

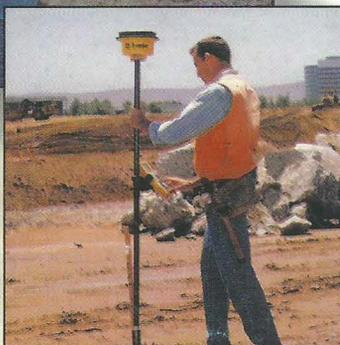


# SANTIAGO & CINTRA

## Soluções Completas para Topografia



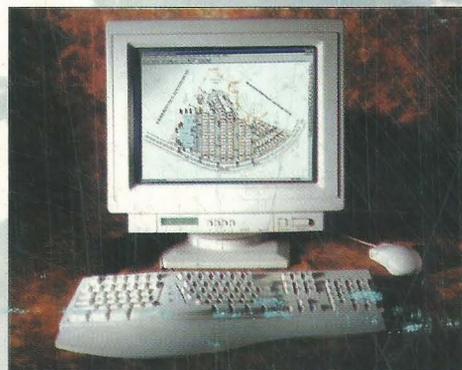
**APOIO FOTOGRAMÉTRICO  
E LEVANTAMENTO  
TOPOGRÁFICO**



**IMPLANTAÇÃO E  
ACOMPANHAMENTO  
DE OBRAS**



**CADASTRO TÉCNICO**



**PROCESSAMENTO DE  
DADOS E PROJETOS**

**Matriz São Paulo:** R. Vieira de Moraes, 420/ 12º andar  
São Paulo, SP 04617-000  
Tel: (011) 543-3433 Fax: (011) 531-0880  
E-mail: [scintra@mandic.com.br](mailto:scintra@mandic.com.br)  
**Filial Rio de Janeiro:** Tel: (021) 240-3503 Fax: (021) 240-3492  
**Filial Bahia:** Tel / Fax: (071) 353-9897

**Distribuidor Exclusivo**



**SANTIAGO  
& CINTRA**

Sistemas de Automação Topográfica

## EDITORIAL

Entendemos que a divulgação de qualquer tipo de informação deve ser passada sempre da maneira mais realista possível. Em todas as vezes, este pensamento tem orientado nossa maneira de trabalhar quando levamos aos nossos associados, numa linguagem simples e clara, apenas a realidade.

A organização e montagem de uma Revista para certas pessoas, pode muitas vezes tornar-se uma tarefa bastante fácil, mas para nós, infelizmente, não tem sido assim. Não obstante, temos conseguido sobrepor essas dificuldades, o que nos traz grande satisfação, pois sabemos o quanto tivemos, todos nós, de multiplicar esforços.

Pensando nesses esforços é que montamos o mosaico de fotos apresentado na primeira capa de nossa revista, onde evidenciamos alguns dos momentos de nossa gestão, cujo término se dá neste mês de outubro. Nesses quadrinhos fica, também, nosso sentimento de gratidão para com todos que colaboraram conosco nestes últimos três anos.

Sabemos, é certo, que muito ainda ficou por fazer, por isso, e pelo que deixamos de realizar, pedimos perdão; e mais, pelo espírito de tolerância, por toda paciência que tiveram conosco, externamos inteira gratidão.

É notável observar como a SBC cresceu nesses últimos anos, um continuado desenvolvimento se faz notar a cada dia que passa. É justamente neste ritmo que desejamos vê-la, precisamos estar bem estimulados para mantê-la assim, para assegurar esse processo de expansão rumo a mais e maiores momentos de glória que o futuro certamente lhe reserva.

Neste momento, conclamamos a todos para trabalharem, apoiarem e prestigiarem nossa Instituição, visando a torná-la cada vez mais ativa, como uma entidade viva balizando a orientação-padrão das ciências cartográficas no país.

Nesse término de mandato, temos consciência da importância dessa contribuição. Desde que assumimos, em 28 de outubro de 1995, conseguimos imprimir todos os boletins bimestrais, sem exceção; por vezes experimentamos algum atraso, mas nada nos impediu de levarmos, aos nossos associados, o noticiário do cotidiano da SBC. Com o Calendário de Eventos, adotamos divulgar todas as chamadas de interesse da nossa comunidade.

Para cumprir um plano de trabalho, os compromissos assumidos e todas as rotinas previstas no Estatuto SBC, foram de absoluta relevância a contribuição esforçada de todos os membros da Diretoria Executiva e dos Conselhos Deliberativo e Fiscal. Ao passar às mãos dos associados mais um número da Revista Brasileira de Cartografia, não conseguimos ocultar a grande satisfação por ter conseguido reativar sua publicação, o que, a par do padrão de excelência, foi conseguido sem custo para a nossa Sociedade. Uma Revista técnico-científica dos Sócios para os Sócios.

No balanço desse período, cumpre destacar a colaboração de empresas como as da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais - CPRM, da Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo - DEPV e da Associação Nacional de Empresas de Aerolevanteamento - ANEA, cujo apoio veio bem ao encontro de nossas aspirações profissionais, contribuindo para a garantia de uma sociedade científica do mais alto grau de credibilidade no país.

Ainda neste período, não podemos deixar de registrar agradecimento especial ao corpo técnico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, que na pessoa do seu Diretor Geral, tanto contribuiu para o fortalecimento da SBC, com presença marcante no cenário nacional e, mormente, no exterior.

Deixando a presidência da SBC nos sentimos gratificados e até emocionados quando notamos que a data é marcada pelas comemorações dos quarenta anos de existência da nossa Sociedade: uma Instituição sólida de propósitos pela doutrina do seu estatuto e pela habilidade gerencial de nossos antecessores, aos quais ficamos eternamente agradecidos.

NEI ERLING - Presidente da SBC



EDITORIAL



01 - Alfabetização Cartográfica de alunos portadores de deficiência visual.

Arlete Aparecida Correia Meneguette.

11 - The Challenge of Geodesy teaching in the 2000 's.

J. L. Vacaflor, N. G. Lopez, S. E. Busab.

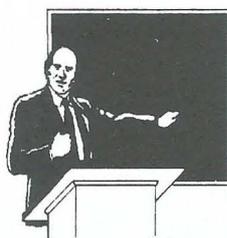


16 - Dispositivo para a verificação da qualidade de recepção de sinais GPS.

Edvaldo Simões da Fonseca Junior.

20 - Aplicações do GPS em Fotogrametria.

Aluir Porfirio Dal Poz.

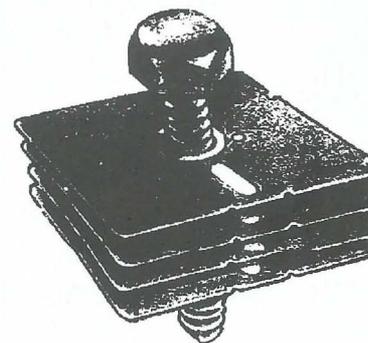


26 - Demarcação de Terras Indígenas empregando métodos de Posicionamento Global e Tratamento Digital de imagens Satelitais.

José Jorge de Seixas.

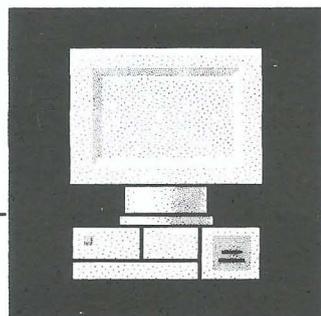
33 - GPS & GIS : Integração Geométrica.

Jorge Pimentel Cintra.



43) Evolução das Definições de Cartografia.

Eliane Alves da Silva.



49) Qualidade da Base Cartográfica para o Cadastro Técnico Multifinalitário.

Carlos Loch e Francisco Henrique de Oliveira.

57) Globalização e Metodologias no uso do Geoprocessamento :  
Estudos de casos, diferentes abordagens de análises espaciais.

Ana Clara Mourão Moura.

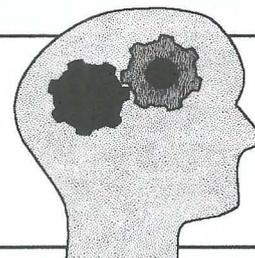


63) Metodologia para editoração cartográfica de mapas e cartas do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB

José Henrique da Silva, Manoel Leite de Sá e Wilhelm Petter de Freire Bernard.

67) Conjuntos Difusos em Processamento de Imagens Digitais.

Lia Caetano Bastos.



Nossa Capa:

Atividades da SBC no triênio 1995/1998.

# ALFABETIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DE ALUNOS PORTADORES DE DEFICIÊNCIA VISUAL

**Profa. Dra. Arlete A. C. Meneguette**

**Alessandra Silva Eugênio**

**UNESP - FCT - Departamento de Cartografia  
R. Roberto Simonsen, 305 - CEP 19060-900 - P. Prudente, SP  
e-mail: uepr@eu.ansp.br**

## RESUMO

Crianças e adolescentes portadores de deficiência visual têm participado de atividades de Alfabetização Cartográfica e sido beneficiados pela aplicação de material didático tátil junto à Sala de Recursos para Deficientes Visuais da EEPG Profa. Maria Luiza Formosinho Ribeiro, de Presidente Prudente, SP, que completou recentemente 10 anos de funcionamento. O material didático tátil vem sendo elaborado tomando livros, atlas e mapas como fontes de informação. Modelos tridimensionais, tais como maquetes, foram construídos e o controle de qualidade foi realizado por colaboradores portadores de deficiência visual. Ao longo dos últimos quatro anos, a satisfação da equipe tem consistido na valorização de uma classe pouco reconhecida na educação brasileira, ou seja, os deficientes visuais, da qual uma das autoras faz parte. O aluno portador de deficiência visual demonstra, na verdade, necessitar de uma metodologia que desenvolva as suas potencialidades que possui e que pouco diferem das de um aluno vidente.

Para a equipe ficou claro que a dificuldade visual não impede o desenvolvimento normal das crianças portadoras de deficiência visual e o que se torna necessário é uma metodologia que supere o obstáculo físico, propiciando atividades práticas que despertam o interesse até mesmo de crianças de visão normal. É interessante observar que os materiais didáticos táteis que vêm sendo elaborados pela equipe despertam muito mais a atenção das crianças que não são portadoras de deficiência visual do que os materiais didáticos convencionalmente empregados. Isso se deve ao fato que além de texturas, são adicionadas, também, cores, tal que o mesmo material possa ser utilizado por alunos com visão sub-normal.

Para o período 1996-97 o enfoque do Projeto de Pesquisa está sendo voltado ao uso de recursos computacionais como auxílio ao processo de ensino-aprendizagem de portadores de deficiência visual. Uma primeira etapa foi a aplicação de software gráfico na geração de uma base cartográfica digital correspondente à área do Pontal do Paranapanema, para emprego em um Atlas Eletrônico. O próximo passo será a utilização de hipermídia e disseminação de material didático via Internet.

## ABSTRACT

In 1996, the Resources Center for the Visually Impaired (Presidente Prudente, SP) has completed 10 years of existence. Visually impaired children and teenagers have been benefited by the application of tactile learning aids devised through the Research Project entitled "Tactile Cartography and the teaching of Geography", sponsored by the Brazilian Research Council (CNPq) and carried out since 1993 by a team of researchers and students at FCT/UNESP.

The aim of this paper is to present some of the activities which have been carried out by the team towards the production and application of tactile learning aids for visually impaired students, taking books and maps as sources of data. Three-dimensional models of geographical locations were built and quality control was conducted by visually impaired collaborators. The next step is to introduce hypermedia systems into the learning process as well as to disseminate such material through the Internet.

### 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

É de conhecimento geral que a Universidade pública brasileira tem primado pela busca e manutenção da qualidade do ensino e da pesquisa, oferecendo também sociedade serviços de extensão de alto nível. Entretanto, tradicionalmente, os cursos de graduação e pós-graduação têm focalizado temáticas voltadas aos indivíduos considerados "normais", que frequentam escolas "regulares", sem que haja um empenho maior em realizar estudos que premiem uma parcela da população portadora de necessidades especiais (portadores de deficiências, de condutas típicas e de altas habilidades).

Reconhecendo que um dos entraves para a expansão com qualidade da Educação Especial é o despreparo de recursos humanos para atuar no ensino e de outros profissionais que interagem com deficientes e superdotados, foi aprovada a Portaria nº. 1.793, de 27 de dezembro de 1994, do Ministério da Educação e do Desporto. Tal Portaria, considerando a necessidade de complementar os currículos de formação de docentes e outros profissionais que lidam com portadores de necessidades especiais, recomenda a inclusão da disciplina "Aspectos ético-políticos educacionais da normalização e integração da pessoa portadora de

necessidades especiais", prioritariamente nos cursos de Pedagogia, Psicologia e em todas as Licenciaturas (Geografia, História, Matemática, Educação Física, etc).

No tocante s Licenciaturas foi sugerido que os aspectos relativos ao ensino e a integração dos portadores de necessidades especiais sejam incluídos nas disciplinas: Estrutura e Funcionamento de 1º. e 2º. graus, Psicologia da Educação e Didática. Além disso, sugeriu-se que ao serem estruturados os programas das habilitações, bem como de suas disciplinas, não se restrinjam abordagem teórico-prática referente ao ensino regular ou aos indivíduos chamados "normais", sendo que tais programas devem contemplar conteúdos sobre o portador de necessidades especiais e formas de atendimento educacional.

Dentre as propostas para o curso de Licenciatura em Geografia, mais especificamente, os conteúdos sugeridos para a inclusão nas disciplinas curriculares foram os seguintes: mudanças de atitude em relação s pessoas portadoras de necessidades especiais, noções básicas de segurança no trabalho, produção de recursos instrucionais ou materiais que possam favorecer o processo de integração da pessoa portadora de necessidades especiais. Observou-se também que é necessário enfatizar em cada curso, os

aspectos facilitadores vida integrativa das pessoas portadoras de necessidades especiais. Sendo assim, os programas devidamente re-estruturados, de modo a incluir conteúdos que favoreçam a capacitação de professores aptos a trabalhar com todas as parcelas da população, representarão ao mesmo tempo o cumprimento da Constituição e da Ética.

Com essa preocupação em mente, desde 1993 vêm sendo desenvolvidos Projetos e Planos no bojo da linha de pesquisa "Educação Cartográfica", do Departamento de Cartografia da FCT/UNESP - Câmpus de Presidente Prudente, SP. O Projeto "A Cartografia Tátil e o Ensino de Geografia" conta com a participação de professoras da Rede Oficial de Ensino, bem como bolsistas, estagiários, um maquetista e monitores dos cursos de graduação em Engenharia Cartográfica e Geografia. As atividades envolvem a concepção, construção e aplicação de material de apoio didático gráfico, tátil e digital.

A aplicação de material didático tátil é realizada junto à Sala de Recursos para Deficientes Visuais da EEPG Profa. Maria Luiza Formosinho Ribeiro, de Presidente Prudente, SP. A Sala de Recursos foi fundada em 24/09/1986 e completou recentemente 10 anos de funcionamento. A ajuda assistencial é incipiente, sendo apenas oferecido transporte escolar pela Prefeitura Municipal de P. Prudente. Atualmente 39 portadores de deficiência visual (total ou parcial) frequentam a Sala de Recursos, que dispõe de uma Biblioteca Braille composta por alguns livros didáticos da pré-escola ao 3o. ano do 2o. grau, os quais foram oferecidos pela Fundação Dorina Nowill, de São Paulo. A Sala conta também com livros falados, ou seja, 60 fitas cassete da coleção "Era uma vez uma história" da Fundação para Desenvolvimento da Educação (FDE), as quais são fitas didáticas e de histórias infantis.

Na Sala de Recursos é feita estimulação precoce, através de atividades de esquema corporal, coordenação motora grossa e fina, percepção tátil-cinestésica, auditiva, olfativa e gustativa, além de recreação. No tocante estimulação visual, são empregadas lanternas, luzes coloridas, e figuras-fundos; é feita discriminação de detalhes além de reconhecimento de figuras e cores. É oferecida orientação aos professores da Sala Comum, confeccionados materiais em Braille, transcritos textos do Braille para tinta e vice-versa, textos são ampliados, aulas são gravadas, é feita a alfabetização Braille e oferecida orientação aos alunos em suas dificuldades. São desenvolvidas atividades de reabilitação, as quais ajudam no desenvolvimento de outros sentidos remanescentes, além de ser ensinada a leitura e escrita Braille, estimulada a mobilidade dos deficientes e realizadas atividades da vida diária (AVD).

Alguns dos alunos que frequentam a Sala de Recursos fazem cursos por correspondência, tais como de câmara escura, música e datilografia. No tocante inserção no mercado de trabalho, os alunos conseguem empregar-se em marcenarias, clínicas radiológicas e oficinas mecânicas da comunidade. Através da Sala, um grupo musical foi formado e já toca nos bares nos finais de semana e em eventos. Passeios são programados, tais como uma visita Represa Laranja Doce, na vizinha cidade de Martinópolis, além de serem feitas excursões com outras entidades.

Os materiais didáticos táteis elaborados pela equipe estão sendo aplicados em alunos de pré-escola e do 1o. grau, portadores de deficiência visual (parcial e total), que frequentam a Sala de Recursos sob a supervisão da Profa. Leila Midori Ono - profissional especializada no ensino de deficientes visuais. Com a aposentadoria da Profa. Olga Choari Salem, com pós-graduação pela Unesp de Marília, a Profa. Alice Aparecida da Cunha, também especialista em DV e

portadora de deficiência visual, passou a lecionar na Sala de Recursos, juntamente com a Profa. Leila Ono.

É importante ressaltar que esta equipe solicitou recentemente financiamento ao Fundo de Cooperação com Iberoamérica 1997 tendo sido aprovado parcialmente o pedido que envolveu:

- a aquisição de material didático composto por: *Tactile Graphics Kit* (necessário porque a Sala só dispõe de carretilhas comuns e punções para elaboração de desenhos e demais representações gráficas); *kit* individual para alunos contendo: reglete, punção, papéis, etc (é importante observar que os alunos são carentes e dada a distância dos grandes centros, como São Paulo, a compra desses materiais didáticos no mercado nacional se torna muito difícil); CCTV (Telesensory, justificada por ser no momento requerido o trabalho de ampliação de textos devido ao fato de uma das professoras da Sala ser portadora de deficiência e ter que atender a 23 alunos); Mountbatten Braille (máquina Braille portátil eletrônica, necessária porque a Sala só dispõe de uma máquina Perkins Braille, além do que esse tipo de máquina pode ser conectada a um microcomputador, permitindo iniciar os alunos na tecnologia de informática, para o que atualmente não há nenhum equipamento do gênero);
- promoção e distribuição de Braille e livro falado;
- organização e realização de cursos, reuniões e conferências.

A equipe organizou um evento no PrudenShopping, em Presidente Prudente, SP, de 20 a 23/09/1996, a fim de marcar os dez anos de criação da Sala de Recursos, ocasião em que a comunidade local e regional pode conhecer melhor o importante papel social desempenhado pelos profissionais e colaboradores junto aos portadores de deficiências visuais.

Recentemente, o Lions Club de Presidente Prudente adquiriu e doou uma máquina Braille, que

vem sendo utilizada na Sala de Recursos, tanto para a elaboração de material didático convencional para os portadores de deficiência visual, quanto para a confecção de letreiros que são fixados nos mapas táteis e maquetes elaborados na FCT/UNESP.

## 2. CONSTRUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO TÁTIL

Desde 1993 esta equipe vem construindo material didático tátil voltado Alfabetização Cartográfica de alunos portadores de deficiência visual. Um dos primeiros trabalhos desenvolvidos tomou por base a Coleção "Primeiros Mapas - como entender e construir", da Profa. Dra. Maria Elena Ramos Simielli (SIMIELLI, 1993), do Departamento de Geografia da USP. Tal Coleção pretende oferecer elementos para que as crianças de 1a. a 4a. séries do 1o. grau - ou de níveis que necessitem de alfabetização cartográfica - compreendam os processos necessários para a realização das representações gráficas, sobretudo dos mapas. Para tanto, a Coleção oferece inúmeros recursos visuais - desenhos, fotos, plantas, mapas, imagens de satélite, figuras, tabelas, jogos e representações feitas pelas crianças, acostumando o aluno linguagem visual. A fim de complementar as representações da Coleção e adaptá-la para alunos portadores de deficiência visual é que o material didático tátil foi construído.

Uma outra Coleção foi analisada, ou seja, "Aprendendo a construir Geografia", dos professores Delacir R. Poloni, Raul Borges Guimarães e Wagner Costa Ribeiro (POLONI et al., 1994). Tal Coleção tem como tema da primeira unidade a vida em sociedade, a qual é composta por diversos segmentos, dentre os quais os portadores de necessidades especiais. Como sugerido no Capítulo 1: A vida na escola, foi construída a maquete de uma sala de aula com todos os móveis e demais objetos, na escala 1:100, com a colaboração do

Sr. Marcos Antonio da Rocha, maquetista e colaborador no Projeto de Pesquisa.

Além dos materiais didáticos táteis já mencionados, também foram construídos modelos tridimensionais do terreno, em 1995, por alunos dos cursos de Geografia (Alessandra Silva Eugênio e José Augusto da Silva) e de Engenharia Cartográfica (César Teixeira, Cristiane Isogai, Eduardo Parussolo, Everton Nubiato, Fábila Antunes, Noely Ribeiro). Trata-se das maquetes do Pontal do Paranapanema, escala 1:250.000, e do Parque Estadual Morro do Diabo, em 1:50.000, contendo relevo, hidrografia, vegetação, localidades (sedes de municípios), malha viária principal e toponímia (em braille e convencional).

Foram empregados como material-fonte, respectivamente, a base planimétrica do Atlas Geográfico do Pontal do Paranapanema, elaborada a partir de mapas topográficos publicados pelo IBGE e atualizados com imagens de satélite pelas professoras Arlete Meneguette (UNESP) e Eliane Alves da Silva (UFF) e o Atlas Ecológico do Parque Estadual, elaborado sob a orientação e coordenação da Profa. Dra. Arlete Meneguette. Uma terceira maquete demonstra todas as etapas de construção de maquetes, constituindo-se um importante recurso didático. Além disso, no período foi construído um mapa tátil do Pontal do Paranapanema, na escala 1:250.000, empregando cola plástica colorida e pó de serra tingido, sobre parte da base planimétrica do Atlas Geográfico do Pontal do Paranapanema.

As maquetes passaram por controle de qualidade, efetuado em 22/11/1995, com a participação de alunos adultos que frequentam a Sala de Recursos da EEPG Profa. Maria Luiza Formosinho Ribeiro, de Presidente Prudente. Desta maneira apontou-se os seguintes problemas informacionais e impressões sobre os materiais utilizados: ausência de legenda em braille; os deficientes visuais não conseguiram fazer a ligação

da variação de níveis com a variação em altitude do relevo; ausência de escala; os deficientes visuais que testaram a maquete não tinham conhecimento geográfico suficiente que permitisse compreender as informações contidas nas maquetes, bem como a linguagem dos alunos de Engenharia Cartográfica e Geografia que os estavam orientando superavam o nível desse precário conhecimento; necessidade de conversão para o braille dos topônimos (rodovias, rios, cidades e UHE); fragilidade do material utilizado para representar a vegetação rasteira, sendo que o pó de serra tingido de verde foi confundido com areia; utilização de materiais ásperos, que podem causar danos ao tato dos usuários.

Devido aos problemas citados acima foi sugerido, pelos alunos e professora da Sala de Recursos: que a maquete apresente algum ponto de referência para a localização geográfica; a construção de escala e legenda em braille; substituir o pó de serra da vegetação rasteira por camurça; o cuidado com materiais que são utilizados na construção da maquete, para que não causem danos ao tato dos usuários portadores de deficiência visual. Acatando tais sugestões, novos materiais didáticos táteis foram elaborados.

Assim sendo, durante o ano de 1996, dando continuidade aos trabalhos de construção de material didático tátil, foram elaborados novos mapas táteis com inserção de letreiros em braille e empregando diferentes técnicas e materiais, observando sempre o baixo custo (preferencialmente sucata) e a facilidade de construção, favorecendo a participação dos professores e da família de alunos portadores de deficiência visual. Os mapas táteis mais recentes cobrem a área do centro urbano de Presidente Prudente, o Pontal do Paranapanema, o Estado de São Paulo, o Brasil e a América Latina. A área urbana corresponde ao Calçadão de Presidente Prudente, sendo composta por 35 quarteirões e

representando pontos de interesse turístico e comercial. O mapa tátil do Calçadão foi construído pela Profa. Maria Ângela Z. Máximo a partir da "Carta de Propósito Especial de Presidente Prudente" desenvolvida em 1992 durante um Projeto Final do Curso de Engenharia Cartográfica. Um novo mapa tátil do Pontal do Paranapanema foi elaborado com a participação de três adolescentes cursando o segundo grau na EEPSPG Profa. Mirella Pesce Desidere, de Presidente Prudente, tendo sido representadas as feições mais relevantes, quais sejam, a hidrografia, as vias de circulação, a localização das cidades e a vegetação natural (matas - com destaque especial para o Parque Estadual Morro do Diabo). O Estado de São Paulo, por sua vez, foi representado através de mapas táteis construídos em papel vegetal onde foram delineados o limite interestadual e as áreas cobertas por vegetação natural em diferentes momentos, desde o século XIX até a previsão para o ano 2000, mostrando o processo de desflorestamento. Os mapas táteis do Brasil e da América Latina representam aspectos político-administrativos e topônimos.

### **3. ALFABETIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DE PRÉ-ESCOLARES E ADOLESCENTES PORTADORES DE DEFICIÊNCIA VISUAL**

Além das atividades desenvolvidas com adultos portadores de deficiência visual, uma série de atividades voltadas à Alfabetização Cartográfica vêm sendo desenvolvidas com a participação de crianças e adolescentes que frequentam a Sala de Recursos.

Um dos colaboradores que participaram no período 1995-96 das atividades práticas do Projeto de Pesquisa "A Cartografia Tátil e o Ensino de Geografia" foi o aluno Anderson Nogueira Mosquete, na época com 12 anos. Anderson frequenta tanto uma Sala Comum, quanto a Sala de Recursos e apesar de ter

visão sub-normal é um artista plástico, que já realizou uma série de mostras de arte e concedeu entrevistas imprensa. Outro colaborador foi o aluno Everton Pecian Figueira (na ocasião também com 12 anos), residente na cidade de Martinópolis, porém frequentando a Sala de Recursos em Presidente Prudente Cabe ressaltar que as atividades foram realizadas na própria residência do aluno Everton, que recebeu subsídios para a alfabetização cartográfica. As três crianças pré-escolares que participaram do Projeto de Pesquisa em 1996 foram Tiago Vinícius Vieira e os irmãos gêmeos Carlos Eduardo e Daniela dos Santos Nunes, todos eles com 6 anos na época.

As atividades desenvolvidas com o aluno Anderson, adaptadas da coleção: "Primeiros Mapas" (SIMIELLI, 1993), conduziram a resultados excelentes; no entanto é importante mencionar que o referido aluno possui uma deficiência visual que não é total. Sendo assim, foi necessário desenvolver as atividades com uma criança com deficiência total, para verificar se as atividades se enquadravam para qualquer deficiente visual, seja total ou parcial. Quanto às atividades desenvolvidas com o aluno Everton, estas alcançaram os resultados esperados quanto ao desenvolvimento da criança em relação a sua percepção do espaço. Entretanto, ao longo do processo, novos testes mostraram-se necessários antes que qualquer conclusão fosse tirada e, em assim sendo, novas atividades estão sendo propostas e serão realizadas.

As atividades desenvolvidas no período buscaram cumprir os objetivos propostos pelo Projeto de Pesquisa, porém, durante esse processo foram necessários algumas reformulações para atender as situações novas e não previstas. Para a análise dos resultados obtidos torna-se necessário considerar algumas etapas de desenvolvimento progressivo das relações espaciais apontadas por Piaget com relação idade das crianças e o seu estágio de desenvolvimento.

Quanto às crianças portadoras de deficiência visual, estas apresentaram o mesmo desenvolvimento relativo a sua idade para uma criança considerada normal, apresentando relações topológicas, capacidade sintética (3, 4 e 5 anos), embora o desenho fosse intencional não se assemelhava com o real, apresentaram verbalismo enquanto explicavam o desenho, porém para uma das crianças, portadora de deficiência total (cega) a atividade com desenho foi (re)adaptada com a utilização de prancheta de borracha, carretilha ou desenho com a aplicação de barbante.

Algumas situações não previstas surgiram como: a questão da posição horizontal e vertical do desenho no papel, fazendo-se necessário o desenvolvimento de outras atividades para desenvolver o conceito da posição espacial de desenho no papel. As atividades que vêm sendo desenvolvidas com os alunos do pré-primário haviam sido desenvolvidas com Anderson Bosquetti, que não apresentou nenhuma dificuldade para alcançar os objetivos propostos, devido ao seu processo de construção das relações espaciais estar em um estágio avançado para as atividades realizadas. As atividades com os alunos do pré-primário permitem compreender melhor como se processa essa construção das relações espaciais.

Uma vez que as crianças já participam da vida escolar normal com o acompanhamento da Sala de Recursos, as atividades desenvolvidas auxiliaram os mesmos a alcançarem os objetivos propostos. Isso pode ser verificado com a facilidade com que os alunos Carlos Eduardo e Daniela, que estavam matriculados no pré-primário por 2 anos, tinham menos dificuldades em contraposição ao Tiago, matriculado no ano de 1996 no pré-primário. Para a equipe ficou claro que a dificuldade visual não impede o desenvolvimento normal das crianças portadoras de deficiência visual, torna-se necessário uma metodologia que supere o

obstáculo físico, propiciando atividades práticas que despertam o interesse até mesmo de crianças de visão normal. É interessante observar que os materiais didáticos táteis que vêm sendo elaborados pela equipe despertam muito mais a atenção das crianças que não são portadoras de deficiência visual do que os materiais didáticos convencionalmente empregados. Isso se deve ao fato que além de texturas, são adicionadas, também, cores, tal que o mesmo material possa ser utilizado por alunos com visão sub-normal.

#### **4. ATIVIDADES DE ALFABETIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA PRÉ-ESCOLARES PORTADORES DE DEFICIÊNCIA VISUAL**

Como já foi mencionado anteriormente, os novos colaboradores no Projeto de Pesquisa "A Cartografia Tátil e o ensino de Geografia" são três alunos da Sala de Recursos da EEPG Profa. Maria Luiza Formosinho Ribeiro, de Presidente Prudente, quais sejam, Tiago Vinícius Vieira e os irmãos gêmeos Carlos Eduardo e Daniela dos Santos Nunes, todos eles com 6 anos na época do desenvolvimentos das atividades.

O material que está sendo empregado com os pré-escolares foi elaborado a partir da Coleção "Primeiros Mapas" (SIMIELLI, 1993). O material didático tátil já havia sido empregado anteriormente com adolescentes com relativo sucesso, o que estimulou a aplicação do mesmo com os pré-escolares. Entretanto, como a aluna Daniela é deficiente total, não respondendo à estimulação visual, tem sido necessário adaptar o material didático, enquanto que os dois outros alunos, Tiago e Carlos têm visão sub-normal, não necessitando de adaptação do material.

As atividades desenvolvidas foram:

##### **4.1 Ligando as partes que estão faltando (1)**

**Objetivo:** Descobrir a relação entre todo e partes.

**Material:** gravura de um objeto em alto relevo com todas as suas partes; gravuras do mesmo objeto faltando partes gradativamente.

**Procedimento Metodológico:** apresentar as gravuras sucessivamente; pedir a criança que identifique o objeto da gravura, e com base na primeira gravura completa esta deverá identificar as partes do objeto que estão faltando nas outras gravuras.

**Avaliação dos resultados obtidos:** Carlos Eduardo e Tiago não apresentaram nenhuma dificuldade em identificar o objeto da gravura e as partes que estavam faltando, porém a Daniela devido a sua deficiência total (cega), apresentou maior dificuldade para identificar o objeto e as partes que estavam faltando.

A atividade permitiu que se alcançasse o objetivo proposto.

#### **4.2 Ligando as partes que estão faltando (2)**

**Objetivo:** Descobrir a relação entre todo e partes.

**Material:** objetos que possam ser manuseados pelas crianças e, permitam retirar as suas partes.

**Procedimento Metodológico:** apresentar um objeto que possa ser desmontado (homem de brinquedo); apresentar o mesmo objeto faltando partes; pedir a criança que identifique o objeto e as partes que estão faltando; montar o objeto ligando as partes que faltam.

**Avaliação dos resultados obtidos:** Carlos Eduardo apresentou alguma dificuldade para identificar as partes que estavam faltando do objeto, mas sanou o problema enquanto o reconstruía. Tiago conseguiu reconhecer e reconstruir o objeto rapidamente. Daniela não conseguiu realizar a atividade, pois, após a reconstrução do objeto teria que colocá-lo no sentido vertical no papel, e não conseguiu compreender que o objeto embora esteja na vertical no papel permanece na

posição horizontal no plano de quem observa. A atividade deverá ser realizada outras vezes até que se consiga alcançar o objetivo proposto, principalmente com relação a Daniela.

#### **4.3 Reconhecendo Formas Geométricas**

**Objetivo:** Reconhecer formas geométricas.

**Material:** diversos objetos com formas geométricas variadas: quadrado, retângulo, círculo e cilindro.

**Procedimento Metodológico:** apresentar diversos objetos com formas geométricas variadas: quadrado, retângulo, círculo e cilindro; solicitar as crianças que identifiquem as formas geométricas conhecidas; as formas geométricas que não forem conhecidas das crianças serão identificadas com o auxílio da orientadora; pedir as crianças que agrupem as formas coincidentes.

**Avaliação dos resultados obtidos:** A atividade alcançou o objetivo proposto, algumas formas geométricas não eram conhecidas por Carlos Eduardo e Daniela, apenas o cilindro não era conhecido. Tiago não conhecia nenhuma das formas geométricas apresentadas.

#### **4.4 Reconhecendo o próprio corpo: desenvolvendo a lateralidade**

**Objetivo:** conhecer o próprio corpo; desenvolver atividades métricas quando mede o tamanho da criança e do papel.

**Material:** folha de papel manilha, giz de cera, tesoura, barbante.

**Procedimento Metodológico:** medir o tamanho da criança com o barbante para cortar o papel, deitar a criança no papel e contorná-la com o giz de cera, preencher as partes internas do corpo, desenvolver

atividades de lateralidade com a criança em relação ao boneco.

**Avaliação dos resultados obtidos:** Esta é uma atividade que permite desenvolver a lateralidade (direita/esquerda) da criança com relação a outro corpo: o boneco. Carlos Eduardo e Daniela já tinham a noção de lateralidade desenvolvida, o primeiro apresentou no seu desenho o realismo intelectual. A atividade teve que ser (re)adaptada para a Daniela, pois o contorno do corpo foi feito com a utilização cola e aplicação de barbante, quando esta teve que recortar apresentou muita dificuldade para acompanhar o barbante e para recortar. Tiago não alcançou o objetivo proposto e novas atividades deverão ser desenvolvidas para que este consiga desenvolver a sua lateralidade.

#### **4.5 Desenvolvendo relações topológicas**

**Objetivo:** Desenvolver relações topológicas como: frente/atrás, dentro/fora, embaixo/em cima.

**Material:** figuras que ilustrem as relações topológicas.

**Procedimento Metodológico:** apresentar desenhos em alto relevo que desenvolvam as relações topológicas; pedir a criança orientando-a para que diga se as partes da figura está: em cima/embaixo, frente/atrás, dentro/fora.

**Avaliação dos resultados obtidos:** A atividade não apresentou nenhuma dificuldade para alcançar o objetivo proposto, todavia Carlos Eduardo quando foi solicitado para dizer se o objeto estava na frente ou atrás do outro objeto disse que estava em cima, logo a atividade terá que ser repetida para que esse descubra a relação de frente/atrás do objeto no papel.

**Sugestão:** O material poderá ser construído pela própria criança com a orientação do professor.

#### **4.6 Empregando a visão oblíqua**

**Objetivo:** Desenvolver a visão oblíqua para a utilização de mapas.

**Material:** objetos de várias formas, se possível que tenham formas geométricas definidas; giz de cera; papel; prancheta de borracha para desenho; carretilha.

**Procedimento Metodológico:** colocar um objeto em um plano mais baixo que a criança; pedir para que a criança desenhe a parte do objeto que consegue ver (visão residual) ou que tateando com a ponta do dedo no sentido horizontal.

**Avaliação dos resultados obtidos:** Carlos Eduardo não conseguiu desenhar o quadrado, apenas um retângulo, mesmo quando reduziu o tamanho do primeiro. Tiago desenhou partes do desenho que sabia e não o que via (realismo intelectual). Daniela desenhou com a ajuda da carretilha e a prancha de borracha, porém não conseguiu ligar as partes do desenho. A atividade deverá ser reformulada para uma nova aplicação até se alcançar o objetivo proposto.

### **5. CONCLUSÕES**

A satisfação da equipe tem consistido na valorização de uma classe pouco reconhecida na educação brasileira, ou seja, os deficientes visuais, da qual uma das autoras faz parte. O aluno portador de deficiência visual demonstra, na verdade, necessitar de uma metodologia que desenvolva as suas potencialidades que possui e que pouco diferem das de um aluno vidente.

Para que se decida a realizar atividades destinadas a deficientes visuais, o docente tem que ser crítico e criativo para que a sua didática vise indivíduos que discutam e participem da construção do espaço geográfico sem desigualdades sociais, começando com a superação das dificuldades informacionais que um mapa bidimensional pode gerar a um deficiente visual.

É necessário que nas Universidades se discuta a inserção de indivíduos portadores de deficiências na sociedade e, que trabalhos como este sejam divulgados para que toda a sociedade se conscientize e participe de maneira igualitária da construção de um espaço geográfico e sua representação: o mapa.

Para o período 1996-97 o enfoque do Projeto de Pesquisa está sendo voltado ao uso de recursos computacionais como auxílio ao processo de ensino-aprendizagem de portadores de deficiência visual. Uma primeira etapa foi a aplicação de software gráfico na geração de uma base cartográfica digital correspondente à área do Pontual do Parapanema, para emprego em um Atlas Eletrônico. O próximo passo será a utilização de hipermídia e disseminação de material didático via Internet.

## AGRADECIMENTOS

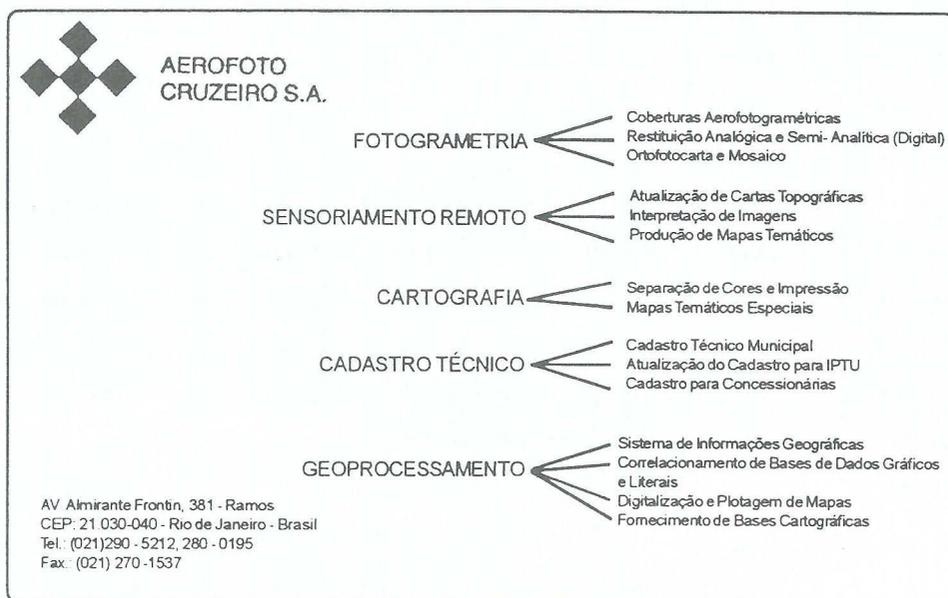
A todos os que têm estimulado a linha de pesquisa "Educação Cartográfica", aos que têm contribuído para com a Sala de Recursos, e, principalmente, aos portadores de deficiência visual, que têm aberto nossos olhos para uma nova visão de mundo, nossos agradecimentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

POLODI, D.R. ; GUIMARÃES, R.B. ; RIBEIRO, W.C.

Aprendendo a construir geografia. Curitiba: Arco-Íris, 1994.

SIMIELLI, M.E.R. Primeiros mapas - como entender e construir. São Paulo: Ática, 1993.



Sócio Mantenedor - 4/0266

# THE CHALLENGE OF GEODESY TEACHING IN THE 2000's

Vacaflor, J.L.; Lopez, N.G; Busab, S.E.  
Catedras de Geodesia Superior. Instituto de Geodesia. FACET.UNT.  
Avenida Independencia 1800.(4000) S.M.de Tucumán. Argentina

## ABSTRACT

In order to integrate Latin American countries with fairness in the world process of economic; cultural and technological globalization, it is necessary to rely on the action of experts with high scientific qualification and a widespread of the region.

The basic proposal suggests the creation of a "Latin American Graduate Centre for Geodesy" scientifically designed to ensure high level studies, directed towards a permanent innovation of educational technology and creative resources through theoretical challenges and new experiences.

The participation of professors and specialists with highly proved qualifications in the region and elsewhere is implied, with a proposal of new directions and methods for approaching the quantity and quality of classical geodesy teaching by focusing on precise and intelligent bases of forefront themes in the more developed existing centres.

These ideas will represent a true challenge in the crossing over into the 2000's and will demand the formation of human resources to keep up the needs and interests in this discipline and improve scientific links through information exchange between different Latin American research groups and programs, thus favoring international cooperation processes and friendship bonds between different communities.

Viability of this program can only be assured through adequate funding by international organisms for the physical and legal concretion of this centre, which must include a well-designed program of grants and awards to strongly motivated young undergraduates.

The main outline for the thematic core of the curriculum for graduate studies is also suggested in this paper.

### 1. Fundamentation

#### 1.1 Development of the Geodesy. The gap between North and South.

Today, the state of the art or development of the geodetic network in Europe and the USA, is superior to the one achieved on the Latin American's countries. The technology used for the cartographic production in South America is still unable to give an adequate response to the economic, and social changes that are taking place in our latitudes.

Fortunately, the incorporation of GPS, GLONASS, and others technologies, have fostered the discussion of the national or continental geodetic survey at a world-wide level, but, in order to integrate and up date our fundamental geodetic reference frame with others systems which works efficiently in Europe and USA, will be necessary to "fill" or "cross" the gap in terms of knowledge and ability in the experimentation of these technologies in our territory. This discussion has become so complex that it is difficult to go back to the natural principles or laws in geodetic calculus, two of which are unchangeable a) **the physical vertical** defined by the plumb line or

astronomically by the vertical line (direction of gravity vector) and b) **the orientation** of a terrestrial direction (azimut of a line, orientation of 1st side of a triangulation chain or other geodetic structure. In this sense, the availability of qualified human resources will be of fundamental importance.

#### 1.2 The role of the Geodesy teaching in the Mercosur:

The teaching of geodesy is taking a new course in the context which is being generated by the new Latin American Market Mercosur.

This Market is growing fast, and it will demand solutions for a wide variety of problems related with the production and processing of georeferenced spatial data at defined action areas. Let us take as an example, the boundary conflict that now exists in certain areas under litigation which are waiting for an arbitral solution: it will demand the availability of reliable geodetic information, in order to achieve fair resolutions.

So, a crucial question is: How should the main structure of the geodesy teaching be in the next millennium in Latin America?

Our response will take into account the advantage of two real possibilities in the *Latin American* market. One is the plan of cooperation among the countries of the Mercosur in relation to the compromise to develop in an integral way certain areas of scientific and technological investigation (Buenos Aires Declaration, 1995). In connection with the formation of human resources, the personnel will be specialized through "postgraduate courses" involving cooperative actions in reference to information, transference of knowledge and quality evaluation". The other one will consider the schools for teaching of Geodesy at a university level in Latin America (Universities of Venezuela, Colombia, Brasil, Uruguay, Chile and Argentina) from which over 500 specialized professionals have already graduated in geodetic and cartography sciences.

From this initial condition, we would like to discuss the main frame of the postgraduate studies in geodesy.

## 2. THE ELPEGEO

Our basic statement is that: It is highly possible to produce a positive impact on the integral growth of the South American region provided that an important investment is destined to education, in investigation and development of primordial thematic areas such as Geodesy and Cartography. In this way it is natural to equalize the general growth with the acquisition of scientific knowledge and new abilities, for this reason nothing better than the creation of a nucleus of excellence as postgraduate for the learning, teaching application and experimentation of the theories and methods generated and experienced by the highly developed countries as regards the sciences of the earth.

These human resources will be empowered in a "Latin American postgraduate school in Geodesy" (ELPEGEO)

We do not expect to create a new cooperation: what we want, is the search for autonomous training, linked in a wise way to the huge centers of geodetic knowledge. The new ELPEGEO implies sorting undergraduate careers to a reasonable extension, of no more than 4,000 hours cathedra.

The creation of ELPEGEO is no secret and it can be accomplished if the academic support is shared by the staff of other universities and provides a very good possibility for the convergence and interaction of the human resources involved...!

The academic degree that we propose is the Master degree of Science in Geodesy, which will be obtained after strict and rigorous examinations that give enough guarantee of quality.

Some new ideas assure that if we do not recycle or update ourselves in our professional activities, we will become soon potentially unemployed. Not to "recycle" means "To stay behind". One must bet on education, which is a dynamic concept, for excellence. Education makes us free people.

By the creation of ELPEGEO we expect fundamentally to develop an open center for the professionals that wish to get a high capability of diagnosis as well as a deep knowledge of geodetic flexibility in order to adjust themselves to the technological changes making creative and original projects in Latin America, or other areas in the world under similar circumstances.

The instruction in the Center has to be done with a solid scientific formation, with the contribution of well qualified lecturers from the region and from other latitudes, with the ability to teach at the best level. Their work and research should be related to the present time and real interests of our society without losing interest in the basic research in Geodesy

We think that the teaching-learning process has to be like a research project done by students and professors who understand science as a continuous construction and reconstruction of ideas and experiments and to open their minds to the application of modern Geodesy in Latin America and of course in the rest of the world.

### 2.1 Conditions for the aspirants

Admission will consider the following requirements: The aptitudes which will be conditions for the Admission, are:

- \* University formation in Geodesy, with at least two courses in the following disciplines: Geodetic Astronomy, Geometric Geodesy, Cartography, Physical Geodesy and Photogrammetry.
- \* Mastery of at least two languages (Spanish- English- German- French - Portuguese- Italian)
- \* Knowledge of Computer science.
- \* Good handling of hardware and software administration (PC and network)

The personal conditions of the candidates to the ELPEGEO must be the following:

- \* Having successfully filled positions of management, control, inspection of works related to geodetic and cartographic tasks.
- \* To be able to identify the geodetic or cartographic problem to be solved, its possible solution and the strategies to be used.

\* To have found a comprobable solution to a real geodetic problem.

The necessary attitudes include:

- \* Creation and innovation.
- \* Perseverance, responsibility and dedication.
- \* Willingness to generate efficient interpersonal relations and genuine leadership capability.
- \* To know how to express the risks of each decision.
- \* To give legal advise in terms of results.
- \* Willingness to learn permanently.

## 2.2 Instrumentation of the career:

**Degree to be granted:** The structured career of Postgraduate Geodetic sciences, will grant an academic degree of MAGISTER, with one initial orientation: Geodesy.

**Duration:** Two years (2) Full time. Total number of class hour: 600 h. Average: 45 hours/subject.

**Residence of ELPEGEO:** National University of TUCUMAN (UNT).(initial). The other versions may change the residence as regards the criterion of the Academic Committee incharged of the functioning of the school.

### Objectives:

- a) To deepen and strengthen the formation of Geodesy professionals, taking as reference themes in discussion in highly developed centres to form experts of high scientific quality.
- b) To establish a link between the contents the graduates have and the area in which they develop and work to get to viable economic solutions to geodetic problems in the Latinoamerican region.
- c) To develop in the Geodesy specialists a disposition to accept and adopt new knowledge and update the previous ones, in order to enforce the integration of subcontinental Geodetic information and its efficient administration in the presents society.

### Academic Committee:

This committee will be responsible for the elaboration of the educational policy to apply in the ELPEGEO during its begining, development and evaluations.

Likewise, it will be responsible for the definition of future lines of specializations, change in methodology of experimentation and for the interconection of the different university centres involved.

The integration of the committee will be aproved by the Universities asociated in this enterprise.

Its basic constitution will be:

Principal or Director and Viceprincipal (Representatives from the University where the ELPEGEO resides) (one representative from each of the Academic parts involved).

This committee can make up the Admission Comission that will evaluate the required condition of aspirants.

## 3. Courses organization:

The thematic nucleous which integrate the program are divided into three mayor groups:

- Area of formation studies
- Area of subjects
- Area of specializations

### 3.1 Area of formation studies

Postgraduate courses required:

#### LINEAR ADVANCED ALGEBRA

Vector spaces. Linear transformations between vector spaces. Eigenvalues and vector of the linear operator and the matrix. Diagonalization and triangulation of matrices. Generalized inverse matrices.

#### STATISTICAL TECHNIQUES

Statical inference. Analysis of multivariate data. Analysis of the variance (ANOVA). Factorial Analysis. Clustering. Test parametric and nonparametric. Principal components analysis. Correspondence analysis.

#### SOFTWARE ENGINEERING

Spatial data structures for computer mapping; implementation of domain-specific data structures using C++.

Computer management: control of programming projects; operational requeriments, estimating program specification and design, documentation standards, post implementation analysis. Expert systems and artificial intellingence; scope and limitations. Institutional issues; privacy, data protection Acts, intellectual property and copyright acts. Aplication on different GIS.

#### SUPERIOR MATHEMATIC FOR GEODESY

Differential equations and systems of differential equations. Special functions. Fourier analysis. Fourier series for periodic functions. The Fourier Integral. Frequency -Domain Analysis and Time .The discrete Fourier transformed. Fast Fourier transformed. Algorithms and applications. Spectral analysis using FFT. Metrical spaces: metrics, topology and convergence. Banach spaces and Hilbert spaces.

#### DIFFERENTIAL GEOMETRY

Tangent vectors . Curves in E3. Differential forms surfaces in E3. Mapping of surfaces. Reference systems fields. The intrinsec geometry of surface in E3.

### 3.2 Area of subjects

#### ELIPSOIDIC GEODESY:

Determination of the size and shape of the reference ellipsoid; The geometry of the reference spheroid; the

geodesic on the spheroid; solution of medium and long line problems on the ellipsoid; Datum transformation. Fundamentals of three dimensional Geodesy. Geodetic control. Principle conformal projections.

#### GRAVIMETRIC GEODESY

Earth Models . The disturbing potential concepts and its representation. The boundary value problems. Gravity tides and its geodetic implications. Combination of gravimetric and artificial satellites in the determination of the geoid model. Use of spherical harmonics and the solutions based in Fourier analysis for improved the geoid undulation calculus. The gravimetric networks, its adjustment. Physical aspects of different height systems

#### FOTOGRAMMETRIC AEROTRIANGULATION DIGITAL CARTOGRAPHY:

The evaluation of source topographic data in terms of accuracy, currency and compatibility. Analysis of spatial data; data types, scales and units; raster and vector data. Projections of the spheroid; families of projections, their qualities and appropriate use; projections for specified mapping requirements. Software for graphic product generation; universal plot packages; map design software; symbol and area fill generation; digital terrain models

#### 3.3 Area of specialization

#### ANALYSIS AND DESIGN OF GEODETIC NETWORKS:

Geodetic network definition. The "Trial and Error" versus the Analytical Approach for network design; Network design; ZOD, FOD, SOD, TOD problems; optimality criteria: For Precision, Reliability, Economy. Geodetic datum; measures of accuracy and reliability; Geodetic deformation analyses: Terrestrial horizontal and vertical control networks. The relations between different terrestrial and space reference systems. Integration of heterogeneous observations ("data fusion"). Efficient utilization of the Variance-Covariance matrices for different ellipsoidal systems.

#### PROCESSING AND ANALYSIS OF GEODETIC DATA:

Observation data pre-processing. Pre-Adjustment data screening: Gross Error detection and elimination. Advanced least squares methods; Gauss-Markoff and mixed models; generalised least squares; collocation technique ; generalized matrices in geodetic science; prior information; dynamic linear models and Kalman filtering; spatial processes, covariance function, variogram, homeogram, kriging. Post-adjustment data screening: Outlier detection and Gross Error localization.

#### GEODETIC SATELLITE TECHNIQUES

Dynamic of earthing satellites. The motion of the satellite. The equation of motion and the principle of analytical integration . The numerical integration. The orbit improvement. Advanced equipment for acquisition of the signals. Satellite altimetry. Ambiguity resolution techniques. Surveying with GPS. Mathematical models for positioning, combining GPS and classical terrestrial data. GPS double difference statistics.

#### GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS)

Spatial analysis and information management Geographic and land information systems. The basic principles and their use in mapping.

Use of the satellite images. Methods of pattern recognition, extraction and object classification. The digital topographic maps of large scale and their evaluation with respect to accuracy and efficiency. Test of GIS functionality in the processes of decision-making. Theory and methods for introducing the temporal element to GIS.

#### MODELS OF GEOID

Data preparation, interpolation and prediction techniques. Semivariograms . Different response of classic methods using the modified Stokes integral. Spectral gravity field modeling methods. Fast Fourier and Fast Collocation approaches. The use of global geopotential models in computing the geoid. Introduction to the geodetic and mathematical concepts of geoid computation. Terrain reductions for gravity potential and gravity anomalies. Estimation of the covariance function in points at different heights. Airborne gravimetry for geoid determination. Use of the Radar Altimeter data with several satellites.

#### PHOTOGRAMMETRIC AEROTRIANGULATION AND DIGITAL PHOTOGRAMMETRY

Mathematical models used in analytical photogrammetry. Block adjustment of independent models and bundle adjustment. Forward image motion compensation. Advanced methods for digital image acquisition. Applications of errors correction.

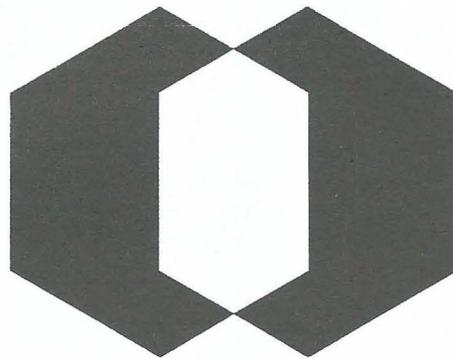
#### 4. Conclusions:

The economic, cultural and technological globalization in a world wide scale that we perceive in the crossing over into 2000's makes us restate the teaching of Geodesy in Latinoamerica in order to integrate us with the rest of the world in a fair and rational way with the more highly developed areas from the scientific and technological point of view as regards Geodesy.

A good and efficient instrument for this objective is the ELPEGEO which with its proposed structure could become decisive fact that helps us shorten the distance and difference between North and South.

## 5. References:

1. The Royal Institution of Chartered Surveyors. 1990. *Professional Examinations, rules and syllabus, Land Surveying*. RICS. London. England. 65 pages.
2. The University of Nottingham. 1996. *Postgraduate Prospectus for entry in 1996*. Nottingham. England. 197 pages.
3. University of New Brunswick. 1997. *Programs in the Department of Geodesy and Geomatics Engineering*. New Brunswick. Canada. 10 pages.
4. University of East London. 1997. *Postgraduate Prospectus: Programs in the School of Surveying*. London. England. 96 pages.
5. University of Newcastle. 1997. *Postgraduate prospectus 1997 entry*. Newcastle. England. 192 pages.
6. Valencio, D.A., Scheinder, O. 1986. *The teaching of Geophysics in Latin America: an updated assessment*. EOS. Vol 67. No 26, pages 548-550.
7. The Ohio State University. 1997. *Program and course offering in the Geodetic Science and Surveying section*. Ohio. Columbus. USA. 16 pages.
8. Lopez, N.G. Vacaflor, J.L., Corral, S. M. 1994. *Fundamentaciones sobre la carrera de Ingenieria Geodesica en la UNT*. Tucumán. Argentina.



**CPRM**  
**Serviço Geológico do Brasil**

Sócio Mantenedor - 1/0200

# DISPOSITIVO PARA A VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DE RECEPÇÃO DE SINAIS DE GPS

**Edvaldo Simões da Fonseca Junior**<sup>1</sup>  
**Ricardo Ernesto Schaal**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>**Escola Politécnica da USP**  
**Deptº de Engenharia de Transportes**  
EPUSP - PTR Caixa Postal 61548  
CEP:05424-970, São Paulo, SP  
Fax: (011) 818-5180  
e-mail: edvaldoj@usp.br

<sup>2</sup>**Escola de Engenharia de São Carlos - USP**  
**Departamento de Transportes**  
Caixa Postal 359  
CEP: 13560-970, São Carlos, SP  
Fax: (016) 274-9255  
E-mail: schaal@sc.usp.br

## RESUMO

Este trabalho apresenta um dispositivo que permite verificar a presença de multicaminhamento e interferências na recepção dos sinais de GPS em pontos situados na área urbana. O método utilizado se baseia na medida através do GPS, somente com a fase da portadora L1, do comprimento de uma haste metálica com suporte para fixar duas antenas, uma em cada extremidade. Observações de 15 minutos se mostraram suficientes para a obtenção de resultados consistentes. Utilizando o dispositivo em diversos locais tais como: próximo a torre da alta tensão, sob copas de árvores, rua com prédios altos, campo aberto, etc. verificou-se que a dimensão da haste, obtida em pós processamento, apresentou uma grande variação em função dos locais. O método se mostrou bastante confiável para uma verificação rápida e simples da boa ou má recepção dos sinais de GPS.

## GPS SIGNAL QUALITY RECEPTION TEST ASSEMBLY

### ABSTRACT

This work presents a test assembly to verify the presence of multipath and interference on the GPS signals received at points located in the urban area. The method is based on the measurement of the length of a metal bar with L1 carrier phase static process. Two antennas, from two receivers, are installed at the ends of the bar with a precise fixing device. Time observation of 15 minutes can give consistent results. Carrying out observations at different sites: close to power line tower, under trees, street surrounded by tall buildings, open field, etc. presented a large spread on the bar dimension obtained after the pos processing. The method shown as a quit a trustfull method to verify good or bad GPS signal reception.

## INTRODUÇÃO

O posicionamento utilizando-se do sistema GPS tem tido uma grande aplicação nos métodos de levantamento topográfico. Tendo em vista que a maioria do trabalhos de topografia se dá em áreas urbanas, desenvolveu-se um dispositivo que pretende auxiliar as equipes de campo na verificação rápida se um ponto escolhido atende ou não as restrições impostas pelo sistema GPS com por exemplo: multicaminhamento e obstruções aos sinais. O operador de campo pode com certa facilidade escolher pontos onde não existam obstruções mas que podem ainda, estar sob o efeito do multicaminhamento que não se verifica antes do processamento.

## DISPOSITIVO

O dispositivo desenvolvido (figura 1) consiste de uma haste de alumínio com dois pontos fixos nas extremidades para fixação da antena GPS e um ponto central. A distância entre os pontos de fixação foram medidos com trena de invar e com uma Estação Total obtendo-se os resultados indicados na tabela 1.

TABELA 1: COMPRIMENTOS PADRÃO DA HASTE

Setor	Medida (m)
1 - 2	1,554
1 - 3	0,778
3 - 2	0,776

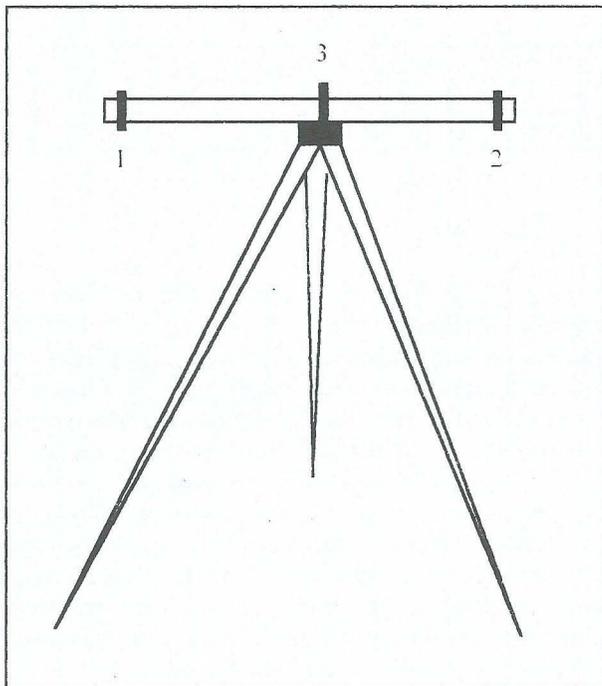


Fig 1: Esquema da Haste

## LOCAIS

Os locais escolhidos foram os mais característicos de uma região urbana abrangendo praças, ruas com casas, ruas com prédios, área descampada, sob árvores, etc. Os testes foram realizados nestes detalhes característicos de áreas urbanas com vistas à determinar com rapidez e segurança locais que permitam a implantação de pontos a serem determinados com o uso do sistema GPS. Na tabela 2 estão indicados os locais, o tempo de cada observação e a taxa de coleta de dados.

TABELA 2: LOCAIS OBSERVADOS

Seq.	Local da Observação	Duração min.seg	Taxa seg
01	Descampado (P1)	46:00	5
02	Descampado (P1)	46:10	5
03	Praça Descampada	15:20	5
04	Praça Descampada	15:40	5
05	Praça Descampada	15:15	5
06	Praça Descampada	15:15	5
07	Sob Árvores Desfolhadas	20:15	5
08	Sob Árvores (Estacion.)	20:10	5
09	Sob Árvores (Estacion.)	20:05	5
10	Sob Árvores (Estacion.)	20:05	5
11	Praça	20:35	5
12	Praça	20:40	5
13	Praça	20:50	5
14	Sob Árvores (Estacion.)	20:25	5
15	Rua com Prédios	20:30	5
16	Rua com Prédios	20:25	5
17	Acostamento da Marginal	20:05	5
18	Acostamento da Marginal	20:10	5
19	Acostamento da Marginal	20:05	5
20	Lado Torre Alta Tensão	20:25	5
21	Lado Torre Alta Tensão	21:25	5
22	Lado Torre Alta Tensão	20:25	5
23	Rua com Casas	20:10	5
24	Rua com Casas	20:05	5
25	Rua com Casas	20:10	5
26	Ao lado de Muro	20:45	15
27	Ao lado de Muro	20:45	5
28	Ao lado de Muro	21:15	15

## PROCESSAMENTO

Os dados observacionais foram processados com o programa da Trimble denominado GPSurvey, versão 2.0. Após o primeiro processamento foram analisados os resultados e, nos casos, onde existiam satélites com os sinais interrompidos, os mesmos foram excluídos e refeito o processamento na tentativa de se obter melhores resultados.

TABELA 3: RESUMO DOS DADOS OBSERVACIONAIS E DOS RESULTADOS

Seq.	Dia Juliano	Solução	Distância Padrão (m)	Distância Observada (m)	Desvio Padrão (mm)	Diferença Obs - Pad. (m)	Local da Observação	Duração min:seg
01	168-0	DD Fixa	1,554	1,557	0,1	0,003	Descampado (P1)	46:00
02	168-1	DD Fixa	1,554	1,556	0,1	0,002	Descampado (P1)	46:10
03	215-0	DD Fixa	1,554	1,557	0,1	0,003	Praça Descampada	15:20
04	215-1	DD Fixa	1,554	1,555	0,2	0,001	Praça Descampada	15:40
05	215-2	DD Fixa	1,554	1,549	0,2	-0,005	Praça Descampada	15:15
06	215-3	DD Fixa	1,554	1,552	0,2	-0,002	Praça Descampada	15:15
07	228-2	DD Float	1,554	3,411	179,5	<b>1,857</b>	Sob Árvores Desfolhadas	20:15
08	230-0	DD Float	0,776	1,150	25,0	<b>0,374</b>	Sob Árvores (Estacion.)	20:10
09	230-0	DD Float	1,554	1,647	11,5	<b>0,093</b>	Sob Árvores (Estacion.)	20:05
10	230-0	DD Fixa	0,778	0,775	0,7	-0,003	Sob Árvores (Estacion.)	20:05
11	230-1	DD Fixa	1,554	1,556	0,1	0,002	Praça	20:35
12	230-1	DD Fixa	0,776	0,780	0,1	0,004	Praça	20:40
13	230-1	DD Fixa	0,778	0,776	0,1	-0,002	Praça	20:50
14	230-2	DD Float	1,554	0,781	22,9	<b>-0,776</b>	Sob Árvores (Estacion.)	20:25
15	230-2	DD Float	0,778	0,473	27,7	<b>-0,305</b>	Rua com Prédios	20:30
16	230-2	DD Float	0,776	0,395	25,7	<b>-0,381</b>	Rua com Prédios	20:25
17	234-1	DD Fixa	0,778	0,780	0,2	0,002	Acostamento da Marginal	20:05
18	234-1	DD Fixa	0,776	0,776	0,2	0,000	Acostamento da Marginal	20:10
19	234-1	DD Fixa	1,554	1,556	0,2	0,002	Acostamento da Marginal	20:05
20	234-2	DD Fixa	1,554	1,556	0,5	0,002	Lado Torre Alta Tensão	20:25
21	234-2	DD Float	0,776	0,834	24,0	<b>0,058</b>	Lado Torre Alta Tensão	21:25
22	234-2	DD Float	0,778	0,985	27,1	<b>0,207</b>	Lado Torre Alta Tensão	20:25
23	234-3	DD Fixa	0,778	0,776	0,2	-0,002	Rua com Casas	20:10
24	234-3	DD Fixa	1,554	1,557	0,2	0,003	Rua com Casas	20:05
25	234-3	DD Fixa	0,776	0,781	0,2	0,005	Rua com Casas	20:10
26	236-1	DD Fixa	0,778	0,785	0,5	0,007	Ao lado de Muro	20:45
27	236-1	DD Fixa	0,776	0,771	0,5	-0,005	Ao lado de Muro	20:45
28	236-1	DD Fixa	1,554	1,556	0,5	0,002	Ao lado de Muro	21:15

Ao se analisar a tabela 3 pode-se verificar que em alguns locais foram obtidos resultados que indicam a presença de multicaminhamento ou mesmo a presença de obstruções aos sinais dos satélites GPS. Observa-se ainda que os locais que apresentaram resultados insatisfatórios foram os mesmos onde obteve-se soluções *Float* o que pode ser utilizado como indicativo de local inadequado para observações GPS, no caso que o observador não disponha de um dispositivo similar ao apresentado neste trabalho. Em resumo observa-se que Ruas com Prédios (muito comum no centro de São Paulo e Rio de Janeiro), Sob Árvores e ao lado das Torres de Alta Tensão ocorrem condições desfavoráveis ao uso do sistema GPS. No caso dos outros locais apesar de não ter-se verificado problemas recomenda-se todo o cuidado pois poderá ocorrer situações diferentes e que poderão ser desfavoráveis ao uso do GPS.

## CONCLUSÕES

Com um par de receptores GPS pode-se com rapidez (aproximadamente 15 minutos) e precisão selecionar locais adequados para a implantação de vértices a serem determinados com o uso de receptores GPS. Pode-se também, na fase de planejamento deve-se confeccionar o gráfico satélite x elevação, satélite x azimute e o gráfico de PDOP ao longo do dia. Estes gráficos irão ajudar muito na escolha do local onde se pretende utilizar o sistema GPS. Outro fator importante é a confecção do gráfico de obstruções para todos os locais escolhidos. Esta atitude poderá auxiliar na fase de processamento, quanto os resultados não se mostrarem satisfatórios. Considerando que a confecção de um dispositivo similar ao utilizado neste trabalho é relativamente simples e barata e tendo em mente que a maioria das empresas de topografia possui dois ou mais receptores GPS sugere-se que em áreas urbanas se

utilize deste procedimento para verificar se os locais escolhidos são adequados para observação com GPS. Este procedimento irá reduzir em muito os pontos com problemas e possibilitará resultados muito mais consistentes e confiáveis. Se a empresa dispuser de um *notebook* poderá realizar o processamento em campo proporcionando a diminuição do tempo total da execução do trabalho e evitando o retorno ao campo após o encerramento dos trabalhos.

Considerando o exposto neste trabalho pode-se afirmar que o sistema GPS pode ser aplicado em áreas urbanas desde que se tome muito cuidado na escolha dos locais para implantação dos pontos realizando procedimento similar ao utilizado neste trabalho pois o que aparentemente seria um local propício poderá indicar, após o processamento, local inadequado. Este procedimento auxilia na escolha dos pontos e minimiza o tempo de campo eliminando quase que por completo a necessidade de reocupação de pontos com problemas.

#### BIBLIOGRAFIA

- BLEWITT, G.; HEFLIN, M. B.; WEBB, F. H.; LINDQWISTER, U. J.; MALLA, R. P. Global coordinates with centimeter accuracy in the international terrestrial reference frame using GPS. **Geophysical Research Letter**, v.19, n. 9, p. 853-856, 1992.
- BLITZKOW, D., et al. GPS network in Brazil. In: ASSEMBLÉIA GERAL DA ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE GEODÉSIA. Pequim, China, 1993. **Book of abstracts**. Pequim, IAG, 1993, p.86.
- BUENO, R. F. **Avaliação da precisão do sistema NAVSTAR / GPS**. São Paulo, 1995. 209p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- CINTRA, J. P.; BLITZKOW, D.; PACILÉO NETO, N. Rede geodésica de alta precisão com GPS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 15., São Paulo, 1991. **Anais**. Rio de Janeiro, SBC, 1991. v. 1, p.150-4.
- FONSECA JUNIOR, E. S. **Estudo e avaliação metodológica da rede GPS do estado de São Paulo**. São Paulo, 1996. 120p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- IBGE. Especificações e normas gerais para levantamentos GPS. Parte 1. **Revista Fator GIS**, v.2, n.5, p. 29-32, 1994a.
- IBGE. Especificações e normas gerais para levantamentos GPS. Parte 2. **Revista Fator GIS**, v.2, n. 6, p. 31-34, 1994b.
- LEICK, A. **GPS satellite surveying**. New York, John Wiley, 1995.
- MONICO, J. F. G. **High precision inter-continental GPS network**. Nottingham, julho 1995. 205p. Tese (Doutorado) - Institute of Engineering Surveying and Space Geodesy, The University of Nottingham.
- PACILÉO NETTO, N. **Calibração de medidores eletrônicos de distância: construção de uma base multipilar na USP e metodologia de aferição**. São Paulo, 1990. 187xp. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SEEBER, G. **Sattelite geodesy: foundations, methods and applications**. Berlin, Walter Gruyter, 1993.
- SEGANTINE, P. C. L. **Estabelecimento e ajuste de uma rede geodésica no estado de São Paulo, com sistema de posicionamento NAVSTAR/GPS**. São Paulo, 1995. 222p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SEGANTINE, et al. GPS network in the state of São Paulo. In: GENERAL ASSEMBLY - IUGG, 21., Bolder, 1995. **Abstracts**. Bolder, IUGG, 1995. v. week B, p.B5.
- TRIMBLE NAVIGATION. **Model 4000 SST GPS surveyor - operation manual - revision A**. Sunnyvale, Trimble Navigation Limited, 1989.



Sócio Mantenedor - 1/0221

Av. Paulo VI, 1950  
01262-010 São Paulo  
Tel.: (011) 864.0822  
Fax: (011) 263.0702  
www.hezolinem.com  
geo@hezolinem.com

# APLICAÇÕES DO GPS EM FOTOGRAMETRIA

**Aluir Porfírio Dal Poz**  
**Paulo de Oliveira Camargo**  
**Universidade Estadual Paulista - UNESP**  
**Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT**  
**Departamento de Cartografia**  
**Rua Roberto Simonsen, 305**  
**19060-900 - Presidente Prudente - SP.**  
**E-mail: ueppr@eu.ansp.br**  
**E-mail: aluir@stetnet.com.br**

## RESUMO

Os objetivos deste artigo são os de apresentar, discutir e analisar o impacto das possíveis aplicações do GPS em Fotogrametria. Na literatura fotogramétrica são encontradas aplicações do GPS na determinação dos parâmetros de orientação exterior, na execução do vôo (navegação e exposição) e na calibração de câmeras aéreas. De certa forma, também a utilização do GPS no estabelecimento do apoio de campo pode ser mencionado. Tendo em vista que a utilização do GPS na Fototriangulação não dispensa por completo o apoio de campo, neste trabalho também será discutido a importância do GPS na extração automática do apoio de campo, o que possibilitaria a completa automatização da Fototriangulação.

## ABSTRACT

The purposes of this paper are to present, discuss and analyze the impact of the possible applications of GPS in Photogrammetry. In the photogrammetric literature is found applications of GPS in the determination of exterior orientation parameters, execution of flight plan (i. e., navigation and exposure), and calibration of aerial cameras. The application of GPS in the ground control survey can also be mentioned. As the application of GPS in the Phototriangulation does not completely dispense the use of ground control, it will also be discussed the importance of GPS in the automatic extraction of ground control, which would make possible the total automation of the Phototriangulation.

## 1 INTRODUÇÃO

A aplicação mais comumente encontrada na literatura fotogramétrica é a determinação das coordenadas do Centro Perspectivo (CP), visando introduzi-las como observações adicionais na Fototriangulação por Feixes de Raios ou Modelos Independentes. Com este procedimento, é possível reduzir a quantidade de pontos de apoio para um mínimo, suficiente para a definição do datum. O modelo matemático que permite a utilização das coordenadas do CP determinadas pelo GPS, na forma de equações de observação adicionais, será deduzido de forma rigorosa. Ao contrário da determinação da posição do CP, o estabelecimento

da atitude da câmera encontra dificuldades maiores. São raras as tentativas de determinação da atitude da câmera encontradas na literatura. Será mostrada a forma mais promissora de determiná-la e, também, como introduzi-la na Fototriangulação na forma de equações de observações adicionais.

Uma outra importante aplicação do GPS em Fotogrametria é na execução do vôo fotogramétrico. Basicamente trata-se da navegação e controle da exposição da foto, em conformidade com o plano de vôo. Um sistema para navegação e exposição bem sucedido é encontrado na literatura fotogramétrica, o qual será apresentado. Também, serão discutidas as vantagens oferecidas por este sistema.

Apesar de pouca explorada, uma outra aplicação de grande potencial está relacionada com a calibração de câmeras aéreas. Como as fotografias aéreas são aproximadamente verticais, é necessário um desnível considerável (aproximadamente 20% da altura de vôo) para evitar a forte correlação entre alguns parâmetros de orientação interior e exterior. Portanto, se os parâmetros de orientação exterior determinados pelo GPS forem usados como observações adicionais, o mencionado problema de correlação pode ser significativamente minimizado. Em outras palavras, a existência de um relevo com, pelo menos, uma parte montanhosa para calibração de câmeras aéreas deixa de ser uma restrição.

Por último, será discutida a aplicação do GPS no problema de extração automática de apoio de campo.

## 2 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL

O NAVSTAR - GPS (NAVigation System with Time And Ranging - Global Positioning System) é um sistema de navegação, apoiada numa constelação de satélites artificiais, hoje mais conhecido por GPS, que proporciona ao usuário a sua posição tridimensional, além de informações sobre sua velocidade e sobre o tempo. Este sistema vem revolucionando todas as atividades que precisam de posicionamento, entre os quais destacam-se aqueles ligados as áreas de Cartografia e Agrimensura, monitoramento de obras de engenharia, além da navegação aérea, marítima e terrestre, etc. Dependendo da finalidade do trabalho, utiliza-se diferentes métodos de levantamentos e de processamento. Como poderá ser visto na seção 3, a Fotogrametria pode beneficiar se em muito do sistema GPS.

## 3 APLICAÇÕES EM FOTOGRAMETRIA

A aplicação mais comum do GPS em Fotogrametria é no estabelecimento do apoio de campo para a Fototriangulação. No entanto, a seguir será mostrado que o potencial de aplicação do GPS em Fotogrametria vai bem além de sua aplicação no levantamento do apoio de campo.

### 3.1 Execução do Vôo Fotogramétrico

O sistema de navegação que será apresentado abaixo foi desenvolvido no "National Land Survey of Sweden" (Andreasson, 1992). Os principais equipamentos que compõem este sistema são:

- . câmera aérea;
- . microcomputador equipado com um software de navegação; e
- . receptor GPS.

Uma visão esquemática do sistema de navegação e exposição é mostrada na figura 1.

As funções das partes do sistema de navegação são:

- . **Receptor e antena GPS:** permitem a obtenção da posição do centro de fase da antena GPS em intervalos de tempo pré-definidos. Geralmente os instantes de coleta de dados GPS não coincidem com os instantes de exposição das fotografias;
- . **Monitor de navegação:** apresenta dados numéricos e gráficos sobre a evolução do vôo. Isto permite ao piloto o controle visual

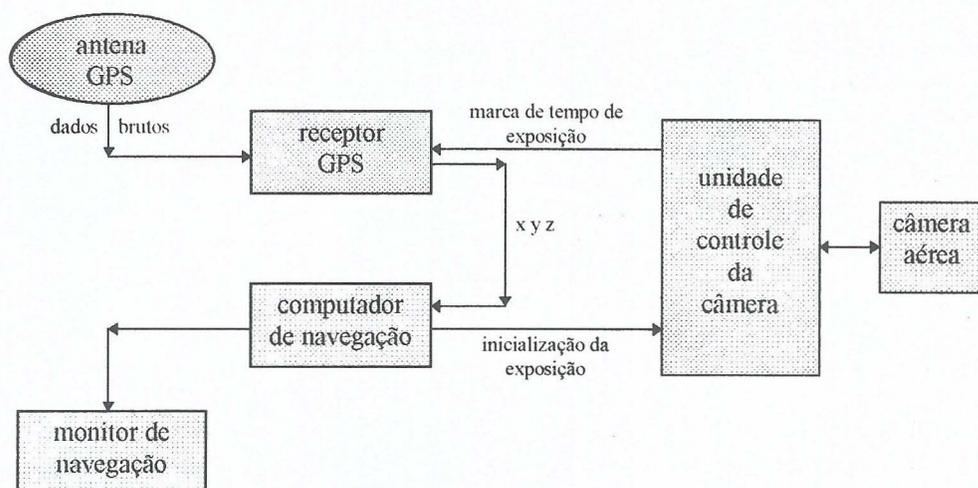


Figura 1- Sistema de navegação (adaptado de Andreasson, 1992)

do avião. É possível também a conexão do PC com o piloto automático para a navegação (e exposição) automática do avião:

**PC equipado com software de navegação:** o software de navegação envia informações ao monitor de navegação e à unidade de controle da câmera. Para o monitor são enviadas informações gráfica e numérica da posição e correções destas posições em relação às determinadas no plano de vôo. Para a unidade de controle da câmera é enviado um pulso no instante em que um ponto de exposição pré-selecionado é alcançado. Portanto, o PC controla indiretamente a câmera aérea; e

**Unidade de controle da câmera:** Faz o controle da câmera e envia, no instante de tomada da foto, um pulso ao receptor GPS para obter uma marca de tempo precisa.

As marcas de tempo GPS permitem a obtenção, a posteriori, através de algum método de interpolação, das coordenadas acuradas do centro de fase da antena GPS relativas a cada instante de exposição das fotos. Estas coordenadas são úteis para avaliar o controle do vôo após a missão e para serem utilizados como observações adicionais na Fototriangulação. Isto será tratado na próxima seção.

### 3.2 Fototriangulação

A orientação de fotografias aéreas é um problema fundamental em Fotogrametria. Até recentemente, os procedimentos de orientação baseavam-se em métodos indiretos, através do uso de pontos de controle. No passado, foram várias as tentativas para medir diretamente, durante as tomadas das fotografias, os parâmetros de orientação exterior, sem, contudo, serem amplamente aceitas. Pode-se citar o Sistema Inercial de Navegação (SIN), o Estatoscópio e o APR ("Airborne Profile Recorder"). No que se refere a determinação da posição do CP, o uso do GPS é a mais bem sucedida tentativa. Por outro lado, o uso do GPS para determinar os elementos de atitude da câmera apresenta dificuldades maiores e, devido a alguns outros fatores, não despertou, em relação a determinação do CP, o mesmo interesse nos fotogrametristas.

#### 3.2.1 Uso das Coordenadas do CP na Fototriangulação

O modelo funcional para a introdução das coordenadas do CP na Fototriangulação, como equações de observações adicionais, será deduzida com base em Colomina (1989). A geometria para a dedução do modelo matemático é apresentada na figura 2.

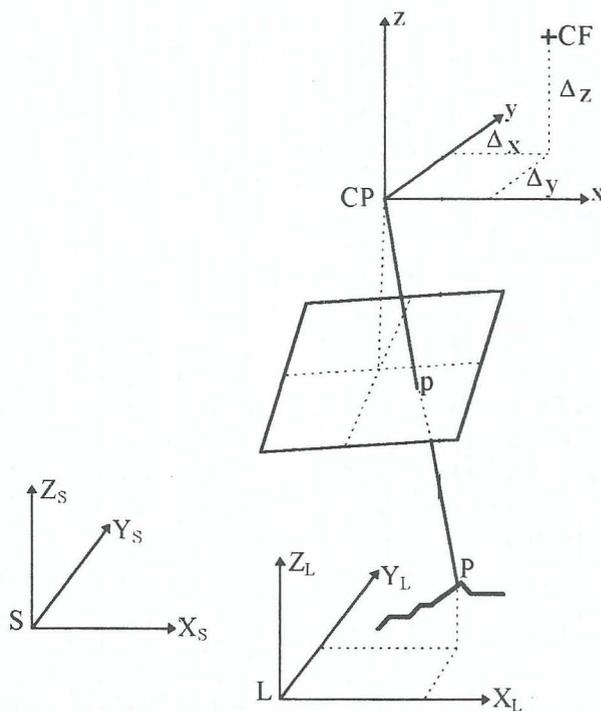


Figura 2 - Geometria básica para a dedução do modelo

Na figura 2:

- CP é o centro perspectivo;
- p e P são, respectivamente, o ponto-objeto e o ponto-objeto;
- CF é o centro de fase da antena;
- $CP_{xyz}$  é o referencial fotogramétrico;
- $LX_LY_LZ_L$  é o referencial local, relativo ao datum local; e
- $SX_SY_SZ_S$  é o referencial geocêntrico, relativo ao WGS84.

O centro de fase (CF) não coincide com o centro perspectivo (CP) da câmera. Em decorrência disto, o GPS fornece uma posição excêntrica (CF) em relação ao CP. Sendo  $\Delta = (\Delta x, \Delta y, \Delta z)^T$  a posição do CF no referencial fotogramétrico,  $CP = (X_L, Y_L, Z_L)^T$  a posição do CP no referencial local,  $CF_L = (X_{LCF}, Y_{LCF}, Z_{LCF})^T$  a posição do CF (no instante da definição do CP) no referencial local e  $R = R_\kappa \cdot R_\phi \cdot R_\omega$  a matriz de rotação do sistema fotogramétrico em relação ao sistema local, tem-se:

$$CF_L = CP + R \cdot \Delta \quad (1)$$

Supondo-se agora que os sistemas de referência local e geocêntrico se relacionam através de uma transformação de similaridade, pode-se escrever:

$$CF_S = \Delta_{LS} + \lambda \cdot R_{LG} \cdot CF_L \quad (2)$$

ou,

$$CF_S = \Delta_{LS} + \lambda \cdot R_{LG} \cdot (CP + R \cdot \Delta) \quad (3)$$

onde:

- $CF_S(X_{S_{CF}}, Y_{S_{CF}}, Z_{S_{CF}})$  é a posição do centro de fase no referencial geocêntrico, relativo ao instante de exposição do CP;
- $\lambda$  é o fator de escala entre os sistemas local e geocêntrico;
- $\Delta_{LS}(\Delta X_{LS}, \Delta Y_{LS}, \Delta Z_{LS})$  é a translação entre os sistemas local e geocêntrico; e
- $R_{LG}$  é a matriz de rotação entre os sistemas local e geocêntrico.

Vale ressaltar que a equação 3 (ou 2) foi obtida unicamente através de relações geométricas (figura 2). Se esta equação for usada para determinar o centro de fase ( $CF_S$ ) para um determinado instante de tomada de uma foto, vai-se verificar que elas vão discrepar sistematicamente das correspondentes obtidas pelo GPS. Isto ocorre devido aos erros sistemáticos não modelados oriundos do posicionamento GPS, os quais se relacionam com (Burman, 1992):

- deslocamento do satélite da órbita predita; e
- distúrbios dos sinais entre os satélites e o receptor (influência atmosférica, erros do relógio, etc).

Estes erros sistemáticos podem ser modelados por seis parâmetros:

- $A = (a_1, a_2, a_3)^T$  é a correção da posição GPS, a qual pode ser interpretada como uma translação; e
- $B = (b_1, b_2, b_3)^T$  é a correção da posição GPS, a qual pode ser interpretada como velocidade de deterioração da posição GPS.

Desta forma, estes parâmetros são introduzidos na equação 3 como segue (Colomina, 1989):

$$CF_S = \Delta_{LS} + \lambda \cdot R_{LG} \cdot (CP + R \cdot \Delta) + A + B \cdot (t - t_0) \quad (4)$$

onde  $t_0$  é o instante em que cada grupo de parâmetros A e B são adotados, normalmente no instante de tomada da primeira foto de cada faixa, e  $t$  é o instante de tomada de uma determinada foto na mesma faixa.

A equação 4 é o modelo completo para introduzir as coordenadas observadas do centro de fase ( $CF_S$ ), como equações de observações adicionais, na fototriangulação por feixes de raios ou modelos independentes. Este modelo matemático relaciona 3 observações com 22 parâmetros, sendo que vários desses últimos são bastante correlacionados. Pode-se citar (Colomina, 1989) as correlações entre os parâmetros contidos em  $\Delta_{LS}$  e A e entre os contidos em CP e  $\Delta$ . Na prática este problema pode ser contornado, pois:

- os parâmetros de transformação de datum são conhecidos a priori; e
- a posição do centro de fase ( $\Delta$ ) no referencial fotogramétrico pode ser medido a priori.

Portanto, levando-se em conta os parâmetros conhecidos a priori, os quais podem ser considerados como constantes, a equação 4 se reduz a uma do tipo:

$$CF_S = F(CP, R, A, B) \quad (5)$$

A estimação dos parâmetros contidos em A e B no ajustamento simultâneo enfraquece a geometria do bloco. Portanto, para evitar problemas de singularidade, é necessário a utilização de alguns pontos de apoio nos cantos do bloco (Blankenberg & Øvstedal, 1992). Baseado em estudos simulados, Ackerman (1992) concluiu que o uso de pontos de apoio nos cantos do bloco combinado com 2 faixas transversais, no início e no fim do bloco, garante a estimação com precisão satisfatória dos parâmetros contidos em A e B. Vale ressaltar que são adotados um grupo de parâmetros A e B para cada faixa do bloco.

### 3.2.2 Determinação e uso da Atitude na Fototriangulação

Como foi mostrado na seção anterior, as coordenadas excêntricas do CP, determinadas pelo GPS, permitem uma drástica diminuição dos pontos de apoio necessários. Contudo, devido a precisão teórica da atitude obtida pelo GPS estar entre 0.05 a 0.2 graus decimais, não é possível usar estes dados para substituir parte do controle de campo ou melhorar a geometria do bloco (Frieß, 1987, Schade, 1992). De acordo com Schade (1992), esses dados podem ser usados, por exemplo, na geração de ortofoto digital e na fototriangulação com baixa exigência de precisão. Tendo em vista a pequena expectativa de aplicação na fototriangulação, a determinação da atitude através do GPS, e seu uso na fototriangulação serão apresentados brevemente.

Uma configuração típica de antenas GPS para a determinação da atitude é mostrada na figura 3.

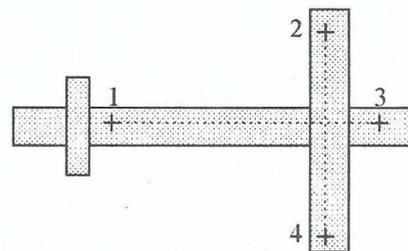


Figura 3 - Configuração típica de antenas GPS

Como mostra a figura 3, os três ângulos de rotação do avião em relação ao referencial terrestre ficam definidos através das linhas 1-3 (antenas 1 e 3) e 2-4 (antenas 2 e 4). Para possibilitar a determinação da atitude da câmera aérea, esta é instalada solidariamente ao avião. Portanto, é conhecido, a priori, a orientação da câmera em

relação ao avião, o que possibilita determinar a atitude da câmera através dos pontos 1, 2, 3 e 4.

Sendo  $A^{GPS} = (\kappa^{GPS}, \phi^{GPS}, \omega^{GPS})^T$  a atitude determinada através do GPS para uma determinada exposição e  $A = (\kappa, \phi, \omega)^T$  os respectivos parâmetros a serem estimados no ajustamento em bloco, pode-se escrever a seguinte equação de observação:

$$A^{GPS} = \quad (6)$$

A equação 6 permite a introdução da atitude determinada pelo GPS através de injunções relativas.

### 3.3 Calibração de Câmeras Aéreas

Os métodos analíticos para calibração de câmeras aéreas baseiam-se nas equações de colinearidade estendida com o modelo de erro. Este último modela os erros sistemáticos relativos ao deslocamento do ponto principal e distorções das lentes. Na solução do problema pelos mínimos quadrados (MMQ) são estimados os parâmetros usuais da fototriangulação simultânea por feixes de raios, as coordenadas do ponto principal, a distância focal e os parâmetros relativos às distorções das lentes. No entanto, a solução deste problema não é trivial, pois existe uma forte correlação entre alguns parâmetros de orientação interior e exterior (a coordenada  $x_o$  do ponto principal com a coordenada  $X_o$  do CP, a coordenada  $y_o$  do ponto principal com a coordenada  $Y_o$  do CP e a distância focal ( $f$ ) e a coordenada  $Z_o$ ) na presença da seguinte situação (Olivas, 1980):

- . terreno "plano"; e
- . fotos aproximadamente verticais.

Um método comumente utilizado em aerofotogrametria para contornar os problemas de correlação é o Método dos Campos Mistos (Olivas, 1982). Este método exige que pelo menos uma parte do relevo fotografado seja montanhosa, de tal forma que permita a existência de desníveis da ordem de 20% da altura de voo.

Segundo Xiuxiao (1996), a restrição do campo montanhoso no Método dos Campos Mistos pode ser removida. Para avaliar esta expectativa teórica, foram realizados quatro casos (Xiuxiao, 1996):

- a- resseção espacial com uso dos dados de calibração da câmera e sem os dados GPS;
- b- resseção espacial com as coordenadas do ponto principal e distância focal como incógnitas e sem usar dados GPS;
- c- como no caso b, mas com os dados GPS; e
- d- ajustamento simultâneo por feixes de raios, com as coordenadas do ponto principal e distância focal como incógnitas e com dados GPS e quatro pontos de controle nos cantos do bloco.

Foram encontrados os seguintes resultados (Xiuxiao, 1996):

- . no caso b, as correlações entre  $x_o$  e  $X_o$ ,  $y_o$  e  $Y_o$  e  $f$  e  $Z_o$  foram muito elevadas, o que levou a um sistema de equações normais mal condicionado;
- . no caso c, observou-se que:
  - . os coeficientes de correlação entre  $x_o$  e  $X_o$ ,  $y_o$  e  $Y_o$  e  $f$  e  $Z_o$  são muito pequenos;
  - . a precisão dos elementos de orientação exterior está muito próxima da obtida para o caso a.
- . no caso d, foram obtidos elementos de orientação interior bastante precisos e são compatíveis com os obtidos no caso c. Contudo, a necessidade de pontos de apoio é bem menor para este caso.

Portanto, conforme os experimentos realizados por Xiuxiao (1996), os dados GPS removem a restrição da existência de uma área montanhosa na região de trabalho e, como na fototriangulação convencional, reduzem drasticamente a necessidade de pontos de controle.

### 3.4 Extração Automática de Apoio de Campo

Segundo Schade (1992), sistemas sensores (GPS, APR, giroscópios, etc) podem fornecer conhecimento a priori para automatizar vários processos fotogramétricos ou, até mesmo, possibilitar o surgimento de novas aplicações fotogramétricas.

Um processo fotogramétrico difícil de ser automatizado é a extração automática de apoio de campo em imagens digitais. Este é um problema ainda aberto em Fotogrametria e, em decorrência, nenhum Sistema Fotogramétrico Digital comercialmente disponível incorporou esta facilidade. Uma solução para este problema foi investigado em Dal Poz (1996). O método desenvolvido baseia-se no processo de correlação estrutural e usa apenas feições retas como controle de campo. Pontos de apoio podem ser facilmente introduzidos no método. Apesar do método ter se mostrado robusto quanto aos parâmetros de orientação exterior aproximados, quanto melhor for o conhecimento desses parâmetros, melhor será a eficiência do método. Portanto, os parâmetros de orientação exterior determinados pelo GPS forneceriam informações a priori para a extração automática do apoio de campo (por exemplo, armazenadas numa base de dados criteriosamente estruturada) necessário para automatizar completamente a fototriangulação.

## 4 CONCLUSÕES

Diferente de outras experiências similares no passado, envolvendo a utilização de outros sistemas sensores, tais como o APR e o Giroscópio, o GPS vem

se consolidando em várias aplicações em Fotogrametria. Além disso, o impacto sobre a área é considerável. Isto pode ser justificado a partir dos seguintes pontos:

- a aplicação na navegação permite um melhor controle do vôo e da exposição das fotografias;
- a aplicação na Fototriangulação permite uma redução drástica do número de pontos de apoio de campo, implicando numa grande redução dos trabalhos de campo. Por sua vez, isto implica numa grande economia em projetos fotogramétricos. Além disso, a diminuição de pontos de apoio a serem considerados num bloco possibilita o aumento da confiabilidade da Fototriangulação, bem como a redução dos trabalhos de planejamento e execução da Fototriangulação;
- as informações GPS podem auxiliar na automação da extração de apoio de campo necessário na Fototriangulação. Isto possibilitaria a completa automação da Fototriangulação.
- a aplicação do GPS na calibração de câmeras aéreas permite a remoção da restrição da existência de uma área montanhosa na região de trabalho. Com isso, é possível incorporar a calibração de câmeras aéreas em processos rotineiros de Fototriangulação.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMAN, F. Operational rules and accuracy models for GPS-aerotriangulation. **ISPRS**, Commission III. Washington, p.691-700, 1992.
- ANDREASSON, J. Experiences from the use of computer aided aerial photography with GPS at the national land survey of Sweden. **ISPRS**, Commission I. Washington, p.237-240, 1992.
- Å S. A. Experience with kinematic GPS during aerial photography in Norway. **Proceeding of 42<sup>st</sup> photogrammetric week of Stuttgart University**. Stuttgart, p. 299-312, 1989.
- BLANKENBERG, L. E., ØVSTEDAL, O. Block adjustment with GPS - results from test flight FREDRIKSTAD. **Proceeding of 44<sup>st</sup> photogrammetric week of Stuttgart University**. Stuttgart, p.85-96, 1993.
- BURMAN, H. Block adjustment including GPS observations of the photo stations. **ISPRS**, Commission I. Washington, p.278-282, 1992.
- CHIKATSU, H.; KASUGAYA, N.; MURAI, S. An adjustment of photogrammetry combined with the deogetic data and GPS. **ISPRS**, Commission III. Kyoto, p. 110-121, 1988.
- COLOMINA, I. Combined adjustment of photogrammetric and GPS data. **Proceedings of 42<sup>st</sup> photogrammetric week of Stuttgart University**. Stuttgart, p. 313-328, 1989.
- DAL POZ, A. P. **Correlação estrutural aplicada à extração automática de apoio de campo para imagens digitais**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP, 182p. 1996.
- DEREN, L.; SHAN, J. Quality analysis of bundle block adjustment with navigation data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 55, n. 12, p. 1743-1746, 1989.
- EBNER, H. Combined adjustment of photogrammetric and non-photogrammetric information. **ISPRS**, Commission III, Kyoto, p. 130-138, 1988.
- FRIEß, P. The NAVSTAR Global Positioning System for aerial triangulation. **Proceeding of 41<sup>st</sup> photogrammetric week of Stuttgart University**. Stuttgart, p. 33-45, 1987.
- HEIN, G. W. Precise kinematic GPS/INS positioning: A discussion on the application in aerophotogrammetry. **Proceeding of 42<sup>st</sup> photogrammetric week of Stuttgart University**. Stuttgart, p. 261-282, 1989.
- HINTZ, R. J.; ZHAO, M. Z. Considerations in the implementation of aerotriangulation with GPS derived exposure station position. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 55, n. 12, p. 1731-1735, 1989.
- KEEL, G.; JONES, H.; LACHAPELLE, G.; MOREAU, R.; PERRON, M. A test of airborne kinematic GPS positioning for aerial photography. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 55, n. 12, p. 1727-1730, 1989.
- KINLYSIDE, D. Some aspects on using GPS for airborne photogrammetric control. **Australian Journal of Geodesy Photogrammetry and Survey**, n. 49, p. 55-72, 1988.
- OLIVAS, M. A. A. **Calibração de câmaras fotogramétricas**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR, 1980.
- SCHADE, H. Integrated sensor systems for digital photogrammetry. **Proceeding of 44<sup>st</sup> photogrammetric week of Stuttgart University**. Stuttgart, p.63-72, 1993.
- VEGT, H. J. W. GPS test flight flevoland. **Proceeding of 42<sup>st</sup> photogrammetric week of Stuttgart University**. Stuttgart, p. 285-298, 1989.
- YUAN, X. GPS-supported determination of interior orientation of aerial camera. **ISPRS**, Commission I. Vienna, p.213-217, 1996.

# DEMARCAÇÃO DE TERRAS INDÍGENAS EMPREGANDO MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GLOBAL E TRATAMENTO DIGITAL DE IMAGENS SATELITAIS

**Prof. José Jorge de Seixas \***

**Prof. Alexandre Tadeu de Oliveira Lima \*\***

**Eng<sup>o</sup> Cart. Alcides Ferreira da Silva Júnior\*\*\***

**Eng<sup>o</sup> Cart. Alex Soria Medina \*\*\***

**Universidade Federal de Pernambuco - UFPE**

**Departamento de Engenharia Cartográfica - DECart**

Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n - Cidade Universitária

50740-530 - RECIFE-PE Fone/Fax: (081) 271.8235

E-mail : [jjseixas@npd.ufpe.br](mailto:jjseixas@npd.ufpe.br)

[decart@npd.ufpe.br](mailto:decart@npd.ufpe.br)

## RESUMO

O DECart - Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE foi solicitado através da FUNAI - Fundação Nacional do Índio e do CTI - Centro de Trabalho Indigenista, financiado pelo GTZ - Gesellschaft für Technische Zusammen Arbeit, para pesquisar uma maneira moderna de demarcação de terras indígenas que viabilizasse custo, garantisse precisão e abreviasse o tempo de execução dos trabalhos, visto que os métodos tradicionais utilizam técnicas já obsoletas, consomem muito tempo, acarretam altos custos, além de propiciarem resultados nem sempre satisfatórios.

Assim, o DECart planejou e executou as etapas de implementação e determinação de pontos geodésicos e do detalhamento cartográfico de toda uma área indígena para estudo. Para atingir tais objetivos foram empregados métodos, técnicas e processos modernos de cartografia de maneira que pudessem servir como um Plano Piloto na demarcação de áreas indígenas no Brasil.

Esse trabalho também trata da imprescindível cooperação dos índios durante a realização dos serviços de campo, o convívio com os mesmos e a importância social do entendimento daqueles serviços pela comunidade indígena.

Por fim, são apresentados os resultados conclusivos obtidos na área piloto e comparados com o Memorial Descritivo da Portaria da Presidência da República.

## ABSTRACT

The Cartographic Engineering Department of Pernambuco was invited through Brazilian Indian Foundation, FUNAI-Fundação Nacional do Índio and the Non Governmental Agency CTI-Centro de Trabalho Indigenista and financed by GTZ-Gesellschaft für Technische Zusammen Arbeit, to research a modern way for delimitation of indigenous lands in such way to guarantee prices, precision in execution and to shortening the period in the implementation of the work, because the traditional methods till now applied use old methods of technics, consume very much time, overspend the costs besides to present results not very much thrustable.

Then DECart had planned and executed the implementation and determination of Geodectic Points, and cartographic details from LANDSAT TM of the whole indigenous area, approximately 5.370 km<sup>2</sup> for study and analysis. To reach such objectives were used methods, technics and up-to-dated cartographic processes in such way that laterly FUNAI can use as a PILOT PLAN in the delimitation of others indigenous settlements all over Brazil.

This paper deals with the fully cooperation of the indians during the field survey, the relationships of the surveying team with them and the social importance of such surveying for the indigenous community.

To finish, are presented the conclusions and results of the surveyed area compared with the Descriptive Memorial of Governmental Decree.

\* Full Professor - Departamento de Engenharia Cartográfica - UFPE

\*\* Assistant Professor - Departamento de Engenharia Cartográfica - UFPE

\*\*\* Master Students - Departamento de Geociências - UFPR

## 1. INTRODUÇÃO

Dentro de uma nova conjuntura de ação de cooperação técnica entre Universidades Brasileiras e Empresas Públicas/Privadas, o Departamento de Engenharia Cartográfica-DECart da Universidade Federal de Pernambuco aceitou o convite da FUNAI - Fundação Nacional do Índio - Ministério da Justiça, Centro de Trabalho Indigenista-CTI - Organização Não-Governamental sob o apoio financeiro do GTZ - Gesellschaft für Technische Zusammen Arbeit - Organização da República Federal Alemã em reunião realizada em Brasília-DF na FUNAI e, posteriormente, oficializado através do Contrato firmado entre o Centro de Trabalho Indigenista-CTI e a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco-FADE-UFPE.

Nesse diálogo com aquelas instituições o Departamento de Engenharia Cartográfica deveria desenvolver uma metodologia que possibilitasse a demarcação dos limites da Área Indígena WAIÁPI na Serra de Tumucumaque no Estado do Amapá em plena SELVA AMAZÔNICA. Essa tecnologia deveria servir, posteriormente, às novas demarcações de outras áreas indígenas em Território Nacional.

Assim, o DECart desenvolveu, planejou e executou aquela demarcação empregando as modernas técnicas disponíveis (state-of-art) dentro do prazo programado em Contrato.

É apresentado a seguir um resumo da metodologia empregada e as atividades correspondentes de todo o trabalho de campo e escritório.

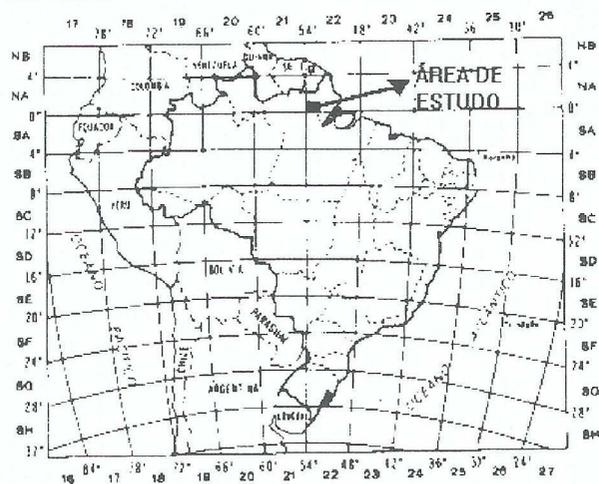


Fig. 1 - Localização da Área de Estudo

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área indígena WAIÁPI declarada de posse permanente para efeito de demarcação, com superfície aproximada de 5.370 km<sup>2</sup> em Portaria nº 544 do Ministério da Justiça e publicada em Diário Oficial da

União em 24.10.1991 e com uma população de 393 índios (1995), compreende parte dos municípios de LARANJAL e AMAPARI no Estado do Amapá.

## 3. METODOLOGIA

A Fig. 2 apresenta a estrutura geral da metodologia aplicada neste estudo/trabalho.

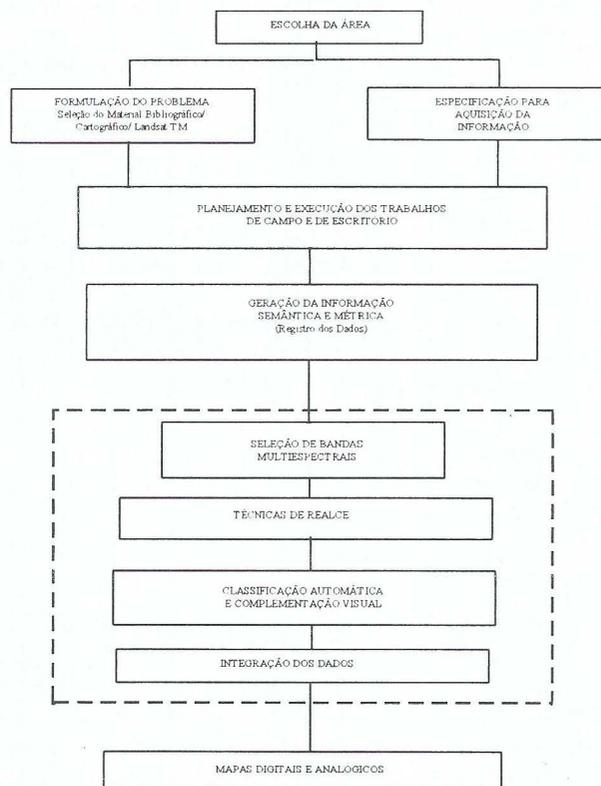


Fig. 2 - Estrutura Geral da Metodologia

### 3.1 - Formulação do Problema

Durante a fase da formulação do problema para tomada de decisão, foi utilizado um conjunto bem equilibrado de regras envolvendo os fatores de influências, classificados como aqueles que afetam tanto a desejabilidade como a factibilidade.

A desejabilidade foi julgada por meio de valores paramétricos e a factibilidade foi julgada por meio de valores objetivos.

Assim foram envolvidos na decisão geral, todos os líderes da Tribo WAIÁPI, técnicos e professores, da FUNAI, CTI, DECart/UFPE e representantes do GTZ.

Dessa decisão geral ficou definido que a implantação de todos os vértices da poligonal limite deveria ser tecnicamente orientado pelo DECart/UFPE e operacionalizado sob a responsabilidade do CTI, apoiados por grupos de trabalhos constituídos de

índios de diversas aldeias segundo sua localização na área a ser delimitada.

### 3.2 - Coleta da Informação Existente

Nesta fase, foi adotado um cuidado bastante especial de maneira a se obter toda a informação pertinente disponível que direta e/ou indiretamente afeta o projeto.

Esta coleta compreendeu um intervalo de técnicas, englobando desde observações locais ao sensoriamento remoto (satélites).

Todas as entidades envolvidas contribuíram decisivamente nesta fase e essas informações foram basilares para o desenvolvimento da fase de planejamento dos estudos e trabalhos. Foram constituídas, entre outras, assim:

- Mapa do Estado do Amapá - IBGE;
- Mapas Radargramétricos - Diretoria do Serviço Geográfico;
- Imagens satelitais - LANDSAT TM/INPE;
- Documentos diversos da FUNAI/WAIÃPI;
- Documentos diversos do CTI/WAIÃPI;
- Dados de pontos planimétricos e altimétricos - IBGE;
- Observações locais por professores do DECart/UFPE etc.

### 3.3 - Especificações para Aquisição da Informação

As informações a serem adquiridas e manuseadas no projeto deveriam atender as especificações técnicas da FUNAI para o apoio, complementadas pelo DECart/UFPE quanto a parte geodésica por satélite na definição dos vértices e de sensoriamento remoto quanto aos detalhes topográficos notadamente da Rede Hidrográfica e integralizadas no geoprocessamento através da programática MAXICAD.

Essas especificações foram amplamente analisadas pelas equipes envolvidas e apresentadas em diversos relatórios à FUNAI/CTI/GTZ.

### 3.4 - Planejamento e Execução dos Trabalhos de Campo e de Laboratório

Os trabalhos de campo compreenderam:

#### - Geodésia:

Transporte das coordenadas de pontos existentes na cidade de Macapá da Rede Geodésica implantada pelo IBGE, para a ÁREA WAIÃPI, constituída de uma figura geodésica básica de pontos localizados nas Aldeias Aramirã, Mariry, Taitetuwa que serviram de estações para todos os pontos limites da área indígena.

Para locação posterior das linhas secas geodésicas limites da Área, foram realizadas observações de pontos azimutais.

Todo apoio logístico dentro da Selva Amazônica aos grupos constituídos por professores do DECart/UFPE foram realizados com a ajuda e participação de índios.

Assim as aberturas de clareiras para implantação de todos os pontos geodésicos observados, transporte através dos igarapés e caminhadas para alcançar esses pontos teve a colaboração, imprescindível e fundamental, dos destemidos e bravos waiãpienses.

#### - Sensoriamento Remoto:

Definição de áreas de amostra para aplicação de processo supervisionado da classificação automática através do emprego de imagens LANDSAT TM.

Elaboração de um levantamento detalhado através das imagens LANDSAT TM que definisse toda a Rede Hidrográfica da ÁREA WAIÃPI, tendo em vista a escassez de detalhes topográficos constituída totalmente pela SELVA AMAZÔNICA virgem.

Interpretação de todas as áreas das aldeias indígenas de tal maneira que ficassem bem definidas em mapas.

Análise comparativo de todos os pontos geodésicos com suas coordenadas obtidas no campo com as coordenadas obtidas através das imagens LANDSAT TM devidamente retificadas.

Os trabalhos de laboratório compreenderam:

- Interpretação das imagens satelitais para finalidade dos detalhes cartográficos e para realizar análise, da certeza de implantação dos pontos limites de toda a ÁREA indígena de conformidade com a Portaria Ministerial.
- Elaboração de mapas temáticos e detalhes cartográficos para garantir, sem ambigüidade, o posicionamento dos limites de toda a ÁREA WAIÃPI e integralizados no geoprocessamento pela programática MAXICAD.
- Disponibilidade de um arquivo digital, a qualquer hora, de toda a ÁREA para oferecer apoio a pesquisas e estudos futuros, tanto no reino vegetal como no reino mineral.
- Elaboração de álbuns e mapas de toda a ÁREA que dessem apoio as discussões sob o ponto de vista analógico.

### 3.5- Geração da Informação (Semântica e Métrica)

A geração da informação foi conduzida nos laboratórios do Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco.

### - Laboratório de Geodésia

Compensação analítica de todos os pontos geodésicos através do Programa TRIMVEC da TRIMBLE NAVIGATION.

### - Laboratório de Sensoriamento Remoto

Foi empregado o Sistema de Análise de Dados dos Recursos Naturais da Terra - ERDAS (Earth Resources Data Analysis System) como programática (software) através do IMAGE 8.2. Para máquinas (hardware) estiveram disponíveis no terminal de computador, conforme Fig. 3, com os periféricos de leitora de fita magnética CYPHER e de CD-RO<sup>2</sup> i e impressoras coloridas, Tektronix 3693 DX e Hewlett Packard, mesa digitalizadora DIG PAD entre outros.

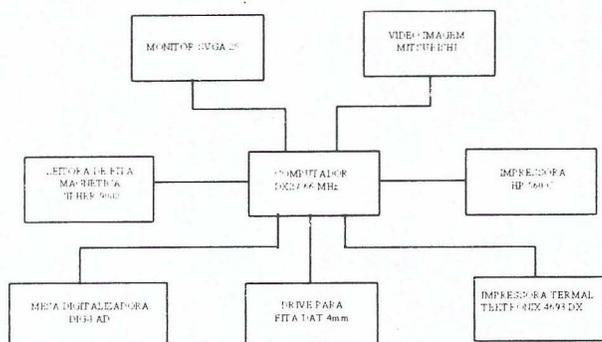


Fig. 3 - Estrutura das Máquinas Empregadas (Hardware)

### 3.6 - Apresentação da Informação

A informação foi apresentada nas formas analógica e digital.

- ◆ Coordenadas de todos os pontos geodésicos ajustados ao DATUM de referência SAD-69 e fornecidas nos sistemas geodésicos, cartesiano ortogonal e UTM.
- ◆ Planta de articulação das imagens digitais parciais que cobrem toda a Área indígena WAIÁPI em tamanho A4, na escala 1:250.000.
- ◆ Imagens parciais retificadas nos diferentes canais de toda a Área nas escalas compatíveis com o tamanho A4 (Escala 1.75.000).
- ◆ Imagens parciais retificadas de toda a ÁREA após classificação automática das características ambientais, empregando os canais mais apropriados.
- ◆ Planta de demarcação da ÁREA.
- ◆ Limites e confrontações de toda a ÁREA.
- ◆ Memorial descritivo da poligonal limite.

- ◆ Estudo comparativo entre o memorial descritivo fornecido pela FUNAI e o elaborado pelo DECart/UFPE.
- ◆ Álbuns com imagens parciais coloridas de toda a ÁREA.
- ◆ Álbuns com imagens classificadas das características ambientais e retificadas em coordenadas UTM.
- ◆ Arquivo digital de todas as formas analógicas apresentadas.

## 4. SUMÁRIO DOS RESULTADOS

O sumário dos resultados da pesquisa, estudo e trabalhos é apresentado através de mapas, tabelas e cálculos, contidos em dois relatórios detalhados que incluem todas as atividades realizadas.

Neste trabalho são apresentados:

Fig. 4 - Mapa de Toda a Área WAIÁPI

Fig. 5 - Mapa Comparativo dos Limites da ÁREA - MEMORIAL/CAMPO

Fig. 6 - Imagens Parciais de Toda a Área

Fig. 7 - Imagens Parciais Retificadas de Toda a Área

## 5. CONCLUSÕES

De conformidade com os resultados observados e apresentados podem-se extrair as seguintes conclusões:

- ◆ A metodologia aplicada na demarcação de 5.730 km<sup>2</sup> correspondente a Área Indígena WAIÁPI através do emprego das melhores técnicas modernas, isto é, posicionamento de pontos geodésicos através da geodésia por satélite e detalhamento cartográfico por sensoriamento remoto, vêm constituindo um ferramenta poderosa, ao mesmo tempo em que apresenta também condições, após os trabalhos, de continuar com o monitoramento de toda a Área estudada.
- ◆ A metodologia apresentada preenche todos os parâmetros objetivos, tais como menor custo e menor prazo de execução, compatibilidade das precisões dos levantamentos envolvidos além de dispor de uma quantidade enorme de produtos finais quando comparados com os processos usuais, principalmente existentes em Entidades Públicas.
- ◆ Criou condições eficazes para monitoramento de toda a Área, oferecendo assim uma vigilância completa para futuras atividades que venha a ocorrer.

- ♦ Apesar da extensa área de 5.730 km<sup>2</sup>, serviu como Plano Piloto, ao mesmo tempo em que demonstrou ser de valiosa cooperação do Departamento de Engenharia Cartográfica-UFPE, através de seus laboratórios, para uma definição, principalmente nas aberturas de concorrências públicas, no futuro.
- ♦ Promoção de toda a tribo WAIÁPI sobre o ponto de vista social, tendo em vista, não somente o seu acompanhamento de todos os trabalhos realizados durante a demarcação, como também, de seu apoio logístico a equipe de professores do DECart/UFPE, sem o qual, o trabalho seria de impossível realização no atingimento dos parâmetros objetivos.
- ♦ Disponibilidade de um enorme acervo informacional digital sobre a ÁREA que possam servir a novos convênios, estabelecendo, por exemplo, um dinâmico Sistema de Informação Geográfica-SIG da Área.
- ♦ Disponibilidade de grandes Centros Nacionais, Estrangeiros e Internacionais desejosos de participarem da proteção indígena e dos Recursos Naturais e que podem contribuir através de cooperação técnica e financeira.

## 6. BIBLIOGRAFIA

SEIXAS, J. J. de et al., 1992 - Monitoramento, Posicionamento e Quantificação do Assentamento Humano na Comunidade de Pescadores da Costa de Goiana-PE - Congresso Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Washington DC-USA.

SEIXAS, J. J. de 1988 - Fotogrametria Aplicada a Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco. Recife-Pernambuco - Brasil.

MAKAROVIC, B. 1996 - Sistemas de Informações Geográficas - Conceitos e Aplicações - Notas de Aula. Departamento de Engenharia Cartográfica - UFPE. Recife-PE - Brasil.

### Para pensar e meditar.

#### Textos extraídos dos

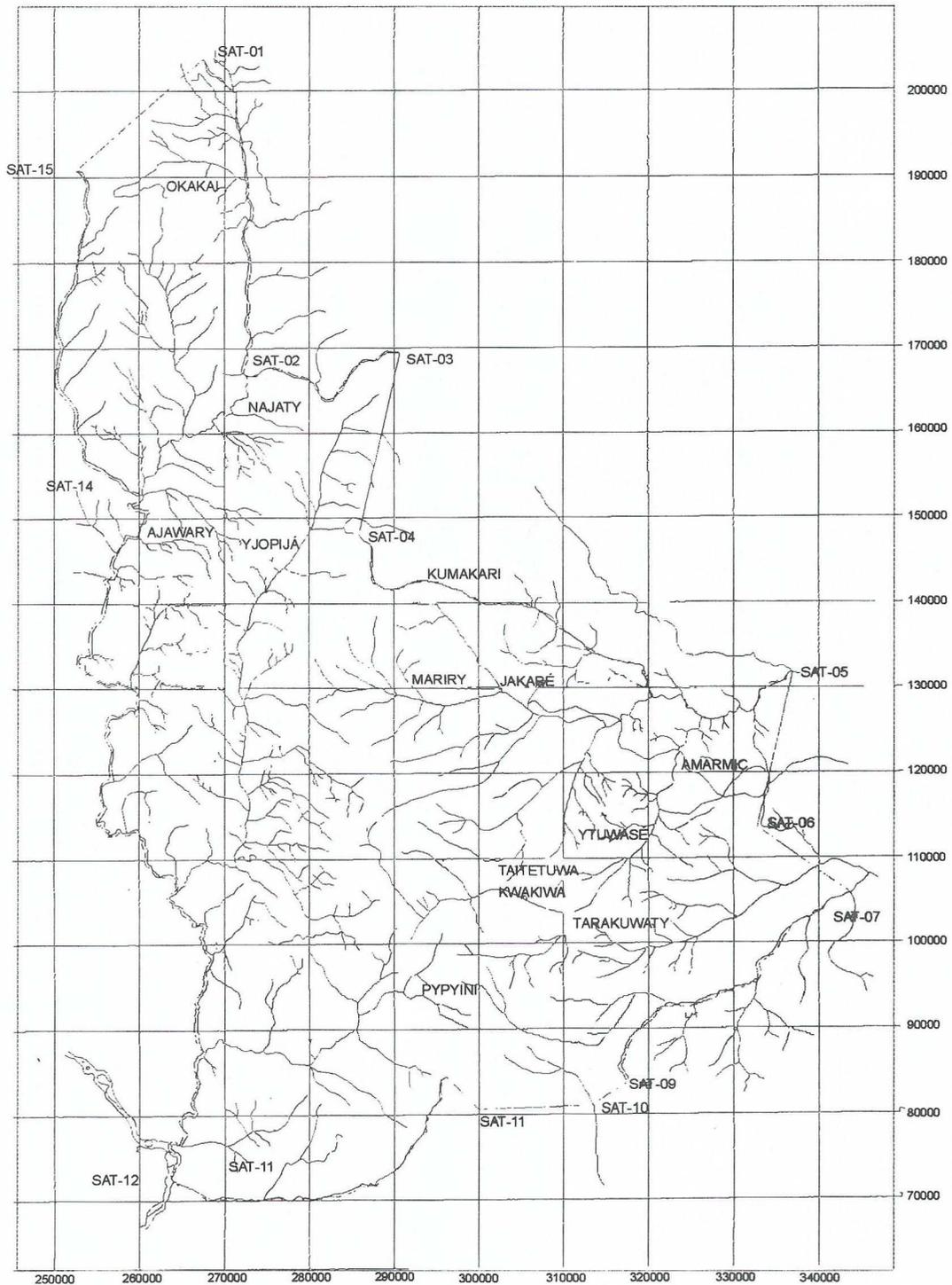
#### Boletins da SBC, em 1962:

- Carta - índice de civilização de um povo.
- Sem Carta não há administração nacional.
- Vidas podem ser salvas com mapas precisos.
- A Cartografia ajudou a descobrir a harmonia e unidade funcional do mundo.
- Mapa também é fator de produção.
- Mapeamento é investimento público.
- Administrar também é mapear.
- A prova Cartográfica nas mãos de Rio Branco, assegurou ao Brasil a posse definitiva de 900.000 km<sup>2</sup>.

---

**A GRANDEZA DUMA SOCIEDADE ESTÁ NA RAZÃO DIRETA DO CONVÍVIO, DO IDEALISMO E DO ESFORÇO SOLIDÁRIO DE TODOS OS SEUS MEMBROS, NA CONSECUÇÃO DOS OBJETIVOS E IDEAIS COMUNS**

Bol. SBC Rio de Janeiro, 2 (3): 77-136. jul./set. 1962



SINAIS CONVENCIONAIS

Rios  
 área limite da reserva indígena  
 SAT-01, SAT-15 pontos limites  
 Rodovia Perimetral Norte BR-210  
 Campo de emergência

ESCALA 1:85.000  
 MAPA TOPOGRÁFICO  
 MAPA OBTIDO A PARTIR DE IMAGENS  
 SATÉLITES RETIFICADAS LANDSAT-TM

ÁREA=575608,88ha  
 PERÍMETRO=471,80km

Fig.4 - Mapa de Toda a Área WAIAPI

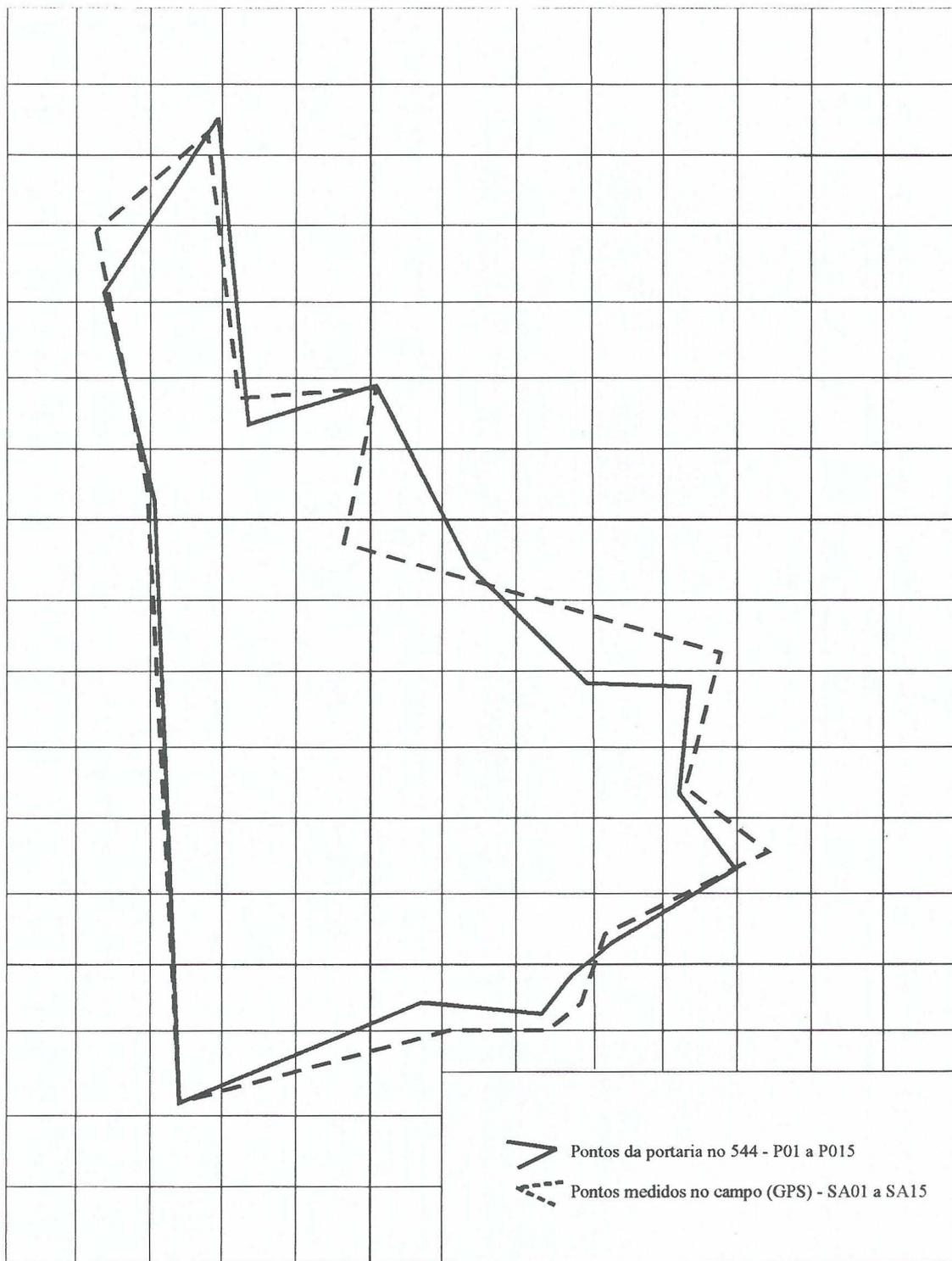


Fig 5 - Mapa Comparativo dos Limites da  
ÁREA - MEMORIAL/CAMPO

# GPS & GIS: INTEGRAÇÃO GEOMÉTRICA

**Jorge Pimentel Cintra**

**Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Transportes**

Caixa Postal 61.548 - CEP 05424-970 - São Paulo (SP)

tel.: (011) 818-5479 fax (011) 818-5716

e-mail: [jpcintra@usp.br](mailto:jpcintra@usp.br)

## RESUMO

É apresentado o problema da integração geométrica de dados, coletados através do GPS, com mapas digitais existentes. A partir de casos práticos são analisadas duas situações: a integração de coordenadas de um GPS portátil (posicionamento absoluto) com mapas de pequena escala e a integração de coordenadas obtidas através de dois receptores (posicionamento diferencial) com mapas de grande escala.

## ABSTRACT

The geometric integration between data collected by GPS and existing digital map is presented. By means of practical cases, two situations are analyzed: the integration between coordinates of a portable GPS (absolute positioning) and maps at a small scale and the integration between the coordinates acquired by two receivers (differential positioning) and maps at a great scale.

### 1. O PROBLEMA DA INTEGRAÇÃO

As aplicações do GPS multiplicam-se dia a dia, desde o controle de frotas até estudos geobotânicos. Boa parte dessas aplicações passa pelo fornecimento das coordenadas de um objeto de interesse e seu posicionamento em um determinado mapa (georreferenciamento). Surge então o problema da integração de coordenadas.

Como se sabe, o GPS trabalha internamente com coordenadas cartesianas (X,Y,Z) no sistema WGS-84 e, em princípio, pode fornecer as coordenadas em uma série de outros sistemas de referência, fazendo a conversão automática em função de parâmetros introduzidos no equipamento pelo fabricante ou fornecidos pelo usuário.

Por outro lado, nossos mapas estão confeccionados tendo como base a projeção UTM e utilizando o sistema SAD-69 ou o Córrego Alegre, em sua grande maioria.

A pergunta, que o presente artigo pretende responder, é *se e como* os dados GPS podem ser integrados a uma base cartográfica existente (mapa digitalizado), e com que precisão.

### 2. SITUAÇÕES TÍPICAS

Uma situação típica é a de *posicionamento*, em que o usuário necessita coletar a posição de determinadas feições de interesse e representá-las em um mapa existente. Por exemplo, a localização (x, y e em muitos casos z) de uma espécie vegetal, de um poste de luz, de uma boca de lobo, de uma via, de uma quadra urbana, de um talhão de determinada cultura, etc.

Outro caso típico é o da *navegação* e associados, como o controle de frotas, que incluem o fator tempo e seus derivados: velocidade, rota, distância e azimute para um destino, tempo de chegada, etc. Também necessitam localizar entes móveis (veículos, pessoas) em um mapa de referência.

Dentro dos casos de posicionamento, analisaremos duas situações mais comuns.

## 2.1 Usuários de pequena escala

A primeira situação é a do usuário que não produz mapas e que portanto procura órgãos oficiais em demanda de bases cartográficas. Se a área for no Estado de São Paulo, terá chances de encontrar mapas na escala 1:10.000 produzidos pelo IGC, com uns 20 anos de defasagem e recobrimdo somente metade da área do Estado. Encontrará também mapas do IBGE na escala 1:50.000, desatualizados em 30 ou mais anos (vôo da USAF, 1962-65), recobrimdo 13% do país: São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e pouco mais. Esses mapas estarão no sistema SAD-69 ou Córrego Alegre. Para outras regiões, o melhor mapa será na escala 1:100.000.

Esses produtos não são os mais adequados às suas necessidades cartográficas, mas de qualquer forma é a melhor base de referência disponível e que, melhor do que nada, será utilizada após a conveniente digitalização. Usuários mais experientes poderão tentar uma atualização através de imagens de sensoriamento remoto orbital, e existem técnicas para isso (Viadana e Cintra, 1995).

Esse é o caso de pessoas envolvidas com o planejamento regional, agrícola, florestal, ambiental (parques, reservas naturais), planejamento urbano em macro-escala e outros assemelhados. Esse usuário, em geral, não dispõe de muitos recursos e pensa na possibilidade de usar um GPS portátil (equipamento que utiliza o código e custa menos de R\$ 1.000). É um usuário que pensa numa solução simples como ir a campo e gravar as posições das feições de interesse.

## 2.2 Usuários de grande escala

A segunda situação é a daqueles usuários que produzem ou contratam a produção de mapas para suas necessidades, como pode ser o caso de prefeituras (para cadastro urbano), de departamentos de água, de telefone, de energia elétrica e de serviços urbanos de uma maneira geral. Pode ser também o caso de aplicações rurais em que se encomenda a elaboração de mapas específicos, em geral por processo topográfico convencional, para a localização de talhões de culturas, por exemplo. Em geral a escala será mais detalhada e portanto maior: 1:5.000, 1:2.000, 1:1.000 ou até mesmo 1:500, em algum caso.

Esse usuário, em geral, dispõe de maiores recursos, tem necessidades mais rígidas em termos de precisão, enfrenta grande volume de tarefas e por isso cogita em diversas tecnologias que atendam suas

necessidades; no nosso caso, receptores e técnicas GPS de maior precisão.

## 3. PRECISÃO DE EQUIPAMENTOS E NECESSIDADES DO USUÁRIO

A resposta sobre a viabilidade de uso de um ou outro esquema passa sempre pela precisão fornecida pelo sistema e pela requerida pelo usuário. A própria escala do mapa utilizado já é um indicativo do grau de detalhe e da precisão necessários.

No extremo mais exigente em termos de precisão estão as aplicações propriamente cartográficas, que requerem para mapas da classe A e C, uma precisão de 0,3 e 0,5 mm, respectivamente, na escala do mapa.

É de se ressaltar que, através de algumas análises de mapas, na escala 1:50.000 principalmente, e percorrendo efetivamente a região representada, constatamos que essas precisões não são rigorosamente obedecidas, ocorrendo simplificações de feições, como no caso de estradas sinuosas, que acarretam erros maiores que os estabelecidos nos padrões oficiais acima definidos. Isso quando não ocorrem erros grosseiros ou generalizações de conteúdos que tornam o mapa impreciso, também desse ponto de vista.

Por outro lado, podemos também estimar que um usuário, interessado na aplicação e não tanto na cartografia, poderia tolerar um erro maior, digamos de até 1 mm na escala do mapa. Um valor maior do que esse traria muito erro de posicionamento. Para nosso uso poderíamos denominar essa exigência como sendo de classe D.

Em termos práticos isso resultaria na tabela 1 em que figuram os valores absolutos do erro admissível e que servirá como base de referência para ser confrontada com a precisão efetiva fornecida pelo instrumento de posicionamento, ou seja, pelos diferentes equipamentos e técnicas GPS.

**TABELA 1 - PRECISÃO EXIGIDA PARA MAPAS, EM FUNÇÃO DA ESCALA E DA CLASSE**

Escala	Classe A	Classe C	Classe D
1: 50.000	15 m	25 m	50 m
1: 10.000	3 m	5 m	10 m
1: 5.000	1,5 m	2,5 m	5 m
1: 2.000	60 cm	1,0 m	2 m
1: 1.000	30 cm	50 cm	1 m
1: 500	15 cm	25 cm	50 cm

#### 4. PRECISÃO DE UM GPS PORTÁTIL

##### 4.1 SA inativa

Os manuais desse equipamentos (Trimble, 1996) fornecem como precisão típica o valor de 30 m quando não estiver ativada a chamada *disponibilidade seletiva*, conhecida pela sigla SA (Selective Availability). Então, nessa hipótese, confrontando esse valor com a tabela 1, poderíamos dizer que um equipamento seria útil somente para o posicionamento de classe D na escala 1:50.000.

É preciso lembrar que esse valor se refere a um círculo dentro do qual cairiam 95% dos posicionamentos feitos e que se espera portanto que algumas medidas (5%) tenham valores piores. O que levanta o problema do quão erradas estão essas medidas.

Assim sendo, realizamos uma série de experiências para testar a precisão de um GPS portátil em casos reais, antes da SA estar ativa (Cintra, 1996).

A primeira experiência consistiu na ocupação reiterada de um ponto de coordenadas conhecidas. Foram 51 valores obtidos em dias e horários diferentes, resultando em uma média e desvio padrão para cada coordenada. Os desvios padrões para N, E e h foram respectivamente: 45, 48 e 48 m. O desvio padrão plano resulta portando em 67 m, e o total em 82 m. No entanto, esses valores apontam para a probabilidade de 68 % de ocorrência e, de fato, existem valores bastante discrepantes: 90, 100, 120 e até 194 m de diferença para com a média em uma das coordenadas. Ou seja, isto pode prejudicar a confiabilidade de um usuário que necessita das precisões indicadas na tabela 1, para todos os pontos.

Um segundo tipo de experiências consistiu em ocupar vértices da rede brasileira oficial, com coordenadas conhecidas, e comparar a média dos valores fornecidos pelo GPS com essas coordenadas oficiais. O resultado foi uma diferença menor que 70 m para cada coordenada com relação ao valor oficial, para 80% dos pontos e uma diferença entre 70 e 140 m para os 20% restantes. Realizando a composição plana do erro esses valores tornam-se piores: até 200 m.

##### 4.2 SA ativa

No entanto, como se sabe, a SA está ativa e a precisão do sistema encontra-se, esperamos que provisoriamente, degradada. Para essa situação os manuais (Trimble, 1996) apontam a precisão típica de 100 m de erro com relação ao valor real. Esse erro refere-se ao CEP, círculo de erro provável, significando que 50% dos pontos coletados estarão dentro de um círculo com o raio especificado, num plano horizontal. Se quiséssemos maior confiabilidade, digamos 68% ou 95%, o raio deveria ser aumentado para 150 e 250 m, aproximadamente.

E isso não descarta a ocorrência de situações piores. De fato, em algumas experiências, talvez não muito significativas (Cintra e Ribeiro, 1996), registramos diferenças superiores a 300 m e para alguns pontos valores superiores a 500 m.

Ao prepararmos o presente trabalho fizemos mais um teste que consistiu no levantamento de um loteamento urbanizado, coletando a posição de 10 pontos bem definidos (cruzamento do eixo de ruas) e cujas coordenadas foram extraídas do mapa do IGC na escala 1:10.000, esperando-se um erro de uns 5 m por leitura na planta (0,5 mm) e outros 5 por erro no processo de elaboração do mapa. Os resultados são apresentados na tabela 2.

TABELA 2 - COMPARAÇÃO DE COORDENADAS: MAPA X GPS

a) Coordenadas Interpoladas do mapa			b) Coordenadas GPS (media)		Diferenças Mapa - GPS		
Po	N(m)	E(m)	N(m)	E(m)	DN	DE	DT
1	7381420	264545	7381437	264574	-17	-29	34
2	7381675	264235	7381600	264357	75	-122	143
3	7381395	264225	7381152	264392	243	-167	294
4	7381065	264220	7381039	264229	26	-9	28
5	7380995	264325	7381011	264334	-16	-9	18
6	7380790	264615	7380752	264615	38	0	38
7	7380640	264795	7380628	264789	13	6	14
8	7380710	264820	7380679	264822	31	-2	31
9	7380920	264835	7380912	264835	8	-0	8
10	7381130	264860	7381080	264869	50	-9	51
						média =	66

Realizamos os seguintes comentários e esclarecimentos a essa tabela:

a) Cada valor anotado como coordenadas GPS corresponde a uma média de 10 valores que apresentaram desvios de até 243 m com relação à média.

b) Na maior parte das medições estavam disponíveis 7 ou 8 satélites, e em alguns poucos casos 5 ou 6. Os valores de PDOP mantiveram-se sempre baixos (menores que 4). Ou seja, ocorreu sempre uma situação bastante favorável.

c) A média dos desvios apresentou o valor muito razoável de 66 m, quando comparado com o valor teórico esperado de 100 m. No entanto, o que preocupa são alguns pontos que, conforme esperado pela estatística, situam-se em patamares maiores. É o caso dos pontos 2 e 3, que apresentaram desvios de 143 e 294 m.

d) Outra análise foi a quantificação de uma área desse loteamento para estudar a magnitude do erro. Tomamos, deliberadamente o quadrilátero 1,2,3,4 e 5, por corresponder a uma quadra e em função dos erros ocorridos nos pontos 2 e 3. A área calculada pelas posições GPS resultou em 58.700 m<sup>2</sup>, contra 127.400 m<sup>2</sup> da área calculada pelas posições mais precisas, representando menos da metade da área real, ou seja, um erro muito grande para esse tipo de aplicação.

e) Situações como essa, de locais com erros de grande magnitude dentro de um conjunto razoável, são frequentes pela própria natureza estatística dos resultados. Como na maior parte dos casos não dispomos das coordenadas verdadeiras, esses erros não são detectáveis, e isso diminui a confiabilidade de todo o levantamento e inviabiliza alguns tipos de aplicação.

A avaliação final é que, enquanto a SA estiver ativa, o GPS portátil não é uma solução satisfatória para problema de mapeamento ou localização de entidades sobre cartas em escalas iguais ou maiores que 1:50.000.

Continua sendo muito útil em problemas de navegação em que erros da ordem de 100 a 300 m são pouco significativos, e em casos em que se pode inferir posições ou forçar a melhoria das mesmas como, por exemplo, quando se sabe que um veículo está sobre determinada via ou no cruzamento de determinadas feições e portanto há formas de *corrigir* uma posição errada.

Uma observação final é que não adianta querer aumentar o número de observações sobre um determinado ponto para melhorar a precisão das

coordenadas. Como se sabe, há um limite que se atinge com umas 180 medições (Trimble, 1996). Para comprovar isso, realizamos uma experiência que consistiu em tomar 2 conjuntos de 1000 medições sobre um ponto de coordenadas conhecidas. Isso não levou a melhores resultados.

## 5. PRECISÃO DO GPS NO MODO DIFERENCIAL

Existem certamente equipamentos de maior porte, que trabalhando aos pares, no modo diferencial, utilizando a fase, etc. conseguem precisões da ordem de centímetro e até milímetro, como é o caso das aplicações de tipo geodésico como a determinação das coordenadas de vértices de uma rede geodésica oficial ou de uma rede de apoio para aerolevantamentos. No entanto, além do custo do par de receptores, essas aplicações exigem que as observações sejam feitas durante horas e que sejam tomados cuidados especiais no processamento como, por exemplo, a resolução da ambiguidade, eliminação da perda de ciclos, ajuste dos vetores nas seções, ajuste de mínimos quadrados para a rede, e outros, que não são do domínio do usuário médio.

Então, uma primeira alternativa a ser avaliada é a utilização de pares de receptores mais simples, que vem sendo lançados no mercado. Seu custo é da ordem de R\$ 12.000,00, a operação de campo é relativamente simples e os programas automatizam muito os cálculos, não exigindo muita prática computacional nem grandes conhecimentos teóricos sobre o sistema GPS.

Com relação à precisão, elemento fundamental para os casos que estamos analisando, os manuais (Trimble, 1996) indicam duas faixas de valores:

a) Precisão de 2 a 5 m, utilizando o código e realizando a correção através de pós-processamento. Neste caso um equipamento fica fixo na base de coordenadas conhecidas e o outro (rover ou remoto) desloca-se para os pontos de interesse, com um tempo de permanência aproximada de 3 minutos por ponto.

b) Precisão submétrica, utilizando opções avançadas que utilizam a fase da portadora e exigindo um tempo de permanência média de uns 10 minutos por ponto.

Para testar o primeiro caso realizamos a ocupação de uma série de pontos de coordenadas conhecidas situados na raia olímpica da USP (campo de prova) e, de fato, encontramos um erro médio de 5 m. No entanto, houve erros isolados de até 10 m.

Isso significa, analisando os valores da tabela 1, que um esquema desse tipo seria útil para usuários que trabalham com mapas na escala 1:50.000, atingindo até a

precisão cartográfica e para usuários que utilizam mapa na escala 1:10.000 e não necessitam de uma precisão propriamente cartográfica (classe D), o que atende a uma grande quantidade de usuários: possivelmente todos os de grande escala.

Caso se confirme a precisão submétrica no esquema apontado em b), acima, esse esquema será útil para usuários que trabalham em escala talvez de até 1:1.000 com exigências cartográficas e até na escala 1:500, com menores exigências.

Ou seja, serviria para locar equipamentos urbanos (postes, transformadores, bocas de lobo, etc.) e seria uma solução para muitos usuários. De fato, nota-se que essa é a intenção dos fabricantes já que há muita facilidade para a elaboração de menus oferecendo as opções de feições que o usuário encontrará em campo. Conjuntos de programas que acompanham o equipamento permitem a criação fácil dessas opções e a transferência do menu para o receptor GPS. Observemos, no entanto, que a interface de desenho das feições coletadas, embora existente, ainda se ressentem de um melhor desenvolvimento, principalmente na edição do produto final e exportação de arquivos.

Nesse momento, em que o problema da precisão vai sendo resolvido, três pontos tornam-se importantes.

a) Em primeiro lugar o fator rendimento na coleta de dados. A exigência de ficar pelo menos 10 minutos sobre um ponto para obter precisão submétrica pode inviabilizar a produção e a agilidade nas tarefas de campo. Mesmo a recomendação de ficar uns 3 minutos sobre determinado ponto para obter precisão de 2 a 5 m, não é tão simples. Corresponde, na realidade, a 180 medições a uma taxa de 1 segundo. Na prática isso costuma significar mais tempo já que uma série de filtros recomendados para obter maior precisão implicam numa maior demora. Os filtros típicos são: número mínimo de satélites, ângulo mínimo de elevação dos satélites acima do horizonte ( $15^\circ$ ), valor de corte para a relação sinal ruído (4 ou 5) e valor máximo para PDOP(6). Em uma experiência de 20 pontos e utilizando as recomendações do fabricante, o tempo médio por ponto situou-se na casa dos 6 minutos e meio. Nessa experiência ressentimo-nos também de uma maior capacidade de memória já que trabalhando na taxas especificadas só seria possível coletar cerca de uma centena de pontos. Depois disso é necessário descarregar os dados para o computador, coisa que nem sempre é possível em campo e certamente diminui o rendimento dos trabalhos.

b) O segundo ponto importante refere-se à visibilidade dos satélites. Esta de fato não é favorável em aplicações florestais e em aplicações urbanas em que a altura dos

edifícios impede a recepção dos sinais. A própria captação de dados exatamente sobre a feição de interesse (uma árvore, um poste, um pilar externo de um edifício e outros desse gênero) pode impedir a boa visibilidade dos satélites. E o natural deslocamento pode afetar a precisão das coordenadas, principalmente quando se pensa atingir o nível submétrico. Sugerimos um tratamento, para redução das coordenadas, como se fazia para os casos clássicos de estação excêntrica.

c) O terceiro ponto refere-se à possibilidade do DGPS em tempo real, em que o equipamento base fica estacionado em um ponto de coordenadas conhecidas. Este vai calculando continuamente o valor da correção a ser aplicada a fim de reduzir o valor observado para o valor real. Essa correção é então transmitida, por rádio-frequência, para outro ou outros receptores móveis que poderão assim obter a coordenada corrigida do ponto que está sendo observado. Isso poupa bastante memória, aumenta o rendimento de campo e facilita muitíssimo o processamento dos dados. Acreditamos que quando isso se tornar uma prática difundida e habitual, então a topografia poderá auferir, de fato, maiores benefícios da tecnologia GPS. Atualmente, os equipamentos completos que permitem uma precisão topográfica custam em torno de R\$ 80.000,00, o que é um tanto elevando para um usuário típico como pode ser uma empresa de topografia.

## 6. INTEGRAÇÃO GEOMÉTRICA

Outro ponto de interesse a ser examinado é a técnica de integração geométrica de dados de levantamentos diferentes e a quantificação das discrepâncias. Estamos pensando agora, não mais na integração de alguns pontos isolados obtidos por GPS a um mapa, mas na integração de um mapa existente a um levantamento sistemático feito com o GPS. Pode tratar-se de um levantamento topográfico de um terreno ou mesmo da coleta de seqüências de pontos ao longo de trajetórias, o que equivale ao caso da integração de dados de navegação com uma carta.

Inspiramo-nos, para exemplificar, no levantamento agrícola realizado no município de Taquarituba, zona oeste do Estado de São Paulo, na escala 1:5.000 (Bacchi, 1996). O primeiro mapa foi obtido através de um levantamento topográfico que foi georreferenciado ao sistema UTM (Córrego Alegre) através da identificação das coordenadas de pontos notáveis do levantamento no mapa do IGC na escala 1:10.000 da mesma região. Posteriormente foi transferido para meio digital utilizando uma mesa Calcomp e o programa AutoCAD.

A segunda fonte de dados proveio de um levantamento DGPS realizado com um par de receptores

Trimble, modelo Pathfinder PRO-XL, conforme a técnica de manter um deles fixo em ponto de coordenadas conhecidas e outro movendo-se pelos pontos a serem levantados. Descarregando-se os dados e realizando-se o processamento dos mesmos obteve-se uma série de pontos, constituindo um segundo mapa que, em princípio, possui a precisão submétrica. Esse mapa, por circunstâncias do momento, foi levantado no sistema SAD-69. Poderia ter sido levantado, por uma simples mudança de opção nos receptores, no sistema Córrego Alegre, facilitando a integração. No entanto, isso servirá para ilustrar a integração dos dados.

Através da conversão dos dados GPS para o formato DWG do AutoCAD, tornou-se possível a comparação e integração das duas fontes. Para análise e estabelecimento de metodologias, o primeiro passo foi desenhar os dois mapas no mesmo sistema e o resultado encontra-se na figura 1 e 2 (ampliação).

Nota-se claramente um deslocamento sistemático entre os dois, de uns 50 m na direção Norte e uns 20 m na direção Este. Isso se explica por fatores como a utilização de diferentes sistemas de referência (SAD-69 x Córrego Alegre) que acarreta diferenças de dezenas de metros, em função da região; por um erro ou imprecisão nas coordenadas do vértice de partida do levantamento aerofotogramétrico do IGC (triangulação antiga do IBGE) e por um erro natural e inerente ao processo de transporte de coordenadas por aerotriangulação, o que pode levar também a duas dezenas de metros. Pode haver também um erro devido aos parâmetros de transformação do sistema WGS-84 para o Córrego Alegre ou SAD-69: os valores introduzidos internamente nos receptores pelos fabricantes baseiam-se nos dados oficiais fornecidos e calculados pelo IBGE; e, como se sabe, são parâmetros médios para todo o Brasil e que, portanto, podem não adaptar-se perfeitamente para uma região em particular. Ao que tudo indica existe uma certa discrepância no Estado de São Paulo.

De qualquer maneira, o problema que se coloca é o de ajustar esses dois conjuntos de dados. A solução é adotar um deles como padrão e aplicar uma transformação ao outro, de maneira a compatibilizar, ao máximo, as bases cartográficas. Em nosso caso, o mapa base é o do levantamento topográfico/IGC e os dados a serem transformados são os fornecidos pelo GPS. No caso da navegação aconteceria o mesmo: tomamos como base uma mapa existente e ajustamos os provenientes do GPS.

Deve-se portanto pensar no tipo de transformação a ser aplicada e, sempre que possível, com base em razões fundamentadas. No caso de haver diferença de sistemas de referência (SAD-69 e Córrego Alegre), poderia ser aplicada inicialmente a conhecida

transformação através da fórmula de Molodenski, com o que eliminaríamos uma parte dos erros sistemáticos. A seguir vem a escolha de uma função de transformação e, pensando num esquema simples podemos adotar a transformação afim, linear conforme ou de quatro parâmetros que corresponde a uma rotação, uma translação e uma mudança de escala. A rotação seria função da convergência de meridiano existente na projeção UTM. E a mudança de escala, a mesma para x e y devido à própria definição do sistema UTM, explica-se em função do fator escala. Esses parâmetros devem fornecer valores que são perfeitamente previsíveis. Os dados menos previsíveis seriam então as duas translações.

O esquema de ajuste segue então um roteiro bastante conhecido: identificam-se pontos comuns aos dois mapas, com um mínimo de 3 para que haja superabundância de equações e se possa aplicar o método dos mínimos quadrados. Com as coordenadas desses pontos nos dois sistemas montam-se as equações (1 e 2) e determinam-se os 4 parâmetros de transformação (a,b,c,d).

$$x_2 = a.x_1 + b.y_1 + c \quad (1)$$

$$y_2 = -b.x_1 + a.y_1 + d \quad (2)$$

$x_1, y_1$ : coordenadas GPS originais

$x_2, y_2$ : coordenadas no mapa

Os esquema de mínimos quadrados permite avaliar a qualidade do ajustamento mediante os resíduos e outras variáveis estatísticas. E, uma vez determinados os coeficientes, pode-se calcular as coordenadas transformadas de um segundo conjunto de pontos preparados para servirem de controle, o que é feito mediante o cálculo da diferença entre as coordenadas calculadas e as conhecidas. A avaliação da magnitude desses resíduos permite avaliar se a transformação satisfaz ou não as exigências em termos de precisão.

Finalmente, dispondo dos coeficientes a, b, c e d, pode-se transformar todos os pontos para o sistema 2, obtendo-se o mapa transformado ou, o que é o mesmo, a integração dos dados do sistema 1 (GPS) com o sistema 2, minimizando as discrepâncias.

Neste caso concreto optamos por utilizar o comando ou função Rubber Sheet disponível no AutoCAD que consiste exatamente no ajuste de duas figuras precisamente através da aplicação de uma translação, uma rotação e um escalamento. O resultado é o representado na figura 3.

Por outro lado, a quantificação dos erros, pelo processo matemático levou a um erro médio de 13,6 m na distância entre os pontos transformados e sua

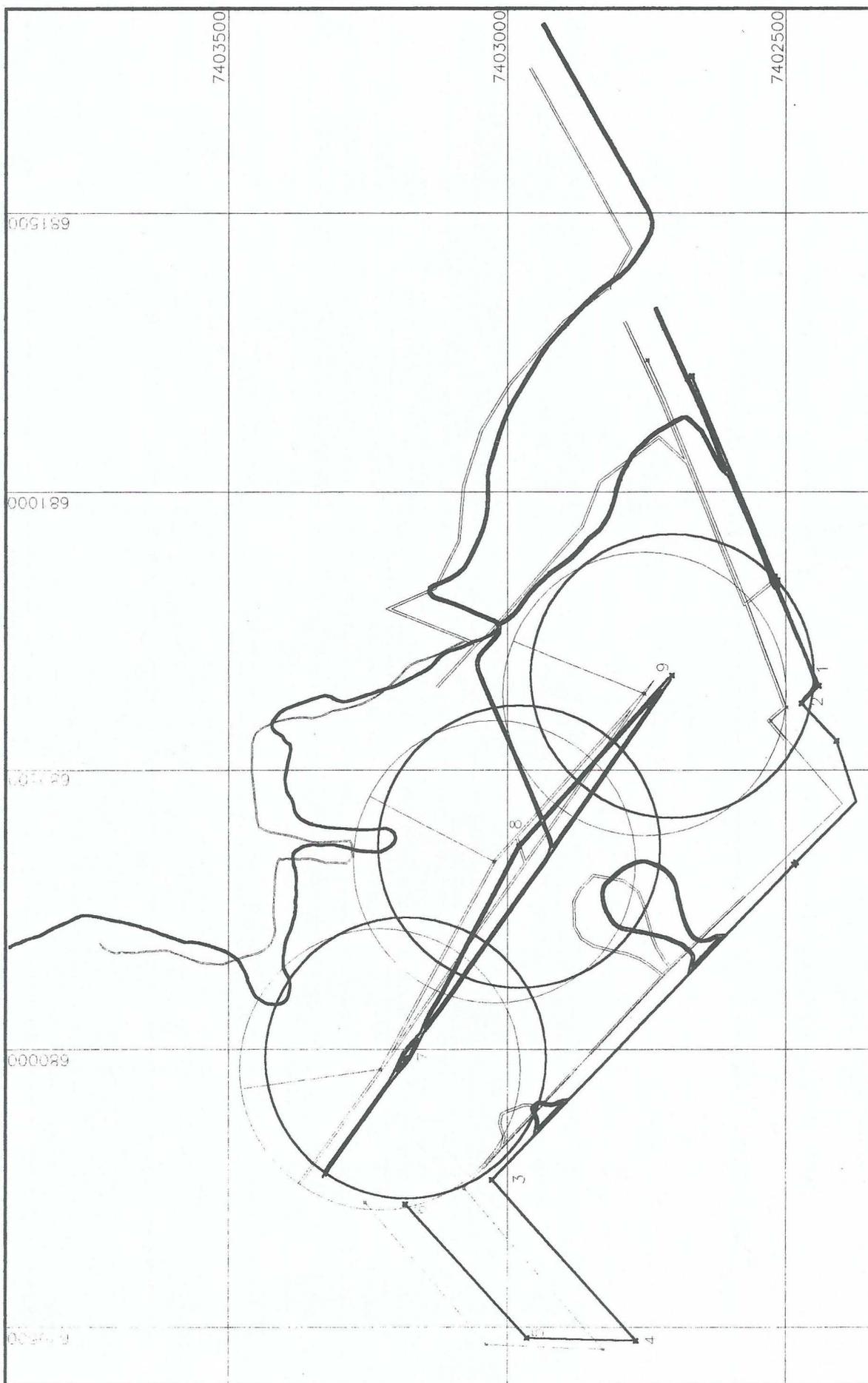


Figura 1 – Dois mapas da mesma região.  
 Linha espessa: levantamento GPS.  
 Linha fina: levantamento topográfico.

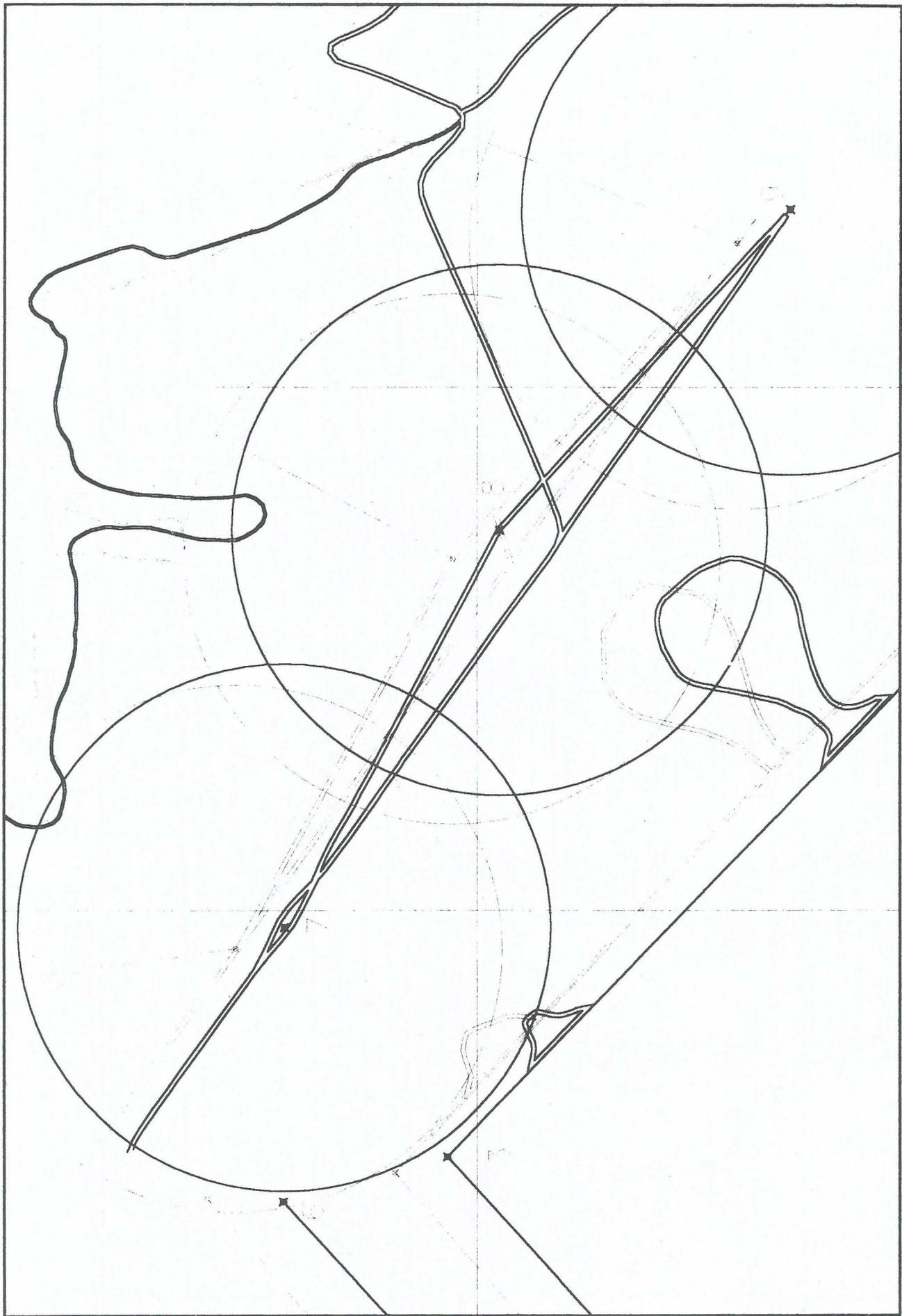


Figura 2 – Idem, detalhe.

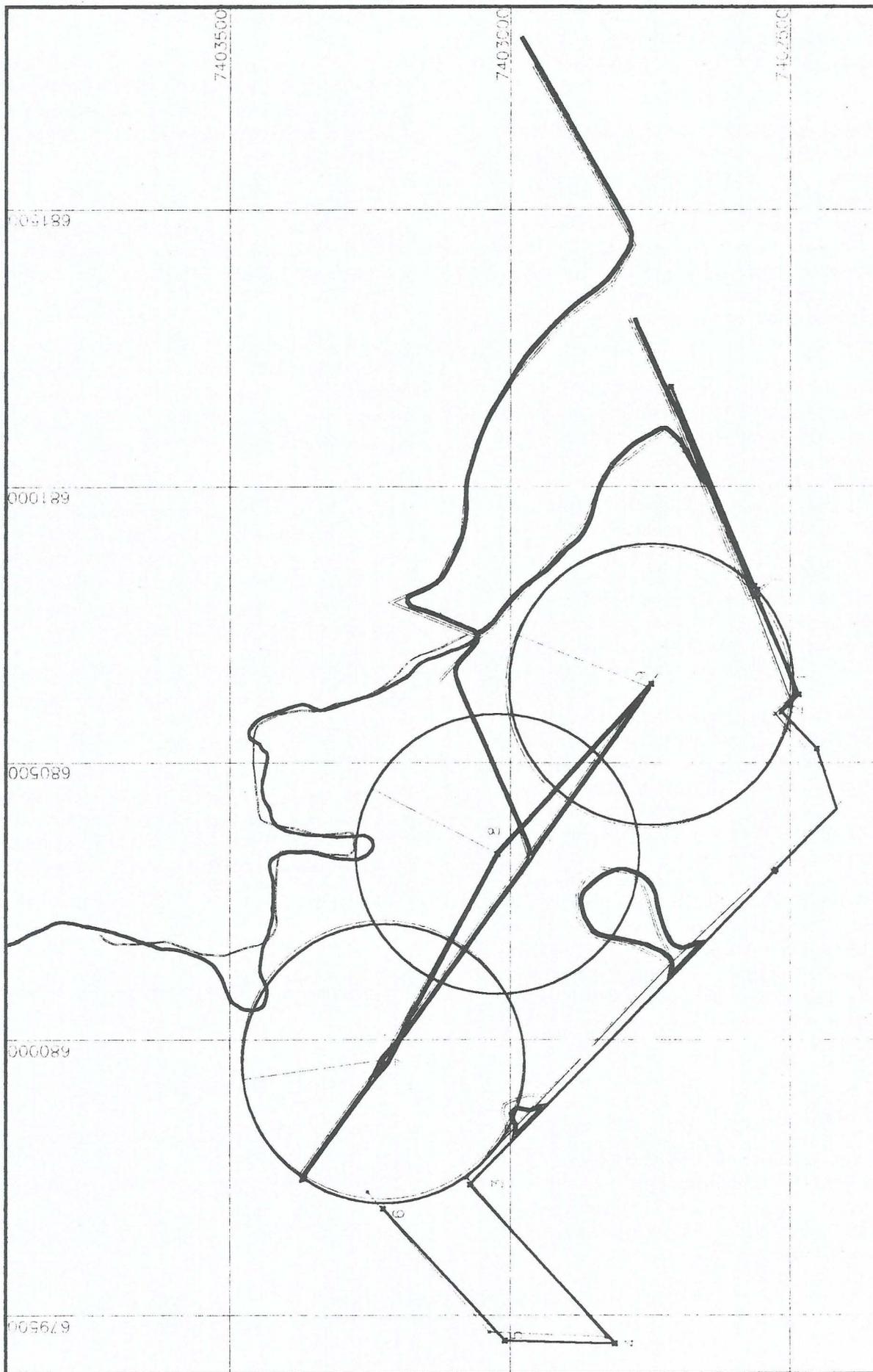


Figura 3 – Superposição dos dois mapas da figura 1 através da função Rubber Sheet do AutoCAD.

posição considerada verdadeira, o que ainda é bastante grande considerando a escala de trabalho (1:5.000), a precisão desejada (tabela 1) e as potencialidades do DGPS.

Vale a pena comentar alguns detalhes da figura 3. Apesar de todos os ajustes, ainda há discordâncias remanescentes. Em alguns casos vê-se que as discrepâncias se devem a erros pontuais do GPS, em outros, como em trechos curvos, provavelmente o resultado GPS descreve melhor a realidade ao se terem tomados diversos pontos sobre essa feição, enquanto que o levantamento topográfico tomou somente um ponto, acarretando um aspecto anguloso e não suave como deveria ser.

Outro ponto refere-se à existência de um erro aleatório remanescente. Sua quantificação pode ser feita através dos resultados do ajuste matemático tal como descrito acima. Mas uma análise mais ampla fica prejudicada em função de não se conseguir uma correlação ponto a ponto entre os dois mapas. Isso porque, por exemplo, uma mesma feição reta pode não ter sido levantada através dos mesmos pontos. Então, impõem-se a aplicação de um método adequado de análise. Isso foi objeto de um trabalho neste mesmo evento (Cintra e Ferreira, 1997), em que propusemos a técnica de um retângulo equivalente para quantificar as discrepâncias, e ao qual remetemos os interessados.

Vale a pena uma observação final referente às técnicas de ajuste em navegação, em particular a terrestre. Nestas existem algumas formas de tentar um ajuste melhor. Dada uma posição qualquer calculada pelo GPS, sabe-se que esta deve pertencer a uma determinada via por onde o veículo trafegou. Então, pode-se *forçar* a pertinência de um ponto a uma linha; por exemplo através do traçado da perpendicular do ponto GPS até a via. Ou pode-se contar com pontos de sincronismo e ajuste, quando se sabe que o veículo está passando exatamente sobre um ponto bem definido no mapa: cruzamento de duas vias ou de duas feições (estrada, rio, ferrovia, etc.). Isso permite não só ajustar as coordenadas desse ponto mas também as de seus vizinhos mais próximos.

## 7. CONCLUSÃO

Foram apontadas diversas situações típicas de integração de dados de um mapa digital existente e de pontos levantados através de GPS. Procuramos apontar algumas diretrizes de integração que esperamos serem úteis para os que pesquisam na área.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bacchi, G. S. Tratamento digital de duas fontes distintas de dados geográficos: DGPS e digitalização manual. Trabalho apresentado como seminário da disciplina Computação gráfica (PTR-756), dezembro de 1996.
- Cintra, J.P. Precisão e exatidão de um equipamento GPS de bolso, In **Anais do VII CONEA - Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura**, Salvador, 28 a 31 de julho de 1996, pp. 229-238
- Cintra, J.P. e Ferreira, L.F.C. Quantificação de discrepâncias entre feições lineares por retângulos equivalentes, in **Anais do XVII CBC - Congresso Brasileiro de Cartografia**, Rio de Janeiro, 3 a 9 de setembro de 1997 (presentes anais).
- Cintra, J.P. e Ribeiro, S.C.L. Integração GPS & GIS. In **GeoDigital' 96 - Simpósio Internacional sobre Novas Tecnologias em Geografia e Cartografia**. Departamento de Geografia, FFLCH/USP, 25 a 28 de novembro de 1996. Cadernos de resumos, p. 18 e Anais (no prelo). Veja também possível artigo dos mesmos autores nos anais do presente evento.
- Trimble Navigation Limited Manuais do GeoExplorer II: **General Reference e Operation Manual**, Sunnyvale, CA, EUA, 1996
- Viadana, M.I.C.F. e Cintra, J.P. The GIS technology to update topographic maps. In **International Cartographic Conference, 17<sup>th</sup> General Assembly of ICA, 10, Barcelona, 1995. Proceedings**. Barcelona Institut Cartographic de Catalunya, 1995, v.2 pp. 2143-8.

---

**28 de Outubro de 1958**

Dia em que foi fundada a nossa  
Sociedade Brasileira de Cartografia.  
Estamos neste ano comemorando o  
40º aniversário da fundação da SBC.

# EVOLUÇÃO DAS DEFINIÇÕES DE CARTOGRAFIA

Eliane Alves da Silva  
Engenheira Cartógrafa do IBGE  
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
CDDI/MAPOTECA  
elianesilva@ibge.gov.br

## Resumo

O objetivo deste trabalho é o de apresentar a evolução do termo “Cartografia” que ocorreu ao longo do tempo em função não só do avanço tecnológico com a era da informação é a “Cybercartography”- Cartografia Cibernética, como também pela necessidade de mapeamento dos grandes vazios cartográficos do planeta Terra como é o caso da Amazônia. Cartografia é ecologia.

## Abstract

The purpose of this paper is to present the evolution of the “Cartography” word that happen along the time by the functions of the technology developing with the information era and the “Cybercartography” and the real necessity of the mapping of the great areas as like as the Brazilian Amazon. Cartography is ecology.

A evolução das definições do termo Cartografia tem ocorrido ao longo do tempo, então vale a pena fazer-se uma revisão das principais tendências que ocorrem no mundo que envolve a ciência cartográfica.

De acordo com OLIVEIRA (1993), cartógrafo brasileiro, aposentado do IBGE, o termo “**Cartografia**” foi o vocábulo criado pelo historiador português Visconde de Santarém, em carta de 8 de dezembro de 1839, escrita em Paris e dirigida ao historiador brasileiro Adolfo de Varuhagen. Antes da divulgação e consagração do termo, o vocábulo usado tradicionalmente era “Cosmografia”. Segundo este autor: “ Mapa é a representação gráfica, geralmente numa superfície plana e em determinada escala, das características naturais e artificiais, terrestres ou subterrâneas, ou, ainda de outro planeta. Os acidentes são representados dentro da mais rigorosa localização possível, relacionados, em geral a um sistema de referência de coordenadas. Igualmente, uma representação gráfica de uma parte ou total da esfera celeste”.

Para a Organização das Nações Unidas - ONU (1949) “Cartografia é a ciência de organização de cartas terrestres, marítimas e aéreas de qualquer espécie, abrangendo todas as operações, desde os levantamentos iniciais no terreno até a impressão definitiva das mesmas”.

BAKKER (1965) cartógrafo brasileiro, contra-almirante hidrografo da Marinha do Brasil, ex-diretor da Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN, ex-secretário executivo da Comissão de Cartografia - COCAR e ex-presidente da Associação Cartográfica dos Países de Língua Oficial Portuguesa - ACAPLOP, definiu “ Cartografia como sendo a ciência e arte de expressar graficamente, por meio de mapas e cartas, o conhecimento humano da superfície da Terra. É ciência porque essa expressão gráfica, para alcançar exatidão satisfatória, procura um apoio científico que se obtém pela coordenação de determinações astronômicas e matemáticas assim como topográficas e geodésicas. É arte quando se subordina às leis estéticas da simplicidade,

clareza e harmonia, procurando atingir o ideal artístico”.

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e Cultura - UNESCO, com sede em Paris, na França, apresentou em 1966 a seguinte definição:

“Cartografia é o conjunto de ciências, técnicas e artes que intervêm a partir dos resultados de observações diretas ou da análise de documentos existentes, tendo em vista a elaboração e a preparação de mapas, plantas e outras formas de representação cartográfica, bem como a sua utilização”.

A International Cartographic Association - ICA/ACI, fundada em 1959, apresentou sua primeira definição de Cartografia em 1966, como tem-se abaixo:

“Cartografia é o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas que intervêm a partir dos resultados de observações diretas ou da exploração de uma documentação existente, tendo em vista a elaboração e a preparação de plantas, mapas e outras formas de expressão, assim como em utilização”.

Anos mais tarde surgiu uma nova definição da ICA/ACI (1973):

“Cartografia é a arte, a ciência e a tecnologia de elaboração de mapas, sendo objeto de estudo como documentos científicos e trabalhos de arte. Neste contexto, acham-se incluídos de modo genérico, todos os tipos de mapas, cartas, planos, seções, modelos tridimensionais e globos representando a Terra ou algum corpo celeste em qualquer escala”.

Na 10ª Assembléia Geral da ICA/ACI realizada em Barcelona, na Espanha em 1995, foram apresentadas novas definições para Cartografia, Mapa e Cartógrafo, como tem-se a seguir e que foram publicadas no ICA News de 1996:

“Cartografia é a disciplina que trata da concepção, produção, disseminação e o estudo de mapas”.

“Mapa é a imagem simbolizada da realidade geográfica, representando feições selecionadas ou características, resultam do espaço criativo da execução por escolha do autor ou dos autores e é designada pelo uso quando as relações espaciais são de grande relevância”.

“Cartógrafo é uma pessoa que está engajada em cartografia”.

Para NYERGES (1980) e MOELLERING (1986) o Mapa é um arquivo estruturado, no qual os objetos, as condições e os eventos são gravados por descreverem relações, tanto espaciais, como não espaciais.

A American Society for Photogrammetry (1980) considerou que o “Mapa é definido por uma representação de toda ou de uma parte da Terra ou mesmo de um corpo celeste qualquer, mostrando o tamanho relativo e a posição das feições em determinada escala e sistema de projeção”.

LEIVA (1984) cartógrafo chileno, produziu uma excelente definição para “Cartografia como sendo um sistema de informações, onde tem especial importância os meios de expressão e o modo ou tratamento cartográfico dado, a fim de representar e/ou expressar cada informação desejada”. Com esta idéia a Cartografia passa a ser incorporada definitivamente, à Teoria da Informação e porque não dizer à Informática, em todas as suas tendências.

ANDRÉ (1986) cartógrafo francês, ao tratar a questão da Cartografia como ciência e/ou arte, indaga se a cartografia é ciência e/ou arte? A resposta é dada ao expressar a seguinte definição:

“A Cartografia traduz um tema físico, humano e/ou econômico dentro de uma linguagem gráfica, feita de signos e de cores, diferenciando-se da linguagem escrita ou falada”. Para o autor “a Carta resulta da mobilização de uma quantidade expressiva e de meios científicos e técnicas. É também um documento estético, de agradável consulta, dotado de um real poder de sugestão”. Ele subdivide as Cartas em: Cartas Topográficas e Cartas Temáticas.

Para o Comitê Francês de Cartografia "Carta é uma representação convencional, geralmente plana, em posições relativas, de fenômenos concretos ou abstratos, que possuem localização espacial".

Segundo BOS (1982) cartógrafo holandês, a Cartografia tem por atribuição . a pesquisa e as atividades aplicadas para abranger e/ou estabelecer ligações diretas que conduzam ao "core" (coração) de todos os objetivos, que culminam na produção de um mapa.

A Wuhan Technical University of Surveying and Mapping (1985) da República Popular da China definiu "Cartografia, como sendo a arte, a ciência e a tecnologia de elaborar todos os tipos de mapas, empregando-se os resultados obtidos por levantamento, reconhecimento de campo, sensoriamento remoto e outras formas de coletas de dados, para serem aplicados na construção da economia, defesa nacional, relações internacionais, educação, cultura, turismo, etc."

Para MORRISON (1987) cartógrafo dos Estados Unidos, ex-presidente da ICA/ACI, ex-cartógrafo do US Geological Survey e atualmente no Bureau of Census, a Cartografia é por analogia, a ciência destinada a gerar estes arquivos estruturados de dados que são os mapas.

Segundo TAYLOR (1987) cartógrafo canadense, ex-presidente da ICA/ACI e professor da Universidade de Carleton, a Cartografia tem um papel importante no desenvolvimento das nações, principalmente nas mais desenvolvidas. Contudo, muitas das vezes o potencial da Cartografia não é empregado em sua totalidade, pois, os cartógrafos são técnicos, as vezes com um limitado conhecimento dos problemas e da melhor forma de empregar a cartografia para solucioná-los. Em muitos casos a Cartografia tem se transformado em solução técnica para a busca de soluções de um problema. Tendo-se por exemplo, as questões ligadas ao meio ambiente e seu monitoramento.

De acordo com o Fundo das Nações Unidas Para as Crianças - United Nations Children's Fund - UNICEF (1988) um Mapa

torna possível o entendimento de localização de onde nós estamos em relação as outras pessoas e lugares. Sem mapas, nosso conhecimento do mundo seria limitado. O mapa é o melhor caminho para se comunicar toda e qualquer informação a respeito da superfície da Terra. A UNICEF na época, definiu o Cartógrafo "como um fazedor de mapas - map maker".

FRITSCH (1990) cartógrafo alemão diz que: "a Cartografia pode ser entendida como a ciência e a técnica de representações gráficas de dados espaciais, incluindo as instruções de como utilizar tais representações, cada vez mais transformadas espacialmente, considerando-se os sistemas de informações geográficas - SIGs."

De acordo com JOLY (1990) a Cartografia pode ser entendida como sendo a arte de conceber, de levantar, de redigir e de divulgar os mapas.

Os sistemas de informações geográficas - SIGs trouxeram a criação da definição de "Geomática" que para GAGNON e COLEMAN (1990) "é o campo das atividades técnico-científicas, as quais empregam uma aproximação sistemática que integra todos os significados usados para aquisição e manejo da informação georreferenciada utilizados nos processos de produção e manejo da informação espacialmente relacionada".

Para o Comitê Sobre Informação Geográfica e Geomática da Organização Internacional de Normalização - ISO (1994) "a Geomática é definida como um domínio da atividade que por uma aproximação sistemática, integra todos os meios utilizados para adquirir e tratar os dados espaciais obtidos através de operações científicas, administrativas, legais ou técnicas, dentro dos processos de produção e de tratamento das informações localizadas, estas atividades compreendem, sem que sejam exaustivas: a cartografia, a topografia, a geodésia, os sistemas de informação geográfica, a cartografia numérica, a hidrografia, a gestão da informação territorial, os levantamentos de minas, a fotogrametria e o sensoriamento remoto". Para alguns autores, Geomática e Geoprocessamento possuem o mesmo significado.

De acordo com SILVA (1991 a) a Cartografia é o grande elo entre qualquer rede de aquisição, tratamento e representação de dados, resultando no final de todo o processo de levantamento preciso e de bom efeito visual, que é o mapa destinado ao usuário. A Cartografia Digital, trouxe uma nova estruturação dos dados, ampliando o espectro da ciência da computação, da matemática e da cartografia clássica, atraindo outros profissionais, muitos deles, ligados às outras disciplinas que concorrem a tecnologia SIG.

Considerando a mentalidade ecológica que "varreu" o planeta Terra, às vésperas da Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUMAD/UNCED, realizada, na cidade do Rio de Janeiro, no Brasil, em junho de 1992, que não apresentava propostas claras em termos de cartografia, pelo exame do documento Subsídios Técnicos para a CNUMAD, publicado anteriormente, no Diário Oficial da União. A engenheira cartógrafa, brasileira, do IBGE SILVA (1991 b) examinou a questão da relação entre a Cartografia e a Ecologia, palavra de origem grega "oikos" e concluiu que não poderia haver mentalidade ecológica sem mentalidade cartográfica, na ocasião recomendou como solução para a Amazônia o mapeamento por radar aerotransportado de abertura sintética - SAR. Sem mapas precisos e atualizados é impossível preservar o meio ambiente, para detectar queimadas, derrubada da floresta, garimpo clandestino, demarcação de terras indígenas. A autora estabeleceu a seguinte definição para Cartografia:

"Cartografia é ecologia, porque é a ciência que permite através de seus métodos, ações técnicas precisas, materializadas na superfície terrestre e por meio de representações gráficas, demarcar, monitorar e proteger os ecossistemas e seus respectivos povos. Não pode haver mentalidade ecológica sem mentalidade cartográfica".

Esta definição foi apresentada durante o XV Congresso Brasileiro de Cartografia, da Sociedade Brasileira de Cartografia - SBC, realizado na Universidade de São Paulo - USP, em São Paulo capital, em 1991. O Presidente da SBC era o engenheiro cartógrafo Paulo Eurico de Mello Tavares.

As soluções cartográficas para o auxílio e manutenção do desenvolvimento auto sustentado na Amazônia foram amplamente discutidas por SILVA (1994 a,b), SILVA (1995), SILVA (1996, a, b,c,) e SILVA (1997 a,b) e com o estabelecimento do Projeto SIVAM - Sistema de Vigilância da Amazônia, a cargo do Ministério da Aeronáutica que mapeará a região a partir do ano 2.000, com três jatos EMB 145 fabricados pela EMBRAER, acoplados com o SAR comprados na empresa canadense Mac Donald Detwiller. Assim, a Força Aérea Brasileira - FAB, vencerá um dos grandes desafios mundiais e fará com que o Brasil entre para o seletivo grupo dos países que tem todo o seu território mapeado.

Para TAYLOR (1991) "Cartografia é a organização, apresentação, comunicação e utilização da geoinformação nas formas gráfica, digital ou tátil. Isto pode incluir todos os estágios da preparação do dado que envolve a criação do mapa relatando os produtos da informação espacial".

MOURA FILHO (1993) cartógrafo, brasileiro, professor da Universidade Federal do Pará, em Belém, definiu "Cartografia como sendo um conjunto de atividades científicas, tecnológicas e artísticas, cujo objetivo é a representação gráfica da superfície terrestre e de todo o universo. Essa representação gráfica constitui o mapa ou carta".

A grande inovação na discussão da evolução das definições do termo "Cartografia", foi dada por TAYLOR (1997) ao proferir o discurso de abertura da 18ª ICA/ACI International Cartographic Conference, em Estocolmo, na Suécia, no dia 23 de junho de 1997, sob o título Mapas e Mapeamento na Era da Informação disse: "que o argumento central de seu trabalho é o de que tanto mapeamento, como um processo e o mapa, ambos em termos de concentração e produto estão cada vez mais inseridos na era da informação e que foram transformados pela mesma. Estes fatos não requerer mudanças no pensamento dos cartógrafos que deverão estar bem atentos às oportunidades que a disciplina e a profissão oferecem".

Isto exige imaginação, previsão e esforço se as oportunidades surgem. Nós temos que remover o limite da tecnologia, normativa e formalística na aproximação da cartografia, para que ela tenha um acesso holístico, onde ambos, o mapeamento como um processo e o mapa como produção cresçam. O que eu chamo de *Cybercartography* (cartografia cibernética ou cibercartografia), será interativa, multimídia ...”.

O Chefe da Delegação Brasileira na ocasião era o tenente coronel engenheiro cartógrafo Nei Erling, na qualidade de Presidente da Sociedade Brasileira de Cartografia e Diretor do Instituto de Cartografia Aeronáutica - ICA.

Pode-se concluir que o pleno estabelecimento da Cartografia Cibernética ou Cibercartografia até o ano 2000, fará com que a ciência cartográfica e/ou cartografia tenha completado mais um ciclo, que começou quando o alemão, natural de Mainz, Johannes Gutenberg (1397 - 1468), inventou a imprensa e seu primeiro livro impresso foi a Bíblia; pois fazer mapas e saber interpretá-los são expressões da habilidade do Homem em perceber o espaço em que vive. Os Mapas contem as interrelações das necessidades humanas em compreender as diferentes superfícies do planeta Terra.

#### Agradecimentos

Pr. Nilson do Amaral Fanini - ABM/PIB Niterói  
Min. Ten. Brig. Sérgio Xavier Ferolla - STM  
Min. Alte Esq. Mário César Florês - M. Mar./SAE  
Prof. Dr. Milan Konecny - ICA/ACI  
Dra. Eva Svandova - ICA/ACI  
Dr. João Manuel Agria Torres - IPCC  
Brig. José Esteves de Amorim - M. Aer/HCA  
C. Alte. (FN) Moacyr Monteiro Baptista - M. Mar./D.A.  
Cel. Hermano Orlando Costa Sampaio - M. Aer.  
Comte. Wanderley Nunes - M. Mar/DHN  
Cap. Heloisa Alves da Silva - M. Aer./HCA  
Prof. Reynaldo Gomes da Motta - UFF  
Adm. Jorge de Carvalho - PIB Andaraí  
Cap. Maria Victória - M. Aer/HCA  
Eng. Cart. Célio Magalhães - CIT  
Eng. Cart. Marco Antônio Portugal - CIT  
Profª. Sylvia M. de Lucena Cunha - ADESG  
Geol. Elizabeth Mascarenhas de Mattos - ABEA

Enga. Eletric. Regina Moniz Ribeiro - ABEA  
Bibliot. Maria das Graças B. Brandão - IBGE/ENCE

#### Bibliografia

ABECIAN, Juan; D'ALVIA, Antonio; GARRA, Ana M.; MORETTI, Cristina J.; KOHEN, Mario; REY, Carmen (1997) Dynamization of mapping teaching in the present argentine school. Stockholm. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE, 18, *Proceedings*. ICA/ACI. Volm.4:2068-75. June.

ANDRÉ, Albert (1986) *L'expression graphique: cartes et diagrammes*. Paris. Masson.

BAKKER, Múcio P.R. (1965) *Cartografia - noções básicas*. Rio de Janeiro. DHN, Min. Mar. 242p. il.

BOS, E.S. (1982) *Another approach to the identity of cartography*. Enschede. ITC Journal. 1:20-8.

FEROLLA, Sérgio X. (1997) *A participação da indústria nacional no SIVAM - Breve análise*. Brasília/Rio de Janeiro. O Jornal do Brasil e O Farol.

FRITSCH, Dieter (1990) Digital cartography as bases of cartographic information system. In: EURO CARTO CONFERENCE, 8, Palma de Mallorca, *Libro de Comunicaciones*. ICA/ACI/Servicio Geográfico del Ejército, 10p. Aril.

GAGNON, P. & COLEMAN, D.J. (1990) Geomatics an integrated, systemic approach to meet the needs for spatial information.. *CISM Journal*. 44(4):377-82.

ICA NEWS/NOUVELLES DE L'ACI (1996) *Novas definições da Resolução da ICA/ACI da 10ª Assembléia Geral, em Barcelona, Espanha*. Nº26, Summer/Été.

JOLY, F. (1990) *A cartografia*. Campinas. Papirus.

LEIVA, J.I.G. (1984) Cartographic trends. Chile. *Revista de geografia Norte Grande*. 11:3-15.

- MOURA FILHO, José (1993) *Elementos de cartografia: técnica e história*. Belém. Falngola. 306p.
- MOELLERING et al (1986) The encoding of cartographic objects using HBDS concepts. In: AUTO CARTO LONDON. London. *Proceedings*. ICA/ACI.
- MORRISON, Joel L. (1987) Cartographic data manipulation in the computer age. In: EURO CARTO CONFERENCE.6. Brno. *Proceedings*. ICA/ACI/J.E. Purkyně University. pp. 11-9. April.
- NYERGES, T.L. (1980) Representing spatial properties in cartographic data bases. *Technical Papers*. ACSM. 40th Annual Meeting.
- OLIVEIRA, Cêurio de (1993) *Dicionário cartográfico*. Rio de Janeiro. IBGE. 4ª ed. 646p. il.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO (ISO) (1994) Comitê sobre informação geográfica. *IC:1 Newsletter*. 24:8. October.
- SILVA, Eliane A. da (1991 a ) Cartografia é ciência e arte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. São Paulo. 15. *Anais*. SBC/USP. volm.3:469-73. Jul/Ago.
- SILVA, Eliane A. da (1991 b) Cartografia e ecologia - o estudo de zonas críticas de alterações do meio ambiente a nível global. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. São Paulo. 15. *Anais*. SBC USP. volm2:363-72. Jul/Ago.
- SILVA, Eliane A. da (1994 a) *A Amazônia na conjuntura mundial*. Rio de Janeiro. Escola Superior de Guerra. TE-94. DAM. Tema C-18. 109p.
- SILVA, Eliane A. da (1994 b) A Amazônia na mira do Radar. Curitiba. *Fator - GIS - A Revista do Geoprocessamento*. 2(6):10-1. Jul/Set.
- SILVA, Eliane A. da (1995) Alternativas cartográficas na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. Salvador. 17. *Anais* SBC. Ago.
- SILVA, Eliane A. da (1996 a) Cartographic Alternatives in the Amazon. Vienna. In: ISPRS - INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING. Vol. XXXI. Part B2. ISPRS Commission II. pp. 9-14. July.
- SILVA, Eliane A. da (1996 b) Alternativas cartográficas na Amazônia. Lisboa. *Revista Cartografia e Cadastro-IPCC*. 5:51-8. Dez.
- SILVA, Eliane A. da (1996 c) Alternativas cartográficas na Amazônia. Rio de Janeiro. *Jornal do Clube de Engenharia*. 34 (337):13. Nov.
- SILVA, Eliane A. da (1997 a) Cartographic alternatives in the Amazon. Stockholm. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE. 18. *Proceedings*. ICA/ACI. Volm .3:1743-50. June.
- SILVA, Eliane A. da (1997 b) Cartography and remote sensing in the Amazon - The SIVAM Project. Stockholm. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE. 18. *The Commission Meeting From Space Imagery*. ICA/ACI. 10pp. June.
- TAYLOR, D.F.R. (1987) The art and science of cartography: the development of cartography and cartography for development. Ottawa/Ontario. *The Canadian Surveyor*. 41(3):359-72.
- TAYLOR, D.F.R. (1991) *Geographic information systems: the microcomputer and modern cartography*. Pergamon Press.
- TAYLOR, D.F.R. (1997) Opening Ceremony: Keynote Address - Maps and mapping in the information era. Stockholm. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE. 18. *Proceedings*. ICA/ACI. Volm. 1:1-10. June

# QUALIDADE DA BASE CARTOGRÁFICA PARA O CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO

**Francisco Henrique de Oliveira - Doutorando**  
**Carlos Loch - Orientador**

**Universidade Federal de Santa Catarina**

Curso de Doutorado em Eng. de Produção  
Campus Universitário - Caixa Postal 476  
Cep 88040900 - Florianópolis - SC  
Fax (048) 2319770 / Fone (048) 3317049  
E-mail: ecv3fho@ecv.ufsc.br

## RESUMO

Neste trabalho analisa-se, primeiramente, a qualidade planimétrica de uma base cartográfica, confeccionada por uma empresa de aerolevantamentos, que foi gerada na escala 1:5.000, com pontos de apoio tirados das cartas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000. Esta base cartográfica foi utilizada como dado de entrada em um software de processamento digital de imagens (ERDAS v. 7.5), visando a melhoria na qualidade geométrica, através dos recursos de georreferenciamento e ajustamento do software. Estes processos foram explorados, utilizando-se pontos de apoio levantados na área de estudo - Município de Cocal do Sul, com o equipamento GPS-geodésico (Global Positioning System). Para o desenvolvimento dessa pesquisa, houve a necessidade de confeccionar, paralelamente, um produto cartográfico confiável da área de estudo, seguindo as normas cartográficas para que este pudesse ser utilizado como fator de comparação com as outras duas bases cartográficas (base inicial e base reamostrada no software). O trabalho também faz um questionamento a metodologia que foi utilizada para geração do produto cartográfico de baixa qualidade e sua respectiva aplicação ao Cadastro Técnico Multifinalitário, confrontando-a com a metodologia empregada na confecção da nova base cartográfica utilizando o processo aerofotogramétrico correto. Por fim, foram classificados os dois produtos em função da base cartográfica confiável e, estudada a viabilidade da sua aplicação metodológica na melhoria geométrica de bases cartográficas ao CTMR, através do uso do software de processamento digital de imagens, ERDAS.

## ABSTRACT

In this work firstly is analysed the quality of cartographic base planimetric, that was making by airsurveying and produced it in 1: 5000 scale, with ground points getting by topographic maps of IBGE, in scale 1:50000. This cartographic base was used like an input on digital images processing software (ERDAS v. 7.5), aiming the best geometric quality, through georeferencing and ajustment made by the software. These processes was explored, using ground points surveying on study area - Cocal do Sul - town, with the equipment - GPS - Global Positioning System. By the developing of this research, there was a necessity to make another cartographic product much more trust on this area, following the cartographic rules for to use in compare with two others cartographics bases (initial base and resample base by software). This work too make a question about the methodology that was used to produce cartographic product without anyone inquiring to respect it geometric quality and it application on Multipurpose Technical Cadastre, confront it with the methodology that was used to make a new cartographic base through airphotogrametric process using ground point getting by GPS. At their geometric confiability and, studied their methodologic application for improve others cartographic bases to CTMR, through using software digital image processing, ERDAS.

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo como princípio alcançar uma solução que diminua custos na produção cartográfica e otimize tarefas, este trabalho foi concebido, primeiro para avaliar a qualidade geométrica de um produto cartográfico lançado por uma empresa de aerolevanteamento, e em segundo, para sugerir a utilização de um software de processamento digital de imagens em plataforma PC (*personal computer*), como ferramenta alternativa na sua melhoria.

Aliado a este processo, lançou-se mão das últimas tecnologias para a geração de pontos de controle terrestre, qual seja o GPS (*Global Positioning System*) Geodésico, bem como softwares de aerotriangulação reconhecidos no mercado nacional e internacional. O procedimento utilizado para a melhoria da qualidade geométrica do produto cartográfico ficou atrelado aos recursos de funções de georeferenciamento e ajustamento de imagens, através de rotinas específicas do software Erdas 7.5.

Paralelamente ao trabalho desenvolvido com o software de processamento digital de imagens, foi gerado um produto cartográfico confiável, em que toda a legislação cartográfica foi obedecida para que este pudesse ser um fator de comparação e de análise do desempenho do software.

Para garantir a precisão cartográfica pelos dois métodos, exigiu-se que o ajustamento da aerotriangulação e o georeferenciamento, tanto no software Erdas como no processo convencional, estivesse na precisão cartográfica da carta 1:5000 que foi a saída proposta.

Considerando a íntima correlação entre Cadastro e Cartografia, o trabalho teve como maior intuito resgatar a importância necessária à confecção de uma base cartográfica, observando que depois de gerada esta base, ela deve atender aos padrões de exatidão cartográfica, uma vez que é a pedra fundamental de qualquer operação a ser realizada no planejamento físico-territorial, servindo como ferramenta à aplicação do Cadastro Técnico em determinado Município.

Assim, o Cadastro Técnico Multifinalitário, deve ser entendido como um sistema de registro da propriedade imobiliária, feito de forma geométrica sobre uma base cartográfica confiável e descritiva, constituindo-se desta forma, o veículo mais ágil e completo para a parametrização dos modelos explorados de planejamento, sempre respaldados quanto a estruturação e funcionalidade. É imprescindível que as informações sejam posicionadas espacialmente sobre a

superfície terrestre global da área de interesse (Blachut, 1974).

## 2. JUSTIFICATIVA

Segundo Galo e Camargo (1994), o controle da qualidade de um produto cartográfico é uma fase extremamente importante, no entanto poucas vezes realizado no Brasil. Uma parcela de culpa pode ser atribuída ao próprio produtor do mapa, outra aos usuários e contratantes destes produtos e a última ao processo de fiscalização.

Considerando o exposto anteriormente, a metodologia apresentada neste projeto visa atender às necessidades específicas de diversos usuários da cartografia para o planejamento físico territorial, embasado em princípios do Cadastro Técnico Multifinalitário Rural (CTMR), dentre os quais Prefeituras Municipais, instituições de pesquisa, contratantes de mapeamento, órgãos responsáveis pela elaboração de produtos cartográficos.

Analisando os produtos cartográficos que o Brasil dispõe, percebe-se com extrema facilidade que a quantidade de informações cartográficas em escalas diferentes em todo o território nacional é insuficiente para se planejar o espaço físico, diagnosticar o meio ambiente e implantar um Cadastro Técnico Multifinalitário Rural.

Enfim, a necessidade, de dispor-se de dados cartográficos que possuam uma qualidade cartográfica compatível com sua escala, para que haja confiabilidade na extração das informações que compõem uma base cartográfica, motivaram o desenvolvimento deste trabalho.

## 3. METODOLOGIA

O processo metodológico para o desenvolvimento deste trabalho está estruturado na comparação entre dois métodos para obtenção de uma base cartográfica geometricamente confiável. No primeiro processo, a base cartográfica é desenvolvida pelo método fotogramétrico convencional; já no segundo, uma base cartográfica gerada em grande escala, com pontos de apoio definidos em pequena escala, é trabalhada no módulo de correção geométrica do software ERDAS.

Portanto, a descrição da metodologia empregada é dividida em quatro etapas: a primeira refere-se a determinação dos pontos de apoio levantados a campo, que são utilizados em ambos os métodos, na segunda etapa, descreve-se o processo fotogramétrico convencional de forma sucinta, pois foge ao escopo deste trabalho, na terceira etapa sugere-se uma

metodologia para melhoramento das informações cartográficas utilizando aplicativos de outros softwares que permitam a correção geométrica (neste caso o software utilizado foi o ERDAS v. 7.5), e por fim, na quarta etapa são analisados os produtos cartográficos por meio de testes estatísticos. Esta sucessão de etapas é melhor compreendida na figura 1, apresentada no final deste trabalho.

### 3.1. Descrição das etapas

#### 3.1.1 - Etapa 1 (E<sub>1</sub>) = planejamento, aquisição e processamento dos dados levantados com GPS.

No planejamento deste levantamento foram definidos doze pontos de apoio terrestre, sendo estes geometricamente bem distribuídos no interior da microbacia do Rio Cocal do Sul. Os pontos estavam localizados em lugares de fácil acesso, sendo que todos eles encontravam-se nos entroncamentos da rede viária, possibilitando, posteriormente, uma boa identificação nos diapositivos.

Para realizar a conversão dos dados foi utilizado o software Geodésia, que foi doado pelo Centro de Cartografia Automatizada do Exército (CCAUEX - Brasília) ao Grupo de Trabalho em Cadastro Técnico da Universidade Federal de Santa Catarina (GTCadastro).

Utilizando-se deste software, foi possível realizar a transformação das coordenadas geodésicas em UTM, uma vez que para a realização da triangulação; os dados de entrada, obrigatoriamente, precisavam estar padronizados no formato UTM. Veja tabela 1.

TABELA 1 - TRANSFORMAÇÃO ENTRE SISTEMAS

Ptos	UTM no Sistema WGS - 84		UTM no Sistema SAD - 69	
	Coordenada E	Coordenada N	Coordenada E	Coordenada N
100	663090.0323	6834219.9607	663139.2629	6834264.0946
101	664023.5512	6835892.1392	664072.7859	6835936.2756
102	662560.3581	6835334.0381	662609.5884	6835378.1781
103	661349.0413	6836598.4232	661398.2752	6836642.5607
104	661323.3988	6837943.5797	661372.6333	6837987.7104
105	662379.5978	6838907.2006	662428.8294	6838951.3309
106	660097.2312	6838808.6231	660146.4636	6838852.7618
107	659843.5045	6837979.1960	659892.7367	6838023.3209
108	658161.1157	6837553.2563	658210.3473	6837597.3860
109	656352.8528	6834735.5037	656402.0841	6834779.6300
110	657837.2130	6835125.2078	657886.4432	6832169.3416
111	657839.8717	6834475.3834	657889.1046	6834519.5148
112	659350.1769	6833511.3945	659399.4088	6833555.5283

#### 3.1.2 - Etapa 2 (E<sub>2</sub>) = processo aerofotogramétrico convencional para geração do produto cartográfico confiável, que será utilizado como parâmetro de comparação com as outras bases cartográficas.

Para execução desta etapa foram seguidos os passos conforme os itens abaixo relacionados.

- Definição e transporte das fotocoordenadas nos diapositivos** - esta identificação (regiões planas) permitiu, posteriormente, ao operador do restituidor uma rápida e fácil leitura desses pontos, além de permitir a realização hábil e ágil do transporte dessas coordenadas entre diapositivos e faixas. O número de pontos fotogramétricos definidos foi de nove por modelo. Dessa forma, manteve-se um rigor geométrico e, conseqüentemente, uma melhoria na qualidade no produto cartográfico final, que serviu como fator de comparação entre as duas outras bases cartográficas.
- Identificação e leitura dos pontos de apoio** - seguindo um cuidadoso processo de identificação descrito no item anterior, foram utilizados 12 pontos de apoio para a área de trabalho. Sua identificação na escala de vôo foi de difícil visualização, pois não havia nas fotos riqueza de detalhes bem definidos (escala 1:18.000).
- Pugagem das fotocoordenadas** - este trabalho foi realizado com o Wild PUG5 da Wild Leitz, que permitiu perfurar os diapositivos definindo pontos com acuracidade, possuindo diâmetro entre 19µm a 112µm conforme escolhido pelo operador.
- Leitura das fotocoordenadas no aparelho** - o aparelho utilizado para esta etapa foi um restituidor analítico BC3 da Wild Leitz. Seu software trabalha sobre plataforma UNIX e os dados são todos guardados em meio magnético. Todas as coordenadas apresentaram erros de leitura na casa micrométrica.
- Aerotriangulação analítica e ajustamento das faixas e bloco** - utilizou-se nesta etapa o software AEROTRI - gentilmente cedido pela empresa Geokosmos de Curitiba. Este software é composto por um pacote de programas que realiza o ajuste por mínimos quadrados de blocos de aerotriangulação, através do método BUNDLE, em ambiente windows.
- Restituição analítica** - as feições restituídas foram as mínimas necessárias, consideradas pelo autor como componentes de uma base cartográfica planimétrica para a área de pesquisa, ou seja, o grid UTM, com as coordenadas geodésicas de canto, a rede viária, a rede hidrográfica e duas linhas de alta tensão.
- Edição do produto final** - nesta etapa foi possível a utilização de recursos do software CAD (Microstation v. 5.0). Os *layers* que formaram o produto final foram: malha viária, grid UTM, rede

de drenagem, linhas de alta tensão, informações da legenda, contorno da microbacia.

### 3.1.3 - Etapa 3 (E<sub>3</sub>) = metodologia sugerida para melhoramento da qualidade geométrica do produto cartográfico, utilizando um software de processamento digital de imagens.

A base cartográfica que serviu como *input* no software GIS - ERDAS v.7.5, foi gerada na escala 1:5.000, com pontos de apoio tirados das cartas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000, o que acarretou em um produto final com um erro intrínseco da menor escala.

Os processos seguintes para efetivar a reamostragem e a conseqüente correção geométrica foram:

a) **Montagem do arquivo com os pontos de controle (GCP) - Ground Control Points** - o comando GCP foi o primeiro passo para realizar o processo de registro ou retificação da imagem. A qualidade da correlação das coordenadas, dependeu da acuracidade do operador em identificá-las e do recurso do software ERDAS, que através de um processo iterativo de correlação das coordenadas, permitiu ao operador refinar a identificação dos pontos de controle e seu homólogo, sendo estipulado o limiar de 1 metro.

#### b) Escolha do grau do polinômio e análise do erro médio quadrático:

A equação polinomial que foi utilizada converteu as coordenadas de origem em coordenadas retificadas.

No relatório fornecido pelo software pode ser observado que o próprio sistema ERDAS fez uma pré-seleção, mediante a definição da tolerância (RMS - *Root Mean Square*) admitida para atender a qualidade das coordenadas dos pontos de controle, em relação as mesmas lidas na imagem pelo display do vídeo. Para os casos em que as coordenadas excederam o limiar pré-definido (1m) em discrepância, automaticamente, o software eliminou-as e reestruturou os dados, para realizar a retificação, através de um processo de refinamento, que consistiu na releitura dessas coordenadas.

c) **Retificação da imagem:** este processo foi utilizado porque a imagem já se encontrava georeferenciada, portanto já havia um sistema de coordenadas definido. Dessa forma, a retificação ou registro foi realizado criando-se um arquivo de saída, sendo que durante o processo de retificação o *grid* definido como sistema de referência não coincidiu com o *grid* dos pixels da matriz de entrada, então por meio de uma transformação geométrica e posterior sobreposição entre as duas imagens foi realizado o processo de reamostragem.

### 3.1.4 - Etapa 4 (E<sub>4</sub>) = análises estatísticas aplicadas nos produtos cartográficos, para dimensionar suas qualidades e suas respectivas aplicações ao Cadastro Técnico Multifinalitário.

As análises estatísticas empregadas entre o produto cartográfico confiável (base cartográfica gerada através do processo aerofotogramétrico convencional) e o produto cartográfico reamostrado no software ERDAS v. 7.5, bem como o produto cartográfico convencional e a imagem original (imagem gerada na escala 1:5000 com pontos de apoio tirados da escala 1:50.000), foram: teste de tendência, teste de precisão e análise do erro máximo.

Todos estes testes estatísticos foram aplicados nas bases cartográficas fundamentados nas recomendações de Merchant (1982), o qual sugere um número mínimo de 20 pontos para se chegar a um resultado satisfatório. Entretanto, para maior segurança nos resultados optou-se por 30 pontos de controle bem distribuídos por toda a área.

Depois de aplicados todos os testes estatísticos e estando de acordo com a legislação cartográfica (PEC), foi definida a acuracidade de cada produto e sua respectiva classificação, para que estes pudessem ser empregados ao Cadastro Técnico Multifinalitário Rural.

## 4. ANÁLISES

- Os dados rastreados com GPS tornaram-se fundamentais na realização deste trabalho, pois através deles foi possível:
  - a) gerar um novo produto de melhor qualidade, utilizando o processo aerofotogramétrico convencional, considerando a precisão necessária à escala de restituição;
  - b) classificar a base cartográfica (segundo a legislação do PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica), que foi confeccionada a partir de pontos de apoio extraídos de mapas em escala menor, neste caso as cartas do IBGE na escala 1:50.000;
  - c) gerar uma nova base cartográfica com melhor qualidade geométrica através da utilização do software de processamento digital de imagens, ERDAS v. 7.5.
- O resultado adquirido com o ajustamento dos pontos de controle através do Método Bundle é apresentado na tabela 2, utilizando-se o software de aerotriangulação AEROTRI. No processo de coincidência entre as coordenadas lidas nos

diapositivos e coordenadas adquiridas a campo (pontos homólogos), considerou-se uma tolerância de aproximadamente 1 metro.

TABELA 2 - RESÍDUO DOS PONTOS DE CONTROLE NA AEROTRIANGULAÇÃO

Ponto	VX (m)	VY (m)	VZ (m)	VH (m)
HV10109				- 0.009
HV10111				- 0.050
HV10108	0.021	0.049	0.027	
HV10112	0.004	- 0.056	0.024	
HV10103				0.011
HV10106				0.023
HV10102				0.040
HV10104				0.010
HV10105	0.057	- 0.011	- 0.062	
HV10101				- 0.033
HV12481	- 0.082	0.018	0.019	

- Através de um processo iterativo foi realizado a correlação entre os pontos de apoio levantados a campo e seus homólogos na imagem reamostrada, este processo constou de seis iterações através dos recursos do software ERDAS no módulo de correção geométrica, seguindo essa metodologia até que as coordenadas atendessem a qualidade definida à priori (1 metro) e que satisfizessem a escala requerida.
- Depois de realizado o georeferenciamento, foram analisados os resultados apresentados, considerando fatores que pudessem melhorar ou prejudicar a qualidade do produto cartográfico. Essa análise só foi possível mediante a

confrontação de dados, nesse caso: coordenadas tomadas entre o produto restituído na Empresa de Aerolevante e a imagem reamostrada no ERDAS, bem como a confrontação de coordenadas entre o produto gerado na empresa, citado anteriormente, e o produto cartográfico antes de ser georeferenciado.

Cada produto cartográfico, ou seja, a imagem reamostrada e a imagem não reamostrada, foi avaliada e classificada em relação à precisão cartográfica de três formas diferentes, partindo-se de diferentes pontos de controle, conforme segue:

- primeiro foram pegos pontos de controle com distribuição aleatória dentro da microbacia do Rio Cocal, para se desenvolver os testes estatísticos. Esses pontos constaram de cruzamento entre rios, rio e estrada, estrada e estrada, linha de alta tensão e estrada ou ainda linha de alta tensão e rio;
- na segunda identificação foram considerados, como pontos de controle para se realizar a análise do produto cartográfico, somente as coordenadas dos pontos de apoio levantados a campo com GPS;
- na terceira análise realizada para se avaliar a qualidade dos produtos cartográficos, foram considerados os pontos de apoio levantados a campo somado às melhores coordenadas extraídas dos pontos definidos aleatoriamente. Uma análise global pode ser verificada na tabela 3.

TABELA 3 - TABELA RESUMIDA DAS ANÁLISES QUE FORAM REALIZADAS NAS IMAGENS REAMOSTRADA E NÃO REAMOSTRADA.

		Ptos. de checagem escolhidos aleatoriamente		Ptos. de checagem coincidentes com ptos. de apoio		Ptos. de checagem coincidentes com ptos. de apoio somados a alguns ptos. aleatórios	
		Imagem Reamostra	Imagem não Reamostrada	Imagem Reamostra	Imagem não Reamostrada	Imagem Reamostra	Imagem não Reamostrada
Tendenciosidade	E	tendenciosa	tendenciosa	livre de efeitos sistemáticos	tendenciosa	livre de efeitos sistemáticos	tendenciosa
	N	livre de efeitos sistemáticos	livre de efeitos sistemáticos	livre de efeitos sistemáticos	livre de efeitos sistemáticos	livre de efeitos sistemáticos	livre de efeitos sistemáticos
Teste de precisão	escala	1:110.000	1:112.000	1:5.700	1:12.000	1:5.000	1:11.000
	classe	C	C	C	C	C	C
Estimativa de erro (m)	E	27.7003202	105.753359	2.4798884	81.8846527	2.23555802	81.46961097
	N	13.6876624	15.9318151	2.3227302	4.38409062	2.03592164	2.867888751
Estimativa de Erro Total (m)		27.368911	106.946696	3.39778189	82.0019305	3.02368923	81.5200729

- Analisando o resultado da qualidade geométrica da imagem reamostrada, pode-se afirmar que mediante esta precisão, carta classe C na escala 1:5.000, atende perfeitamente as necessidades do Cadastro Técnico Multifinalitário Rural. Entretanto esta precisão não é atendida para o Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano, pois este usa escala maiores do que 1: 5.000.

Analisando a imagem gerada na empresa de aerolevantamentos na escala 1:5.000 com pontos de apoio tirados das cartas do IBGE na escala 1:50.000, pode-se afirmar que sua aplicação não é recomendada ao Cadastro, pois a escala sugerida ao Cadastro Rural é de aproximadamente 1:10.000, dessa forma como a precisão deve estar diretamente relacionada a escala da carta, esse produto não satisfaz às exigências de qualidade geométrica para os mapas que compõem o Cadastro Técnico Multifinalitário Rural.

Aplicando-se o mesmo raciocínio anterior para a área urbana, percebe-se com facilidade que a base cartográfica original (base com pontos de apoio tirados das cartas do IBGE, na escala 1:50.000) não é aplicável ao CTMU (Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano), pois sua escala não satisfaz em termos de qualidade geométrica, uma vez que a escala recomendada para o CTMU é 1:2.000.

## 5. CONCLUSÕES

Após a reamostragem da base cartográfica.

- primeiro foi analisado dois produtos cartográficos: a) reamostrado utilizando parâmetros de correção em um software e; b) gerado utilizando pontos de apoio em escala não adequada - esses dois produtos foram comparados a um terceiro produto que segue todas as recomendações cartográficas, portanto este último produto foi considerado como elemento de comparação;
- cada um dos produtos cartográficos acima citados (reamostrado e não reamostrado) foram analisados estatisticamente, considerando pontos de checagem em três situações distintas:
  - ⇒ escolhidos aleatoriamente;
  - ⇒ coincidentes com os pontos de apoio levantados a campo com GPS;
  - ⇒ coincidentes com os pontos de apoio levantados a campo via GPS somado aos melhores pontos que foram definidos geometricamente de forma aleatória.

Dessa forma, pode-se provar que dependendo da metodologia utilizada na avaliação de um produto cartográfico, pode-se chegar a bons resultados ou não. O fator determinante na escolha dos pontos da serem analisados e conseqüentemente influenciando na qualidade do resultado, fica delegado a subjetividade da pessoa que o faz.

Essa afirmativa fica clara e comprovada após a análise dos resultados obtidos na tabela 4 em função da tabela 3, em que os resultados apresentados após a aplicação do teste de precisão são determinados para um mesmo produto com uma grande variação na determinação da escala, conforme segue abaixo:

TABELA 4 - AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PTOS. DE CONTROLE EM FUNÇÃO DO TESTE DE PRECISÃO

	Teste de Precisão	
	Reamostrada	Não reamostrada
Ptos. De checagem aleatórios	1:110.000	1:112.000
Ptos. De checagem coincidindo com os pontos de apoio	1:5.700	1:12.000
Ptos. de checagem coincidindo com os pontos de apoio somados aos pontos de checagem aleatórios	1:5.000	1:11.000

Essa mesma discrepante variação foi determinada no cálculo da estimativa do erro total (ver tabela 5) para cada um dos produtos cartográficos, que foram analisados nas três formas diferenciadas, comprovando mais uma vez que a qualidade dos resultados é determinada pelo fator subjetividade (a escolha dos pontos a serem analisados) atribuído pela pessoa que efetiva os cálculos.

TABELA 5 - AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PTOS. DE CONTROLE EM FUNÇÃO DA ESTIMATIVA DO ERRO TOTAL

	Estimativa do Erro Total (m)	
	Reamostrada	Não reamostrada
Ptos. de checagem aleatórios	27.368911	106.946696
Ptos. de checagem coincidindo com os pontos de apoio	3.39778189	82.0019305
Ptos. de checagem coincidindo com os pontos de apoio somados aos pontos de checagem aleatórios	3.02368923	81.5200729

Com relação às bases cartográficas que foram manipuladas e analisadas, chegou-se as seguintes conclusões:

- a) base reamostrada com pontos de controle escolhidos aleatoriamente: atendeu a escala 1:110.000, não sendo recomendada sua utilização ao cadastro técnico, apresentando-se com erro médio total de 27.368911m;
- b) base não reamostrada com pontos de controle escolhidos aleatoriamente: como os pontos de

- apoio para geração deste documento são provenientes das cartas do IBGE em menor escala, fica clara a sua qualidade inferior;
- c) imagem reamostrada utilizando-se pontos de checagem coincidentes com pontos de apoio: o resultado deste trabalho mostrou-se muito melhor em relação aos pontos tomados aleatoriamente, com uma estimativa de erro médio total de 3.39778189m;
  - d) imagem não reamostrada com pontos de checagem coincidentes com os pontos de apoio: a melhora foi significativa, pois de uma classificação de 1:112.000 obteve-se uma classificação de 1:12.000, com uma estimativa de erro total de 82.0019305m, em função da tendenciosidade apresentada na coordenada E;
  - e) imagem reamostrada com pontos de checagem coincidentes com pontos de apoio somados a alguns pontos aleatórios: este produto cartográfico foi o que apresentou melhor qualidade geométrica, pois atendeu a escala 1:5.000 e as especificações do CTM, com erro médio total de 3.02368923m.
  - f) imagem reamostrada com pontos de checagem coincidentes com os pontos de apoio somados a alguns pontos aleatórios: este produto após as análises enquadrou-se na escala 1:11.000, entretanto, com um erro total de 81.5200729m, em virtude da grande tendenciosidade apresentada.
  - g) por fim, considerando a pior forma de análise, ou seja aquela em que foram tomados pontos aleatórios quaisquer - a base cartográfica após ter sido reamostrada, utilizando o software ERDAS e os pontos de apoio levantados à campo, apresentou um resultado satisfatório o qual se enquadra nas especificações das normas técnicas da Cartografia Nacional.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMAN, F. **Perspectiva do GPS cinemático para aerotriangulação**, in Revista Brasileira de Cartografia, SBC, n° 46/out. , 54-80, Tradução Placidino Fagundes, 1995.

ACKERMANN, F. **Instruction Manual** - For use of program PATM 43, for block adjustment with independent models, Stuttgart, Germany, jan-1983.

BÄHR, H.P. **Elementos básicos do cadastro territorial**, 1° Curso Intensivo de Fotogrametria e Fotointerpretação Aplicadas à Regularização Fundiária e 1° Curso Intensivo de Cadastro Técnico de Imóveis Rurais, Curitiba, 1982, 48p.

BLACHUT, T.J. **Cadastre as a basis of general land inventory of the country**, in: Cadastre: Functions, characteristics, techniques and the planning of a land record system. Canadá, National Council, 1974, 01-21p.

GALO, M., CAMARGO, P.O. **Utilização do GPS no controle da qualidade de cartas**, in: 1° CBCTM, Florianópolis, ago/1994, anais, 41-48 p.

GALO, M.; CAMARGO P.O. **Utilização de GPS no controle de qualidade de cartas**, in 1° Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Praia dos Ingleses, Florianópolis, 1995, Tomo II, 39-45p.

JORDAN, L.E. **Erdas Software overview: complete GIS and image processing**, in Encontro de Usuários (UGM), Atlanta, USA, 1995, 6p.

MERCHANT, D.C. **Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps**, Technical Paper of the America Congress on Surveying and Mapping, vol. 1, p.222-231, 1982.



**FUNCATE**

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais

Av. Dr. João Guilhermino, 429 - 11° Andar - Tel.: (012) 341-1399 - Fax: (012) 341-2829  
 Edifício Saint James - CEP 12.210-131 - São José dos Campos - Estado de São Paulo  
 Sócio Mantenedor - 1/0263

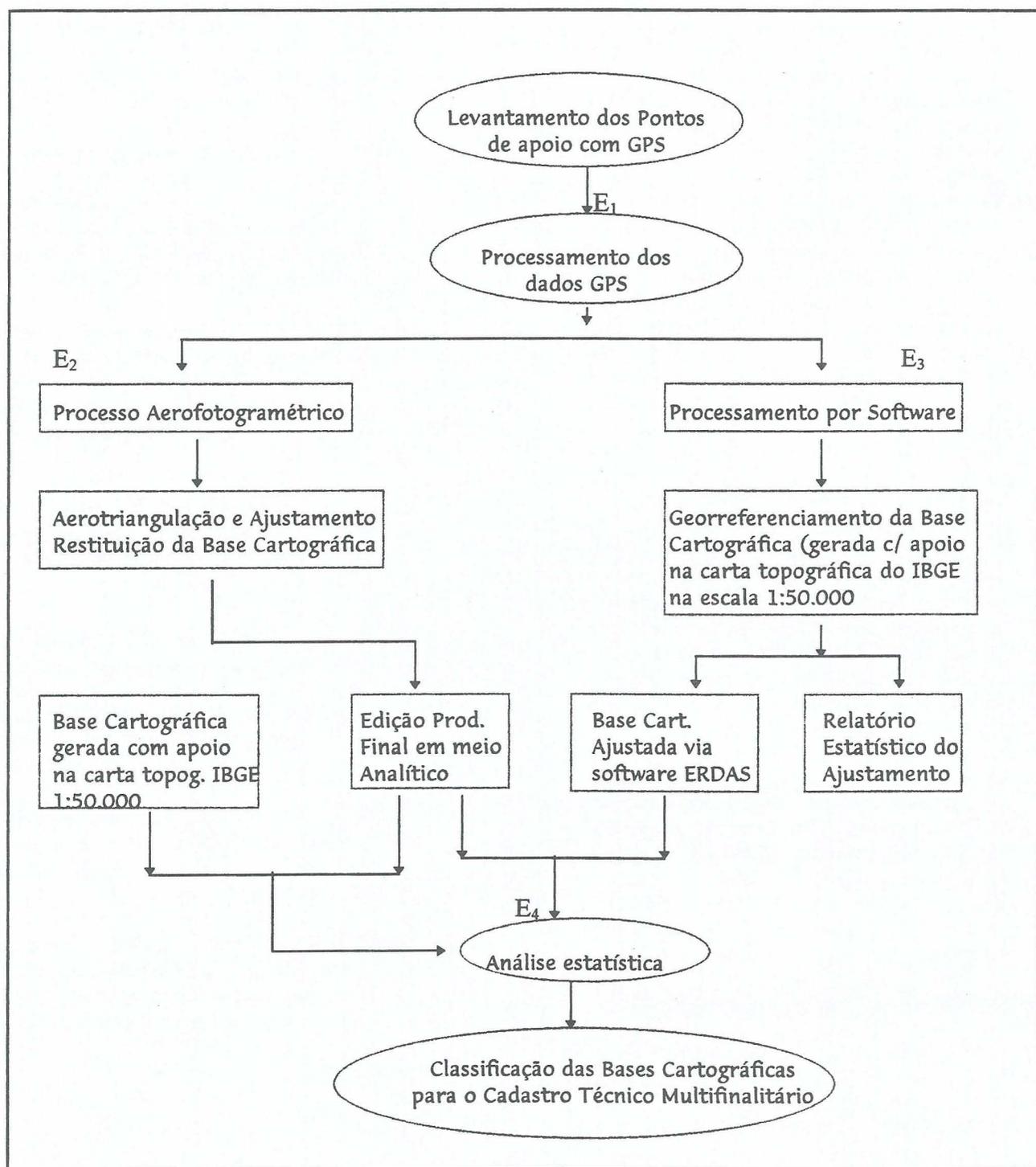


Figura 1 - Descrição da metodologia empregada

# Globalização e metodologias no uso do Geoprocessamento: estudos de casos de diferentes abordagens de análises espaciais

Ana Clara Mourão Moura

Departamento de Cartografia - Instituto de Geociências - UFMG

Rua Turibaté 199/601, cep 30.315-410, Belo Horizonte - MG

Fax.: (031) 499 5410 e-mail: anaclara@csr.ufmg.br

## RESUMO

Objetiva-se discutir, com base em referências de estudos de casos observados, as relações entre os novos caminhos no mapeamento temático, com os recursos dos Sistemas de Informações Geográficas, e as novas tendências que têm sido conhecidas como "pós-modernas". Observa-se uma grande valorização dos meios em detrimento dos fins e, principalmente, uma falta de preocupação na adaptação de metodologias de trabalho que realmente explorem as novas potencialidades existentes.

## ABSTRACT

This paper is to discuss, based on researches developed, the relation between the new tendencies on thematic mapping with the support of Geographic Information System, and the its relation with the tendencies from our time that are been called "post-modern". The spatial sciences have a spacial role nowadays, in which the tools and resources are presenting a great advance, making the GIS technology the foccus of the researchs that are been developed. However, we are observing a great valorization of tools and not always of the goals, and a lack of care with the methodologies adopted, and, mainly, a lack of knowledgment on scientific tendencies and a critical view on post-modern tendencies.

### Introdução

Pretende-se discutir, com base em estudos de casos realizados, a relação entre o pensamento que rege a composição do mapeamento temático com o uso do Geoprocessamento hoje e as tendências e desafios trazidos pelo novo pensamento mundial que tem sido conhecido como "pós-moderno".

As ciências espaciais encontram-se em uma fase em que os recursos disponíveis para as análises e interpretações apresentam grande avanço, tornando-se a tônica das pesquisas hoje realizadas. Contudo, observa-se a supervalorização dos meios em detrimento dos fins, e pouca preocupação com a metodologia de trabalho adotada e, principalmente, com a adequação do pensamento científico às tendências e exigências da era pós-moderna.

Foram realizados alguns estudos de caso, assim como acompanhados estudos desenvolvidos por outros profissionais e instituições, que organizaram coleção de mapas e montaram Sistemas Informativos Geográficos. Observou-se o uso de novas ferramentas, mas a aplicação de um pensamento já ultrapassado de visão estanque das variáveis, perdendo a oportunidade de dar um passo a mais na busca de correlações de variáveis para melhor caracterização da realidade espacial.

Coloca-se, ainda, como ponto de discussão, o poder da realidade virtual e sua influência na construção de uma

nova forma de percepção e relação homem/mundo. A construção de novas referências no processo de comunicação espacial.

### O conhecimento em Cartografia

O impressionante poder da comunicação e, mais especificamente, da informação, têm sido responsáveis por surpreendentes transformações neste século. Com o processo de globalização em amplo sentido - tanto no campo da economia como na definição de novas fronteiras - colocando a variável "espaço" como fundamental na nova percepção de mundo, a cartografia, como forma de representação da espacialização de fenômenos, assume um papel de grande importância entre muitas áreas do conhecimento científico. A representação de fenômenos espaciais é, hoje, ponto de partida para a tomada de decisões e definições de estratégias de ação em vários campos das que têm sido denominadas "ciências espaciais". Entre elas, podemos citar as engenharias, o urbanismo, a arquitetura, a biologia, geologia, geografia, economia, sociologia e, por que não, a medicina? Em nossa experiência com o trabalho em Cartografia no Instituto de Geociências da UFMG temos sido procurados por profissionais das mais diferentes áreas, inclusive médicos à procura de correlações entre dados espaciais, a ocorrência e a forma de manifestação de doenças. A variável "espaço" ocupa hoje posição de destaque nas abordagens científicas.

Em função da ênfase nas questões espaciais, o expressivo desenvolvimento da informática apresenta os recursos do Geoprocessamento, aplicado tanto na organização e elaboração de bancos de dados cartográficos e alfanuméricos (Cartografia Digital), como nos recursos básicos de interrelação entre esses os dados (Desktop Mapping), ou mesmo no estudo das relações topológicas (Sistemas de Informações Geográficas). Tendo em vista a expressiva gama de softwares hoje disponíveis no mercado, é importante conhecermos suas limitações e potencialidades, procurando classificá-los entre os três grupos aqui mencionados. A cartografia digital pode ser elaborada com os recursos de um CAD - Computer Added Design, já apresentando as vantagens do trabalho em níveis de informação, da construção de mapas em escala real (1:1) e da precisão que se pode obter da elaboração de mapas e cálculo de áreas. Avançando um pouco no caminho de um geoprocessamento completo, temos os recursos do "Desktop Mapping", também conhecido por "Computer Mapping", que apresentará a possibilidade de associação de dados cartográficos a alfanuméricos, assim como a geração de cartas temáticas básicas resultantes das consultas de informações no banco de dados. No "topo de linha" estão os SIGs- Sistemas de Informações Geográficas, apresentando os recursos existentes nos CADs, nos Desktop Mappings, e acrescentando a possibilidade de se trabalhar com relações topológicas, ou seja, mapeamento de informações espaciais resultantes de relações que vêm da matemática dos conjuntos (intercessão, união, vizinhança...). Apresentando um exemplo bastante simples do que vem a ser trabalhar com os recursos da relações topológicas, temos: em um mapeamento são representadas informações sobre uma mancha de expressiva cobertura vegetal e, além disto, sobre áreas de declividade acima de 30%, é possível elaborar um mapa temático que resulte da intercessão entre as manchas de cobertura vegetal e de declividades; pode-se dizer que o software apresenta recursos de "inteligência espacial", pois ele irá gerar novo elemento gráfico a partir dos já existentes.

É importante que o usuário saiba em que grupo suas ferramentas de trabalho se encaixam, assim como faça a devida escolha ao determinar os recursos que realmente serão necessários para seu mapeamento, tendo em vista os conceitos de planejamento sustentável. Desta forma, aconselha-se:

- O melhor software é aquele que o usuário domina e consegue explorar a maioria de seus recursos;
- Ao dimensionar uma compra, o usuário deve ter bastante clara qual a metodologia de trabalho e os objetivos no uso do geoprocessamento, para não correr o risco de supervalorizar os meios em detrimento dos fins;
- Hoje trabalha-se dentro dos conceitos de Planejamento Sustentável, ou seja: a adequação dos investimentos aos produtos a serem obtidos.

O Planejamento Sustentável, amplamente discutido no Brasil na ECO92, baseia-se em uma mudança na escala de atuação e no envolvimento da equipe em seu processo de trabalho. Em termos de metodologia de ação, em lugar dos "planejamentos" de larga escala, que em geral não têm todas as suas etapas devidamente cumpridas, tem-se a opção pela "gestão" dos trabalhos, ou seja, a uma maior flexibilização nas decisões, que devem ser moldadas de acordo com as mudanças no contexto e nas prioridades de ação. Dentro desta nova ótica, o usuários, suas expectativas, e reais necessidades, ganham nova luz, pois são valorizadas as ações espontâneas. O desenvolvimento sustentável prioriza a atuação em pequenas escalas, esperando os efeitos de irradiação dos resultados. As ações não são mais marcadas por planos de larga escala, que esperavam resolver os problemas de forma totalizante, mas caracterizam-se pela aplicação de projetos que atendam a escalas limitadas.

Superdimensionar as "possibilidades" de recursos, esperando estar dando um passo à frente no caminho do geoprocessamento nem sempre é a melhor solução, pois antes mesmo que o usuário consiga desenvolver metodologia inteligente de trabalho que usufrua de 10% dos recursos de um software, ele pode já estar saindo do mercado...

Destaca-se, portanto, que o principal passo na montagem de um sistema é o desenvolvimento de uma boa metodologia de organização e manipulação de dados espaciais.

### **O controle de precisão e confiabilidade de dados**

Antes dos recursos da Cartografia Digital, a cartografia usada em relatórios técnicos, dissertações e teses poderia ser caracterizada como "croquis", e não como mapas. Acreditava-se que, com o desenvolvimento da informática e ampla divulgação dos CADs, que conseguiríamos substituir os croquis por mapas realizados com mais critérios e, conseqüentemente, que as medições e cálculos poderiam estar apresentando alta confiabilidade.

Contudo, como já destacamos, de nada adianta contar com os recursos da tecnologia se não discutimos os métodos na elaboração dos produtos cartográficos. O que se observa é a utilização dos recursos de CAD na elaboração de "croquis" sobre dados espaciais. A maioria dos erros observados nos mapas que temos tido a oportunidade de analisar são os seguintes:

- A expressiva difusão do uso dos softwares de CAD e Geoprocessamento entre profissionais que não passaram por treinamento básico em Cartografia, Geodésia e Topografia;

- A falta de conhecimento sobre as limitações nas exatidões dos dados;
- A falta de fontes cartográficas atualizadas em escalas adequadas, ou mesmo em formato digital.

Inicialmente, observemos os currículos dos cursos de graduação, ou mesmo de pós-graduação, dos profissionais que hoje se envolvem com a análise de questões espaciais. Poucos são aqueles que foram instrumentalizados no uso da Cartografia, e que receberam informações que são fundamentais para que o mapa não seja visto como mero “desenho” ou “croqui”.

Na falta de informações, associada à falta de fontes de dados atualizados e confiáveis, são comuns problemas do tipo:

- Ampliação de fontes cartográficas;
- Falta de fontes cartográficas em escalas adequadas e em formato digital;
- Desinformação no uso de escala;
- Falta de conhecimento dos sistemas de coordenadas;
- Desconhecimento da Semiologia Gráfica;
- A visão em terceira e quarta dimensões;
- A falta de metodologia adequada para abordagem plural e correlações de variáveis;

### **A ampliação de fontes cartográficas**

Na falta de bases cartográficas, é comum empresas que desenvolvem consultorias em análises de dados espaciais mandarem ampliar (em copiadoras) mapas em escala menor (ex.: os mapas topográficos do IBGE, esc. 1:100.000), e naquele produto ampliado elaborar cartas temáticas, realizar cálculos de áreas, etc. (ex.: o produto já ampliado em escala 1:10.000). Ao utilizar esta metodologia de elaboração de dados, estão se esquecendo de um conceito muito importante: o PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica.

O PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica - estabelece um limite admissível de erro que um mapa pode apresentar. Em planimetria, ele é definido como 1 mm na escala do mapa, enquanto que em altimetria ele é definido como metade do valor da curva de nível. Por exemplo: Tendo um mapa em escala 1:100.000, 1 mm nesta escala corresponde a 100 m da realidade, logo, o mapa, ainda que elaborado com bastante cuidado, pode chegar a apresentar erro de até 100 metros! Do mesmo modo, um mapa em escala 1:10.000 pode chegar a ter erro de até 10 metros em planimetria. Já se um mapa apresenta curvas de nível com equidistância de 10 metros, o erro em altimetria pode chegar a até 5 metros, enquanto que um mapa com curvas de 50 em 50 metros pode apresentar erro altimétrico de até 25 metros !!

É claro que estes erros devem ser analisados segundo os objetivos e o grau de precisão esperados em um

trabalho. O que se questiona é, até que ponto, os usuários, ao elaborar em suas bases cartográficas e realizarem seus cálculos, têm consciência dos erros já embutidos no próprio mapa-fonte. As limitações aqui destacadas tornam-se ainda mais problemáticas quando o usuário, não satisfeito com a escala dos mapa-fonte, amplia o mesmo e passa a trabalhar em escala maior. Ao erro já existente no mapa original são então somados os erros resultantes da ampliação e, por mais cuidadoso que seja o desenhista, ele pode ainda cometer erro de 1 mm no desenho.

Um exemplo por nós analisado: em um diagnóstico ambiental da construção de uma barragem, foi lançada a linha do limite da área de inundação, adotando como fonte da base cartográfica um trecho de mapa topográfico do IBGE em escala 1:100.000. O consultor que organizou o mapa, ao escolher a fonte de dados cartográficos, deveria, inicialmente, decidir se um erro de 100 m seria admissível para o tipo de diagnóstico que ele se propunha a elaborar. Em seguida, o pesquisador ampliou, em copiadora, o mapa fonte para a escala de 1:10.000. O mapa foi ampliado 10 vezes e, com ele, o erro embutido dentro do padrão de exatidão cartográfica. Ao lançar a linha da área de inundação, foi embutido, mais uma vez, um erro mínimo de desenho, que se incorpora aos erros que já incidiam sobre o mapa. Ao final do processo, pergunta-se: o erro somado é inexpressivo dentro do contexto? Quando da elaboração dos processos de retirada de edificações na faixa de domínio, e conseqüente indenização, qual o grau de precisão esperado? Uma vez discutidas essas limitações com o consultor, foi abordada uma outra limitação no uso de produtos cartográficos no Brasil: a falta de fontes em escalas adequadas, assim como a falta de fontes em formato digital.

### **A falta de fontes cartográficas em escalas adequadas e em formato digital**

No momento em que o geoprocessamento traz os recursos da cartografia elaborada com alto grau de precisão para os escritórios, instituições e universidades, esbarramos, ainda, com limitações que estão diretamente ligadas à falta de recursos: a dificuldade em se obter produtos cartográficos atualizados, devido aos custos ainda significativos, assim como a quase inexistência de dados em formato digital. São raros os municípios que, mesmo dispondo de bancos de dados cartográficos em formato digital, os colocam de modo acessível a pesquisadores e usuários em geral, através da compra de produtos que não sejam em papel. O mais comum é termos que digitalizar ou escanear dados, somando aos erros do padrão de exatidão cartográfica já existentes aqueles resultantes de novo trabalho elaborado a partir da fonte em papel.

Em casos como o exemplo da definição de áreas de inundação, em que 500 metros são significativos no

lançamento de dados espaciais, a solução é contratar levantamento direto de campo, com o uso de estações totais e GPS, este último trabalhando com processo diferencial. São aumentados, desta forma, tempo e custos no uso de dados espaciais. Algumas vezes somos questionados se não estaríamos sendo preciosistas na exigência cartográfica, contra o que argumentamos que, o importante, é que os erros aqui discutidos sejam do conhecimento dos pesquisadores e devidamente registrados quando da descrição do processo metodológico adotado. O perigo está quando nem se tem consciência da existência dos erros, por falta de conhecimentos específicos da área de Cartografia. É fato que a variável "espaço" não pode mais ser dissociada de uma série de estudos nas mais diferentes áreas do saber, de modo que os profissionais devem ser instrumentalizados para manusear estes tipos de dados e adotarem nova metodologia de trabalho que realmente usufruam das potencialidades do geoprocessamento. Em alguns casos, o mapa continuará sendo trabalhado na forma e com o grau de imprecisão de croquis, mas quando a precisão for uma exigência, as metodologias de mapeamento devem ser melhor observadas.

### **A desinformação no uso da escala**

Notamos, em alguns mapas recebidos em formato digital que, em sua maioria, por pesquisadores da área de engenharia e urbanismo, vícios relativos ao conceito de escala. Em geral, os primeiros pesquisadores ou técnicos que se dispuseram a elaborar mapas em formato digital já apresentavam experiência em desenho de edificações, loteamentos, etc (desenho técnico) com o uso de CADs. Vinham, portanto, com referências metodológicas em que adotavam, sempre, o desenho em alguma escala específica: 1:1.000, 1:500, etc. Ao recebermos, portanto, alguns mapas em formato digital, tínhamos a surpresa de já recebê-los em alguma escala específica, e não no que consideramos o ideal: o mapa em escala real, em escala 1:1. Em cartografia digital o mapa deve ser sempre organizado em escala 1:1, independentemente da escala da fonte dados, e só nos preocupamos em definir algum fator de escala quando vamos realizar o "output" através da plotagem, em função do formato desejado para o mapa.

### **A falta de conhecimento dos sistemas de coordenadas**

Além de mapas já apresentados em escala diversa da 1:1, era muito comum a falta de preocupação em organizar dados de modo georreferenciado, ou seja, trabalhados dentro de algum sistema de coordenadas conhecido. Quando o produto digital é trabalhado de modo georreferenciado, você pode, tranqüilamente, somar dados, detalhar uma área, trabalhar com arquivos de referência que automaticamente se encaixam em suas corretas posições geográficas.

Um dos problemas mais comuns observados referem-se à falta de conhecimento das limitações do sistema UTM, hoje o preferido entre os sistemas de coordenadas planas. Muitos usuários de geoprocessamento não sabem que o sistema UTM se adequa a mapeamento de áreas não muito extensas, dentro dos limites de uma faixa de 6 graus, e que dentro desta faixa, determinada pelo Meridiano Central, serão usados como referências os valores de 10.000 km ou 10.000.000 m a partir do Equador, valor que diminui no sentido sul, e de 500.000 na posição do Meridiano Central, valor que aumenta no sentido leste. Desta forma, eu posso ter os mesmos valores x/y em diferentes posições no globo, caso esteja mapeamento em posições de Meridianos Centrais diferentes. No caso de elaboração de uma mapa de todo o estado de Minas Gerais, por exemplo, não seria possível usar o sistema UTM, uma vez que pelo Estado passam três meridianos (51, 45 e 39 graus).

### **Desconhecimento da Semiologia Gráfica**

Acreditando-se na Cartografia como veículo de comunicação de dados espaciais, torna-se essencial o coerente tratamento das informações gráficas, garantindo a correta interpretação dos dados. Um mapa deve ser construído, e não apenas desenhado, observando as propriedades inerentes à percepção visual.

Um mapa, ao representar a realidade, o faz através de modelos descritivos. Essa preocupação em trabalhar com um sistema de sinais, com a transcodificação do significado de cada sinal, gerou os estudos de uma linguagem gráfica proposta pela equipe do "Laboratoire de Graphique" da "École des Hautes Etudes en Sciences Sociales", com a coordenação do Prof. Jacques Bertin. Estudando a Teoria Geral dos Signos, desenvolveram a metodologia conhecida como Semiologia Gráfica.

Segundo BERTIN (1977): "*Como toda ciência, a Semiologia Gráfica desenvolveu-se a partir de dificuldades encontradas, e de constatações de fracassos. Crê-se, realmente, que o único erro cartográfico possível é trocar a posição geográfica. Esse erro é quase inexistente, exceto, infelizmente, entre aqueles milhares que confundem ainda cartografia e decoração... O erro mais corrente, e ainda o mais grave porque surge de más decisões, consiste em trocar não de posição, mas de característica, pois é trocar a representação de uma ordem de quantidades por uma não-ordem, ou por uma desordem, dando, assim, uma falsa imagem, o que quer dizer uma falsa informação.*"

Aplicar a Semiologia Gráfica é realizar a transcodificação da linguagem escrita para a linguagem gráfica, evitando "ruído" na comunicação, buscando signos que realmente representem as

características mapeadas. Com a expressiva difusão do geoprocessamento, foi deixada de lado uma preocupação fundamental em cartografia: ele tem a função de **comunicar**, e portanto, deve ter sua linguagem gráfica devidamente trabalhada.

### A visão em terceira e quarta dimensões

Certamente, um dos aspectos mais interessantes no uso da Cartografia Digital refere-se às potencialidades na representação dos dados que, cada vez mais, levam o usuário a formar boa imagem mental da área objeto de estudo. São os recursos de representação em terceira e quarta dimensões, os últimos também conhecidos como "realidade virtual". Isto traz, para o ensino da Cartografia, um novo desafio: o de alfabetizar não só no plano bidimensional, mas sim usar adequadamente os recursos hoje disponíveis.

Diz um conto que, certa vez, um pai faz a promessa ao filho de levá-lo para conhecer o mar. A promessa faz com que a criança passe a viver na expectativa do momento. Chegando ao local prometido, o filho, extasiado, faz o seguinte pedido ao pai: "*Pai, me ajuda a ver...*" Deste conto tiramos que, leituras que hoje nos parecem absolutamente diretas, podem necessitar de um processo de alfabetização da percepção e representação gráficas. O professor "*empresta o olhar*" ao aluno quando o ajuda a perceber as relações que irão conformar a visão da quarta dimensão.

Um dos pontos mais delicados no estudo da Geografia, e certamente um dos principais desafios da Cartografia, é fazer da representação espacial algo mais real. Os mapas são simplificações da realidade. Ao longo da história da Cartografia, é comum encontrarmos croquis nos quais os autores misturam elementos bidimensionais e tridimensionais, sempre na tentativa de retratar da melhor forma possível o meio ambiente. O caráter essencial da análise ambiental, o que distingue as ciências espaciais, está no fato de trabalhar com um vocabulário tridimensional que é percebido e vivenciado pelo homem.

Bruno ZEVI (1978) coloca que, para compreender o espaço, é preciso trabalhar com a quarta dimensão, a dimensão tempo. A dimensão tempo é percebida com o percorrer, o caminhar ao longo de um espaço e sua fruição por inúmeros pontos de vista, obtidos no deslocamento sucessivo do ângulo visual.

Contudo, é o mesmo autor que nos alerta para o fato de que "*existe um elemento físico e dinâmico na criação e apreensão da quarta dimensão com o próprio caminhar; é a diferença que existe entre fazer esporte e ver os outros que jogam, entre dançar e ver dançar, entre amar e ler romances de amor.... falta a sensação de liberdade que sentimos na experiência direta com o espaço.*"

### Por uma metodologia de visão plural e correlações de variáveis

A Cartografia Temática, objetivando a espacialização de variáveis, segundo TOMLIN (1990), não é uma técnica recente, mas tem sido empregada desde o início do século, aparecendo mais sistematicamente na bibliografia após os anos sessenta. O ato de mapear é um processo de síntese que retrata "o quê" e "onde" dentro das perguntas clássicas: "*Tal característica, onde está localizada?*" ou "*Em tal lugar, qual é a característica?*". Contudo, esta já conhecida metodologia foi, em muito, aprimorada a partir dos recursos de geoprocessamento, pois segundo TOMLIN (op.cit.:194) "*... descrições sobre o quê podem ser expressas em termos de observações-padrão, e medições podem ser acrescidas de interpretações mais detalhadas de como.*"

Acredita-se que, no momento atual, marcado pela consciência da importância de uma visão holística das questões espaciais, a Cartografia Temática assistida pelo Geoprocessamento apresenta-se como instrumento de grande potencialidade na caracterização de valores e elementos, na síntese de dados e na composição de perfis sobre os objetos analisados.

Com o pensamento pós-moderno, a realidade espacial passa a ser vista como um conjunto complexo de variáveis interrelacionadas, que em situações diferentes apresentam sistemas diferentes de correlações. Contra as verdades absolutas, o pós-modernismo privilegia a heterogeneidade, o pluralismo. Da cartografia, esta nova tendência exige o trabalho de análise e síntese de variáveis e o estudo de correlações das mesmas, procurando caracterizar os fenômenos espaciais.

Em muitos dos casos observados, os pesquisadores ainda utilizam muito pouco das potencialidades de análise topológica e correlação de variáveis, promovendo visão segmentada da realidade. Desta forma, o geoprocessamento tem apenas suas potencialidades enquanto CAD e enquanto Desktop Mapping exploradas. A grande potencialidade de um Sistema de Informações Geográficas está não somente na possibilidade de se produzir um inventário, mas sim de gerar novos dados.

A exploração dos recursos do Geoprocessamento deve caminhar no sentido da construção de análises mais complexas, resultantes dos estudos de correlações de variáveis, e não somente do mapeamento segmentado de diferentes variáveis, buscando o caráter dinâmico inerente às questões espaciais e envolvendo critérios múltiplos de interpretação.

Mais recentemente, o objetivo tem sido, ainda, o desafio de responder a questões como "*What if?*", de lidar com simulações, promovendo o "*Expert Geographic Information System*".

## Referências Bibliográficas

BERTIN, Jacques. La graphique et le traitement graphique de l'information. Paris, Flammarion, 1977. 277p.

LE SANN, Janine G. Documento cartográfico: considerações gerais. Revista Geografia e Ensino, Belo Horizonte, v. 1, n.3, pp.3-17, mar. 1983.

MARBLE, Duane, PEUQUET, Donna. Introductory readings in Geographic Information Systems. London: Taylor & Francis, 1990. 371 p.

MOURA, Ana Clara M. Cartografia Temática como meio de comunicação. Fator GIS, Curitiba, n.6., pp.25-27., jul/ago/set. 1994.

Estudo metodológico de aplicação da Cartografia Temática às análises urbanas. Belo Horizonte: UFMG, 1993. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 1993. 212 p.

TOMLIN, Dana. Geographic Information Systems and cartographic modeling. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. 1990. 249p.

ZEVI, Bruno. Saber ver a arquitetura. São Paulo, Martins Fontes, 1978.

Sisgraph Ltda

Rua Estados Unidos, 112/116

01427 000 São Paulo SP Brasil

Tel (011) 889.2000 Fax (011) 887 7763

[www.intergraph.com/brazil](http://www.intergraph.com/brazil)

Sócio Mantenedor - 1/0264



**MAPLAN**  
**AEROLEVANTAMENTOS S.A.**

*Avenida Paulino Müller, 845 Bairro Jucutuquara 29042 - 571 Vitória - ES*  
*Fone (027) 223-2188 Fax (027) 223-2092 e-mail: [maplan@tropical.com.br](mailto:maplan@tropical.com.br)*  
*Escritório: Rio de Janeiro Fone (021) 221-2364*

Sócio Mantenedor - 1/0206

# **METODOLOGIA PARA EDITORAÇÃO CARTOGRÁFICA DE MAPAS E CARTAS DO PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL - PLGB, EXECUTADO PELA COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM**

**José Henrique da Silva  
Manoel Leite de Sá  
Wilhelm P. de Freire Bernard  
Paulo Roberto Macedo Bastos  
Marilia S. Salinas do Rosário  
Maria Luiza Poucinho**

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM  
DIVISÃO DE CARTOGRAFIA - DICART**

Av. Pasteur, 404 - Urca - Rio de Janeiro - RJ, Cep - 22.290.240 - Tel: (021) 295-4147

## **RESUMO**

Para execução do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB em níveis de qualidade compatíveis com as perspectivas do Setor Mineral, a CPRM, reformulou seus procedimentos, técnicas e métodos na forma de editoração cartográfica das cartas temáticas de seus diversos programas.

## **ABSTRACT**

For de execution of the Brazil's Geological Basic Survey Program (PLGB) in quality levels compatible with the panorama of Mineral Field, CPRM restated its procedures, technic and method in a way of cartografic editorial of the thematic maps and its several programs.

### **1. METODOLOGIA**

#### **1.1 Setor de Planejamento cartográfico**

Este setor recebe todos os originais (material de compilação) remetidos pelo Departamento de Geologia da CPRM (DEGEO), oriundos das Superintendências Regionais e Residências da CPRM de diversas regiões do País, dando início aos trabalhos de Planejamento Cartográfico para execução da editoração de mapas e cartas em meio digital, destinados a plotagens ou impressão em off-set. Após análise e especificações o material é enviado ao Setor de Editoração Cartográfica.

#### **1.2 Setor de Editoração Cartográfica**

Ao receber o material cartográfico do Setor de Planejamento, inicia-se o processo de separação de cores dos mapas e cartas, obedecendo as seguintes etapas:

1.2.1- A primeira etapa dos serviços refere-se a base cartográfica, onde se realiza um check na reambulação da folha do mapeamento sistemático utilizada como base, feita por técnicos da CPRM, onde se executam o destaque (realces) dos elementos que deverão ser digitalizados, classificando-os por cores, que corresponderão aos níveis de digitalização ou seja: hidrografia, planimetria e topônimos, sobre cópias em poliéster, obtidas em prensa por contato, para que fique garantida a relação 1/1 das cópias.

1.2.2 - A segunda etapa refere-se ao tema. As folhas do PLGB, são compostas em sua maioria por três temas: Geologia, Metalogenia e Hidrogeologia. Os técnicos dão início a compatibilização do conteúdo do mapa/carta, versus legenda, verificam sua ligação com as folhas vizinhas e preparam os realces, ou seja, destaque dos elementos a serem digitalizados, que são feitos sobre cópias heliográficas em poliéster executadas em prensa

plana, visando garantir o registro das informações em fidelidade com o original do tema, que foi compilado sobre cópia da base cartográfica em material estável obtida pelo mesmo procedimento.

A quantidade desses realces será diretamente proporcional a complexidade do tema, ficando a preocupação que o técnico digitalizador, tenha essa informação com clareza, não sendo necessária a interrupção dos trabalhos pelo surgimento de dúvidas.

O texto relativo a legenda e dados marginais é executado no software Corel Draw versão 6.0 ou 7.0, que possibilitam trabalhar em formato A0. Essas informações são posicionadas em tela, tendo como "guia" o arquivo PLT da rede UTM/GEO, gerado a partir da digitalização da base cartográfica em ambiente MAXICAD.

Após o término desta etapa é feita a junção dos arquivos gerados em COREL DRAW e MAXICAD, através de programas desenvolvidos pela DICART, permitindo a plotagem completa do documento cartográfico. Durante todo o processo são procedidas diversas correções preliminares com as respectivas correções.

### 1.3 - Setor de Cartografia Digital

Neste setor é iniciado o processo de separação de cores com a digitalização da base e dos temas através do software MAXICAD. Utilizando-se os realces anteriormente preparados, a digitalização é feita em níveis, com chave de acesso, por possibilitar o seu uso no processo de separação de cores, originando fotolitos digitais possibilitando a destinação do produto final para impressão em off-set.

Cabe resaltar a importância da escolha correta do material que será utilizado para plotagem dos fotolitos. O mesmo deverá ser submetido a testes para verificação da sua resistência ao calor e a pressão, semelhantes ao que será submetido no instante de copiagem das informações para as chapas de off-set.

A digitalização dos dados em níveis e com chaves de acesso, como já foi dito, permite que os mesmos sejam utilizados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

## 2 - Considerações Gerais

A DICART desenvolveu um sistema próprio para confecção de fotolitos digitais, onde o processo de separação de cores, obtido anteriormente por processo clássico, (desenho das máscaras), com aplicação de retículas fotográficas em laboratório, (câmara escura), foi substituído por plotagem das áreas de cor nos seus diversos percentuais em tons de cinza, obtidos em ploter a jato de tinta.

Evitando-se o desenho convencional, colagem de textos e símbolos e pintura de máscaras para áreas de cor estaremos eliminando definitivamente os problemas de ajuste entre os diversos elementos de separação de cores

tão comuns até então e as etapas de geração de negativos, retoques e obtenção de fotolitos convencionais de demorado tempo de execução.

## 3 - Considerações Finais

Tendo em vista a tiragem do PLGB e demais Projetos Especiais (350 até 3.000 exemplares), através dessa metodologia de trabalho buscou-se dentro do Programa de Qualidade Total implantado na CPRM, um nível de produtividade mais acentuado através da redução do tempo de execução sem o sacrifício do padrão de qualidade exigido para publicação dos diversos temas multidisciplinares editados pela CPRM.

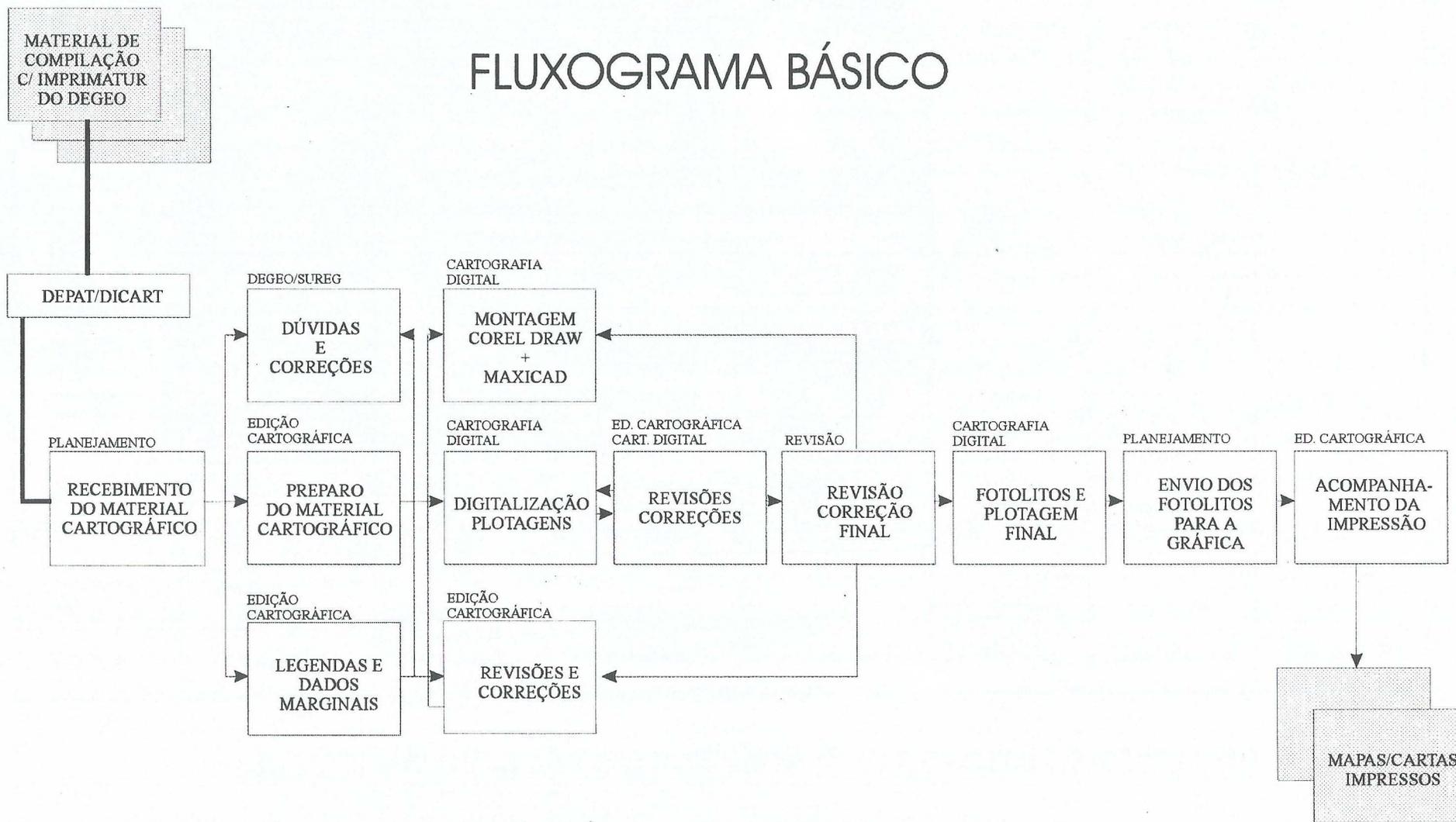
Por fim vale assinalar que com a utilização dos softwares combinados COREL DRAW e MAXICAD a aplicação do processo nos mostrou, através de cartas já publicadas ser extremamente satisfatório.

---

### Localidades onde foram realizados os Congressos Brasileiros de Cartografia:

- Salvador / BA - 1962
- Rio de Janeiro / RJ - 1965
- Recife / PE - 1967
- Belo Horizonte / MG - 1969
- Brasília / DF - 1971
- Rio de Janeiro / RJ - 1973
- São Paulo / SP - 1975
- Fortaleza / CE - 1977
- Curitiba / PR - 1979
- Brasília / DF - 1981
- Curitiba / PR - 1983
- Brasília / DF - 1985
- Brasília / DF - 1987
- Gramado / RS - 1989
- São Paulo / SP - 1991
- Rio de Janeiro / RJ - 1993
- Salvador / BA - 1995
- Rio de Janeiro / RJ - 1997

# FLUXOGRAMA BÁSICO



## DIVISÃO DE CARTOGRAFIA - DICART

### RESULTADOS OBTIDOS COM A ELABORAÇÃO DE FOTOLITOS DIGITAIS

SUREG	P	DESENHO	EDITORAÇÃO CARTOGRÁFICA DIGITALIZAÇÃO	LABORATÓRIO FOTOCARTOGRÁFICO			FOTOLITOS DIGITAIS	IMPRESSÃO OFF-SET
				NEGATIVOS	RETOQUES	FOTOLITOS		
ORIGINAIS DE COMPILAÇÃO		Elementos de separação de cores						
BASE	L	Rede-desenho	MAXICAD	Rede	Rede	<b>GEOLÓGICO</b>	<b>GEOLÓGICO</b>	CARTA
	A	Coordenadas-colagem	COREL	Coordenadas	Coordenadas			
	N	Hidrografia-desenho	MAXICAD	Hidrografia-traço	Hidrografia-traço			
	E	Hidrografia-colagem	MAXICAD	Hidrografia-nome	Hidrografia-nome			
	J	Planimetria-desenho	MAXICAD	Planimetria- traço	Planimetria- traço			
	M	Planimetria-colagem	MAXICAD	Planimetria-nome	Planimetria-nome			
CARTA GEOLOGICA	E	Massa d'água-desenho	MAXICAD	Massa d'água	Massa d'água	<b>GEOLÓGICO</b>	AZUL HIDROG. SÉPIA AMARELO MAGENTA CIANO	GEOLOG.
	A	Geologia-desenho	MAXICAD/COREL	Geologia	Geologia			
	M	Ocorr. Minerais, Afloramentos, Minas- colagem	MAXICAD	Ocorr. Minerais, Afloramentos, Minas	Ocorr. Minerais, Afloramentos, Minas			
	O	Simb. Pontual-colagem	MAXICAD	Simb. Pontual	Simb. Pontual			
	T	Ornamentos-colagem	AUTOCAD	Ornamentos	Ornamentos			
	O	Máscaras (+10)desenho	MAXICAD	Máscaras	Máscaras			
CARTA METALIGENÉTICA	E	Legendas-des./colagem	MAXICAD/COREL	Legendas	Legendas	<b>METALOG.</b>	<b>METALOG.</b>	CARTA
	N	Metalogenia-desenho	MAXICAD	Metalogenia-traço	Metalogenia-traço			
	O	Metalogenia-colagem	MAXICAD	Metalogenia-nome	Metalogenia-nome			
	T	Geoquímica-colagem	MAXICAD	Geoquímica-traço	Geoquímica-traço			
	O	Geoquímica-desenho	MAXICAD	Geoquímica- nome	Geoquímica- nome			
	T	Geofísica-desenho	MAXICAD/COREL	Geofísica- traço	Geofísica- traço			
	O	Geofísica-colagem	MAXICAD	Geofísica- nome	Geofísica- nome			
	O	Orn. Metalotectos- colagem	AUTOCAD	Orn. Metalotectos	Orn. Metalotectos			
O	Legendas	COREL	Legendas	Legendas				

   ETAPAS QUE DEIXARAM DE SER EFETUADAS

# Conjuntos Difusos em Processamento de Imagens Digitais

Édis Mafra Lapolli<sup>1,2</sup>  
Ricardo Miranda Barcia<sup>3</sup>  
Ana Maria Benciveni Franzoni<sup>1,4</sup>  
Lia Caetano Bastos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina  
Departamento de Engenharia Civil - CTC  
C.P.476 - Campus Universitário - Trindade -Florianópolis - SC  
CEP 88010-970  
ecv1eml@ecv.ufsc.br

<sup>2</sup> Université de Montpellier II  
Laboratoire d'informatique de robotique et de microelectronique de Montpellier - France

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Catarina  
Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas - CTC

<sup>4</sup> Universidade Estadual Paulista  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - CPGG

## RESUMO

Entre as aplicações de Sensoriamento Remoto, a classificação de imagens é uma das mais importantes, sendo utilizada, principalmente, para a elaboração de mapas de uso/cobertura do solo. Esses mapas representam informações geográficas e cada região é associada a uma determinada classe de uso/cobertura do solo (solo exposto, vegetação, etc). Assim, a maioria dos classificadores tem como meta a atribuição de cada pixel a uma classe. As informações geográficas, porém, não são precisas. Muito comumente, mais de uma classe está presente numa determinada área do terreno. A associação do pixel a uma única classe faz com que parte da informação disponível não seja considerada.

Neste trabalho, é proposta uma abordagem, baseada na teoria dos conjuntos difusos, para processamento de imagens digitais.

Os métodos convencionais de classificação de imagens revelam-se muitas vezes problemáticos, no que se refere aos limites das classes e à própria resposta espectral, dentro de uma mesma classe. Esses métodos atribuem cada pixel a somente uma determinada classe, ou seja a uma classe de cobertura do solo. Portanto, para os pixels que sejam representativos de cada uma das classes, não existem problemas, enquanto para pixels que representem as classes de uso do solo, ou seja, pixels com mais de uma classe espectral, podem ocorrer distorções, tanto no cálculo dos parâmetros representativos da classe como no próprio processo de classificação.

A introdução da teoria dos conjuntos difusos permite identificar os pixels bem representativos de cada classe, bem aqueles que apresentam misturas de classes.

## ABSTRACT

The utilization of the remote sensing technique for classifying images is one of the most for the building of land use / coverage maps. These maps represent geographic data and each area is related to an established land use / coverage category (uncovered soil , vegetation, etc.). Therefore, most of classifiers aim at relating a pixel to a single class. However, the data are not accurate. Commonly, more than a class are present at a given piece of land. The relation of a pixel to a single class can result in loss of part of the available data.

This paper approaches the theory of fuzzy sets as a way of processing digital images.

Traditional methods of image classification have often shown to be troublesome, especially with respect to the class limits and spectral responses inside a class. Such methods related each pixel to a single class, i.e., to a land coverage class. While there are no difficulties with pixels which represent a single class, pixels which present more than a spectral class may show distortions, either on the measurements of class characteristic parameters or on the classification process itself.

The introduction of fuzzy data allows to identify pure characteristic pixels as well as those which represent more than a single class.

## 1. INTRODUÇÃO

Os métodos convencionais de classificação de imagens revelam-se muitas vezes problemáticos, no que se refere aos limites das classes e a própria resposta espectral, dentro de uma mesma classe. Esses métodos atribuem cada pixel a somente uma determinada classe, ou seja a uma classe de cobertura do solo. Portanto, para os pixels que sejam bem representativos de cada uma das classes, não existem problemas, enquanto para pixels que representem mais de uma classe espectral, podem ocorrer distorções, tanto no cálculo dos parâmetros representativos da classe como no próprio processo de classificação.

Neste trabalho, é proposta uma abordagem, baseada na teoria dos conjuntos difusos, para processamento de imagens digitais.

A teoria dos conjuntos difusos fornece uma ferramenta mais adequada para modelar dados que contenham imprecisões ou que não se consiga fazer uma distinção entre eles, podendo um elemento pertencer a mais de um conjunto. Portanto, sua aplicação no processo de classificação permitirá não só identificar os elementos que pertencem a cada uma das

classes, como também aqueles que apresentam misturas de classes.

É introduzida, inicialmente, uma partição difusa do espaço espectral, dado que a abordagem desenvolvida fundamenta-se nesse conceito. A seguir, são apresentados os pontos essenciais do algoritmo. Após, o algoritmo completo é especificado.

## 2. PARTICIÃO DIFUSA DO ESPAÇO ESPECTRAL

Os pixels, numa imagem digital, são definidos pelo vetor cujos componentes são os níveis de cinza em cada uma das bandas espectrais. Assim, cada pixel representa um ponto no espaço espectral por elas definido.

Dado um conjunto de pixels  $X$ , classificá-lo significa atribuir um rótulo a cada ponto de  $X$ . Esses rótulos (classes, no caso de classificação de imagens digitais) podem apresentar limites perfeitamente definidos, não acarretando incerteza quanto à atribuição realizada. Nesse caso, classificar um pixel significa particionar o espaço espectral em regiões disjuntas e atribuí-lo a uma, e somente uma, das regiões, mediante o emprego de regras de decisão definidas precisamente (Figura 1).

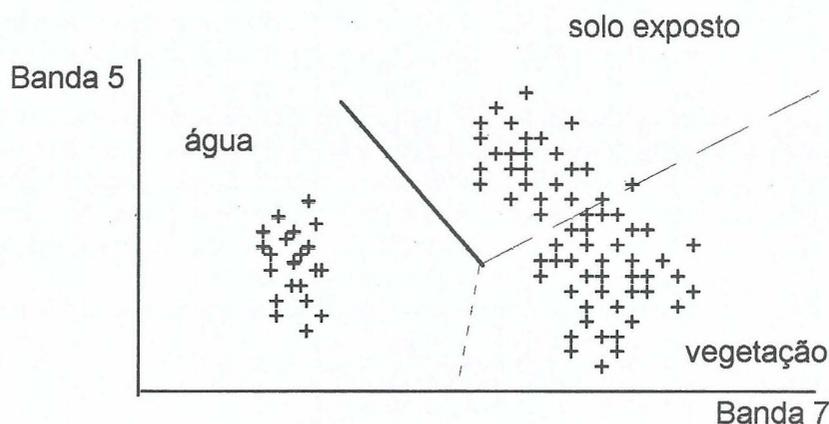


FIGURA 1 - Partição do Espaço Espectral

Contudo, como decorrência de imprecisões intrínsecas ao sistema real, as fronteiras entre as classes podem ser vagas ou difusas, conduzindo à impossibilidade de estabelecer critérios precisos (crisp) para as funções discriminantes. Conseqüentemente, um

determinado pixel pode pertencer, simultaneamente, a mais de uma das classes utilizadas para particionar o espaço espectral. Nesse caso, o processo de classificação consiste em realizar uma partição difusa do espaço espectral [Lapolli (1994)]. Essa partição

difusa é representada numa matriz  $[f_{ki}]$ , onde  $k = 1, \dots, c$ , sendo  $c$  o número de classes e  $i = 1, \dots, n$ , sendo  $n$  o total de pixels observados na imagem.

Uma representação esquemática dessa partição difusa do espaço espectral pode ser observada na Figura 2. Os círculos concêntricos representam cortes nas

funções de pertinência das classes correspondentes. Os valores de pertinência variam inversamente ao comprimento do raio. É observada, nessa figura, a sobreposição de classes em alguns pixels, o que caracteriza os casos em que existe possibilidade de um pixel conter mais de uma classe.

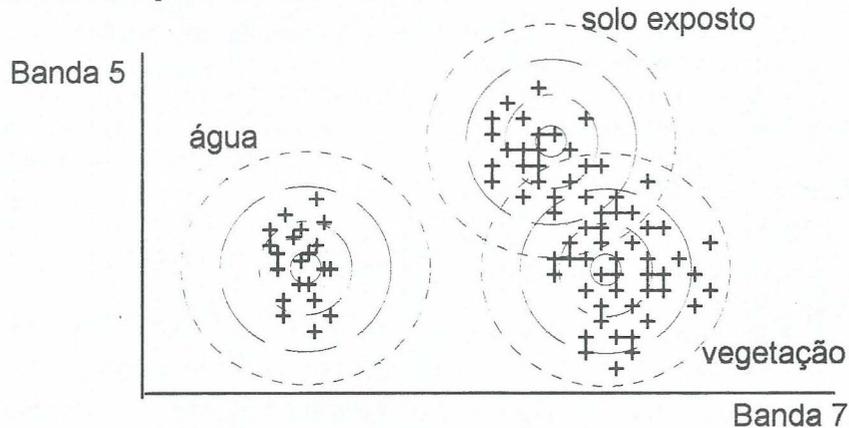


FIGURA 2 - Partição Difusa do Espaço Espectral

### 3. ALGORITMO PARA CLASSIFICAÇÃO DIFUSA

No algoritmo proposto, toda a informação disponível é utilizada para determinar as pertinências do pixel às diferentes classes.

#### 3.1. Função de Pertinência Utilizada no Algoritmo para Classificação Difusa

O algoritmo apresentado baseia-se no método de classificação por máxima verossimilhança. O algoritmo de máxima verossimilhança parte do pressuposto de que os níveis de cinza de cada classe seguem uma distribuição multivariada (em geral a distribuição normal) e a sua regra de decisão consiste em atribuir o pixel à classe onde  $p(x/c_j)p(c_j)$  seja máximo. Por trabalhar com partições do espaço espectral no contexto da teoria clássica dos conjuntos, esse algoritmo atribui pertinência 1 à classe onde  $p(x/c_j)p(c_j)$  é máximo e nenhuma pertinência às demais classes. A aplicação dessa regra de decisão deixa de lado informações importantes sobre as probabilidades de o pixel pertencer a outras classes.

A existência de probabilidades não nulas em outras classes leva a supor que existem pertinências não nulas a essas classes. A abordagem proposta considera que, para realizar a classificação, deve-se criar uma partição difusa do espaço espectral. Com essa finalidade, a pertinência do pixel a uma classe é definida como:

$$f_c(x) = \frac{P_c^*(x)}{\sum_{i=1}^n P_i^*(x)} f_c(x) = \frac{P_c^*(x)}{\sum_{i=1}^n P_i^*(x)}$$

Onde:  $f_c$  = função de pertinência

$P_c^*$  = probabilidade do pixel pertencer à classe  $c$

$n$  = número de classes

Se for considerado que os níveis de cinza dos pixels seguem um modelo normal multivariado para cada uma das diferentes classes, a probabilidade em cada uma das classes pode ser estimada como sendo:

$$P_c^* = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |\Sigma_c^*|^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2}(X - \mu_c^*)^t \Sigma_c^{*-1} (X - \mu_c^*)\right)$$

Onde:  $\mu_c^*$  = média difusa

$\Sigma_c^*$  = matriz de covariâncias difusa

Além disso, dado que as probabilidades podem ser extremamente baixas, o que, em termos práticos, significa que a pertinência à classe é nula, é estabelecido um limiar semelhante ao utilizado no método da máxima verossimilhança. Ou seja,

$$\text{se } P_c^*(x) < \text{limiar} \Rightarrow P_c^*(x) = 0$$

No caso das probabilidades serem nulas para todas as classes, o algoritmo atribui o pixel a uma classe genérica chamada *outras*. Essa classe *outras* representa as classes que não foram consideradas no treinamento ou que o analista não considera importantes para o seu objetivo.

### 3.2. Cálculo dos Parâmetros da Distribuição Multivariada

Para calcular as diferentes probabilidades, é necessário estimar os parâmetros das distribuições multivariadas de cada classe, a partir de uma amostra de treinamento.

Diferentemente do método da máxima verossimilhança, no algoritmo proposto considera-se que a ocorrência de um pixel numa classe é um evento difuso. Assim, os pixels de treinamento constituem uma partição difusa e são considerados nas médias e matrizes de covariâncias de forma diferente, em função da sua pertinência à classe.

Pelo princípio da consistência possibilidade-probabilidade, os parâmetros utilizados no algoritmo proposto podem ser obtidos a partir das definições de probabilidade de um evento difuso.

Sendo A um evento difuso, uma medida de probabilidade para A pode ser definida como:

$$P(A) = \int_A f_A(x) dP$$

Onde:  $f_A$  = função de pertinência

$$dP = \begin{cases} p(x)dx & \text{se } x \in \mathfrak{R} \\ p(x) & \text{se } x \text{ é discreto} \end{cases}$$

A partir da definição da medida de probabilidade para A, obtêm-se, diretamente, os valores de média e variância difusas de A [Zimmerman (1985)]. Considerando a existência de c classes em uma imagem, os conceitos de média e variância difusas podem ser generalizados, obtendo-se:

$$\mu_i^* = \frac{\sum_{i=1}^n f_c(X_i) X_i}{\sum_{i=1}^n f_c(X_i)}$$

### 3.3. Cálculo das Pertinências Pixels da Amostra

Para se calcular a média difusa e as covariâncias difusas, é necessário conhecer-se a pertinência de cada pixel da amostra em cada classe. Essa pertinência pode ser fornecida pelo analista, porém sua determinação não é trivial. Assim, define-se que essas pertinências são também função da probabilidade.

O algoritmo estima, a partir da amostra, as diferentes funções de probabilidade, para permitir a determinação da pertinência de cada um dos pixels da amostra a cada uma das classes.

### 3.4. Algoritmo de Classificação Difusa

O algoritmo desenvolvido compreende os seguintes passos:

1. INICIALIZAR - Definir as b bandas que serão usadas no processo de classificação, as k classes, associando um nome e uma cor a cada classe, bem como a composição colorida em que serão selecionadas as áreas de treinamento.
2. SELECIONAR ÁREAS DE TREINAMENTO - Delimitar, na composição colorida, áreas de treinamento para as diversas classes.
3. CALCULAR PARÂMETROS - Repetir passos 4 a 10 para cada uma das classes.
4. CALCULAR VETOR DE MÉDIAS - Calcular as médias ( $\bar{X}_i$ ), por banda, dos níveis de cinza de cada classe, utilizando todas as áreas de treinamento da classe, pela fórmula:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{L=1}^n x_{iL}$$

Onde:  $x_{iL}$  = nível de cinza do pixel L na banda i, na classe considerada

n = número total de pixels considerando todas as áreas de treinamento da classe

5. CALCULAR MATRIZ DE COVARIÂNCIAS - Calcular a matriz de covariâncias ( $S_c$ ) das bandas, em cada classe, sendo cada elemento  $S_c(i, j)$  dessa matriz obtido usando a seguinte fórmula:

$$S_c(i, j) = \frac{\sum_{L=1}^n (x_{iL} - \bar{x}_i)(x_{jL} - \bar{x}_j)}{n - 1}$$

Onde:  $x_{iL}$  = nível de cinza do pixel L na banda i, na classe c

$\bar{x}_i$  = média do nível de cinza na banda i, na classe c

n = número total de pixels, considerando todas as áreas de treinamento da classe c

6. CALCULAR INVERSA - Calcular a inversa da matriz de covariâncias das bandas em cada classe ( $S_c^{-1}$ ).
7. CALCULAR DETERMINANTE - Calcular o determinante da matriz de covariâncias das bandas ( $|S_c|$ ).

8. DETERMINAR A FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE MULTIVARIADA - Determinar o valor da função densidade de probabilidade  $g_c(x)$  para cada pixel das amostras de treinamento da classe, pela seguinte fórmula:

$$g_c(x_i) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |S_c|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(x_i - \bar{x}_c)^T S_c^{-1} (x_i - \bar{x}_c)}$$

Onde:  $x_i$  = vetor dos níveis de cinza do pixel

$S_c$  = matriz de covariâncias da classe c

$\bar{x}_c$  = vetor de médias da classe c

n = número total de pixels, considerando todas as áreas de treinamento da classe c

9. CALCULAR VETOR DE MÉDIAS DIFUSAS -

Calcular as médias difusas ( $\mu_i^*$ ) por banda, dos níveis de cinza de cada classe, utilizando todas as áreas de treinamento da classe, da seguinte forma:

$$\mu_i^* = \frac{\sum_{L=1}^n g_c(x_{iL}) x_{iL}}{\sum_{L=1}^n g_c(x_{iL})}$$

Onde:  $g_c$  = função densidade de probabilidade multivariada da classe c

$x_{iL}$  = nível de cinza do pixel L na banda i, na classe c

n = número total de pixels, considerando todas as áreas de treinamento da classe c

10. CALCULAR A MATRIZ DE COVARIÂNCIAS DIFUSA - Calcular a matriz de covariâncias difusa da classe c, ( $\Sigma_c^*$ ), pela seguinte fórmula:

$$S_c^* = \frac{\sum_{i=1}^n g_c(x_i) (x_i - \mu_c^*) (x_i - \mu_c^*)^T}{\sum_{i=1}^n g_c(x_i)}$$

Onde:  $g_c$  = função densidade de probabilidade multivariada da classe c

$x_i$  = vetor de níveis de cinza do pixel i

$\mu_c^*$  = vetor de médias difusas da classe c

n = número total de pixels, considerando todas as áreas de treinamento da classe c

11. ATRIBUIR PERTINÊNCIAS AOS PIXELS DA IMAGEM - Para cada pixel da imagem, calcular a pertinência a cada uma das classes, da seguinte forma:

$$f_c(x_i) = \frac{P_c^*(x_i)}{\sum_{L=1}^k P_L^*(x_i)}$$

Onde:

$$P_L^*(x_i) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma_L^*|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(x_i - \mu_L^*)^T \Sigma_L^{*-1} (x_i - \mu_L^*)}$$

$x_i$  = vetor de níveis de cinza do pixel i

$\mu_L^*$  = vetor de médias difusas da classe L

$\Sigma_L^*$  = matriz de covariâncias difusas da classe L

n = número total de pixels, considerando todas as áreas de treinamento da classe L

#### 4. CONCLUSÃO

O trabalho apresenta uma abordagem para classificação de imagens digitais baseada na teoria dos conjuntos difusos.

Um algoritmo para classificação é proposto e discutido. Os resultados desse algoritmo, apresentados sob a forma de partição do espaço espectral, possibilitam a obtenção de novas e relevantes informações.

Os algoritmos para classificação de imagens digitais baseados na teoria de conjuntos difusos encontrados na literatura, ao considerar apenas o conceito de partição rígida do espaço espectral, apresentam perda substancial de informação. Em termos gerais, os resultados desses algoritmos aproximam-se dos resultados dos métodos fundamentados em conceitos clássicos de estatística e probabilidade. Uma das principais vantagens do uso da lógica difusa no processamento de imagens digitais - a identificação de pixels mistura - não é viável, quando se adota uma partição rígida do espaço espectral.

A introdução do conceito de limiar para o valor de pertinências, durante o processo de classificação, reduz, consideravelmente, a perspectiva de obtenção de classificações erradas. A introdução desse limiar implica em restringir a atribuição, em alguma das classes previamente definidas, de um pixel que apresente probabilidades desprezíveis em todas as

classes. Diversas podem ser as causas que originaram essas probabilidades desprezíveis: o pixel pode estar associado a uma classe que não seja de interesse do analista; o nível de cinza pode ter sido alterado por alguma razão, quando da obtenção da imagem; as amostras definidas para estimação dos parâmetros utilizados no algoritmo ter sido mal coletadas; etc.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. R.; LAPOLLI, E. M.; GAUTHIER, F. A.O. e BARCIA, R. M., 1991. Digital Image Processing through Fuzzy Set Theory. In Memórias del 5to Simpósio Latino-americano de Percepción Remota. Cuzco, Peru, pp. 491-495.

ALVES, A. R.; LAPOLLI, E. M., BASTOS, R. C. e BASTOS, L. C., 1993. Classificação de Imagens Digitais pelo Método da Máxima Verossimilhança: Uma Nova Abordagem, In Anais do VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Vol II, Curitiba, pp. 281-283.

DOMBI, J., 1990. Membership Fuction as an Evaluation. Fuzzy Sets and Systems, N° 35, pp. 01-21.

JENSEN, J. R., 1986. Introductory Digital Image Processing - A Remote Sensing Perspective. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 379 p.

LAPOLLI, E. M.; ALVES, A. R., BASTOS, L. C. e LAPOLLI, F. R., 1991. Clasificación de Imágenes Digitales: Técnicas Usuales y Nuevas Perspectivas. In Memórias del 5to Simposio Latino-americano de Percepción Remota. Cuzco, Peru, pp. 589-595.

ZADEH, L.A. 1968. Fuzzy Algorithms. Information Control. Vol. 12, pp. 94-102.

LAPOLLI, E. M., 1994. Processamento de Imagens Digitais: Uma Abordagem Utilizando Conjuntos Difusos. Tese de Doutorado. UFSC, Florianópolis, 206p.

ZADEH, L.A. 1973. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Vol. SMC-3, N° 1, janeiro. pp. 28-44.

ZIMMERMANN, H. J., 1985. Fuzzy Set Theory and Its Applications. Kluwer-Nighoff, Boston, Kluwer-Nighoff, 1985.

## XIX Congresso Brasileiro de Cartografia XVIII Simpósio Internacional de Fotogrametria Arquitetônica e Arqueológica. 3 a 8 de Outubro de 1999 Recife - Pernambuco - Brasil

A realização do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia reveste-se de uma grande expectativa realçada, pelo aspecto de que acontecerá juntamente com o XVIII Simpósio Internacional de Fotogrametria Arqueológica (CIPA). Este Evento ocorrerá pela primeira vez no Hemisfério Sul e representa uma oportunidade ímpar para mudarmos a mentalidade com relação à preservação e conservação do imenso acervo histórico e cultural Sul Americano. Presentes estarão cientistas, pesquisadores e professores dos mais conceituados nesta área do conhecimento e que apresentarão suas experiências, os "software" envolvidos, além de sessões "posters" de alto nível técnico e científico. Espera-se, também, o comparecimento maciço dos integrantes da (do) IPHAN, MEC, SBC, ISPRS, ICOMOS, CIPA, ONGS, Empresas da iniciativa privada do Brasil (ANEA) e da América do Sul e ainda de outras organizações que virão abrilhantar o Congresso, com seus trabalhos, experiências, troca de conhecimentos e confraternização além da possibilidade de acompanhamento dos participantes do atual estado da arte da cartografia internacional e nacional.

A escolha da cidade de Recife obteve grande repercussão no meio da comunidade científica internacional e brasileira, por Olinda ser uma cidade, considerada pelo UNESCO, Patrimônio Cultural da Humanidade, possuidora de um acervo histórico fantástico. Recife, capital do Estado de Pernambuco é o maior pólo cultural e de lazer do Nordeste Brasileiro. É uma cidade de contrastes entre monumentos históricos, construções arrojadas, o azul do mar de Porto de Galinhas e o verde arquipélago de Fernando de Noronha. Prezado colega, venha para Recife/Olinda, venha conhecer a terra mais feliz do Brasil, porque PERNAMBUCO É O LUGAR. Participe, o Congresso é de todos nós.

### TEMÁRIO

O CIPA (Comitê Internacional de Fotogrametria Arquitetônica e Arqueológica) far-se-á representar por toda a sua Diretoria, além dos presidentes e adjuntos dos seus cinco grupos de trabalho, que são:

- 1 - Controle de Informação
- 2 - Processamento Digital de Imagens
- 3 - Sistemas Fotogramétricos Simples
- 4 - Registro, Documentação e Tratamento da Informação
- 5 - Arqueologia e Fotogrametria

Presentes estarão também os presidentes das oito Comissões Técnicas da SBC e seus adjuntos, a saber:

- 1 - Hidrografia
- 2 - Geodésia, Astronomia, Topografia e Agrimensura
- 3 - Cartografia
- 4 - Fotogrametria
- 5 - Sensoriamento Remoto e Interpretação de Imagens
- 6 - Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial
- 7 - Sistemas de Informações Geográficas
- 8 - Formação Profissional, Ensino e Pesquisa



SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA  
GEODÉSIA, FOTOGRAMETRIA E SENSORIAMENTO REMOTO

*Quando se fala em Cartografia, é bem comum ter-se em mente o nome Mercator, cognome latino de Gerhard Kramer, ilustre cartógrafo da região dos Países Baixos. Sua fama, como um ovo de Colombo, certamente origina-se no detalhe de ter ele atentado para o fato de que aqueles que procuravam mapear não estavam interessados em saber onde fica tal lugar, mas, sim em como chegar lá!*

*Com a mesma sutileza que revela os grandes nomes da história, personagens memoráveis reuniram-se, em 28 de outubro de 1958, para fundar a Sociedade Brasileira de Cartografia, a SBC. Hoje, com o mesmo sentimento pragmático, temos a obrigação e, mais ainda, a satisfação, de registrar 40 anos de realizações concretas no campo das geociências.*

Rio de Janeiro, 28 de Outubro de 1998



## **ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE EMPRESAS DE AEROLEVANTAMENTO**

**AEROCARTA - AEROCONSULT - AERODATA - AEROFOTO CRUZEIRO  
AEROIMAGEM - AEROSUL - AGRITEC - AGROFOTO - BASE - EMBRAFOTO  
ENGEFOTO - ESTEIO - MAPLAN - MERCATOR - PROSPEC - SDL - UNIVERSAL**

SDS - Edifício Venâncio V - Sala 504 - Cep: 70393-900 - Brasília - DF

Tels.: (061) 225-0789 e 225-2953 - Fax: (061) 225-4222