

Atualização Cartográfica Utilizando a Tecnologia GPS

Prof. Dr. João Francisco Galera Monico
 Prof. Mauro Issamu Ishikawa
 Prof. MSc Amilton Amorim
 Eng. Cartógrafo Everton Leandro Nubiato
 Eng. Cartógrafo Flávio Rodrigues de Freitas
 Eng. Cartógrafo Reginaldo Alves Leandro

UNESP/FCT - Departamento de Cartografia
 Câmpus de Pres. Prudente
 Rua Roberto Simonsen 305
 Fone: 018 - 221 5388 Fax: 018 - 223 2227
 19060-900 Presidente Prudente SP
 ✉ galera@prudente.unesp.br

Conteúdo

1. Introdução
2. GPS e SIG: Duas tecnologias de fácil integração?
3. Técnicas de Posicionamento GPS Aplicáveis à Atualização Cartográfica
4. Área de Estudo, Base Cartográfica, Equipamentos e Softwares
 - 4.1 Escolha da Área
 - 4.2 Base Cartográfica
 - 4.3 Equipamentos e Softwares
5. Planejamento, Coleta, Processamento, Conversão e Integração com a Base
 - 5.1 Planejamento do Experimento
 - 5.2 Coleta dos Dados
 - 5.3 Processamento e Análise dos Dados Coletados
 - 5.4 Conversão dos Dados e Integração com a Base Cartográfica
6. Comentários Finais e Conclusões
7. Referências Bibliográficas

Resumo: O GPS revolucionou todas as atividades que envolvem posicionamento, quer seja de baixa, média ou alta precisão. A cada dia surgem novas modalidades de aplicações, e sempre com algumas vantagens sobre as técnicas até então utilizadas. Uma, entre as várias possibilidades de aplicações, é a atualização cartográfica, atividade de fundamental importância para os órgãos que necessitam de mapeamento para tomada de decisão. Neste sentido, o Departamento de Cartografia da FCT UNESP, propôs este tema para uma Trabalho de Graduação (TG), o qual foi realizado durante o ano de 1997. Este TG, embora com bastante limitações, por se tratar de um dos primeiros trabalhos nesta área, trouxe a tona vários problemas já esperados, dentre eles aqueles relacionados ao Datum e exportação dos dados para a base digital desatualizada. Soluções para estes problemas foram propostas e testadas. A facilidade com que se realiza a coleta de atributos com os receptores GPS modernos é um fator importante na sua utilização para a atualização cadastral. Este trabalho aborda as várias fases envolvidas no trabalho, apresentando os resultados preliminares obtidos.

Palavras chaves: Atualização cartográfica, Integração SIG/GPS, DGPS.

Abstract: GPS has revolutionized the activities involving positioning, either of low, medium or high accuracy. New applications emerge very often, and always with some advantage over the traditional one. Among the several possibilities of applications, there is a very important one; the cartographic actualization. In order to test the potentiality of GPS to realize such a kind of task, a undergraduate project was carried out at UNESP during the year of 1997. This project, although with some limitations due to the fact of being one of the firsts, revealed some expected problems, such as datum and incompatibility of format during the integration of the new base with the old one. Solutions have been proposed and tested. The facilities of collecting attributes with GPS is a important factor in the actualization of a data base. This paper presents the several phases involved in the project, as well as the preliminary results.

Keywords: Cartographic Actualization, Integration GIS/GPS, DGPS

1. Introdução

A informação pode ser transmitida por diversos meios de comunicação (escrita, falada ou visual). Dentre eles, o mapa é um poderoso meio de comunicação, através do qual se obtém informações. O usuário, sempre que necessita de um mapa, tem a expectativa de encontrar as informações de seu interesse, sem levar em consideração a desatualização e nível de detalhamento do mesmo.

No Brasil é comum se deparar com mapas ou cartas que não mais refletem a realidade do momento. Desta forma, a realização de algumas atividades baseadas em tais documentos pode requerer a realização de um novo mapeamento, ou um processo de atualização cartográfica. As principais dificuldades para se realizar um mapeamento ou uma atualização são o alto custo e o reduzido número de profissionais qualificados nesta área.

Numa atualização cartográfica é imprescindível a detecção dos dados a serem atualizados, sendo que o principal método empregado é aquele em que se compara a situação atual com a antiga, quer seja utilizando fotografias aéreas, imagens de satélites, ou observando as novas feições por métodos convencionais, como por exemplo, a locação dos dados topograficamente ou a restituição

através de fotografias aéreas das regiões desatualizadas (Robbi e Bueno, 1994).

Vários métodos têm sido utilizados na atualização cartográfica. Pode-se citar Aerolevantamentos (Silva, 1997; Loch, 1989); Sensoriamento Remoto (Kurkdjian et al., 1997; Silva e Dalmolin, 1997); Levantamento Topográfico (Viadana, 1995; Silva, 1997), além de outros (Loch, 1989; Souza, 1997).

Atualmente vislumbra-se com a grande potencialidade do uso do GPS (Global Positioning System) como uma nova ferramenta a ser utilizada na atualização cartográfica. Aliás, o GPS tem revolucionado as atividades que necessitam de informações posicionais. Os modernos receptores GPS, além de proporcionar o posicionamento das feições levantadas, permitem a coleta de atributos como arquivos de bancos de dados. Esta característica facilita a integração de um levantamento com GPS a um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Como o SIG necessita de informações atualizadas, o GPS é uma ferramenta com grande potencialidade em atender esta demanda. As cartas de navegação terrestres são exemplos importantes (Silva, 1997).

O SIG vem se difundindo no Brasil, apresentando-se como uma poderosa ferramenta de suporte ao planejamento e tomada de decisões. Seu uso como uma ferramenta de planejamento se deve a possibilidade de conciliação de uma base de dados georeferenciados (carta digital) a informações que estão vinculadas a um banco de dados alfanuméricos, fornecendo respostas espacializadas na base de dados georeferenciados ou em relatórios descritivos. Para que estas respostas reflitam uma realidade atual, necessita-se de que tanto a base de dados espaciais como o banco de dados alfanuméricos estejam atualizados. A integração do GPS com um SIG visa a utilização do GPS na manutenção da base de dados espaciais e do banco de dados alfanuméricos atualizados, pois o mesmo gera arquivos de dados espaciais (em meio digital) associados a um banco de dados alfanuméricos (coleta de atributos).

Considerando que a cartografia brasileira encontra-se muito desatualizada e que há uma grande demanda por documentos cartográficos atualizados nos processos de planejamento e tomada de decisão, julgou-se por bem iniciar estudos no sentido de verificar as potencialidades do GPS como técnica alternativa a métodos convencionais de atualização cartográfica. Tal investigação se justifica face a carência de trabalhos nesta direção, que a nosso ver em muito poderá contribuir no desenvolvimento da cartografia nacional. Serão abordadas questões relacionadas com a escala do mapeamento e equipamento utilizado, bem como aquelas referentes a integração dos dados GPS num SIG.

O artigo é baseado no Trabalho de Graduação realizado pelo 3 últimos autores, orientados pelos 3 primeiros, durante o ano de 1997, quando se graduaram em Engenharia Cartográfica na UNESP de Presidente Prudente. Maiores detalhes podem ser encontrado no trabalho original (Nubiato et al., 1997)

2. GPS e SIG: Duas tecnologias de fácil integração?

Duas das técnicas mais inovadoras e efetivas que emergiram na última década em cartografia foram o GPS e o SIG.

O GPS é um sistema extremamente complexo que vem se integrando a novas áreas devido a evolução dos equipamentos e de suas aplicações. Os modernos receptores estão possibilitando coletar atributos relacionados a uma posição, informando assim além do posicionamento, características que descrevam o local. Esta nova característica dos receptores tornou possível a utilização de informações coletadas através do GPS em SIGs, sistemas estes que necessitam de informações espaciais e dados alfanuméricos, e que normalmente são alimentados via dados digitalizados.

Um digitalizador é basicamente uma mesa de desenho eletrônica, por meio da qual o operador traça linhas ou entra com pontos, fazendo a coincidência do cursor com a feição representada no mapa. Por analogia pode-se pensar que o GPS e uma mesa digitalizadora são análogos: a superfície terrestre é uma grande mesa digitalizadora e a antena GPS desempenha a função do cursor digitador. E o mais importante; o GPS registra a posição da feição da entidade propriamente dita na escala 1:1, e não de sua representação sobre um mapa que teve que passar por várias transformações (Kennedy, 1996).

Desta forma, a resposta para o título desta seção seria sim! Mas nem todos os aspectos ainda estão resolvidos. A exportação dos resultados obtidos com o GPS nem sempre é totalmente compatível com o SIG, necessitando de algumas adequações.

3. Técnicas de Posicionamento GPS Aplicáveis à Atualização Cartográfica

O posicionamento GPS pode ser realizado no modo absoluto, relativo, DGPS (Differential DGPS) e WADGPS (Wide Area DGPS), sendo que o objetivo a ser posicionado pode estar em repouso (método estático) ou em movimento (método cinemático) (Monico, 1996).

O método absoluto convencional proporciona a precisão estipulada para o SPS (Standard Positioning Service), ou seja 100 m horizontal e 140 m vertical, ao nível de 95% de probabilidade. Desta forma, salvo raras exceções, não se presta a maioria das atividades de atualização cartográfica. E vale ressaltar que, caso o objeto esteja em repouso, a duração da ocupação não melhorará de forma considerável os resultados.

Dentro do posicionamento relativo encontram-se os métodos estático, estático rápido e cinemático. Outras denominações são também encontradas na literatura. O método estático se destina a aplicações geodésicas de alta precisão (mm) e demanda coleta de dados de longa duração, não se adequando aos objetivos deste trabalho. O método estático rápido se mostra mais propício ao caso em questão, principalmente para levantamento de feições pontuais com precisão interna da ordem do cm. Mas dentro das técnicas de posicionamento relativo, a mais promissora é a que envolve o posicionamento cinemático. E a precisão pode também atingir o nível do cm, dependendo do equipamento e software utilizados.

O DGPS é que tem sido a técnica mais empregada nas atividades envolvendo atualização e coleta de informações para um SIG. Precisão variando de 0,50 a 5,0 metros tem sido citada na literatura. Trata-se de um dos métodos mais simples de ser usado, associados a custos razoáveis dos equipamentos.

WADGPS entrou no mercado brasileiro recentemente. As correções diferenciais, calculadas a partir de dados de uma rede de grande abrangência, são enviadas ao usuário via satélites de comunicação, obtendo-se precisão da ordem de 1 a 3 m em tempo real. Trata-se de uma técnica com grande potencial de aplicabilidade em trabalhos de atualização cartográfica.

4. Área de Estudo, Base Cartográfica, Equipamentos e Softwares

4.1 Escolha da Área

A Área Teste Multifinalitária (ATM) corresponde a uma região onde vários projetos estão sendo desenvolvidos com intuito de dar suporte às atividades de pesquisa e treinamento na área de Engenharia Cartográfica. A área deste projeto corresponde a uma porção da ATM, a qual circunvizinha o Câmpus da UNESP de Presidente Prudente, correspondendo a uma área aproximada de 3,35 Km².

A definição da área envolveu os seguintes fatores: desatualização cartográfica da região e a disponibilidade da base digital. Um grande número de novas construções e mudanças na malha viária ocorreram após a restituição, tornando-a uma base desatualizada. A base digital foi disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Presidente Prudente. Realizou-se um teste de exatidão cartográfica que conferiu a carta padrão Classe A. A metodologia utilizada na avaliação consta em Tommaselli et al. (1990).

4.2 Base Cartográfica

Definida a área do projeto, a etapa seguinte foi a busca de documentos cartográficos que pudessem dar informações a respeito das características da região. A área do projeto é mostrada na Figura 1.

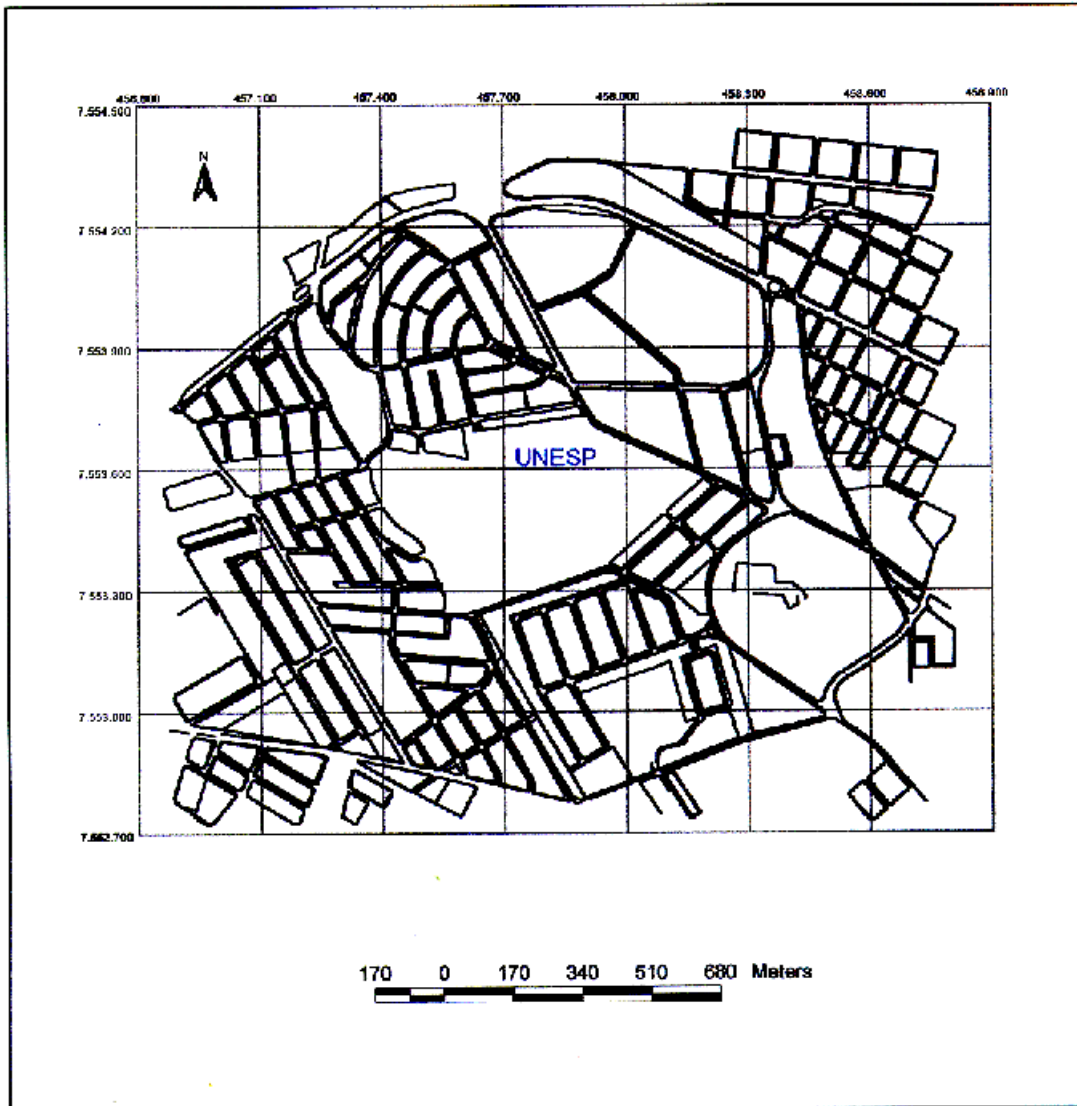


Fig. 1: Ilustração da Área de Desenvolvimento do Projeto

Os principais documentos cartográficos pesquisados foram: base digital do Município de Presidente Prudente gerada da restituição 1:5.000 e em papel na escala 1:10.000; carta digital do Câmpus da UNESP de Presidente Prudente na escala 1:2.000 e em papel na escala 1:1.000 e carta do Município de Presidente Prudente na escala 1:5000.

Dentre os materiais pesquisados, a base digital do Município de Presidente Prudente foi o documento cartográfico mais recente encontrado, passando a ser adotada como a base de referência deste projeto. Nesta base existem algumas feições desatualizadas no que diz respeito as construções e a malha viária

4.3 Equipamentos e Softwares

Os equipamentos GPS utilizados para a realização do trabalho incluem 1 par de receptores Trimble 4600LS, utilizado para a avaliação da base cartográfica e 1 par de receptores Trimble PathFinder Pro XL, utilizado para a coleta das feições. No que concerne a softwares de processamento de dados GPS utilizou-se o Pathfinder Office e GPSurvey, os quais acompanham os equipamentos GPS Pro-XL e 4600LS respectivamente (Trimble, 1996). Enquanto o GPSurvey permite exportar os dados apenas para o formato DXF, o Pathfinder Office dispõe de uma relação maior de formatos.

Entre os vários softwares e aplicativos disponíveis para algumas tarefas de mapeamento, fez-se uso do AutoCAD Map R1 (Oliveira, 1996) e ArcView 2.1b.

O AutoCADMap foi desenvolvido sobre a tecnologia do AutoCAD da Autodesk, possuindo todas as ferramentas de edição, manipulação e visualização de dados desenvolvidos para o AutoCAD, incorporando um módulo de mapeamento. Este módulo é um conjunto de ferramentas onde se pode definir um sistema de projeção, geodésico, e aplicar transformações de coordenadas. Outra ferramenta importante é o módulo denominado ADE (AutoCAD Data Extension), que permite o acesso à múltiplos desenhos e/ou bancos de dados num ambiente virtual. Este módulo permite a manipulação de grandes massas de dados numa ampla área geográfica. Com o AutoCAD Map, associar o desenho a um banco de dados é possível devido a funções especiais, que na maioria dos CAD não existe. Estas funções podem ser consideradas parte das ferramentas de mapeamento, pois quando se deseja representar uma porção da Terra em uma determinada projeção, além das representações gráficas, devem existir informações sobre o que está sendo mapeado. O AutoCAD Map possibilita que estas informações fiquem armazenadas em um banco de dados associados ao desenho. Mesmo dispondo destas ferramentas de manipulação de dados alfanuméricos ele não deve ser considerado um aplicativo de SIG, pois não apresenta funções de análises, indispensáveis num SIG. Existem algumas funções de análise simples e um módulo SQL (Structured Query Language), que é uma linguagem estruturada para pesquisa designada para uniformizar a comunicação com o banco de dados.

O ArcView é um poderoso aplicativo desenvolvido por Environmental Systems Research Institute (ESRI), que dispõe de ferramentas de fácil utilização para a manipulação de informações geográficas. Ele permite a visualização, exploração, pesquisa e a realização de análises de dados espaciais. A organização (modelagem) desses dados deve ser previamente realizada com o uso do Arc/Info, software do mesmo fabricante, específico para entrada de dados de um SIG, ou então, efetuada em outros softwares que geram dados em formatos compatíveis com o ArcView.

5. Planejamento, Coleta, Processamento, Conversão e Integração com a Base

5.1 Planejamento do Experimento

Como o projeto visa verificar a aplicação da metodologia de atualização cartográfica utilizando GPS, definiu-se que iriam ser levantadas feições desatualizadas e feições que estavam presentes na base de referência, a fim de obter dados para avaliar a qualidade dos resultados. A definição das feições a serem levantadas foram baseadas na comparação entre a base de referência e a realidade da região. As principais feições pré-definidas foram as quadras e cercas que delimitam o Câmpus da Unesp de Presidente Prudente, algumas construções existentes, a malha viária e alguns pontos de interesse, tais como postes, árvores, pontos de ônibus e outros. A Tabela 1 ilustra o dicionário utilizado na coleta de dados em campo com o receptor Pathfinder Pro-XL.

Tabela 1: Estrutura do Dicionário Utilizado no Experimento

Feição	Tipo	Atributos	Valores
Quadras	Área	Uso	Público Privado Universidade Escola
Construção	Área	Material Uso Endereço	Alvenaria, Madeira, Misto Comercial, Residencial, Público, Misto Roberto Simonsem
Pontos	Pontos	Função	Ônibus, Rede Telefônica, Boca de Lobo
Ruas	Linhas	Nome Pavimentada Mão de direção	Roberto Simonsem Sim ou Não Simplex ou Dupla
Áreas Diversas	Área	Utilidade	Áreas verdes, Lago, Brejo, Áreas de recreação
Árvores	Pontos	Espécie Altura	Ipê, Aroeira, Mangueira, Abacateiro X metros
Postes	Pontos	Material Uso Endereço	Alvenaria, Madeira, Ferro Iluminação, Rede elétrica, Misto Roberto Simonsem

5.2 Coleta dos Dados

O levantamento foi realizado em três períodos, nos quais se coletou as informações a respeito das feições selecionadas, de acordo com o dicionário. As etapas correspondem a levantamentos efetuados em dias distintos. A primeira etapa foi realizada em 27/06/97, a segunda nos dias 2 e 3/08/97 e a terceira e última etapa correspondeu aos levantamentos nos dias 13 e 14/09/97.

Adotou-se na coleta das feições de interesse a técnica DGPS com pós-processamento. Testes comprovaram que ele oferece precisão compatível com a exigida no trabalho e oferece uma boa performance na aquisição dos dados.

O procedimento realizado em campo para as três etapas foram:

- Configuração e instalação do equipamento na estação base (EPUnesp02). Isto consistiu em estabelecer o número mínimo de satélites admissível para se iniciar a coleta de dados (quatro), a limitação para o PDOP (seis), a máscara de elevação (10°) e a taxa de coleta dos dados (5 segundos), além de inserção do nome da base (EPUnesp02) e altura vertical da antena;
- Após a configuração do receptor base, o móvel (Rover) recebeu praticamente a mesma configuração, diferenciando na altura da antena que é medida no bastão graduado, na taxa de coleta (1 segundo), máscara de elevação (15°) e nome do arquivo.

A partir de então inicia-se a etapa de coleta propriamente dita. Para tanto, abre-se o dicionário e seleciona-se a feição a ser levantada, inserindo valores para os atributos da mesma. Por exemplo, quando se deseja coletar áreas, seleciona-se no dicionário uma classe

correspondente a área (ex.: quadras), atribui-se os valores referentes a feição (ex.: uso = universidade) e inicializa-se a coleta. Percorre-se a área utilizando-se o modo cinemático nas partes curvilíneas. No caso de partes lineares, coleta-se apenas o ponto inicial e final desta parte, utilizando para tanto o auxílio da função PAUSE. Ao finalizar a coleta dos dados deste tipo de feição, o ponto final sempre será conectado por uma linha reta ao ponto inicial. No caso de coleta de linhas, seleciona-se no dicionário a classe correspondente (ex.: ruas), introduz os valores referentes aos atributos (ex.: pavimentada = sim) e coleta-se a feição de modo similar ao procedimento realizado para áreas. A coleta de pontos diferiu das demais por ser um levantamento estático (rápido), no qual pode-se optar entre coleta da fase ou do código. Antes de iniciar a coleta, da mesma forma descrita acima, seleciona-se a feição correspondente no dicionário (ex.: poste), atribuiu-se um valor (ex.: material = madeira) e coleta-se os dados de acordo com o tempo preestabelecido (15 segundos).

Durante a coleta de dados em campo, a possibilidade de interromper a coleta momentaneamente, e depois retomá-la, mesmo que em outra posição, foi de grande utilidade. Trata-se da facilidade oferecida pela função PAUSE. Ela facilitou a coleta quando o percurso a ser levantado não podia ser percorrido totalmente, em razão de alguma dificuldade. O contorno do trecho onde não se coletou os dados foi ligado por uma linha reta.

Uma outra função que foi de extrema utilidade denomina-se NEST. Ela possibilitou, por exemplo, coletar as posições de uma feição reta (estrada), concomitante com feições pontuais (postes). Uma opção, nem tanto adequada, seria armazenar os dados da estrada, e depois retornar para o cadastro dos postes. Mas a função NEST (ninho), permitiu esta otimização. Neste caso, aciona-se a função PAUSE durante a coleta da feição reta (ou área), e então coleta-se os dados como *nested points*, retornando depois a coleta original.

5.3 Processamento e Análise dos Dados Coletados

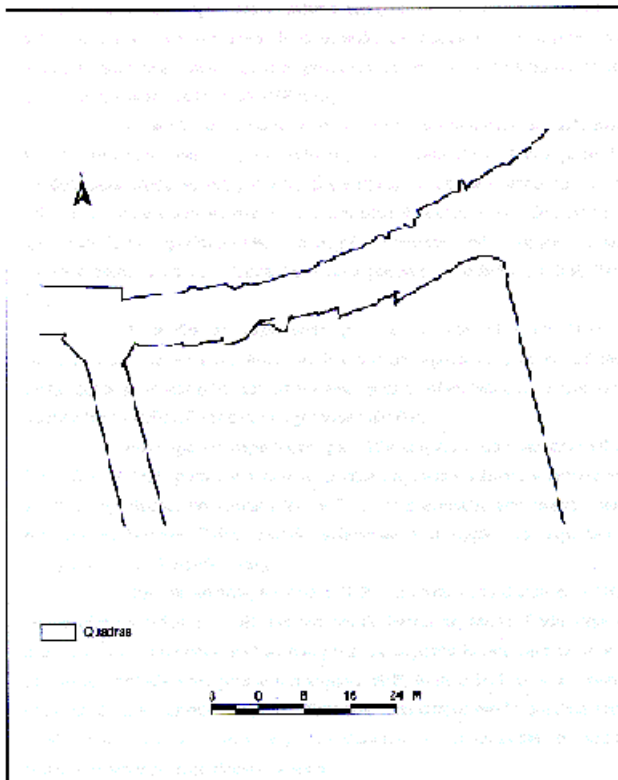


Fig. 2: Distorções na Geometria das Feições Resultantes da Obstrução do Sinal.

Os dados do levantamento passaram pelo processamento diferencial (DGPS), o qual é disponível no software Pathfinder Office. Neste processamento fixa-se a estação base (EUnesp02), introduzindo suas coordenadas conhecidas de um levantamento anterior, e define-se os arquivos do receptor móvel a serem corrigidos. O resultado deste processamento é armazenado num arquivo de extensão COR, o qual pode ser visualizado no módulo gráfico do mesmo software (View-Map).

No que se refere a análise dos dados, é essencial observar se as correções diferenciais foram aplicadas a todos os dados coletados. Caso contrário, se não houver dados de outra estação base disponível (RBMC por exemplo), haverá necessidade de repetir a coleta de dados, ou algum procedimento extra no escritório. No caso deste trabalho observou-se algumas distorções nas feições coletadas no modo cinemático, em razão da obstrução do sinal por construções e árvores. Um exemplo destas distorções pode ser observado na Figura 2, que ilustra um trecho onde os dados foram coletados no modo cinemático, que se refere a uma quadra apresentada as condições relatadas anteriormente.

Para todo o levantamento, onde ocorreu situação similar, verificou-se este tipo de distorção. Mas concluiu-se que a maioria destes problemas pode ser solucionada na edição dos dados gráficos num aplicativo CAD, pois a geometria da feição pode ser reconstituída com ferramentas de edição disponíveis.

Um estudo de generalização cartográfica foi realizado para verificar-se até qual escala seria possível a utilização destas feições sem a preocupação de corrigir as distorções. Tal estudo baseou-se na impressão da representação da região levantada em diferentes escalas, verificando visualmente a redução das distorções. Pelo estudo pode-se concluir que

a partir de escalas 1:10.000 não há necessidade de se corrigi-las.

5.4 Conversão dos Dados e Integração com a Base Cartográfica

Após o processamento e análise dos dados do levantamento, verificou-se as possibilidades de integração dos dados processados com num CAD ou SIG. Dentre as possibilidades de conversão de dados proporcionada pelo software Pathfinder Office optou-se pela exportação para o formato DXF (CAD) e SHP (SIG). A exportação para um formato SIG foi realizada apenas para verificar o comportamento da coleta de atributos junto com as feições, observando suas ligações quando exportados para um aplicativo. Embora não sendo o objetivo principal deste trabalho, pode ser utilizado como fonte de informação e uma possível contribuição à trabalhos futuros.

A opção de exportação para o formato SHP se deve a disponibilidade do software ArcView. Por ser um aplicativo SIG, o ArcView proporciona a visualização dos dados espaciais e alfanuméricos, o que vem possibilitar a verificação dos dados gerados pelo GPS. Realizou-se um teste para um dos arquivos processados (030997.cor), exportando-o para o formato SHP e importando-o no ArcView. Os arquivos foram importados com sucesso, podendo-se visualizar as feições coletadas juntamente com seus atributos. A ligação do banco de dados com as feições é realizada internamente pelo próprio ArcView, dispensando a manipulação dos dados para efetuar a união da feição com seus respectivos atributos. Este tipo de exportação pode ser considerado viável à atualização de base de dados espaciais e alfanuméricos devido a facilidade de integração dos dados no software ArcView.

Conforme citado, para a atualização cartográfica testada neste trabalho, optou-se pelo o formato DXF, pois ele permite que um CAD realize o desenho das feições levantada, tornando-se possível a sua comparação com uma base digital. Dos arquivos gerados com o

processamento GPS Diferencial, obteve-se três arquivos, com o mesmo nome dos arquivos gerados no processamento, diferenciando apenas a extensão.

A exportação foi realizada segundo os seguintes parâmetros:

- o sistema de projeção escolhido foi o UTM, tendo como referencial geodésico o SAD69;
- exportação em Bloco, onde os planos de informação são separados de acordo com as feições coletadas, ou seja, para cada classe de feição é gerado um plano de informação dentro do arquivo DXF.

Este tipo de exportação não irá gerar um arquivo apenas com um plano de informação do tipo área, linha e ponto, mas sim um plano de informação para cada categoria de feição coletada. Além disto, caso possua duas feições do tipo área, na exportação será gerado um plano de informação (*layer*) para cada uma delas e não um único plano para a feição área.

Os arquivos exportados no formato DXF são importados no software escolhido; no caso específico deste trabalho o AutoCadMap. Este procedimento pode parecer simples, mas na verdade, quando se trabalha com arquivos digitais, vários problemas podem ocorrer, como a não importação devido a erro de gravação, dificuldade em vincular uma projeção ao arquivo importado, e outros de menor significância. Estes problemas são pequenos detalhes que podem atrasar, e até inviabilizar um projeto, quando não se atenta para as possíveis causas geradoras.

Os três arquivos DXF foram importados e vinculados a um sistema de projeção, e gravados no formato padrão do AutoCAD Map (DWG). A união dos três arquivos, foi referenciada ao sistema Córrego Alegre; a mesma referência da base cartográfica a ser atualizada. Ambos arquivos foram integrados. A Figura 3 ilustra o resultado desta integração.

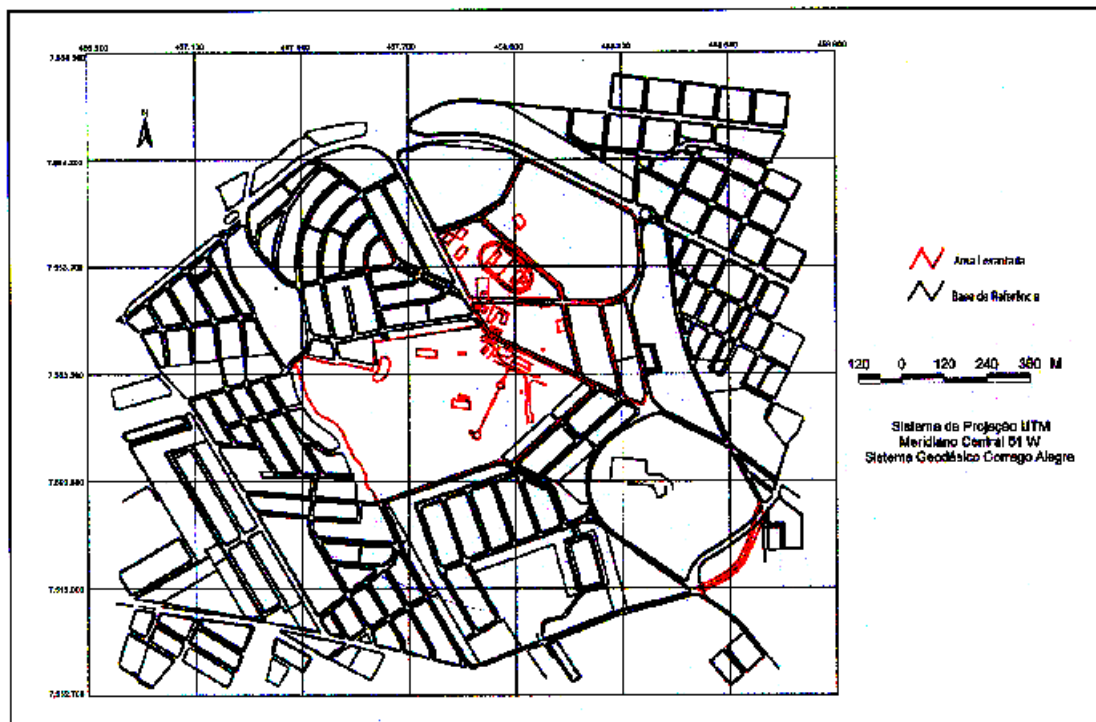


Fig. 3: Base Cartográfica Original e Representação das Feições Levantadas com GPS

A análise visual da figura mostra que, ao julgar pelas feições disponíveis na base e as advindas da coleta GPS, os resultados parecem satisfatórios. Mas numa análise mais detalhada, utilizando ampliações, pode-se observar que as feições não coincidem perfeitamente. Portanto, uma análise consistente de qualidade deve ser realizada. Para tanto, determinou-se coordenadas de 8 feições pontuais bem definidas na base digital e seus respectivos homólogos do levantamento. A análise, obedecendo o PEC, mostrou uma tendência sistemática nas duas componentes planimétricas (E, N) da ordem de -30 e 56 cm respectivamente. Esta tendência foi corrigida mediante uma transformação, considerando a base digital como correta. Vale ressaltar que estudos mais adequados à análise da qualidade de bases digitais estão em desenvolvimento, como por exemplo o método dos retângulos equivalentes (Silva, 1998).

6. Comentários Finais e Conclusões

Neste artigo apresentou-se de forma resumida o trabalho de graduação desenvolvido pelos 3 últimos autores deste artigo. Trata-se de um trabalho preliminar visando levantar as potencialidades do uso do GPS na atualização cartográfica. Os resultados indicaram que a potencialidade é grande, dependendo da adoção de alguns cuidados especiais. No caso específico deste trabalho, no que concerne a precisão, a indicação é que o método DGPS utilizando o equipamento Pathfinder Pro-XL atende a atualização cartográfica de bases na escala 1:5.000 e menores.

No tocante ao levantamento, algumas sugestões e recomendações são citadas visando dar suporte a continuidade dos estudos para os quais foi proposto este trabalho:

- sempre deve-se dispor de uma boa indicação da qualidade da base cartográfica a ser atualizada;
- deve-se coletar algumas feições já existentes na base cartográfica que se deseja atualizar, o que permitirá um controle do levantamento, bem como ajustar qualquer efeito sistemático entre os dois levantamentos;
- para evitar problemas de distorções na geometria das feições (áreas ou linhas), devido a obstrução do sinal, recomenda-se que em

áreas com muita obstrução não se utilize o método cinemático, e sim que se colete pontos no modo estático, com um número significativo de posições, os quais deverão ser ligados na etapa de edição num CAD ou SIG, proporcionando uma real representação destas feições;

- recomenda-se a criação do banco de dados (dicionário) de acordo com o adotado no SIG que se pretende atualizar, visando evitar não compatibilidade dos dados;

Este trabalho mostrou também a potencialidade da utilização do GPS como meio de atualização de um SIG. A possibilidade de coletar atributos, juntamente com as posições das feições, com um equipamento GPS, pode viabilizar a manutenção de bases de dados espaciais e alfanuméricas de um SIG.

7. Referências Bibliográficas

Kennedy, M. *The Global Positioning System and GIS - An Introduction*, Ann Arbor Press, Chelsea, 1996.

Kurkdgan, M. L. N. O. et al., *Atualização do Cadastro com Ajuda de Satélites*, Fator GIS, no. 19, Curitiba, 1997.

Loch, C., *Metodologia para a atualização cadastral de propriedades rurais de município*. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, Gramado-RS, 1989.

Monico, J. F. G. *Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS, Descrição, Fundamentos e Aplicações*, Presidente Prudente - SP, UNESP, 1996.

Monico, J. F. G. *GPS para SIG, Notas de aula*, Presidente Prudente - SP, UNESP, 1997.

Nubiato, E. L.; Freitas F. R.; Leando R. A. *Atualização Cartográfica Utilizando GPS*, Trabalho de Graduação de Final de Curso em Eng. Cartográfica, UNESP, Pres. Prudente, 1997.

Oliveira, André L. A., *AutoCAD Map : Treinamento Básico*, São Paulo - SP, 1996.

Robbi, C. e Bueno D. M. *Atualização Vital para o Mapeamento*, Fator GIS, No. 4, 1994.

Silva, L. F. F. C. *Avaliação e Integração de Bases Cartográficas para Cartas Eletrônicas de Navegação Terrestre*, Tese de Doutorado, EPUSP, São Paulo, 1998.

Silva, T.E.P.P., *Gis Brasil 97 - Apostila do Curso - GIS para Cadastro*, Curitiba - PR, 1997.

Silva, D. C. e Dalmolin, Q. *Expectativas com Satélites Comerciais de Alta Resolução para Mapeamento*, In: Anais do Seminário Impacto das Novas Tecnologias na Eng. Cartográfica, Presidente Prudente, SP, 1997.

Souza, C.H.G. *Atualização de Bases Cartográficas Digitais e Implementação de um Sistema de Geoprocessamento para uma Área Teste*, Curitiba - UFPR, 1997.

Tommaselli, A M. G.; Monico, J. F. G.; Camargo P. O *Análise da Exatidão Cartográfica da Carta Imagem São Paulo*, Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, RN, 1990.

Trimble, *GPSurvey Surveying General Reference*, Manual, 1996.

Viadana, M.I.C.F., *Atualização de Cartas topográficas Utilizando Imagens Orbitais - Metodologia Alternativa para Microcomputadores*, São Paulo - SP, USP, 1997.

Agradecimentos

Este trabalho se insere dentro do projeto "Apoio a Geodésia na Região de Presidente Prudente e Rede GPS Global", inserido no programa Jovem Pesquisador apoiado pela FAPESP (Processo 1995/8775-1).