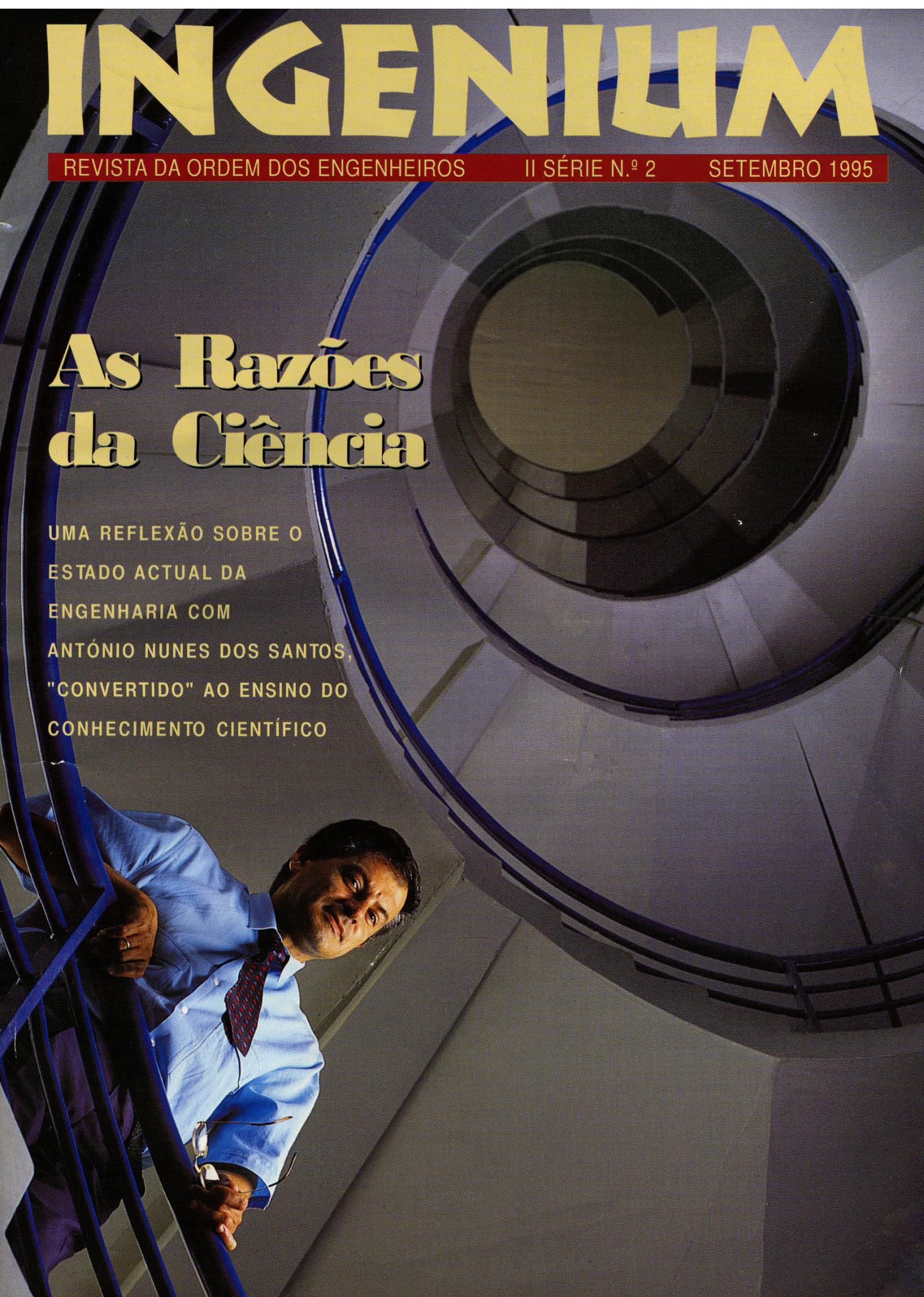


# INGENIUM



REVISTA DA ORDEM DOS ENGENHEIROS

II SÉRIE N.º 2

SETEMBRO 1995

## As Razões da Ciência

UMA REFLEXÃO SOBRE O  
ESTADO ACTUAL DA  
ENGENHARIA COM  
ANTÓNIO NUNES DOS SANTOS,  
"CONVERTIDO" AO ENSINO DO  
CONHECIMENTO CIENTÍFICO



IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA O CONTROLO E PLANEAMENTO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA MINEIRA

Henrique Garcia Pereira(\*), Paula Sarmento(\*\*),  
Fernando Real(\*\*), Alfredo Franco (\*\*)

(\*Instituto Superior Técnico  
(\*\*)Somincor

Resumo

A gestão ambiental numa empresa com a dimensão da Somincor implica a manutenção de um programa de monitorização abrangendo um número de disciplinas muito diverso. A análise desta informação é assim um processo complexo, sempre de carácter pluridisciplinar e, quando feito de forma correcta, sempre extremamente moroso. A fim de ultrapassar este problema optou-se por utilizar um Sistema de Informação Geográfica (GIS) para a gestão e análise desta informação. Nesta âmbito foi aprovado, no final de 1992, integrado no programa da UE Brite-EuRam II, o projecto "Implementação de um Sistema de Informação Geográfica para Controlo e Planeamento Ambiental na Indústria Mineira", proposto pelo Imperial College, Instituto Superior Técnico, Somincor e Tara Mines. Este artigo apresenta os principais objectivos deste projecto e os resultados obtidos até à data

Introdução - A Indústria Mineira, O Ambiente e as Tecnologias da Informação

A indústria mineira, pelo seu próprio objecto e especificidades, implica forçosamente uma interacção forte com o ambiente, visto que, para valorizar os recursos minerais identificados pela prospecção, é necessário, cada vez mais, lançar mão de importantes meios de extracção e processamento, que conduzem implicitamente a uma perturbação do ecossistema onde os recursos estão inseridos. Essa perturbação resulta das operações de preparação de acessos ao jazigo (implicando a remobilização de grandes massas de rocha), de exploração (que tendem a ser cada vez mais selectivas, conduzindo à rejeição de material sem valor económico) e de tratamento, efectuado à boca da mina com o objectivo de

obter um produto com as especificações do mercado (e que conduzem à formação de novos rejeitados).

Ao contrário de outras indústrias que tratam, num local criteriosamente escolhido, uma matéria prima de qualidade rigorosamente controlada, a indústria mineira "tem de viver" com a variabilidade própria das condições específicas dos locais onde ocorrem os jazigos, atendendo à interacção, reconhecidamente não-linear, com os outros recursos naturais existentes na área (água, solo, etc.). É neste contexto de uma certa complexidade que, modernamente, as tecnologias da informação intervêm em todas as fases do empreendimento mineiro, em particular no que diz respeito às interacções com o ambiente. De facto, só através de uma modelização coerente de todos os subsistemas que estão em causa no processo de valorização de recursos minerais (cf. Fig. 1, para

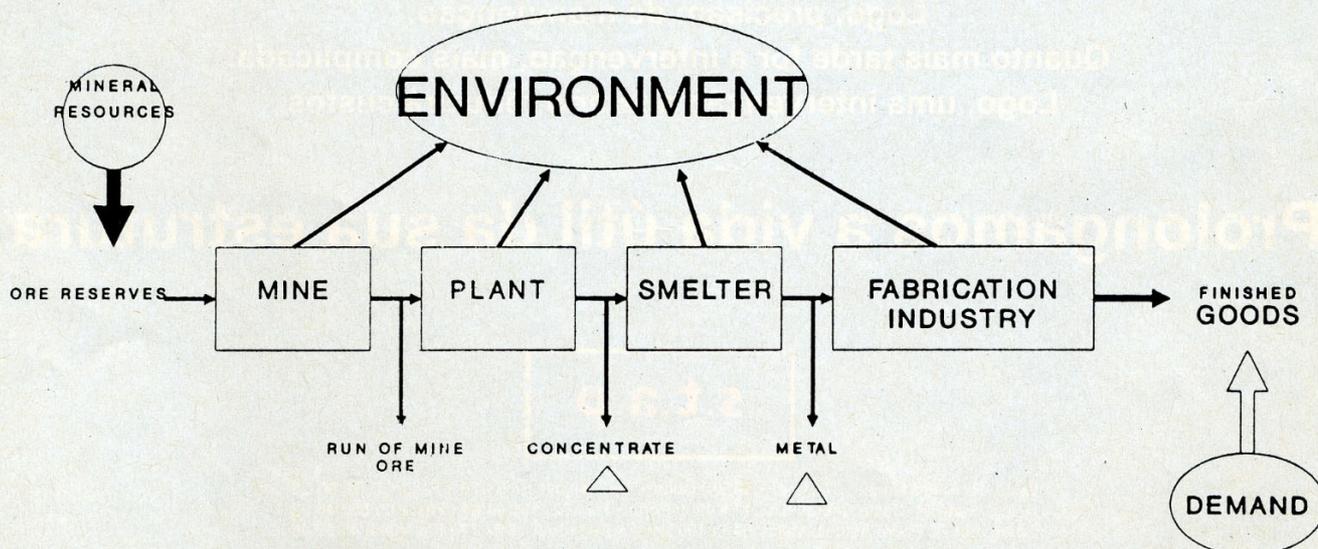


Fig. 1 - Fluxo de material no sistema de valorização de minérios metálicos

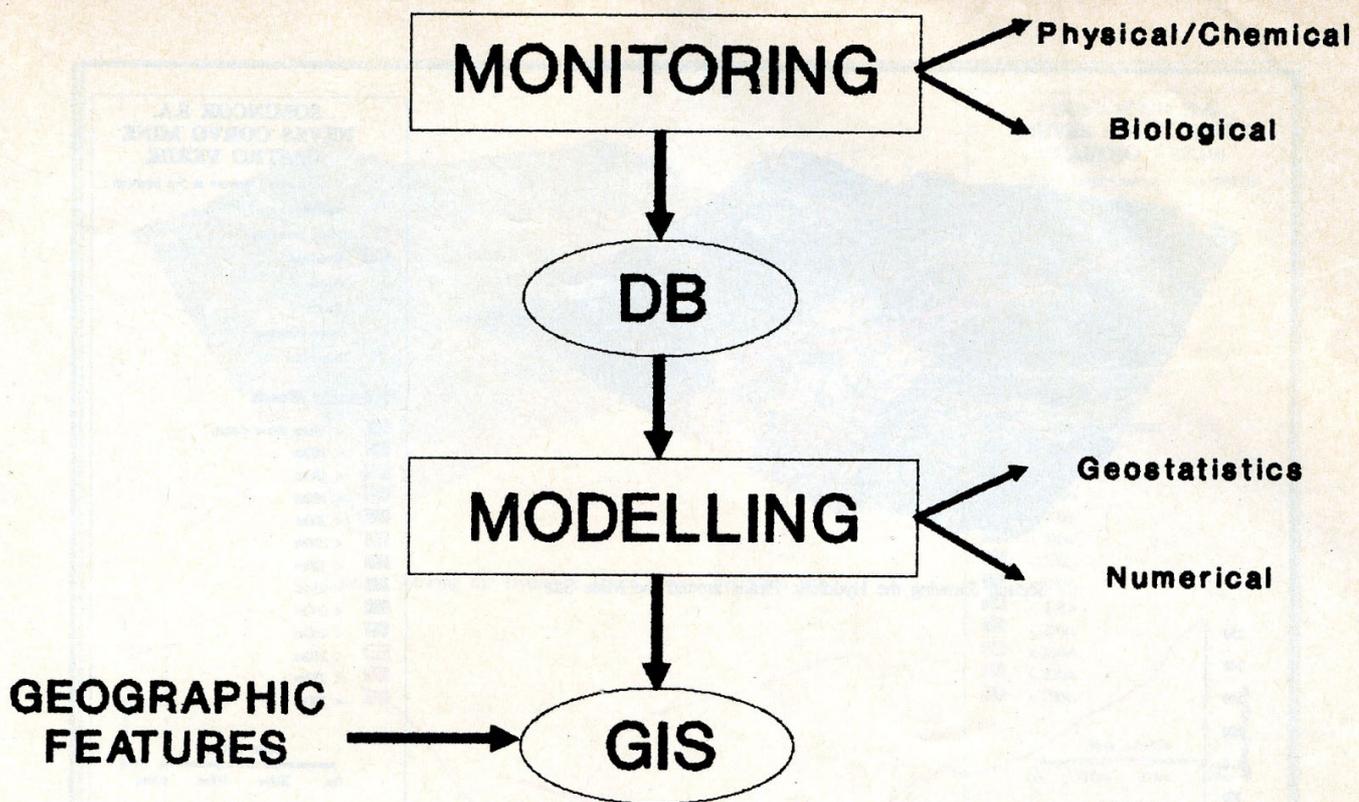


Fig. 2- Sequência das operações de integração dos dados ambientais.

esquematar o fluxo de material, no caso de minas metálicas), é possível monitorizar, controlar e prever os impactos das diferentes operações sobre o ambiente, incluindo, no planeamento mineiro, desde a fase de projecto até ao fecho da mina (reclaiming), a componente ambiental como uma preocupação dominante.

A partir da ideia básica de que é necessário integrar a componente ambiental no planeamento mineiro e modelizá-la através das modernas tecnologias da informação, foi lançado um projecto europeu de I & D, a decorrer até finais de 1995, com o objectivo de implementar um Sistema de Informação Geográfica (GIS) para controle e planeamento ambiental na indústria mineira.

Para além dos partners universitários (Imperial College e Instituto Superior Técnico), o projecto conta ainda com a participação empenhada do staff de duas das mais importantes minas metálicas da UE - Neves Corvo, em Portugal (Cobre e Estanho) e Navan Orebody, na Irlanda (Zinco e Chumbo). Pretende-se assim ensaiar a aplicação do sistema em condições operacionais, tirando partido da experiência dos partners industriais para o seu ensaio e validação.

O projecto consiste essencialmente no estabelecimento de uma metodologia inovadora para combinar o GIS com diferentes técnicas de modelização (baseadas na Geoestatística e simulação de processos de fluxo, transporte e dispersão), conjugando as capacidades de previsão dos modelos utilizados com as potencialidades gráficas do GIS, para visualizar a interação entre as diferentes componentes a modelizar. Através da integração destas duas vertentes, garante-se a representatividade dos dados introduzidos no GIS e toma-se em conta as suas relações espacio-temporais, dadas pela geoestatística e pelas técnicas determinísticas de modelização.

O Sistema de Informação Geográfica no Planeamento

Ambiental da Somincor

Uma vez identificados os principais impactes resultantes da actividade do Complexo Mineiro, foram definidos quais os parâmetros ambientais a monitorizar na área de influência da mina de Neves-Corvo (Sarmento, 1992) e foi estabelecido um primeiro modelo conceptual das suas interligações. Criou-se assim uma Base de Dados de Ambiente, contendo toda a informação pertinente sobre as variáveis medidas ou observadas pelo programa de monitorização em causa. O programa de monitorização implementado recorre não só a métodos físico-químicos, mas também a métodos biológicos de avaliação de qualidade do ambiente. Este é um aspecto relevante do projecto, dado que o programa em curso na Somincor, contemplando a bio monitorização da qualidade do ar e solo na zona industrial por transplantes de líquenes e a inventariação de espécies de macro-invertebrados e algas na Ribeira de Oeiras, permite integrar uma dimensão temporal mais representativa e uma maior quantidade de factores perturbadores do que as tradicionais medições pontuais e instantâneas de grandezas físico-químicas.

O cruzamento da informação ambiental proveniente de diferentes fontes num mesmo suporte geográfico - a área envolvente da mina foi digitalizada numa mesma base cartográfica contendo a topografia e as principais características do terreno e das instalações industriais - só pode ser efectuada eficazmente utilizando as capacidades dos modernos GIS (no presente caso foi seleccionado o sistema ARC/INFO, cf. ESRI, 1990). Com este sistema, é possível o spatial display da informação de partida, o overlaying de diferentes tipos de mapas, o querying em função da localização espacial das entidades, para além de uma certa capacidade de manipulação da informação geo-referenciada, com vista à sua visualização conjunta e extração de elementos de interação entre layers.

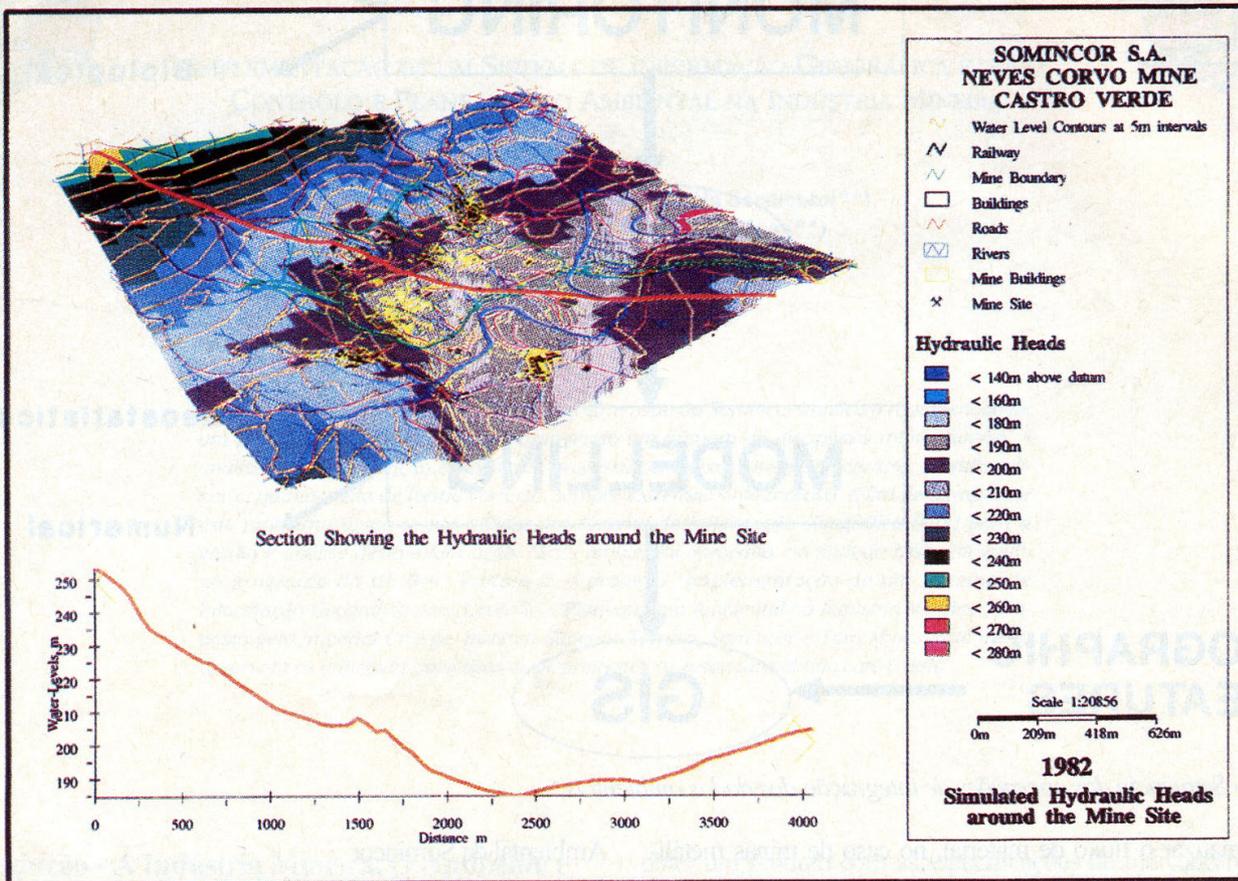


Fig. 3a - Resultados da modelização da piezometria (baseline de 1982)

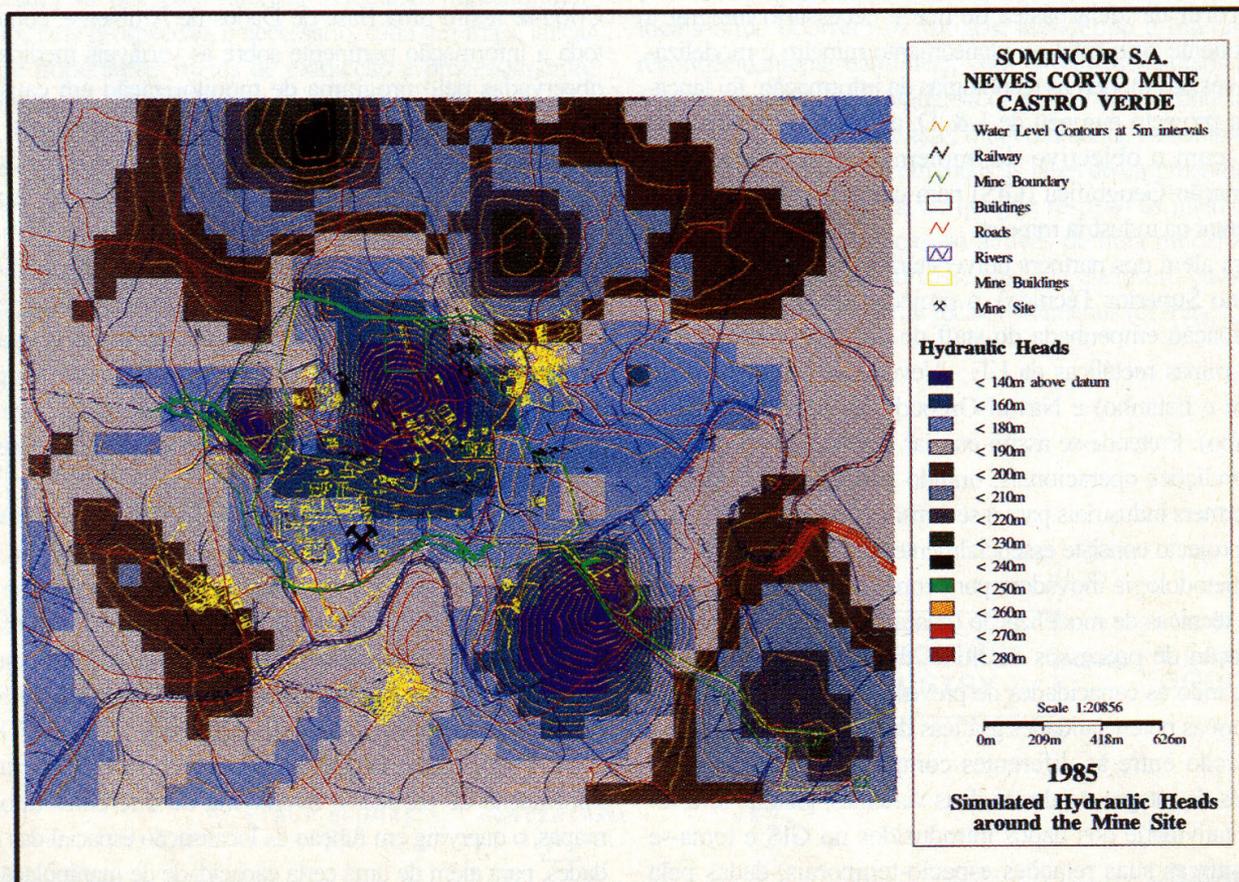


Fig 3b - Resultados da modelização da piezometria (1985)

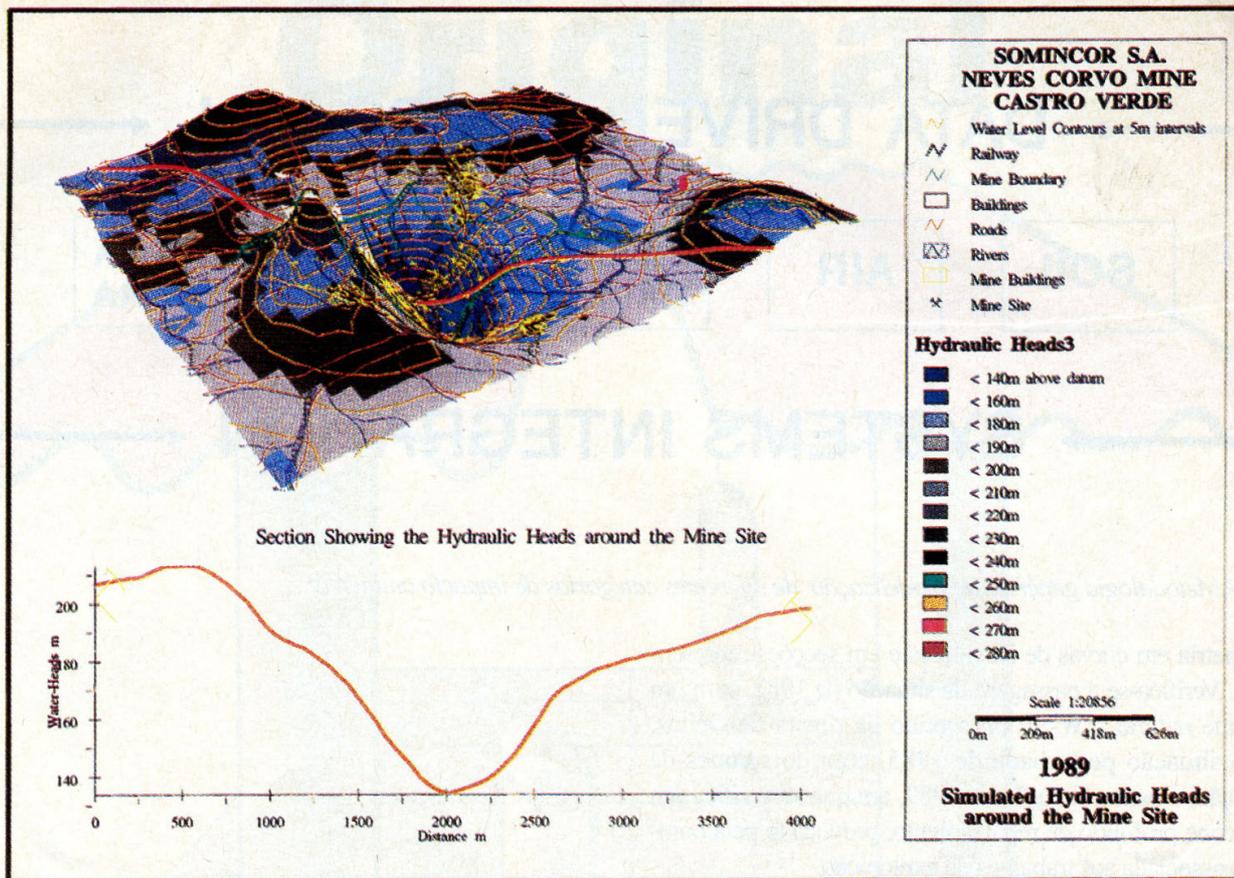


Fig. 3c - Resultados da modelização da piezometria (1989)

Mas a capacidade de modelização do GIS, per se, é no entanto limitada, tanto mais quanto a informação de base é fragmentária, muitas vezes qualitativa, e resultante de uma amostragem circunscrita no espaço e no tempo. O problema da representatividade dos dados a introduzir no GIS e a pesquisa das suas relações espacio-temporais surge deste modo como um problema a resolver, antes da sua introdução no sistema. Assim, para tirar partido das potencialidades do GIS, é necessário construir um módulo de Modelização que faz a transferência entre a Base de Dados e o GIS, de acordo com o esquema da Fig. 2. Esse módulo, que contém modelos geoestatísticos e numéricos, garante que o GIS não receba dados brutos, cuja representatividade é questionável, mas sim outputs de modelos construídos sobre a informação de partida, que representam a imagem do estado do conhecimento (sempre actualizável) sobre os mecanismos espacio-temporais que actuam no sistema. Assim, as células espaciais - em que o GIS, na sua versão raster, discretizou o espaço geográfico da envolvente da mina - contém valores cuja representatividade decorre dos modelos utilizados, evidenciando as eventuais tendências ou padrões que emergem da análise dos dados.

Por outro lado, são reconhecidamente pouco poderosas (cf. Langran, 1993) as potencialidades do GIS para tratar dados temporais, os quais são obviamente cruciais num projecto que envolve forçosamente a comparação do estado do sistema depois das operações mineiras com uma baseline (estado de referência, antes da perturbação). Assim, é

necessário desenvolver, no exterior do ambiente GIS (ie, no módulo designado na Fig. 2 por Modelling), modelos que descrevam a evolução temporal das variáveis e construir a sua interface com o GIS.

#### Exemplo de Aplicação - Modelização do Aquífero de Neves Corvo

Com o objectivo de ilustrar, num caso concreto, a metodologia estabelecida para o projecto, extraiu-se da Base de Dados de águas subterrâneas um conjunto de dados referentes à piezometria do aquífero de Neves Corvo e correu-se o conjunto de programas representados simbolicamente na sequência da Fig. 2.

Para este exemplo de aplicação, tomou-se como baseline a piezometria do aquífero em 1982 (antes do início dos trabalhos mineiros) e comparou-se essa situação com a que ocorreu em 1985 (correspondente à preparação dos acessos), e em 1989, em que a operação mineira decorria em pleno. Para a baseline dispunha-se de 86 medidas, e para as condições de 1985 e de 1989, estavam registados 33 e 39 valores de piezometria, respectivamente.

A partir desta informação, localizada no espaço 2D, foi modelizada, através da geoestatística, a morfologia do topo do aquífero, estimando por krigagem o valor mais provável da piezometria numa malha de 100 x 100 m que recobre a área em estudo. Os resultados da modelização foram integrados no GIS, através de uma interface. Obtiveram-se assim, como output do GIS, os mapas das Fig. 3a,b,c, onde se pode visualizar, sobre a mesma base cartográfica, a evolução da

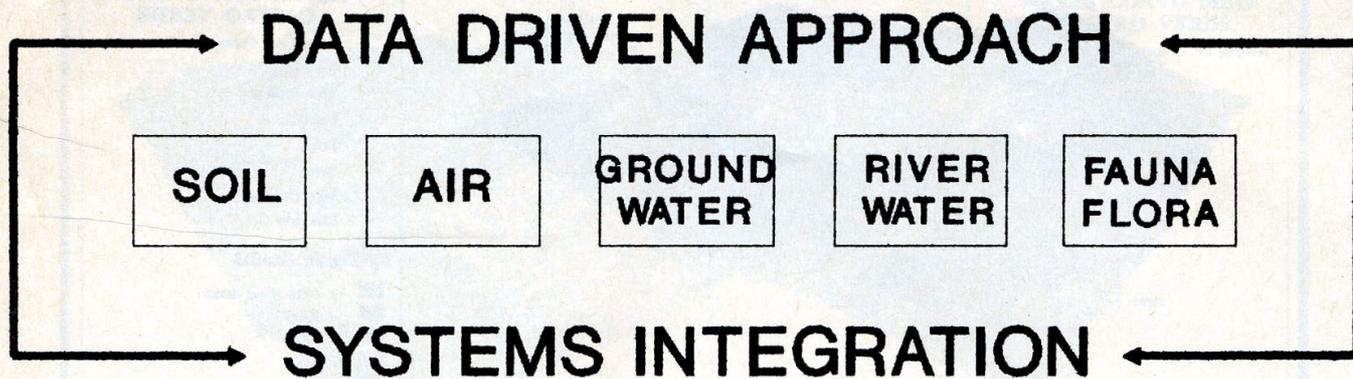


Fig. 4 - Metodologia genérica de modelização de diferentes categorias de impacto ambiental

piezometria em curvas de isovalores e em secções representativas. Verifica-se a passagem da situação de 1982, com um gradiente natural NW-SE no sentido da ribeira de Oeiras, para a situação perturbada de 1985, com dois cones de depleção, e para a situação de 1989, em que se verifica um único cone profundo de rebaixamento, provocado pela bombagem associada aos trabalhos de exploração.

### Conclusões

Para cada uma das categorias de impacte ambiental referenciadas na Fig. 4

(Solo, Ar, Água Subterrânea, Água Superficial, Fauna e Flora), foi estabelecida uma metodologia genérica de modelização que consiste na combinação de uma análise exploratória de dados (Data Driven Approach) com uma integração sistémica. O primeiro passo consiste na detecção, através da Análise Multivariada de Dados e da Geoestatística, das estruturas espacio-temporais que emergem dos dados e na estimação ou simulação, pela Geoestatística e por Modelos Numéricos, do valor mais provável das variáveis pertinentes numa malha compatível com o GIS. O segundo passo, que está em curso, corresponde a uma análise sistémica das interdependências entre os diferentes impactes, integrando-se os elementos parcelares num modelo único que pretende representar globalmente o processo de controlo e planeamento ambiental da indústria mineira.

### Referências

ESRI, 1990 - Environmental Systems Research Institute, "Understanding GIS : The ARC/INFO method.", Redlands, CA, USA

Langran, G., 1993 - "Time in Geographic Information Systems", Taylor & Francis, London

Sarmento, P., 1992 - "A integração dos aspectos ambientais na actividade da indústria mineira.", GEO-SISTEMAS, N. 1, p. 47-61