do impacto visual.

No aplicativo *Microstation Geoterrain*, foi gerado modelo digital de elevação da região de estudo, assim como das minas nas diferentes etapas de lavra. A topografia da área foi cuidadosamente analisada, o que foi auxiliado por modelos em 3D e por estudos de efeitos de sombras em diferentes horas do dia, conforme ilustrado na **Figura 1**.

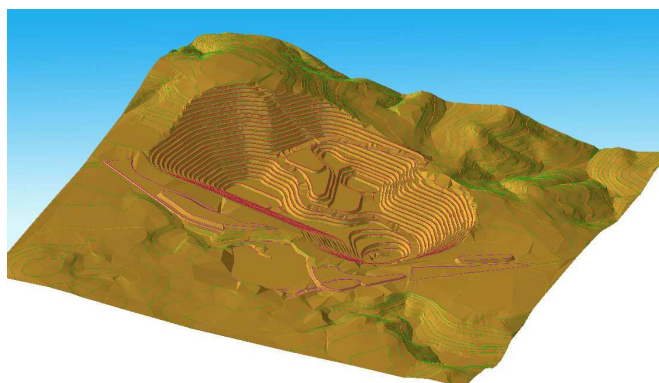


Figura 1 - Mina no pit final - insolação à tarde

Nos pontos de visada escolhidos, foram fixadas as alturas do observador, colocado a 1.70 m acima do piso. A partir deles, foram identificados os alcances visuais possíveis, pela definição dos divisores de água, e foram traçados perfis topográficos em direção a esses limites. Por questões de segurança, os perfis foram construídos sempre a distâncias bem superiores aos limites percebidos. Conforme demonstrado na **Figura 2**, os perfis foram traçados pelo aplicativo *Geoterrain* em eixos radiais a partir do ponto de visada, com deslocamento de 6 graus entre eles.

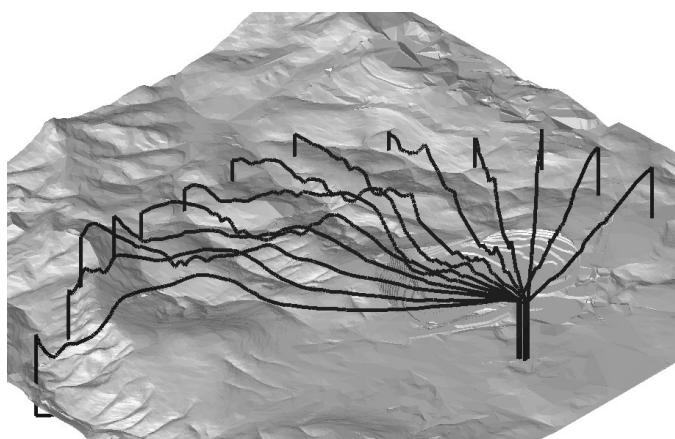


Figura 2 - Visão em 3D - destaque de alguns perfis traçados a partir de um ponto de visada.

Traçados todos os perfis, foram definidos os pontos de interseção entre plano visual zenital do observador e linha de perfil, definindo as áreas de "sombra" (não visíveis), conforme exemplificado na **Figura 3**. Isto significa traçar uma coleção de eixos saindo do ponto de observação, até que estas linhas interceptem o desenho do perfil. Em cada interseção é marcado o ponto de início e o ponto de final da sombra. Na sequência, são ligados todos os pontos de início de sombra e todos os pontos de final de sombra, e o resultado são superfícies (*shapes*) definidoras de manchas de áreas visíveis a partir da posição do observador, conforme retratado na **Figura 4**.

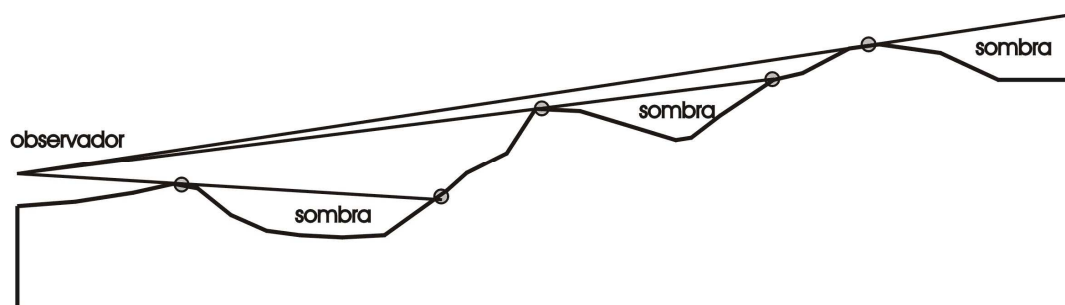


Figura 3 - A partir do olhar do observador, definição das interseções entre planos zenitais e perfil, para definição de áreas de "sombra".

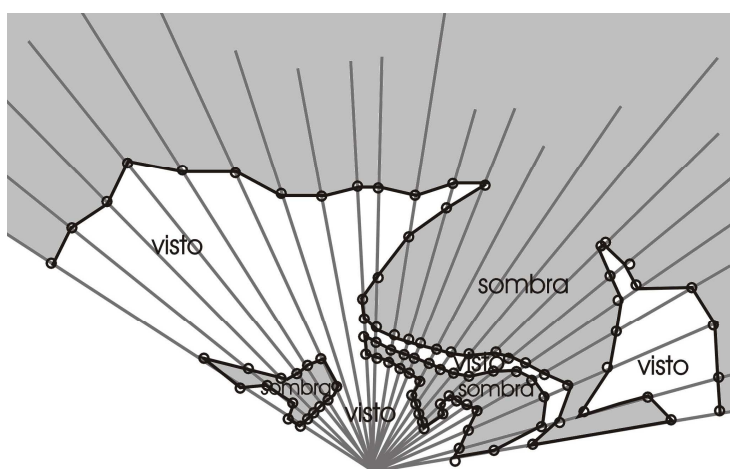


Figura 4 – Ligação dos pontos e destaque das áreas visíveis e não-visíveis.

O processo de ligação de pontos é feito tendo como material de conferência o desenho em 3D. A conferência final é obtida por colocação da mancha em 3D, encaixada no modelo digital de elevação, quando se verifica se ela realmente corresponde à realidade visível do ponto escolhido, o que pode ser observado na **Figura 5**.

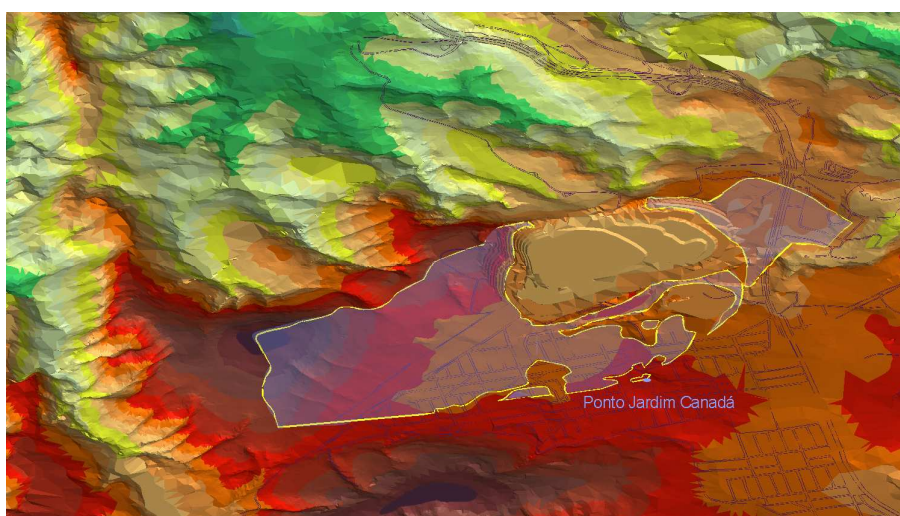


Figura 5 - Encaixe da mancha de visibilidade no modelo 3D.

Os estudos de eixos visuais e de navegação virtual pelo espaço de estudo resgatam o valor do olhar nas análises urbanas. Acreditamos que nossa proposta metodológica possa incorporar esse valor na gestão e planejamento urbanos. Hissa (2002, p.187) desenvolve a questão do

olhar para a análise geográfica resgatando o valor da percepção do uso, dos lugares simbólicos na paisagem, muitas vezes difíceis de serem mensurados:

"Espaço e território são imagens, visuais e não visuais. Formas, volumes e fluxos. Processos visíveis e invisíveis. Mas as imagens não são produto exclusivo das estruturas visuais, com as quais se tem contato direto. Elas também são processadas através de experiências cotidianas desenvolvidas ao longo da história, a partir de vários olhares que ultrapassam e exclusivamente "visual"."

A soma dos vários mapas de visibilidade, gerados por diferentes pontos de observação, produz o Mapa Síntese de Eixos Visuais, indica o grau de visibilidade de cada segmento do espaço analisado. Na figura 6 é demonstrado o exemplo de mapa síntese de eixos visuais elaborado para a cidade histórica de Ouro Preto, indicando o grau de visibilidade de cada porção do território, em escala de 0 a 10.

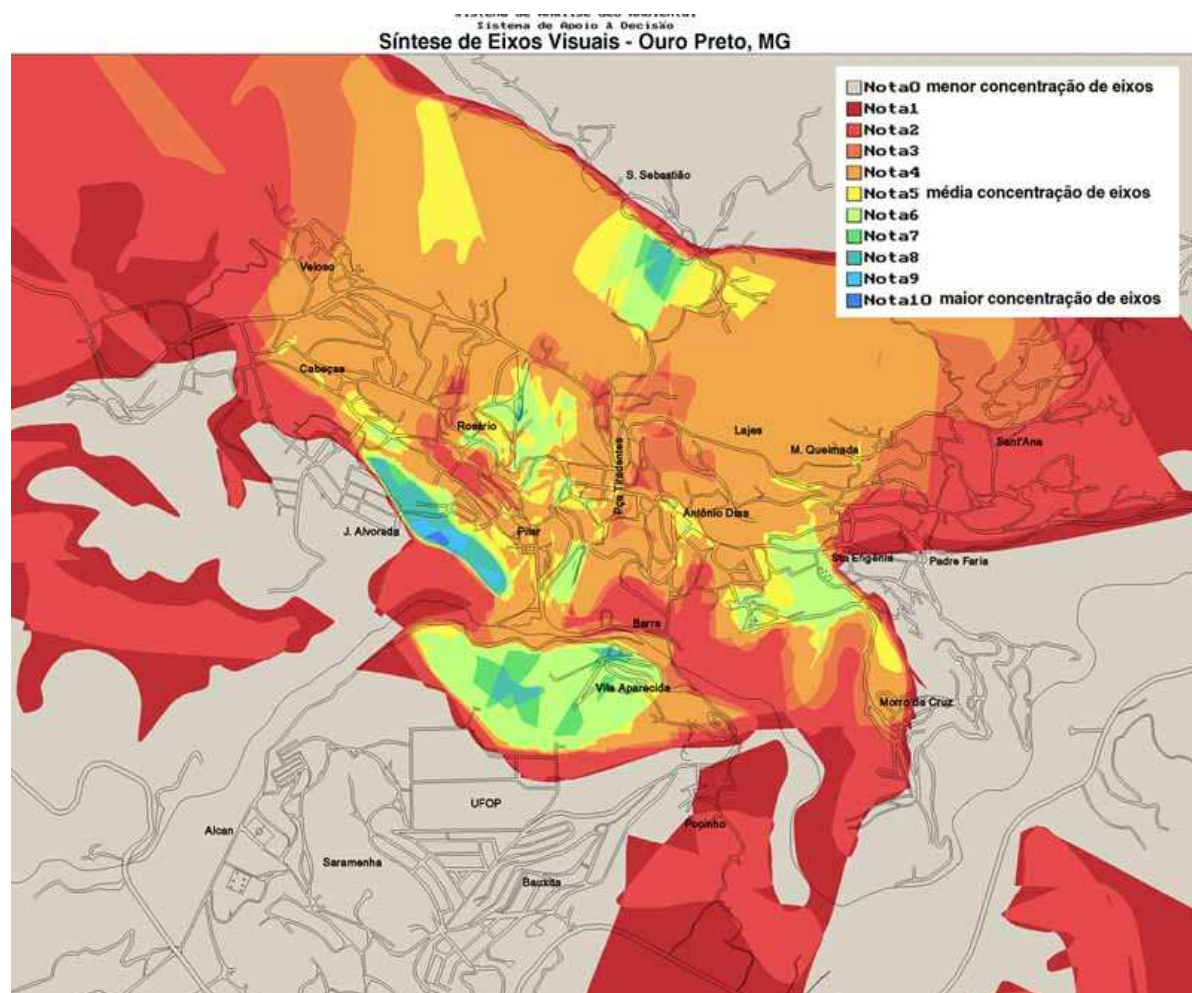


Figura 6 – Exemplo de mapa síntese de grau de visibilidade

Quando o trabalho é feito a partir de modelos topográficos, ele corre o risco de ignorar elementos construídos da paisagem, como os grandes edifícios e monumentos. Contudo, hoje este problema é resolvido com a aplicação de produtos obtidos por captura laser do ambiente, que resultam na geração de modelos digitais de elevação e não somente modelos digitais topográficos.

4. Metodologia de simulação de intervenção na paisagem

O objetivo é realizar a inserção de uma transformação na paisagem com a aplicação de uma metodologia baseada em critérios reproduzíveis, ou seja: que se possa afirmar com segurança, diante de estudos preditivos, qual será o resultado de uma intervenção no ambiente. Tem como objetivos responder às questões: Como mensurar o valor da paisagem? Como prever as consequências de uma intervenção no conjunto paisagístico? Como ter critérios reproduzíveis para analisar a paisagem?

Segundo Moura (2003), a simulação das intervenções na paisagem permite que órgãos de controle ambiental ou institutos de proteção ao patrimônio histórico julguem com maior segurança novos projetos. O procedimento facilita, sobretudo, o diálogo entre os diferentes segmentos da sociedade, entre os quais estão os técnicos, os administradores e os moradores de uma região. Em desenhos de plantas, cortes, ou mesmo perspectivas isoladas da paisagem, é muito difícil perceber o real impacto da intervenção no conjunto paisagístico; mas pela simulação do encaixe do volume no conjunto, é possível julgar sua adequabilidade.

O estudo de caso da Mina do Pico, em Itabirito, aplicou a metodologia com o objetivo de simular as possibilidades de recuperação da cava próxima ao pico, pois a exploração nesse ponto está sendo concluída e serão iniciadas novas etapas de exploração na região. Como contrapartida ambiental, a empresa responsável irá recuperar a paisagem da cava e criar um parque na área. O estudo cuidadoso justifica-se, sobretudo, porque o Pico é tombado como patrimônio nacional desde 1962, e como patrimônio estadual desde 1989, além de ser forte referencial da paisagem mineira desde os princípios da ocupação do território. Na **figura 7** observa-se o pico e a área da cava a ser recuperada, e na **figura 8** a visão aérea no Pico, com destaque para o limite de tombamento.

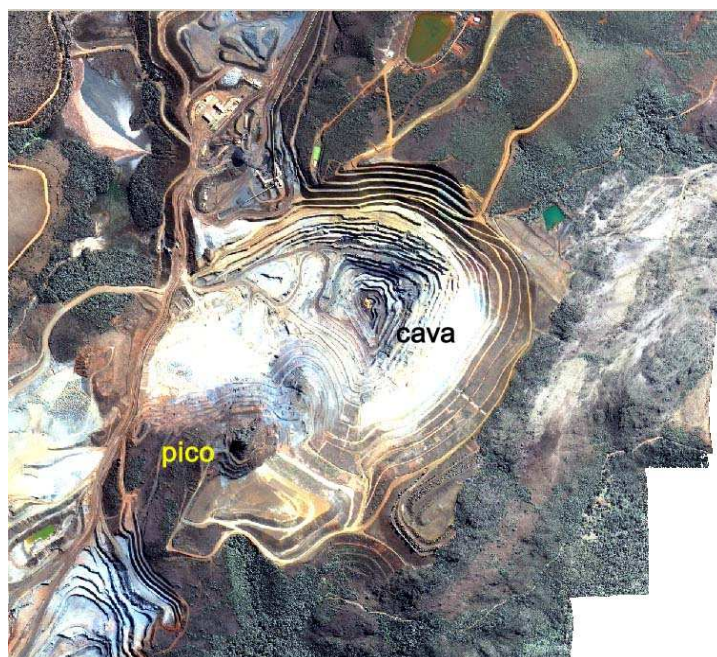


Figura 7 – Vista do Pico a partir da imagem Ikonos, 2005



Figura 8 – Vista do limite de tombamento do Pico do Itabirito (Fonte: Rosière et al, 2005)

A primeira etapa de trabalho foi composta pela modelagem digital de elevação da área a partir de curvas de nível geradas pela captura laser, o que resultou em representação de alta resolução da paisagem da área. Em seguida, foram estudados os modelos de representação da área segundo vários pontos de visada, objetivando o reconhecimento de sua constituição topográfica e paisagística. Estes estudos serviram, também, como apoio para a definição dos estudos de recuperação da cava. Nas **figuras 9 e 10** pode ser observado o conjunto representado por modelo digital topográfico, assim como a simulação de uma cota de preenchimento da cava.

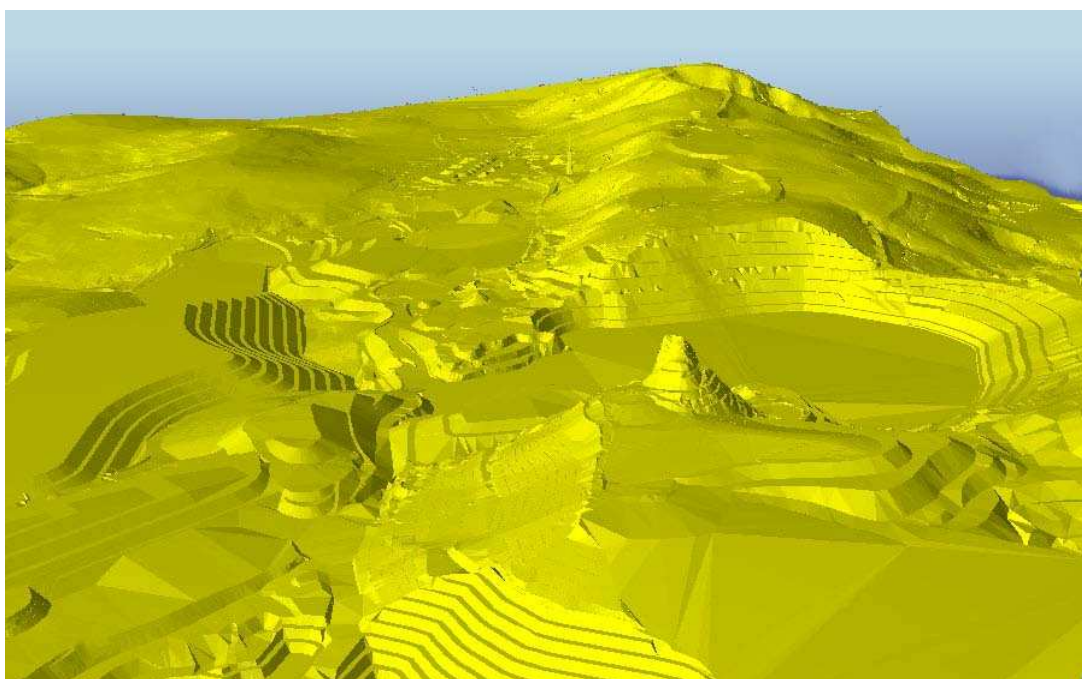


Figura 9 – modelagem digital da área e estudos de preenchimento da cava

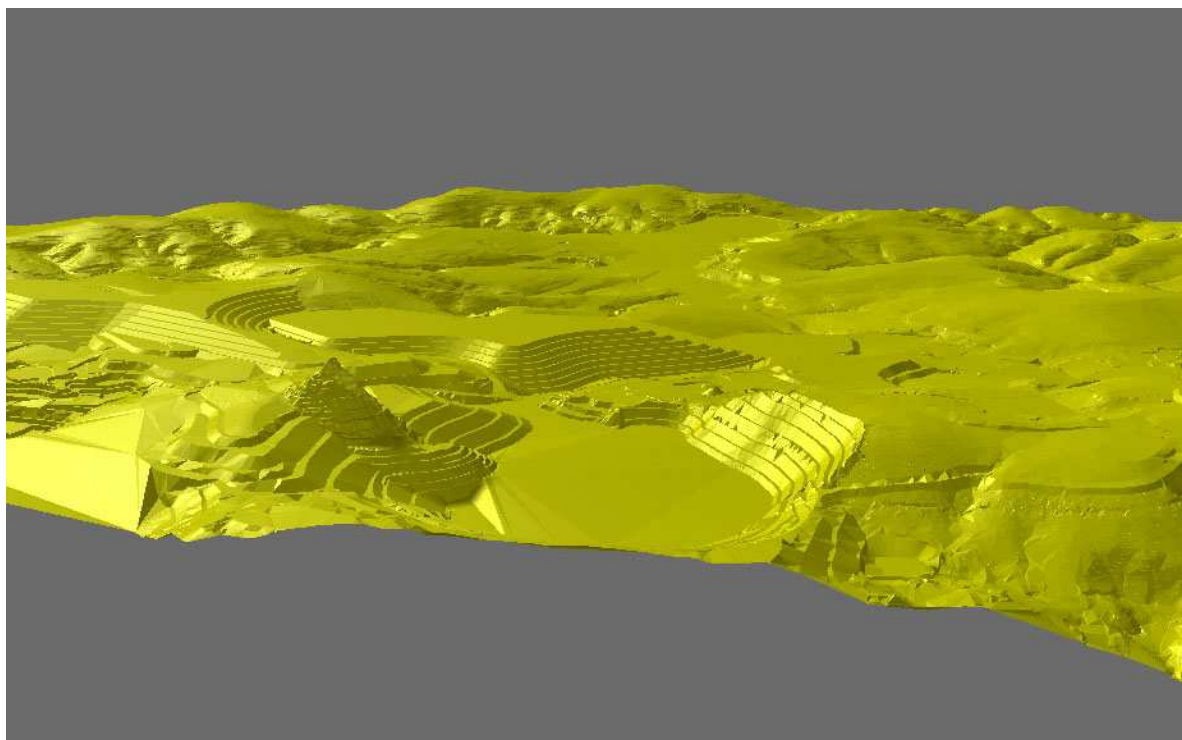


Figura 10 – modelagem digital da área e estudos de preenchimento da cava

Como o objetivo da simulação é estudar as possibilidades de transformação de uma paisagem, constitui etapa fundamental a busca de representações da área anteriores à atividade mineradora. Foram então obtidas duas imagens: um desenho de F.J. Stephan (1840), Litografia de A Brandmeyer, (In Martius, 1906) e uma fotografia do acervo do IEPHA. Foram então realizados trabalhos de campo com o objetivo de identificar a posição de onde estas imagens foram registradas, chegando à conclusão de que os pontos de visada eram os nomeados como P2 e P3 no conjunto, conforme pode ser observado na **figura 11**:

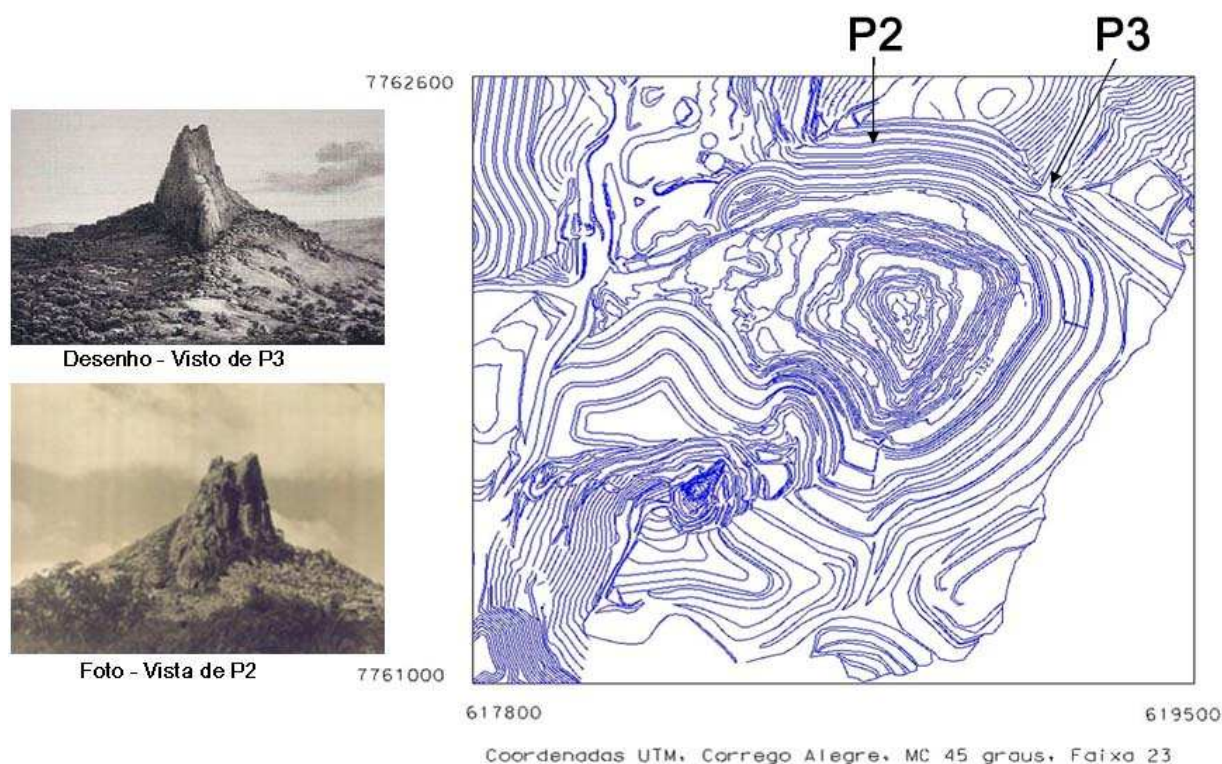


Figura 11 - Desenho visto de P3, por F.J. Stephan (1840), In.: Martius (1906); Foto do acervo IEPHA (<http://www.iepha.mg.gov.br/itabirito.htm>) vista de P2; planta topográfica da área, em coordenadas UTM, com localização dos pontos de visada retratados.

Uma vez identificadas as posições das imagens na paisagem, foram conferidas as posições de representação e estudados os contatos entre a encosta existente e o pico, e a encosta minerada e o pico, conforme pode ser observado nas **figuras 12 e 13**, tanto para a localização P2 como para a localização P3:

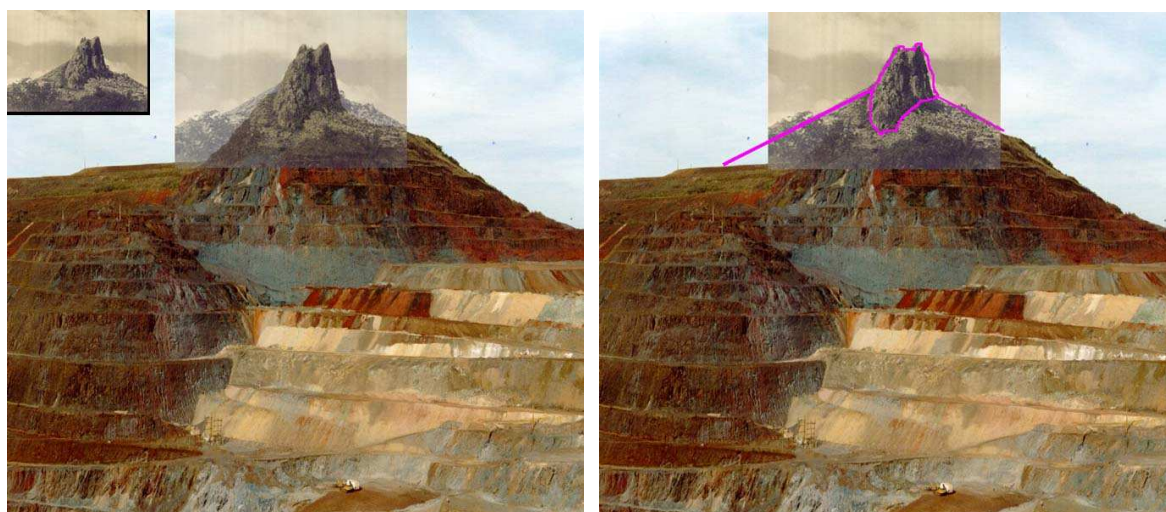


Figura 12 – Ponto 2 – encaixe do desenho na posição, inicialmente visto em transparência e depois no estudo do contato da encosta com o pico.

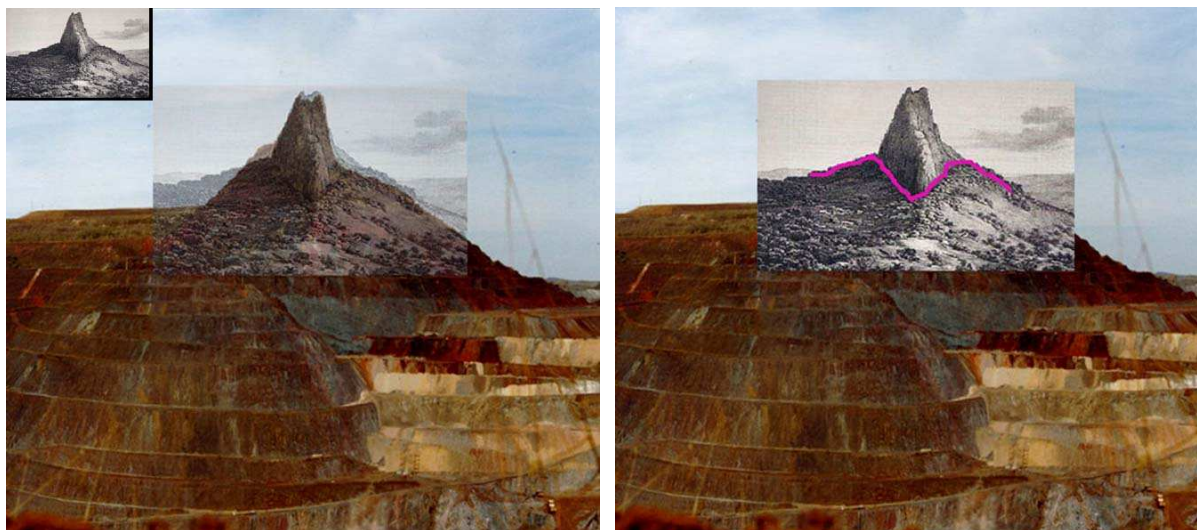


Figura 13 – Ponto 3 – encaixe do desenho na posição, inicialmente visto em transparência e depois no estudo do contato da encosta com o pico.

Uma vez reconhecidas as posições, foi estudado no modelo digital de elevação a exata posição x/y/z de onde estava o observador, tanto na produção do desenho e da foto, como das fotografias recentes da cava. O objetivo era colocar o modelo em condições de se iniciar as simulações de intervenção na paisagem e já aplicá-las em uma visão que permitisse o acompanhamento das propostas de transformação. Assim, na **figura 14** observa-se o encaixe do modelo na fotografia da realidade em P2, sendo que o mesmo procedimento foi feito para P3:

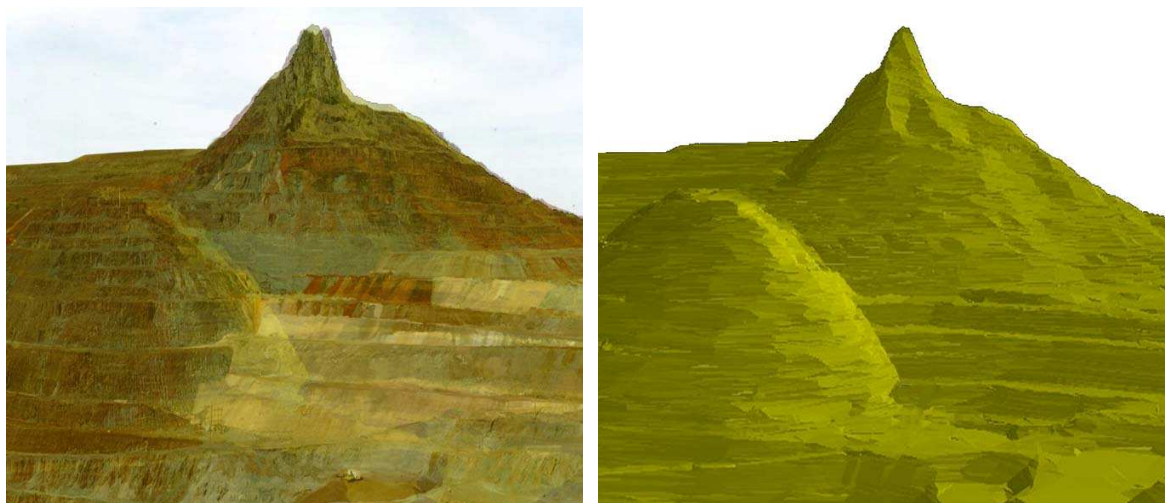


Figura 14 – Ponto 2 - encaixe do MDE na posição exata da fotografia (observador em x/y/z medidos) e MDE preparado para os estudos de simulação.

Nesta etapa, foram iniciados estudos de recomposição da cava e da encosta, simulando diferentes possibilidades de transformação da topografia. Foram estudadas diferentes cotas de preenchimento da cava, assim como diferentes ações na encosta visando a recuperação da superfície, ambos seguidos de simulações dos resultados na paisagem.

Do ponto de vista da modelagem, houve uma preocupação especial na composição das texturas de representação de superfícies, de modo a garantir um tratamento gráfico o mais real possível. O conceito empregado foi o de modelagem fractal dos componentes da textura, tanto na escolha de grãos como de cores, com o apoio do aplicativo *Bryce*. Nas **figuras 15 e 16**, por exemplo, nota-se a modelagem fractal na composição de textura da encosta, mas há repetição de padrões na composição de textura da cobertura vegetal de um trecho.



Figura 15 - Modelagem fractal na textura da encosta



Figura 16 - Modelagem por repetição de padrões na representação da cobertura vegetal

Como resultados, foram propostos dois cenários possíveis para recuperação da cava, sem prejuízo para outras idéias que possam ainda surgir e que terão condições de serem também simuladas na paisagem.

Na **figura 17** está o exemplo no P3 (eixo de visada do desenho de F.J. Stephan) com a situação hoje, na **figura 18** é representada a simulação de recuperação da área por preenchimento da cava e revegetação da encosta, e na **figura 19** está simulada a recuperação por preenchimento da cava, recomposição da encosta e revegetação do conjunto.



Figura 17 – Visualização do Ponto 3 na situação atual



Figura 18 – Visualização do Ponto 3 com a simulação de recuperação da área por preenchimento da cava e revegetação da encosta



Figura 19 – Visualização do Ponto 3 com a simulação de recuperação por preenchimento da cava, recomposição da encosta e revegetação do conjunto.

Na **figura 20** está o exemplo no P2 (eixo de visada da fotografia do IEPHA) com a situação hoje, na **figura 21** é representada a simulação de recuperação da área por preenchimento da cava e revegetação da encosta, e na **figura 22** está simulada a recuperação por preenchimento da cava, recomposição da encosta e revegetação do conjunto.



Figura 20 – Visualização do Ponto 2 na situação atual



Figura 21 – Visualização do Ponto 2 com a simulação de recuperação da área por preenchimento da cava e revegetação da encosta



Figura 22 – Visualização do Ponto 2 com a simulação de recuperação por preenchimento da cava, recomposição da encosta e revegetação do conjunto.

5. Conclusões

As aplicabilidades da metodologia aqui apresentada são muitas, desde os estudos ambientais, até os estudos urbanos e o emprego em geomarketing. Já foram produzidas experiências em áreas urbanas, sobretudo no núcleo histórico de Ouro Preto, e em áreas de mineração, nos exemplos aqui mencionados. Destacam-se alguns pontos relevantes nos procedimentos adotados: inicialmente, são procedimentos com critérios reproduzíveis, que dão veracidade nas simulações construídas.

Do ponto de vista do apelo da comunicação, as representações basearam-se em processo fotográfico ou de estudo das texturas de tratamento gráfico da informação, objetivando que as imagens se assemelhassem à realidade, evitando ruídos de comunicação entre técnicos e outros grupos de usuários.

Relacionado ao mesmo objetivo de comunicabilidade da informação, optou-se pela visão perspectiva de representação da realidade pela altura e olhar de um observador, em eixo azimutal e não zenital. Isto porque não são todos os usuários que conseguem fazer a conexão entre representação cartográfica vista de topo (zenital) e realidade observada (azimutal).

A técnica empregou recursos de cartografia digital 3D e modelagem de elevação, explorou a composição fractal de texturas, e promoveu ainda a montagem de uma navegação virtual na área de estudo, que pode ser conhecida em apresentações públicas do trabalho. Os produtos elaborados são bases para decisões de projetos e avaliação dos possíveis caminhos nas transformações de uma paisagem.

6. Referencias

IEPHA (<http://www.iepha.mg.gov.br/itabirito.htm>)

Lynch, K. *The image of the city*. Massachusetts: M.I.T. Press, 1961. 202 p.

Martius, C.F.P. 1906. *The journey of von Martius - Flora Brasilienses*, Vol. I. Editora Index, 1966.

Moura, A.C.M. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Belo Horizonte, Ed. da autora, 2003. 294 p.

Norberg-Schulz, C. *Genius loci*. Barcelona: H. Blume, 1975. 213 p.

Rosière, C.A.; Renger, F.E.; Piuzana, D.; Spier, C.A. 2005. Pico de Itabira, Minas Gerais – *Marco estrutural, histórico e geográfico do Quadrilátero Ferrífero*. In.: Winge, M. Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S., (Edit.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) - Brasília. Publicado na internet em 21/06/2005 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio042/sitio042.pdf>.

HISSA, Cássio E. V. *A mobilidade das fronteiras*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002, 316p.