

CARTOGRAFIA



PRIMEIROS
RESULTADOS PARA
A RESTAURAÇÃO DO
CASTELO DA TORRE
DE GARCIA D'ÁVILA



**ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE EMPRESAS DE
LEVANTAMENTOS AEROESPACIAIS**

EDITORIAL

Vencidos os obstáculos que se interpunham aos trabalhos de editoração de mais um número da Revista Brasileira de Cartografia, experimentamos agora a satisfação de levar aos nossos associados a primeira edição no ciclo administrativo da Diretoria atual.

Observando o conteúdo desta edição verificamos uma diversidade de assuntos, reafirmando o caráter abrangente da SBC, voltada não apenas para a Cartografia, mas a Geodésia, a Fotogrametria e o Sensoriamento Remoto, e todas as demais áreas que se ocupam com a representação físico-ambiental geo-referenciada, considerando, ainda, uma total interação com as modernas técnicas do processamento eletrônico.

É realmente com propósito que chamamos a atenção para este tema, pois, se hoje contamos com uma Sociedade do porte da SBC, sabemos que tal grandeza nada mais representa se não o resultado da dedicação, do trabalho e da vontade de uma valorosa Comunidade Científica e, em particular, do mesmo engajamento de alguns abnegados membros dessa Comunidade.

Por outro lado, sabemos também das grandes dificuldades que suas administrações têm enfrentado para sua autogestão. É justamente pensando nesses aspectos que nos permitimos vagar numa indagação retórica: - que futuro teriam algumas novas sociedades, se por ventura desmembrássemos nossa Comunidade?

Tal preocupação, cabe explicar, nos parece oportuna, em tempos de necessária reflexão. Ocorre-nos que essas áreas científicas se apresentam bastante flexíveis, quando conjugadas com as novas e diferentes tecnologias de suporte apresentadas no mercado. Para nós, que trabalhamos com Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, é, com certeza, muito conveniente poder contar com esse suporte, pois não o tomamos como geradores de novas especializações, mas sim como avanço para aplicação e processamento das técnicas reconhecidamente consagradas.

Por isso estamos definitivamente comprometidos com o fortalecimento de nossa Sociedade, que hoje congrega técnicos, professores, mestres e doutores empenhados em todas as ramificações representativas do que chamamos Ciências da Terra, e nesse sentido a proposição da SBC é bem clara.

Muito mais do que da Diretoria Executiva, a Revista Brasileira de Cartografia, como grande arauto dessa Comunidade, depende de todos os Associados para continuar grande e representativa, concentrando em suas páginas a informação técnico-científica de resultados, visando a intercambiar conhecimentos e a fomentar a pesquisa.

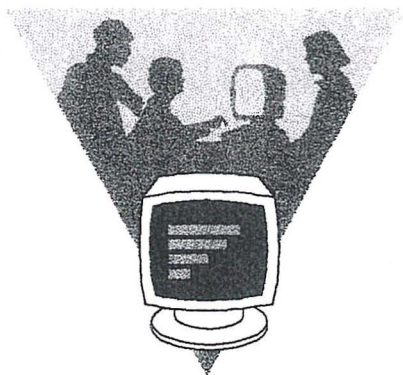
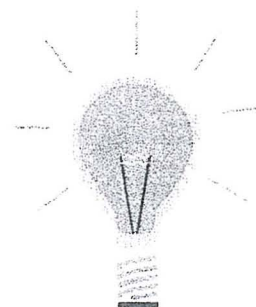
NEI ERLING -Presidente da SBC.

SUMÁRIO

EDITORIAL

1 A CARTOGRAFIA TEMÁTICA E O PROBLEMA DOS LIMITES ENTRE CLASSES - SOLUÇÕES ATRAVÉS DO GEOPROCESSAMENTO E DA CLASSIFICAÇÃO CONTÍNUA.

Margareth G. Simões.

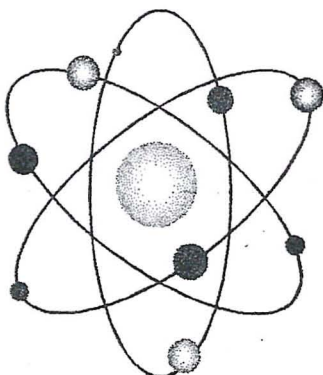


14 SELEÇÃO DA SONDAGEM - INTRODUÇÃO À AUTOMATIZAÇÃO.

Salvatore di Giovanna e
Antônio Carlos Freire Sampaio.

23 PROCESSO DE RESTITUICION FOTOGRAMETRICA EN SUPORTE DIGITAL PARA LA OBTENCION DE UNA BASE CARTOGRÁFICA NUMERICA.

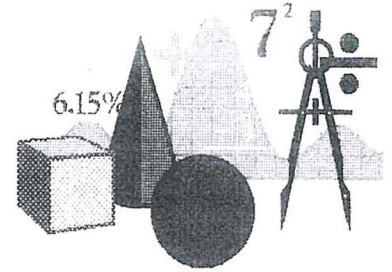
Rafael Andujar Tomás e
F. Javier Hermosilla Cárdenas.



32 AUTOMATIC INTERPRETATION OF MULTISPECTRAL AERIAL PHOTOGRAPHS.

Karl-Rudolf Koch e
Rheinische Friedrich.

40 COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE
COMPENSAÇÃO EM UMA POLIGONAL
FECHADA TIPO III:



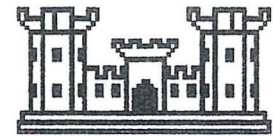
Ricardo Ernesto Schaal,
Edvaldo S. Fonseca Jr., e
Luís Guimarães Barbosa.



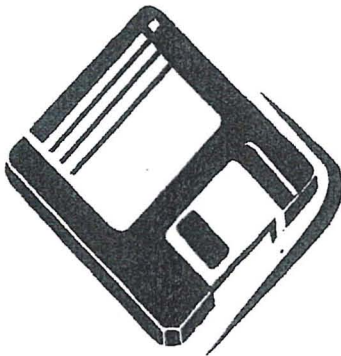
45 AN ASSESSMENT OF THE EFFECT OF
MATHEMATICAL CORRELATION ON GPS
NETWORK COMPUTATION: A Summary.

Marcelo C. Santos,
Petr Vanicek e Richard B. Langley.

51 PRIMEIROS RESULTADOS PARA A
RESTAURAÇÃO DO CASTELO DA TORRE
DE GARCIA D'ÁVILA.



Camillo José Martins Gomes, Christóvão Dias de
Ávila Pires Júnior, Herbert Erwes e Luís Eduardo Pereira Alves.



58 PROGRAMAS DE CÁLCULO ELETRÔNICO
PARA TRANSPORTE DE COORDENADAS
PLANAS E SUA TRANSFORMAÇÃO EM
GEODÉSICAS.

Genaro Araújo da Rocha.

62 CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DE
TRABALHO DO ENGENHEIRO
CARTÓGRAFO.



João Fernando Custódio da Silva.

NOSSA CAPA: Ruínas do Castelo da Torre Garcia D'Ávila, localizado na Praia do Forte, litoral norte da Bahia. Foto de C.D. Ávila.

Diretoria Executiva

Presidente: Nei Erling

Vice-Presidentes para

Assuntos Técnicos-Científicos

José Carlos Penna de Vasconcellos

Assuntos Internacionais

Ana Maria Coutinho

Assuntos Regionais e Estaduais

Paulo César Gurgel de Albuquerque

Administração e Finanças

Wilhelm Petter de Freire Bernard

Secretário Geral

Audízio Almeida Cruz

Coordenadores Estaduais

BA Daria Maria Cardoso Nascimento

CE Marcelo Campos Maia

DF Magnólia de Lima

ES Angélica Nogueira de Souza

GO Márcia Cristina de Souza Matos Carneiro

MG David Márcio Santos Rodrigues

PE Ernesto Gurgel do Amaral Sobrinho

PR Valther Xavier Aguiar

RJ Daniel Genovese Filho

SP Paulo César Gurgel de Albuquerque

TO Saturnino Cortes Miranda

Conselho Deliberativo

Iris Pereira Escobar

Jacaono Batista de Lima

Leonel Fermin Navas Zamora

Fernando de Araújo Coutinho Amadeo

Gilberto Pessanha Ribeiro

Mauro Pereira de Mello

Paulo Trezena Christino

Manoel Leite de Sá

Jorge Luz Filho.

Suplentes

Roberto Andrade Fernandes

César Luiz Soares Monteiro

José Henrique da Silva

Conselho Fiscal

Raimundo Orlor Nunes

Ney da Fonseca

Ângela de Fátima Marquez

Suplentes

Mário Barradas Machado

Ricardo Jorge Coutinho Alves

Jorge Luiz Rodrigues Duarte



SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA, GEODÉSIA,
FOTOGAMETRIA E SENSORIAMENTO REMOTO.

Av. Presidente Wilson, 210 - 7º andar.

CEP 20.030 - 021 Rio de Janeiro, RJ.

Tel. (021) 240-6901 Fax : (021) 262-2823

Presidentes de Comissões Técnicas e Adjuntos:

I - HIDROGRAFIA

Francisco José Penido Salles - DHN

Jorge Getúlio Vargas Freitas - DHN

II - GEODÉSIA, ASTRONOMIA, TOPOGRAFIA E
AGRIMENSURA.

Katia Duarte Pereira - IBGE

Roberto Teixeira Luz - IBGE

III - CARTOGRAFIA

Cláudio João Barreto dos Santos - IBGE

Paulo Roberto Alves dos Santos - IBGE

IV - FOTOGAMETRIA

Camilo José Martins Gomes - UERJ/IME

Walter da Silva Prado - IME

V - SENSORIAMENTO REMOTO

E INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS

João Vianei Soares - INPE

Thelma Krug - INPE

VI - CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO
E GESTÃO TERRITORIAL

Carlos Loch - UFSC

Antônio Carlos Freire Sampaio - UFRJ

VII - SISTEMAS DE INFORMAÇÕES

GEOGRÁFICAS

Paulo Márcio Leal de Menezes - UFRJ

Carla Bernadete Madureira Cruz - UFRJ

VIII - FORMAÇÃO PROFISSIONAL, ENSINO E
PESQUISA

Celsio de Oliveira Moreira - UERJ

Luiz Carlos da Silveira - UNESC

CONSELHO EDITORIAL

Dr. Alberto dos Santos Franco, Dr. Antônio Maria Garcia Tommaselli, Dr. Carlos Loch, Dr. Gunter Seeber, Dr. Hans Peter Bahr, Dr. Iris Pereira Escobar - Editor Chefe, Dr. Karl-Rudolf Koch, Dr. Luiz Muniz Barreto, Dr. Manfred Bonatz, Dr. Milton de Azevedo Campos, Dr. Nelsi Côgo de Sá, Dr. Petr Vanicek, Dr. Tarcísio Ferreira Silva e Dr. Vidal Ashkenazi.

A CARTOGRAFIA TEMÁTICA E O PROBLEMA DOS LIMITES ENTRE CLASSES - SOLUÇÕES ATRAVÉS DO GEOPROCESSAMENTO E DA CLASSIFICAÇÃO CONTÍNUA

Margareth G. SIMÕES

Pesquisadora da área de Geoprocessamento do CNPS/EMBRAPA
Rua Jardim Botânico, 1024. Cep 22.460-000, Rio de Janeiro

Resumo

A leitura integrada do ambiente é um instrumento para a realização de uma análise realista dos fenômenos que ocorrem no meio em que se vive. As ferramentas disponíveis no Geoprocessamento, seja através da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), seja através do uso de técnicas de Sensoriamento Remoto, tenderão cada vez mais a serem utilizadas nos processos de análise da Geoecologia ou Ecologia da Paisagem.

Este trabalho visa contribuir nesta direção, apresentando a interligação da Geoecologia com as técnicas de Geoprocessamento, abordando as limitações existentes nos processos convencionais de representação dos contornos entre classes e apresentando novas técnicas de mapeamento automatizado que poderão servir de ferramenta para as análises ambientais realizadas através da Geoecologia.

Abstract

The integrative approach to the environmental studies is a means to fulfilling a realistic analysis of the phenomena that occur around us. The tools available by the Geographic Information Systems and the Remote Sensing techniques tend to be even more used for the analysis based on the Landscape Ecology theory.

This work aims at contributing in this direction, presenting the interrelation between Landscape Ecology and Geoprocessing techniques, showing the limitations of the conventional processes for representing the boundaries between the classes and presenting new techniques for automated mapping which may be used as tools for environmental analyses through the Landscape Ecology.

1. Introdução

A paisagem pode ser compreendida como uma escala mais ampla resultante da interligação espaço e tempo. A dinâmica temporal deve, portanto, ser destacada nos estudos da paisagem, bem como a padronização espacial. Padrões espacialmente heterogêneos podem ser indicadores importantes de fenômenos naturais e/ou de intervenções humanas e devem ser destacados e estudados em detalhe.

O estudo destes padrões e as influências ou conseqüências advindas ou transferidas às áreas circunvizinhas podem ser um meio de interpretação das relações da dinâmica

espaço-temporal. Os padrões podem ser interpretados como respostas individuais aos gradientes espaciais no ambiente, conforme apresentado por GLEASON (1926).

Segundo TURNER (1989) a ênfase no padrão e no processo é o que diferencia a Ecologia da Paisagem de outras disciplinas ecológicas. Conseqüentemente, os padrões da paisagem e seus efeitos nos processos ecológicos devem ser estudados. Há, entretanto, necessidade de se determinar os limites destes padrões, ou seja, os limites internos da paisagem e suas transições. E é baseado na tentativa de se solucionar este problema que serão apresentadas nos próximos capítulos as limitações atuais do Geoprocessamento e como as técnicas de mapeamento automatizado e Sensoriamento

Remoto poderiam ser aprimoradas para servirem de ferramentas à detecção de padrões heterogêneos e na representatividade das transições entre eles.

Conforme definido por TURNER (*op. cit.*): "A *Ecologia da Paisagem dá ênfase às amplas escalas espaciais e aos efeitos ecológicos da produção de padrões espaciais nos ecossistemas*. E considera:

- o desenvolvimento e a dinâmica da heterogeneidade espacial;
- interações e intercâmbios ao longo de paisagens heterogêneas;
- influências da heterogeneidade espacial nos processos bióticos e abióticos;
- o manejo da heterogeneidade espacial."

A utilização, portanto, dos conceitos metodológicos advindos da Ecologia da Paisagem podem nortear, de forma mais eficiente, o planejamento e a tomada de decisão em relação ao uso da terra.

Os processos ecológicos da paisagem podem ser estudados em diferentes escalas espaciais e temporais. A paisagem pode relacionar-se à superfície da terra e seus *habitats* associados em diferentes escalas espaciais. O conceito mais simples de paisagem, relaciona-se ao mosaico ambiental, ou seja, é o que a considera como sendo uma área espacialmente heterogênea.

Na Ecologia da Paisagem considerações sobre escala temporal são extremamente importantes e devem ser sempre relevadas. A medida dos padrões espaciais e da heterogeneidade é dependente da escala que está sendo utilizada. É importante atentar que uma paisagem dinâmica pode exibir um mosaico estável numa escala espacial, o que pode não ocorrer numa outra escala mais detalhada. Portanto, a escala na qual os estudos são conduzidos pode influenciar profundamente as conclusões.

A maioria das paisagens tem sido influenciada pelo uso humano da terra. O mosaico de paisagem resultante é uma mistura de fragmentos naturais e antrópicos que variam em tamanho, forma e distribuição.

As mudanças na diversidade da paisagem teriam efeitos na diversidade das espécies, no uso dos *habitats* pela vida selvagem e no conteúdo de nutrientes e produtividade de sistemas aquáticos. Além disto, o tamanho e disposição de fragmentos da paisagem podem refletir fatores do meio, como topografia ou tipo de solo.

Segundo TURNER (*op. cit.*), a quantidade de bordas entre diferentes elementos da paisagem poderá ser importante para o deslocamento de organismos ou transporte de materiais através de barreiras e, a relevância do conhecimento do *habitat* de borda para várias espécies deve ser considerada. Torna-se, portanto, necessário monitorar as bordas, quando se quantificam padrões espaciais. As medidas de padrões de adjacência e a direcionabilidade dos tipos de cobertura podem ser quantificadas, usando-se a *probabilidade de vizinho mais próximo*, que é um algoritmo disponível nos sistemas de processamento de imagens e utilizado na classificação de imagens de satélite. Portanto, as medidas quantitativas poderiam ser facilmente aplicadas a dados resultantes de Sensoriamento Remoto, o que permitiria monitorias de mudanças na paisagem em escalas amplas.

A *probabilidade de vizinho mais próximo*, entretanto, não soluciona o problema dos limites das bordas, como será abordado adiante. Este algoritmo irá considerar a existência de fronteiras rígidas entre os padrões, o que não é desejável. Esta é uma das limitações do Sensoriamento Remoto, que com a abordagem dada pela Geoecologia, apresentando a importância dos estudos e preservação das bordas, motivou a pesquisa de novas alternativas na classificação de imagens.

A coleta de dados sobre a distribuição das propriedades da superfície da Terra tem sido tratada como uma atividade importante da sociedade organizada. Desde as civilizações antigas até os tempos modernos, os dados espaciais têm sido coletados e disponibilizados na forma de mapas. Os avanços na avaliação dos recursos naturais através da geologia, geomorfologia, ciência

dos solos, ecologia e etc. começaram a partir do século XIX e têm continuado até os dias de hoje. A diferença básica em termos metodológicos é que atualmente, com o surgimento do enfoque dado através da Geoecologia, estas ciências não são tratadas de forma estanque. Ao contrário, tem-se privilegiado o estudo da influência de cada uma, na identificação das causas dos problemas que surgem pela ação simultânea dos vários componentes a elas associados. Esta integração possibilita o fornecimento de novas informações a serem mapeadas, através de um processo de classificação.

A classificação é uma operação essencial no processo de redução de dados, onde conjuntos complexos de observações se tornam inteligíveis. Apesar de todo processo de classificação envolver perda de informação, uma boa classificação objetiva reduzir não apenas a perda de informação para um mínimo, como também proporcionar um meio conveniente de transferência de informação através da identificação de grupos naturais que possuam propriedades comuns.

Em geral, os processos de classificação da paisagem identificam o conceito central da classe e em seguida definem os limites destas classes, normalmente em termos de um conjunto de critérios de discriminação. Comumente, as fronteiras que delimitam as classes são definidas por valores rígidos. Neste tipo de modelo de classificação, assume-se implicitamente que todas as mudanças entre classes ocorrem nestas fronteiras e que dentro das classes não ocorrem mudanças significativas.

O modelo convencional de classificação espacial, também conhecido como *classificação booleana*, divide a paisagem em unidades que compõem os mapas. Estes mapas são chamados de mapas temáticos. As informações temáticas são expressas como um mapa de cloropleta, ou seja, áreas de mesmo valor separadas por fronteiras rígidas, tal como ocorre nos mapas de solos, de vegetação, de uso do solo, de geologia etc. As entidades básicas do modelo de dados que representa o fenômeno de interesse são chamadas de unidades de

mapeamento e têm como característica o fato de serem descritas por polígonos representativos de áreas consideradas uniformes.

Em termos práticos, o cientista de campo, com uma visão integrada da natureza, normalmente organiza os dados da paisagem em termos de unidades fenomenológicas, considerando a interligação e influência de todos os aspectos da paisagem de forma integrada.

Estas unidades fenomenológicas são meticulosamente descritas em termos de *atributos não-espaciais*, que são organizados em *classes ou domínios* e em *atributos espaciais* que são representados por *polígonos* em mapas temáticos. Os dados espaciais descrevem a localização e extensão espacial da unidade, enquanto os dados não-espaciais descrevem os atributos ou propriedades da unidade.

O resultado final é uma base de dados na qual as unidades fundamentais são abstrações da realidade. No entanto, estas abstrações, conforme ilustra a Figura 1, são representadas por blocos rígidos indicando uma descontinuidade que, normalmente, não ocorre nos processos naturais.

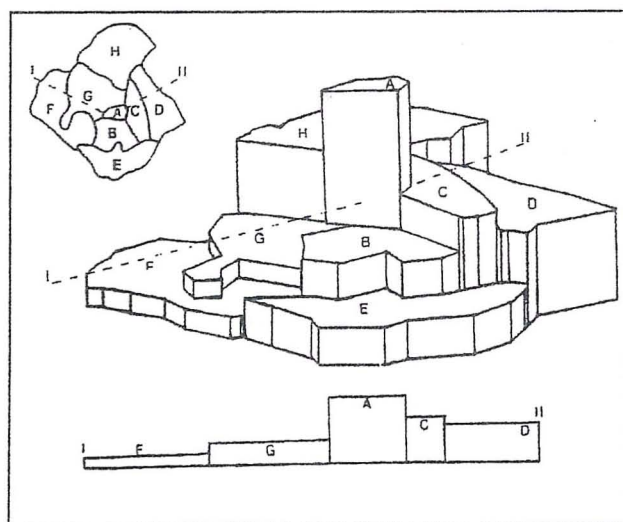


Figura 1 - A paisagem modelada e representada por classes descontínuas, adaptada de Burroughs, 1987

Com este sistema de estrutura conceitual qualquer ponto individual passa a ter um atributo único, ou seja, o valor da classe relativa ao polígono que o contém. Não se

pode representar possíveis sobreposições ou transições de classes.

A utilização de unidades taxonômicas homogêneas e de limites rígidos entre paisagens, portanto, ocasionam uma série de problemas, uma vez que, normalmente os critérios de discriminação utilizados não podem ser medidos de forma precisa. Além disto, os limites internos da paisagem nem sempre são bem definidos e, existe uma variação espacial natural entre as unidades mapeadas.

Uma forma de se minimizar este problema baseia-se numa metodologia que vem sendo utilizada cada vez mais e que se constitui em conceitos matemáticos que servem como ferramenta para solucionar os problemas mencionados anteriormente: rigidez de fronteira, imprecisão nas medições e variação gradual que ocorrem no processo de classificação. Trata-se da utilização da teoria de *conjuntos fuzzy*, baseada na *lógica contínua* ou *lógica fuzzy*, que constituem metodologias de *classificação fuzzy*.

O problema de lidar com classes não ideais ocorre não apenas com fenômenos naturais, tais como classificação de solos, avaliação da terra pelo método analítico-integrativo etc., mas também em várias aplicações concernentes à experiência humana. Até recentemente não havia formas quantitativas de se manipular a imprecisão. Em 1965, ZADEH introduziu a idéia dos *conjuntos fuzzy* para tratar de conceitos inexatos. Desde então, matemáticos têm desenvolvido a teoria das classes que não têm fronteiras definidas ou rígidas, de tal forma que ferramentas práticas têm se tornado disponíveis em diversas disciplinas (ZADEH, 1975; KANDEL, 1986; KAUFFMAN, 1975). A aplicação destas técnicas no tratamento da análise ambiental, no entanto, é muito recente.

A maioria dos Sistemas de Geoprocessamento utiliza a classificação *booleana* incorrendo em erros que se acumulam tornando duvidosa a qualidade da informação final.

2. LIMITAÇÕES DA CLASSIFICAÇÃO BOOLEANA

Atualmente, pode-se dizer que, o uso da lógica *booleana* ainda configura o estado da arte em termos de classificação de informações geográficas, seja esta processada de forma manual ou automatizada. Em outras palavras, a grande maioria dos procedimentos relativos a classificação se baseiam neste procedimento, apesar de todos os problemas de precisão inerentes a este processo.

Nos processos manuais é realizado um cruzamento de domínios ou unidades temáticas através da utilização de um "e", ou seja, "se" isto "e" isto, então classifica-se como *aquilo*. Na classificação *booleana*, portanto, são obtidos resultados binários: 0 ou 1, ou seja, "*pertence*" à classe ou "*não pertence*" à classe, "*há risco*" ou "*não há risco*" e assim sucessivamente.

Da mesma forma, o sistema de recuperação de dados relacional e os métodos inferenciais, normalmente utilizados pelos Sistemas de Informação Geográfica nos processos de avaliação da terra e dos recursos naturais, baseiam-se na estrutura: **Condição - Implica - Ação**, que é usualmente codificada através da utilização de um: **If ... Then**.

Esta estrutura baseia-se em operações com lógica *booleana*. A Figura 2, abaixo, ilustra de forma esquemática, como dois conjuntos de atributos A e B podem ser combinados através do uso normal da lógica *booleana*:

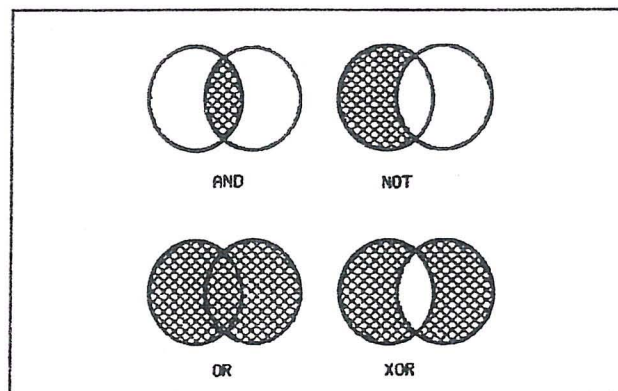


Figura 2 - Combinação convencional de dois PIs através do uso da lógica *booleana*

Para exemplificar a combinação de dois conjuntos utilizando-se esta lógica, considere a aplicação da seguinte regra de classificação: "Se o solo é não alcalino AND declividade = 5% THEN a área é apropriada para irrigação."

Em um SIG, este tipo de operação pode ser aplicada em toda a base de dados para gerar mapas derivados para serem utilizados para tomada de decisões.

Apesar destes métodos convencionais virem sendo utilizados, estudos recentes sobre variação espacial multivariada vêm demonstrando que o simples conceito de unidades discretas, básicas e homogêneas é inadequado para o progresso nos estudos de levantamento de solos, avaliação quantitativa da terra e nas análises da paisagem (WEBSTER, 1985). Não se pode estar absolutamente certo de que todas as afirmações feitas sobre as unidades de dados são "verdadeiras", uma vez que não se pode garantir que estas unidades são exatas nem que suas medições foram precisas.

Sabe-se que é impossível determinar os valores das propriedades de uma área de forma exata ou precisa. Sabe-se também que as fronteiras das unidades dos mapas estão refletindo a existência de mudanças abruptas na paisagem, provocando uma divisão numa superfície contínua ou fazendo com que pequenas diferenças nos valores amostrados, provoquem uma separação de classes, levando áreas com características semelhantes, a serem consideradas em lados diferentes nas fronteiras de classificação.

Um outro fator a ser considerado é a escala de trabalho, pois apesar de uma área poder ser delimitada como uma unidade homogênea numa escala de mapeamento, ela pode usualmente se apresentar como unidades menores em escalas maiores (BURROUGH, 1983).

Os métodos de se verificar o ajuste de uma área ao conjunto de requisitos que irá classificá-la é muito simples quando se utiliza a lógica *Booleana*. Características complexas

da terra e suas classes podem ser definidas utilizando-se os operadores AND, OR, NOT, XOR, para especificar que combinações de valores de atributos são necessárias para um dado propósito de classificação. As características que irão definir uma classe são normalmente definidas através da especificação das variações de um certo número de valores de propriedades-chaves que um indivíduo deve possuir. Para se classificar como membro de um dado domínio, as características de uma dada área devem se encaixar em todas as especificações, o que se faz, através do uso múltiplo do AND *Booleano*, ou seja, através de uma interseção:

$$R = \text{true (pertence a uma dada classe) se } A \text{ AND } B \text{ AND } C \text{ AND } D$$

onde A, B, C, D ... representam os intervalos especificados das propriedades que norteiam a classificação. Os valores que se obtém aqui são, portanto, binários: *verdadeiro* quando o resultado da interseção é 1 e *falso* quando o resultado é 0. Neste caso, quando se está classificando um determinado fenômeno que depende de diversas variáveis, o resultado desta classificação se baseará no *menor* valor determinado na região a ser classificada, ou seja:

$$R = \text{MIN} (Q_1, Q_2, Q_3 \dots)$$

onde os Q_i são os valores da classificação de cada parâmetro que influenciam o fenômeno estudado. Esta classificação é chamada de *estrita* ou *exata* (BURROUGH et al., 1992). A base conceitual destas regras lógicas se baseia em dois fundamentos:

- a) que todas as questões podem ser resolvidas de forma exata;
- b) que todas as mudanças importantes ocorrem exatamente nas fronteiras compreendidas pela classe.

Estes fundamentos ignoram aspectos importantes, tais como a existência de uma variação gradual e a existência de erros nas medidas dos dados ambientais.

Uma considerável perda de informação pode ocorrer quando os dados que variam continuamente, ou que estão corrompidos por erros de medição, são recuperados ou combinados utilizando-se lógica *booleana* e classes com fronteiras rígidas.

Um exemplo da imprecisão advinda destes fatos é observado quando são analisados dados de solos. Ao se avaliar a precisão destes mapas, para uma determinada escala, observa-se que menos de 50% das classes do mapa estão condizentes com os perfis coletados e que geraram aquele mapa (MARSMAN & de GRUIJTER, 1984). O método *booleano* leva a resultados que diminuem seriamente a qualidade do mapa.

Em alguns casos é possível que um valor baixo para uma das características consideradas na classificação possa ser compensado por uma outra característica que esteja melhor do que o necessário. E é justamente pelo fato do método *Booleano* não considerar estas compensações, que ocorrem os erros.

Uma alternativa para esta restrição do método *booleano* seria a utilização de uma espécie de média com pesos, onde o resultado final depende do número de atributos que se encaixam com a classe definida e sua importância relativa. Diferentemente do uso *booleano* do AND e MIN, que assume que todas as propriedades devem ser consideradas críticas, a utilização de média ponderada permite que as faltas de algumas propriedades sejam compensadas pelo excesso de outras. A média ponderada não é uma classificação binária (0 ou 1), mas recai numa escala com números discretos iguais ao número de atributos que estejam sendo considerados. Os erros de classificação dos dados originais terão um efeito menor no final, do que quando o valor de um atributo em uma dada localização qualquer não satisfaz aos requisitos de uma determinada classe.

A classificação por média ponderada utiliza critérios subjetivos na atribuição dos pesos dados aos Planos de Informação (PIs) e nas notas dadas a cada classe, ou seja, os pesos

e notas são fornecidos pelos especialistas que deverão chegar a um acordo sobre que valores serão considerados. Geralmente, para isto, utiliza-se o método de Delphi.

Este tipo de classificação, entretanto, possui como limitação o fato destes pesos serem considerados constantes ao longo de um Plano de Informação, o que muitas vezes não ocorre ao se considerar o ambiente de forma integrada. Muitas vezes a conjunção de parâmetros numa dada localização faz com que um determinado parâmetro, representado no PI, passe a ter menos importância numa dada região e, portanto, seria necessário que houvesse um dispositivo que permitisse flexibilizar os valores dos pesos por região, o que não é possível quando se utiliza a classificação por média ponderada.

3. ALTERNATIVA FUZZY PARA CLASSIFICAÇÃO TEMÁTICA

A construção: IF A (a um grau x) Then B (a um grau y) pode ser aplicada a decisões que envolvam dados fenomenológicos e a situações em que pode haver mais de uma decisão correta. Como está apresentado na Figura 3, a interseção de dois conjuntos *fuzzy* irá levar a resultados muito diferentes, dependendo do fator de certeza a ser escolhido. A resposta a ser obtida a partir da interseção de dois conjuntos não precisa mais ser necessariamente "*sim*" ou "*não*", pode também ser "*talvez*".

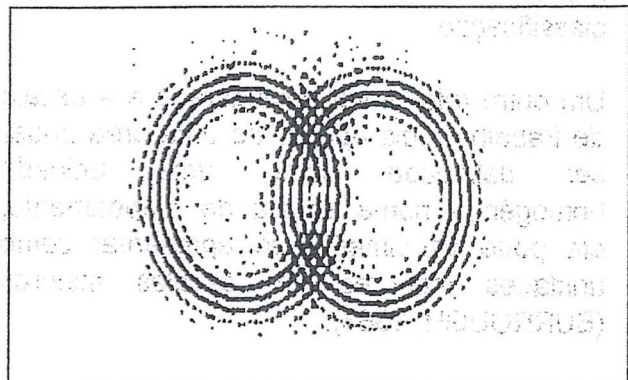


Figura 3 - Interseção dos conjuntos *fuzzy*

Desta forma, contrariamente aos conjuntos tratados na lógica *booleana*, que permitem

apenas o uso de funções de associação binária, identificando valores ou verdadeiros ou falsos, o conjunto *fuzzy* admite a possibilidade de uma associação parcial. Um exemplo simples e de fácil entendimento de um conjunto *fuzzy*, é o conjunto do relacionamento, que pode ser especificado pelo atributo 'amigos'. *Carla*, *Camila* e *Leonardo* relacionam-se todos com *Carlos*, porém cada um apresenta diferentes graus de amizade.

Na ciência do solo a teoria dos conjuntos *fuzzy* vem sendo bastante utilizada. Na estruturação de sistemas de informação de solos, a classificação *fuzzy*, também conhecida como classificação contínua, possibilita o armazenamento de dados imprecisos e a recuperação de informações através de uma linguagem natural. Nos SIGs os trabalhos de mapeamento começam a ser implementados. Os trabalhos de CHANG & BURROUGH, 1987; BURROUGH, 1989; entre outros utilizam a lógica contínua em mapeamentos. A Figura 4 apresenta o resultado de uma classificação *booleana* para estudo de áreas com umidade (OLIVEIRA et al, 1994) e a Figura 5 mostra o resultado da mesma classificação através da utilização da lógica *fuzzy*. Observa-se através deste exemplo que, muitas áreas consideradas com má umidade no mapa gerado pela lógica *booleana* (valor 0) podem ser aproveitadas através da utilização da lógica *fuzzy*, ou seja, áreas com valores entre 0.5 e 1 podem ser consideradas aproveitáveis, em termos de umidade. Neste caso algumas áreas que seriam rejeitadas injustamente, para o uso agrícola, por exemplo, não se perderão através dos critérios de classificação *fuzzy*.

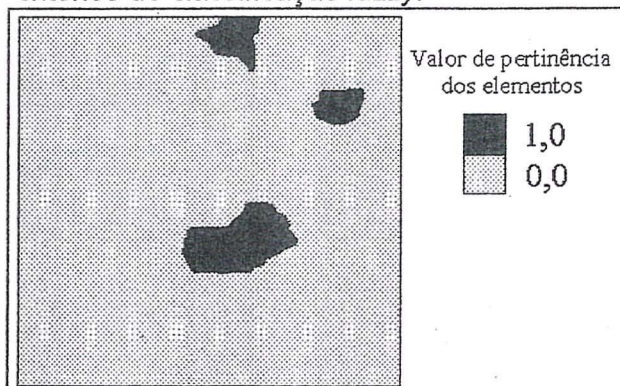


Figura 4 - Mapa de classificação *booleana* para umidade estimada.

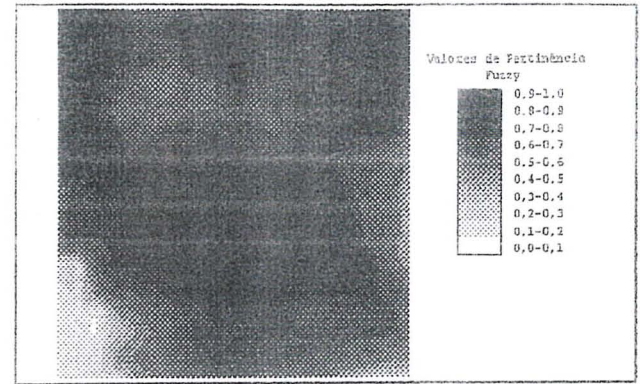


Figura 5 - Mapa de classificação *fuzzy* para umidade estimada, adaptada de OLIVEIRA (1994).

3.1. Variáveis Linguísticas

Nas ciências naturais nem todos os parâmetros utilizados para a análise de um determinado fenômeno são quantitativos, ou seja, muitas vezes são utilizadas expressões qualitativas para descrever uma determinada variável. Uma grande contribuição seria dada ao estudo de fenômenos ambientais, se fosse possível quantificar estas expressões qualitativas. Estas expressões utilizadas pelo cientista de campo são, muitas vezes, até mesmo subjetivas, ou seja, resumem o seu sentimento, baseado na sua bagagem de experiência, em relação ao que está ocorrendo, de forma comparativa, com um determinado parâmetro numa determinada região. Algumas das expressões qualitativas comumente utilizadas são:

- i. quanto ao relevo: suave ondulado, forte ondulado, etc.;
- ii. quanto a erosão: laminar forte, laminar ligeira, laminar ligeira a moderada, laminar moderada, laminar moderada a severa, etc.;
- iii. quanto a deficiência de fertilidade dos solos: nula, ligeira, moderada, forte, muito forte;

A utilização da lógica *fuzzy* é extremamente inovadora neste aspecto: ela pode ser uma ferramenta capaz de expressar numericamente a linguagem de comunicação do especialista, através da utilização de variáveis linguísticas.

Este tipo de classificação, expressa em linguagem natural, pode também ser utilizada na análise da informação através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como será visto a seguir.

3.2. Classificação Contínua em um SIG

Suponha que em determinada área deseje-se classificar o solo segundo suas características de drenagem. As seguintes classes podem ser utilizadas, por exemplo, para descrever a drenagem de um dado local:

- | | |
|-------------------------------|-------|
| I. muito bem drenado | (D1); |
| II. bem drenado | (D2); |
| III. moderadamente drenado | (D3); |
| IV. insuficientemente drenado | (D4); |
| V. mal drenado | (D5). |

Além destas, outras classes descritas de forma intermediária como: "quase bem drenado", "moderadamente a bem drenado", "não mal drenado" podem também existir.

Para se utilizar a classificação *fuzzy* na representação deste fenômeno, os seguintes procedimentos se fazem necessários:

i) determinação de um conjunto *fuzzy* para os valores de drenagem (D)

Estes valores *fuzzy* são determinados através da utilização de uma função de pertinência $FP_x = \mu_A(x)$. Uma explicação mais detalhada será apresentada no exemplo fornecido na seção 3.3.

Desta forma, para um determinado conjunto de valores representando índices de drenagem, a função $FP_x: A \rightarrow D$ associa um número *fuzzy*, onde $D = \mu_A(x)$, cujo valor encontra-se no intervalo $[0, 1]$.

ii) determinação das classes de drenagem

As classes de drenagem, descritas acima por linguagem natural, podem ser *traduzidas* através da utilização de operadores como os

apresentados na Tabela 1 abaixo. Os operadores atuam sobre os valores FP_x encontrados. Além destas, outras classes podem ser definidas, tais como: insuficientemente drenada = quase não drenada = $\{ FP \}^{0.5}$.

Assim sendo, a cada ponto observado, seja de uma unidade de mapeamento ou de uma grade resultante de uma interpolação ou de uma amostra de um perfil de levantamento de solos, seria associado um vetor de valores *fuzzy* correspondente a cada classe, isto é:

$$X_1 = \{ \mu_{D1}(x), \mu_{D2}(x), \mu_{D3}(x), \mu_{D4}(x), \mu_{D5}(x) \}$$

onde:

$\mu_{D1}(x)$ representa o valor *fuzzy* para a drenagem do tipo D1. Este valor *fuzzy* é obtido através da aplicação do operador **muito bem drenado** sobre o valor obtido pela função de pertinência no ponto X_1 . Em termos práticos este número indica quanto "muito bem drenado" está aquele ponto;

$\mu_{D2}(x)$ idem para drenagem tipo D2, ou seja, representa o grau de **bem drenado**;

$\mu_{D3}(x)$ idem para drenagem tipo D3, ou seja, representa o grau de **moderadamente drenado**;

$\mu_{D4}(x)$ idem para drenagem tipo D4, ou seja, representa o grau de **insuficientemente drenado**;

$\mu_{D5}(x)$ idem para drenagem tipo D5, ou seja, representa o grau de **mal drenado**.

A fim de melhor elucidar o exposto, suponha, por exemplo, dois pontos, X_1 e X_2 , representados respectivamente pelo conjunto de vetores: $x_1 = (0.33, 0.35, 0.01, 0.12, 0.07)$ e $x_2 = (0.89, 0.04, 0.3, 0.4, 0.2)$. Neste caso, o primeiro poderia ser classificado como pertencente a uma classe intermediária às classes D_1 e D_2 e o segundo como pertencente à classe D_1 (SIMÕES et al, 1995).

Tabela 1 - Operadores *Fuzzy* Representando a Linguagem Natural

Operadores	Procedimento	Linguagem do Especialista
muito	$Fp_1 = \{Fp(x)\}^2$	muito drenado
não ($\bar{1}$)	$Fp_2 = \{1 - Fp(x)\}$	não drenado
e	$\min\{Fp_1(x), Fp_2\}$	muito drenado e não drenado
quase	$Fp_3 = [Fp(x)]^{0.5}$	quase drenado
ou	$\max\{Fp_1(x), Fp_3(x)\}$	muito ou quase drenado

A partir da composição destes operadores, novas classes podem ser definidas tais como:

- insuficientemente drenada = quase não drenada = $\{fd\}^{0.5}$.
- moderadamente drenado = áreas não muito drenadas e áreas quase drenadas = $\min\{(1-[Fp(x)]^2), [Fp(x)]^{0.5}\}$

Fica, portanto, em aberto a introdução de outras classes que poderão ser agregadas a medida que novas expressões qualitativas venham a surgir. Este procedimento proporciona uma grande mobilidade na representação da classificação, fornecendo subsídios a interpretação e representação das informações fornecidas pelos especialistas. Esta nova técnica ao ser introduzida num SIG proporciona uma gama significativa de possibilidades de manipulação e modelagem da informação ambiental.

3.2.1. Cruzamento de Planos de Informação Fuzzy.

Um mapa resultante do cruzamento de vários Planos de Informação *fuzzy*, pode ser obtido por dois processos:

- por interseção dos parâmetros;
- por soma convexa

Ambos os métodos são formas distintas de se manipular simultaneamente um conjunto de Planos de Informação contendo valores *fuzzy*, através de um processo de superposição *fuzzy*. Estes processos, no entanto, por manipularem dados mais

precisos, tornam-se bem mais eficientes que o método convencional de cruzamento *booleano*, o qual manipula informações que já trazem por si só os vícios e imprecisões característicos da lógica *booleana*, que já foram exaustivamente discutidos anteriormente.

A interseção significa uma seqüência de "e" e é obtida através da utilização do operador *Min*

No método de soma convexa são atribuídos pesos a cada camada de tal forma que o somatório dos pesos seja igual a 1. Este processo assemelha-se ao da média ponderada *booleana*, apresentada na seção 2, entretanto, as limitações mencionadas naquela ocasião são eliminadas por se trabalhar com uma escala gradual, obtida através das funções de pertinência *fuzzy*. A soma convexa é geralmente utilizada quando os efeitos dos PIs manipulados não são iguais, ou seja, determinados parâmetros têm uma importância maior que outros.

3.3. Exemplo de Aplicação

A seguir, será apresentado um exemplo de aplicação da lógica contínua na análise da fertilidade de solos. A mesma metodologia poderia, no entanto, ser aplicada a outras análises relativas a diversos fenômenos ambientais.

As informações sobre fertilidade de solos são obtidas a partir da retirada de amostras de campo que são coletadas e analisadas em laboratórios. As informações resultantes podem ser armazenadas num banco de dados de um Sistema de Informação Geográfica, onde novas informações derivadas poderiam ser obtidas através da manipulação e análise de outras informações. Um exemplo disto, seria o estudo de áreas com aptidão agrícola, onde a fertilidade seria apenas um dos fatores a serem considerados juntamente com: drenagem, tipo de solo, declividade, grau de erodibilidade etc.

O estudo da aptidão dos solos baseia-se no conjunto de informações que identificam a "qualidade da terra" e é desejável que estas informações possam ser disponibilizadas ao usuário na forma de mapas. É desejável também, para um produtor, por exemplo, que este mapa indicando as áreas aptas para as práticas agrícolas apresente uma certa precisão ou confiabilidade.

Neste sentido, a metodologia descrita neste trabalho serve como uma ferramenta para a análise destas informações derivadas no sentido de criar um sistema classificatório e procedimentos de mapeamentos adequados a representação das observações descritivas e quantitativas dos dados ambientais, uma vez que os mesmos possuem variabilidade espacial, isto é, suas modificações se processam, em geral, de forma contínua e gradual, apresentando regiões de transição.

3.3.1 Geração de um Mapa de Fertilidade Fuzzy

A avaliação das condições agrícolas das terras é realizada pela análise de cinco fatores básicos: deficiência de fertilidade, deficiência de drenagem, suscetibilidade a erosão e impedimentos à mecanização. Desta forma, o mapa de fertilidade do solo, é um dos componentes relevantes nesta análise. Através da geração de um mapa de fertilidade *fuzzy* pode-se observar os níveis de gradação de fertilidade de uma determinada região. Representa-se, assim, fronteiras não rígidas entre áreas férteis e não férteis.

Os procedimentos *fuzzy* servem para, inicialmente, determinar as distribuições de possibilidades dos fatores relevantes ao estudo da fertilidade, considerando-se os critérios estabelecidos pelos especialistas como sendo representativos de regiões centrais das classes e "fuzzificando", ou seja, representando as transições de suas bordas. Posteriormente, através da utilização dos operadores *fuzzy* um elenco de classes, tais como: áreas muito férteis, áreas moderadamente férteis etc. podem ser determinadas.

O exemplo apresentado é composto de 79 observações obtidas através de um levantamento semi-detalhado realizado pela EMBRAPA na área de Campos. As propriedades químicas consideradas foram:

- saturação de bases (V)
- capacidade troca de cátions (T)
- soma de bases (S)
- alumínio (Al)
- sódio disponível (Na)
- cálcio + magnésio (CaMg)
- fósforo disponível (P)
- potássio disponível (K)

As classes de fertilidade consideradas neste trabalho foram:

- F1 - solo fértil
(necessidade de uso de fertilizante: baixa)
- F2 - solo intermediário
(necessidade de uso de fertilizante: intermediária)
- F3 - solo não fértil
(necessidade de uso de fertilizante: alta)
- F4 - solo muito pouco fértil
(necessidade de uso de fertilizante: muito alta)

A Tabela 2 apresenta os valores de definição dados pelos especialistas:

Tabela 2 - Valores de definição de cada classe de fertilidade

variável	classe F1	classe F2	classe F3	classe F4
T	$T \geq 8$	$6 \leq T < 8$	$4 \leq T < 6$	$T \leq 4$
V	$V \geq 80$	$50 \leq V < 80$	$35 \leq V < 50$	$V < 35$
CaMg	$CaMg \geq 3$	$2 \leq CaMg < 3$	$CaMg < 2$	$CaMg < 2$
S	$S \geq 4$	$3 \leq S < 4$	$S < 3$	$S < 3$
Na	$Na \leq 10$	$10 \leq Na < 20$	$20 \leq Na < 50$	$Na > 50$
K	$K \geq 135$	$45 \leq K < 135$	$K < 45$	$K < 45$
P	$P \geq 30$	$10 \leq P < 30$	$P < 10$	$P < 10$
Al	$Al \leq 0.3$	$0.3 \leq Al < 1.5$	$1.5 \leq Al < 4.0$	$Al > 4.0$

Neste trabalho desejava-se separar as áreas férteis existentes na área em estudo. Para tanto, o grupo 1 (classe F1) foi considerado o valor central da classe (b) fertilidade e, conseqüentemente, com valor *fuzzy* igual a 1.

O menor valor da classe F2 foi considerado o ponto de *crossover* e, conseqüentemente, com um valor *fuzzy* igual a 0.5. Estes valores aplicados na equação [3.1] abaixo, determinaram os parâmetros da função de pertinência *fuzzy* ($Fp(x)$). A tabela 3 apresenta os valores da função *fuzzy* e os valores dos seus parâmetros.

Funções fuzzy:

$$\mu(x) = 1 \quad x \geq b$$

$$\mu(x) = 1/(1+d(x-b)^2) \quad x < b \quad [3.1]$$

Tabela 3 - Funções Fuzzy para Fertilidade

Variáveis	Parâmetros da Função	
	b	d
T	8	0.25
V	80	0.001
CaMg	3	1
S	4	1
Na	10	0.01
K	135	0.0001
P	30	0.0025
Al	0.3	0.694

Para se calcular os valores de d, faz-se x igual o ponto de *crossover* e $\mu(x)=0.5$. Com o valor de d definido, pode-se calcular o valor *fuzzy* $\mu(x)$ para qualquer valor de x, ou seja, têm-se a forma da função *fuzzy* de cada variável. A título ilustrativo, está representado na Figura 6 a função de pertinência da variável T (capacidade de troca de cátions).

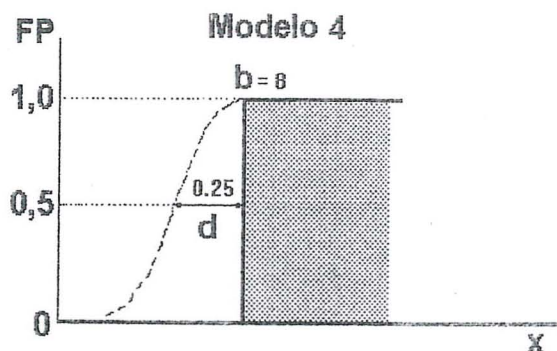


Figura 6 - Função de Pertinência para a variável T

As funções *fuzzy* foram aplicadas, resultando em oito Planos de Informação *fuzzy*, ou seja, um PI para cada variável estudada.

O mapa final de fertilidade foi obtido através da utilização da soma convexa dos oito Planos de Informação obtidos. Foi utilizado soma convexa porque o impacto de cada variável no índice de fertilidade não é igual, ou seja, algumas variáveis têm uma influência maior que outras. Os pesos foram fornecidos por especialistas em fertilidade. A Tabela 4 apresenta estes valores.

Tabela 4 - Pesos dados aos parâmetros

Variáveis	pesos
T	0.20
V	0.20
CaMg	0.20
S	0.14
Na	0.14
K	0.04
P	0.04
Al	0.04

A Figura 7 apresenta o mapa *booleano* representando as áreas em termos de fertilidade, a Figura 8 ilustra as isolinhas de fertilidade obtidas pelo método *fuzzy* e a Figura 9 ilustra o bloco diagrama de fertilidade da área estudada.

Através do uso da lógica *fuzzy* pode-se obter uma superfície contínua representativa das transições graduais entre os graus de fertilidade da região. Isto não seria possível através da utilização da lógica *booleana* que classificaria como não fértil as áreas que estivessem fora do limite da classe F1 (considerada fértil).

Haveria, portanto, uma descontinuidade, conseqüentemente, uma grande perda de informação e até mesmo prejuízos econômicos para quem desejasse comercializar esta área, já que a partir do mapa *booleano* apenas uma região muito pequena seria considerada boa em termos de fertilidade.

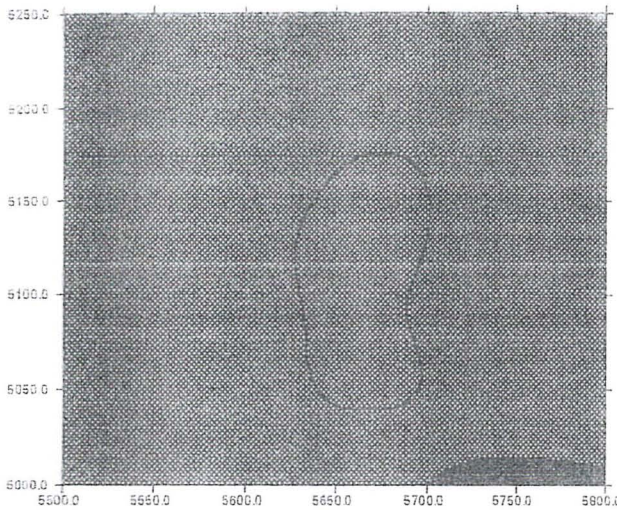


Figura 7 - Mapa de fertilidade com fronteiras rígidas (*booleano*)
 área vermelha = não fértil
 área azul = muito fértil

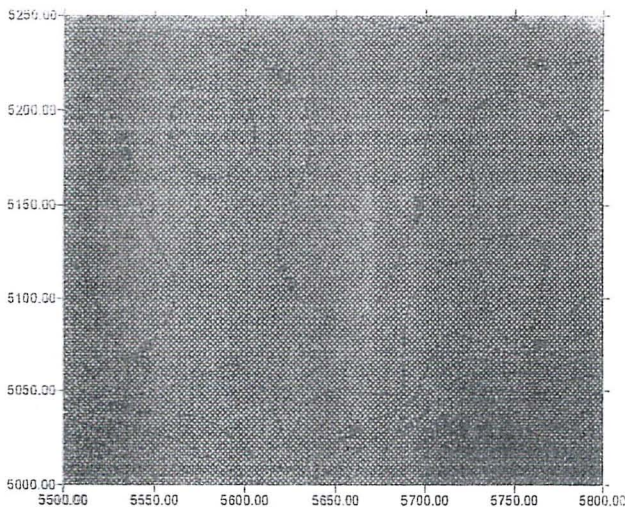


Figura 8 - Mapa de isovalores de fertilidade *fuzzy*

Observa-se na figura 8 a transição entre as classes "não férteis" em tons de vermelho até as classes "muito férteis" em tons de azul. Poder-se-ia aplicar os operadores sobre os valores *fuzzy* e fazer um mapa que apresentasse as áreas "moderadamente férteis" ou "quase férteis" ou "não férteis" etc., conforme visto anteriormente, aumentando ainda mais o poder de análise da região.

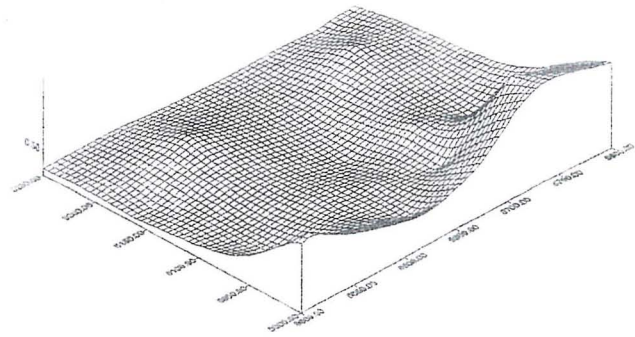


Figura 9 - Bloco diagrama de fertilidade *fuzzy*

4. Conclusões

No método *booleano* as restrições ocorrem em cada parâmetro considerado no fenômeno e se agravam na superposição dos mesmos, na medida que o critério de interseção irá aproveitar apenas as áreas, as quais o conjunto de parâmetros reunidos consideraram satisfatório, restringindo ainda mais o resultado e aumentando cada vez mais o desperdício das áreas próximas ao valor considerado ideal.

No caso do estudo de aptidão agrícola mencionado anteriormente, um mapa de fertilidade inviabilizando áreas que poderiam na prática serem consideradas aceitáveis, ao se juntar com os outros parâmetros: drenagem do solo, erodibilidade etc., também contendo este tipo de imprecisão, acabará por indicar como aptas, na integração destes parâmetros, áreas muito restritas, o que talvez não seja condizente com a realidade.

Deve-se observar, também, que a aplicação de pesos na classificação *fuzzy* não é tão restrita quanto no processo de cruzamento ponderado de mapas ou PIs *booleanos*. Isto se explica pelo fato dos valores baixos de um parâmetro serem compensados pelos valores altos de outros, já que na lógica *fuzzy* está-se

trabalhando com uma escala contínua. Esta compensação de valores leva a geração de um mapa derivado mais realista, o que não ocorre com a classificação *booleana*, a qual considera que se um dos parâmetros estiver fora, a resultante será "não pertence".

É esta abordagem que serve como ferramenta na análise integrada do ambiente, uma vez que ao se estudar a Ecologia das Paisagens por classificação *fuzzy*, está-se considerando o real valor de contribuição de cada variável, que ao ser analisada gerará, na integração, um resultado condizente com a resultante dos fatores, tal como eles atuam e se compensam na natureza.

5. Bibliografia

BURROUGH, P.A. - Multiscale Sources of Spatial Variation in Soil. I. The Application of Fractal Concepts to Nested Levels of Soil Variation. J. Soil Science, 34:577-597, 1983.

BURROUGH, P.A. - Fuzzy Mathematical Methods for Soil Survey and Land Evaluation. Journal of Soil Science, 40:477-492, 1989.

BURROUGH, P.A.; MacMILLAN, R.A. & DEURSEN, W. - Fuzzy Classification Methods for Determining Land Suitability from Soil Profile Observations and Topography. Journal of Soil Science, 43:193-210, 1992.

CHANG, L. & BURROUGH, P.A. - Fuzzy Reasoning: A New Quantitative Aid for Land Evaluation. Soil Survey and Land Evaluation, 7:69-80, 1987.

KANDEL, A. - Fuzzy Mathematical Techniques with Applications. Addison-Wesley, Massachusetts, 1986.

KAUFMAN, F. - A Survey of Fuzzy Sets Theory and Applications to Languages, Automata and Algorithms. Us-Japan Seminar on Fuzzy Sets and their Applications. Berkeley, California, 1975.

GLEASON, H.A. - The Individualist Concept of the Plant Association. Bull Torrey Bot. Club 53:7-26, 1926.

MARSMAN, B. & DE GRUJTER, J.J. - Dutch Soil Survey Goes into Quality Control. in Soil Information Systems Technology (eds P.A. Burroughs & S.W. Bie), pp. 127-134. PUDOC, Wageningen, 1984.

OLIVEIRA, M.T. - Comparação entre os Métodos de Classificação Fuzzy e Booleano para a Determinação do Mapa de Umidade: Estudo de Caso. Instituto Militar de Engenharia, 1994.

SIMÕES, M.G. & FUKS, S.D. - Novas Técnicas de Mapeamento em Sistemas de Informação Geográfica. In: Anais do XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, 1995.

TURNER, M.G. - Ecologia da Paisagem: O Efeito dos Padrões nos Processos. Annual Review of Ecology and Systematics, 20:171-197, 1989.

WEBSTER, R. - Quantitative Spatial Analysis of Soil in the Field. Advances in Soil Science Volume 3, Springer-Verlag. New York, 1985.

ZADEH, L.A. - Fuzzy Sets and Systems. Proc. Symp. on System Theory. Inst. of Brooklyn. pp 29-39, 1965.

ZADEH, L.A. - Probability Measures of Fuzzy Events. Journal of Mathematical Analysis and Application. 23:421-427, 1968.

ZADEH, L.A. - Outline of New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. I.E.E.E. Transaction on Systems, Man, and Cybernetics. 3:28-44, 1973.

ZADEH, L.A., FU, K.S., TANAKA, K. & SHIMURA, M. - Calculus of Fuzzy restrictions. In Fuzzy Sets and Their Applications: to Usuality and reasoning With Dispositions. I.E.E.E. Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 15:754-763, 1975.

SELEÇÃO DA SONDAGEM INTRODUÇÃO À AUTOMATIZAÇÃO

Salvatore Di Giovanna Mazzone
Instituto Militar de Engenharia (IME)
Departamento de Engenharia Cartográfica
Praça General Tibúrcio Nº 80 Praia Vermelha. RJ

Antonio Carlos Freire Sampaio
Instituto Militar de Engenharia (IME) e
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Antiga Estrada da Rio-São Paulo Km 47 - Serapódica - RJ

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal mostrar as normas e aspectos teóricos de uma das fases da construção da Carta Náutica conhecida como "Seleção de Sondagem", a fim de avaliar a possibilidade de efetuar o dito processo de maneira digital. Para atingir este objetivo foram ressaltadas as características fundamentais para a criação de uma carta náutica.

ABSTRACT

This article have by principal objective to show the rules and theoretical aspect of one of the phase of the nautical charts constructions, knowledge how "sounding selection", in order to evaluate the possibility of the make this process by digital way. For to reach this objective was exalt the basic characteristic for creation of the nautical charts.

1. INTRODUÇÃO

Existem muitas regras e condições para elaborar uma carta náutica. Para o desenvolvimento deste trabalho foram destacadas as que estão diretamente relacionadas com a seleção de sondagem digital, como por exemplo, a elaboração da Folha de Bordo, suas características, a disposição das linhas de sondagens, o afastamento das linhas de sondagens, o intervalo das sondas e por último, a aquisição dos dados de forma automática, sendo este último o ponto principal para a seleção de sondagem automática ou digital.

O propósito da seleção de sondagem digital é estabelecer um conjunto de dados batimétricos que, de maneira automática represente da melhor forma possível a morfologia do fundo submarino, valendo-se da aquisição de dados automáticos com os formatos de saída correspondentes.

Pode-se destacar que outra das vantagens para poder realizar a seleção de sondagem de forma digital e que os Serviços Hidrográficos contam com Sistemas de Cartografia apoiada por computador, oferecendo facilidade de manejo dos dados é análise dos mesmos.

2. CARTA NÁUTICA COMO PRODUTO DA FOLHA DE BORDO

1. A FOLHA DE BORDO (FB)

É a representação gráfica do Levantamento Hidrográfico, construída pela Comissão que o executou, e na qual constam os elementos obtidos nas diversas operações e serviços, de forma a constituir uma representação exata do relevo subaquático e do terreno adjacente, seguindo as Normas da Organização Hidrográfica Internacional (OHI), que serão vistas a seguir. Deve ser realizada com muito esmero e uma alta precisão porque, após ser entregue na Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), verificada e revista, a FB constituir-se-á num documento básico e importante para a construção da *Carta Náutica*, serviço executado quase sempre por cartógrafos que nunca estiveram na área que ela representa. Portanto, na construção de uma FB, esta idéia deve estar sempre presente e as informações nela lançadas devem ser nítidas, claras, precisas e completas, de forma a que não deixem margens à dúvidas quando seu manuseio na DHN.

2. ELEMENTOS A REPRESENTAR NUMA FOLHA DE BORDO

Quadrícula (reticulado ou rede), estações, detalhes topográficos, detalhes hidrográficos, informações sobre marés e correntes, informações sobre o balizamento e outros auxílios à navegação, informações de toponímia, Outras informações.

As definições dos elementos a representar numa folha de bordo apresentados estão consagradas no manual "Documento Cartográficos Produzidos num Levantamento Hidrográfico"

3. COBERTURA DE ÁREA E LINHAS DE SONDAAGEM

a. Disposição das Linhas de Sondagem

Dependendo de cada caso, considerando também os recursos materiais disponíveis para uma cobertura sistemática da área a sondar, as linhas de sondagem devem estar dispostas regularmente, sendo empregado quatro sistemas: linhas paralelas, linhas radiais, linhas em ziguezague e linhas circulares.

1) Sistema de linhas paralelas

As linhas são dispostas paralelamente entre si, sendo este sistema o mais empregado mundialmente pelas facilidades dos modernos sistemas de posicionamento existentes na atualidade. Deve-se evitar este sistema para áreas em que os acidentes geográficos ou formas submarinas forcem a embarcação a mudar constantemente de rumo.

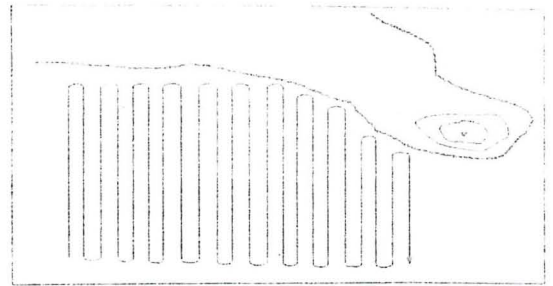


Fig.1 Sistema de linhas paralelas

2) Sistema de linhas radiais

Neste sistema as linhas são dispostas irradiando-se de um ponto e é empregado quando a costa apresenta forte inflexão, sendo as linhas traçadas a partir do cabo ou ponta.

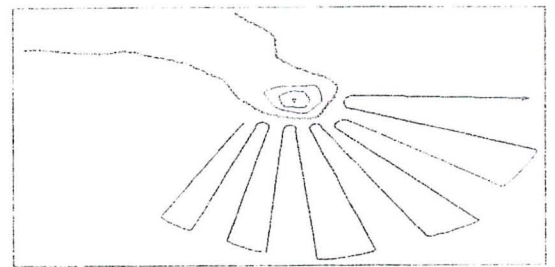


Fig 2 Sistema de linhas radiais

3) Sistema de linhas ziguezague

Especialmente adequado para sondagem em rios e canais, navegando a embarcação em ziguezague em sentido oblíquo à corrente.

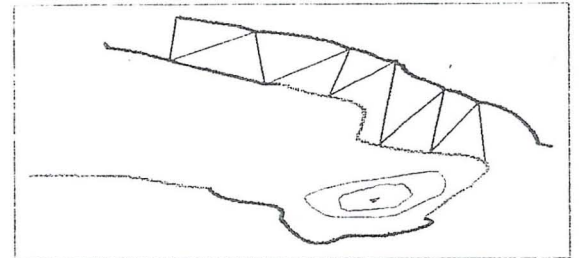


Fig 3 Sistema de linhas ziguezague

4) Sistema de linhas circulares

Neste sistema, o navio ou embarcação navega em arco de círculo, lugar geométrico das posições que guardam determinada relação para as estações de apoio a sondagem. O sistema facilita a plotagem rápida e cômoda das posições (forma clássica), além de permitir afastamento preciso das linhas entre si.



Fig 4 Sistema de linhas circulares

b. Orientação das Linhas de Sondagem

Considerando-se que as isóbatas seguem normalmente orientação paralela a costa, as linhas de sondagem devem ser traçadas em sentido normal à mesma, o que permite apreciação mais exata da declividade do fundo do mar e a situação correta das isobatimétricas.

Em regiões de fundo razoavelmente uniforme poderão as linhas serem traçadas em sentido paralelo à costa, o que muitas vezes oferecerá solução mais adequada para o problema de movimentação do navio ou embarcação. As linhas muito próximas à costa podem ser corridas no sentido paralelo a ela, o que evita as manobras da embarcação em zona perigosa.

No caso de rio, as linhas de sondagem devem, sempre que possível, ter um sentido transversal, aproximadamente, ao seu talvegue. Em sondagens de canal, as linhas deverão ser traçadas perpendiculares ao seu eixo, excetuando-se quando houver risco de encalhe da lancha, quando poderão ser inclinadas.

c. Afastamento das linhas de Sondagem, Intervalo de posição e Espaçamento de Sondagem

1) Afastamento das linhas de sondagem

Afastamento, é a distância entre duas linhas adjacentes. O afastamento deve ser determinado considerando-se a importância da área, a morfologia submarina, a profundidade, a cobertura fornecida pela sondagem e os meios disponíveis para a pesquisa entre linhas.

A princípio, o afastamento numa sondagem regular deve ser equivalente a não mais que 10 mm. na escala do levantamento.

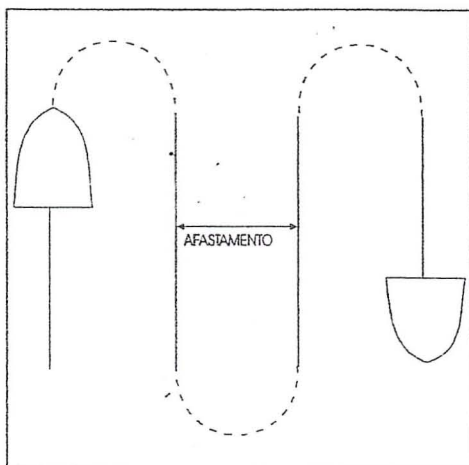


Fig 5 Afastamento entre linhas

2) Intervalo de posição

Denominado simplesmente **Intervalo**, é a distância entre duas posições sucessivas, determinadas ao longo de uma linha de sondagem. A frequência de determinação das posições de sondagens deve ser

calculada para que o intervalo máximo seja de 4 cm na escala do levantamento (método clássico). É recomendável que o intervalo se situe entre 2 cm e 3 cm. Se uma embarcação de sondagem seguir uma rota em arco, o intervalo deverá ser reduzido a fim de permitir que seja atingida a precisão requerida.

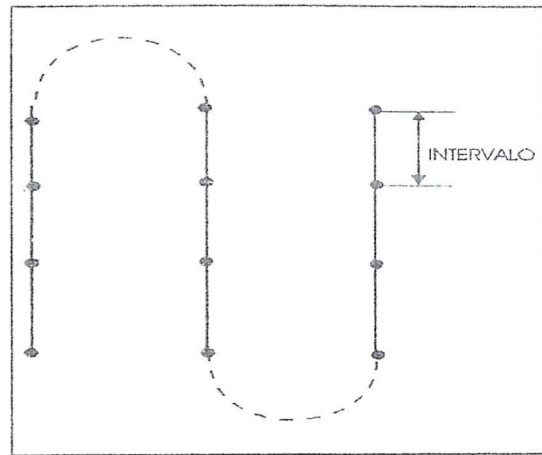


Fig 6 Intervalo entre as sondas

3) Espaçamento de Sondagem

Nas FBs são plotadas não só as sondagens correspondentes às posições determinadas, mas também aquelas que foram obtidas por interpolação entre duas posições sucessivas bem determinadas (método clássico). A distância entre duas sondagens sucessivas plotadas na FB denomina-se **Espaçamento**. Quando as sondagens são adquiridas automaticamente ou hidrógrafo não precisa fazer interpolação porque pode ter as quantidades de sondagens desejada de fácil maneira.

d. Linhas de Contorno, Verificação e Controle

1) Linhas de contorno (Sondagem de Contorno)

E a linha de sondagem destinada a estabelecer a linha de profundidade zero. Não obedece a nenhum sistema de linha em especial.

2) Linhas de Verificação e Controle

As linhas de verificação e controle constituem excelente avaliação da precisão do levantamento executado, pois permitem serem constatados erros de sondagem acidentais ou sistemáticos, provenientes do controle topográfico, redução da maré ou erro de ccoobatímetro. Após o término da sondagem regular, executada de acordo com o sistema escolhido para o levantamento, devem ser realizadas linhas de verificação e controle **que cortem o sistema principal perpendicularmente**.

O afastamento entre as linhas de verificação não deve ser maior do que quinze (15) vezes ao afastamento adotado nas linhas de sondagem regular.

4. ESCALAS EM QUE DEVEM SER FEITOS OS LEVANTAMENTOS

As escalas dos levantamentos estão intimamente relacionadas com o que observamos anteriormente, ou seja, afastamento entre linhas, e as densidades de informações batimétricas.

A escala na qual o levantamento será representado determina a precisão mínima com que as medições devem ser feitas e a quantidade de detalhes a serem incluídos. A escala é necessariamente uma ligação de diferentes fatores como tempo, equipamento disponível, finalidade que se prestará o levantamento e a complexidade topográfica do fundo. A escala adotada num levantamento sempre tem que ser maior que aquela intencionada para a Carta Náutica. Geralmente se adota o dobro da escala na qual será feita a Carta Náutica correspondente.

Portos, ancoradouros, canais e áreas de praticagem devem ser hidrografados numa escala maior ou igual a 1:10.000.

Áreas de aproximação a portos e ancoradouros, e outras águas usadas regularmente para a navegação devem ser hidrografadas em uma escala igual ou maior 1:25.000.

Áreas costeiras com profundidades de até 30 metros (ou até 40 metros onde navios de grande calado operam ou onde há suspeita da existência de soçobrado e outros obstáculos) devem ser hidrografadas em uma escala maior a 1:50.000.

Levantamentos hidrográficos em profundidades entre 30 e 200 metros podem ser realizados em uma escala menor que 1:50.000 dependendo de vários fatores, sendo os mais críticos a importância da área coberta, a profundidade e a configuração do fundo. A escala não deve ser menor que 1:100.000, exceto em circunstâncias excepcionais.

Para levantamentos de trechos de rios ou lagoa e de áreas de porto, baías ou enseadas com a finalidade de obter-se as linhas gerais do relevo subaquático para fins de navegação, a sondagem deve ser realizada em escalas da ordem de 1:5.000 a 1:10.000.

Para verificação da batimetria de canais dragados e para determinação do relevo subaquático com elevado grau de detalhe, a fim de fornecer subsídios para dragagens, ou outros projetos de engenharia (pontes, barragens, etc.), o Levantamento deve ser realizado em escalas de 1:2.000 ou maiores

3. LEVANTAMENTO AUTOMATIZADO, PONTO DE PARTIDA PARA UMA SELEÇÃO DE SONDA DIGITAL

O levantamento automatizado tem como objetivos principais melhorar a qualidade da coleta de

dados, agilizar ou acelerar o processo de coleta ou aquisição, diminuir o número de mão de obra a bordo e diminuir o tempo gasto nos trabalhos de campo. Além de isso, com o advento da aquisição de dados (sondas) automática a quantidade de dados obtidos é maior e, portanto facilita o pós processamento para a **seleção da sondagens**.

Existem diversos sistemas automáticos para aquisição de dados em uso, hoje em dia por diversos países no mundo. O emprego do Sistema de Cartografia apoiada por computador, o qual processa e arquiva dados digitais, é **uma necessidade** para a execução de Levantamentos Hidrográficos mais detalhados visando a confecção de cartas destinadas às operações de minagem e de submarinos, bem como as próprias Especificações para Levantamentos Hidrográficos pela OHI e os diferentes Serviços Hidrográficos.

1. Considerações

a. O sistema tradicional para aquisição de dados, ainda em uso, proporciona um maior número de falhas, um maior tempo para processamento necessitando de uma maior quantidade de recursos humanos e apresenta baixa quantidade, qualidade e confiabilidade de dados.

b. A existência do Sistema de Cartografia apoiada por Computador requer um Sistema Automático de Aquisição para complementar o processo.

c. Os requisitos mínimos e principais a serem desejados para um Sistema Automático de Aquisição de Dados, a saber:

- * Aquisição Automática e Cálculo em tempo real da posição.
- * Aquisição Automática, em tempo real da profundidade.
- * Capaz de ser interfaceado com os sistemas básicos de posicionamento e ecobatímetros especificados para os navios.
- * Possuir um critério para a seleção de sondagem para a gravação, dentro de uma "janela" especificada pelo usuário.
- * Possuir funções de teste e diagnóstico, e alarmes que indiquem falhas anormais durante a operação.
- * O Sistema de Aquisição deverá ser independente do Sistema de Pós Processamento.
- * A informação da profundidade deverá estar corrigida automaticamente dos efeitos da ondulação de superfície.
- * Permitir uma análise dos dados coletados e a alteração ou correção dos mesmos quando julgado necessário, inclusive a correção devido ao efeito da maré.

* Possuir programas que permitam o planejamento das linhas de sondagem desejadas

* O sistema de Processamento deverá ser capaz de editar os dados coletados e produzir documentos cartográfico, plotado automaticamente, com a representação do levantamento hidrográfico.

* O sistema de Processamento deverá produzir um arquivo digital, com todos os dados referentes ao levantamento.

2. Formatos usados pela DHN Brasil

Os formatos mais usados estão, basicamente, feitos sob a mesma estrutura. Um dos arquivos usados se mostra a seguir:

1	2	3	4
001	1.163.000	700.250	26

onde:

Coluna 1 - Número do ponto

Coluna 2 e 3 - Coordenadas UTM (Norte,

Este)

Coluna 4 - Profundidade

3. Formatos usados pela DHN Venezuela

Da mesma forma que a DHN Brasil os formatos mais usados estão, basicamente, feitos sob a mesma estrutura, onde um dos mais usados, esta formado por 13 columnas. Por exemplo:

Coluna 1 - Número do ponto

Coluna 2 - Sequência dos eventos dada pelo instrumento que fornece a posição

Coluna 3 e 4 - Coordenadas UTM (Norte e Este)

Coluna 5 e 6 - Distância percorrida e a que falta percorrer da linha de sondagem

Coluna 7 - Número da linha de sondagem

Coluna 8 - Afastamento da embarcação da linha de sondagem

Coluna 9 - Profundidade bruta obtida pelo ecobatímetro

Coluna 10 - Correção da profundidade pelo calado da embarcação

Coluna 11 - Correção da velocidade do som

Coluna 12 e 13 - Data e hora que foi obtida a batimétrica

4. Processamento

É feito o refinamento das informações coletadas, permitindo o ajuste dos dados de posição do navio, a suavização das profundidades, as correções de marés, a plotagem da folha de bordo e a geração de um arquivo digital contendo os dados do levantamento para que sejam verificados pela DHN, em um trabalho de gabinete, para um posterior carregamento da Base de Dados Marinhos, possibilitando o intercâmbio com outros processos.

5. Pós Processamento

Este processo, basicamente, ainda é feito de forma clássica. Uma vez que o levantamento hidrográfico fica concluído, a Folha de Bordo (que é o documento final de um levantamento hidrográfico) passa às mãos de um desenhista cartográfico para proceder, assim, a um desenho mais leve em comparação com a FB, não tão sobrecarregado de informação, mas sim, com a suficiente para dar segurança ao navegante (que é o objetivo principal de uma carta náutica). Este desenho mais leve se caracteriza por possuir informações de sondagens irregularmente distribuídas com um critério que equilibra a estética e a informação suficiente ao respeito do fundo junto ao traçado estratégico das isobatimétricas em função do comportamento do leito marinho, da irregularidade do fundo e dos acidentes geográficos. Tudo isto é feito mantendo também uma mistura entre o artístico e a segurança, motivo pelo qual as curvas Isóbatas são suavizadas com o critério de tendência para a menor profundidade.

a) A seleção das sondas

É feita pelo cartógrafo (Ver figura 7) que basicamente, utiliza os seguintes critérios segundo uma pesquisa feita na DHN Brasil:

* Inicialmente ele procura em todo momento a menor profundidade em uma área paralela a costa ou ao longo da mesma.

* Depois, afastando-se da costa, começa a selecionar as batimétricas de menor profundidade, formando entre elas um losango ou triângulo, procurando que não fique nenhuma profundidade menor entre as linhas e também dentro da figura.

* No caso de existir uma profundidade maior entre as duas sondas, pode-se colocar mantendo a distância estabelecida em função da escala.

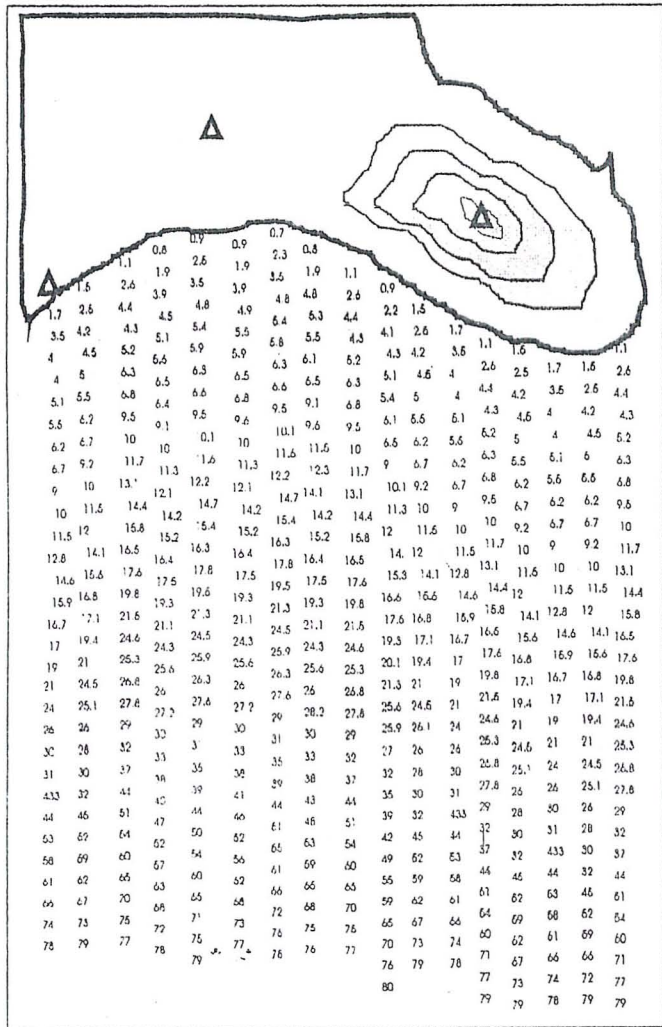
* Na medida que a profundidade vai aumentando e afastando-se da costa, as distâncias entre as sondas selecionadas vão aumentando.

* Inicialmente o cartógrafo, para facilitar a seleção, realiza um traçado de curvas isobatimétricas.

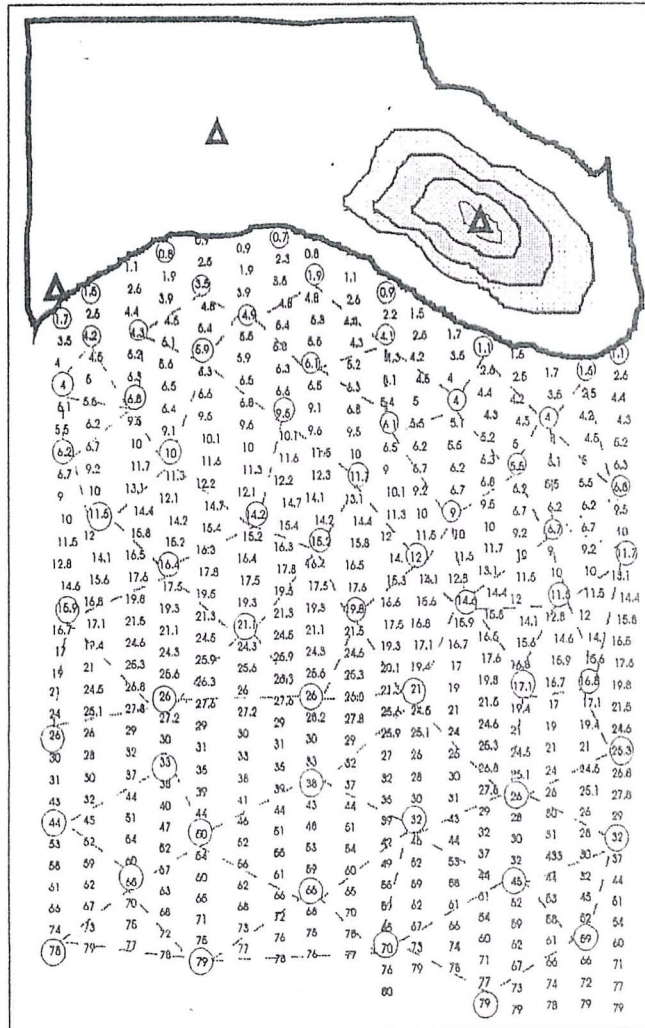
* Depois da seleção começa o traçado das curvas isobatimétricas definitivas. Este documento (Original Desenhado da Carta) é completado com a linha de costa segundo as convenções cartográficas. Depois de criado o original desenhado, este passará pelos seguintes processos.

b) Digitalização

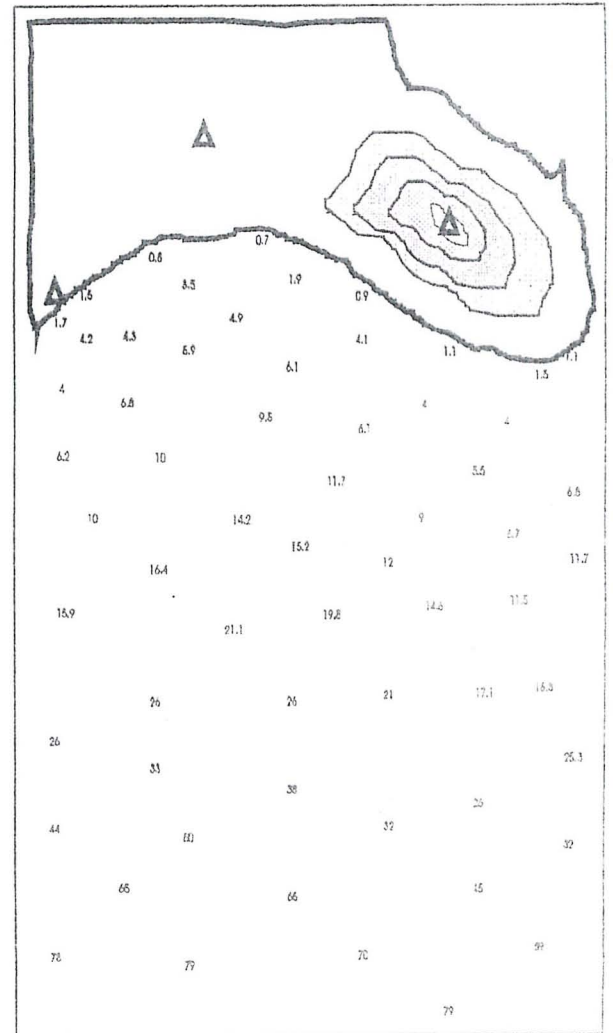
Mediante este processo, o original desenhado e passado a formato digital, seja mediante processo de



FB. COM TODAS AS SONDAS



INICIO DA SELEÇÃO



PRODUTO FINAL

Figura Nº 7

digitalização por mesa ou mediante a utilização de scanners, sendo que a utilização deste último meio, implicará, posteriormente, no uso de um programa de vetorização para arquivos de imagens digitais em formato raster.

c) Edição da Carta Náutica

É a fase do processo na qual é feita uma limpeza dos arquivos de desenho, colocando-se posteriormente a simbologia, acidentes geográficos, reticulado, borda, contorno, toponímias, rosas dos ventos, declinação magnética, quadros de maré título, escala e mais todos os aspectos próprios de uma carta Náutica

d) Verificação e Correções finais

Feita a edição, se imprime o documento completo mediante um plotter convencional, em preto e branco. Esta prática é feita para verificação. Em caso de erro, se procede a correção dos mesmos e uma nova plotagem. O procedimento se repete até não encontrar erros no documento. E por último a impressão da Carta Náutica e a sua publicação.

4. AVALIAÇÕES

Conhecidos os formatos de aquisição de dados (posição e sonda x,y,z.) de maneira automática, ressalta-se que, na atualidade, pode-se ter uma boa informação perto da realidade do fundo submarino, devido a quantidade de dados que pode-se adquirir em tempo real. Pelo contrario, precisa-se, de uma quantidade adequada de pontos para sua representação numa Carta Náutica, dependendo da sua escala, e que mostre inequivocamente, os perigos à navegação.

Ainda na atualidade, a seleção de sondas é feita manualmente, pelo cartografo, segundo certos critérios que foram expostos no capítulo anterior. Para uma seleção automática pode-se sugerir três possíveis princípios ou soluções para a automatização da seleção das sondas:

1. Proposta I

Tem a ver com a aplicação, para o leito marinho, do trabalho de Dissertação do Mestrado de Portugal "Pré-Processamento e Armazenamento de Dados Altimétricos Obtidos por Restituição Digital" da linha de Modelagem Digital do Terreno da superfície terrestre. O objetivo principal desse trabalho de Portugal é procurar uma solução que permita selecionar automaticamente cotas do terreno, a partir de um aparelho restituíder analógico onde as coordenadas de pontos (x,y,z) são adquiridas, através de uma interface para o meio digital e, posteriormente, por programas de computador, densificadas de modo que se obtenha um arquivo de modelo digital do terreno que atenda ao *Padrão de Exatidão Cartográfica*

Analisando e seguindo os princípios deste trabalho pode-se efetuar algum tipo de seleção

automática (posição e sondas x,y,z). a partir dos arquivos e formatos expostos anteriormente aplicado ao terreno do fundo do mar. Pelas características dos algoritmos e métodos aplicados por Portugal, ajusta-se melhor o método de sondagem de linhas paralelas e radiais, porque inicialmente eles procuram os pontos significativos dos perfis, onde vão aumentando na medida que a declividade do terreno cresça. Portanto, no sistema de linhas paralelas e radiais facilitaria aos algoritmos procurar melhor os pontos iniciando a procura por diferença de declividade, desde o inicio da linha de sondagem até chegar ao fim das linhas que estão nos arquivos. Pelo que foi descrito anteriormente seria interessante testar o sistema de Portugal nos arquivos de linhas paralelas e radiais, e, depois, verificar os resultados com o sistema de seleção manual. A figura 8 mostra um exemplo gráfico.

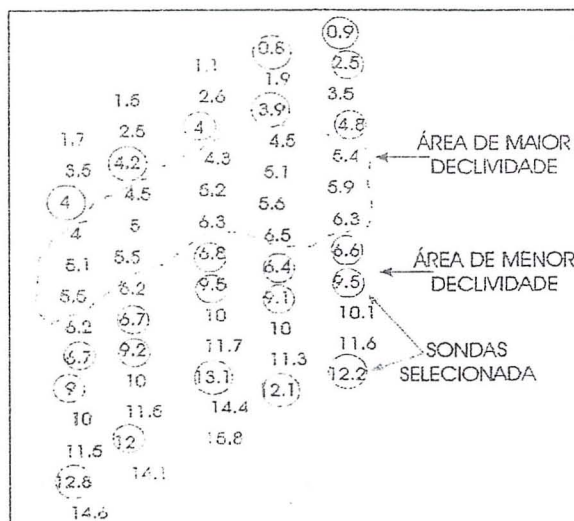


Figura 8 Exemplo da Proposta I

Observa-se que o sistema pode, em princípio, realizar uma seleção de sonda. Porém, basicamente não cumprirá todos os requisitos para a representação de sondas em uma carta náutica como por exemplo, o intervalo da posição, podendo, este sistema, ser utilizado como uma pré-seleção de sonda de uma grande massa de dados, diminuindo consideravelmente seu número. Da mesma forma pode-se utilizar o sistema dependendo de alguma necessidade específica como por exemplo, representar uma maior quantidade de dados onde o fundo marinho presente maior declividade, aplicando, depois, outro sistema para obter a correta representação em uma carta náutica

2. Proposta II

Segue um princípio de seleção demarcada pela posição sendo interessante para testar os arquivos de posição e sondas x,y,z. É um método, que inicialmente, procuraria uma área determinada para iniciar a primeira procura das sondas a ser selecionada. Depois de conhecer a mencionada área, que poderia ser por exemplo, os quadros de 10 cms. da

seria interessante efetuar programas e algoritmos que poderiam testar e comparar com a seleção manual.

Deve-se contar em todo momento, com os cartógrafos para efetuar os testes e melhorá-los porque não existe suficiente bibliografia dos métodos para a seleção de sondas, contando-se, principalmente com a experiência desses profissionais.

Dentro das sugestões para trabalhos futuros seria interessante

- Desenvolver algum dos princípios expostos, principalmente testar nas mais diferentes condições.

- Comparar os resultados obtidos por meio da seleção automática com a manual usando os mesmos dados.

- Desenvolver um método que possa atingir as necessidades de qualquer usuário final e não limitar-se as normas estabelecidas pela OHI.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. ANDRADE, Roberto & FERNANDEZ, Eliana. Sobre a Pre-seleção de Sondagens Batimétricas. Anais Hidrográficos Tomo XLI. 1984.

2. CC PIRES, Altineu. Folhas de Bordo. Documento Cartográficos Produzidos num Levantamento Hidrográfico. 1982.

3. CF SOARES, Girson. Sondagem. Sondagem e Vaarredura. 1992. corr.1/93.

4. MAJ PORTUGAL, Jose Luiz. Pre-processamento e Armazenamento de Dados Altimétricos, obtidos por restituição digital. Tese. Instituto Militar de Engenharia (Cartografia). RJ. 1992.

PROCESO DE RESTITUCION FOTOGRAFICA
EN SOPORTE DIGITAL PARA LA OBTENCION
DE UNA BASE CARTOGRAFICA NUMERICA
A ESCALA 1:25.000

Rafael Andújar Tomás
Subdirector General de Geodesia y M.T.N.
Instituto Geográfico Nacional
General Ibáñez de Ibero, 3. 28003 Madrid (España)

F. Javier Hermosilla Cárdenas
Jefe del Servicio de Cartografía Numérica
Instituto Geográfico Nacional
General Ibáñez de Ibero, 3. 28003 Madrid (España)

RESUMEN

Durante los últimos años la introducción de nuevas tecnologías en los métodos cartográficos, ha hecho que la sociedad demande información cartográfica bajo formas y soportes muy diversos. En este sentido, el Instituto Geográfico Nacional de España (I.G.N.) abordó, dentro de sus objetivos prioritarios, el Proyecto BCN25 (Base Cartográfica Numérica a escala 1:25.000) con el fin de obtener información geográfica en todo el territorio nacional no sólo en su aspecto convencional (Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000) sino además la obtención de un DTM Y SIG/LIS asociados a dicha BCN25.

En este artículo se describen los distintos sistemas de restitución fotogramétrica, como método de adquisición de la información en soporte informático, así como el tratamiento posterior para la edición del MTN 25, obtención del DTM y carga en la BCN25.

ABSTRACT

Introduction of new technologies for cartographic methods in the last years has become society demanding cartographic information under new different ways. So, the Instituto Geográfico Nacional of Spain (IGN) began, as one of its main objectives, the BCN25 project (1:25.000 Cartographic Data Base) in order to get geographic information covering the whole spanish territory, not only keeping conventional aspects (1:25.000 National Topographic Map, MTN25), but also to create both a DTM and a GIS/LIS linked to BCN25.

In this paper, some photogrammetric restitution systems are described as methods of digital data acquisition. Further treatments for MTN25 edition, DTM creation and data loading in BCN25 are described as well.

1. INTRODUCCION

Durante los últimos años la Cartografía como medio de comunicación que, a través del mapa, pone en contacto el mundo real con el hombre de la calle, ha sufrido grandes cambios.

En efecto, los sistemas tradicionales de producción e información cartográfica, caracterizados por ser lentos y costosos en su ejecución, así como muy rígidos a la hora de su utilización por los distintos usuarios, han sido transformados con la inclusión de las nuevas tecnologías en otros más rápidos a la hora de adquirir y tratar la información así como más flexibles en cuanto a su gestión y utilización. Este hecho ha provocado que existan cada vez nuevas peticiones de la sociedad, que demanda información cartográfica bajo formas y medios muy diversos y cuya respuesta es exigida en el menor tiempo posible.

Debido a esto, el Instituto Geográfico Nacional de España (IGN) que desde su creación es el Organismo de la Administración responsable de la realización de los trabajos geodésicos y cartográficos de ámbito nacional, así como de suministrar cuanta información de índole geográfica le pida la sociedad, se vió obligado a ir reformando sus estructuras con el fin de ir incorporando a sus programas nacionales nuevos proyectos cartográficos que fuesen más acordes con los tiempos y planteamientos actuales, siendo uno de los más importantes el Proyecto Base Cartográfica Numérica a escala 1:25.000 (BCN25).

2. PROYECTO BCN25

Podríamos definirlo como el conjunto de trabajos necesarios para la obtención de una Base de Datos Cartográficos constituida por los elementos y entidades geográficas que refleja el Mapa Topográfico

Nacional a escala 1:25.000 (MTN25), referidos a un sistema espacial de coordenadas junto con las relaciones geométricas y topológicas necesarias para su manipulación y gestión. Comprende también los atributos o propiedades de los elementos geográficos que son independientes de su posición espacial y que constituye la información literal asociada.

Aunque la concepción del Proyecto es durante el año 1986, su iniciación real no se efectuó hasta el año 1990, siendo este periodo de tiempo decisivo para ir fijando ideas sobre las diversas etapas a seguir en cuanto a la adquisición y tratamiento de la información con el fin de que ésta fuera fácil y manejable por la sociedad que representa su futura utilización. Además, durante este lapsus de tiempo el I.G.N. concluyó el Proyecto Base Cartográfica Numérica a escala 1:200.000 (BCN200) que a pesar de ser más sencillo, serviría de experiencia para la BCN25 ya que ambas Bases Cartográficas obedecían a la misma filosofía, salvando las diferencias entre escalas.

También entre los años 1986 y 1990, el I.G.N. hizo concursos públicos para la adquisición del soporte físico y lógico necesario para ir adaptando la restitución analógica a digital, además de estudiar y redactar Pliegos de Condiciones Técnicas encaminadas a la contratación de dicha restitución en soporte digital con empresas dedicadas a este tipo de trabajo tan específico.

Podemos concluir diciendo que el primer objetivo del Proyecto era conseguir en 1993 la restitución en soporte digital a escala 1:25.000 de 2.100 hojas del MTN 25 y que constituyen la mitad de todo el territorio nacional (aproximadamente 250.000 km²). El resto de las hojas, al estar ya restituidas, su conversión en soporte digital sería por digitalización. Se van a describir las experiencias surgidas entre los años 1986 hasta 1993 en las distintas etapas y fases del Proyecto.

3. PROCESO DE RESTITUCION DIGITAL

3.1. INTRODUCCION

Podemos definir la restitución digital como el método de adquisición de la información cartográfica en soporte magnético a partir de fotogramas que componen pares estereoscópicos. Su objeto es registrar las coordenadas X, Y y Z que definen la geometría de aquellos elementos topográficos que, hayan de incorporarse al MTN 25, asociados con códigos o simbologías que permitan representar unívocamente la naturaleza del elemento al nivel de clasificación que se establezca.

Como método de captura de datos es el más preciso, ya que el operador al estar en contacto con el "terreno" (modelo), no

deforma la realidad, generando simultáneamente las coordenadas X, Y y Z en cada elemento topográfico restituido.

Se incluyen también dentro de los trabajos de restitución la revisión de la geometría de los datos obtenidos y su continuidad topológica, de manera que los elementos restituidos sean continuos y únicos en cada hoja del MTN 25, independientemente de que transcurran por uno o más pares estereoscópicos. Tendremos, entonces, que:

- La unidad de trabajo en restitución es el modelo.
- La unidad de tratamiento de la información es el conjunto de modelos que comprende cada hoja del MTN 25.

El proceso puede ser efectuado en restituidores analíticos o en restituidores analógicos dotados de codificadores X, Y y Z, sistema de registro y edición de datos.

En cuanto a la precisión, ésta ha de ser la suficiente para que las coordenadas que se hayan registrado de cada elemento puedan permitir su trazado a la escala 1:25.000 como mínimo, de manera que las medidas gráficas efectuadas sobre este trazado cumplan las condiciones de dicha escala, y la curvatura de los elementos lineales quede suficientemente bien representada.

Para ello se establece en cada sistema de registro los criterios adecuados de selección automática de puntos; preferiblemente se tomará el de flecha (2,5 metros) como primario y el de distancia (variable según el tipo de elemento) como secundario, analizando estos tres parámetros en las tres dimensiones. El registro será puntual para aquellos elementos que presenten una configuración claramente poligonal, en los que se registrarán los vértices únicamente, así como en los elementos puntuales tanto sean planimétricos o altimétricos.

Es necesaria también una tabla de geocódigos que formando parte de la información almacenada, describa cada dato cartográfico con arreglo a los contenidos del MTN 25.

Dicha tabla, los objetivos que pretende son:

- Definir la clasificación y codificación para el MTN 25.
- Posibilidad de poder registrar cualquier circunstancia perceptible por los usuarios sobre la cartografía convencional.
- Adecuación a las Normas Cartográficas del MTN 25.

- Redacción abierta a consideraciones posteriores no previsibles en la actual fase del Proyecto.
- Incorporación directa de los Geocódigos de Bases Cartográficas Numéricas derivadas, para entrar sin interferencias, en las diversas aplicaciones.

3.2. RESTITUCION DIGITAL EN EL I.G.N.: SISTEMAS ADQUIRIDOS.

Como ya se ha citado anteriormente, entre los años 1986 y 1990 el I.G.N. fue adaptando la restitución analógica a digital, introduciendo en sus aparatos de restitución los soportes físicos y lógicos necesarios para dicha conversión.

La diversidad y complejidad de los equipos destinados a la restitución asistida por ordenador, causaba en las primeras adquisiciones serios problemas a la hora de decidirse por aquellos que se consideraban más adecuados, ya que al examinar distintas ofertas se observaba que los fabricantes no daban productos totalmente acabados, lo que siempre exigía por parte del usuario tener que adaptar lo que encontrase a sus propias necesidades.

Por otro lado, un problema importante en una organización dedicada a la producción, en este caso cartográfica, es la no conversión traumática de sus operadores, de manera que éstos se acostumbren gradualmente a los nuevos procedimientos y productos con facilidad, sin necesidad de tener que hacer excesivos cursillos de formación y adaptación a los sistemas adquiridos, ya que esto genera cierta inseguridad al trabajar en los mismos.

Si a los planteamientos expuestos, añadimos la rapidez con que evolucionan en informática tanto los componentes físicos como lógicos, es evidente que el I.G.N. no apostase por un único sistema sino que fuese adquiriendo aquel que un momento determinado se ajustase más a las necesidades de su Proyecto.

Es por lo que el hardware y software implantados para pasar progresivamente de la restitución analógica a digital, dio lugar a las siguientes configuraciones:

CONFIGURACION INTERGRAPH, formada por:

- 1 Microvax II
- 2 Estaciones de edición INTERACT-32
- 6 Puestos de restitución INTERMAP
- 6 Interfaces de conexión a restituidores analógicos B8.
- 1 Terminal alfanumérico compatible con VT 220.

CONFIGURACION I.C.I., compuesta por:

- 3 TOPODATA T232R3.
- 4 Terminales inteligentes BW 38/1

- 5 Puestos de restitución TEKTRONIX 411.
- 5 Interfaces de conexión a restituidores analógicos B8.
- 1 Estación de edición TEKTRONIX 4224.

CONFIGURACION MICROSTACION PC, consiste en:

- 6 Puestos de restitución, formados por ordenadores personales con procesadores 386 y los interfaces necesarios para la conexión con los restituidores analógicos (cuatro B8 y dos A8).
- 8 Puestos de edición similares a los anteriores pero sin la conexión con el restituidor.

Las tres configuraciones cumplen los siguientes requisitos:

- La restitución puede ser modificada y manipulada en tiempo real (interactividad gráfica).
- El registro numérico será el correspondiente a las coordenadas (X,Y,Z) de los elementos restituidos (ficheros 3D).

En cuanto a las distintas arquitecturas, tenemos:

- SISTEMA INTERGRAPH: Formado por un único ordenador central y distintos periféricos de dicha firma, conectados entre sí y al ordenador por Red Ethernet.
- SISTEMA I.C.I.: Formado por tres ordenadores unidos entre sí por una red de comunicaciones. Los periféricos están divididos en tres grupos y cada uno de estos grupos está conectado directamente a un solo ordenador.
- SISTEMA MICROSTACION PC: Consta de una topología muy simple, formada por seis estaciones de restitución y ocho de edición asistidas cada una por un ordenador personal no conectados en red.

3.3. SOPORTES LOGICOS IMPLANTADOS

Nuestro objetivo era conseguir que la restitución digital fuese interactiva y cuyos ficheros en 3D sirviesen para ser integrados en una Base Cartográfica como núcleo de un SIG/LIS, formar un DTM y hacer ediciones en distintos soportes informáticos o en papel mediante técnicas de trazado automático.

Era necesario adquirir el soporte lógico que asistiera al proceso de restitución en las siguientes etapas:

1. CONEXION CON EL RESTITUIDOR
2. AYUDA EN LA ORIENTACION ABSOLUTA
3. FASE DE REGISTRO
4. MANIPULACION DE FICHEROS EN 3D.

CONEXION CON EL RESTITUIDOR: Siempre viene preparada por las distintas firmas, que forman su propio software para desarrollar los procedimientos necesarios para que los desplazamientos en X, Y y Z del restituidor al que se equipa con unos codificadores, conviertan los movimientos mecánicos en impulsos eléctricos. y que, a través de un interface, se envíe esta información a la CPU, para su posterior almacenamiento. Es una cuestión íntimamente relacionada con el hardware y generalmente no causa problemas.

AYUDA EN LA ORIENTACION ABSOLUTA: Es un procedimiento ya establecido en cada sistema y su finalidad es calcular la matriz tridimensional de la transformación de semejanza que existe entre las coordenadas modelo y sus homólogas en el sistema de referencia escogido (coordenadas terrestres). Así se obtienen los parámetros a introducir en el aparato y los residuos de dicha transformación aplicada a los Puntos de Apoyo que nos indica la calidad con que se ha hecho la orientación absoluta.

FASE DE REGISTRO: en esta fase sí que se aprecian diferencias en cada sistema adquirido.

En efecto, aunque la forma de registro, ya sea continua o puntual, es similar en todos los sistemas, es en las funciones de creación, edición y modificación de los elementos en el proceso de restitución interactiva donde los distintos Sistemas de Diseño Gráfico (CAD) que presenta cada firma comercial tienen diferencias notables, según sean abiertos, es decir concebidos para muchas aplicaciones, o cerrados, en el sentido de estar diseñados para el usuario que los ha adquirido y que sólo efectuará aplicaciones muy concretas.

MANIPULACIÓN DE FICHEROS EN 3D: La ventaja de la fotogrametría respecto a la digitalización, en cuanto a la captura de datos en soporte digital, es que permite obtener directamente los valores altimétricos (Z) de los elementos restituidos, además de dar una mayor precisión tanto en planimetría como en altimetría. Pero esto obliga a manejar ficheros en 3D y por lo tanto a exigir que los sistemas adquiridos tengan la posibilidad de creación, manejo y edición de ficheros de estas características.

Esto también pone en evidencia las diferencias entre los distintos sistemas de diseño gráfico.

3.4. COMPARACION DE LA ARQUITECTURA Y SOPORTE LOGICO DE CADA CONFIGURACION EMPLEADA Y SU DISCUSION

El Sistema Intergraph fue el primero que adquirió el IGN. Al estar formado por un único ordenador central que actúa como único "host" del sistema, tiene el incon-

veniente de que cuando éste falla se produce un crash de toda la línea de producción, quedando todos los puestos de restitución y estaciones de edición parados.

La segunda adquisición corresponde al Sistema I.C.I.; en éste, al tener tres ordenadores, en el caso de que alguno falle sólo quedarían inutilizados los periféricos enganchados a él, de manera que el resto de los equipos continuarían funcionando.

En cuanto al último de los sistemas implantados, Microstation PC, al constar de una topología tan simple, en la que cada puesto de trabajo es independiente de los demás, en el caso de que algún ordenador falle sólo afectaría al puesto de restitución o estación de edición al que está conectado.

El resultado es que esta última configuración es la más ventajosa ya que aunque los ordenadores no suelen fallar con frecuencia, sí es cierto que a veces ocurre y por otro lado, el mantenimiento de un sistema es más cómodo y barato en cuanto que su arquitectura sea más simple.

En lo relativo al soporte lógico, el I.G.N. tomó desde el principio la decisión de confeccionar un "Menú de Restitución", formado por un conjunto de programas cada uno de los cuales ejerce una función determinada, de manera que al restituir cada detalle, el operador seleccione el casillero correspondiente a dicho detalle. El Menú lleva implícito además de la forma de registro (lineal o puntual) la codificación correspondiente que sirve para definir el detalle unívocamente y todas las funciones necesarias para la manipulación de los elementos gráficos registrados.

En este sentido, los sistemas Intergraph y Microstation PC están asistidos por el mismo procedimiento de diseño gráfico interactivo (IGDS), por lo tanto la comparación la haremos únicamente respecto al software de la firma I.C.I.

El sistema I.C.I. constituye un claro ejemplo de sistema cerrado, orientado a tareas cartográficas y fotogramétricas, de manera que su puesta en funcionamiento es fácil; sin embargo, Intergraph con su producto IGDS está abierto a muchas aplicaciones, por lo que posee un software potente y de carácter general, lo que obliga a sus usuarios cartográficos y fotogramétricos a tener que desarrollar sus propios procedimientos.

La diferencia entre ambos sistemas apenas se ponía en evidencia a la hora de restituir, sin embargo, para las fases posteriores de tratamiento de la información, la decisión final que tomó el I.G.N., fue que toda la información prove-

niente de I.C.I. se tradujese al Sistema Intergraph. Es decir, la revisión de la geometría de los elementos restituidos, la conexión entre modelos, etc., se realizase en ficheros de extensión ".DGN" con el fin de obtener productos procedentes de restitución homogéneos y cuyo tratamiento posterior fuese independiente del sistema en que habían sido adquiridos.

3.5. CONCLUSIONES

A la vista de lo anteriormente expuesto, nuestra experiencia en restitución digital a escala 1:25.000, en el caso del I.G.N., con escalas de imagen de 1:30.000 ó 1:40.000 (hoy en día demasiado grandes), hace que sea complejo el propio proceso de restitución en zonas de mucha planimetría, cascos de población, etc, debiendo hacerse un proceso de generalización que si bien en la restitución analógica estaba claramente definido al ver la minuta dibujada, en el caso de la restitución digital interactiva el operador visualiza en la pantalla y en tiempo real el detalle que está restituyendo, es por tanto el proceso de generalización interactivo y dado que la visualización no se hace a escala 1:25.000 debido al poco poder de resolución de las pantallas, sino que se trabaja a una escala mayor, ocurre que se pierde el concepto de selección y esquematización de detalles para una buena generalización, lo que provoca, aunque parezca contradictorio, un falseamiento de la realidad.

Otro factor es que aunque se sabe que la precisión y calidad de los datos obtenidos es independiente del sistema informático utilizado, pues en el caso de la restitución vienen impuestos por la escala de fotograma y del restituidor empleado, muchas veces se eligen unidades de trabajo en el registro excesivamente pequeñas respecto a los valores puramente fotogramétricos, lo que provoca un falseamiento de la precisión métrica real que podría general productos cartográficos de aparentemente más calidad. Es decir, en la fase de registro hay que seleccionar los parámetros de selección de puntos y unidades de trabajo de acuerdo con la escala de restitución y precisión fotogramétrica impuesta.

En cuanto a los puestos de restitución, hoy en día, la conclusión es que en aquellos trabajos enmarcados en una línea de producción y donde se requiere permanentemente la presencia del operador, es preferible la utilización de estaciones independientes y autónomas (el problema de trasvase de información entre ordenadores se resuelve con sencillos paquetes de software de comunicaciones).

Otra consideración es utilizar siempre "menús", que facilita y hace más productiva la labor del operador. Este debe esforzarse únicamente en las tareas propias de la restitución y de la fotointer-

pretación. La filosofía considerada a la hora de confeccionar un "menú" ha de ser que cumpla las siguientes propiedades:

- Consistencia funcional, de manera que no existan funciones idénticas, es decir, cada función presentará un formato y posición único.
- Consistencia visual, de forma que las funciones similares estén agrupadas en áreas.
- Consistencia semántica, con el fin de que las instrucciones sean unívocas y fáciles de entender.

Y por último, a la hora de elegir qué sistema de diseño gráfico utilizar, se pueden seguir dos criterios distintos:

1. Elegir un sistema cerrado y encaminado sólo al proceso de restitución, de manera que la información restituida sea traducida a otro sistema para sus tratamientos posteriores.
2. Elegir un sistema abierto y con muchas aplicaciones con el fin de que sirva, sin necesidad de conversión entre formatos, para los procesos posteriores de adquisición y tratamiento de la información.

Quizás la solución más apropiada sea la segunda, haciendo el esfuerzo de ir desarrollando el software necesario para cada fase del trabajo. Esto implica un esfuerzo inicial en cuanto a elaboración de procedimientos, aplicaciones, etc, pero evita las traducciones entre distintos formatos que a veces provocan fallos o ausencias de información en la conversión. Lo ideal, tal y como hizo el I.G.N., es adoptar un determinado formato comercial muy abierto y además crear un standar como formato de intercambio.

4. TRATAMIENTO Y GESTION DE LA INFORMACION RESTITUIDA DIGITALMENTE

4.1. REVISION DE LA GEOMETRIA

Concluída la fase de restitución la información obtenida es sometida a procesos de revisión con el fin de depurar errores en la geometría de los elementos restituidos, así como la comprobación de cases entre hojas colindantes.

La unidad de trabajo es el conjunto de "modelos" que componen la hoja del MTN 25, pero debido a la gran cantidad de información almacenada (aproximadamente 4 megabytes, dependiendo generalmente de la altimetría de la zona restituida), la hoja es subdividida en seis ficheros gráficos, cada uno de los cuales contiene un tema específico. Los temas son:

Fichero 1: ALTD.DGN. Contiene la Altimetría.

Fichero 2: EDI.DGN. Contiene las Construcciones.

Fichero 3: RIO.DGN. Contiene la Hidrografía.

Fichero 4: VEG.DGN. Contiene los Cultivos.

Fichero 5: COM.DGN. Contiene las Vías de Comunicación.

Fichero 6: B.DGN. Contiene Marco de Hoja, Textos, etc.

Excepto al último fichero, a todos los demás se les pasa inicialmente un procedimiento denominado "UNELINEAS", desarrollado en el I.G.N., que sirve para unir en un solo elemento informático y geográfico todos los tramos de que constaba al efectuarse la restitución. Este procedimiento además de depurar la geometría (detecta fallos en las coordenadas (X,Y) continuidad planimétrica, así como errores en (Z) altimetría debidos a la fase de registro), sirve para unificar la codificación del elemento y poder tratarlo en lo sucesivo de una manera unívoca. De esta forma, una vez pasado este proceso todas las entidades geográficas que componen la hoja del MTN 25 tienen continuidad en sus coordenadas (X,Y,Z) y codificación única.

Concluida esta fase, ya se está en condiciones de obtener el correspondiente Modelo Digital del Terreno (DTM) como soporte de la altimetría de la BCN25.

4.2. EL MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT25)

El planteamiento del I.G.N. al generar el DTM, fue que no sólo formase parte del desarrollo de un SIG, sino también que sirviese como producto independiente que prestase su servicio al mayor espectro de usuarios posible.

De esta manera, se tiene un doble soporte altimétrico en el diseño de la BCN25, por una lado, las curvas de nivel, puntos acotados y demás entidades que componen la altimetría del MTN 25 como medio cartográfico para mantener la interpretación original del relieve, y por otro, el modelo digital del terreno para utilizar su potencia operativa a la hora de derivar aplicaciones a partir de la altimetría, cálculo de perfiles, volúmenes, etc., además de cumplir como primera función la de suministrar cota a todos y cada uno de los puntos que describen geoméricamente la información planimétrica de la BCN25.

La experiencia acumulada durante los trabajos de producción del MDT200 asociado a la BCN200 permitió orientar la cuantificación de medios humanos y materiales necesarios así como de tomar importantes decisiones técnicas encaminadas a la obtención del MDT25.

En primer lugar hay que decir que para ambos DTM los trabajos de desarrollo y producción fijaron una estructura de malla cuadrada, es decir, ortogonal y regular, referenciada con coordenadas UTM y con un ancho de 25 metros (1 milímetro a escala 1:25.000) para el MDT25.

Los datos utilizados como puntos de referencia proceden de digitalización si la hoja del MTN 25 está publicada, o de restitución digital en caso contrario, obviamente la utilización de estas últimas utilizando registros numéricos tridimensionales ofrecen un aspecto importante puesto que permiten el uso de las líneas características del terreno (vaguadas, líneas de cambio de pendiente, etc.) como líneas de ruptura, lo que resulta definitivo en relación con la calidad final del modelo, pero además proporcionan una fuente rápida de datos de relleno en los casos en que sea necesario.

El primer cometido del MDT25 será la estimación de la precisión exterior del MDT200 en base a la comparación de cotas en puntos coincidentes. De hecho ya existen unas primeras estimaciones que han arrojado unos errores medios cuadráticos en torno a los 30 metros, resultados satisfactorios si se tiene en cuenta que la fuente de datos para establecer el MDT200 ha estado constituida por curvas de nivel con 100 metros de equidistancia.

El programa utilizado para el cálculo de ambos MDT es el sistema SCOP (Stuttgart Contour Program) de generación y explotación de modelos digitales adquiridos a la firma INPHO GmbH.

4.3. EDICION DE LA INFORMACION. TRAZADO AUTOMATICO.

Uno de los objetivos primordiales dentro del tratamiento y gestión de la información digital, era la posibilidad de llegar a la publicación de hojas del MTN25, mediante técnicas de trazado automático que sustituyesen a los costosos y lentos sistemas convencionales de delineación cartográfica, con la condición de que los dos principios siguientes de mantuviesen:

- La precisión métrica y contenido de la información fuese la misma que la del MTN25.
- La calidad gráfica del trazado y su representación cartográfica cumplieren las normas establecidas para el MTN25.

Si la primera cuestión era fácil de lograr el cumplimiento de la segunda planteó auténticas dificultades de orden técnico y cartográfico.

En el año 1986, el I.G.N. adquiría a la firma Intergraph tres estaciones de

edición modelo Interact 32 asistidas por un Microvax I200 al que estaba conectado un plotter rápido de la marca Calcomp. En cuanto al soporte lógico se adoptó el Sistema de Diseño Gráfico de la misma firma comercial (IGDS), con paquetes de software destinados a la manipulación de ficheros con fines orientados a la edición cartográfica.

El método de trabajo consistía, y aún no ha cambiado, en trazar a escala 1:25.000 la información adquirida por restitución fotogramétrica y efectuar sobre la documentación gráfica una revisión hecha en campo con vistas a:

- Corregir errores de fotointerpretación.
- Actualizar la información debido a la antigüedad del vuelo fotogramétrico empleado.
- Expandir la clasificación y codificación de la información cartográfica restituida (división de carreteras en nacionales, locales y comarcales, líneas de ferrocarril, etc.)
- Incluir la toponimia.

Realizada esta labor sobre las minutas gráficas a continuación es volcada toda la información en soporte digital con las estaciones de edición. Para ello, análogamente al proceso de restitución, se confeccionaron menús, de forma que el operador pudiese realizar su trabajo de una manera sencilla y aumentase lógicamente su capacidad productiva.

Esta fase del trabajo en cuanto a codificación definitiva de la información fue fácil de superar y el I.G.N. adoptó pronto criterios para establecer una línea de producción y poder evaluar los recursos técnicos y personales necesarios, dando lugar durante los años 1990 y 1991 a la adquisición del orden de cincuenta estaciones de edición, esta vez basadas en el Sistema Microstation PC, es decir, cada estación está asistida por un ordenador personal, con la característica de ser puestos de trabajo autónomos e independientes entre sí y el trasvase de información se realiza con un software de comunicaciones.

El producto así obtenido tiene toda la información (en 2D) que debe reflejar el MTN 25, a nivel de detalles y contenidos.

Esta información introduciendo las relaciones topológicas que dan las incidencias de un objeto respecto a los colindantes está disponible para ser estructurada y cargada en la BCN25, pero, sin embargo aún no es apta para proceder a su publicación siendo necesario efectuar todos los procesos de simbolización y

tratamiento de la información cartográfica para su trazado automático sobre papel.

Los procesos de simbolización (signos convencionales, pattern paralelas, etc.) se efectúan prácticamente de forma automática habiéndose desarrollado dichos procedimientos en el I.G.N., su característica fundamental es que no modifican la geometría de los elementos sino que sirve únicamente para hacer su representación a efectos cartográficos. En una escala media como es la 1:25.000, surgen muchos problemas al aplicar símbolos para representar cartográficamente la información, tales como:

- Interferencias de símbolos puntuales o lineales.
- A veces el símbolo puntual supera al tamaño real del elemento que representa.
- Necesidad de generalización.
- Disposición de rótulos, etc.

Siendo imposible establecer procedimientos que resuelvan todos los problemas de una forma general, quedando la mayoría de ellos al buen criterio cartográfico de la persona que está confeccionando el mapa. Además hay que respetar las herramientas de tratamiento de la información que lleva incorporado el sistema de trazado automático disponible y que a veces exige una preparación de la información muy difícil de compatibilizar con las exigencias cartográficas.

El I.G.N. adquirió en el año 1990 el soporte tanto físico como lógico para efectuar las tareas de trazado automático. Esta primera adquisición efectuada a la casa Intergraph consta de la siguiente configuración:

- Un scanner/photoplotter OPTRONICS 5040.
- Un trazador electrostático VERSATEC.
- Una estación de edición INTERVIEW.
- Cinco estaciones de edición INTERPRO.
- Un ordenador MICROVAX I-200.
- Un Interserve.

Durante el año 1992 se completó el sistema con la adquisición de seis estaciones de trabajo formadas por ordenadores personales y con software Microstation PC.

Todo el soporte lógico empleado fue adquirido también a la casa Intergraph.

En la actualidad y después de realizar bastantes pruebas, el complicado proceso de edición para publicación de

hojas mediante trazado automático ya está normalizado y en fase de producción, con excelentes resultados.

4.4. ESTRUCTURA Y CARGA DE LA INFORMACION EN LA BCN25.

Hasta ahora, hemos descrito la captura de la información por restitución digital, a la que aplicábamos una serie de tratamientos que nos servían para arreglar la geometría, obtener el MDT y la codificación definitiva con arreglo a los contenidos del MTN 25, pero necesitamos aún estructurar más la información con vistas a su carga en la BCN25 para crear al final de todo el proceso un SIG/LIG asociado a dicha base.

El método utilizado, basado en la experiencia de la BCN200, lo que se hace es aplicar una serie de procedimientos desarrollados por personal del I.G.N., que tienen como objetivo el comprobar que la información cumple una serie de propiedades con el fin de que pueda ser estructurada y cargada en la BCN25. Aunque se realizan prácticamente de una forma automática, siempre existen situaciones que tendrán que resolverse por el operador en las estaciones gráficas de edición.

A continuación vamos a describir brevemente estas tareas:

- Adaptación de la información a un formato de entrada única.
- Transformación de coordenadas al sistema de referencia elegido.
- Depuración de puntos en función de la escala de trabajo.
- Comprobación de la geometría.
- Ajuste al borde de la unidad de captura-tratamiento y conexión con la contigua.
- Interrelación geométrica entre los distintos temas que conforman la unidad de captura-tratamiento.
- Generación de la geometría necesaria para conseguir la coherencia estructural (embalses, túneles..)
- Generación de Entidades y Adición de Atributos/Conexión.
- Generación del fichero de NODOS con vistas al Sistema de Información Gráfico elegido.

Realizados todos estos tratamientos, tendremos que la BCN25 describe la realidad con información geométrica de tipo vectorial (puntos, líneas y superficies) y estructurada en Entidades Simples, es decir, unidades geográficas individualizadas que pueden extenderse sin limitación

de dominio, por todo el territorio nacional y que no pueden subdividirse en objetos más pequeños.

Para identificar conceptos de la realidad más complejos, se generan las Entidades Compuestas, formadas por la unión de Entidades Simples y tan amplias en su creación como se desee, siendo sólo función de la cantidad de información que se posea para su generación y de las necesidades de gestión y explotación del sistema.

Para el SIG del I.G.N. instalado sobre la BCN200 se incorporó el Adabas como gestor de bases de datos y Microstation como sistema de diseño gráfico. Para el SIG cuyo núcleo sea la BCN25, se han realizado pruebas en concepto de demostración con distintas firmas comerciales de SIG sin que por el momento se tenga decidido cuál será el sistema a adoptar.

5. CONCLUSION

La última definición de la cartografía, dada por la Asociación Cartográfica Internacional (ACI) como: "Organización, representación, comunicación y utilización de geoinformación en forma digital, visual o táctil", viene a resumir de una manera clara y concisa la revolución que ha supuesto la introducción de las nuevas tecnologías en el mundo cartográfico.

La posibilidad de adquirir información en soporte digital para su posterior explotación en distintos productos (MDT, SIG/LIS, etc.) ha producido una fuerte y variada demanda por la sociedad que además utiliza recíprocamente la informática como potente herramienta de explotación y análisis de datos espaciales. Pero no hay que olvidarse de las antiguas definiciones de cartografía en la que se la consideraba como ciencia, arte y técnica y que además, para el hombre de la calle es el mapa impreso el único medio de información que le pone en comunicación con el mundo real.

Quizás las conclusiones más importantes a la hora de emprender un proyecto cartográfico debieran de ser:

- Utilizar las herramientas actuales pero siempre sin alterar la calidad de la información (precisiones métricas y tolerancias establecidas de acorde con las técnicas cartográficas y representaciones cartográficas que mantengan la legibilidad del mapa según su escala y fines, etc.).
- Adquirir soporte físico y lógico que esté encaminado a tareas cartográficas o bien que permitan desarrollar con relativa facilidad aquellos procedimientos encaminados a nuestro particular proyecto cartográfico. Se trata en definitiva de poner la in-

formática al servicio de la cartografía y nunca a la inversa.

- Considerar que en todo proyecto, la adquisición de los datos es la base fundamental, aunque sea lo más costoso en tiempo y trabajo (en el proyecto BCN25 la fase de adquisición de la información ocupa aproximadamente el 70% del trabajo, el tratamiento el 20% y la gestión o explotación el 10%).

Y podríamos, por último, resumir diciendo que nuestro objetivo a alcanzar es: Producir más y mejor Cartografía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BONNEVAL, H. Photogrammétrie Générale.
- CEBRIAN, J. Trazado automático de Cartografía, Primeras Jornadas Técnicas de Cartografía, 19-20 de noviembre de 1991, Pamplona, España.
- GARCIA, L. La Altimetría en el SIG del Instituto Geográfico Nacional, Notas Técnicas de Geodesia, I.G.N., Madrid, España.
- HERMOSILLA, F.J.; MATEOS, J. Digital Mapping and GIS 1:25.000, ISPRS, Tsukuba, 1990.

Automatic Interpretation of Multispectral Aerial Photographs

Prof. Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h. Karl-Rudolf Koch
Institut für Theoretische Geodäsie
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Nußallee 17, 53115 Bonn
Germany

Abstract

The interpretation of digital images is formulated by an analysis at two levels. At the low level the image is segmented based on textures. To the regions thus obtained a meaning is attributed at the high level of the analysis. The segmentation as well as the interpretation are formulated as labeling processes which possess the Markov property so that their distributions follow from Gibbs distributions. The image model and the object model for the interpretation are therefore determined by Gibbs distributions. The results for the interpretation of an aerial photograph of an urban area in the frequency bands red, green and blue are given.

1 Introduction

The interpretation of digital images taken by sensors in aeroplanes or satellites is a task which needs to be solved because of the ever increasing demand for creating or updating maps of different scales of the surface of the earth. The information contained in digital images is not only needed in cartography but also in geodesy and photogrammetry to feed geoinformation systems. The automatic retrieval of the data from the digital images is necessary, as the standard procedure to obtain the information takes too much time. Unfortunately, this part of the field of computer vision is extremely difficult to solve despite of many years of investigations. In the following first results are presented of an automatic interpretation of an aerial photograph taken in the three channels red, green and blue of an urban area with streets, houses, garages, lawns, hedges and bushes.

Interpretation of digital images means to identify objects and attribute a meaning to them, in order to describe the content of the image. Some prior knowledge on the content is needed for the interpretation. This knowledge is collected in the object model which contains the information on the objects and the relations between the objects. The objects, like streets, houses and so on have to be described by their geometry and their functionality so that a semantic model is needed. A relation between objects, which is very helpful for the interpretation, is the neighborhood. It is the context of objects which has to be considered when interpreting digital images.

An image model is also needed, by which the appearance of the objects in the digital image is described. Starting from the pixels, picture primitives have to be extracted to model the objects of the image. This process is generally formulated at different levels. At the low level of the image analysis the pixels are combined to form edges and regions, the picture primitives. At a higher level of the image analysis the primitives may be put together to object primitives which at a high level of the analysis form the objects whose meaning is found by relating them to instances of the object model.

In the following two levels of image analysis are considered based on the assumption that the objects contained in the image differ by their textures. Hence, at the low level a segmentation is applied to gather pixels of identical textures in regions. At the high level of the analysis a meaning is attributed to the regions so that the content of the image can be described.

The segmentation at the low level as well as the interpretation at the high level are defined as la-

belonging processes. At the low level each pixel gets a label by which the region is obtained and at the high level each region gets a label from which the meaning follows. The labeling processes are introduced as random fields which possess the Markov property, that is, the conditional densities of the labels depend on the values of the labels in the neighborhood. By maximizing these densities the values of the labels are estimated. In addition the measurements of the grey values of the three frequency bands are introduced as random variables of a Markov random field as well as the data derived from the regions and used for the interpretation at the high level. As mentioned, prior information on the objects is available so that Bayesian inference is applied.

Markov random fields have been frequently applied for the image processing at the low level, like restoration, edge detection and segmentation, see for instance (KOCH AND SCHMIDT 1994, p.299; PAN 1994). At the high level MODESTINO AND ZHANG (1992) interpreted an image by defining the labels of the objects as a Markov random field. Their work was considerably improved by KÖSTER (1995) who rigorously applied Bayesian statistics and added to the neighbors of objects the indirect neighbors.

Markov random fields have Gibbs distributions according to the theorem of HAMMERSLEY AND CLIFFORD from 1971, see for instance (KOCH AND SCHMIDT 1994, p.261). Gibbs distributions are very flexible to define by means of cliques which are based on neighborhoods so that relations between objects can be easily introduced. But also prior information can be readily incorporated by Gibbs distributions. The main part of the image model for the interpretation applied here is constituted by the texture. It is described, as will be shown, by a Gibbs distribution so that this distribution defines the image model. The object model is also determined by a Gibbs distribution, since the Gibbs distributions introduced for the labeling process at the high level of the image analysis need information from the object model.

In the following chapters the image interpretation is described by considering the analysis at the low level together with the analysis at the high level. The theory for such an approach has

been outlined by KOCH (1995). For easy reference the main results are repeated here together with refinements which were necessary. First results are also presented. They are taken from (KÖSTER 1995).

2 Modified Bayes' Theorem

If θ denotes the vector of unknown parameters, \mathbf{y} the vector of observations, the posterior density $p(\theta|\mathbf{y})$ of the parameters θ given the observations \mathbf{y} follows from Bayes' theorem by

$$p(\theta|\mathbf{y}) \propto p(\theta)p(\mathbf{y}|\theta), \quad (2.1)$$

where \propto denotes proportionality, $p(\theta)$ the prior density and $p(\mathbf{y}|\theta)$ the likelihood function, see for instance (KOCH 1990, p.4). Conditional densities will serve as prior densities in the following so that (2.1) needs to be modified. This is readily accomplished by the definition of the conditional density $p(\theta|\mathbf{y}, \mathbf{z})$, see for instance (KOCH 1988, p.107),

$$p(\theta|\mathbf{y}, \mathbf{z}) = \frac{p(\theta, \mathbf{y}, \mathbf{z})}{p(\mathbf{y}, \mathbf{z})}, \quad (2.2)$$

where \mathbf{z} denotes an additional random vector. By applying the definition (2.2) for $p(\mathbf{y}|\theta, \mathbf{z})$ we find

$$p(\theta, \mathbf{y}, \mathbf{z}) = p(\theta, \mathbf{z})p(\mathbf{y}|\theta, \mathbf{z})$$

and furthermore

$$\begin{aligned} p(\theta, \mathbf{z}) &= p(\mathbf{z})p(\theta|\mathbf{z}) \\ p(\mathbf{y}, \mathbf{z}) &= p(\mathbf{z})p(\mathbf{y}|\mathbf{z}). \end{aligned}$$

By substituting these results in (2.2) we obtain a modified Bayes' theorem

$$p(\theta|\mathbf{y}, \mathbf{z}) \propto p(\theta|\mathbf{z})p(\mathbf{y}|\theta, \mathbf{z}), \quad (2.3)$$

since $p(\mathbf{y}|\mathbf{z})$ is constant, because \mathbf{y} and \mathbf{z} are assumed as given. The prior density $p(\theta|\mathbf{z})$ in (2.3) is now defined by a conditional distribution.

The unknown parameters θ are determined by the MAP estimate $\bar{\theta}$ of θ

$$\bar{\theta} = \arg \max_{\theta} p(\theta|\mathbf{y}, \mathbf{z}). \quad (2.4)$$

3 Markov Random Fields

As mentioned in the introduction, the image interpretation is solved by a labeling process at the low level and at the high level of the image analysis. At the low level pixels are labeled. Let Ω be the set of pixels

$$\Omega = \{r = (m, n), 0 \leq m \leq M, 0 \leq n \leq N\}, \quad (3.1)$$

where $r \in \Omega$ denotes a pixel at the position (m, n) with M being the maximum number of rows and N of columns of the digital image. The labeling of the pixels is defined as the Markov random field $E(r)$ with value ϵ_r , which determines the texture to which the pixel r belongs,

$$E(r) = \epsilon_r, r \in \Omega \quad (3.2)$$

with

$$\epsilon_r = t, t \in \mathcal{E}, \mathcal{E} = \{1, \dots, T\}, \quad (3.3)$$

where t denotes the label, \mathcal{E} the set of labels and T the number of textures.

Pixels belonging to the same texture form a region representing an object. Thus, at the high level of the image analysis we have the set \mathcal{K} of regions with K elements

$$\mathcal{K} = \{1, \dots, K\} \quad (3.4)$$

and $p \in \mathcal{K}$ being an element of \mathcal{K} . The labeling of the regions is defined as the Markov random field $E(p)$ with value ϵ_p , which determines the meaning of the object represented by the region p ,

$$E(p) = \epsilon_p, p \in \mathcal{K} \quad (3.5)$$

with

$$\epsilon_p = l, l \in \mathcal{E}, \mathcal{E} = \{1, \dots, U\}, \quad (3.6)$$

where l denotes the label, \mathcal{E} the set of labels and U the number of objects.

As mentioned in the introduction, Markov random fields have Gibbs distributions. If the vector ϵ contains the values of the realization of the Markov random field $E(r)$ or $E(p)$, its probability density function $p(\epsilon)$ is given by the Gibbs distribution, see for instance (KOCH AND SCHMIDT 1994, p.258)

$$p(\epsilon) = \frac{1}{Z} \exp(-U(\epsilon)), \quad (3.7)$$

where Z denotes the normalization constant and $U(\epsilon)$ the energy. It is determined by summing over the potentials $U_c(\epsilon)$

$$U(\epsilon) = \sum_{c \in C} U_c(\epsilon), \quad (3.8)$$

where c is a clique and C the set of cliques of the graph defined for the Markov random field. We may differentiate between a single-site clique c_1 , a two-sites clique c_2 , a clique c_q with q nodes up to the clique c_Q with maximum number Q of nodes. Thus we obtain instead of (3.8)

$$U(\epsilon) = \sum_{c_1 \in C_1} U_{c_1}(\epsilon) + \sum_{c_2 \in C_2} U_{c_2}(\epsilon) + \dots + \sum_{c_q \in C_q} U_{c_q}(\epsilon) + \dots + \sum_{c_Q \in C_Q} U_{c_Q}(\epsilon) \quad (3.9)$$

with $C_1, C_2, \dots, C_q, \dots, C_Q$ being the set of single-site cliques, of two-sites cliques and so on and $C = C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_q \cup \dots \cup C_Q$.

Due to the great number of pixels the normalization constant Z in (3.7) is difficult to compute for image processing. The conditional density $p(\epsilon_i | \partial \epsilon_i)$ of the value ϵ_i of the label at node i with $i \in \{r, p\}$ given the values ϵ_j in the neighborhood, abbreviated by $\partial \epsilon_i$, is therefore used

$$p(\epsilon_i | \partial \epsilon_i) \propto \exp\left\{-\sum_{c(i) \in C} U_c(\epsilon)\right\}, \quad (3.10)$$

where the sum is taken over the cliques $c(i)$ which contain the node i (KOCH AND SCHMIDT 1994, p.262).

4 Density Functions for the Labeling Processes

At the low level of the image analysis the pixels are labeled according to their affiliation to textures. Clusters of pixels are generally attributed to one texture rather than a few pixels. This fact can be introduced as prior information on the label ϵ_r for the pixel r from (3.2) expressed by the conditional density

$$p(\epsilon_r | \partial \epsilon_r) \propto \exp\left\{-[\alpha_\epsilon + \sum_{s \in N_r} \beta_s (I(\epsilon_r, \epsilon_{r+s}) + I(\epsilon_r, \epsilon_{r-s}))]\right\} \quad (4.1)$$

with

$$I(\epsilon_r, \epsilon_q) = \begin{cases} 1, & \text{if } \epsilon_r \neq \epsilon_q \\ 0, & \text{if } \epsilon_r = \epsilon_q. \end{cases}$$

The index s denotes a neighbor of the pixel r in its neighborhood N_r , α_r and β_s the parameters of the density. The parameters α_r control the number of pixels to be attributed to one texture and β_s the directions of the boundaries of the textures. (4.1) is a special case of the Gibbs distribution (3.10) (KOCH AND SCHMIDT 1994, p.313).

The measurements of the gray levels in the different frequency bands of the digital image contain the information on the textures. Let these measurements define a Markov random field so that the density may be obtained by the conditional normal distribution, a special case of the Gibbs distribution. Let \mathbf{y}_r be the vector of measurements of gray levels for different frequencies like red, green and blue at the pixel r , the likelihood function then follows with (KOCH AND SCHMIDT 1994, p.308; KOCH 1995)

$$p(\mathbf{y}_r | \partial\mathbf{y}_r, \epsilon_r, \partial\epsilon_r) \propto \exp \left\{ - \sum_k \left\{ \frac{1}{2\sigma_{\epsilon k}^2} [y_{rk} - \mu_{\epsilon k} - \sum_{s \in N_r} \beta_{s\epsilon k} (y_{r+s,k} - \mu_{\epsilon k} + y_{r-s,k} - \mu_{\epsilon k})]^2 \right\} \right\}, \quad (4.2)$$

where with $\mathbf{y}_r = (y_{rk})$ the measurement y_{rk} of the frequency k at pixel r is considered as being independent from the measurement of the different frequencies at pixel r . The parameters of the density are the mean $\mu_{\epsilon k}$ of y_{rk} , its variance $\sigma_{\epsilon k}^2$ and $\beta_{s\epsilon k}$, which describes the texture at the frequency k for identical labels ϵ_r and $\partial\epsilon_r$.

With the prior density (4.1), which can be assumed as being conditionally dependent on $\partial\mathbf{y}_r$, and with the likelihood function (4.2) we obtain the posterior density for ϵ_r from (2.3) with

$$p(\epsilon_r | \mathbf{y}_r, \partial\mathbf{y}_r, \partial\epsilon_r) \propto p(\epsilon_r | \partial\epsilon_r) p(\mathbf{y}_r | \partial\mathbf{y}_r, \epsilon_r, \partial\epsilon_r). \quad (4.3)$$

By means of this density the MAP estimate (2.4) for the label ϵ_r is obtained either by a deterministic or a stochastic procedure (KOCH AND SCHMIDT 1994, p.324). A deterministic method is applied here, which is much faster than a stochastic approach. For each texture training sets are assumed to be available so that the parameters of the density (4.2) can be estimated. Approximate results for the segmentation are used to estimate the parameters of the

density (4.1). (4.3) is therefore applied in iterations. The first iteration is solely based on the likelihood function (4.2).

The regions obtained from the segmentation are labeled at the high level of the image analysis in order to find their meaning. Prior information on the label ϵ_p in (3.5) comes from the frequency of the occurrence of the objects in the scene. These frequencies as well as the frequency of the occurrence of neighboring objects are assumed as given by the object model. The prior information is expressed by the conditional density (3.10) for the label ϵ_p of the region p with $\epsilon = (\epsilon_p)$. By substituting (3.9) we obtain (KOCH 1995; KÖSTER 1995, p.24)

$$p(\epsilon_p | \partial\epsilon_p) \propto \exp \left\{ - \sum_{c_1(p) \in C_1} U_{c_1}(\epsilon) - \dots - \sum_{c_q(p) \in C_q} U_{c_q}(\epsilon) - \dots - \sum_{c_Q(p) \in C_Q} U_{c_Q}(\epsilon) \right\}. \quad (4.4)$$

Let S_{pq} be the number of cliques with q sites, thus $S_{p1} = 1$. We then obtain instead of (4.4)

$$p(\epsilon_p | \partial\epsilon_p) \propto \exp \left\{ - U_{p11}(\epsilon) - \dots - \frac{1}{S_{pq}} \sum_{o=1}^{S_{pq}} U_{pqo}(\epsilon) - \dots - \frac{1}{S_{pQ}} \sum_{o=1}^{S_{pQ}} U_{pQo}(\epsilon) \right\}, \quad q \in \{1, \dots, Q\}, o \in \{1, \dots, S_{pq}\}, \quad (4.5)$$

where S_{pq} has been used to normalize the contribution of the potentials of the cliques with equal nodes. The potential of one clique is now denoted by $U_{pqo}(\epsilon)$ in order to indicate that the region p belongs to the clique, that q sites constitute the clique and o is its number within the cliques of q sites.

Applying the frequencies mentioned above we may also write

$$p(\epsilon_p | \partial\epsilon_p) \propto p_{p1}(\epsilon) \dots p_{pq}(\epsilon) \dots p_{pQ}(\epsilon) \quad (4.6)$$

with

$$p_{pq}(\epsilon) = \left[\prod_{o=1}^{S_{pq}} p_{pqo}(\epsilon) \right]^{1/S_{pq}},$$

where $p_{pq}(\epsilon)$ denotes the contribution of the cliques with q sites to the density and $p_{pqo}(\epsilon)$ the contribution of clique o within the cliques of q sites. The number S_{pq} has been used again for the normalization. By comparing the right hand

sides of (4.5) and (4.6) we conclude (KÖSTER 1995, p.25)

$$p_{pqo}(\epsilon)^{1/S_{pq}} \propto \exp\left\{-\frac{1}{S_{pq}}U_{pqo}(\epsilon)\right\},$$

or

$$p_{pqo}(\epsilon) \propto \exp\{-U_{pqo}(\epsilon)\}. \quad (4.7)$$

Data, which characterize the regions to be interpreted, should be invariant with respect to the scale and the rotation of the regions. Observations describing the form and the compactness of a region are therefore suitable for the interpretation. By forming the ratio of the areas of two regions and the difference of the orientations of two regions, the data for the relations between two regions are obtained. If the ratios and differences are added, relations between three regions are found. This may be continued to higher order relations.

Let the observations for the regions and their relations define a Markov random field. According to the representation (3.9) of the Gibbs distribution, the data for the regions are connected with the one-site cliques and the data for the relations between two and more regions with cliques of two and more nodes. Let \mathbf{y}_p be the vector of observations for region p , then

$$\mathbf{y}_p = [y'_{p1}, \dots, y'_{pq}, \dots, y'_{pQ}]' \quad (4.8)$$

with

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_{pq} &= (y_{pqov}), & q &\in \{1, \dots, Q\}, \\ o &\in \{1, \dots, S_{pq}\}, & v &\in \{1, \dots, V_q\}, \end{aligned}$$

where \mathbf{y}_{pq} denotes the vector of observations for the cliques with q sites and y_{pqov} the observation itself. For each clique with q sites V_q observations are available.

By assuming the components of \mathbf{y}_p as being normally distributed and independent although ratios and difference of observations have been used, the likelihood function is obtained by (KOCH 1995; KÖSTER 1995, p.23)

$$\begin{aligned} p(\mathbf{y}_p | \partial \mathbf{y}_p, \epsilon_p, \partial \epsilon_p) &\propto \exp\{ \\ & - \sum_{v=1}^{V_1} \frac{1}{2\sigma_{11v}^2} (y_{p11v} - \mu_{11v})^2 - \dots \\ & - \frac{1}{S_{pq}} \sum_{o=1}^{S_{pq}} \sum_{v=1}^{V_q} \frac{1}{2\sigma_{qov}^2} (y_{pqov} - \mu_{qov})^2 - \dots \end{aligned}$$

$$- \frac{1}{S_{pQ}} \sum_{o=1}^{S_{pQ}} \sum_{v=1}^{V_Q} \frac{1}{2\sigma_{Qov}^2} (y_{pQov} - \mu_{Qov})^2\}. \quad (4.9)$$

The parameters μ_{qov} and σ_{qov}^2 of the density, the expected value and variance of y_{pqov} , depend on the labels ϵ_p and $\partial \epsilon_p$, they are given by the object model.

The posterior density $p(\epsilon_p | \mathbf{y}_p, \partial \mathbf{y}_p, \partial \epsilon_p)$ is obtained as (4.3) with (4.5), (4.7) and (4.9) from (2.3)

$$\begin{aligned} p(\epsilon_p | \mathbf{y}_p, \partial \mathbf{y}_p, \partial \epsilon_p) &\propto \\ & p(\epsilon_p | \partial \epsilon_p) p(\mathbf{y}_p | \partial \mathbf{y}_p, \epsilon_p, \partial \epsilon_p). \end{aligned} \quad (4.10)$$

This density is used for the MAP-estimate of ϵ_p . Again the deterministic procedure is much faster than the stochastic one (KÖSTER 1995, p.61).

5 Results

The interpretation has been applied to a part of the RGB aerial photograph "glandorf", which constitutes a test data set of the ISPRS Working Group III/3 (FRITSCH *et al.* 1994). This digital image contains many shadows so that the grey values of the colors red, green and blue were transformed into the HSI color model (hue, saturation and intensity) (GONZALES AND WOODS 1992, p.234). In the HSI color model the shadows appear only in the intensity. Figure 1 shows the intensity by means of grey values of the part of the image "glandorf". Eight training sets were selected from the digital image for the segmentation. They represent streets, bushes, lawns, meadows and shadows from trees and houses. The remaining three sets show three kinds of textures for the roofs of houses. The results of the first segmentation based on the likelihood function (4.2) are given in Figure 2. Figure 3 shows the final results of the segmentation. It contains 389 regions after applying a median filter which corrects minor misclassifications. As a comparison Figure 4 contains the segmentation of the RGB image. The houses cast the intensive shadows, the contours of the houses are better preserved in Figure 3. This segmentation is used for the interpretation, although quite a number of regions are not correctly identified.

Eight objects had to be identified in the digital image: streets (*s*), houses (*ho*), annexes or garages (*a*), hedges (*he*), lawns (*l*), meadows (*m*), bushes (*b*), greens within streets (*g*). Observations have been gathered for one-site, two-sites and three-sites cliques, five for the one-site cliques and three for the two- and three-sites cliques. The five observations for the one-site cliques are measures for the form, the roundness and the compactness of the regions and the first and second HU-invariant. The three observations for the two- and three-sites cliques are the area, the orientation and the mean grey level of the regions.

For a comparison the segmented image of Figure 3 has been visually interpreted. The results are shown in Figure 5, where the identified objects are represented by grey values. Large areas labeled as unknown could not be interpreted at all. This is due to the errors in the segmentation. Figure 6 finally shows the results of the automatic interpretation. About 33 % of the objects are incorrectly labeled in comparison to the visually interpreted image. These results are encouraging for further development.

Acknowledgement: This work has been partially supported by Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG).

References

- FRITSCH, D., M. SESTER AND T. SCHENK (1994) Test on image understanding. In: EBNER, H., C. HEIPKE AND K. EDER (Eds.), *Proc ISPRS Comm III Symp, München*. SPIE-The International Society for Optical Engineering, Bellingham, 243-248.
- GONZALES, R.C. AND R.E. WOODS (1992) *Digital Image Processing*. Addison-Wesley, Reading.
- KOCH, K.R. (1988) *Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models*. Springer, Berlin.
- KOCH, K.R. (1990) *Bayesian Inference with Geodetic Applications*. Springer, Berlin.
- KOCH, K.R. (1995) Markov random fields for image interpretation. *Z Photogrammetrie und Fernerkundung*, 63:84-90, 147.
- KOCH, K.R. AND M. SCHMIDT (1994) *Deterministische und stochastische Signale*. Dümmler, Bonn.
- KÖSTER, M. (1995) *Kontextsensitive Bildinterpretation mit Markoff-Zufallfeldern*. Reihe C. Deutsche Geodätische Kommission, München. In preparation.
- MODESTINO, J.W. AND J. ZHANG (1992) A Markov random field model-based approach to image interpretation. *IEEE Trans Pattern Anal Machine Intell*, 14:606-615.
- PAN, Y. (1994) *Autoregressive Modelle für die Texturanalyse in digitalen Bildern*. Reihe C, 430. Deutsche Geodätische Kommission, München.

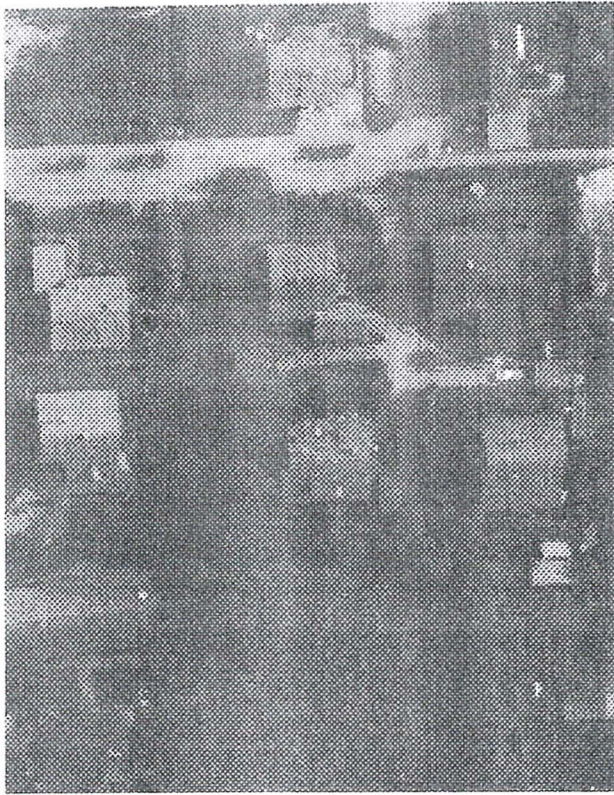


Fig. 1: Intensity of colors of the digital image

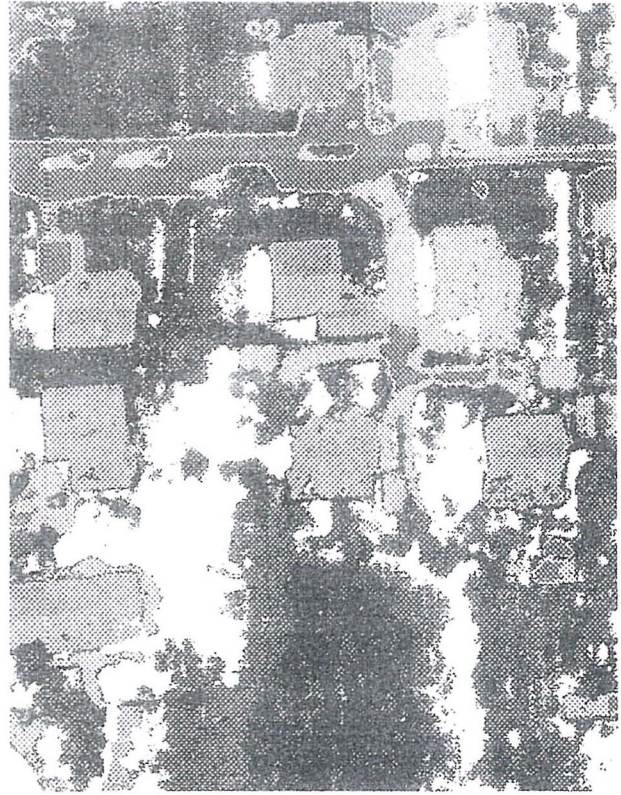


Fig. 2: First segmentation of the HSI image



Fig. 3: Segmented HSI image



Fig. 4: Segmented RGB image



Fig. 5: Visual interpretation

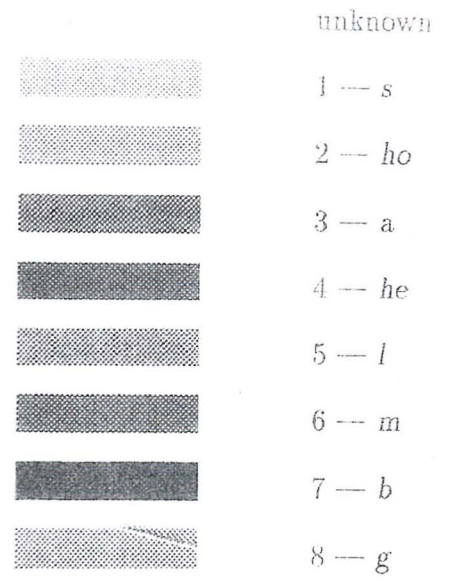
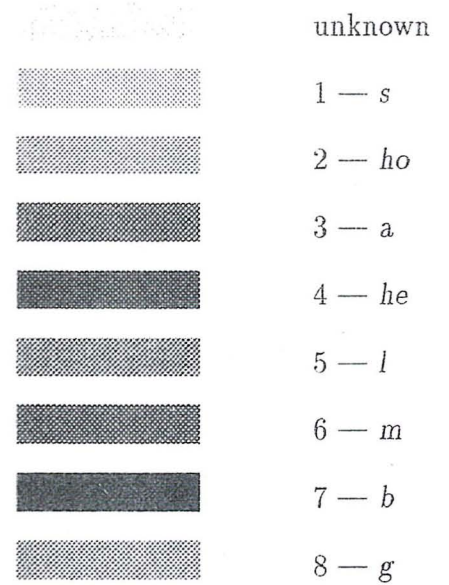


Fig. 6: Automatic interpretation



COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE COMPENSAÇÃO EM UMA POLIGONAL FECHADA TIPO III (NBR 13 1333)

RICARDO LERNES DO SCHAAL

Eng. Eletrônica PTR - CRAAL - C. P. 61548 - CEP 05424-970 - SP - Brasil

EDVALDO S. FONSECA Jr.

Eng. Cartógrafo EPLSP-PTR - C. P. 61548 - CEP 05424-970 - SP - Brasil

LUIZ GUIMARÃES BARBOSA

Pos-Graduando EPLSP-PTR - C. P. 61548 - CEP 05424-970 - SP - Brasil

RESUMO

É apresentado o resultado da comparação entre quatro processos de ajustamento de coordenadas em uma poligonal retilínea. Para efeito de comparação utilizou-se os dados de uma poligonal medida eletronicamente ao longo da BASEUSP de calibração de distanciômetros eletrônicos. Foi introduzido um erro de 1 minuto de arco no ângulo horário do primeiro vértice o que resultou em erros de 0,527 m e de 0,278 m, respectivamente nas coordenadas Norte e Este. Dos quatro métodos utilizados, um é o método da compensação simples e os outros três utilizam o método dos mínimos quadrados. Destes últimos dois são programas comerciais e um foi desenvolvido no Laboratório de Topografia e Geodesia da EPLSP. Resultados mostram que a compensação simples é um método bem aceitável considerando a facilidade de sua aplicação. Um dos métodos de mínimos quadrados foi que apresentou coordenadas mais próximas da poligonal originalmente fechada.

ABSTRACT

Results from four adjustments methods on a traverse polygonal are presented. As comparison purpose, it is used the electronic survey data obtained besides the BASEUSP electronic distanciometers calibration base. It is applied a 1 arc minute offset at the first vertex angle, resulting coordinates closing error of 0,527 and 0,278 meters, respectively, in the North and East directions. In the four applied methods, one is the simple compensation and the others are based on the minimum least square method. From the last ones, two are programs on the market and one was developed at the Geodetic and Survey Lab from EPLSP. In the results, the simple compensation method shows as a acceptable method related to trivial mathematics. Taking in account all methods, one of the minimum least squares resulted in nearest coordinates from the original closed polygonal.

1 - INTRODUÇÃO

Durante o desenvolvimento de um curso de aperfeiçoamento, realizado no Departamento de Transportes da EPLSP, foram abordados temas sobre métodos de ajustamento.

Neste curso foi realizada a medida de uma poligonal retilínea planimétrica, tipo III, com cerca de 2 quilômetros de extensão, caminhando aproximadamente paralelo a BASE-USP de calibração de distanciômetros eletrônicos. A BASE-USP é amplamente descrita por Pacileo [1].

Com o desenrolar dos trabalhos constatou-se a possibilidade de se aplicar vários programas de ajustamento de poligonais. O método clássico

inicialmente aplicado foi a compensação simples e posteriormente três métodos de mínimos quadrados, sendo dois disponíveis em programas comerciais e um desenvolvido no Departamento de Transportes. Cada um dos métodos apresentou, como resultado, diferentes conjuntos de coordenadas ajustadas.

Ficou bem claro que a simples denominação de Método de Mínimos Quadrados não especifica uma solução.

No sentido de obter maior clareza nas comparações entre os métodos, efetuou-se duas modificações nos dados originais da poligonal planimétrica.

Primeiro igualou-se as coordenadas do ponto de referência de chegada com as coordenadas do

último ponto da poligonal, com esse procedimento anulou-se os erros de fechamento de coordenadas. Posteriormente igualou-se o ângulo de azimute final com o azimute calculado a partir do ângulo medido no vertice de fechamento. Desse modo obteve-se uma poligonal com erros de fechamento de coordenadas e angular igual a zero.

Foi gerada uma nova poligonal, acrescentando-se de 1 minuto de arco no ângulo horário do primeiro vertice da poligonal fechada. Com este procedimento obteve-se uma poligonal novamente aberta, porém com um erro de medida conhecido. Foi escolhido o primeiro vertice, pois neste tipo de poligonal é onde causa maior erro de fechamento de coordenadas.

Esta nova poligonal é a base de dados para os vários métodos de ajustamento.

A seguir são apresentados os métodos aplicados na nova poligonal.

Por questões de ética, os métodos de mínimos quadrados não são identificados.

2 - MÉTODOS DE AJUSTAMENTO

2.1 Método da Compensação Simples

A compensação simples é o método mais usual na topografia e consiste em se proceder duas operações separadas.

Primeiro se processa o fechamento angular distribuindo o erro de fechamento equitativamente nos vértices e em seguida o erro de fechamento em cada eixo de coordenada e distribuindo proporcionalmente aos segmentos de projeção de cada lado da poligonal. O método é apresentado em detalhes em [2].

A compensação simples, neste trabalho, é denominada de Método A.

2.2 Métodos de Mínimos Quadrados - MMQ

O MMQ, introduzido por Gauss, é um procedimento matemático aplicado em um conjunto de dados observacionais, no sentido de se obter os valores mais prováveis para este conjunto. O método pode ser aplicado em diferentes sistemas de equações. Desenvolvimentos mais detalhados das aplicações podem ser vistos em [3], [4].

2.2.1 Método B

Este método desenvolve três equações de condições para a poligonal planimétrica, duas relativas aos erros de fechamento de coordenadas e uma relativa ao erro de fechamento angular. O método tem por base a teoria da propagação dos erros.

As equações de condições de fechamento das coordenadas tem por incógnitas ajustes angulares em cada vértice e ajustes das coordenadas de cada lado.

Os parâmetros referentes aos ajustes angulares, são proporcionais a distância de cada vértice ao ponto de fechamento da poligonal. Os parâmetros referentes aos ajustes de coordenadas, são proporcionais às respectivas projeções de cada lado.

Os parâmetros da equação de fechamento angular são iguais a unidade.

O sistema é constituído por três equações e $2 \cdot n - 1$ incógnitas: n é o número de vértices.

2.2.2 Método C

Este método é desenvolvido utilizando o método paramétrico dos mínimos quadrados por variação de coordenadas.

Partindo das coordenadas aproximadas, em cada vértice é considerada uma incógnita, que adicionada ao valor aproximado resulta no fechamento de coordenadas. No conjunto de equações é aplicado o método geral dos mínimos quadrados, no qual os elementos da diagonal da matriz dos pesos são inversamente proporcionais às variâncias dos ângulos e das distâncias.

A variância dos ângulos e das distâncias são dada pelas especificações do equipamento.

Neste método, cada observação é tratada com uma medida independente, ou seja, cada medida é tratada como uma equação independente, não sendo utilizada a média de duas medidas realizadas entre dois mesmos pontos.

2.2.3 Método D

Este método é semelhante ao método B, no qual também são constituídas três equações de condições.

Os parâmetros dos ajustes angulares em cada vértice das equações de fechamento das coordenadas são proporcionais a distância da coordenada do vértice a coordenada central da figura.

Os parâmetros da equação de fechamento angular são iguais a unidade.

Neste método o sistema de equações apresenta 2 \cdot n incógnitas e do mesmo modo é resolvido pelo método de Lagrange.

3 - RESULTADOS

Na Tabela 1 e 2 são apresentadas, respectivamente, as coordenadas Norte e Este da

poligonal previamente fechada, da poligonal modificada de l' no primeiro vertice e as coordenadas ajustadas pelos quatro metodos

Procurando um modo mais didatico, foram colocados no mesmo gráfico cartesiano, todos os vertices com coordenadas obtidas, respectivamente, em cada ajustamento, assim como os vertices da poligonal modificada de l' e os vertices da poligonal originalmente fechada

No exemplo apresentado o desvio de l' no primeiro vertice, produz um deslocamento das coordenadas nos vertices subsequentes, inferior a 1 metro. Dessa forma não é possível distinguir as varias soluções em uma escala compativel com o comprimento da poligonal. Para se melhor visualizar as diferenças entre os varios metodos, as diferenças de coordenadas com a poligonal fechada foram ampliadas de 1500 vezes

Na figura 1 é possível perceber o "caminho" de cada ajustamento

CONCLUSÃO:

A compensação simples é um metodo bastante satisfatorio e com vantagem de não depender de programa que utilize matematica sofisticada

O metodo D apresenta coordenadas que mais se aproximam das coordenadas originais neste exemplo, quando ocorre um erro de medida angular logo no inicio do caminhamento

Erros de medidas de distância não foram considerados pelo fato de sempre provocarem o mesmo erro de fechamento, independentemente da posição do lado da diagonal

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - Pacileo Netto, N. Calibração de Medidores Eletrônicos de Distância. Construção de uma base multipilar na USP e Metodologia de Aferição. São Paulo, 1990, 187 p. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo

2 - Pinto, L. E. K. Curso de Topografia, Centro Editorial e Didático da UFBA, 1988

3 - Wolf, P. R. Adjustments Computations. Wisconsin P. B. L. Publishing Co., 2nd, 1980.

4 - Asin, F. M. Geodésia y Cartografía Matemática. Madrid, s. ed., 1983.

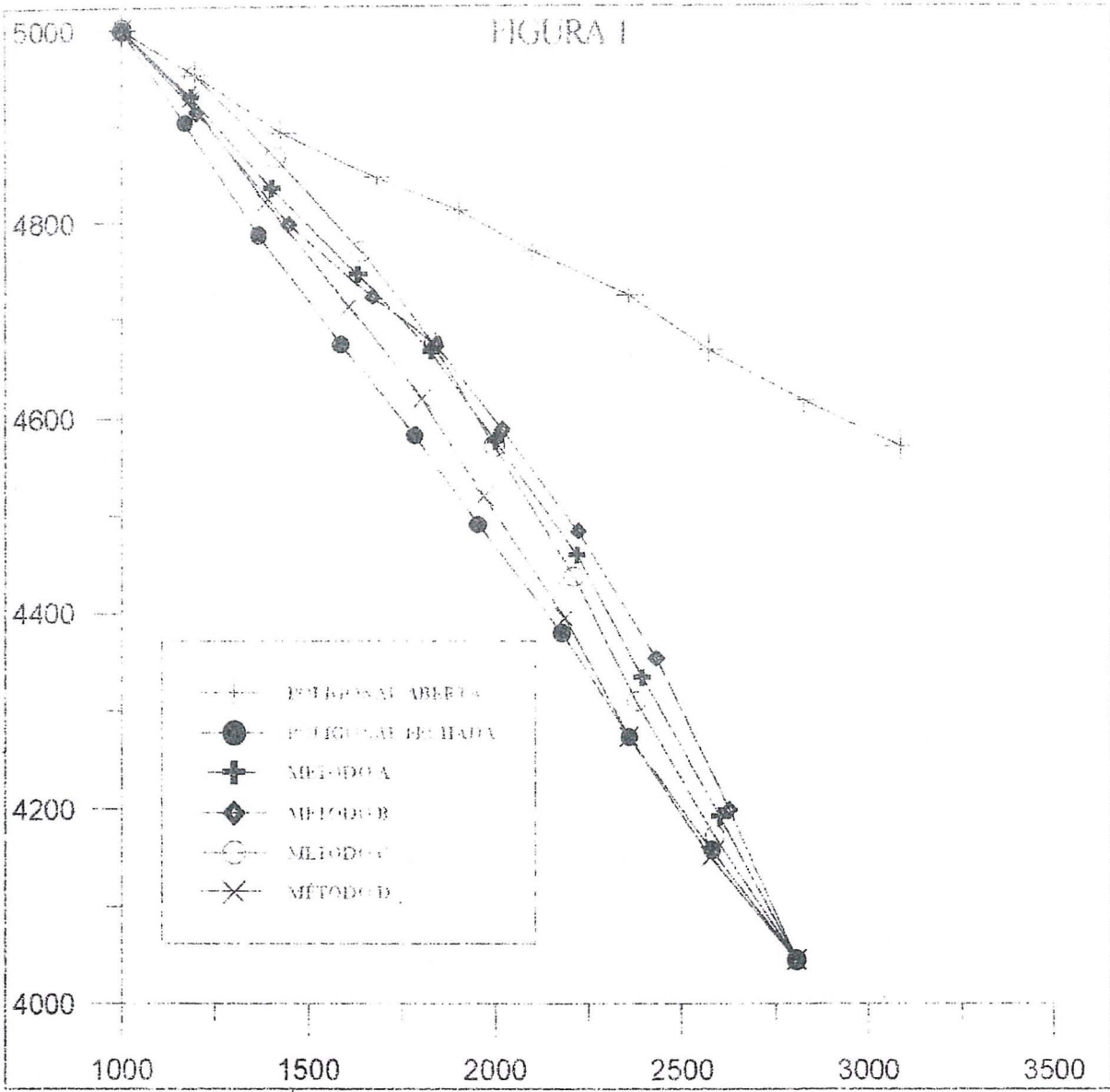
TABELA 1
COORDENADAS NORTE DA POLIGONAL FECHADA, POLIGONAL ABERTA
E POLIGONAIS AJUSTADAS PELOS MÉTODOS A, B, C, D

POLIGONA L FECHADA	POLIGONA L ABERTA	MÉTODO A	MÉTODO B	MÉTODO C	MÉTODO D
5000.000	5000.000	5000.0000	5000.000	5000.0000	5000.0000
4903.860	4903.909	4903.8777	4903.867	4903.8923	4903.8843
4787.027	4787.133	4787.0589	4787.034	4787.0807	4787.0606
4675.175	4675.346	4675.2221	4675.207	4675.2384	4675.2129
4584.362	4584.590	4584.4182	4584.422	4584.4232	4584.3985
4492.265	4492.544	4492.3222	4492.330	4492.3191	4492.2942
4380.527	4380.871	4380.5801	4380.597	4380.5654	4380.5415
4273.241	4273.638	4273.2815	4273.295	4273.2654	4273.2411
4158.669	4159.130	4158.6922	4158.696	4158.6786	4158.6619
4045.902	4046.429	4045.9020	4045.902	4045.9020	4045.9020

TABELA 2
COORDENADAS ESTE DA POLIGONAL FECHADA, POLIGONAL ABERTA
E POLIGONAIS AJUSTADAS PELOS METODOS A, B, C, D

POLIGONA L FECHADA	POLIGONA L ABERTA	MÉTODO A	MÉTODO B	MÉTODO C	MÉTODO D
1000.000	1000.000	1000.0000	1000.000	1000.0000	1000.0000
1166.688	1166.716	1166.7004	1166.710	1166.7063	1166.7019
1364.890	1364.952	1364.9143	1364.945	1364.9208	1364.9094
1585.955	1586.050	1585.9853	1586.010	1585.9903	1585.9764
1781.077	1781.198	1781.1082	1781.117	1781.1111	1781.0977
1952.809	1952.957	1952.8404	1952.854	1952.8384	1952.8252
2176.274	2176.455	2176.3015	2176.304	2176.2953	2176.2827
2359.176	2359.388	2359.1993	2359.224	2359.1890	2359.1764
2578.921	2579.167	2578.9350	2578.953	2578.9264	2578.9179
2805.610	2805.888	2805.6100	2805.610	2805.6100	2805.6100

FIGURA I



An Assessment of the Effect of Mathematical Correlation on GPS Network Computation: A Summary

Marcelo C. Santos, Petr Vaníček and Richard B. Langley

Geodetic Research Laboratory
Department of Geodesy and Geomatics Engineering
University of New Brunswick, P.O. Box 4400
Fredericton, NB, Canada E3B 5A3

ABSTRACT

This paper presents a summary of a study of the effect of mathematical correlations on GPS network data reduction using carrier phase double difference observations. For our analysis, a network with baselines of hundreds of kilometres in length was processed applying three distinct modes of observation correlation: (a) the correlations were ignored, (b) only the correlations within baselines were taken into account, and (c) all correlations, including those between baselines, were considered. This analysis used both broadcast and post-fitted orbits. It is shown in this study that the proper modelling of mathematical correlation typically yields a more realistic formal error estimates and better reliability of baseline component estimates.

RESUMO

Este artigo descreve um estudo sobre o efeito da correlação matemática no processamento de redes GPS, usando-se observações de dupla diferença de fase. Para tal, uma rede, composta por bases com comprimento de centenas de quilômetros, foi processada utilizando-se 3 modalidades distintas de correlação: (a) ignorando-as, (b) considerando somente aquelas entre as observações, e (c) considerando as correlações entre as bases, sendo esta modalidade a mais rigorosa. Este processamento utilizou-se de órbitas transmitidas e precisa, o que permite uma comparação entre a qualidade destes dois tipos de órbitas. Verificou-se que a correta modelagem das correlações matemáticas propicia, de modo geral, uma estimativa da precisão (desvio padrão) mais realista, bem como melhores resultados. Ignorando-se as correlações resulta em precisões irrealmente altas. Uma correta estimativa da precisão é importante em trabalhos de densificação de redes, e integração entre redes terrestres e GPS, bem como no processamento tri-dimensional de redes GPS.

1 Introduction

Two types of correlations affect the Global Positioning System (GPS) double difference carrier phase observations: the mathematical, and the physical correlations. The mathematical correlation is created when, for the sake of removing common errors and reducing partially correlated errors, the double difference observable is formed. The physical correlation is a consequence of the environment common to the observations, making them spatially and/or temporally correlated. The physical correlation is usually not taken into account.

The correlations affecting the double difference observations are accounted for via the covariance matrix of the observations. For a baseline, the mathematical correlation yields a block diagonal structure for the observation's covariance matrix; including the physical correlations, results in a fully populated covariance matrix. Taking into account the correlations yields better estimates and more realistic formal errors. It also allows an easier ambiguity resolution. Realistic formal errors are important for tasks of GPS network densification and integration between GPS and terrestrial networks, as well as for the 3-dimensional processing of GPS networks.

Earlier evaluations of the effect caused by the mathematical correlations in GPS network processing reported in the literature (e. g., *Vaniček et al.* [1985], *Beutler et al.* [1987], *Hackman et al.* [1989], *Hollmann et al.* [1990]) have been based on relatively small networks (with baselines of up to 60 km). They typically found little difference in the estimated coordinate values whether correlations were ignored or taken into account.

El-Rabbany [1994] investigated the effect of physical correlation on baseline determination and accuracy estimation in GPS differential positioning. Among the several important conclusions drawn in his study, we quote: that the use of a scale factor to scale

the overly optimistic covariance matrix was found to be inappropriate and that the physical correlation is typically inversely proportional to both observation sampling rate and baseline length. In this study, we used baselines of hundreds of kilometres in length and an observation sampling interval of 120 seconds. The physical correlation was disregarded and its effect assumed to be negligible.

There are 3 basic ways of coping with the mathematical correlation: (1) to use the undifferenced carrier phases, which are mathematically uncorrelated, (2) to decorrelate the double difference measurements of one epoch by means of Cholesky decomposition [*Goad & Müller*, 1988], or (3) to keep the double difference untouched and compute the corresponding covariance matrix pertaining to one epoch directly from the differencing operator matrix used to form the double differences from the undifferenced observations [*Beutler et al.*, 1987]. From the mathematical point of view, these approaches are similar. For the analysis reported in this paper, we use the third approach.

2 Mathematical Correlation

The double difference carrier phase observable has found great use in GPS computations due to the fact that it is capable of removing or eliminating errors and biases affecting the original (undifferenced) carrier phase observations such as satellite and receiver clock errors, atmospheric effects, and orbital biases [*Langley*, 1993]. A consequence of doubly differencing the carrier phases is that the observations become mathematically correlated.

When processing data from a network occupied by GPS receivers, 3 approaches can be applied for handling the mathematical correlation: (a) ignore it, (b) consider its effect within each individual baseline (the between-

satellite correlation), or (c) consider its effect both within and between the baselines. Approach (c) is the most rigorous one, but applies only for simultaneously observed baselines; approaches (a) and (b) do not have such a requirement and can be applied in the processing of single baselines or networks.

Let the double difference observations for one epoch be represented as:

$$\nabla\Delta\Phi = \underline{R} \Phi, \quad (1)$$

where \underline{R} is a matrix with entries 0's, +1's and -1's and Φ is the vector of undifferenced carrier phase observations. Applying the law of propagation of variances [Vaníček & Krakiwski, 1986] we arrive at the covariance matrix of the double difference observations:

$$\underline{C}_{\nabla\Delta\Phi} = \underline{R} \underline{C}_{\Phi} \underline{R}^T, \quad (2)$$

where \underline{C}_{Φ} is the covariance matrix of the vector Φ . The undifferenced phases are assumed to be uncorrelated. If the mathematical correlation is totally disregarded, $\underline{C}_{\nabla\Delta\Phi}$ equals an identity matrix. If, in a network mode, the mathematical correlations of the double difference observations within individual baselines are considered, the diagonal sub-matrices, one for each baseline, will have a block diagonal structure in $\underline{C}_{\nabla\Delta\Phi}$, and all off-diagonal sub-matrices will be equal to zero. If all mathematical correlations are taken into account, there will be some non-zero elements in the off-diagonal submatrices, each representing correlations between receivers observing the same satellite. It goes without saying that matrix $\underline{C}_{\nabla\Delta\Phi}$ is scaled by the a priori variance factor of the double difference observations.

The rigorous implementation of the covariance matrix, including the correlations between baselines, adds a great deal of computation to the processing. Efficient methods are needed, such as the one described by Beutler *et al.* [1987].

3 Effect of Mathematical Correlation on Network

The effect of mathematical correlation was assessed using a network composed of 4 stations, namely Goldstone (GOLD), Algonquin (ALGO), Penticton (DRAO) and Pie Town (PIE1). The geographical distribution of this network is shown in Figure 1. Three independent baselines were formed, with station GOLD common to all of them. The baselines, and their respective lengths, are: Goldstone-Algonquin (3402 km), Goldstone-Pie Town (810 km) and Goldstone-Penticton (1556 km). The data set used for the processing shown in this paper covers a period of one full day (day 003 of GPS week 730). We used the network oriented DIPOP software [Santos, 1995] for the data processing.

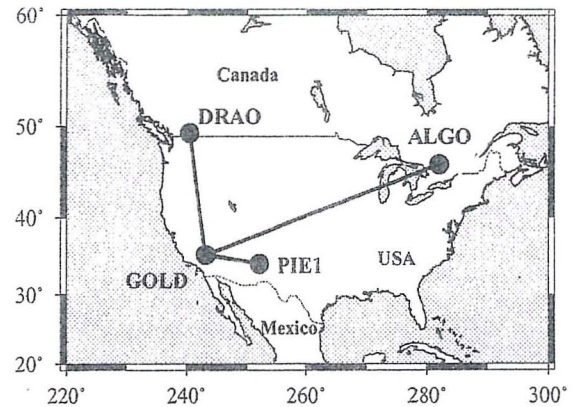


Figure 1: Geographical distribution of the stations.

As far as the mathematical correlation is concerned, the network was processed using the three different modes: (a) totally disregarding the mathematical correlation, i.e., assuming $\underline{C}_{\nabla\Delta\Phi}$ equal to an identity matrix, (b) modelling the mathematical correlation within each baseline, and (c) modelling the mathematical correlations between baselines. The results were compared in order to assess

Table 1: Formal errors (in millimetres) using broadcast ephemerides.

Station: Algonquin				
Corr. mode	Day 3			
	σ_ϕ	σ_λ	σ_h	σ_l
(a)	22	55	111	44
(b)	22	61	123	49
(c)	27	85	150	64
Station: Penticton				
Corr. mode	Day 3			
	σ_ϕ	σ_λ	σ_h	σ_l
(a)	27	37	87	24
(b)	28	41	94	26
(c)	41	49	128	34
Station: Pie Town				
Corr. mode	Day 3			
	σ_ϕ	σ_λ	σ_h	σ_l
(a)	14	38	93	40
(b)	14	42	99	44
(c)	16	49	121	50

Table 2: Formal errors (in millimetres) using post-fitted ephemerides.

Station: Algonquin				
Corr. mode	Day 3			
	σ_ϕ	σ_λ	σ_h	σ_l
(a)	1.9	4.9	9.7	4.0
(b)	1.8	5.0	10.0	4.2
(c)	2.2	6.9	12.0	5.3
Station: Penticton				
Corr. mode	Day 3			
	σ_ϕ	σ_λ	σ_h	σ_l
(a)	2.2	2.8	7.1	2.1
(b)	2.2	2.8	7.0	2.0
(c)	3.2	3.3	9.6	2.6
Station: Pie Town				
Corr. mode	Day 3			
	σ_ϕ	σ_λ	σ_h	σ_l
(a)	1.0	2.8	7.9	2.9
(b)	1.1	3.0	8.0	3.1
(c)	1.3	3.5	9.9	3.5

how the formal errors (precision) of the different solutions behave. Also, the adjusted baselines were compared to the corresponding published ITRF92 values, in an attempt to gauge the accuracy of the three distinct modes.

The effect of mathematical correlation in the precision estimation of the network solution, for the three correlation modes, is summarized in Table 1 for a solution using the broadcast ephemerides, and in Table 2 for a solution using the post-fitted ephemerides, for all 3 baselines. The post-fitted ephemerides were produced as a batch orbital solution covering the day used [Santos, 1995]. It can be seen that without the mathematical correlation the formal errors are, most of the time, smaller than those obtained using the mathematical correlations. Also, the formal error estimates using the broadcast ephemerides are larger than those obtained using post-fitted ephemerides.

The effect of mathematical correlation on

the final results is seen in Figure 2 for the solution using the broadcast ephemerides, and in Figure 3 for the solution using the post-fitted ephemerides. These figures show the relative error in baseline length by comparing the baselines resulting from the adjustment with the published ITRF92 values [Altamini & Boucher, 1994]. Again, the three correlation modes (a), (b) and (c) were used. It can be clearly seen that the results improve with the proper modelling of the mathematical correlation by as much as 50%.

Another interesting feature to be noticed is the difference in the quality of the solution obtained using the broadcast and the post-fitted orbits. According to the rule of thumb [Vaníček et al., 1985], the broadcast orbits used have an orbital bias in the 3 m range; whereas, the post-fitted orbit used is certainly below the single metre level. The use of post-fitted orbits results in a final solution one order of magnitude more accurate than that using broadcast orbits.

4 Conclusions

This paper gives a summary of an investigation into the effect of mathematical correlation in the processing of a data from a GPS network. The modes of mathematical correlation considered were: (a) correlations were ignored, (b) correlations within baselines were taken into account, and (c) correlations between baselines were accounted for. The conclusions are: (1) the proper modelling of mathematical correlations yields a more realistic accuracy estimation, typically, $\sigma_{(c)} > \sigma_{(b)} > \sigma_{(a)}$; (2) better results are obtained using modes (c), (b), (a), in this order; (3) the effect of the quality of the orbit used seems to be greater than that due to the proper modelling of the mathematical correlation itself. We intend to follow up this study with further testing of the effect of mathematical correlation on networks with a mixture of baseline lengths.

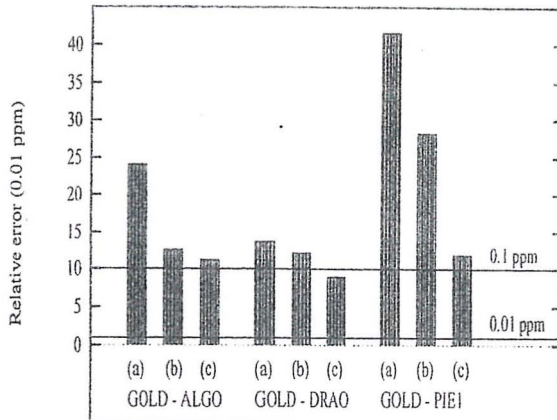


Figure 2: Relative error in baseline length, for correlation modes (a), (b) and (c) (using broadcast ephemerides).

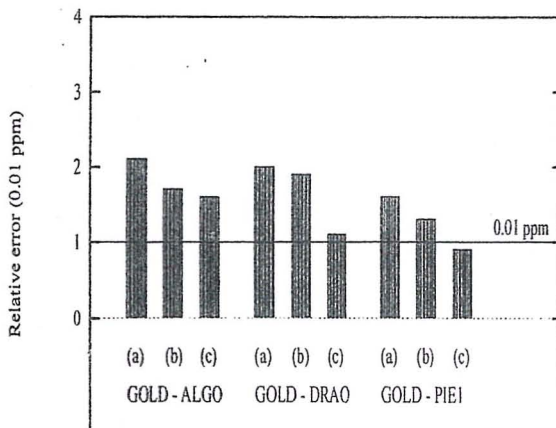


Figure 3: Relative error in baseline length, for correlation modes (a), (b) and (c) (using post-fitted orbits).

5 Acknowledgment

Funds for the research reported in this paper were provided by Brazil's Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Thanks to A. van der Wal for comments on a draft of this paper.

6 References

- Altamini, Z. and C. Boucher (1993). "ITRF-92 coordinates." IGS electronic mail, message No. 421, December 22, International GPS Service for Geodynamics.
- Beutler, G., I. Bauersima, W. Gurtner and M. Rothacher (1987). "Correlations between simultaneous GPS double difference carrier phase observations in the multistation mode: implementation considerations and first experiences." *Manuscripta Geodaetica*, Vol. 12, pp. 40-44.

- El-Rabbany, A. E. (1994). *The Effect of Physical Correlations on the Ambiguity Resolution and Accuracy Estimation in GPS Differential Positioning*. Ph.D. dissertation, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report No. 170, University of New Brunswick, Fredericton, N.B., Canada, 161 pp.
- Goad, C. C. and A. Müller (1988). "An automated procedure for generating an optimum set of independent double difference observables using Global Positioning System carrier phase measurements." *Manuscripta Geodaetica*, Vol. 13, pp. 365-369.
- Hackman, M. C., R. G. Bilham and X.-P. Wu (1989). "1986 Iceland GPS measurements: a comparison of solutions obtained using Magnet, Geomark, and Bernese 2.0 software." *Surveying and Mapping*, Vol. 49, No. 2, pp. 45-65.
- Hollmann, R., W. Oswald and W. Welsh (1990). "Processing of GPS phase observations in every day life: how much can various network solutions differ and how can they be compared?" *Manuscripta Geodaetica*, Vol. 15, pp. 124-36.
- Langley, R. B. (1993). "The GPS observables." *GPS World*, Vol. 4, No. 4, pp. 52-59.
- Santos, M. C. (1995). *On Real-time Orbit Improvement for GPS Satellites*. Ph.D. dissertation, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, N.B., Canada.
- Vaníček, P., G. Beutler, A. Kleusberg, R. B. Langley, R. Santerre and D. E. Wells (1985). "DIPOP Differential Positioning Package for the Global Positioning System." Department of Surveying Engineering Technical Report No. 115, University of New Brunswick, Fredericton, N.B., Canada.
- Vaníček, P. and E. J. Krakiwski (1986). *Geodesy, the concepts*, 2nd. Edition, North-Holland, Amsterdam.

PRIMEIROS RESULTADOS PARA A RESTAURAÇÃO DO CASTELO DA TORRE DE GARCIA D'AVILA

Camillo José Martins Gomes - Eng^o Cart. Prof. IME/UERJ
Christovão Dias de Avila Pires Junior - Eng^o Fortif. e
Constr. - C. Pesq. CASTELO DA TORRE

Herbert Erwes - Eng^o Cart. Prof. IME/USP

Luiz Eduardo Pereira Alves - ST Topo IME

Instituto Militar de Engenharia - IME, DE/6
Praça General Tibúrcio, 80, Praia Vermelha
22280-270, Rio de Janeiro - RJ

RESUMO

Em cumprimento ao que foi recomendado pelo ICOMOS (Conselho Internacional de Monumentos e Sítios), de acordo com a resolução número 2 de 15 de outubro de 1987 da CIPA (Comitê Internacional de Fotogrametria Arquitetônica), este trabalho pretende mostrar uma experiência brasileira no cadastramento de monumentos históricos, usando a técnica de fotogrametria terrestre. Foi escolhido um dos mais importantes monumentos do patrimônio brasileiro, construído em meados do século XVI (1551), o CASTELO DA TORRE DE GARCIA D'AVILA, situado a aproximadamente 80 km ao norte de Salvador - Bahia. Neste estágio do trabalho foi obtida a restituição fotogramétrica e ortofotos coloridas digitais de duas fachadas. O objetivo final é apoiar a preservação das majestosas ruínas deste monumento histórico que foi a primeira torre de defesa do território brasileiro, considerada a primeira grande edificação portuguesa construída no Brasil.

ABSTRACT

In attention that was recommended by ICOMOS (International Council of Monuments and Sites), according with the resolution number 2 of 10/15/1987 from CIPA (International Comitee for Architectural Photogrammetry), this article intends to show the brasilian experience in conservation of historical monuments, using the terrestrial photogrammetry technique. It was choosen one of the most important historical monuments, wich was built in Brasil in midle of XVI century (1551), the TOWER CASTLE OF GARCIA D'AVILA, situated aproximately 80 kilometers from north Salvador - Bahia. In this stage of the work it was obtained the photogrammetric restitution and color digital ortophotos of two facades. The final objective is to preserve the ruines of this monument that was the first defense tower of the brasilian territory, considered the first large portuguese construction built in Brasil.

1. INTRODUÇÃO

Um convênio de apoio técnico, assinado entre o Ministério do Exército, tendo como Organização Militar Executora (OME) o Instituto Militar de Engenharia - IME e a Fundação Garcia D'Avila, com a interveniência do Instituto Brasileiro do Patrimônio Cultural - IBPC (hoje IPHAN) e do Centro Cultural e de Pesquisas do Castelo da Torre, está iniciando os projetos de restauração da Casa da Torre, através

da aplicação da Fotogrametria Terrestre do sítio histórico e arqueológico, o que será também uma contribuição cartográfica para a criação do "Arquivo Fotogramétrico de Monumentos Históricos do Brasil". O Castelo da Torre de Garcia D'Avila, localizado no Brasil, em Praia do Forte, litoral norte da Bahia, terá suas majestosas ruínas consolidadas, sua capela sextavada literalmente restaurada e abrigará um moderno museu histórico e atividades culturais.

Construído em 1551 é considerado a primeira grande edificação portuguesa no Brasil, sendo um dos mais importantes monumentos do Patrimônio Cultural Brasileiro, que foi a sede do maior latifúndio do mundo, constituído de 129 fazendas, com uma área de 800 mil quilômetros quadrados, 1/10 do território brasileiro.

O Castelo da Torre, único castelo em estilo feudal existente nas Américas, e o Forte Garcia D'Avila são importantes marcos testemunhos da tradição e história brasileira. Participaram nas lutas de defesa da terra contra piratas e invasores estrangeiros, da história da ocupação e da colonização do Nordeste, por mais de três séculos, como também foram importante ponto de apoio nas lutas pela Independência do Brasil.

Atualmente, uma megaestrutura de turismo cultural e ecológico, que está sendo implantada na "Costa dos Coqueiros", entre Praia do Forte e Porto Sauípe, veio viabilizar a implantação do Projeto Castelo da Torre como um todo, transformando a região num verdadeiro parque histórico, ecológico, cultural e de lazer.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 - Primeira fase

A primeira fase deste projeto foi apresentada no XVI Congresso Brasileiro de Cartografia realizado no Rio de Janeiro em outubro de 1993 e constou de:

- Estabelecimento e implantação de 8 (oito) bases no terreno, a colocação de 37 (trinta e sete) alvos onde foi aplicado o método da interseção para definição espacial dos pontos de controle e a materialização de uma poligonal em torno da edificação.

- Implantação de 8 (oito) marcos de concreto de forma piramidal, tendo na sua parte superior uma chapa de bronze com a inscrição: M.EX-IME-C. CART-POL.

- Tomada de 128 (cento e vinte oito) fotografias das 10 (dez) fachadas, com a câmara P-32 Wild.

- Elaboração, na empresa PROS-PEC, de uma Ortofoto, com a utilização do "software" SORA e do equipamento OR-1 Wild.

2.2 - Segunda fase

Esta segunda fase do projeto constou de:

- Reconstrução de 4 (quatro) vértices dos marcos de concreto lançados na primeira fase.

- Implantação de 6 (seis) bases materializadas por piquetes de madeira, com pontos de pregos.

- Colocação de 33 (trinta e três) alvos para definição espacial dos pontos de controle.

- Nivelamento e contra nivelamento da poligonal.

- Medição planimétrica da poligonal implantada.

- Tomada de fotografias da fachada principal e lateral esquerda usando filmes especiais e a uma menor distância do objeto a fim de se obter melhor nitidez dos detalhes nos negativos utilizados na restituição e confecção das ortofotos coloridas.

- Elaboração da restituição de duas fachadas e ortofotos digitais coloridas, na empresa ESTEIO Engenharia e Aerolevamentos S.A. com sede na cidade de Curitiba - PR.

3. EQUIPAMENTOS DE CAMPO

Para a realização dos trabalhos topográficos foram utilizados os seguintes equipamentos:

- 1 (uma) Câmara Wild P-32 com respectivos acessórios

- 1 (um) Nível NA-2

- 1 (um) Teodolito Wild T-2

- 1 (uma) "Total Station" Wild TC-1600

- Material topográfico diverso (trenas, miras, cadernetas de campo, guarda sol, tripés, balizas, etc...)

4. MATERIAL FOTOGRÁFICO

Foram utilizados 3 (três) tipos de filmes, a saber:

4.1 - Filmes coloridos

- Kodak EKTAR 25, sensibilidade ISO 25, formato 135, filme negativo em cores, balanceado para luz de dia. Apresenta nitidez e poder de resolução extremamente altos, permitindo grau de ampliação muito grande, graças aos grãos tabulares na emulsão. É perfeito para fotos de edificações, que requeiram reprodução de detalhes finos tais como fotos científicas.

- Kodak VERICOLOR HC, sensibilidade ISO 100, formato 126, filme negativo em cores para fotografias iluminadas com a luz do dia ou com "flash" eletrônico, para exposições curtas, entre 1/125 a 1/100 de segundo. Este filme tem granulacão extremamente fina, alta definição e saturacão de cores. Possui ainda um contraste mais elevado, o que possibilita a obtençãõ de imagens mais nítidas com detalhes nas altas luzes e sombras, característica ideal para o estudo de obras arquitetônicas.

4.2 - Filme preto e branco

- Kodak TMAX 100 - Profissional, sensibilidade ISO 100, formato 126,, filme pancromático de grão finíssimo, de definição extremamente alta, com altíssimo poder de resoluçãõ. Este filme

incorpora a tecnologia dos grãos tabulares, que permite um melhor aproveitamento da luz. Isto o torna especialmente indicado para aplicações científicas e também nos casos em que tenhamos edificações com muitos detalhes e que seja necessário grandes ampliações, oferecendo maior tolerância aos erros de exposição.

4.3 - Segurança

Para fins de segurança combinou-se o tempo de exposicão de valores compreendidos entre 1/30 s, 1/60 s e 1/125 s, com aberturas de diafragma entre f/8, f/11, f/16 e f/22, tendo sido tomadas 52 (cinquenta e duas) fotografias coloridas e 12 (doze) em preto e branco, das fachadas principal e lateral

5. APOIO DE CAMPO E PRECISÕES

5.1 - Resultados obtidos

Após a rematerializaçãõ dos 4 (quatro) marcos destruídos, estabeleceu-se uma poligonal de contorno da edificaçãõ, com um comprimento total de 227,95 metros, medida com o equipamento eletrônico Wild TC-1600. Foram feitas duas séries de observações a CE (círculo a esquerda) e CD (círculo a direita) e obtidos os seguintes resultados:

POLIGONAL DE CONTORNO		
	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	RESULTADOS
TOLERÂNCIA ANGULAR	$T = 20'' \sqrt{n}$	48,9''
FECHAMENTO ANGULAR	$n = 6$	9,2''
TOLERÂNCIA LINEAR	$T = 0,1 \sqrt{L}$	4,7 cm.
FECHAMENTO LINEAR	$E = \sqrt{fx^2 + fy^2}$	1,0 mm

Os valores das especificações técnicas relativas às precisões estão contidas no Boletim de Serviço 1602 - Resolução da Presidência da República (PR) nº 22 de 21.JUL.83 da FIBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Temos então no nosso caso: n o número de vértices igual a 6 (seis), sendo f_x o fechamento no eixo dos x e f_y o fechamento no eixo dos y . O valor de L representa na fórmula acima o comprimento total da poligonal.

A altimetria da poligonal principal foi executada por nivelamento geométrico, tendo sido também realizado o contra-nivelamento.

5.2 - Bases topográficas

Com a poligonal implantada e medida passou-se à fase de determinação das bases fotográficas, que foram obtidas por irradiação duplo. No terreno estabeleceu-se 6 (seis) bases, sendo 4 (quatro) na fachada principal e 2 (duas) na fachada lateral.

5.3 - Pontos de apoio

A partir destas bases foram determinadas as coordenadas dos pontos de apoio fotogramétrico, materializados por alvos previamente colocados em pontos escolhidos nas fachadas ou em pontos existentes na construção. Todos os pontos foram obtidos pelo processo de interseção a vante com duas séries de observações (CE e CD), num total de 38 (trinta e oito) pontos de apoio. Obteve-se as alturas dos referidos alvos por nivelamento trigonométrico.

Para se ter um controle azimutal da edificação foi realizado um azimute pelo sol, com orientação para o Farol Garcia D'Avila, pertencente ao Ministério da Marinha, que possui coordenadas conhecidas.

Todos os dados foram armazenados em cadernetas de campo e disquetes de computador para possíveis utilizações posteriores. (cálculos, conferências, etc...)

6. TRABALHOS DE ESCRITÓRIO

6.1 - Restituição Fotogramétrica

Os trabalhos de restituição foram elaborados no aparelho aerotriangulador - restituidor analítico de 1ª ordem PLANICOMP C-120. A restituição foi executada na forma mais completa possível, com todos os detalhes visíveis e passíveis de representação na escala de 1:50. Em relação ao apoio de campo não existiu discrepâncias, havendo até superabundância de pontos e as precisões foram excelentes. Com relação à fachada principal os resíduos finais da orientação absoluta apresentaram em média os resultados $x = 5 \mu$; $y = 6 \mu$ e $z = 8 \mu$ e na fachada lateral foram de $x = 8 \mu$; $y = 14 \mu$ e $z = 20 \mu$ perfeitamente compatíveis com a escala final do trabalho. Os tempos de execução das duas fachadas foram de 85 (oitenta e cinco) horas de restituição e 18 (dezoito) horas de edição. Ainda na fachada principal para não se usar as extremidades do modelo utilizou-se um terceiro, com fotos tiradas de outra base no terreno.

A parte de edição foi executado em "software" específico CAD TEMAP da empresa ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.

O produto final está sendo apresentado em arquivo magnético . DXF. Estabeleceu-se um quadro de convenções tais como: buraco, pedra, reboco, fissuras, etc.

Foi elaborada uma moldura no "software" AUTOCAD para lançamentos das organizações envolvidas, dados de projeto, convenções etc.... Com os negativos coloridos apresentados, houve uma maior dificuldade de restituição do que com os em preto e branco referentes aos detalhes em geral. A moldura citada visa permitir a apresentação final do trabalho que será apresentado no "stand" do IME, no XVII Congresso Brasileiro de Cartografia.

6.2 - Ortofoto Digital

Os seguintes dados de projeto foram utilizados na confecção das ortofotos digitais da fachada principal e lateral:

- Câmara Wild: P-32
- Distância focal calibrada: 63,95mm
- Distância objeto: 19 m
- Comprimento das bases: 3 m
- Escala da foto: 1:300
- Escala da ortofoto: 1:50
- Recobrimento longitudinal: 87%

As ortofotos foram produzidas na Estação Fotogramétrica Digital Leica - Helava - DPW 770 pertencente à empresa ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A. com sede na cidade de Curitiba - PR.

Vários foram os aspectos técnicos ocorridos para suas elaborações a saber: o módulo lógico aplicado foi o SOCET SET que realiza as orientações dos modelos, modelação automática do terreno, mosaicagem de fotos (automática e manual), retificação das fotografias, coleção de dados vetoriais e outros. Inicialmente os negativos coloridos foram escanerizados, utilizando-se a estação DSW 100 (Leica - Helava) com 2000 dpi que corresponde a um "pixel" de 13 micra. Cada negativo gerou um arquivo magnético em positivo de aproximadamente 100 "megabytes", utilizou-se esta resolução visando uma possível restituição na própria estação. A nível de execução cumpria decidir que tipo de DTM seria utilizado no PLANICOMP C-120.

Devido às grandes diferenças de profundidade (z) dos detalhes, optou-se por utilizar o DTM a partir de linhas estruturais restituídas, as quais foram interpoladas formando um "grid" regular de 50 em 50 centímetros. A correção é feita automaticamente via "software", utilizando-se os pontos de apoio de campo e o DTM. Não houve discrepâncias quanto a este aspecto. Face a algumas distorções da imagem houve necessidade de se editar parte do DTM e comparar com a restituição elaborada. O tempo de execução, considerando os testes havidos e o pioneirismo do trabalho foi de

aproximadamente 50 horas. Em função das grandes diferenças de profundidade os detalhes do fundo da imagem não puderam ser retificados. Como produto final foi gerada uma ortofoto digital num arquivo magnético .TIF com resolução de 600 dpi. (Apresentado no "stand" do IME no XVII Congresso Brasileiro de Cartografia)

À semelhança da restituição foi elaborado um quadro de convenções. O produto foi remetido para os Estados Unidos da América do Norte afim de ser executado num fotoplotter a "laser", com resolução de 2.000 dpi.

7. CONCLUSÕES

7.1 - Os produtos finais obtidos ou seja: a restituição fotogramétrica de duas fachadas e respectivas ortofotos coloridas são subsídios fundamentais para a fase posterior de restauro.

7.2 - Pelo fato de se trabalhar com negativos coloridos houve algumas dificuldades na definição de detalhes. Um fator crítico se torna a revelação, destes filmes por não se contar com laboratórios especializados neste tipo de revelação.

7.3 - No aspecto técnico, foi bastante interessante porque despertou a atenção de inúmeros profissionais da área de fotogrametria, todos desejosos de fornecer soluções para os problemas que estavam ocorrendo.

7.4 - A ortofoto digital é uma técnica bastante moderna, porém, ainda não totalmente divulgada no Brasil, ressalte-se ainda o (s) aspecto (s) das cores. Acreditamos ter sido este um trabalho inédito um nosso país.

7.5 - Os produtos finais obtidos encontram-se em exposição no "stand" do Instituto Militar de Engenharia na XV EXPOSICARTA deste XVII Congresso Brasileiro de Cartografia.

7.6 - Este trabalho é mais uma contribuição cartográfica para a constituição do Arquivo Fotogramétrico de Monumentos Históricos do Brasil.

8. AGRADECIMENTOS

Antônio Pimentel Wins - Presidente do Instituto Histórico e Geográfico do Rio de Janeiro.

Carlos A. Etchevarne e Ana Maria Gantois - Museu de Arqueologia da UFBA.

Ciro Lira - Coordenador do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - Rio.

Cristina Xavier Ferreira - Arquiteta da Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador - CONDER.

Edivaldo Machado Boaventura - Universidade Federal da Bahia.

General Agenor Homem de Carvalho - Cmt da VI Região Militar.

General Luiz Augusto Cavalcante Moniz de Aragão - Cmt do Instituto Militar de Engenharia - IME.

Gilka Goulart Santana - Arquiteta Restauradora.

Joaquim Alves da Cruz Rios - Diretor do Jornal A Tarde - Salvador-Bahia.

Jorge Calmon Moniz de Bittencourt - Presidente de Honra do Instituto Geográfico e Histórico da Bahia.

Mario Mendonça de Oliveira - Arquiteto restaurador - IPHAN e Professor da Universidade Federal da Bahia.

Marcos Leoneli Espinheira - Diretor da Odebrecht S.A., responsável pelo Projeto Porto Sauípe.

Paulo Ormindó David de Azevedo - Conselheiro do ICOMOS.

Renato Berbert de Castro - Presidente do Conselho de Cultura da Bahia.

Rodolpho Pereira Tourinho - Diretor Superintendente da TV BAHIA.

Silvia Teixeira Azevedo - KODAK Brasileira Comércio e Indústria Ltda., filial Rio de Janeiro.

Sinay Neves & Irmãos Ltda.

Solange Serravale - BAIATURSA.

Stephan Meier - Diretor da Wild Brasil Instrumental Técnico Ltda.

Vera Lucia Coelho Vilar - Coordenadora do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - Salvador.

Wellington C. da Rocha, Fernando Dias Pereira e Walter Xavier Aguiar - Diretores da ESTEIO - Engenharia e Aerolevantamentos S. A.

Wilhelm Hermann Klaus Peters - Presidente da Fundação Garcia D'Avila.

9. BIBLIOGRAFIA

American Society of Photogrammetry. Manual of Photogrammetry, 4ª edição. Falls Church, 1980, 1056 páginas.

Wolf, P. R.. Elements of Photogrammetry. Tokio, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., 1948, 316 páginas.

Zeller, M. Traité de Photogrammétrie. Zurich, H.W.H, 1948, 316 páginas.

Gonçalves, A. et alii. Aplicação da Fotogrametria Terrestre para fins militares. Rio de Janeiro, 1981, 184 páginas. Projeto Final de Graduação do IME.

Morgan & Morgan. Photo-Lab-Index. Dobbs Feny, Morgan & Morgan Inc., 1975.

Fagundes, P.M., Tavares, P.E.M.: "Fotogrametria" - 1991.

Almeida, A.C. de: Aplicación de la Técnica Fotogramétrica a Levantamientos Arquitectónicos y/o Arqueológicos" - I SEFLA - 1992.

Karara, H.M. et alii (1980): "Non Topographic Photogrammetry" -

- Manual of Photogrammetry, American Society of Photogrammetry - 4th Edition - pg 785-801.
- Ruger, Werner et alli: "Photogrammetrie" - 5te Auflage - Berlin / 1987.
- Fetterman, Marc (1984): "Photogrammetry for Architecture and Historic Preservation" - American Congress on Surveying and Mapping, Proceedings - pg 429-431.
- Burns, John A. (1984): "Photogrammetry and the Historic American Buildings Survey / Historic American Engineering Record, National Park Service" - American Congress on Surveying and Mapping, Proceedings - pg 432-436.
- Schwidefsky/Ackermann: "Photogrammetry" - Verlag B.G. Teubner, Stuttgart, Germany, 8th Edition.
- Kraus/Waldhaeusl: "Photogrammetry" - Band - Ferd. Dummlers Verlag, Bonn, Germany, 2 Auflage.
- Albertz/Kreiling: "Manual Fotogramétrico de Bolsillo" - Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe, Alemanha, 3ª Edição.
- Gut, D.: "Notas de Aula de Fotogrametria Terrestre" - Não Publicadas.
- Leal, F.M.: "São Miguel das Missões - Estudo de Estabilização Conservação das Ruínas da Igreja" - Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - N° 19/1984.
- Erwes, H.: "Técnica de Hoy" - Wild Reporter N° 21 - Maio de 1983.
- Gomes, C.J.M. et alli: "Cadastro Fotogramétrico Terrestre do Castelo da Torre de Garcia D'Avila - Bahia" - Revista Militar de Ciência e Tecnologia - Vol. XI N° 1, Jan/Mar 1994.
- Gomes, C.J.M. et alli: "Utilização da Fotogrametria Terrestre na Conservação de Monumentos Históricos" Levantamento Fotogramétrico do Cristo Redentor - Rio de Janeiro - Anais do XIII Simpósio do Comitê Internacional de Fotogrametria Arquitetônica - CIPA, Krakow - Poland, 1990.
- Ministère de la Culture - Direction du Patrimoine: "Repertoire des Photographes D'Architecture de L'Inventaire - Inventaire Général des Monuments et Richesses Artistiques de la France", 1984.
- Dion, E. et al: "Photogrammetric Surveys of the Inventaire Général des Monuments et Richesses Artistiques de la France" - Published by Wild Heerbrugg Ltd, 1977.
- Moller, J.T.: "A mediaeval Ship - Terrestrial Photogrammetric Survey of a Danish Shipwreck, a Cog" - Institut of Geology, University of Aarhus, Denmark - Published by Wild Heerbrugg Ltd.
- Wild: "Manual Técnico da Câmara P-32".
- Wild-Leitz: "Manual Técnico do Sistema ELCOVISION 10".
- Dion, E. et al: "La Restitution de L'Architecture".
- Kaegi, R. et al: "Camaras Fotograficas y Aparatos de Restitución WILD para la Fotogrametria Arquitectural".
- Hardegen, L.: "The Application of Photogrammetry to the Conservation of Monuments"
- Filho, Godofredo. A Torre e o Castelo de Garcia D'Avila - Ministério da Educação e Cultura - Revista do Serviço de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 1939, 26 páginas.
- Calmon, Pedro. História da Casa da Torre - Uma Dinastia de Pioneiros, 2ª edição, 1958, 251 páginas.

PROGRAMAS DE CÁLCULO ELETRÔNICO
TRANSPORTE DE COORDENADAS PLANAS E
SUA TRANSFORMAÇÃO EM GEODÉSICAS

Eng. Genaro Araújo da Rocha
Rua Visconde de Pirajá, 443/501
22410-003 - Rio de Janeiro - RJ

RESUMO

As facilidades hoje oferecidas pelas novas tecnologias e pelos pacotes fechados de cálculos direcionados à área da Cartografia fazem o autor temer que conhecimentos básicos, ainda úteis, sejam relegados ao esquecimento, por força de interpretações apressadas e falta de divulgação adequada.

Em cruzada particular, e com o beneplácito da Revista Brasileira de Cartografia, vem trazendo à tona alguns programas para microcomputadores que tem desenvolvido nessa área, com o objetivo principal de proporcionar informações a estudantes e profissionais iniciantes, muitas vezes carentes de publicações nacionais especializadas, algumas delas fora de circulação.

Nesta oportunidade, apresenta um programa para o cálculo eletrônico do transporte de coordenadas, em linguagem Qbasic, que proporciona a demonstração do cálculo não só de transformações de coordenadas, como, também, dos elementos auxiliares presentes no transporte de coordenadas, tais como convergência meridiana, fator de escala, reduções angulares, distâncias e azimutes, planos e elipsóidicos.

ABSTRACT

The main purpose of this paper is to try to refresh useful basic knowledges in the cartographic area before students and junior professionals believe that such informations are no more important because the new technologies, like GPS and closed computer programs, are easily obtainable. As those programs usually do not explain their development, the author wrote a program, in Qbasic language, to compute coordinates transformation and transportation by classical method.

In that case, it is possible to show how to compute, besides coordinates transformation, meridian convergence, scale factor, angular reductions, plane and ellipsoidal distances and azimuths.

A difusão da tecnologia do GPS e dos pacotes de cálculo eletrônico está facilitando de modo extraordinário a determinação de coordenadas geodésicas e o cálculo de seu transporte.

Por outro lado, tal facilidade tende a concorrer para que nos descuidemos da difusão dos conhecimentos a elas. O resultado poderá ser fíber com que, dentro de pouco tempo, esse tipo de cálculo aplicado aos métodos clássicos se transforme em caixa preta.

Contribuindo para que essa ideia não se confirme, publicamos na Revista Brasileira de Cartografia nº 16, outubro de 1995, o trabalho intitulado 'PROGRAMAS DE CÁLCULO GEODÉSICO - TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS'.

Mas, não esgotamos o tema.

Por isso e com igual entendimento, apresentamos o presente trabalho, abordando o cálculo do transporte de coordenadas planas e sua transformação em coordenadas geodésicas pelos processos convencionais.

O transporte, se através de polígono iterada em um lado conhecido pelas coordenadas plano-retangulares dos seus extremos, enseja a apresentação do restante de tipos de cálculos empregados nesta área, tais como cálculo da convergência meridiana plana, do fator de escala, das reduções angulares, das distâncias e dos azimutes, planos e elipsóidicos.

Essa gama de conhecimentos poderá ser útil, em alguma oportunidade, a estudantes e profissionais iniciantes.

Novamente, fazemos uso de um programa em Qbasic, primeiro porque esse interpretador acompanha o sistema operacional da Microsoft MS-DOS 5, já muito divulgado e, segundo porque permite a apresentação do desenvolvimento dos cálculos da maneira mais explícita que se deseje.

Um primeiro programa, denominado CONVKRED.BAS, produzindo apenas

elementos auxiliares, entra como sub-rotina no programa POLIGAB3.BAS, preparado para o cálculo do transporte de coordenadas.

O teste do programa CONVKRED.BAS é, portanto, feito indiretamente, através do teste do programa POLIGAB3. Simulou-se uma poligonal constituída por pontos do IBGE existentes no Município do Rio de Janeiro, e que é apresentada a seguir.

O TRANSPORTE DE COORDENADAS

O cálculo desenvolve-se em duas etapas, considerando-se uma poligonal constituída de uma seqüência de lados conhecidos e desconhecidos, alternadamente:

Primeira etapa: - Transformação de coordenadas planas em coordenadas geodésicas.

Segunda etapa: - Transporte de coordenadas planas através de distâncias e ângulos elipsóidicos.

Esse processo será repetido até o final da poligonal real.

Para facilitar o cálculo seqüencial, as coordenadas, além de impressas, serão exibidas na tela do monitor, cabendo ao operador do programa apenas copiá-las pelo teclado.

Os elementos de saída são coordenadas geodésicas, coordenadas planas, convergência meridiana plana, fator de escala, reduções à corda, distâncias planas e elipsóidicas e azimutes planos e elipsóidicos.

O programa está organizado para imprimir todos esses elementos, mas o usuário pode alterá-lo, para imprimir apenas o que interesse. Neste caso, basta mudar o comando LPRINT para PRINT, ou antepor um acento agudo ao LPRINT do que não se queira imprimir. No primeiro caso, o que não é

impresso aparece na tela do monitor, se houver espaço e, no segundo, o computador ignorará o comando LPRINT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - GOMES, J. P. (IBGE) Transformações de Coordenadas Geodésicas <---> UTM e Transformações de Sistemas Geodésicos 1981.
- 2 - OLIVEIRA Jr., J. F. (DSG) Manual Técnico Cálculos Geodésicos 3^o Fascículo (4^a, 5^a e 6^a partes): 73, 1960.
- 2- KRUKOSKI, W. R. M. (IME) Transformação de Coordenadas Plano Retangulares - Notas para Aulas - : última página, sem data.

TESTE DO PROGRAMA POLIGAB3.BAS
PARA TRANSPORTE DE COORDEMADAS

POLIGONAL: OLDACK (MARAPICU) - GILVANDRO (BANDEIRA) -
IPIRAJA' (PEDRA BRANCA) - PEDRO CIRINO (BICA) -
ARTHUR LOPES (CORCOVADO).

<u>LINHA A-B-3</u>	<u>QUADR.DE A-B</u>	<u>DIST.ELIPS.B-3</u>	<u>ANGULO ELIPS.EM B</u>
A-OLDACK B-GILVANDRO 3-IPIRAJA'	SW (3)	20465.74	49° 47' 10".752
A-GILVANDRO B-IPIRAJA' 3-PEDRO CIRINO	NE (1)	14502.13	165° 27' 10".206
A-IPIRAJA' B-PEDRO CIRINO 3-ARTHUR LOPES	NE (1)	14892.62	226° 25' 56".935
A-PEDRO CIRINO B-ARTHUR LOPES 3-(NULO)	SE (2)		

N O T A: As distâncias e os ângulos elipsóidicos foram deduzidos das seguintes coordenadas plano-retangulares UTM/SAD69 publicadas pelo IBGE:

	N(m)	E(m)	MC
OLDACK	7473691.14	644916.29	-45
GILVANDRO	7461964.93	636214.43	
IPIRAJA'	7463261.95	656636.29	
PEDRO CIRINO	7467786.80	670413.39	
ARTHUR LOPES	7460737.70	683531.88	

DADOS COMPLEMENTARES: Semi-eixo maior 6378160; achat. .003352891

CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DE TRABALHO DO ENGENHEIRO CARTÓGRAFO

João Fernando Custodio da Silva

Departamento de Cartografia

FCT/UNESP - C.P.957

19060-900 Pres. Prudente SP

ueppr@eu.ansp.br

RESUMO

A engenharia cartográfica desenvolve-se no Brasil incorporando os ganhos tecnológicos. Entretanto, como nação, ainda não fomos capazes de mapear adequadamente todo o território brasileiro. Com o propósito de contribuir para futuras decisões e também visando o auto-conhecimento, enquanto comunidade profissional, estamos criando o BD-MEC (Banco de Dados do Mercado da Engenharia Cartográfica), com informações prestadas por profissionais atuantes no mercado da engenharia cartográfica.

O BD-MEC faz parte do Programa de Acompanhamento do Mercado da Engenharia Cartográfica, que compreende o mercado de trabalho, entre outros componentes. Inicialmente, o foco de atenção está sobre os engenheiros cartógrafos que atuam no mercado de trabalho. Em seguida, os demais profissionais, que também atuam no referido mercado, serão pesquisados.

Neste artigo, apresentamos as informações derivadas dos questionários respondidos por 152 engenheiros cartógrafos. O perfil do profissional é caracterizado, segundo as variáveis sexo, idade, universidade de origem, tempo de formado e pós-graduação. As características do mercado de trabalho são dadas pelas informações referentes ao primeiro e ao emprego atual, tais como: tipo de empregador e seus campos de atuação, áreas de atuação do profissional e suas funções, rendimentos mensais, tempo de permanência no emprego, distribuição geográfica, uso de disciplinas no exercício da profissão e meios para aperfeiçoamento profissional.

ABSTRACT

The cartographic engineering has been developed in Brazil due to the absorption of the technologic advances and well trained professionals. However, as a nation, we have not been completely successful in mapping the whole country adequately. With the purpose of contributing to future decisions and also aiming the self-knowledge, as a professional community, we are creating BD-MEC, a database of the cartographic engineering market, based on information given by active professionals in the market.

BD-MEC is part of a program of accompaniment of the cartographic engineering market, which comprises the work market among other components. Initially, the focus is on the cartographic engineers that have been active in the work market. Following, other professionals that also work in that market will be researched. In the long term, private and public institutions will be included.

In this article, we present the derived information based on questionnaires answered by 152 cartographic engineers. The professional profile is characterized according to the following variables: gender, age, college, years after undergraduation, and graduation degrees. The characteristics of work market are given by data referred to the first and current employment, such as: type of employer and its field, professional sector and function, monthly income, time in the current employment, geographic distribution, use of disciplines in the profession and continuing education.

1 Introdução

A engenharia cartográfica vem sendo objeto de reflexões e debates nos anos recentes sobre seu papel e sua importância diante das significativas mudanças sociais causadas pela evolução tecnológica. Um dos temas que tem sido abordado é a questão do próprio nome. Há poucos países com denominação similar. É notável a força com que surge o termo *geomático* para encerrar o ex-engenheiro de levantamentos (*surveying engineer*), talvez engenheiro agrimensor, e procurando abarcar áreas do conhecimento já praticadas pelo engenheiro cartógrafo, tal como foi concebido e tornado conhecido no Brasil. Entretanto, parece que a denominação engenheiro cartógrafo vai resistindo, por adequação ou por falta de melhor opção.

Genericamente, podemos caracterizar a profissão como que baseada em três grandes grupos ou vertentes, a saber, o grupo das disciplinas do conhecimento referentes aos levantamentos de campo, o grupo das disciplinas referentes à obtenção e uso de imagens e o grupo das disciplinas de representação gráfica. Estes três campos distintos do conhecimento científico e tecnológico fundamentam-se evidentemente em disciplinas básicas (Física e Matemática) e nos conhecimentos trazidos recentemente pelas ciências da computação.

Os desafios científicos e tecnológicos colocados para a engenharia cartográfica reduzem-se, a nosso ver, à automação dos processos e à integração das tecnologias para a produção de mapas. Implica, portanto, que cada vertente alcance o mais alto grau de automação e que as vertentes comuniquem-se e integrem-se, de modo a construir o caminho para a plena automação do jeito de fazer mapas. É evidente que este caminho apenas começou a ser trilhado e que há muito esforço à frente para chegar-se a tal desiderato.

Entretanto, os militantes da engenharia cartográfica não se preocupam apenas em expandir o conhecimento científico e tecnológico. Isto não terá valor se continuarmos a carecer de territórios devidamente mapeados, via de regra, por razões políticas ou econômicas. Coloca-se

então o desafio de viabilizar a execução dos projetos de mapeamento, sob uma perspectiva mais abrangente, qual seja a do planejamento conjunto dos ditames da Cartografia e dos modernos sistemas de informações geográficas, posto que estes serão inúteis sem a correta base cartográfica, como já debatemos [8].

Os profissionais da engenharia cartográfica colocam-se no mercado de trabalho, segundo suas convicções, seus objetivos, suas capacidades e habilitações específicas, quase sempre dependentes das oportunidades. Sejam eles especialistas em uma das vertentes ou até mesmo na integração entre elas, tenham eles quedas para o lado investigador ou operativo, ainda assim as oportunidades estarão a lhes influir no destino da vida profissional.

No Brasil, é raro ou inexistente o acompanhamento do mercado de trabalho da engenharia cartográfica. Também carece de melhor conhecimento o mercado da engenharia cartográfica, entendido aqui como os projetos e serviços executados, o volume de vendas de máquinas e equipamentos e suas marcas e tipos, os recursos humanos especializados envolvidos, as organizações e seus papéis na dinamização do setor, enfim a participação da engenharia cartográfica no cenário da engenharia nacional. Vale mencionar que alguns textos começam a surgir evocando o tema [5].

Particularmente, o mercado de trabalho da engenharia cartográfica é preenchido por profissionais de diferentes habilitações. De um modo simplificado (fig. 1), podemos dizer que o referido mercado consiste de profissionais (exceto engenheiros cartógrafos) que atuam fora dele (A), por aqueles que atuam nele (B), pelos engenheiros cartógrafos atuantes no mesmo (C) e pelos engenheiros cartógrafos que estão fora do mercado da engenharia cartográfica (D).

Interessa-nos, portanto, o levantamento de informações referentes às porções B e C da fig. 1, para a caracterização do mercado de trabalho da engenharia cartográfica. Inicialmente, será necessário estimar o tamanho, em número de profissionais, das porções que representam o referido mercado. No congresso (bienal) da SBC de 1995 foram registrados 1054 participantes. No GIS Brasil

94, registraram-se aproximadamente 700 participantes e há expectativa de cerca de 1500 para o de 96. Nestes eventos participam profissionais de várias habilitações, dentre eles o engenheiro cartógrafo. Particularmente, estimamos em 1500 o número de engenheiros cartógrafos formados no Brasil, da seguinte maneira: IME com aproximadamente 100 formados, UERJ com cerca de 900, UFPE com mais 100, UFPR e UNESP com 200 cada uma. Admitindo-se, por hipótese, que 40% dos formados pertençam à região D da fig. 1, os 60% restantes (900) são considerados atuantes, portanto, pertencentes à porção C da mesma figura. Estimar valores para a porção B, de modo a completar o levantamento, demandará a cooperação de organismos, tais como associações e sociedades científicas, entre outras.

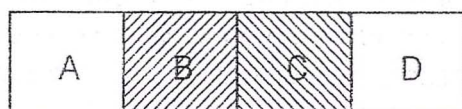


Figura 1: Esquema simplificado da divisão do mercado de trabalho.

O levantamento do mercado de trabalho da engenharia cartográfica, ainda que preliminar, porque incompleto, na medida em que apenas a fração C da fig. 1 pode ser pesquisada de imediato, não invalida a iniciativa, pois este é o primeiro passo para o conhecimento completo e atualizado do mercado de trabalho da engenharia cartográfica. Contudo, é suficiente para caracterizar o mercado de trabalho do engenheiro cartógrafo.

Há dados dispersos, desatualizados ([2], [7]), parciais ([3], [4], [6]), não integrados, que, se atualizados e sistematizados, produzirão informações úteis aos cursos de graduação e de pós-graduação nas áreas afins ou correlatas da engenharia cartográfica. Também poderão beneficiar-se as organizações públicas e privadas que estão presentes no mercado da engenharia cartográfica, que, por extensão, fazem parte do Sistema Cartográfico Nacional e daí a própria comunidade cartográfica pode

conhecer-se melhor. Desta maneira, o equacionamento dos problemas existentes e as correspondentes soluções poderão dispor de uma base de informações confiáveis para auxiliar no processo da tomada de decisões e formulação de políticas, como aliás é reconhecido pela SBC [9].

2. A Construção do BD-MEC

O Banco de Dados do Mercado da Engenharia Cartográfica (BD-MEC) está sendo construído com informações recebidas na forma de um questionário respondido por engenheiros cartógrafos formados por uma das cinco instituições universitárias brasileiras, já mencionadas na introdução.

Como esperamos ter deixado claro, inicialmente está-se levantando dados referentes somente aos engenheiros cartógrafos que atuam no mercado de trabalho da engenharia cartográfica. Posteriormente, o levantamento será completado visando o conhecimento da fração B da figura 1. Mais adiante, outros dados referentes aos outros aspectos, que não o mercado de trabalho, serão obtidos para o pleno conhecimento do mercado da engenharia cartográfica.

Inicialmente, um questionário foi elaborado e testado com uma amostra restrita de dez profissionais, cujas respostas e sugestões serviram para o aperfeiçoamento do mesmo e que resultou na versão que chegou a alguns engenheiros cartógrafos. As dificuldades que surgiram de início foram a obtenção da lista de todos os formados pelas instituições universitárias e os respectivos endereços atualizados. A UNESP com 211 (1995) e a UFPR com 203 (1994) formados são as universidades que cederam seus números, através das respectivas coordenações de cursos. Os números definitivos dos demais cursos continuam incógnitos.

O BD-MEC está sendo desenvolvido usando o banco de dados *Paradox for Windows*. Consta basicamente de duas tabelas que recebem dados para identificação e caracterização pessoais (1ª tabela) e dados sobre atuação profissional (2ª tabela). Conta atualmente com 719 nomes de engenheiros cartógrafos. 212 questionários foram enviados

por correio. Houve um efeito multiplicador em vários destinos, atendendo nossa solicitação. Além disto, alguns questionários foram distribuídos em mãos em eventos técnicos e científicos, de modo que estimamos que cerca de 300 profissionais foram alcançados pelo questionário. Destes, 152 foram respondidos e retornados ao BD-MEC, os quais constituem, portanto, a amostra da qual as informações foram produzidas. As formas de comunicação usadas, até então, em ordem de importância (número de ocorrências) foram o correio, o telefone, o telefax e o correio eletrônico. O levantamento foi feito durante todo o segundo semestre de 1995. O quadro 1 resume os números acima apresentados.

Quadro 1: Resumo dos números do BD-MEC

	Total	%
Número de Formados Estimado	(a) 1500	(e)/(a) = 10,1
Número de Atuantes Estimado	(b) 900	(e)/(b) = 16,9
Quantidade de Nomes no BD-MEC	(c) 719	(e)/(c) = 21,1
Questionários Distribuídos	(d) 300	(e)/(f) = 50,7
Questionários Devolvidos	(e) 152	---

3. O Perfil do Engenheiro Cartógrafo

O perfil de um profissional é dado pelas características que o distinguem, as quais mesclam habilidades gerais e específicas e as coletivas e individuais. Quando da formalização da criação de um curso, geralmente o perfil profissional é juntado ao processo para ilustrar o tipo de profissional a ser formado. Portanto, há um perfil hipotético

e um outro concreto, aquele dado por um modelo conceitual e este verificado na realidade do mercado de trabalho. Ao qualificarmos a amostra de 152 profissionais, estaremos concomitantemente fornecendo o perfil do engenheiro cartógrafo extraído de um cenário real declarado por profissionais atuantes no mercado de trabalho. Parece, pois, interessante confrontarmos os perfis conceitual e concreto, de modo a analisar e concluir sobre o modelo conceitual para formação do engenheiro cartógrafo no Brasil. Entretanto, declinamos, ao menos momentaneamente, deste assunto, porquanto o objetivo específico é o de caracterizar o mercado de trabalho do engenheiro cartógrafo.

Iniciando, a distribuição da amostra por sexo é de 36 mulheres e 116 homens, perfazendo 23,7% e 76,3%, respectivamente. Em 1989, SILVA&VIEIRA encontraram 28,8% e 71,2%, respectivamente, em uma amostra de 59 profissionais.

A distribuição por idade é dada no quadro 2. Em 1989, o maior contingente (76,3%) situava-se na faixa etária de 26 a 30 anos, porque a amostra fora construída apenas com egressos da UNESP e UFPR, cujos cursos existem a menos tempo. A presente amostra em estudo é mais ampla, porque encerra egressos de todos os cinco cursos.

Quanto ao tempo de formado (conclusão da graduação), o quadro 3 vai mostrar que o maior contingente nesta amostra é de 46,7% referentes à classe de 10 a 20 anos de experiência. Na anterior (1989), 30,5%, o maior percentual, referia-se ao grupo com apenas dois anos de formado.

Os profissionais participantes desta amostra são egressos das cinco instituições universitárias, conforme o quadro 4. Outra característica distinta desta amostra, em relação à de 1989, é que o maior contingente agora refere-se à UERJ, com 38,2%.

Quadro 2: Distribuição da amostra por idade

Idade(anos):	20-24	25-29	30-34	35-39	40-49	50-59	60+	Total
Nº de casos:	4	21	43	47	31	6	0	152
%	2,6	13,8	28,3	30,9	20,4	3,9	0	100%

Quadro 3: Distribuição da amostra por tempo de formado

Tempo de formado	Período em que se deu a formatura	Quantidade de profissionais	%
até 2 anos	1994 e 1995	10	6,6
2 a 5 anos	1990 a 1993	17	11,2
5 a 10 anos	1985 a 1989	39	25,9
10 a 20 anos	1975 a 1984	71	46,7
20 a 30 anos	1965 a 1974	15	9,9
+ de 30 anos	antes de 1965	0	0
Total		152	100,0

Quadro 4: Distribuição da amostra por universidade de origem

Universidades	Nº de ocorrências	%
IME	13	8,6
UERJ	58	38,2
UFPE	9	5,9
UFPR	24	15,8
UNESP	48	31,6
Total	152	100,0

Um número expressivo de engenheiros cartógrafos (50,7%) optou pela pós-graduação. Dos 152 questionários respondidos, nada menos do que 77 informam que concluíram pelo menos um nível de pós-graduação, sem contar aqueles que ainda estão vinculados a cursos de pós-graduação, em fase de conclusão de seus trabalhos. São 8 doutores (5 no País e 3 no exterior), 43 mestres e 26 especialistas. Os primeiros doutores foram formados em 1987 e os últimos em 1995. Os primeiros mestres receberam seus títulos em 1975 e os últimos em 1995. Dos 43 mestres, 22 são pós-graduados em ciências geodésicas (UFPR). Os primeiros especialistas obtiveram seus títulos em 1981 e os últimos em 1995, sendo que a especialidade Análise de Sistemas e Sistemas de Informação contribuem com 10 especialistas, formados principalmente no Rio de Janeiro e em Curitiba. O quadro 5 resume e apresenta os percentuais dos números descritos acima, em relação ao tamanho da amostra. Em 1989, 39,6% declararam necessidade de buscar pelo menos uma especialização e 32,3% o mestrado ou doutorado.

Apenas um questionário não informa sobre a condição de ser civil ou militar. Assim, identificamos 122 civis (80,8%) e 29 militares (19,2%). Também, nem todos informam sobre

a condição de detentores de capital. Identificamos 145 respostas neste quesito com 140 de não-capitalistas, portanto, empregados (96,6%), e apenas 5 possuidores de quotas de capital, sendo 3 majoritários e 2 minoritários.

Concluindo, o perfil do engenheiro cartógrafo, baseado na amostra em questão, podemos dizer que, aproximadamente, as chances de ser homem são 3 em 4, que há cerca de 60% de probabilidade de estar na casa dos 30 (30 a 39 anos de idade), quase a metade foi formada há mais de dez anos, quatro em dez são formados pela UERJ, um em dois procura aperfeiçoar-se mediante o prosseguimento dos estudos em um dos três níveis de pós-graduação e, finalmente, a expressiva maioria atua no mercado como um funcionário ou empregado.

4) O Mercado de Trabalho

As informações sobre o primeiro emprego ou a primeira relação trabalhista são importantes para o engenheiro recém-formado. De 133 questionários respondidos extraem-se as informações mostradas no quadro 6, quanto ao tipo de organização empregadora. O maior contingente empregador é o referente às instituições públicas federais (37,6%). Todo o setor público, incluindo as estatais, responde por 54,2%, mas são expressivos os 42,8% do setor privado.

Apenas 81 questionários forneceram dados a respeito das áreas e funções (quadro 7). A área que mais absorve os recém-formados é naturalmente a área técnica ou de produção (56,8%). A função de engenheiro (pleno ou júnior) corresponde a 35,8% da amostra. Nota-se que 22,2% são levados a

cargos administrativos de maior ou menor importância, mesmo não tendo uma experiência profissional prévia.

Quadro 5: Engenheiros cartógrafos pós-graduados

Doutores (5,3%)		Mestres (28,3%)		Especialista (17,1%)		Totais (50,75%)
No País (2%)	No Exterior (3,3%)	Ciências Geodésicas (14,5%)	Outras Áreas (13,8%)	Análises de Sistemas e Afins (6,6%)	Outras Áreas (10,5%)	
3	5	22	21	10	16	77

Quadro 6: Tipos de organização onde engenheiros cartógrafos obtiveram a primeira relação trabalhista

Tipo de Organização	Nº de Ocorrências	%
pública municipal	2	1,5
pública estadual	17	12,8
pública federal	50	37,6
estatal municipal	1	0,8
estatal estadual	2	1,5
privada (S.A.)	39	29,3
privada limitada	18	13,5
outra	4	3,0
Total	133	100,0

Somente 82 declinaram seus rendimentos referentes ao primeiro emprego. Extraímos as seguintes informações mais importantes: o menor salário inicial foi de US\$ 50,00 em 1967 e o maior foi de US\$ 4000,00 em 1974. Na década corrente, mais interessante, pois mais próxima da realidade atual, encontramos os seguintes valores de mínimos e máximos, respectivamente (em US\$): em 1990, 300 e 2000; em 1991, 450 e 1400; em 1992, 500 e 1529,41; em 1993, 700 e 1900; em 1994, 1500 e 1500 e em 1995, 600 e 1900. A média dos mínimos foi de US\$ 675,00 e média dos máximos foi de US\$ 1705,00.

Foi possível ainda combinar os dados referentes ao tipo de instituição (as quatro mais importantes, conforme quadro 6), função exercida e rendimentos mínimos e máximos mensais para construir o quadro 8. Em 1995, as entradas ocorridas no mercado de trabalho, de acordo com o cruzamento dos dados da amostra, são apresentadas no quadro 9.

Os quadros 8 e 9 são uma tentativa de combinar três variáveis que podem influir na

remuneração. Estes dois quadros foram construídos com os questionários que continham o conjunto completo de dados, pois foi alta a incidência de questionários que não informaram todo o conjunto (tipo de organização, área de atuação, função desempenhada e salário) concomitantemente. Ora faltava um, ora outro, ou era omitido mais de um dado deste conjunto.

Em resumo, podemos concluir que o engenheiro cartógrafo recém-formado tem probabilidade um pouco maior de se colocar no setor público (54%), enquanto que no setor privado as chances são um pouco menores (43%). Suas chances de iniciar-se no mercado de trabalho como engenheiro são de 36%, podendo inclusive ser requisitado a desempenhar uma função administrativa (22%). Seus rendimentos iniciais poderão chegar a US\$ 1700,00, na média dos máximos, e US\$ 675,00, na média dos mínimos.

Passamos agora a tentativa de caracterizar o mercado de trabalho em função das relações trabalhistas atuais. Começamos, então, pela caracterização do tipo de organização, cujos dados compõem o quadro 10. Juntando-se as públicas e as estatais no setor público, este, então, passa a responder por 76,9% das oportunidades de trabalho, enquanto que o setor privado fica apenas com 19,6%. Comparando-se estes dados com os do quadro 6, percebe-se que há migração do setor privado para o público, pois a presença do profissional neste setor aumenta de 54,2% para 76,9%.

Quadro 7: Áreas de atuação e funções exercidas iniciais

Área	Função	Nº de Ocorrências	%
Administrativa e Financeira (22,2%)	Diretor	1	1,2
	Gerente	2	2,5
	Chefe	5	6,2
	Coordenador	2	2,5
	Supervisor	1	1,2
	Encarregado	3	3,7
	Outra	4	4,9
Técnica ou de Produção (56,8%)	Engenheiro Pleno	11	13,6
	Engenheiro Júnior	18	22,2
	Analista Pleno	1	1,2
	Analista Júnior	2	2,5
	Técnico Nível Superior	3	3,7
	Técnico Nível Médio	2	2,5
	Outra	9	11,1
Vendas, Consultoria, Divulgação e Marketing (1,2%)	Venda de equipamentos, máquinas ou instrumentos	1	1,2
Acadêmica/ Científica (19,7%)	Professor	6	7,4
	Professor/Pesquisador	7	8,6
	Instrutor	1	1,2
	Outra	2	2,5
99,9% (*)	Total	81	(*)99,9

(*) arredondamentos

Quadro 8: Rendimentos mensais iniciais em função do tipo de organização empregadora, área de atuação e função desempenhada

Tipo de Organização	Ano	Área/Função	Rendimento (US\$)
Pública estadual	1988	Técnica/Técnico Nível Médio	mín.= 400.00
Pública estadual	1987	Acadêmica/Professor-Pesquisador	máx.= 2500.00
Pública federal	1986	Acadêmica/Professor-Pesquisador	mín.= 403.13
Pública federal	1977	Administrativa/Chefe	máx.= 2000.00
Privada (S.A.)	1967	Administrativa/Chefe	mín.= 50.00
Privada (S.A.)	1990	Técnica/Engenheirc Júnior	máx.= 1050.00
Privada limitada	1992	Técnica/outra	mín.= 500.00
Privada limitada	1992	Técnica/Analista Júnior	máx.= 1000.00

Quadro 9: Salários iniciais pagos em 1995 dependentes do tipo de organização, área de atuação e função desempenhada

Tipo de Organização	Área/Função	Rendimento (US\$)
Pública federal	Administrativa/Chefe	1500.00
Pública federal	Administrativa/Coordenador	1900.00
Pública federal	Acadêmica/Outra (bolsista)	777.00
Privada limitada	Administrativa/Coordenador	600.00

Quadro 10: Tipos de organização onde engenheiros cartógrafos atuam presentemente

Tipos de organização		Nº de ocorrências	%
pública (70.6%)	municipal	7	4.9
	estadual	19	13.3
	federal	75	52.4
estatal (6.3%)	municipal	1	0.7
	estadual	2	1.4
	da União	6	4.2
privada (19.6%)	sociedades anônimas	14	9.8
	limitada	14	9.8
	outras	5	3.5
	Total	143	100.0

De acordo com os dados desta amostra, os campos de atuação destas organizações são:
Pública municipal - fiscalização, gestão, transportes, assessoria, cadastro técnico municipal e levantamentos.

Pública estadual - ensino, pesquisa e extensão; ciência e tecnologia; irrigação, regularização fundiária, assentamento rural, reforma agrária, terras devolutas; planejamento urbano e regional; sistema cartográfico metropolitano; base cartográfica.

Pública federal - ensino, pesquisa e extensão; cartografia, mapeamento e restituição; demarcação de fronteiras e limites diversos; estatística, geociências, geodésia, geofísica, gravimetria, topografia e levantamentos; pesquisa espacial, aviação, proteção ao voo; meio-ambiente e recursos naturais; sensoriamento remoto; patrimônio e cadastro; planejamento.

Estatal municipal - cartografia e geografia.

Estatal estadual - fiscalização de serviços cartográficos; cartografia, sistemas de informações geográficas e regularização fundiária.

Estatal da união - prospecção, exploração, produção, refino e distribuição de petróleo; navegação; geodésia, GPS e cartografia.

Sociedades anônimas - aerolevantamentos e aerofotogrametria; topografia e cadastro; cartografia e mapeamento; SIG, GPS e sensoriamento remoto; consultoria e projetos de engenharia.

Companhias limitadas - topografia e cadastro; automação, GPS e CAD; editora, cursos e eventos; geoprocessamento e informática;

vendas de hardware e software; consultoria (diversos); construção civil, papel e celulose.

O quadro 11 mostra o tempo de permanência no emprego, baseado no ano de início da atividade atual. De 138 questionários, 31% dos profissionais estão entre 5 e 10 anos nos seus empregos atuais, seguidos de 24,5% que estão entre 10 e 20 anos. Mais uma vez o setor público se destaca, especialmente o plano federal.

Do quadro 12 ficamos sabendo que 34 engenheiros cartógrafos declaram que a função principal é ser chefe, 29 declaram que a segunda função é ser engenheiro-pleno e 7 declaram que consultoria de serviços e/ou projetos é a terceira função. Considerando apenas a primeira função, há 47,6% de engenheiros cartógrafos na área administrativa e financeira, 28,2% na área técnica ou de produção, outros 20,8% na área acadêmica e científica e apenas 3,4% em vendas e consultoria. Tomando agora a segunda função, encontramos 36,9% na área técnica, seguidos de 7,4% na acadêmica, 6,7% na administrativa e 5,4% na de vendas e consultoria. Na terceira função, 12,8% aparecem na área de vendas e consultoria e 6% na acadêmica. Não foi raro encontrarmos declarações de engenheiros desempenhando três funções, sendo uma administrativa, uma técnica (geralmente engenheiro) e uma em vendas, consultoria, divulgação e marketing. Comparando-se os quadros 7 e 12, notamos claramente a acumulação de funções administrativas, juntamente com as demais (técnicas, acadêmicas ou vendas). Os 44,1% de profissionais presentes nestes cargos

executivos encontrados anteriormente [7] são concordantes.

Quadro 11: Tempo de permanência no emprego atual em função dos tipos de organização

Tempo de permanência	Públ. Munic.	Públ. Est.	Públ. Fed.	Estatais	S.A.	Ltda.	Outras	Totais (%)
menos de 2 anos	0,7	1,4	10,9	-	1,4	3,6	1,4	19,4
de 2 a 5 anos	0,7	3,6	7,2	-	2,9	3,6	0,7	18,7
de 5 a 10 anos	2,9	5,8	9,4	4,3	5,1	1,4	2,1	31,0
de 10 a 20 anos	0,7	4,3	15,9	2,2	0,7	0,7	-	24,5
mais de 20 anos	-	-	5,8	-	-	-	-	5,8
Totais (%)	5,0	15,2	49,2	6,5	10,1	9,3	4,2	99,5*

(*) arredondamentos

Quadro 12: Áreas de atuação e funções exercidas atuais

Área	Função	1ª	2ª	3ª
Administrativa e Financeira	Diretor	8	-	-
	Gerente	6	-	-
	Chefe	34	3	-
	Coordenador	10	3	-
	Supervisor	4	3	-
	Encarregado	3	-	-
	Outra	6	1	-
Técnica ou de Produção	Engº senior	8	11	2
	Engº pleno	14	29	1
	Engº júnior	4	2	-
	Analista senior	1	3	-
	Analista pleno	1	1	1
	Analista júnior	-	1	-
	Técnico superior	3	2	-
	Técnico médio	3	-	-
Outra	8	6	1	
Vendas, Consultoria, Divulgação e Marketing	Venda de equip ^{OS} , máqs ou instrum ^{OS}	-	3	-
	Venda de software	-	-	4
	Venda de serviços e/ou projetos	3	3	3
	Consultoria de serviços e/ou projetos	2	2	7
	Promoção de eventos	-	-	-
	Difusão de informações	-	-	4
	Outra	-	-	1
Acadêmica ou Científica	Professor	4	4	2
	Professor/pesquisador	19	4	1
	Cientista/pesquisador	4	-	1
	Instrutor	-	2	5
	Técnico de laboratório	-	-	-
	Outra	4	1	-
	Total	149	86	33

Quanto à questão salarial, obtivemos 131 respostas. O menor rendimento mensal declarado foi de R\$ 541,28, o maior de R\$ 5052,63 e o valor da mediana é igual a R\$ 1712,64. A média ponderada calculada com os valores do quadro 14 foi de R\$ 1823,92. O

quadro 13 apresenta os rendimentos agrupados em classes e o quadro 14 relaciona-os ao tipo de organização, área e função exercida, dando também as médias aritméticas simples para cada tipo de organização. A taxa média para conversão do dólar americano para o real foi de US\$ 1.00 = R\$ 0,96. No quadro 14, a área

administrativa é abreviada por Adm., a técnica por Téc., a área de vendas, consultoria, divulgação e marketing por Vendas... e a acadêmica por Acad.

Considerando que é expressiva a quantidade de engenheiros que buscaram a pós-graduação, procuramos indícios do efeito da mesma sobre os salários e encontramos que para os especialistas o salário médio é da ordem de R\$ 1700,00, inferior à média geral. Entretanto, para os mestres o salário médio calculado foi da ordem de R\$ 2070,00, sendo portanto superior à média geral.

Quadro 13: Rendimentos da profissão (assalariados ou não)

Classes de rendimentos mensais (US\$)	Nº de ocorrências	%
563.83 a 1000.00	8	6.1
1000.00 a 1499.00	30	22.9
1500.00 a 1999.00	43	32.8
2000.00 a 2499.00	23	17.6
2500.00 a 2999.00	15	11.4
3000.00 a 5263.16	12	9.2
Total	131	100.0

Quadro 14: Rendimentos relacionados com tipo de organização, área e função

Tipo de Organização	Área de atuação (função desempenhada)	Ano de início	Nº de ocorrências	Rendimentos mensais (US\$)
Pública municipal	Adm.(chefe)/Téc.(eng. pleno)	1989	7	min. = 1354.17 médio = 1698.94
	Adm.(outra)/Téc.(eng. pleno)	1990		máx. = 2500.00
Pública estadual	Acad.(professor)	1995	22	563.83 1872.88
	Adm.(outra)/Téc. (eng. sênior)	1984		4500.00
Pública federal	Acad.(estudante)	1994	66	768.75 1881.02
	Adm.(chefe)/Téc.(eng.sênior)/Vendas...(outra)	1992		3958.33
Estatual municipal	Acad. (cientista/pesquisador)	1989	1	1000.00
Estatual estadual	Téc.(técnico nível superior)	1984	2	1300.00 2008.70
	Adm.(coord.)/Téc.(eng.pleno)/Vendas...(serv. e projetos)	1988		2717.39
Estatual da união	Téc.(eng. pleno)	1987	5	1784.00 1931.80
	Adm.(gerente)/Téc.(eng.pleno)	1980		2100.00
Privada S.A.	Téc.(eng. pleno)	1989	14	900.00 1794.85
	Adm.(diretor)/Téc.(eng.sênior)	1993		4166.67
Privada Ltda.	Adm.(diretor)/Téc.(eng.pleno)/Vendas...(venda de software)	1992	12	1276.00 2227.31
	Adm.(gerente)/Téc.(eng.sênior)/Vendas...(venda de serv. e proj.)	1995		5263.16
Outras	Acad.(professor/pesquisador)	1990	2	2164.44 2557.22
	Adm.(coord.)/Téc.(eng.pleno)	1987		2950.00

A unidades da federação e municípios que abrigam engenheiros cartógrafos presentes nesta amostra são mostrados no quadro 15: Das 15 unidades federativas, vê-se que os três estados com maior número de engenheiros cartógrafos atuantes são Rio de Janeiro ($53/152 = 34,9\%$), São Paulo ($30/152 = 19,7\%$) e Paraná ($29/152 = 19,1\%$). Também nestes três estados há a maior dispersão em número de municípios, a saber: São Paulo com 7, Paraná com 4 e Rio de Janeiro com 3. Dos 27 municípios, os quatro que mais concentram engenheiros cartógrafos são Rio de Janeiro ($49/152 = 32,2\%$), Curitiba ($22/152 = 14,5\%$), São Paulo ($11/152 = 7,2\%$) e Presidente Prudente (idem).

Quadro 15: Distribuição dos engenheiros por estados e municípios brasileiros

Estados	Municípios	Nº de ocorrências
AM	Manaus	5
BA	Salvador	1
CE	Fortaleza	1
DF	Brasília	3
ES	Vitória	2
GO	Goiânia	4
MS	Aquidauana	1
	Campo Grande	5
PA	Belém	1
PE	Recife	6
PR	Curitiba	22
	Guarapuava	4
	Maringá	2
	Pato Branco	1
RJ	Macaé	3
	Niterói	1
	Rio de Janeiro	49
RS	Porto Alegre	6
SC	Florianópolis	4
SE	Aracaju	1
SP	Jundiaí	1
	Mirante do Paranapanema	1
	Mogi-Guaçu	1
	Presidente Prudente	11
	Rio Claro	1
	São José dos Campos	4
	São Paulo	11

No quadro 16, notamos que os extremos da amostra, isto é, o menor e o maior salários declarados pertencem ao estado do

Paraná, cuja média é a maior da região sul, mas mais baixa do que as das demais regiões. A menor média é a de Santa Catarina e a maior média é a do Distrito Federal. São Paulo é o estado cujo salário médio é o mais próximo da média nacional (US\$ 1899.92).

O uso das disciplinas de graduação no exercício da profissão é mostrado no quadro 17. Embora, a questão tenha sido formulada para apanhar apenas as disciplinas de graduação, acreditamos que disciplinas de pós-graduação tenham sido citadas também, porque alguns (poucos) questionários informaram que não tinham tido algumas disciplinas no currículo de graduação, como é o caso por exemplo de SIG, GPS, Computação Gráfica e Processamento Digital de Imagens, para citar algumas. O maior número de indicações (40) foi para Cartografia, tanto em primeira quanto em segunda ordem de importância. Em primeira ordem de indicação seguem: Cartografia, Geodésia, Fotogrametria, Topografia e GPS. Citadas como que de segunda importância, vêm: Cartografia, Geodésia, Computação Gráfica, SIG e Topografia. Em terceiro plano seguem Topografia, Geodésia, Computação, GPS e Processamento Digital de Imagens (PDI). A média ponderada foi calculada conforme o exemplo a seguir: $40 \times 3 + 20 \times 2 + 14 = 174 \div 6 = 29,0$, que corresponde à da Cartografia. Se juntarmos Geodésia e GPS, a média aritmética vai a 26,0. Na pesquisa anterior [7], a ordem de importância fora Topografia, Geodésia, Cadastro, SIG, Fotogrametria e Cartografia. Embora seja significativa a diferença no ordenamento, não há dados suficientes para concluir que tenha havido uma mobilidade entre disciplinas, porque as questões foram formuladas de modos diferentes. Não cogitamos de inferir sobre a adequação dos currículos dos cursos com base apenas no mercado de trabalho, embora este seja um elemento importante para qualquer análise neste campo. Apenas para citar um exemplo, a Astronomia de Posição, outrora tão importante, perde espaço a cada ano.

Os meios indicados para o aperfeiçoamento profissional são mostrados no quadro 18. Chamam a atenção os expressivos 32% referentes a cursos de mestrado em tempo

parcial. As áreas de interesse para o aperfeiçoamento profissional mais citadas foram: Geoprocessamento/SIG, Geodésia/GPS, Cartografia, CAD, Fotogrametria, Cadastro, Planejamento, Computação Gráfica e PDI. Neste particular, há concordância com o levantamento anterior.

principalmente com relação à Geodésia/GPS, Cartografia (Digital) e Fotogrametria.

Finalmente, os maiores empregadores, segundo os dados da corrente amostra, por tipo de organização, são apresentados no quadro 19.

Quadro 16: Rendimentos mensais por região e estados brasileiros

Região	Estado	Menor salário (US\$)	Salário médio (US\$)	Maior salário (US\$)
Norte	AM	1600.00	2175.00	3400.00
	PA	-	-	3958.33
	CE	-	-	2083.33
Nordeste	PE	1250.00	1512.50	2000.00
	SE	-	-	625.00
Centro-Oeste	DF	2700.00	3788.89	4500.00
	GO	1740.62	2110.15	2604.17
	MS	1041.67	1837.58	2717.39
Sudeste	ES	1041.67	2020.84	3000.00
	RJ	920.00	1986.69	3125.00
	SP	1000.00	1887.96	2968.67
Sul	PR	563.83	1523.97	5263.16
	RS	1145.83	1504.45	1700.00
	SC	768.75	1220.38	1800.00

Quadro 17: Uso das disciplinas de graduação no exercício da profissão

Disciplina	1ª peso=3	2ª peso=2	3ª peso=1	Média ponderada
Ajustamento de observações	1	5	8	3,5
Astronomia de posição	-	2	1	0,8
Cadastro	8	6	9	7,5
Cartografia	40	20	14	29,0
Computação	3	4	11	4,7
Computação Gráfica	4	13	7	7,5
Desenho	2	4	3	2,8
Disciplinas Básicas	1	1	-	0,8
Economia e Administração	7	3	3	5,0
Fotogrametria	19	5	4	11,8
Fotointerpretação	2	8	5	4,5
Geodésia	21	14	7	16,3
GPS	10	9	10	9,7
Meio-ambiente	1	2	5	2,0
Processamento Digital de Imagens	1	6	10	4,2
Saneamento	-	-	-	-
Sensoriamento Remoto	3	9	5	5,3
SIG	8	11	1	9,8
Topografia	16	10	16	14,0
Outras	-	4	2	1,7
Total	147	135	121	140,9

Quadro 18: Meios para o aperfeiçoamento profissional

Meio	Nº de ocorrências	%
Palestras e conferências	10	7,1
Cursos de extensão (mín. 30 h/a)	30	21,3
Cursos de aperfeiçoamento/especialização (mín. 180 h/a)	36	25,5
cursos de mestrado (tempo integral)	12	8,5
cursos de mestrado (tempo parcial)	45	31,9
outros	8	5,7
Total	141	100,0

Quadro 19: Maiores empregadores por tipo de organização

Tipo de organização	Empregador	Nº de ocorrências
Pública municipal	Pref. Munic. de Guarapuava-PR	4
Pública estadual	FCT/UNESP	9
Pública federal	IBGE	26
Estatal da união	Petrobrás S.A.	7
Privada S.A.	Estcio S.A.	10
Privada Ltda.	Sisgraph Ltda.	3
Outra	Autônomos	3

5) O Mercado da Engenharia Cartográfica

Em 1989, em Gramado-RS, a ABEC (Associação Brasileira de Engenheiros Cartógrafos), em uma sessão de debates dentro do XIV Congresso Brasileiro de Cartografia, apresentou e debateu um plano para a divulgação da Cartografia e do engenheiro cartógrafo. Baseado em um levantamento promovido pela ONU, citado por DENÈGRE, e com a consideração que o Brasil tem o maior peso na composição do PIB da América do Sul, estimava-se que o mercado da engenharia cartográfica era de aproximadamente US\$ 50 milhões, equivalentes a 1:7000 do PIB da época (US\$ 350 bilhões). Tomando-se o PIB atual do Brasil em torno de US\$ 550 bilhões e fazendo valer a relação estimada em 1989, especula-se que o mercado atual da engenharia cartográfica seja da ordem de US\$ 78,6 milhões. Conforme já definimos anteriormente e com apoio da figura 2, simplificadamente, dividiríamos este mercado em três partes. A parte C referente aos engenheiros cartógrafos no mercado de trabalho, a fração B referente aos demais profissionais no mercado de trabalho da engenharia cartográfica e a parte A referente aos demais itens que não o mercado de trabalho.

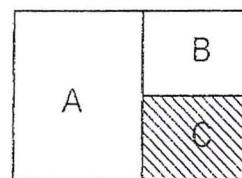


Fig. 2: Esquema simplificado da composição do mercado da engenharia cartográfica

Tomando-se o rendimento médio mensal dos engenheiros cartógrafos, tal como obtido da corrente amostra (R\$ 1823,92) e multiplicando-se por 900, a quantidade estimada de profissionais no mercado de trabalho, chega-se a R\$ 1.641.528,00, que multiplicados por 12 meses produzem R\$ 19.698.336,00, que correspondem ao montante anual. Incrementando-se este valor de 50%, por força dos encargos sociais e diversos (informação obtida do Sindicato dos Engenheiros no Paraná), chega-se a R\$ 29.547.504,00, total estimado somente com salários e encargos referentes aos engenheiros cartógrafos. O equivalente em dólares americanos é US\$ 30,778,650.00, que correspondem a 39,2% do montante estimado para o mercado atual da engenharia cartográfica no Brasil. Em tempo, a propalada informação de que encargos sociais e outros fazem dobrar a folha de pagamento não foi confirmada também por alguns professores do

departamento de Economia da UFPR, embora afirmem desconher com razoável precisão um índice médio que possa ser aqui utilizado.

Parece-nos que a validação destes números só será possível mediante o acúmulo e o correlacionamento dos dados e informações dispersos e daqueles que ainda terão de ser levantados, de modo a permitir uma inferência com a maior confiabilidade possível. De pronto, a relação 1:7000, estimada em 1989 e adotada aqui, pode ter-se alterado por variados motivos nestes seis anos, bem como o percentual de acréscimo devido a encargos sociais e outros também carece de definição mais precisa

6) Conclusão

Os resultados apresentados possibilitaram a formulação do perfil do profissional, em função de características pessoais e coletivas, conforme demonstrada na primeira parte do levantamento. O mercado de trabalho em si, como parte do mercado da engenharia cartográfica, apresenta-se fortemente dependente do setor público, principalmente no plano federal e em menor escala no plano estadual. As atividades inerentes à profissão concentram-se em capitais de estados. Percebe-se uma interiorização em alguns estados do sul e do sudeste. O mercado de trabalho remunera em média 18,2 salários mínimos. Para quem atua há pelo menos cinco anos e disponha-se a acumular atividades administrativas, há efetiva perspectiva de ascensão profissional com ganhos proporcionais, o que também é verificado para quem detém um título de mestre.

Conforme demonstrado, quinze unidades da federação absorveram engenheiros cartógrafos, sendo que cinco instituições universitárias estão presentes em apenas quatro estados. Portanto, é oportuno indagar o que estaria a limitar a presença destes profissionais em todos os estados brasileiros. Nos próximos anos, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul estará contribuindo e alterando o mapa do mercado de trabalho do engenheiro cartógrafo, já que prevê-se a formação de engenheiros cartógrafos a partir de 1997.

Para continuar o levantamento periódico é necessário aprimorar o questionário em alguns itens de menor ou maior importância, tais como: alteração de nomes (de solteiras para casadas), adaptação para mais de uma relação trabalhista (houve casos de dois e até mesmo de três) e sobretudo dar mais clareza a algumas questões. Estes melhoramentos acarretarão em aumento do número de páginas do questionário de duas para três ou quatro.

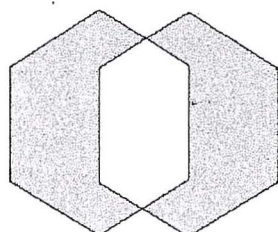
Este trabalho inicia um programa de acompanhamento do mercado da engenharia cartográfica que é extremamente dependente da participação de profissionais e instituições. A tarefa mais difícil é a de fazer o questionário chegar a um destino e, uma vez lá, o profissional ou a instituição esteja motivado a retorná-lo corretamente preenchido.

Referências bibliográficas

- [1] DENÈGRE, J. *Role of satellite remote sensing in the geographic information economics in France*. In: **ISPRS J. of Photogram. & Rem. Sens.**, 46(1991):359-70. Elsevier, Amsterdam, 1991.
- [2] CENTRO DE ESTUDOS DE ENG. CARTOGRÁFICA. *Engenharia Cartográfica: 10 anos na UNESP - Presidente Prudente*. Presidente Prudente, SP. 1987. 59p.
- [3] FURMAN, J.B. *O mercado de trabalho do engenheiro cartógrafo*. **Monografia, especialização**. 49p. 1991. Associação de Ensino Superior São Judas Tadeu, Rio de Janeiro.
- [4] SAGRES Editora. *Diálogo*. In: **Fator GIS** - a revista do geoprocessamento, 2(8):6. 1995.
- [5] _____. *O Brasil precisa de mapas*. In: ____, 3(10):10-4. 1995.
- [6] SAUSEN, T.M. *Brazilian remote sensing community: historical, geographical and economical aspects*. In: INTL CONGRESS OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 17. Washington, D.C. **International Archives**... v.6, p.139-43. 1992. ISPRS.

- [7] SILVA, J.F.C. & VIEIRA, A.J.B. *Necessidades e expectativas do engenheiro cartógrafo*. In: **Rev. Bras. Cartogr.**, 43:19-23. 1989.
- [8] SILVA, J.F.C. *SIG e Cartografia unidos*. In: **Fator GIS** - a revista do geoprocessamento (Debate), 3(11):50. 1995. Ed. Sagres. Curitiba.
- [9] SOC. BRAS. CARTOGRAFIA. *Notícias da SBC*. In: **Boletim da SBC**, 16:6. 1995.

AGRADECIMENTOS: À direção da FCT/UNESP pela facilitação do uso dos meios de comunicação, aos colegas que responderam ao questionário, aos funcionários das coordenações (UNESP e UFPR) que prontamente cederam os dados, ao Eng^o Fernando Amadeo pela colaboração, quando no exercício da presidência da SBC, e aos professores Everaldo Mellazzo e Antonio Berutti Vieira pelas valiosas discussões e sugestões.



CPRM

Serviço Geológico do Brasil

Home page <http://www.cprm.gov.br>

SPP-NEMO

SPP-NEMO S.A. COMERCIAL EXPORTADORA - R. GOTEMBURGO, 190/220 - S. CRISTÓVÃO - CEP 20941-080
RIO DE JANEIRO - RJ - TEL.: (021) 585-5444 - TLX.: (21) 30982 SPPA BR - FAX: (021) 589-0806

XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA SCIENTIFIC ASSEMBLY OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEODESY



Workshop de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ISPRS/INPE
Forum Estadual de Geoprocessamento FGeo/RJ • Concurso de Cartografia para Crianças
II Simpósio de Cartografia Ambiental • Curso de Cadastro Rural FIG
Simpósio Latino Americano de Agrimensura • Cartografia nas Olimpíadas de 2004
XVI EXPOSICARTA Exposição de Produtores e Usuários de Cartografia

03 a 09 de setembro de 1997

Centro de Convenções • *RIO CENTRO* • Rio de Janeiro



Organizadores:

Sociedade Brasileira de Cartografia,
Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
International Association of Geodesy

Co-Produção:

Patrocínio:

Secretaria Municipal de Educação da Cidade do Rio de Janeiro
Secretaria Estadual de Planejamento e Controle - CIDE
Governo do Estado do Rio de Janeiro
RIOTUR / PETROBRÁS / IBGE
CNPO / FAPFRI / FAPFSP



IAG