

# MÉTODO HÍBRIDO PARA A ELABORAÇÃO DA BASE GEOMÉTRICA DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO TERRITORIAL

*Método híbrido para la elaboración de la base geométrica de un Sistema de Información Territorial*

**Eder Silva<sup>1</sup>**  
**Jürgen W. Philips<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Departamento de Engenharia Civil**  
**Grupo de Investigação da Gestão do Espaço**  
Rua João Pio Duarte Silva, s/nº - CP: 476 – Córrego Grande  
CEP: 88040-900 – Florianópolis/SC  
eder.ufsc@gmail.com

**<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Departamento de Engenharia Civil**  
Rua João Pio Duarte Silva, s/nº - CP: 476 – Córrego Grande  
CEP: 88040-900 – Florianópolis/SC  
jphilips@gmx.net

## RESUMEN

La información territorial constituye uno de los problemas más críticos, principalmente en países en vías de desarrollo. La falta de mapas actualizados y de registros legales de propiedad, imposibilitan la correcta planificación y control del territorio, sin mencionar el volumen de recaudación de fondos cada año en los municipios. Además de propiciar el mejoramiento en los servicios y la calidad de vida de la comunidad, los recursos recaudados pueden ser aplicados nuevamente en el mantenimiento y actualización apropiados del sistema de información. El avance de técnicas aplicadas a la Cartografía, Geoprocesamiento, Sensoramiento Remoto y Sistemas de Información Geográfica ha contribuido a la creación de posibles proyectos de sistemas de información. La tendencia que más se está consolidando en la actualidad es el uso conveniente de productos digitales tales como imágenes de satélite, fotoplanos e mapas, destinados a la elaboración de bases cartográficas. Las comparaciones entre mapas confeccionados con técnicas tradicionales y mapas digitales elaborados por medio de geotecnologías modernas han demostrado que se puede ganar tiempo de elaboración y fidelidad de la precisión. Estas comparaciones pueden contribuir a la detección de errores de posicionamiento de entidades, así como ayudar en la corrección y eliminación de estos. En este contexto, el Método Híbrido persigue como objetivo la elaboración de la base geométrica de un Sistema de Información Territorial, por medio de análisis espacial basado en conceptos, técnicas y procedimientos inherentes a la Topografía, Fotogrametría y Geodesia, consideradas como pilares para el logro de una base cartográfica de calidad. Inicialmente, se llevó al terreno universitario de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), por medio del uso geodésico de GPS, una línea-base debidamente georreferenciada al vértice de triangulación de 1ª orden del SGB (Sistema Geodésico Brasileño), localizado en la base aérea de Florianópolis. A partir de ese marco y mediante el uso de estaciones totales, una red topográfica planimétrica de puntos de control fue creada. La ínter visibilidad entra estos puntos así como la homogeneidad de las distancias lineales entre ellos constituyen los requisitos básicos para la creación de una red de puntos de control geoméricamente rigurosa. Posteriormente se obtuvieron las coordenadas GPS de los puntos foto-identificables en los modelos aerofotogramétricos del área de cobertura así como la nivelación geométrica de dichos puntos, lograda, a través de la aerotriangulación, la generación del foto plano digital como complemento fotográfico de fondo a la base geométrica generada a través de levantamientos topográficos, geodésicos y aerofotogramétricos.

**Palabras claves:** base geométrica – información territorial – técnicas de levantamiento

## ABSTRACT

The territorial information constitutes one of the most critical problems, mainly in developing countries. The absence of new maps and legal registrations of property disables a correct planning and control of the territory, without mentioning on fund-raising every year in the municipalities. Besides propitiating an improvement in the services and the quality of life in the community, fund-raising can be applied again in the maintenance and bring up-to-date the information system. The advance of the techniques applied to the Cartography, Geoprocessing, Remote Sensing and Geographic Information Systems have contributed to the creation of possible projects of information systems. At present, a consolidating tendency is the convenient use of such digital products as satellite imagery, orthoimage and maps, destined to build cartographic bases. The comparison among maps made with traditional and digital techniques developed by means of modern geotechnologies proves gain of time and fidelity on precision. These comparisons can contribute to detect and correct position errors in entities. In this context, the Hybrid Method searches how to make the geometric base of a Territorial Information System by means of spatial analysis based in concepts, techniques and procedures of Topography, Photogrammetry and Geodesy, considered as pillars for the achievement of a good cartographic base. Initially, it was translated to the campus of the Federal University of Santa Catarina (FUSC), by means of GPS receptors, a base-line properly georeferenced to a first order triangulation vertex of the BGS (Brazilian Geodesic System), located in the air base of Florianópolis. Starting from that mark and using total stations, a 2D topographical net of control points was created. The view between these points as well as the homogeneity of the lineal distances among them constitutes the basic requirements geometrically for the creation of a rigorous network of points. Then were obtained the coordinates of identifiable photo-points from aerial photogrammetric models of covering area as well as the geometric leveling of these points, achieved, through the aerotriangulation, the generation of the digital orthoimage as a background complement to the geometric base, generated through the topographical, geodesic and aerial-photogrammetric survey.

**Keywords:** geometric base - territorial information – rising techniques.

### 1. INTRODUCCIÓN

El artículo presenta resultados de la investigación del maestrado del primero escritor en el Programa de Post-Graduación del Departamento de Ingeniería Civil (PPGEC) de la Universidad Federal de Santa Catarina - Brasil. La investigación fue efectuada por el primer autor en 1999, bajo la orientación del Profesor Dr. Ing. Jürgen W. Philips. El trabajo es una extensión de otro de mayores proporciones que fue desarrollado en conjunto por el Departamento de Ingeniería Civil y la Universidad de Karlsruhe (Alemania). Se trata de un proyecto investigativo que atiende la integración de imágenes digitales de fachadas de extensos conjuntos urbanos en sistemas de gestión territorial municipal.

Técnicamente, los trabajos corresponden a la producción de ortofotos digitales a través de la conversión análogo/digital de imágenes originales (“proceso de muestra”), rectificación geométrica georreferenciada (“proceso de muestra”) y la salida de resultados (“visualización”), donde la integración de imágenes en el proceso de gestión territorial ligadas a otros datos geotécnicos, permitirán una nueva calidad en la búsqueda de soluciones optimizadas.

La viabilidad de un trabajo envolviendo el Método Híbrido está directamente relacionada a la falta de recursos financieros necesarios para la elaboración de un producto cartográfico por métodos tradicionales. El método requiere de un planeamiento riguroso de las diversas etapas que lo constituyen para que se alcancen los resultados esperados.

Considerando que la dinámica del espacio urbano muda rápidamente en algunas regiones de Brasil y las fotografías aéreas disponibles no siempre acompañan el dinamismo de las mudanzas, un minucioso trabajo de fotointerpretación de las entidades de interés debe ser realizado paralelamente al trabajo de control fotográfico, el cual consiste en la identificación de esas entidades haciendo con que ellas tengan sus respectivas características registradas.

Esas actividades son de fundamental importancia para proceder al análisis de grado de transformación y a la perfecta identificación del espacio. A partir de aquí, los modelos aerofotogramétricos que cubren el campo universitario pasarán por un proceso de georreferenciamiento, para que, a través de la aerotriangulación, las distorsiones existentes en las fotos aéreas sean corregidas.

La finalidad del Método Híbrido consiste en el establecimiento de una infraestructura de apoyo geodésico y topográfico que proporcione la normalización y sistematización de levantamientos de espacios físicos a través de la combinación de los métodos directo y aerofotogramétrico de levantamiento, respetando las normas y especificaciones establecidas para el uso de estas técnicas.

Considerando que todo proceso de gestión y planeamiento físico-territorial en nivel local exige informaciones físico-espaciales en escalas y detalles adecuados empleando geotecnologías modernas, hace necesario que sean archivadas en bases de datos digitales que alimentarán el sistema de información territorial. Ese sistema permitirá la disseminación,

análisis experimentales y cruzamiento de informaciones generando, así, mapas temáticos que describa una o varias variables analizadas.

## 2. MÉTODO Y PROCEDIMIENTOS

El Método Híbrido está basado en los procedimientos metodológicos de mapeamiento digital, que corresponden a los levantamientos de tipo geodésico, aerofotogramétrico digital y topográfico electrónico para la obtención de la base geométrica digital. Inicialmente se implantó una línea base geodésica en el campo universitario. Posteriormente se procedió a la elaboración de la ortofoto digital a partir de las fotografías aéreas existentes que recubriesen el área de interés y, finalmente, se implantó una red planimétrica de puntos de control planimétrico, levantada por procedimientos topográficos electrónicos, y ajustada por el Método de los Mínimos Cuadrados de Gauss.

Todos los procedimientos deben estar georreferenciados a la misma referencia geodésica, condición fundamental para la obtención de una geometría rígida que garantice la precisión requerida para la localización de entidades, así como para su actualización y representación a través de polígonos perfectos, que son entidades esenciales a los Sistemas de Información Territorial.

### 2.1 Levantamiento geodésico

Los levantamientos geodésicos constituyen la base para el establecimiento del referencial físico y geométrico necesario al posicionamiento de las entidades que componen el escenario. De este modo, la localización de los vértices de las líneas-base se torna de fundamental importancia en el sentido de evitar la interferencia de las señales emitidas por los satélites y una posible reflexión de las mismas a través de obstáculos situados en las proximidades de los vértices, causando efectos de multi-camino.

El método adoptado fue el “Estático” (observación de las fases portadoras), donde dos receptores fijos observan los mismos satélites en un mismo periodo de tiempo. En este caso son determinados, al mismo tiempo, los componentes de los radio vectores definidos por las estaciones con precisión de entre 1 a 2 partes por millón (ppm). Así, se puede considerar que las posiciones absolutas obtenidas por un receptor “móvil” son corregidas por otro receptor fijo, estacionado en un punto de coordenadas de referencia. Las experiencias muestran que el método constituye la más tradicional técnica de medición GPS, siendo necesario para cada punto por lo menos una hora de observación siendo altamente recomendado para puntos de control aerofotogramétricos, entre otros, debido a la abundancia de datos colectados.

Estos levantamientos para fines topográficos tienen características locales, o sea, se orientan

atendiendo al horizonte topográfico. Tienen la finalidad de fornecer el apoyo básico indispensable a las operaciones topográficas de levantamiento, para fines de mapeamiento con base en aerofotos. Los levantamientos permitirán el control horizontal a través de la determinación de coordenadas geodésicas. Los vértices de las líneas-base estaban materializados en suelos geológicamente estables y libres de obstrucciones. Procedimientos de rutina fueron adoptados, entre ellos, la verificación del moteje e instalación de cables de conexión de los aparatos; digitación de los campos informativos en el receptor (fecha, nombre y número de la estación, número de la sesión, altura de la antena, horas de inicio y fin de cada sesión, etc.); y el acompañamiento de la medición, observando los indicadores de geometría de la constelación y la salud de los satélites. Mientras mayor sea el PDOP (responsable por la precisión del posicionamiento tridimensional) en el instante de la observación peor será la acurácia del posicionamiento. Para la medición de las líneas-base fue utilizado un par de equipamientos GPS, modelo GPR1 de una portadora (L1).

### 2.2 Levantamiento aerofotogramétrico digital

El ortofoto se obtiene a través de la corrección de los factores de distorsión de la imagen de la fotografía aérea, o sea, la proyección cónica es transformada en proyección cilíndrica ortogonal, donde el relieve de la región es corregido tornando la escala homogénea, en otras palabras, la imagen es “achataada, estirada y comprimida”, hasta que la fisionomía del terreno, presente en la imagen fotográfica, sea corregida y con escala homogénea. El ortofoto fue procesado por la compañía Esteio Ingeniería y Aerolevantamentos (Brasil) en 1999 que, para el logro se deben considerar las etapas siguientes.

#### 2.2.1 Selección de los modelos

La selección de las fotografías aéreas que componen los modelos de recubrimiento del campo universitario: Las fotografías usadas proceden de un levantamiento aéreo realizado en el municipio de Florianópolis/SC en 1994, a escala 1:8000. El vuelo en sentido norte-sur fue realizado a una altura media de vuelo de 1.249m.

#### 2.2.2 Georreferenciamiento de los modelos

El georreferenciamiento de los puntos foto-identificables preseleccionados en cada modelo de recubrimiento: Teniéndose en consideración que no siempre es posible trabajar con fotografías aéreas recientes, se debe hacer un reconocimiento *in situ* para verificar si no existen obstáculos que perjudiquen las observaciones GPS. En la imposibilidad de poder ocupar puntos predefinidos, se debe elegir un punto próximo en el que la antena receptora pueda ser

colocada. La selección de los puntos foto-identificables para las mediciones GPS fue dirigida a atender los objetivos propuestos, o sea, fueron impuestas algunas rutinas para que se procediese a la selección de los puntos, de entre ellas:

- i) puntos de fácil identificación tanto en las fotos como en el terreno dentro del área previamente especificada por la empresa;
- ii) puntos representativo de un levantamiento de actualización *in situ*, o sea, no deberían ser escogidos locales elogiados, como ideales para la implantación de redes geodésicas, debiendo este poseer horizonte limpio de obstáculos, alejados de torres de alta tensión o similares;
- iii) evitar los efectos de multi-camino.

Para el rastreo de los puntos fue utilizado el mismo par de equipamientos GPS, modelo GPR1 empleado en la medición de las líneas base. Para la transformación de coordenadas WGS-84 → UTM fue utilizado el Software “The Geographic Calculator” versión 3.07. Para el Post-procesamiento GPS fue utilizado el Software “GPPS versión 5.0” que acompaña el equipamiento. Para el ajuste de las observaciones GPS se utilizó el Software “FILLNET” 3.0”.

Se optó por el Método Estático (modo diferencial), con un levantamiento tipo “radial”, debido a que el receptor utilizado es de una portadora (L1). Con el objetivo de ofrecer auxilio a los trabajos de aerotriangulación y restitución aerofotogramétrica, los puntos tienen sus respectivas identificaciones en las aerofotos y son dimensionados previamente en gabinete a través de fórmulas matemáticas que establecen las distancias de los puntos de apoyo a ser levantados en campo.

### 2.2.3 Aerotriangulación y ajuste

Para que pueda ser obtenida la ortofoto digital es necesaria la correlación de la imagen con el terreno fotográfico. Esta adecuación es realizada por medio del proceso de aerotriangulación. Para su realización es necesaria la obtención de algunos puntos del terreno llamados puntos de apoyo. Usualmente son requeridos apenas dos puntos localizados estratégicamente de modo que se cubran las superposiciones laterales y longitudinales de las líneas de vuelo a cada tres modelos aerofotogramétricos.

En el desarrollo de este trabajo se buscó la densificación de los puntos de apoyo, aportando así el número de puntos recomendados para una buena aerotriangulación. Las coordenadas planimétricas de los puntos de apoyo pueden ser obtenidas por métodos de levantamiento topográfico o por mediciones GPS y las cuotas altimétricas por nivelación geométrica.

El equipamiento empleado para la aerotriangulación fue el restituidor analítico

PLANICOMP C-120, con un microcomputador acoplado y sistema de restitución PLANIMAP.

### 2.2.4 Escaneamiento de diapositivas

La imagen raster de diapositiva escaneada necesita ser orientada para su utilización en cualquier aplicación. El proceso de orientación se da a través de la lectura de los puntos perforados, los cuales tienen las coordenadas determinadas en la etapa de aerotriangulación.

La calidad de este proceso depende mucho de la experiencia del operador y de su capacidad visual. El barrido de las diapositivas fue realizado por una “Workstation DSW 100”. El Software utilizado para el escaneo de las imágenes fue el “Scan V132” y el Software para el procesamiento de imágenes fue el “SOCET SET, versión 3.1.4”.

### 2.2.5 Generación del MDT (Modelo Digital del Terreno)

La nivelación de los puntos foto-identificables es fundamental para la generación del MDT. En esta etapa fue utilizado el Nivel Ni 40 SEISS (nivel de burbuja con micrómetro óptico) para el levantamiento altimétrico. Fueron utilizados dos soportes metálicos en alturas distintas, colocados uno al lado del otro, constituyendo dos planos de referencia. Esa técnica garantiza una doble nivelación, o sea, sirve de nivelación y contra-nivelación. Se tomó el cuidado de mantener una equidistancia relativa entre las observaciones trasera y delantera, pues la técnica garantiza una mayor precisión en las lecturas. Los errores altimétricos pueden crear errores planimétricos en la ortofoto. En las esquinas de cada modelo, los errores planimétricos llegan a ser máximos y llegan a ser de igual magnitud al error altimétrico, motivo por el cual algunos fueron seleccionados para nivelación. La precisión altimétrica del modelo tiene, por tanto, una gran influencia en la precisión del ortofoto.

### 2.3 Levantamiento topográfico electrónico

La forma ideal de una red de puntos de control consiste en una composición de triángulos equiláteros apoyados en una base, mas, por tratarse de un ambiente construido la configuración de la red implantada no obedeció la forma ideal, pero se apoyó en vértices geodésicos previamente establecidos en el proceso de georreferenciamiento del área a través de las líneas-base (MCFT-MCES; MCES-V001), como puede ser visto en la figura 1.

Las operaciones de campo para la implantación de la red se constituyeron de las etapas siguientes.

### 2.3.1 Implantación y materialización de los vértices

La elección del local de materialización por medio de marcos de concreto, se debió al estudio preliminar de la ortofoto de 1994, donde se consideró el suelo geológicamente estable y el espaciamiento de las edificaciones, o sea, las edificaciones deberían situarse delante de, por lo menos, dos puntos de control.

### 2.3.2 Selección y medida de la base de referencia

Cuando se torna posible la utilización de dos vértices geodésicos inter-visibles se excluye la medición de la base. Una vez conocidos los valores de sus coordenadas, se puede determinar las distancias entre ellos, así como la orientación (azimut) entre los mismos.



Fig.1 - Visualización de la base geométrica instalada en 1998 en el campus de la UFSC

### 2.3.3 Medición de ángulos y distancias entre puntos

Los datos fueron colectados simultáneamente en las posiciones de la escala angular (limbo) derecha e izquierda para los puntos de inter-visibilidad. Fue empleada la técnica de no adoptar un referencial fijo como estación de orientación. El proceso requiere que las observaciones con limbo derecho sean efectuadas en secuencia y en sentido horario. Después de una última lectura de la serie, se procede a girar y transitar el limbo de medición y se repite la secuencia de las lecturas en sentido anti-horario hasta llegar al punto inicial. Esta técnica minimiza la presencia de errores sistemáticos y compensa una eventual precisión angular de 5" y lineal de 3 mm + 3 ppm. El equipo usado fue la estación total TC 600 de Leika.

### 2.3.4 Ajuste de las observaciones

Fue utilizado el módulo "Civil" del Software Softdesk el cual posee las herramientas necesarias para

realizar los ajustes bidimensional y tridimensional, a través del método de los Mínimos Cuadrados de Gauss.

Las elipses generadas en torno a cada vértice significan la propagación de los errores a partir de las imposiciones propias del ajuste (VT001 – MCS – MCFE). Cuanto mayor sea la elipse mayor será la probabilidad de existencia de errores de posicionamiento.

## 3. CONCLUSIONES

A pesar de haberse empleado receptores GPS de una portadora (L1), los mismos cumplen los requisitos necesarios para el desarrollo de este trabajo.

El levantamiento bien planeado de las sesiones y la perfecta funcionalidad del equipamiento conjuntamente con la aplicación correcta de los medios y métodos de procesamiento y post-procesamiento de los datos, contribuyeron positivamente con la calidad del trabajo para la precisión requerida.

Se debe observar rigurosamente la geometría de los satélites con relación a la antena receptora, pues una geometría inapropiada puede provocar la falta de solución o simplemente una solución fuera de las exigencias. Cuando se obtiene una geometría instantánea buena el valor del PDOP es bajo y cuando la geometría instantánea no es buena el valor del PDOP es alto. No se recomienda la realización de trabajos con valores (PDOP >7). La obtención de un valor alto significa la existencia de datos ruidosos de uno o más satélites.

La adopción de doble frecuencia durante el post-procesamiento de doble diferencia de fase con la fijación de ambigüedades es altamente recomendada por diversos autores de experimentos con receptores GPS, una vez que esa opción ofrece una solución automática para los efectos de la ionosfera. En la doble frecuencia de fases donde se fijan las ambigüedades, generalmente los valores de RMS y de los vectores sigma son bajos (en torno de 2 a 3 cm).

En cuanto al uso de la ortofoto como producto integrante de la base geométrica se recomienda considerar que el mapeamiento de áreas urbanas en gran escala queda limitado a áreas donde predominan edificaciones bajas, pues cuanto mas alta es la edificación mayor será el desplazamiento de la cobertura con relación a la base.

En el ajuste de la aerotriangulación fueron aprovechadas las coordenadas de 81 puntos perforados en los modelos aerofotogramétricos más ocho puntos de apoyo de campo para el control horizontal. De esos ocho puntos, cuatro fueron utilizados en el control vertical y generación del MDT. El ajuste tuvo como referencias de apoyo las alturas aportadas por los cuatro puntos foto-identificables nivelados geoméricamente. En interés de evitar la ocurrencia de propagación de errores sistemáticos tan comunes en las operaciones de nivelación geométrica se buscó hacer las observaciones a distancias equivalentes, además de evitar lecturas muy próximas al suelo, evitando de esta

forma, principalmente, el efecto de la reverberación atmosférica.

En relación al levantamiento topográfico electrónico, en presencia de una alta densificación de edificaciones en el campus universitario no fue posible obtener una configuración ideal tipo “red de triángulos”. En la configuración exhibida en la ilustración 1 se percibe la existencia de ángulos agudos o excesivamente obtusos, así como una desigualdad acentuada entre las medidas lineales debido a la poca inter-visibilidad entre los vértices. Todo eso perjudica la rigidez de la red solamente en el proceso de ajuste de las observaciones.

Se recomienda que, en situaciones similares, el levantamiento topográfico electrónico sea efectuado en forma de poligonales para que estas, posteriormente, sean ajustadas individualmente o en bloque por el MMC de Gauss. Este principio fue adoptado en el ajustamiento de coordenadas del Sistema Geodésico Brasileño que, entre otras ventajas, está la manipulación de los archivos de observaciones a través de un editor de texto, lo cual permite la fácil localización y exclusión de las inconsistencias verificadas en modo de colección.

La interacción entre una red de puntos de control y una imagen raster puede resultar una base geométrica híbrida altamente confiable, donde se posibilita la visualización panorámica entre trabajos realizados en campo y gabinete de una misma región a través de la vectorización de las entidades de interés como puede ser visto en la ilustración 2.

La utilización del Método Híbrido permite la identificación de la información, tornando los datos asociados, siendo posible la comprobación de su veracidad por medio de la pantalla del monitor.



Fig. 2 - Vectorización “en la pantalla” del Hospital Universitario realizada sobre el foto plano digital

La validación de la base geométrica visando su clasificación ante el Patrón de Exactitud Cartográfica (PEC), conforme establecido en el Decreto Federal No. 89.817 de 1984, no constituyó en el objetivo específico propuesto en la investigación,

quedando esta importante etapa como propuesta de estudio futuro.

La relación costo/beneficio del método híbrido en la elaboración de la base geométrica de un sistema de informaciones territoriales está directamente relacionada a la dimensión del área de interés a ser mapeada (urbana o rural), a la unidad territorial mínima para agregar informaciones, al uso e ocupación del suelo y a la escala de representación cartográfica que determina la escala de vuelo. Considerando que las empresas especializadas en aerolevantamientos cobran por kilómetro cuadrado y por la ubicación del región geográfica de recubrimiento, queda difícil estimar un costo. Cuanto mayor el área mayor el costo, pues demanda un número mayor de modelos aerofotogramétricos de recubrimiento y de puntos de control para la generación de la ortofoto digital. No en tanto, parte de los costos puede ser minimizada si algunas etapas fueran ejecutadas por el propio cliente en el momento de la contratación del servicio. Así, la indicación de la aplicación del método híbrido en municipios pequeños, medios y grandes queda restringida a la finalidad y a la precisión deseada.

## AGRADECIMIENTOS

La investigación que dio origen a este artículo, contó con el apoyo logístico y financiero de la Fundación del Medio Ambiente del Estado de Santa Catarina (FATMA) y de la Fundación de Amparo a la Investigación del Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), respectivamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. “**NBR 13133 – Execução de Levantamento Topográfico**”. 35p. Rio de Janeiro. RJ. 1993.

ALMEIDA, J. F. “**Ortofoto Digital**”. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR. Curitiba, PR. 1989.

ANDRADE, D. F. P. N. “**Fotogrametria Básica**”. Ministério do Exército, IME – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. 1988.

BERALDO, P.; SOARES, S. M. “**GPS – Introdução e Aplicações Práticas**”. Ed. E Livraria Luana. Brasília, DF. 1995.

BLACHUT, T. J. “**Cadastre for Developing Countries Based on Orthophoto Techniques**”. The Canadian Surveyor, V.39, p.31-43. 1985.

BRANDÃO, A. C. “**Possibilidade de Emprego de Um Campo de Pontos Planimétricos como Definidor de Um Comparador de Distâncias Colineares**”. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, p-20-42, Curitiba, PR. 1996.

DAL POZ, A. P. **“Mapeamento por Técnicas Fotogramétricas”**. Curso Ministrado na Universidade Federal de Viçosa - MG. 1982.

DALE, P. F.; McLAUGHLIN, J. D. **“Land Information Management”**. Oxford University Press. Oxford. 1990.

DSG. Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército. **“Manual Técnico de Aerotriangulação”**. Brasília, DF. 1984.

GEMAEL, C. **“Introdução ao Ajustamento de Observações – Aplicações Geodésicas”**. Editora da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 1994.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **“Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos”** (Coletânea das Normas Vigentes). R. Janeiro, 1998.

KAISER, R.; MADANI, M. **“A Digital Orthophoto System from Intergraph”**. 1992.

LIMA, D. G. **“Erros Previsíveis ou Temíveis nas Operações Topográficas”**. S. Paulo, SP. 1991.

MAGRO, F. H. S. **“Programa para Ajustamento de Redes Topográficas pelo Método de Variação de Coordenadas”**. Anais. In: I Seminário Nacional de Cadastro Técnico Rural e Urbano. ITCF, Curitiba – PR. 1987.

MANUAL DO USUÁRIO. **“Softdesk Civil Survey S7.2”**. Distribuído por Digicon. S. Paulo, 1996.

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **“Introdução ao Sistema de Informação Geográfica”**. Rio Claro, SP. 1992.