

# Implantação de uma Rede de Referência Cadastral no Campus da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC-USP) de acordo com a NBR 14166

Prof. Dr. Ricardo Ernesto Schaal <sup>1</sup>  
Prof. Genival Corrêa de Souza <sup>2</sup>

<sup>1</sup> EESC-USP - Departamento de Transportes  
Rua Dr. Carlos Botelho  
São Carlos SP  
✉ [schaal@sc.usp.br](mailto:schaal@sc.usp.br)

<sup>2</sup> UEFS (BA) - Departamento de Tecnologia  
Br 116 Km 03  
Feira de Santana BA  
Mestrando em Transportes na EESC-USP - São Carlos SP  
✉ [gcorrea@uefs.br](mailto:gcorrea@uefs.br)  
✉ [gcorrea@sc.usp.br](mailto:gcorrea@sc.usp.br)

<b>Conteúdo</b>	<p><b>1 Introdução</b></p> <p><b>2 Estruturação e Implantação da Rede de Referência na EESC</b></p> <p><b>2.1 Referências Planimétricas</b></p> <p><b>2.2 Referências Altimétricas</b></p> <p><b>2.3 Estratégia adotada para Implantação da Rede</b></p> <p><b>2.3.1 Observações com o GPS</b></p> <p><b>2.3.2 Poligonais topográficas</b></p> <p><b>2.3.3 Rede Altimétrica</b></p> <p><b>2.3.4 Materialização dos pontos da rede</b></p> <p><b>3 Considerações Finais</b></p> <p><b>4 Bibliografia Consultada</b></p>
-----------------	--

**Resumo:** Este trabalho apresenta os procedimentos de implantação de uma rede de referência cadastral no Campus da EESC-USP, área totalmente urbanizada e completamente integrada ao espaço urbano da cidade de São Carlos, SP, que pode servir de modelo para trabalhos desta natureza em grande parte das pequenas cidades brasileiras. Concluiu-se que é possível atender as especificações da NBR 14166 relativas à geometria, densidade, precisão, monumentação e documentação dos pontos de referência planimétricos e altimétricos. Enfatiza-se a necessidade de que os profissionais da área adotem os critérios da norma independentemente da lei municipal.

**Palavras chave:** Rede de Referência, Cadastro, Aplicação de GPS.

**Abstract:** This work presents the procedures to install the reference survey network at the EESC Campus to serve as a scale model for similar projects in Brazilian county. The terrain of the Campus is mostly covered by buildings and paved streets and can be thought as a small town, integrated to São Carlos City. The paper results shows that is possible to follow the NBR 14166 specifications which deals with the geometry, density, monuments and logging of the altimetric and planimetric reference points. It is important to present for the professionals, which work in this field, adopt the norm criterias, indenpendetely from any municipal law in a future unification.

## 1 Introdução

No Brasil existem 5.507 municípios e dentre eles, cerca de 91% possuem até 50 mil habitantes, cerca de 8% têm entre 50 e 300 mil, e apenas 1% tem mais de 300 mil ( IBGE, 1999). Não é raro encontrar localidades que não dispõem sequer de uma planta básica dos levantamentos, quando existem quase sempre não estão amarradas a um sistema único de referência que permita a amarração dos levantamentos topográficos em geral.

Vários fatores têm contribuído para esta situação: cultura do administrador público; o custo elevado para as administrações públicas; a falta de instrumentos normativos específicos que disciplinassem a realização de levantamentos topográficos e a implantação e manutenção de redes de referência cadastrais municipais.

Na última década ocorreram vários fatos que têm contribuído para superar essas dificuldades. São eles: o sistema GPS como ferramenta econômica e precisa na determinação de coordenadas; a NBR 13133 que fixa as condições exigíveis para a execução de levantamentos topográficos em geral e a NBR 14166 que fixa as condições exigíveis para implantação de uma rede de referência cadastral.

O GPS, como veremos neste trabalho, tem facilitado, pela diminuição de custos e simplicidade de operação, a densificação do apoio geodésico básico necessário para a implantação de redes de referência cadastrais municipais em regiões remotas do nosso Brasil.

A despeito da NBR 14166 fixar diretrizes gerais e critérios de aceitação rigorosos nos trabalhos de implantação da Rede de Referência de Cadastro Municipal - RREFCM, muitas são as variações possíveis quanto aos procedimentos para sua implantação e dependem das características de cada localidade. Particularmente a geometria da rede no espaço urbano, depende dos elementos como o sistema viário, tipo de edificações, arborização entre outros aspectos, e é necessário um planejamento cuidadoso para definir a estratégia de implantação da rede.

Neste trabalho apresentamos a implantação de uma rede de referência cadastral no Campus da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC. O Campus é constituído de área totalmente urbanizada e, contando com uma Prefeitura própria, apresenta características parecidas de um grande número de pequenas cidades brasileiras. Desta maneira a estratégia utilizada para implantação desta rede poderá servir de modelo nos trabalhos desta natureza em grande parte dos municípios brasileiros.

## 2 Estruturação e Implantação da Rede de Referência na EESC

Trataremos aqui apenas dos elementos básicos da RREFC. Os elementos de densificação tais como "pontos topográficos secundários", "pontos de esquina" e outros(NBR 14166) encontram-se ainda em fase de implantação pela Prefeitura do campus da EESC.

### 2.1 Referências Planimétricas

Em função das características da área (geometria, tipo e disposição das edificações, existência de árvores, etc.) e especificações da NBR 14166, foi definido o arcabouço da rede de referência com os seguintes elementos:

4 "pontos geodésicos de apoio imediato" (NBR 14166), que formam 2 bases para os pontos topográficos. As coordenadas foram ajustadas a partir de uma rede de vetores obtidos com receptor GPS, marca Leica, modelo 9400, L1, utilizando-se método diferencial estático.

17 "pontos topográficos principais"(NBR 14166) formando duas poligonais distintas, obtidos com Estação Total, marca Wild, modelo TC 400 interligando os pontos geodésicos de apoio imediato. A determinação das coordenadas seguiram as especificações da NBR 13133 para poligonais IPRC tipo 3 .

### 2.2 Referências Altimétricas

A rede de referência altimétrica foi obtida por nivelamento geométrico, utilizando-se um Nível Wild, modelo N2 seguindo a norma NBR 13133 para nivelamento classe I N.

A "referência de nível de apoio imediato"(NBR 14166) foi implantada no ponto R004 da rede de referência planimétrica, a partir de RN 38W do IBGE localizada a 900 metros de distância. Todos os demais pontos da rede planimétrica foram nivelados a partir do ponto R004.

A Figura 1 apresenta os pontos de referencia geodésica e a rede planimétrica distribuídos no Campus da EESC.



Fig. 1 : Planta do campus da EESC com os pontos da RREFC

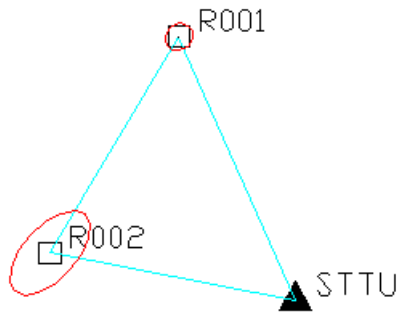
### 2.3 Estratégia adotada para Implantação da Rede

A rede foi implantada com as duas bases que definem os azimutes de partida e de chegada para as duas poligonais.

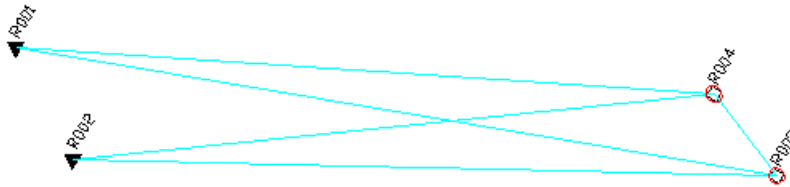
#### 2.3.1 Observações com o GPS

A coordenadas dos 4 pontos: R001; R002; R003 e R004 foram georeferenciadas a partir de um ponto (STTU) dentro do Campus, cujas coordenadas vieram transportadas a partir do vértice Pirassununga da Rede Geodésica do Estado de São Paulo (comunicação pessoal). Nestes 5 pontos foram observados 10 vetores independentes, configurando todas as combinações possíveis.

Inicialmente procedeu-se o ajustamento do triângulo de vértices R001-R002-STTU utilizando o software STAR-NET versão 5.1. A Figura 2 apresenta os vetores e as respectivas elipses de erro, exageradas em 500 vezes correspondente a 95% de confiança. Posteriormente, o ajustamento dos pontos R001-R002-R003 e R004, fixando os dois primeiros. A Figura 3 mostra esquematicamente os vetores utilizados com as elipses de erro exageradas 1000 vezes.



**Fig. 2 :** Vetores do ajustamento da base R001 a R002 e as respectivas elipses de erro.



**Fig. 3 :** Vetores do ajustamento da base R003 a R004 e as respectivas elipses de erro

A Tabela 1 apresenta as coordenadas topográficas obtidas, com os respectivos desvios padrão resultantes dos ajustamentos.

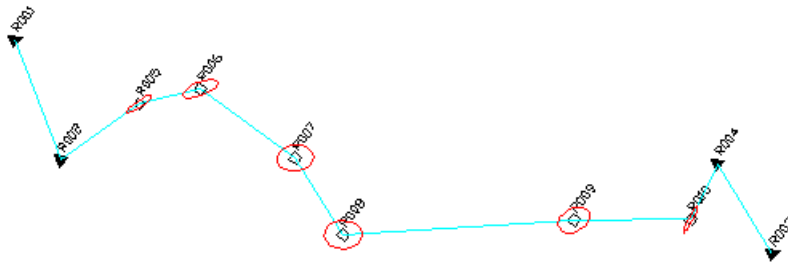
**Tabela 1 – Coordenadas ajustadas – Bases**

ESTAÇÃO	X	Y	Sx	Sy
R001	150000,000	250000,000	0,020	0,020
R002	149922,119	249875,269	0,006	0,006
R003	150328,816	249158,992	0,003	0,003
R004	150373,131	249271,120	0,004	0,004

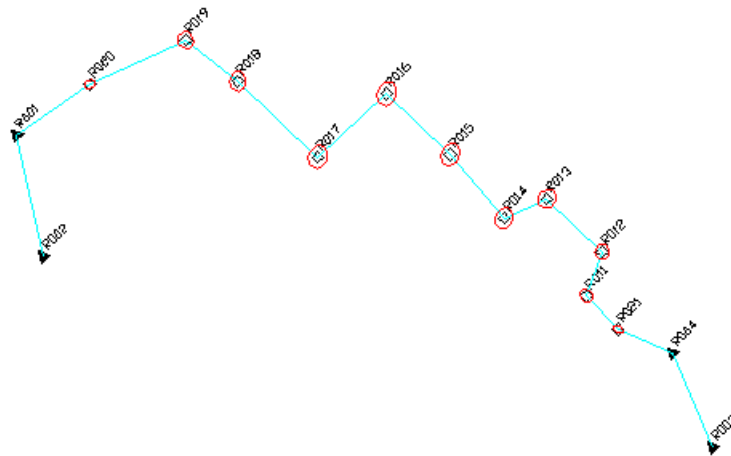
### 2.3.2 Poligonais topográficas

As poligonais ligando as bases formadas pelos pontos R001-R002 e R003-R004 foram implantadas atendendo as especificações da NBR 13133 para poligonais I PRC do tipo 3. A Estação Total utilizada possui precisão angular nominal de 10 segundos e precisão linear nominal - 5mm + 5ppm. Os resultados dos ajustamentos mostraram precisão compatível com as exigências da norma. Executou-se centragem forçada, três séries de leituras angulares nas posições direta e inversa da luneta utilizando como critério de rejeição a precisão nominal do instrumento. A cada visada efetuou-se uma correspondente medida de distância totalizando 12 medidas por lado. As distâncias foram corrigidas da refração com base nas medidas de pressão e temperatura.

As poligonais também foram ajustadas com o software STAR-NET, tendo como referências as coordenadas dos pontos R001-R002-R003 e R004. As figuras 4 e 5 apresentam o desenho das poligonais com as respectivas elipses de erro exageradas 250 vezes e 500 vezes respectivamente.



**Fig. 4 :** Poligonal ajustada de R002 a R004 e as respectivas elipses de erro.



**Fig. 5 :** Poligonal ajustada de R004 a R001 e as respectivas elipses de erro.

Foi adotado um plano local topográfico, segundo a norma 14166, centrado no ponto R001 e altura de referência 811,060 metros. As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados do ajustamento das duas poligonais.

**Tabela 2 – Coordenadas ajustadas – De R002 para R004**

ESTAÇÃO	X	Y	Sx	Sy
R005	150027,478	249842,274	0,005	0,004
R006	150083,344	249796,265	0,007	0,007
R007	150085,849	249661,663	0,008	0,008
R008	150049,029	249565,057	0,009	0,008
R009	150222,259	249363,952	0,007	0,006
R010	150303,301	249257,375	0,005	0,003

**Tabela 3 – Coordenadas ajustadas – De R004 para R001**

ESTAÇÃO	X	Y	Sx	Sy
R011	150347,981	249390,966	0,005	0,007
R012	150397,738	249415,334	0,007	0,007
R013	150395,078	249505,648	0,009	0,008
R014	150342,977	249525,018	0,010	0,009

R015	150350,201	249622,000	0,011	0,009
R016	150347,054	249727,281	0,011	0,010
R017	150236,327	249731,208	0,011	0,009
R018	150231,420	249861,693	0,009	0,009
R019	150221,582	249939,284	0,008	0,008
R020	150103,846	249981,729	0,006	0,004
R021	150346,742	249336,820	0,003	0,005

### 2.3.3 Rede Altimétrica

O nivelamento geométrico e contra nivelamento, a partir da RN do IBGE, foi realizado ao longo das ruas de São Carlos durante um fim de semana para evitar transtornos decorrente do elevado fluxo de carros. O nivelamento das poligonais foi realizado em único percurso fechado a partir do ponto R004. A Tabela 4 apresenta os erros de fechamento nos dois nivelamentos. A Tabela 5 apresenta as altitudes compensadas dos pontos da RREFC.

**Tabela 4 – Resumo de nivelamento**

Nivelamentos	Extensão Nivelada (m)	Erro fechamento (mm)	Tolerância(*) (mm)
Transporte RN	994	6	11,9
Poligonal	2238	13	17,9

(\*) Para poligonal I PRC da NBR 13133

**Tabela 5 – Altitudes da RREFC**

ponto	ALTITUDE	ESTAÇÃO	ALTITUDE
R001	811,060	R012	845,337
R002	806,930	R013	842,878
R004	849,981	R014	841,675
R005	816,745	R015	834,886
R006	820,404	R016	832,024
R007	826,803	R017	828,887
R008	828,416	R018	821,632
R009	842,611	R019	816,178
R010	847,115	R020	813,880
R011	845,554	R021	847,703

### 2.3.4 Materialização dos pontos da rede

Os pontos da rede foram materializados e monografados de acordo com as prescrições e modelos da NBR 13133. Foram utilizados marcos de concreto para os "pontos geodésicos de apoio imediato" R001, R002 e R004(Figura 7). Os demais pontos foram materializados com chapas metálicas de aço inoxidável fixado através de pinos com adesivo epoxi de alta aderência em bases estáveis de concreto tais como passeios, guias de passeio, soleiras, etc.(Figura 6)



**Fig. 6 :** Chapa de aço inoxidável fixada no passeio



**Fig. 7 :** Implantação de marco no terreno

### 3 Considerações Finais

Os resultados dos ajustamentos realizados confirmam a eficácia de se integrar GPS e Topografia clássica na implantação de redes de referência. Os desvios padrão das coordenadas georreferenciadas são da ordem de 1 cm o que mostra a qualidade dos dados para uma rede de referência para cadastramento urbano. Como foi dito na parte introdutória deste trabalho, o GPS se consolida cada vez mais como um excelente instrumento de topometria quando bem utilizado.

É necessário chamar atenção para alguns pontos importantes. Deve-se dar bastante atenção à escolha dos pontos definidores das bases. O ambiente urbano pode dificultar a localização de pontos livres de obstáculos aos sinais GPS bem como limitar a implantação de bases com o comprimento adequado à precisão desejada nos azimutes. Neste trabalho, limitado pelas próprias características da área, só foi possível estabelecer bases com cerca de 120 m. Esta distância está aquém do valor desejado, em vista da precisão normalmente alcançada pelo GPS. Para este caso, o erro estimado máximo do azimute geodésico de partida, em função do erro dos pontos GPS, é da ordem de 20 segundos. Em outras palavras, a RREFC estabelecida neste trabalho pode estar rotacionada no máximo de 20 segundos em relação ao Norte Geodésico. Em projetos de maior envergadura deve-se usar bases de no mínimo 500 metros.

Outra questão que deve ser ressaltada é a estratégia que foi adotada para o ajustamento das duas bases. No lugar de se ajustar todos os vetores de GPS simultaneamente foi utilizado o expediente de se ajustar uma base em relação ao ponto de junção e posteriormente ajustar a segunda em relação à primeira. Dessa maneira obteve-se elipses de erro bem inferiores em relação às obtidas pelo ajustamento global.

A NBR 14166 na seção 7, relativa a "Inspeção", enfatiza a necessidade de instrumento legal instituindo a RREFCM como obrigatória para os elementos geradores das informações territoriais. Sabemos que levará algum tempo a oficialização das Redes de Referência pela grande maioria dos municípios brasileiros. Este fato contudo, não impede que os profissionais da área possam adotar os procedimentos da norma. O trabalho que ora realizamos mostrou que os procedimentos especificados pela NBR 14166 relativos à geometria, densidade, precisão, monumentação e documentação dos pontos de referência planimétricos e altimétricos podem ser adotados sem custos muito elevados.

### 4 Bibliografia Consultada

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.**: *NBR 14166-Rede de referência cadastral municipal-procedimento*. Rio de Janeiro, 1998.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas.**: *NBR 13133-Execução de levantamento topográfico -procedimento*. Rio de Janeiro, 1994.

**Hofmann-Wellenhof, B.; Lichtenegger, H.; Collins, J.** : *Global positioning System - Theory and practice*. Springer-Verlag/Wien New York, 1997.

**Leica Brasil.**: *Manual de uso do sensor SR9400 e do programa SKI-L1*, São Paulo, 1997.

**Leica AG.**: *TC 400 User manual*. Heerbrugg, 1995

**Mikhail, E.M.; Gracie, G.**: *Analysis and Adjustment of Survey Measurements*, New York, 1981

**Philips, J.** (1996). *Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, II. Anais. p (II) 170-183. Florianópolis, 1996.

**Schaal, R. E.**: *Medições de deslocamentos em obras civis de grande porte com GPS. Proposta de metodologia de análise dos resultados e tratamento dos dados*. 118 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

**Schofield, W.**: *Engineering Surveying*, Oxford, 1993.

**Segantine, P. C. L.**: *GPS- sistema de posicionamento global*. EESC-USP, São Carlos, 1999.

**Star\*Net:** – *Least Squares Survey Adjustment Programs- User's Manual Addendum-* International Editions. Version 5 – Oakland, 1995.

**Tavares, P.:** *Evolução das técnicas de levantamento.* Revista InfoGeo, n. 04, p.62-63, 1998.

**Wild Heerbrugg.:** Wild N2 – Instruções para el empleo. Heerbrugg.

**Wolf, P. R.; Brinker, R. C.:** *Elementary surveying.* New York. Harper Collins College Publishers, New York ,1994.

[www.ibge.gov.br/cidades/mapas-25/01/2000](http://www.ibge.gov.br/cidades/mapas-25/01/2000)

