

## Uso de GPS em Projetos Rodoviários

Prof. Dr. Daniel Carneiro da Silva <sup>1</sup>

Eng. José Theodózio Netto <sup>2</sup>

Prof. Msc Adeildo Antão dos Santos <sup>3</sup>

Departamento de Engenharia Cartográfica - UFPE  
50.740-530 Recife PE

<sup>1</sup> ✉ [danielcs@npd.ufpe.br](mailto:danielcs@npd.ufpe.br)

<sup>3</sup> ✉ [aasantos@npd.ufpe.br](mailto:aasantos@npd.ufpe.br)

<sup>2</sup> ATP Assessoria, Tecnologia e Planejamento

✉ [theodozio@atpengenharia.com.br](mailto:theodozio@atpengenharia.com.br)

<b>Conteúdo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introdução</li> <li>2. Generalidades e Conceitos Básicos             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Recursos utilizados</li> <li>2.2. A Precisão e Exatidão dos Métodos de Rastreo</li> <li>2.3. Levantamentos usuais para projetos rodoviários</li> </ol> </li> <li>3. Levantamentos para Reconhecimento com uso de GPS</li> <li>4. Levantamentos para Ante Projetos e Projetos Básicos</li> <li>5. Levantamentos para Projetos Executivos</li> <li>6. Conclusões</li> <li>7. Referências Bibliográficas</li> </ol>
-----------------	---

**Resumo:** Os diversos levantamentos topográficos que são realizados como base para projetos rodoviários, embora obedecem hoje ainda em quase sua totalidade, os métodos convencionais especificados pelos contratantes, podem contar também com a importante contribuição dos métodos de levantamentos com GPS em todas as etapas. O uso de GPS é fácil e desde que se obedecem os procedimentos corretos de campo e de processamento, satisfaz à diferentes exigências de precisão. Esse trabalho mostra os resultados de uso prático de GPS em serviços típicos executados por empresa de projetos rodoviários, como a ATP Assessoria, Tecnologia e Planejamento Ltda, para serviços de reconhecimento, anteprojeto, projeto básicos e executivo. São também discutidos os procedimentos operacionais empregados e precisões obtidas no levantamento de diretrizes, poligonais de locação e perfis para cada fase. Os resultados mostraram que o uso de GPS auxilia sensivelmente algumas fases com significativos ganhos em precisão e produtividade, e pode substituir inteiramente os procedimentos convencionais em outras, principalmente nos projetos de melhoramentos e restaurações.

**Palavras chave:** GPS, topografia, especificações, projetos de estradas

**Abstract:** The surveying for roadway design have obeying the methods specified by contractors, almost on the time, conventional topographical procedures. Nowadays the high accuracy level and easy handle of GPS can help all part of these works and projects. The results of practical GPS use made by ATP Assessoria, Tecnologia e Planejamento Ltda in survey to route location, align and profile, in each roadway design phase as reconnaissance, preliminary design and final design, the methods applied and accuracy obtained are showing and commented. The final results of GPS experiences were very good in precision and productivity for some road project phases and they can replace the normal survey in others.

**Keywords:** GPS, survey, specifications, roadway design

### 1. Introdução

Os projetos de estradas, sejam de rodagem ou de ferro, utilizam os levantamentos topográficos como base de informações sobre o terreno onde serem lançados os diversos sub-projetos de terraplanagem, pavimentação, drenagem, obras de arte, sinalização, etc. As necessidades de precisão da topografia variam de acordo com a fase do projeto: anteprojeto ou projeto definitivo, ou conforme o nível de detalhamento: projeto básico ou executivo.

De uma maneira geral esses levantamentos topográficos são executados segundo especificações próprias das entidades contratantes, com por exemplo as do DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) (DNER, 1999). Essas normas descrevem os equipamentos necessários, procedimentos de medição de direções e ângulos, amarrações, controle planimétrico e altimétrico, para a topografia convencional e faz alguma referência ao sistema de posicionamento com rastreadores GPS. O GPS pode ser usado com grandes vantagens para o transporte de coordenadas, com o método de observação estático. Porém os procedimentos de levantamentos cinemáticos e semi-cinemáticos podem ser usados em várias etapas nas quais utilizava-se apenas a topografia convencional. Inclusive já existem normas preliminares para rastreo com GPS para fins de controle geodésico e levantamentos topográficos no Brasil (IBGE, 1992) e várias internacionais (BLM, 2001; ICSM, 2000; LINZ, 1988; FGCC, 1988). Também o GPS já vem sendo usado como auxiliar em atividades de atualização de mapas rodoviários e mapeamento cadastral (Nabed, 2002).

No âmbito das empresas de consultoria em projetos rodoviários, além da necessidade de disporem de levantamentos rapidamente, ainda é comum a carência de mapas em escala adequada (média e grande) e quando existem podem ser bastante desatualizados. Dessa forma o GPS pode e vem ajudando a resolver esses problemas.

Esse trabalho mostra alguns exemplos do uso das técnicas de levantamentos cinemático (navegação com código e diferencial com portadora), semi-cinemático (*stop and go*) e estático com o GPS para levantamentos de reconhecimento, anteprojeto e projeto de estradas, e discute as questões da exatidão e precisão necessárias para cada uma delas e os resultados obtidos.

## 2. Generalidades e Conceitos Básicos

### 2.1. Recursos utilizados

Os equipamentos utilizados foram os seguintes:

- 01 conjunto de rastreador GPS para 12 canais de código C/A e portadora L1, formado por um aparelho da marca SIGHTGPS Modelo GTR1 usado como base e um da marca VIASAT GEO TECHNOLOGIES modelo LOKTOR-LITE usado como móvel.
- 01 programa de processamento EZ-SURV da VIASAT GEO TECHNOLOGIES
- 01 programa de processamento GPSURVEY da TRIMBLE

Os dois rastreadores coletam e geram dados diretamente no formato compatível com o programa EZ-SURV. Para usar programa GPSURVEY é necessário converter antes os dados para o formato RINEX. O uso de dois programas serviu para comparar as precisões nominais entre os relatórios de pós processamento do método estático-rápido.

### 2.2. A Precisão e Exatidão dos Métodos de Rastreo

Os níveis de precisão e exatidão obtidos com posicionamento usando GPS podem ser superior a 1000 vezes as técnicas convencionais da topografia e geodésia. Porém aqueles levantamentos necessitam de sérios cuidados no planejamento, coleta e processamento dos dados, e devem ser usados com o máximo de cautela, simplesmente porque a aparente precisão informada no relatório do programa pode conter erros sistemáticos que só são descobertos caso o levantamento seja repetido. É por estas razões que apesar de seu alto grau de precisão ainda existem restrições em alguns locais ao seu uso para medições de propriedades, por exemplo como na Austrália (ICSM,2000).

Os nomes dos métodos de rastreo variam na literatura especializada, mas de modo geral podem ser divididas em navegação, estática e métodos rápidos (rápido-estático, pseudo-cinemático, stop&go ou intermitente e cinemático). O processamento pode ser efetuado posteriormente ou em tempo real como nos métodos DGPS, PDGPS e RTK. O método de levantamento em tempo real como o RTK (Real Time Kinematic) , também está sendo utilizados com bastante sucesso para levantamentos, locação e controle de obras , mas necessita de equipamentos mais caros, com rádio e telemetria, que transmitem e recebem correções para as coordenadas do receptor móvel e realiza seu processamento instantaneamente. Vale lembrar que os programas de processamento não contemplam todos os métodos conhecidos, portanto antes de escolher um procedimento, deve-se partir dos manuais de operação e depois estudar mais detalhes em outras fontes, por exemplo Santos(2001) ou Seeber&Romão(1997).

As mais altas precisões são obtidas pelo método estático, contudo as técnicas de rastreo rápidas também podem ser aplicadas a projetos de engenharia. Nesse caso sugere-se que os pontos levantados sejam ligados a uma rede local de controle (ICSM, 1998) ou que os procedimentos sejam testados em uma rede de pontos com coordenadas conhecida (Svabensky & Weigel, 2002). A discussão completa desta questão é muito extensa e pode ser consultada nas referências bibliográficas.

De modo geral sabe-se que a precisão e exatidão de um levantamento GPS é proporcional ao tempo de rastreo; ao número e geometria de satélites observados (número, ângulo de elevação, indicadores DOP); depende ainda da geometria da rede (número mínimo de bases independentes, número mínimo de re-ocupações em todas ou parte das estações, distâncias à base); de condições atmosféricas estáveis e similares nos receptores base e itinerante; da qualidade dos rastreadores (número de canais, qualidade do sinal captado e antena com centro de fase conhecido), dos recursos do programa de processamento (inicialização estática e em movimento, solução quanto às ambigüidades) e ausência de obstáculos em volta. Por todas essas razões não existe uma receita que garanta sempre, sob quaisquer condições, o sucesso de um levantamento com GPS principalmente pelos métodos rápidos.

A precisão para fins desse trabalho será igual ao desvio padrão informado pelo programa de processamento para as coordenadas planimétricas e altimétricas. Deve-se lembrar que um desvio padrão tem apenas 68% de confiabilidade para observação 1D, 39% para 2D e apenas 20% para 3D (ICSM, 2000).

A exatidão de um levantamento com GPS, referindo-se com o erro absoluto da posição de um ponto em relação a um ponto vizinho, envolve ajustamento de rede e os erros da própria rede de referência. No caso da rede brasileira do SGB (Sistema Geodésico Brasileiro) sabe-se que existem deslocamentos de até 15,0m quando são comparadas coordenadas de ajustamentos anteriores com a realização de 1996 (IBGE, 2002).

Para maiores detalhes sobre análise de precisão de um levantamento com GPS devem consultados os manuais dos programas de processamento, autores como Seeber(1993), Leick(1990), Hofmann(1992) ou normas como ICSM(2000).

### 2.3. Levantamentos usuais para projetos rodoviários

A classificação adotada para os levantamentos topográficos usados em projetos rodoviários, é o que determina os níveis necessários de precisão e detalhamento para cada caso. Nesse trabalho será considerada a seguinte classificação:

- levantamentos para reconhecimento;
- levantamentos para ante-projeto ou projeto básico;
- levantamento para projeto executivo.

Cada um desses tipos tem particularidades próprias, para os quais o GPS pode ser empregado, usando-se um, ou mais de um, dos

métodos de levantamentos com pós-processamento: estático, semi-cinemático ou cinemático.

### 3. Levantamentos para Reconhecimento com uso de GPS

Os levantamentos para reconhecimento são aqueles destinados a fornecerem a descrição topográfica da região de uma rodovia que será objeto de implantação, melhoramentos ou recuperação, como também para dar os elementos para os estudos de possíveis alternativas de traçados (ou variantes).

Para esse reconhecimento, as empresas buscam todo o material cartográfico existente da área como mapas, imagens de satélites e fotografias aéreas. Quando existem é comum estarem com até dezenas de anos desatualizados, dos quais só se aproveita a altimetria e os acidentes geográficos mais importantes. Sob essas condições, identificar caminhos ou outras obras no campo é muito difícil e leva a erros, cuja descoberta e correção implica em perda de tempo. Deve-se salientar que uma das aplicações do reconhecimento é a preparação de documentos para licitações, onde o tempo disponível, via de regra, é muito curto.

O uso de GPS, mesmo de baixa precisão como o de navegação, portanto é adequado para a tarefa de identificação e confirmação de que o caminho percorrido foi o desejado. O erro posicional de navegação com código C/A sem a Disponibilidade Seletiva em torno de 30,0 m é compatível com erro de leitura em cartas na escala 1:100.000.

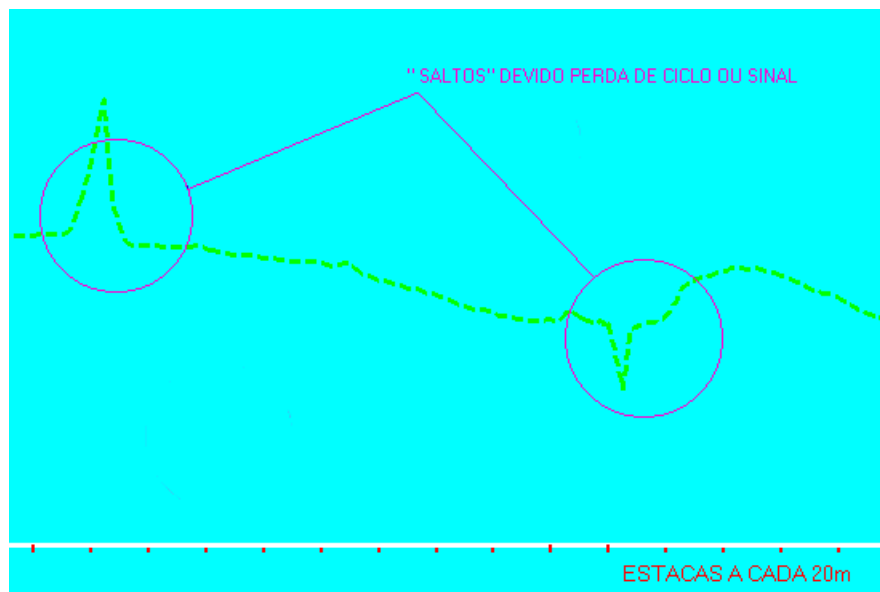
Usando-se o posicionamento cinemático, com receptor de uma frequência (L1) e pós processamento a precisão nominal pode variar de 0,2m a 1,0m com a base até 50km.

Como muitas vezes não é possível montar uma base pode-se usar os dados das bases do INCRA da RIBAC (Rede Incra de Bases Comunitárias de GPS) disponível no endereço URL <http://ribac.incra.gov.br/>; do IBGE da RBMC ( Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo ) disponível no endereço <http://www.ibge.gov.br/home/geografia/geodesico/rbmcpesq.shtm>; ou de outras instituições públicas estaduais ou empresas privadas já espalhados por todo Brasil. Nesses casos as bases situam-se até 300km de distância e pode-se esperar menor qualidade no levantamento, embora ainda possa ser útil. para fins de reconhecimento.

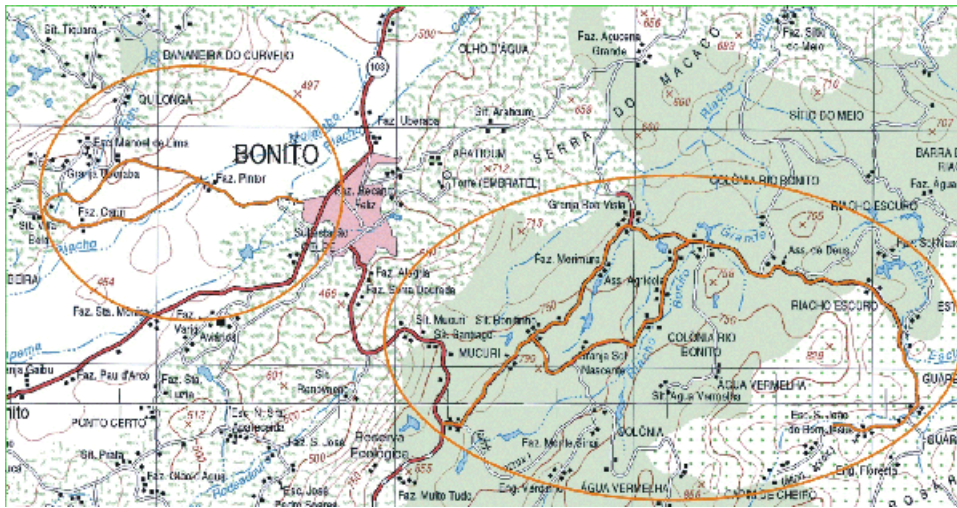
O procedimento adotado para rodovias destinadas a projetos de melhoramentos é percorrer o trecho em veículo com antena no teto ou em bastão preso à porta. Trechos curtos podem ser percorridos também a pé. Os cuidados a serem tomados são manter a antena na horizontal e não perder o sinal de no mínimo cinco satélites. Com velocidades acima de 30km/h é comum a perda de sinal sob árvores e entre cortes altos. Quando isto ocorre é necessário a *re-inicialização*, que varia conforme o programa de processamento. No presente caso era necessário parar o veículo imediatamente após o obstáculo, aguardar a sintonização de cinco satélites e rastrear de dois a três minutos, antes de recomençar o movimento.

Os levantamentos de trechos com o método cinemático mostram perfis e eixos de alinhamento que reproduzem bem a realidade de campo, mas nos trechos onde ocorre perdas de ciclos ou de sinal aparecem "saltos" principalmente nos perfis (Figura 1). Os "saltos" também aparecerem muito nos levantamentos *stop-and-go*, coincidindo com as paradas para registro de pontos notáveis da rodovia como cruzamentos e pontes. A conclusão é que na impossibilidade instalação de base próxima (até 10km) é melhor fazer o percurso de ida com as paradas (*stop-and-go*) e a volta sem interrupções (cinemático puro).

A figura 2 mostra um levantamento executado com a finalidade de reconhecimento de estrada vicinal efetuado na zona rural do município de Bonito em Pernambuco. O estudo das variantes pôde ser realizado facilmente analisando-se a extensão e o perfil de cada um. A seqüência de pontos após o processamento, é capaz de gerar linhas contínuas com os recursos de CAD do Programa EZSURV. Essas linhas podem ser exportadas em arquivos no formatos do programa MICROSTATION ou AUTOCAD. A base situava-se a distância de 80,0km, taxa de rastreo de 5s, ângulo de elevação de 15°, e a precisão nominal das coordenadas **E** e **N** obtida variou entre 0,40m e 1,6m.



**Figura 01:** Variação brusca de altitude provocada por perdas de ciclo ou sinal em levantamento com o método cinemático de trecho da BR 101



**Figura 02:** Levantamento de reconhecimento de estradas viciniais com o método cinemático

#### 4. Levantamentos para Ante Projetos e Projetos Básicos

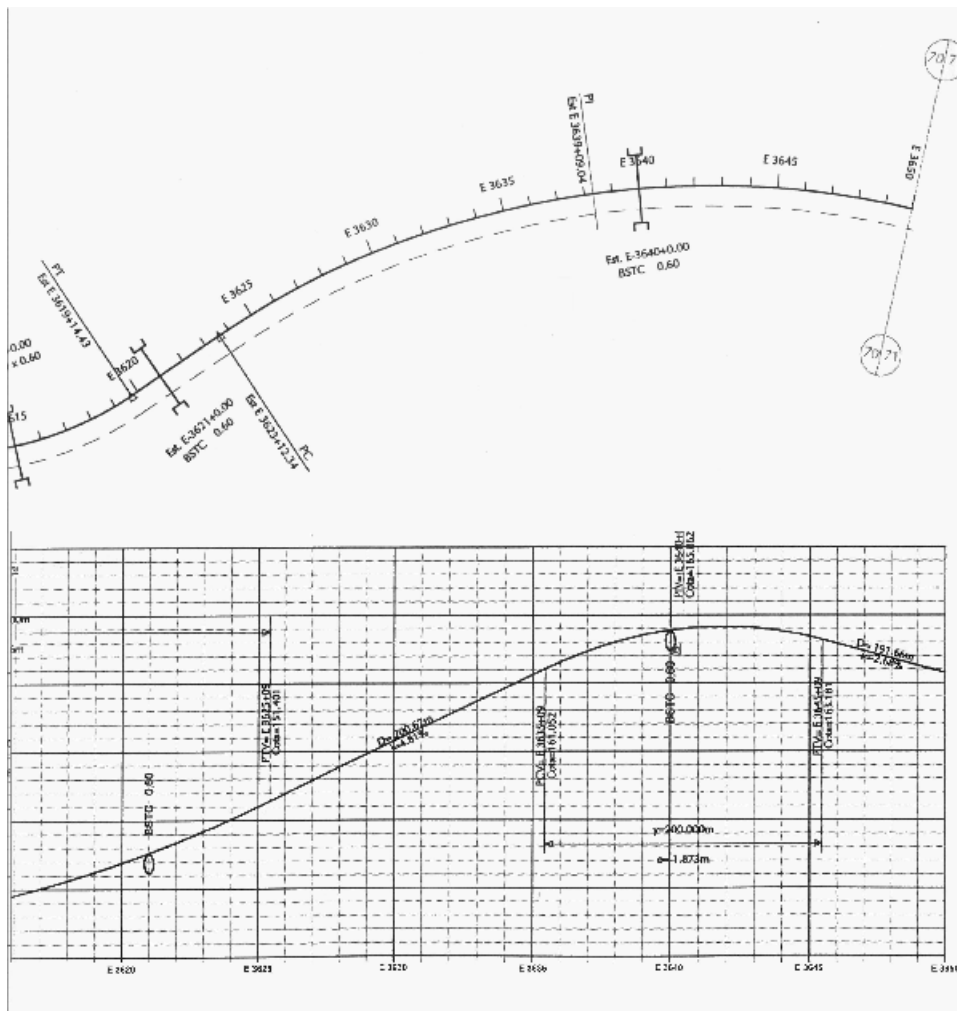
As principais finalidades de ante projetos e projetos básicos de estradas são fornecer estimativas de custos e identificar possíveis problemas construtivos especiais. Esses problemas podem tornar uma obra inviável até que se descubra uma alternativa mais econômica ou que o benefício justifique os custos extras. Sendo assim as especificações dos serviços topográficos para esses projetos são bastante tolerantes permitindo por exemplo nivelamento trigonométrico e uso de estimativa de volume por cotas "vermelhas" (diferenças de cotas entre terreno e projeto consideradas constantes em cada seção)

Para esse nível de precisão o método cinemático com pós processamento é capaz de atender tanto para a planimetria como para a altimetria.

Os resultados da precisão do posicionamento planimétrico varia de sub centimétrico a sub métrico conforme a solução encontrada seja fixa , flutuante ou pseudo range, e da distância à base. Mesmo o altimétrico que tem precisão menor, de duas a três vezes o planimétrico, ainda atende bem às necessidades acima citadas. Deve-se lembrar que a precisão informada é aquela obtida para ponto individual e que o erro relativo entre um ponto e o vizinho é menor, pois a diferença de tempo a coleta de cada ponto é 1s, 5s ou 10s e as condições gerais de rastreo (geometria da posição dos satélites e condições atmosféricas) são similares.

O uso desses métodos de levantamentos de menor precisão com GPS para os projetos preliminares de estradas são suficientes. Como já comentado, os erros de posicionamento absoluto não são acumulativos e os erros entre pontos sucessivos é menor, não prejudicando as estimativas de volume de terraplanagem. A questão da altimetria obedece o mesmo raciocínio: mesmo o GPS não fornecendo alturas ortométricas o que interessa é o desnível relativo entre pontos próximos. Com velocidades em torno de 60km/h a distância entre os pontos sucessivos ficam entre 15,0 e 20,0m, portanto dentro do espaçamento usado entre estacas nos projetos de estradas.

A figura 3 mostra em planta e perfil trecho da Rodovia BR 101 obtido com levantamento cinemático, levantado para fins de estudos preliminares de viabilidade de duplicação. As curvas da figura 3 foram ajustadas às curvas do levantamento e com isso foi possível obter todas as características geométricas da pista existente. Para uma base fixa com distância máxima de 5,0km a precisão nominal planimétrica para coordenadas dada pelo programa EZ-SURV foi de 10,0 a 50,0cm.



**Figura 03:** Exemplo de levantamento efetuado com o método cinemático para projeto básico

## 5. Levantamentos para Projetos Executivos

Os projetos executivos de estradas usam levantamentos topográficos, eixos, poligonais, cadastro, que devem ter precisão dos detalhes planimétricos na ordem de centímetros e altimétrico da ordem de milímetros. As técnicas de levantamentos com GPS, podem atingir facilmente essas exigências e foram testados os métodos estático e rápido-estático para fins de controle da locação, visto que a análise da produtividade no campo para levantamento do cadastro da faixa de domínio, não mostrou ser vantajoso o uso de GPS.

Num levantamento convencional a coleta de cada ponto de interesse do terreno leva de poucos segundos (medição em si) a poucos minutos (deslocamento do porta prisma e identificação do ponto), enquanto com o GPS a coleta de pontos no rápido-estáticos demora bem mais (5 min no mínimo) e é difícil posicionar a antena sob telhados ou marcar árvores. O uso do método rápido estático com rastreamento em cada ponto de poucos minutos, como se discutirá mais adiante não pareceu confiável. Sendo assim o uso de GPS para o cadastro detalhado de toda a faixa de domínio do projeto ainda necessita de melhor experimentação, embora já existam algumas normas para uso de GPS em cadastro de imóveis (BLM,2001).

O uso potencial do GPS em projetos de estradas é como ferramenta para controle do eixo de locação do projeto. O controle de

poligonais de exploração ou de locação deve ser feito a partir da rede de triangulação de primeira ordem do IBGE. A partir dessa rede a norma do DNER prevê implantação de uma poligonal básica com marcos a cada 10 km e em seguida uma poligonal secundária cujas especificações constam do Quadro 1. A essa poligonal secundária deve ser amarrada à poligonal de exploração ou locação. O transporte de coordenadas a partir dos vértices de primeira ordem é uma tarefa difícil: muitos foram destruídos, nem sempre existe rede a uma distância praticável e o serviço é muito demorado e complexo que exige conhecimentos de geodésia por parte do topógrafo. Sem esse controle em poligonais abertas é impossível saber quais os erros de fechamento linear e azimutal. A seguir serão comentadas algumas especificações de precisão de levantamentos topográficos para estradas para deixar claro como o GPS pode facilmente suprir as mais rigorosas exigências.

A especificação para a poligonal de exploração ou locação não é explícita pelo DNER mas o padrão de precisão relativa após o ajustamento de 1:5.000 parece adequado. As especificações de serviços topográficos, segundo o IBGE (IBGE, 1998) ou mesmo normas americanas do FGDC-Federal Geodetic Control Committee (FGDC, 1998), para locação de obras importantes são 1:20.000 e para obras menores 1:5.000. A norma da ABNT NBR 13133/1994-Execução de Levantamento Topográfico não cita a precisão relativa mínima para projetos e obras, mas as tolerâncias angulares e lineares são menores que as do IBGE, conforme mostra o Quadro 2.

Especificamente para estradas a tolerância angular para a linha de exploração é dada por (Carvalho, 1973, p. 80):

$$T = 2 \times \epsilon \sqrt{n}$$

em que T é a tolerância em segundos;

$\epsilon$  a precisão do instrumento em segundos.

Quadro 1. Especificações do DNER para poligonal secundária para projetos executivos de estradas

<b>PLANIMETRIA</b>	Fechamento	angular	$E=8'' \sqrt{n}$
		linear	$E=1:10.000$
<b>NIVELAMENTO</b>	Erro Médio em 1 km	$E_m < 2\text{mm}$	
	Tolerância	$10\text{mm}\sqrt{D}$	

E, erro tolerado; n, número de vértices; D, distância em km

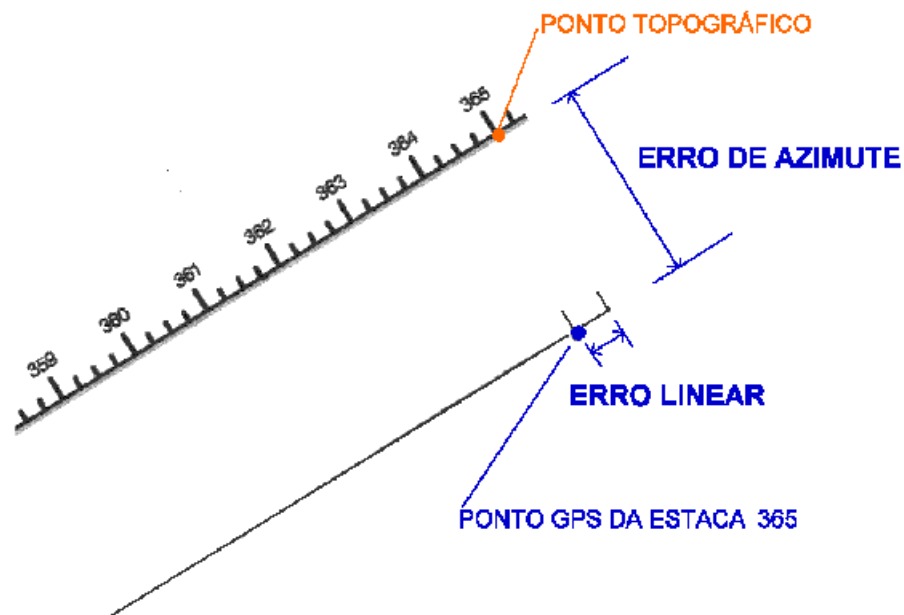
Quadro 2. Especificações de Serviços Topográficos para Obras de Engenharia segundo IBGE (IBGE, 1998) e normas americanas (FGDC, 1998) aplicáveis à estradas

<b>INSTITUIÇÃO</b>	<b>Critério</b>	<b>Tolerância</b>
<b>IBGE FGDC</b>	Fechamento em azimute Fechamento coordenadas Nivelamento geométrico Erro relativo máximo	$E = 8''/\text{estação}$ ou $20''\sqrt{n}$ $E = 0,8\text{m}\sqrt{D}$ Em uma seção $E = 12\text{mm}\sqrt{D}$ Acumulado $E = 10\text{mm}/\text{km}$ 1:5.000
<b>ABNT</b>	Fechamento em azimute Fechamento coordenadas Nivelamento geométrico	$E = 15''\sqrt{n}$ $E = 0,3\text{m}\sqrt{D}$ $E = 12\text{mm}\sqrt{D}$

O levantamento de pontos estáticos, no início e final do trecho além de pontos intermediários, com rastreamento de GPS, é relativamente fácil e a precisão alcançada é suficiente para o controle. O pós processamento pode fornecer coordenadas com erro de 1 a 5cm para linhas de base de até 30km (erro relativo de 1:600.000 no pior caso), medidas durante uma hora, com receptor até 30,0km da base (Holfmann, 1993).

Os levantamentos para efetuados com GPS normalmente usam o sistema de projeção UTM, como sistema de referência, no qual são obtidas as coordenadas planimétricas E e N. Nesse caso, deve-se ter alguns cuidados quando são comparadas as medidas de campo, efetuadas com distanciômetros ou estações totais, com as distâncias calculadas por diferenças de coordenadas dadas pelo GPS. É necessário corrigir as distâncias dadas pelo GPS do fator de deformação de escala da projeção UTM, que varia conforme a latitude e pode chegar a 98,0cm por quilômetro (erro relativo aproximado de 1:1.000) próximo ao Equador (Philips, 1997). A deformação de escala varia muito também conforme a posição do ponto em relação ao meridiano central.

Usando essa metodologia de posicionamento estático, a ATP testou trabalho topográficos de locação na rodovia BR 101 no Rio Grande do Norte entre Natal e a fronteira RN/PB. As coordenadas de pontos GPS foram obtidos com rastreamento de uma a duas horas, base com distância máxima de 40km e precisão nominal de 10 a 20 cm. A figura 4 mostra a extremidade de um dos subtrechos controlados com pontos GPS. O erro absoluto linear, entre a extensão medida por topografia e a posição da estaca 365, após a correção do azimute, foi de 9,12m em 7.300,00m, isto é, erro relativo de 1:800 acima do permitido de 1:5.000. O afastamento lateral entre os pontos GPS e topográfico da estaca 365 ocorreu devido a erro no azimute de partida e em medidas de três deflexões. O erro acumulado de 26' também estava bem acima do tolerado.



**Figura 04:** Exemplo de Controle de poligonal locada por topografia com pontos GPS

Ainda com o objetivo de efetuar levantamento para controle de trabalho contratado, foram realizados testes com o método rápido-estático. Observou-se o tempo de 5 min de rastreo em cada ponto com a base no máximo a 5km. Os dados coletados foram processados com os programas EZ-SURV e GPSURVEY. As coordenadas obtidas com os dois programas eram comparados entre si e colocados também na planta topográfica. Verificaram-se discrepâncias entre as coordenadas obtidas pelos dois programas, conforme a Tabela 1, que mostra alguns dos resultados e os vetores de diferenças entre as coordenadas planimétricas. Enquanto a maioria têm diferenças pequenas e até desprezíveis (por exemplo, pontos M33 e M35); alguns chegaram a mais que 7,0 m (pontos M37 e M39). Como os dados são absolutamente os mesmos era se esperar que as diferenças sempre fossem nulas ou extremamente pequenas. A verificação dos maiores erros foi realizada com a identificação dos pontos na planta topográfica, tomada como referência. Em alguns pontos o erro maior foi do programa EZ-SURV, em outros foi do GPSURVEY.

Os resultados desse teste para aplicações em projetos de estradas não são conclusivos, e o tempo de rastreo foi inferior ao mínimo estipulado pelo DNER de 10min, mas serve para mostrar que é necessário ter cuidado com os levantamentos rápidos e seguir rigorosamente todos os procedimentos recomendados, como já citado anteriormente, e se possível realizar testes em uma rede de pontos de coordenadas conhecidas com grande exatidão, antes de adotar um procedimento de levantamento com objetivos mais rigorosos em exatidão.

Tabela 1. Vetor formado por diferenças entre coordenadas obtidas com os programas EZ-SURV e GPSURVEY, de mesmos dados, de pontos levantados com o método rápido estático.

PONTO	COORDENADAS GPSURVEY	COORDENADAS EZ-SURV	VETOR DE ERRO		
M33	9104518,879	285158,982	9104518,865	285158,975	0,0156
M34	9103586,033	285278,525	9103586,019	285278,517	0,0161
M35	9102692,511	285672,490	9102692,497	285672,483	0,0156
M36	9101741,962	285902,262	9101741,948	285902,255	0,0156
M37	9100777,320	285709,437	9100770,312	285716,412	9,8875
M38	9099887,513	285462,279	9099887,499	285462,272	0,0156
M39	9098038,999	286074,729	9098033,368	286079,616	7,4559
M41	9097154,834	286366,641	9097154,820	286366,634	0,0156

## 6. Conclusões

Os métodos de levantamentos com GPS são um auxiliar poderoso nos estudos e projetos rodoviários.

Nesse trabalho foram mostrados as vantagens e ganhos de produtividade do uso do GPS em levantamentos de reconhecimento (navegação e cinemático), em levantamentos de menor precisão (cinemático e *stop&go*) que são usados como base para projetos preliminares e em levantamentos mais rigorosos (estático), para o controle de levantamentos topográficos dos projetos executivos.

Foram discutidas as técnicas de levantamento cinemático, semi-cinemático e estático usadas em situações práticas, mostrando as precisões requeridas e os resultados alcançados, que comprovaram serem adequados aos estudos e projetos de estradas, tanto para fornecer dados (coordenadas e distâncias) diretamente, como para suprir deficiências de bases cartográficas e servir como elementos de controle dos levantamentos topográficos.

O uso de GPS em projetos executivos mostrou-se mais adequado para a implantação de poligonal de controle (poligonal secundária, segundo normas do DNER) e para o controle de serviços contratados de topografia, devido a facilidade com que são obtidos coordenadas com grande precisão com o método estático. Já para o levantamento cadastral completo da faixa de domínio os métodos topográficos ainda parecem ser os mais indicados.

## 7. Referências Bibliográficas

**BLM:** *Standards and Guidelines for Cadastral Surveys Using Global Positioning Methods, Version 1.0.* Washington : United States Department of Agriculture-Forest Service, United States Department of the Interior- Bureau of Land Management. 2001.

**Carvalho, M. P:** *Curso de Estradas.* Rio de Janeiro: Editora Científica. 1973.

**DNER:** *Diretrizes Básicas para elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários.* Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. 1999.

**Espartel, L:** *Curso de Topografia.* Porto Alegre: Editora Globo. 1973.

**FGCC:** *Geometric Geodetic Accuracy Standards and Specifications for Using GPS relative Positioning Techniques.* Rockville, EUA: Federal Geodetic Control Committee. 1988.

**Hofmann-Wellnhofer, B; Lichtenegger, H; Collins, J:** *GPS Theory and Practice.* New York: Springer-Verlag.1992.

**IBGE:** *Especificações e Normas Gerais para Levantamentos -Coletânea das Normas Vigentes Geodésicas.*Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Geociências, Departamento de Geodésia.1998.

**IBGE:** *Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS (Preliminares).*Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Geociências, Departamento de Geodésia.1992.

**IBGE:** *Sistema de Referência.*Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Geociências, Departamento de Geodésia. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geografia/geodesico/sisref.pdf>. Arquivo capturado em 03.2002.

**ICSM:** *Standards and Practices for Control Surveys (SP1), ICSM Publication no 1.* Belconnen,Australia: Inter-Governmental Advisory Committee on Surveying and Mapping. 2000.

**Leick, A:** *GPS Satellite Surveying.* New York: Wiley.1990.

**LINZ:** *GPS Guidelines for Geodetic Control Surveys OSG Standard 3.* Wellington, Nova Zelândia: Land Information New Zealand. 1988.

**Nabed, A. N. et al:** *Some GPS Guidelines and Recommendations for Large-Scale Applications.* In: XXII FIG International Congress, Washington april 2002. Frederiksberg, Dinamarca: International Federation of Surveyors (FIG). 2002.

**Parkinson, B. W; Spilker, J. J (Eds):** *Global Positioning System: Theory and Applications- Volume I.* Reston, EUA: American Institute of Aeronautics and Astronautics. 1996.

**Philips, J.:** *A Projeção Geodésica de Gauss e as Coordenadas* **GEODÉSIA online**, 4/1997. Disponível em <http://geodesia.ufsc.br/geodesia-online/arquivo/GO-1997-4.htm>

**Santos, A. A:** *Geodésia Elementar Princípios de Posicionamento Global-GPS.* Recife: Editora Universitária. 2001.

**Seeber,G:** *Satellite Geodesy, Foundations, Methods, and Applications.* New York: Valter de Gruyter . 1993.

**Seeber,G; Romão,V. C:** *Princípios Básicos do GPS nas Medições Geodésicas.* **GEODÉSIA online**, 2/1997. Disponível em <http://geodesia.ufsc.br/geodesia-online/arquivo/GO-1997-2.htm>

**Svabensky, O; Weigel, J:** *Accuracy Management in GPS Engineering Applications.* In: XXII FIG International Congress, Washington april 2002. Frederiksberg, Dinamarca: International Federation of Surveyors (FIG). 2002.