

Transporte e Locação da Linha Norte-Sul Geográfica Utilizando Diferentes Tecnologias

Prof. Dr. Jucilei Cordini ¹
Prof. M. Eng. Cláudio César Zimmermann ²
M.Eng. Sálvio José Vieira ³
Acad. Júlio Dutra Niero ⁴
Acad. Gerônimo Lima Rodrigues ⁴

¹ UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88040-900 - Florianópolis - SC
jucilei@gmx.net

² UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88040-900 - Florianópolis - SC
ecv1ccz@ecv.ufsc.br

³ UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88040-900 - Florianópolis - SC
ecv8sjv@ecv.ufsc.br

⁴ UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88040-900 - Florianópolis - SC
labcig@ecv.ufsc.br

Resumo: Este trabalho foi desenvolvido no Campus Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina, como tema de estágio no Laboratório de Ciências Geodésicas – LabCIG do Departamento de Engenharia Civil da UFSC. Foi implantado na cobertura da edificação do Laboratório de Energia Solar - LabSOLAR do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, um alinhamento, materializado por dois pinos de aço indicando a direção Norte-Sul Geográfica. Para o desenvolvimento dos trabalhos foram utilizadas duas tecnologias: Estação Total e GPS (Global Positioning System). Com a Estação Total, adotou-se o método polar por irradiação, para o transporte do azimute; com o GPS, empregou-se 4 (quatro) receptores L1, com tempo de rastreio de 40 minutos, no módulo estático. Como resultados do trabalho de campo, foi materializada a linha Norte-Sul através da cravação de dois pinos de aço na laje de cobertura da edificação do LabSOLAR, utilizando a estação total. No escritório, após o processamento dos dados levantados por GPS, no módulo diferencial, foi possível ratificar o correto posicionamento da direção Norte-Sul Geográfica e fazer um estudo comparativo das tecnologias empregadas.

Palavras chaves: Topografia Automatizada; Estação Total; GPS; Transporte de Coordenadas.

Abstract: This work was developed in the University Campus of Santa Catarina's Federal University, in attendance to the request fact to the Department of Civil Engineering for the Laboratory of Sunner Energy –LabSOLAR of the Departament of Mechanical Engineering, to position in the covering of the construction an alignment, materialized by two points, that it indicated the direction of the Geographical North. The methodology used for this work was of the employment of the automated topography, with the use of two technologies: total station and GPS (Global Positioning System). With the total station, the method of the irradiation was used, for the transport of the true azimuth, through the geodesic coordinates (UTM) of the two marks of the IBGE, that are part of the Rede GPS of High Precision of Santa Catarina's State; With the employment of GPS, he was in charge of the two geodesic marks simultaneously and also the points determined by the method of the irradiation with the total station, using 4 (four) receivers, with time of 1 trace of 40 minutes, in the static module. As results of the field work, it was obtained the transport of the true azimuth, with the respective materialization for two points in the flagstone of covering of the construction of the direction of the Geographical North, using the total station, needing for this, to just occupy three stations. In the office, after the processing of the data lifted by GPS, in the module diferencial, with two fixed stations, the correct positioning of the direction of the Geographical North can be ratified and to do a comparative study of the technologies maids.

Key words: Automated Topography; Total Station ; GPS ; Coodinates Transporting

1 - Introdução

O presente trabalho refere-se ao transporte de coordenadas geodésicas de dois marcos do IBGE, situados no Campus Universitário da UFSC, os quais fazem parte da Rede GPS de Alta Precisão do Estado de Santa Catarina. O transporte teve como objetivo, a determinação e a materialização da linha Norte-Sul Geográfica na cobertura do Prédio da Engenharia Mecânica, mais precisamente no Laboratório de Energia Solar – LabSOLAR, do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram empregadas duas tecnologias: Estação Total e GPS (Global Positioning System). O emprego das duas técnicas de posicionamento teve como objetivo efetuar um estudo comparativo entre as mesmas. A integração entre Estação Total e GPS é um dos temas de estudo no Laboratório de Ciências Geodésicas – LabCIG do Departamento de Engenharia Civil da UFSC e vem sendo realizado por estagiários.

Apresenta-se uma fundamentação teórica resumida da utilização da Topografia automatizada: princípios básicos e a evolução dos métodos de levantamentos utilizados na Topografia, sempre preconizando a integração dos métodos e a utilização daquele que for mais conveniente para a situação, em virtude da disponibilidade de equipamentos.

A metodologia empregada neste trabalho constitui-se de duas etapas: coleta dos dados e locação da linha Norte-Sul Geográfica (Estação Total); numa segunda etapa, foram coletados os dados GPS, processamento e análise dos mesmos e, representação cartográfica. Na coleta dos dados com a Estação Total, foi aplicado o método do caminhamento, através de uma poligonal aberta, por irradiação dos pontos, no módulo de locação. Na coleta dos dados com o GPS, foram utilizados quatro receptores, sendo dois utilizados como estações fixas nos marcos do IBGE e os outros nos pontos de interesse, utilizando o módulo estático.

2 – Fundamentação teórica

2.1 – Linha meridiana – Direção Norte-Sul Geográfica

A determinação do meridiano ou meridiana verdadeira é uma tarefa que interessa de perto ao engenheiro civil, engenheiro cartógrafo, geodesta, topógrafo, etc., em função da sua aplicação em praticamente todas as tarefas desenvolvidas por estes profissionais. Na determinação astronômica da posição geográfica (latitude e longitude) e mesmo naquelas observações que se destinam a satisfações puramente visuais (astrônomos amadores), é exigido o conhecimento prévio do meridiano.

Genericamente, a determinação do meridiano ou linha meridiana, consiste na determinação do azimute de uma direção materializada no terreno, porque, reciprocamente, tendo-se o azimute de uma direção, tem-se o meridiano.

2.1.1 Definições

Esfera celeste: é a esfera ideal, de raio arbitrário, cujo centro é o centro da Terra e sobre a superfície da qual supõe-se projetados todos os astros. É animada com um movimento aparente, em decorrência do movimento de rotação da Terra, girando de leste para oeste, arrastando consigo todos os corpos celestes (GEMAEL, 1981).

Vertical de um lugar: é a direção da gravidade neste lugar (ponto da superfície terrestre); é materializada pelo fio de prumo e seu prolongamento encontra a esfera celeste em dois pontos diametralmente opostos: Zênite (Z) e o Nadir (N).

Horizonte: é o círculo máximo HnHs passante pelo centro da esfera celeste e perpendicular à vertical do lugar. Divide a esfera celeste em dois hemisférios: o *visível*, que contém o Zênite e o *invisível*, que contém o Nadir.

Meridianos celestes: são círculos máximos PnAPsB, cujos planos contém o eixo do mundo PnPs. Particularmente é de interesse o *meridiano do lugar*: meridiano celeste que contém o Zênite do lugar, cujo plano se confunde com o plano do papel. O plano do horizonte divide o meridiano do lugar em duas partes: o semimeridiano superior (SMS) que contém o Zênite e o semimeridiano inferior (SMI), que contém o Nadir

do observador.

Meridiana ou linha Norte-Sul: é a intersecção HnHs do meridiano local com o horizonte do observador; os extremos desta linha são as projeções, segundo o meridiano, dos pólos sul e norte; recebem, por isso, as denominações *ponto sul* (Hs) e *ponto norte* (Hn), respectivamente.

Linha leste-oeste: é a intersecção LW do plano do equador celeste com o plano do horizonte celeste. Como os planos do equador e do horizonte são perpendiculares ao meridiano, suas intersecções com este plano são também perpendiculares entre si; conclui-se que a meridiana (linha HnHs) é perpendicular à linha leste-oeste (LW). A Figura 01 ilustra as definições apresentadas.

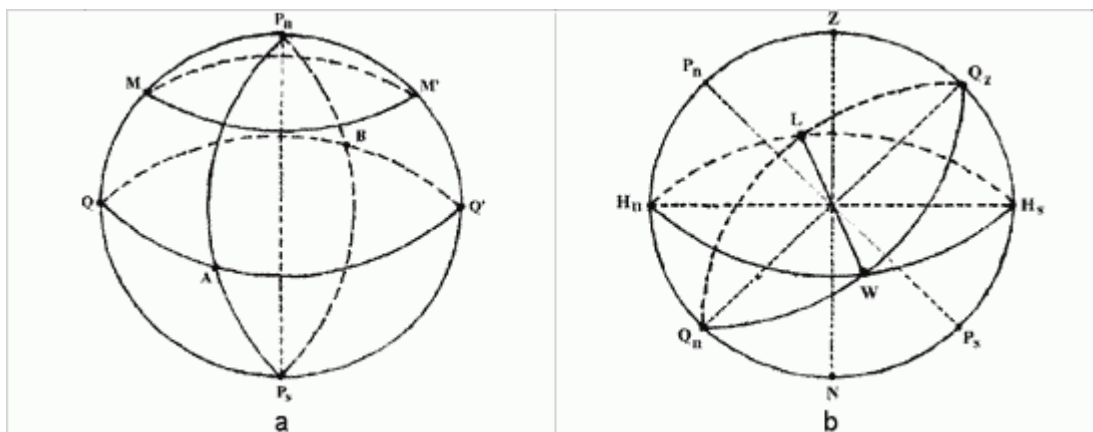


figura 1: Elementos da esfera celeste

2.1.2 Meridiana: Método das alturas iguais de um astro

O método das alturas iguais explora o fenômeno do movimento diurno dos astros, supostos engastados na esfera celeste. Este método foi durante muito tempo utilizado para a determinação da meridiana através de observações conduzidas ao Sol. Observações ao Sol conduzem a resultados menos acurados, porém suficientes para as aplicações topográficas.

O paralelo diário descrito pelo Sol (trajetória) é suposto perpendicular ao plano do meridiano, isto é, o meridiano local é plano de simetria da trajetória descrita pelo astro, pois ao cruzá-lo, o mesmo atinge a sua máxima altura em relação ao horizonte do observador, sendo que no nascer e ocultar sua altura é nula.

O método consiste em observar o Sol em duas posições, simétricas em relação ao meridiano (S_m e S_t), sempre à mesma altura em relação ao horizonte (mantendo-se a mesma inclinação da luneta do teodolito), medindo-se o ângulo horizontal. A Figura 02 (a) ilustra a trajetória diária aparente do Sol e em (b) o esquema gráfico mostra as operações realizadas em campo: M é um alvo fixo no terreno (mira); OM é a direção observador-mira; $S'm$ é a projeção da direção de observação do Sol pela manhã ($\approx 10h$); $S't$, idem à tarde; $HnHs$ é a meridiana local; AM é o azimute da mira (incógnita); LM é a leitura do ângulo horizontal da mira; Lm é a leitura do ângulo horizontal do Sol pela manhã; Lt , idem à tarde.

Consideradas as duas posições do Sol simétricas em relação ao meridiano, as projeções $S'm$ e $S't$ também o serão em relação à meridiana. Assim, a média das duas leituras Lm e Lt corresponde à leitura sobre a meridiana (L'):

$$L' = \frac{Lm + Lt}{2}$$

e o azimute da mira (para o esquema apresentado) será:

$$A_M = 180^\circ - L' + LM$$

Entretanto, devido ao movimento de translação da Terra, o Sol não descreve rigorosamente um paralelo no intervalo entre as duas observações. Por esta razão é necessário introduzir uma correção ΔA , denominada correção em azimute do Sol. A fórmula de Beuf proporciona esta correção:

$$\Delta A = \frac{\Delta\delta \cdot \Delta t}{2 \cdot \cos\varphi \cdot \text{sen}(\Delta t/2)}$$

onde:

$\Delta\delta$ variação horária da declinação do Sol;

Δt $t_t - t_m$;

φ latitude do lugar de observação.

Introduzindo a correção em azimute, tem-se:

$$A_M = 180^\circ - L' + LM \pm \Delta A$$

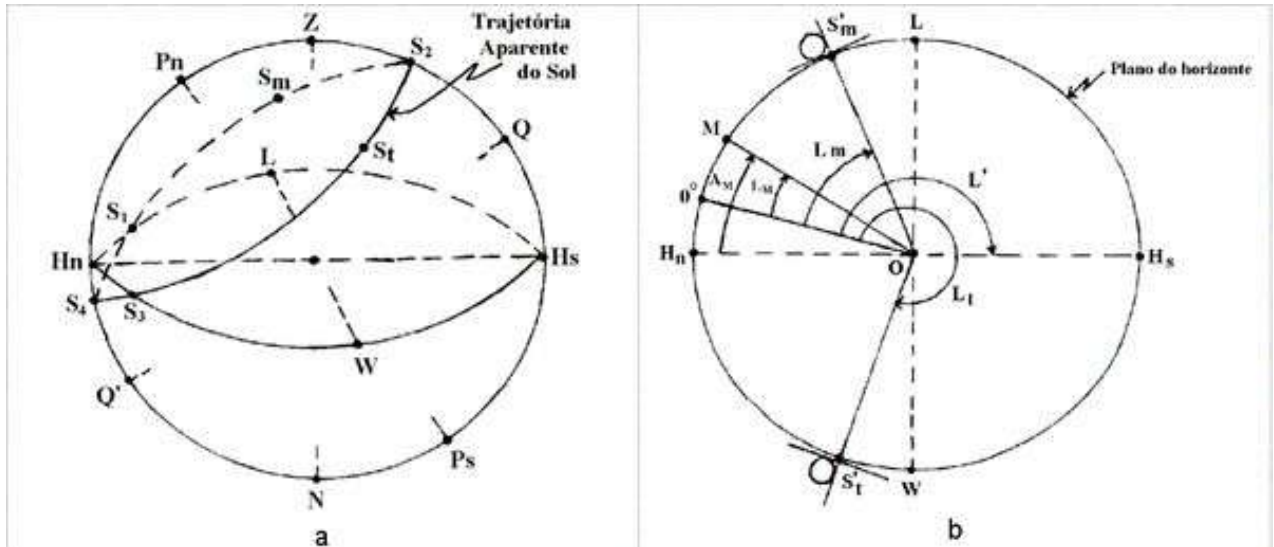


figura 2: (a) Movimento diurno do Sol; (b) medidas de campo

A declinação (δ) e a variação horária da declinação ($\Delta\delta$) do Sol são fornecidas pelas efemérides contidas nos Anuários Astronômicos. O valor da latitude do lugar pode ser aproximado.

2.1.3 Meridiana: Método das distâncias zenitais absolutas

Este método é especialmente indicado para observações a um astro fixo. Entretanto pode-se aplicá-lo em observações ao Sol, mediante a introdução de algumas correções.

Seja a Figura 03. M é a mira cujo azimute deseja-se determinar; E é a posição do Sol no momento da observação. Considere ainda a seguinte notação: L_E – leitura horizontal do astro; L_M – idem da mira; A_E – azimute do astro e, A_M - azimute da mira.

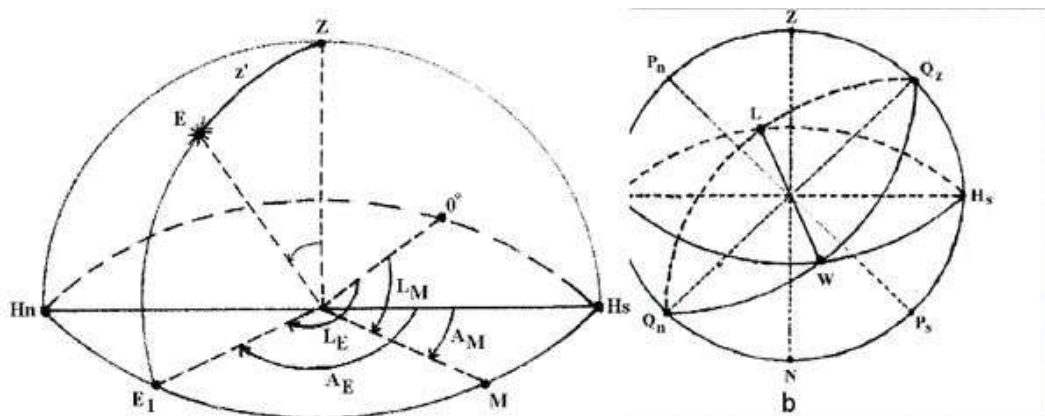


figura 3: Método das distâncias zenitais absolutas

$$L_E - A_E = L_M - A_M \quad \text{e} \quad A_M = L_M - L_E + A_E$$

O teodolito fornece L_M e L_E , além da distância zenital z . Falta, portanto, determinar o azimute do astro (A_E) para o momento da observação. A trigonometria esférica possibilita resolver um triângulo esférico cujos lados são conhecidos:

$$\cos A_E = \frac{\text{sen}\varphi \cdot \cos z - \text{sen}\delta}{\cos\varphi \cdot \text{senz}}$$

onde:

φ latitude do local de observação;
 δ declinação do astro e,
 z distância zenital medida e corrigida.

Como as leituras dos ângulos horizontais, tanto da mira quanto do astro, são tomadas nas duas posições da luneta, o cálculo de L_M e L_E são conduzidos pela expressão abaixo, alterando-se os elementos correspondentes:

$$L_M = \frac{D_M + I_M}{2} \pm 90^\circ$$

As correções que devem ser levadas a efeito, bem como o cálculo completo de uma determinação da direção Norte-Sul Geográfica, podem ser encontradas em (Loch & Cordini, 2000).

2.1.4 Meridiana: uso do Mapa Magnético

Em trabalhos topográficos, a meridiana pode também ser determinada através da bússola; entretanto, sendo o azimute fornecido pela bússola de natureza magnética, este deverá ser corrigido do valor da declinação magnética local (δ) para se obter o azimute geográfico aproximado. Esta correção é obtida nos Mapas Magnéticos; são produtos cartográficos confeccionados com o intuito de possibilitar a determinação da declinação magnética em qualquer ponto de território de um país. É composto pelas *curvas isogônicas* (valores da declinação magnética local) e pelas *curvas isopóricas* (variação anual da declinação magnética local).

No Brasil, a confecção do Mapa Magnético está a cargo do Observatório Nacional que fornece a expressão utilizada para o cálculo da declinação magnética:

$$\delta = \delta_o + (A_c + F_a) \cdot \Delta\delta_o$$

onde:

δ_o declinação magnética do local (época da carta);
 $\Delta\delta_o$ variação anual da declinação magnética local;
 A_c número de anos entre a data da carta e a determinação;
 F_a fração do ano.

O valor da declinação magnética local é interpolado na carta magnética utilizando-se as duas curvas isogônicas mais próximas; o mesmo procedimento deve ser utilizado para a interpolação do valor da variação anual da declinação magnética, utilizando-se, agora, as curvas isopóricas mais próximas.

2.2 – A Automação topográfica

“Com o aparecimento dos Sistemas de Informações Geográficas - SIG, praticamente todos os instrumentos de medição modernos passaram a ser concebidos com dispositivos que permitem otimizar a alimentação desses sistemas. Os instrumentos evoluíram de simples medidores para geo-referenciadores.

Dessa forma, considerando a quantidade de informações que naturalmente devem ser coletadas e a necessidade de estruturação dessas informações, é importante que o profissional esteja atualizado com a situação de mercado em relação aos equipamentos e aos programas aplicativos disponíveis. Deve-se

priorizar os equipamentos que possibilitem o registro automático das informações coletadas, dispensando qualquer tipo de anotação de campo¹. O equipamento deve registrar, ainda em campo, todas as características dos dados coletados conforme as exigências do programas aplicativo de gerenciamento das informações. Incluem-se nesse grupo os equipamentos informatizados tais como as Estações Totais, os Níveis digitais, o GPS e os Restituídores fotogramétricos analíticos ou digitais". (SILVA,1994)

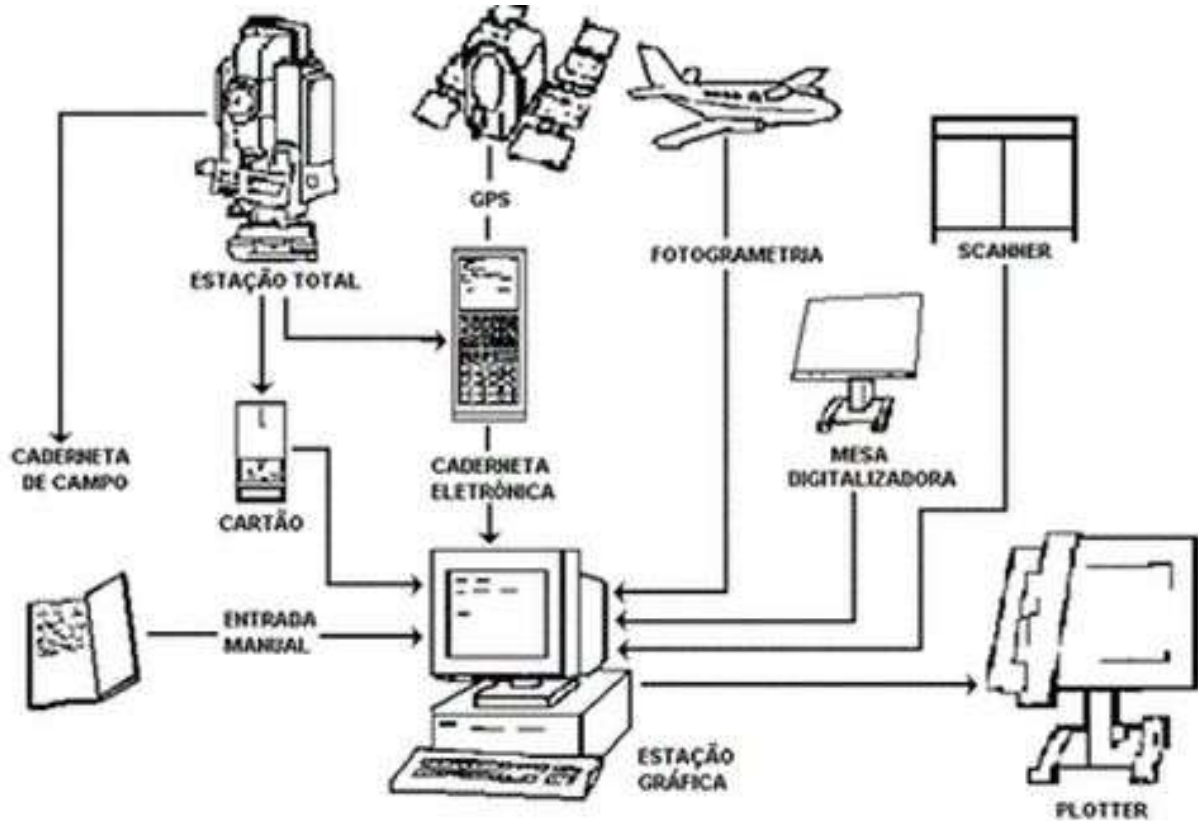


Figura 4: Equipamentos utilizados em mapeamento Fonte: (SILVA,1994)

Quanto ao registro automático de informações podemos afirmar, por experiência, que nem toda a anotação de campo é dispensável. O papel do croquis de medição é de fundamental importância, devendo sua confecção ser sistematizada para posterior inclusão no conjunto final dos documentos.

Os softwares CAD aplicativos, propiciam a produção de plantas topográficas por métodos digitais. Os elementos arquivados em meio magnético e em diferentes níveis, podem ser manipulados através de um terminal de computador, facilitando a atualização. As plantas podem ser plotadas selecionando-se níveis, escalas e simbologia adequados ao objetivo da utilização.

2.3 – Estações Totais

As Estações Totais são teodolitos e distanciômetros construídos num só equipamento; proporcionam a redução de distâncias inclinadas para o plano horizontal e fornecem diretamente as diferenças de nível. Atualmente estes equipamentos possibilitam a coleta eletrônica de dados, que de forma automática, nos garantem agilidade e segurança.

De acordo NBR 13133 (Normas Técnicas para Execução do Levantamento Topográfico), as estações totais, com relação à precisão, são classificadas da seguinte forma:

¹ A experiência tem mostrado que os trabalhos de coleta de dados em campo não pode dispensar a elaboração de croquis da área, tão completo quanto possível, inclusive que o mesmo deverá fazer parte documental dos trabalhos.

Tabela 01: Classificação das estações totais quanto a precisão

Classe	Desvio-Padrão Precisão Angular	Desvio-Padrão Precisão Linear
Precisão Baixa	$\leq \pm 30''$	$\pm (5\text{mm} + 10\text{ppm.D})$
Precisão Média	$\leq \pm 07''$	$\pm (5\text{mm} + 5\text{ppm.D})$
Precisão Alta	$\leq \pm 02''$	$\pm (3\text{mm} + 3\text{ppm.D})$

Todo e qualquer Medidor Eletrônico de Distâncias (MED) deve ser calibrado, no máximo, a cada dois anos, através de testes realizados em entidades oficiais de calibração, com expedição de certificado de calibração (a EPUSP/USP e a UFPR possuem laboratórios especializados).

Segundo os técnicos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), que possuem larga experiência em calibração de equipamentos, os MED's possuem uma avaria anual, mesmo que não utilizados, de $\pm 1\text{ppm}$, fração esta significativa com o passar do tempo para levantamentos que exigem alta precisão. Quando detectada esta avaria, a correção é feita na constante do prisma, registrada no próprio equipamento, em milímetros.

2.3.1 - Tipos de Estações Totais (ET's)

De acordo com a forma de apresentação dos dados e solicitação de informações, as ET's se classificam em numérica e alfanumérica. As numéricas exibem no display dados numéricos calculados e medidos assim como códigos identificadores numéricos para o nome do ponto e descrição. Exigem do operador, alta organização e domínio da ET. Em geral são equipamentos pobres de recursos; atualmente já se encontram superados tecnologicamente. As Alfanuméricas, além dos dados numéricos medidos e calculados, apresenta a associação com descrições dos elementos através de caracteres alfa, não limitando, portanto, as informações. Mesmo com pouca prática, o operador se sente seguro e ciente dos procedimentos a adotar.

Em função da comunicação, as ET's que possibilitam a conexão de coletores externos podem ser também classificadas em unidirecionais e bidirecionais. As unidirecionais, apenas transmitem os dados medidos e calculados ao coletor eletrônico externo. Tratando-se, por exemplo, de uma locação, alguns comandos devem ser executados na própria estação. Basicamente os fabricantes não produzem mais este tipo de ET. As bidirecionais, além de transmitir dados, permitem, também a recepção de dados de um coletor eletrônico externo. Para levantamentos de pontos, todas as instruções são dadas pelo coletor externo: como iniciar medição, zerar o equipamento, imposição um ângulo, etc.

Em função do armazenamento dos dados, as ET's podem, também, ser classificadas em: sem coletor de dados e com coletor de dados. As do tipo sem coletor de dados exigem a disponibilidade de coletores eletrônicos ou de cadernetas para anotação dos dados. As do tipo com coletor de dados, dispensa o uso de coletor externo, podendo os dados serem armazenados no próprio equipamento. Em equipamentos que possuem poucas teclas no painel, a digitação das informações é morosa e, nos que possuem várias teclas a sua leitura é confusa.

Em função do mecanismo de movimento horizontal e vertical do equipamento, as ET's se classificam em mecânica e motorizada (servo motor). Nas do tipo mecânica, toda a movimentação e giros sobre os seus eixos são manuais e de fixação com parafusos. Seu funcionamento é similar ao teodolito eletrônico. As do tipo motorizadas (servo motor), representam atualmente o estado da arte em equipamentos topográficos. São ET's que possuem motorização em seus eixos para busca de ângulos e até mesmo para busca à prismas. Com toda esta tecnologia, já é possível ao operador com um coletor de dados junto ao prisma, operar todas as funções remotamente, levando então o nome deste conjunto de "Total Station One System Man".

A coleta dos dados pelas estações totais pode ser estruturada por coordenadas polares, coordenadas retangulares e também simultaneamente por ambas. A coleta de coordenadas polares permite a coleta de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, ângulos verticais e horizontais, altura do instrumento, altura do prisma e informações sobre os pontos como nome e descrição. Permite então, um pós-processamento com ajustamento angular e linear das medições. A coleta de coordenadas retangulares armazena apenas as coordenadas NEZ dos pontos com seu nome e descrição. Não permite que haja um pós-processamento, pois os pontos já estão devidamente coordenados. Utilizado para levantamentos de pequena extensão ou para levantamentos a partir de poligonais principais. A coleta simultânea de coordenadas polares e retangulares, objetiva obter um relatório impresso com os dados que geraram as

coordenadas retangulares (nome do ponto, descrição, ângulo horizontal, distância horizontal, coordenada X, coordenada Y e cota)

2.4 – Global Positioning System (GPS)

Até recentemente, os levantamentos geodésicos baseavam-se na utilização das medidas de ângulos e distâncias conduzidas sobre a superfície terrestre, através das clássicas triangulações e poligonais geodésicas. Uma das restrições mais severas, imposta às atividades geodésicas era a necessidade de haver intervisibilidade entre os pontos a serem observados.

A partir da aparição dos primeiros satélites artificiais, rapidamente descobriram-se as vantagens de utilizá-los como pontos geodésicos espaciais de referência; com isso, a coleta de dados através da observação de satélites artificiais passou a ser utilizada no estabelecimento de redes geodésicas.

O primeiro sistema de satélites colocado à disposição da comunidade civil foi o Sistema TRANSIT em 1967, o qual permitia a determinação de pontos com a precisão da ordem do decímetro. Esse sistema foi utilizado principalmente na navegação, na prospecção de recursos naturais e para o controle de redes geodésicas. Apesar de promissora, a tecnologia do Sistema TRANSIT era precária e extremamente árdua quando aplicada para fins geodésicos, principalmente pela pouca quantidade de satélites disponíveis e pelas pequenas “janelas” de observações disponíveis. Essa situação mudou completamente com o surgimento do Sistema de Posicionamento Global NAVSTAR (NAVIGATION SYSTEM USING TIME AND RANGING - GPS).

O sistema NAVSTAR - GPS é um sistema de radionavegação projetado e desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos – DoD (*Department of Defense*). As intenções iniciais eram utilizá-lo como sistema de navegação das forças armadas americanas. Resultou da fusão de dois programas destinados a desenvolver um sistema de navegação de abrangência global: Timation e System 621B, sob a responsabilidade da Marinha e da Força Aérea, respectivamente. Em razão da alta acurácia proporcionada já no estágio inicial de implantação e do grande desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores GPS, inúmeros usuários surgiram dos mais variados segmentos da comunidade civil.

A concepção do sistema GPS permite que um usuário, em qualquer lugar da superfície terrestre, ou próximo a ela, tenha à sua disposição, no mínimo, quatro satélites para serem rastreados (MONICO, 2000). Isto garante que se realize um posicionamento em tempo real. Em Geodésia, a tecnologia encontra inúmeras aplicações, principalmente por apresentar duas características muito importantes em relação aos métodos de levantamento convencionais: a não necessidade de intervisibilidade entre as estações e possibilidade de utilização sob quaisquer condições climáticas e ambientais.

A navegação por GPS tem como princípio básico a medida de distâncias entre o usuário (antena) e quatro satélites. Uma vez conhecida as coordenadas dos satélites (num sistema de referência apropriado), é possível calcular as coordenadas da antena no mesmo sistema de referência dos satélites. Geometricamente, três distâncias, desde que não pertencentes ao mesmo plano, seriam suficientes para posicionar a antena. A quarta medida, do tempo, é necessária em razão do não sincronismo entre os relógios dos satélites e usuários (receptores), adicionando uma incógnita na solução das equações de observação.

Os serviços prestados pelo sistema GPS, política de segurança e processos de manipulação das informações GPS pelo DoD, podem ser encontrados em MONICO, 2000.

O sistema GPS é estruturado em três segmentos principais: espacial, de controle e de usuários. O segmento espacial consiste de 24 satélites distribuídos em 6 planos orbitais igualmente espaçados. Cada plano orbital, com 4 satélites, possui uma inclinação de 55° em relação ao plano do equador e o período orbital é de aproximadamente 12 horas siderais. Nesta concepção, a posição dos satélites se repete a cada dia, 4 minutos antes (tempo civil) que a do dia anterior. Essa configuração garante que, no mínimo, quatro satélites GPS sejam visíveis em qualquer local da superfície terrestre, a qualquer hora. Os satélites GPS orbitam em redor da Terra a uma altitude aproximada de 20.200 km (Figura 05).

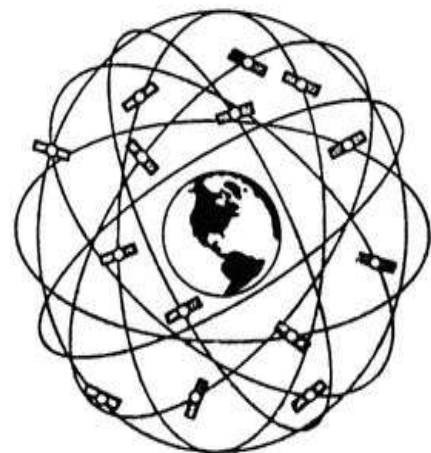


figura 5: Satélites GPS em órbita no globo Terrestre Fonte: (PHILIPS/1997)

2.4.1 - A Estrutura dos Sinais GPS

Cada satélite transmite continuamente sinais em duas ondas portadoras "L". Sendo L1 com a frequência de 1575,42 MHz e comprimento de onda de 19 cm; L2 com frequência de 1227,60 MHz e comprimento de onda de 24 cm.

Sobre as portadoras são modulados dois códigos denominados códigos pseudo-aleatórios. Sobre a portadora L1 modula-se o código C/A (*Clear Access* ou *Coarse Aquisition*) e sobre as portadoras L1 e L2, modulam-se o código P (*Precise Code*).

O código C/A é o código de ruído pseudo-aleatório (PRN) modulado em L1 de um satélite GPS. Permite calcular, sem ambigüidades, pseudo-distâncias aos satélites.

O código P é o código preciso ou código protegido para uso militar, modulado em L1 e L2.

O Código C/A apresenta frequência dez vezes inferior ao código P, provocando maior indefinição no tempo de propagação, o que diminui a precisão para o posicionamento (cerca de 100 m de erro). Assim, o código C/A destina-se a navegação em geral. Desde 2 de maio de 2000, o DoD aboliu a técnica de deterioração da acuracidade do SPS (*Standard Positioning Service*), acusando melhorias da ordem de 10 vezes no nível de acuracidade (10 m de erro). O código P, por outro lado, além de ter frequência dez vezes maior que o C/A, apresenta configuração espacial e erro de posicionamento da ordem de decímetros. Foi inicialmente programado pelo DoD para uso exclusivo em fins militares. Entretanto até o momento seu acesso tem sido permitido à comunidade civil, desde que autorizado (Figura 03).

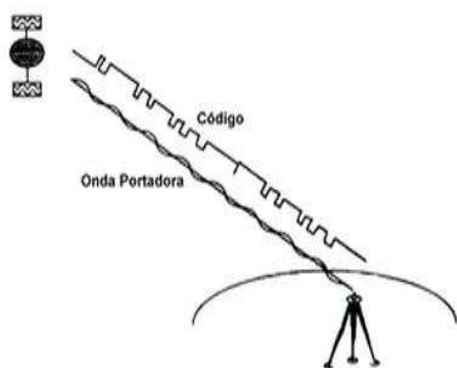


figura 6: Código e Portadora GPS Fonte: (PHILIPS, 1997)

Ambos os sinais transmitem ainda uma série de mensagens de navegação, tais como efemérides, correções dos relógios dos satélites, estado de operação dos satélites e outros, que são processados pelos receptores. Pode-se observar que há três tipos de sinais envolvidos no GPS: as portadoras L1 e L2, os códigos C/A e P(Y) e os dados de navegação, correções aos relógios, etc.

2.4.2 – Técnicas de posicionamento por GPS

A busca crescente por resultados cada vez mais precisos, levou os usuários do GPS a utilizar a técnica de posicionamento relativo, que possibilita a minimização dos efeitos nocivos atuantes no sistema. Assim, desenvolveram-se diferentes técnicas de posicionamento relativo, as quais apresentam vantagens e limitações. É de fundamental importância o conhecimento destas técnicas e também, em alguns casos, realizar um planejamento rigoroso dos trabalhos de campo.

No presente trabalho utilizou-se a técnica estático clássico com duas estações base. Tais pontos fazem parte da rede GPS/SC implantada pelo IBGE.

A técnica estático clássico caracteriza-se pelo emprego de receptores em estações fixas e coleta-se durante um determinado intervalo de tempo. Um ou dois receptores ocupam estações de coordenadas conhecidas e os demais funcionam como receptores itinerantes, ocupam estações cujas coordenadas serão determinadas. Obtém-se assim as componentes do raio vetor entre as estações. Nesta técnica de posicionamento, tem-se a vantagem de maior precisão e como desvantagem a realização de um menor número de pontos coletados.

3 - Caracterização da Área do Trabalho

O trabalho foi realizado no Campus Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina, aproximadamente entre as coordenadas geodésicas 27°35'50,76" a 27°36'05,4" de latitude Sul e 48°31'11,46" a 48°30'58,56" de longitude Oeste de Greenwich.

O trabalho teve início em vértice GPS da rede GPS/SC (SAT91851), localizado no pátio externo da

Biblioteca Universitária – BU, que situa-se ao lado da rua Delfino Conti; como ponto intermediário, foi implantado um ponto (pino de aço) no pátio externo da edificação da FEESC e como ponto final, a laje de cobertura da edificação do Curso de Engenharia Mecânica – EMC que localiza-se ao lado da rua Deputado Antônio Edu Vieira, próximo ao acesso Leste do Campus Universitário.

O local apresenta grande número de edificações, dificultando assim as visadas diretas através da Estação Total. Por isso a utilização das três estações para o transporte de coordenadas geodésicas.

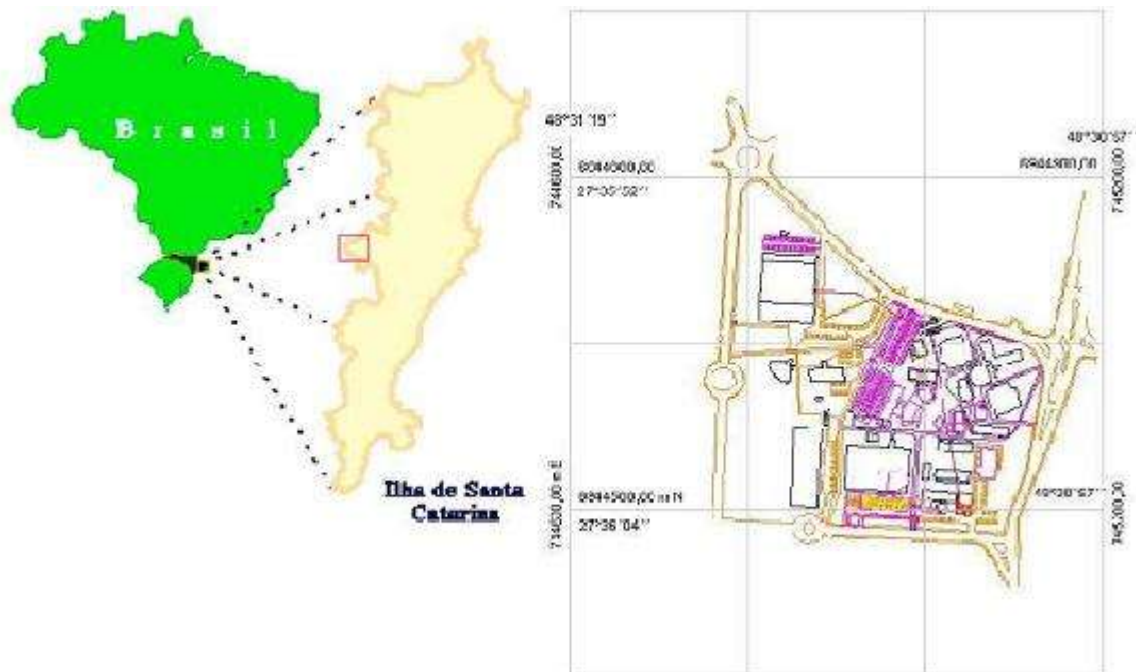


figura 7: Localização da Área do Trabalho

4 – Material e procedimentos de campo

4.1 – Materiais Utilizados

Os materiais utilizados para a realização do trabalho, constituíram-se de duas tecnologias utilizada na automação topográfica (GPS, Estação Total). Estas tecnologias são acompanhadas de acessórios e programas computacionais, necessários para o processo de planejamento, aquisição, processamento dos dados. Os materiais e equipamentos são:

- pinos de aços para materialização das estações;
- os acessórios da estação total e do receptores de sinais GPS (tripé da estação, tripés para os bastões, bastões, prismas e antenas);
- estação total da marca TOPCON, modelo GTS-211D, com precisão angular de $1'' \pm 5''$ e precisão linear de $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$;
- programa DataGeosis 2.3 (via acadêmica), para processar os dados da estação total;
- quatro unidades receptoras GPS com Portadora L1, marca Thales Navigation, modelo PROMARK2, com a seguinte precisão no modo ESTÁTICO:- Horizontal: $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$; Vertical: $10 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$;
- estas unidades receptoras são acompanhada de um conjunto de programas computacionais, denominados Astech solution 2.60, Software em ambiente WINDOWS 95, 98 e NT, em português, como os seguintes módulos: Módulo para Planejamento de Missão; Módulo para Descarga dos Dados; Módulo para Processamento diferencial e Ajuste de Redes; Módulo para Exportação nos formatos: ASCII e formato próprio do usuário; Módulo de relatório em Word for Windows;

Transformação de Sistema de Projeção; Conversão de Datum; Conversão para formato RINEX e vice versa;

- programas de CAD: AutoCad e MicroStation.

4.2 – Procedimento de campo

Conforme já abordado anteriormente, no presente trabalho foram utilizados a estação total e o GPS de uma frequência. Com a estação total, adotou-se o método polar por irradiação para o transporte do azimute verdadeiro, através das coordenadas geodésicas(UTM) dos dois marcos do IBGE. Com o GPS, ocupou-se simultaneamente os dois marcos geodésicos e também os pontos determinados pelo método polar por irradiação com a estação total, empregando 4 (quatro) receptores, com tempo de rasteio de 40 minutos, no módulo estático.

A determinação da direção Norte-Sul Geográfica com a utilização da estação total e do GPS é tarefa muito simples e tremendamente facilitada quando comparada aos métodos astronômicos. A simplicidade advém do fato de se ocupar diretamente pontos com coordenadas geográficas conhecidas (no caso da estação total) e, no caso do uso do GPS, o mesmo já fornecer as coordenadas geográficas.

4.2.1 – Coleta dos dados e locação da linha do Norte-Sul Geográfica

Na coleta dos dados com a estação total, usou-se o método do caminhamento, através de uma poligonal aberta, aplicando o método polar por irradiação dos pontos, no módulo de locação do menu da estação total.

Na aplicação do método polar por irradiação, no módulo de locação do menu da estação total, pelo método do caminhamento, poligonal aberta, para o transporte do azimute verdadeiro, utilizou-se de três vértices, que foram ocupados com a estação, da seguinte maneira:

- 1) Instalou-se o equipamento no vértice um, informando a coordenada UTM (N, E, Z) da estação ocupada, denominada SAT1 (SAT91851);
- 2) Para orientação interna da estação total, informou-se a visada de Ré, com sua coordenada UTM (N, E, Z), denominada de SAT2 (SAT91852), colimando a direção do alinhamento da luneta com este ponto;
- 3) Com a orientação do sistema imposto à estação total, informa-se o novo ponto que se deseja mensurar, pelo método polar por irradiação, vértice dois, denominado FEESC. Uma vez colimado, efetua-se a medição;
- 4) Este procedimento se repete para os demais vértices;
- 5) Ocupando o vértice 3 (EMC1), com a orientação do sistema imposto à estação total ponto FEESC, informa-se o novo ponto que se deseja mensurar, EMC2. Uma vez colimado, efetua-se a medição;
- 6) Ainda em EMC1, muda-se do módulo locação para o módulo de leitura angular, orienta a estação para 180°, fixando esta direção, materializa-se este alinhamento através de um pino de aço. O alinhamento formado pelo pino (EMC3) e vértice 3 (EMC1), obteve-se a linha do Norte Verdadeiro.

Tabela 02: Dados coletados com a Estação Total

PONTOS	COORDENADAS UTM		
	N (m)	E (m)	ALTITUDE (m)
SAT91851	6.944.760,914	744.923,477	9,510
SAT91852	6.944.762,803	744.875,565	18,610
FEESC	6.944.712,113	745.006,355	7,859
EMC1	6.944.520,389	745.038,314	23,829
EMC2	6.944.503,497	745.038,989	28,260
EMC3	6.944.510,511	745.038,314	23,826

Na coleta dos dados com o GPS, foram utilizados quatro receptores, sendo dois empregados como estações fixas nos marcos do IBGE e os outros nos pontos de interesse, utilizando o módulo estático de rasteio. O processamento usado foi o método diferencial, com duas estações fixas.

4.2.2 –Processamento dos Dados Estação Total e GPS

Os dados coletados com a estação total foram, através de um cabo coaxial, importados para o programa computacional de topografia (DataGeosis), que roda em base de CAD. Em seguida, os dados foram importados para o CAD MicroStation, gerando um arquivo vetorial. A este arquivo foi atachado o arquivo da planta cadastral do campus universitário (Figura 07).

Para os dados coletados com os quatro receptores GPS, tem-se duas fases distintas: módulo para descarga dos dados e a outra pelo módulo de processamento diferencial e ajuste de redes, pertencente ao programa computacional Astech Solution 2.60.

Na descarga dos dados, os dados oriundos do rastreamento são descarregados através do módulo para descarga dos dados, conectando o receptor através de cabo coaxial ao computador; são armazenados em uma pasta de arquivo digital de dados brutos.

No processamento diferencial dos dados, os arquivos contidos na pasta de dados brutos, estações fixas e móveis, são agora importados para o módulo de processamento diferencial e ajuste de redes, onde são processados, informando o nome do projeto, as coordenadas das estações fixas e escolhendo o método dos mínimos quadrados para ajuste dos dados brutos levantados e também escolhe-se um novo diretório para gravar os dados processados.

Neste módulo, após o processamento, tem-se um relatório dos resultados dos pontos processados e também a representação cartográfica na tela, de acordo com o sistema de projeção escolhido (Tabela 03).

Tabela 03: Dados Coletados com os Quatro Receptores de Sinais GPS

Horizontal Coordinate System: UTM SAD69			Date: 05/03/04		
Height System: Ortométrica h			Project file: EMC-COLLI.spr		
Desired Horizontal Accuracy: 0,05m + 1ppm					
Desired Vertical Accuracy: 0,010m + 2ppm					
Confidence Level: 95% Err.					
Linear Units of Measure: Meters					
Ordem Pontos	Local Descrição	COORDENADAS UTM (m)	95% Error	Estação Fixa	Position Status
1 SAT1	SAT91851 BIBLIOTECA CENTRAL (BU)	East.: 744923,477	0,000	Fixed	
		Nrth.: 6944760,914	0,000		
		Alt.: 9,510	0,000		
2 SAT2	SAT91852 BIBLIOTECA CENTRAL (BU)	East.: 744923,477	0,000	Fixed	
		Nrth.: 6944762,803	0,000		
		Alt.: 18,610	0,000		
3 EMC1	EDIFICAÇÃO DA ENGENHARIA MECÂNICA	East.: 745038,375	0,000		Processed
		Nrth.: 6944520,340	0,000		
		Alt.: 23,854	0,000		
4 EMC2	EDIFICAÇÃO DA ENGENHARIA MECÂNICA	East.: 745039,053	0,002		Processed
		Nrth.: 6944503,451	0,002		
		Alt.: 28,281	0,002		
5 EMC3	EDIFICAÇÃO DA ENGENHARIA MECÂNICA	East.: 745038,368	0,002		Processed
		Nrth.: 6944510,463	0,002		
		Alt.: 23,849	0,002		

Os dados processados de GPS são importados para o mesmo arquivo vetorial que contém os dados da estação total, os quais serviram para ratificar a direção do Norte Geográfico, materializado na laje de cobertura da edificação da Engenharia Mecânica.

4.2.3 - Análise dos Dados

Para a demarcação da linha do Norte-Sul Geográfica, foi utilizado o emprego de duas tecnologias que são aplicadas na automação topográfica (Estação Total e GPS). A tabela 04, mostra o resultado obtido por estas duas tecnologias, especificando as diferenças nas coordenadas encontradas.

Tabela 04: Comparação dos dados com GPS (duas estações fixas) e Estação Total

PONTOS	EQUIPAMENTOS	COORDENADAS UTM			DIFERENÇAS ENCONTRADAS (m)
		N (m)	E (m)	ALTITUDE (m)	
SAT91851	ESTAÇÃO TOTAL	6.944.760,914	744.923,477	9,510	N: 0,000 E: 0,000 Z: 0,000
	GPS	6.944.760,914	744.923,477	9,510	N: 0,000 E: 0,000 Z: 0,000
SAT91852	ESTAÇÃO TOTAL	6.944.762,803	744.875,565	18,610	N: 0,000 E: 0,000 Z: 0,000
	GPS	6.944.762,803	744.875,565	18,610	N: 0,000 E: 0,000 Z: 0,000
EMC1	ESTAÇÃO TOTAL	6.944.520,389	745.038,314	23,829	N: -0,049 E: +0,061 Z: +0,025
	GPS	6.944.520,340	745.038,375	23,854	N: -0,049 E: +0,061 Z: +0,025
EMC2	ESTAÇÃO TOTAL	6.944.503,497	745.038,989	28,260	N: -0,046 E: +0,064 Z: +0,021
	GPS	6.944.503,451	745.039,053	28,281	N: -0,046 E: +0,064 Z: +0,021
EMC3	ESTAÇÃO TOTAL	6.944.510,511	745.038,314	23,826	N: -0,048 E: +0,054 Z: +0,023
	GPS	6.944.510,463	745.038,368	23,849	N: -0,048 E: +0,054 Z: +0,023

Como análise da determinação da linha do Norte-Sul Geográfica, materializada na laje de cobertura da edificação da Engenharia Mecânica, utilizando a Estação Total, tem-se uma pequena diferença nas coordenadas encontradas com o GPS, variando no eixo N de $-0,0476$ m e no eixo E de $+0,060$ m e no eixo Z de $+0,023$ m, valores estes considerados normais, tendo em vista que os receptores de sinais GPS, são os chamados topográficos, que possuem apenas uma portadora de frequência L1.

A Figura 08, representa os alinhamentos Norte-Sul Geográfico, materializado pelos pontos EMC1 e EMC3, na Laje do Prédio da Engenharia Mecânica da UFSC, através da Estação Total, e do GPS os quais estão dispostos paralelamente a uma distância de $0,060$ m um do outro.

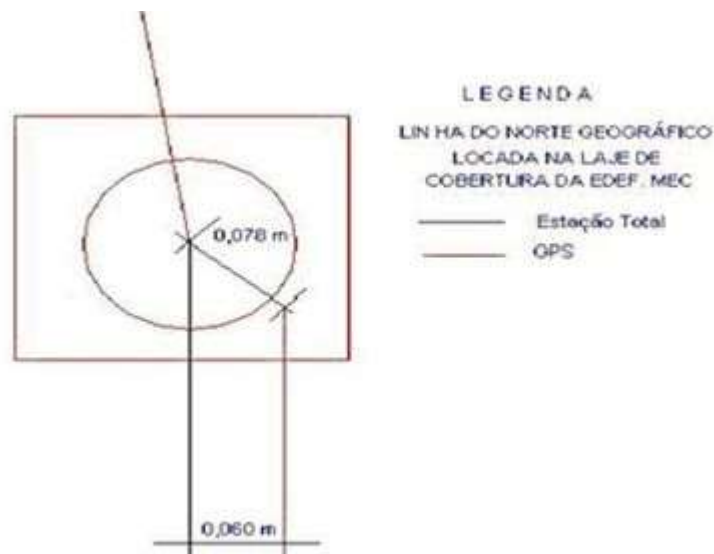


figura 8: Linha do Norte Geográfico obtida com Estação Total e GPS

As diferenças encontradas são facilmente explicadas; como as distâncias envolvidas são pequenas a influência nas observações GPS são as mesmas; daí o aparente paralelismo detectado entre as duas direções Norte-Sul.

4.2.4 – Representação Cartográfica

Os dados coletados com estação total e GPS serviram para georeferenciar a planta topográfica digital da ETUSC/UFSC (Figura 09), permitindo desta forma, a representação cartográfica da poligonal utilizada, dos marcos geodésicos e também dos alinhamentos Norte-Sul Geográfico, obtidos com a Estação Total e com o GPS.

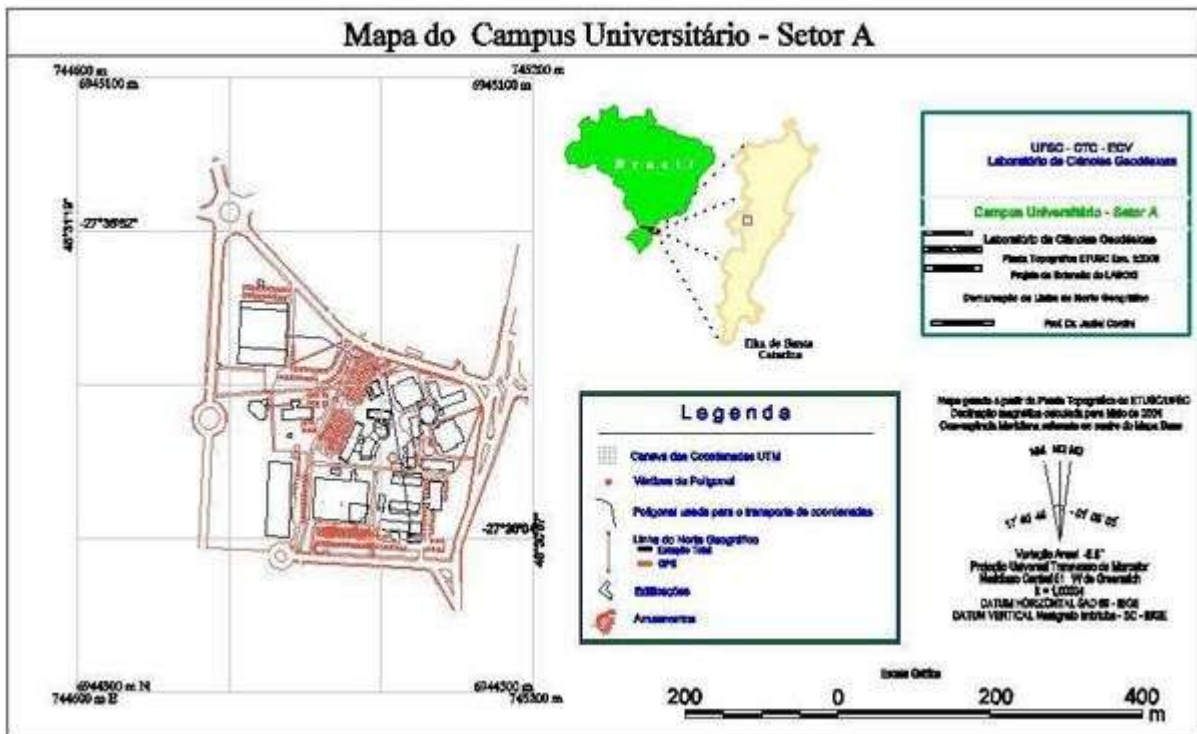


figura 9: Representação Cartográfica

5 - Conclusões

Conclui-se que o emprego das tecnologias Estação Total e GPS, com a integração dos métodos de levantamentos em trabalhos de Topografia, tem alcançado bons resultados, quanto a agilidade na coleta dos dados, processamento e precisão.

O transporte de coordenadas e por conseguinte, do azimute verdadeiro, para materialização da linha Norte-Sul Geográfica, foi realizado com segurança, rapidez e praticidade.

Analisando os dados referentes a utilização das duas tecnologias empregadas, observa-se uma diferença de aproximadamente 0,06m entre o paralelismo das linhas Norte-Sul Geográfica obtidas com Estação Total e GPS. Observa-se que este valor é considerado normal, tendo em vista que os receptores de sinais GPS, são os chamados topográficos, que possuem apenas uma portadora de frequência L1.

O pós processamento dos dados coletados com GPS, fornece um relatório que contém informações relevantes para a respectiva representação cartográfica, como o fator de escala, convergência meridiana, entre outras.

6- Referências Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13.133 - Execução de levantamento topográfico - Procedimento.* Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

Loch, C. & Cordini, J.. *Topografia Contemporânea - Planimetria,* Florianópolis, ed. da UFSC, 2º edição, 2000.

Mônico, J. F.G. *Posicionamento Pelo NAVSTAR-GPS, Descrição, Fundamentos e Aplicações.* 1a ed. São Paulo: Editora da UNESP, 287p. 2000.

Philips, Jürgen W. et all. *Atualização em Topografia e Geodésia: Uso de Estação Total e GPS.* Apostilha do Curso Ministrado para os Técnicos dos Órgãos de Governo do Estado de Santa Catarina. LABCIG/ ECV/ CTC/ UFSC. Florianópolis 1997, p.55.

Silva, I. *Geomática - a resposta aos avanços tecnológicos da mensuração.* Anais do 2º Encontro Gaúcho de Agrimensura e Cartografia, Santo Ângelo-RS, 1994.

Seeber,G; Costa Romão,V.: *Princípios Básicos do GPS nas Medições Geodésicas* **GEODÉSIA online,** 2/1997

Gemael,C.: *A Evolução da Geodésia,* Revista Brasileira de Cartografia, No 46/1995, p. 1-8.