

GEORREFERENCIAMENTO

CASSIANO GARCIA ROQUE¹, IVAN CLEITON DE OLIVEIRA², PRISCILA PEREIRA FIGUEIREDO³, EVERTON VALDOMIRO PEDROSO BRUM¹ E MAIRO FABIO CAMARGO⁴

¹ Prof. Dr., Departamento de Agronomia da UNEMAT, Campus de Alta Floresta, cassianoroque@yahoo.com.br

² Prof., Depto. de Engenharia Florestal da UNEMAT, Campus de Alta Floresta.

³ Engenheira Florestal

⁴ Mestrando do curso de Ciências Ambientais da UNEMAT, Campus de Cáceres

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

RESUMO: A determinação precisa de um ponto na superfície terrestre dá-se o nome de georreferenciamento. Esta técnica aprimorada que consiste em tornar as coordenadas conhecidas num dado sistema de referência adotado pelo país, tem sido muito difundida nos dias atuais, devido à necessidade de se obter delimitação real de uma determinada área sem correr os riscos de sobreposição desta. Por isto existe a necessidade da realização do georreferenciamento em áreas rurais, e do esclarecimento dele através deste trabalho. Em relação ao georreferenciamento de Imóveis Rurais necessita-se de receptores que utilizam uma medição extra a fim de eliminar alguns erros, permitindo assim uma determinação mais acurada e precisa de sua posição, são os chamados GPS geodésicos de uma ou duas frequências. A crescente utilização do GPS nos levantamentos geodésicos conduziu à necessidade de adoção de sistemas de referência. O Sistema de navegação por satélites utiliza o World Geodetic System 1984 (WGS84) como referência, mas o sistema de referência exigido pelo INCRA no Brasil é o South American Datum 1969 (SAD69), portanto é necessário que as coordenadas obtidas a partir do rastreamento de satélites do GPS sejam convertidas para o SAD69, a fim de manter a compatibilidade com o sistema oficial. Termos para indexação: GPS, SAD-69, WGS-84, Georreferenciamento.

GEOREFERENCING

ABSTRACT: To the necessary determination of this positioning improved technique is given the name of georeferencing. It is a technique that consists of turning the coordinates known in a data system of reference adopted by the country, tem sido muito difundida nos dias atuais, allowing the real delimitation of a determined area without risks of the overlapping of this. Por isto existe a necessidade da realização do georreferenciamento em áreas rurais, e o esclarecimento dele através deste trabalho. In relation to the georeferencing of Agricultural Property receivers who use an extra measurement in order to eliminate some errors are needed, allowing an accurate and precise determination of its position, those are the so called geodesic GPS of one or two frequencies. The increasing use of the GPS in the geodesic surveys has led to the necessity of adoption of systems of reference. The Satellite navigation system uses the World Geodetic System 1984 (WGS84) as reference, but the system of reference demanded by INCRA in Brazil is the South American Datum 1969 (SAD69), therefore it is necessary that the coordinates gotten from the tracking of satellites of the GPS are converted to the SAD69, in order to keep the compatibility with the official system. Index terms: GPS, SAD-69, WGS-84, Georeferencing.

INTRODUÇÃO

Embora hoje a localização espacial seja uma tarefa relativamente simples para o usuário de posicionamento por satélite, ela foi um dos primeiros problemas científicos que o ser humano procurou

solucionar. Conquistar novas fronteiras, com deslocamento seguro exigia o domínio sobre a arte de navegar, saber ir e voltar de um local a outro, com conhecimento de seu posicionamento, durante todo o trajeto, tanto na terra como no mar ou no ar.

Nesse contexto entra em cena o GPS, que é na atualidade o instrumento mais eficiente para a coleta de informações espacializadas pontuais, lineares e poligonais. É a tarefa conhecida como georreferenciamento. O georreferenciamento é uma técnica aprimorada de descrição dos imóveis rurais, que contribui para o controle tanto do cadastro dos imóveis rurais como dos direitos reais a eles relativos. O objetivo do georreferenciamento de imóveis rurais é a localização específica de um bem individualizado dentro do globo terrestre. Georreferenciar os pés de eucalipto de um reflorestamento, significa obter as coordenadas geográficas de cada uma das árvores; georreferenciar um curso de água, consiste em percorrê-lo coletando toda a rota; georreferenciar uma área, consiste em delinear seus limites formando um polígono. São tarefas típicas para uso de GPS.

O NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time And Ranging - Global Positioning System) é um sistema de rádio navegação baseado em satélites. O GPS permite que usuários em terra, mar e ar determinem suas posições tridimensionais (latitude, longitude e altitude), velocidade e hora; 24 horas por dia independente de condições atmosféricas e em qualquer lugar do mundo (Rocha, 2003).

O princípio básico de navegação pelo GPS, é relativamente simples. Consiste na medida das distâncias entre o receptor e o satélite, que é calculada pelo tempo que a programação (sinal GPS), gerada no satélite, leva para chegar até a antena receptora. Como o sinal viaja através da atmosfera com a velocidade da luz, a distância é obtida pela multiplicação desta pelo tempo que o sinal levou para chegar ao receptor (Gomes et al., 2001).

Segundo Rocha (2003), o funcionamento do GPS é suportado por 3 segmentos principais: o Segmento Espacial, constituído pela constelação dos 24 satélites operacionais e toda a tecnologia de comunicação de dados a partir dos mesmos; o Segmento de Controle, formado por um conjunto de estações terrestres onde funciona toda a inteligência e controle do Sistema; e, o Segmento de Usuários, constituído pelos receptores GPS e todas as técnicas e processos, empregados pelos usuários em suas aplicações.

Sendo o GPS um sistema de navegação e posicionamento sobre a superfície da Terra, ele depende fortemente da forma geométrica do globo terrestre e da forma de representação cartográfica dos dados, surgindo nesse contexto os sistemas de referência.

O sistema de referência adotado para os satélites do GPS é o WGS84. Isto acarreta que os resultados dos posicionamentos realizados com o GPS referem-se a neste sistema geodésico, devendo ser transformados para o sistema SAD-69, adotado no Brasil, regulamentado na Resolução do Presidente do IBGE nº 23 de 21 de fevereiro de 1989 (Brasil, 1993).

A densificação por meio de poligonais geodésicas de precisão tornou-se um trabalho de extrema importância após o estabelecimento da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, devido à inexistência de uma ampla infra-estrutura de redes geodésicas que atenda aos

profissionais voltados para os trabalhos de georreferenciamento. Portanto, foi estabelecido pela referida Norma Técnica que no caso de inexistência de infra-estrutura geodésica na região dos trabalhos, devem-se determinar as coordenadas de uma base (transporte de pontos de controle planimétrico a partir de dados fundamentais do Sistema Geodésico Brasileiro), de preferência por rastreamento de sinais de satélites do sistema GPS, de forma a atender as necessidades de apoio geodésico do projeto.

Esta revisão tem por objetivo esclarecer o georreferenciamento em imóveis rurais e ressaltar a utilização dos GPS L1 em conjunto com receptores de GPS L1/L2, sendo estes os principais instrumentos para realização destes levantamentos devido a sua precisão.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Georreferenciamento

Georreferenciar uma imagem ou mapa é tornar suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência. Este processo inicia-se com a obtenção das coordenadas (pertencentes ao sistema no qual se planeja georreferenciar) de pontos da imagem ou do mapa a serem georreferenciados, conhecidos como Pontos de Controle. Os Pontos de Controle são locais que oferecem uma feição física perfeitamente identificável, tais como intersecções de estradas e de rios, represas, pistas de aeroportos, edifícios proeminentes, topos de montanha, dentre outros. A obtenção das coordenadas dos Pontos de Controle pode ser realizada em campo a partir de levantamentos topográficos, GPS – Global Positioning System (EPUSP, 2006).

Georreferenciamento de Imóveis Rurais

O chamado Georreferenciamento consiste na obrigatoriedade da descrição do imóvel rural, em seus limites, características e confrontações, através de memorial descritivo firmado por profissional habilitado, com a devida ART, contendo as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e com precisão posicional fixada pelo INCRA (art. 176, § 4º, da lei 6.015/75, com redação dada pela Lei 10.267/01) (Silveira, 2006).

Todos os imóveis rurais do país - assim definidos como os que não foram declarados urbanos pela autoridade municipal - sejam eles públicos ou privados devem ser georreferenciados. O Decreto 4.449/02, alterado pelo decreto 5.570/05 definiu um cronograma de enquadramento descrito a seguir: a) após noventa dias da publicação do Decreto, para os imóveis com área acima de cinco mil hectares, ou seja, desde 29 de janeiro de 2003; b) após um ano, para imóveis com área entre cinco mil e mil hectares, ou seja, desde 1º de novembro de 2003; c) cinco anos, para os imóveis com área de quinhentos a menos de mil hectares, a partir de 21/11/2008, conforme previsto na nova redação dada pelo Decreto 5.570, de 31 de outubro de 2005 e; d) oito anos, para imóveis com área inferior a quinhentos hectares, a partir de 21/11/2011, conforme previsto na nova redação dada pelo decreto 5.570, de 31 de outubro de 2005 (Teixeira, 2006).

GPS (Global Position System)

A tecnologia atual permite que qualquer pessoa possa se localizar no planeta com uma precisão nunca imaginada por navegantes e aventureiros há até bem pouco tempo. Nesse contexto entram em cena os GPS (Global Position System). O **NAVSTAR GPS** (NAVigation System with Time And Ranging - Global Positioning System) é um sistema de rádio navegação por satélite que fornece, a usuários que possuam equipamento apropriado, coordenadas precisas de posicionamento tridimensional e informação sobre a navegação e o tempo. Traduzido O Sistema de Posicionamento Global também é conhecido como Sistema de Posicionamento por Satélite. Foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América – DoD (Department of Defense), com o propósito de ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas. Em razão da alta acurácia proporcionada e do alto nível tecnológico, embutido nos aparelhos receptores GPS, uma grande comunidade de usuários do sistema, surgiu dos mais variados segmentos do meio civil, (navegação, posicionamento geodésico, agricultura, meio ambiente, controle de frotas, etc) (Figueirêdo, 2005).

Esse sistema deve ter como principais características: a integridade, a disponibilidade e, fornecer serviço contínuo aos usuários (Krueger, 2005).

Sinais Emitidos pelos Satélites GPS:

Os sinais por meio dos quais os satélites GPS se comunicam com seus usuários são todos gerados a partir da frequência de 10,23 MHz. Estes sinais são modulados sobre portadoras, para que possam ser enviados pelos satélites.

Segundo Gemael & Andrade (2004), duas portadoras são utilizadas para permitir a compensação, de primeira ordem, do efeito da refração ionosférica. Essas portadoras têm as suas frequências geradas a partir da frequência fundamental, da seguinte forma:

L_1 com frequência $w_1 = 154 \times 10,23 = 1575,42$ MHz

L_2 com frequência $w_2 = 120 \times 10,23 = 1227,60$ MHz,

Que correspondem aos comprimentos de onda:

$\lambda_1 = 19,05$ cm e

$\lambda_2 = 24,45$ cm.

Os sinais L1 e L2 transmitidos para o usuário contêm informações sobre:

- a) As efemérides do satélite;
- b) As correções do relógio do satélite;
- c) Parâmetros atmosféricos;
- d) Parâmetros orbitais de todos os satélites (almanaque);
- e) Outros dados relevantes sobre o sistema em geral.

Códigos Transmitidos pelos Satélites GPS

Os códigos que podem ser transmitidos pelos satélites são quatro: Código P, Código Y, Código C/A e Códigos Não Padrão.

O código P tem seu nome derivado de **preciso**, e está disponível apenas para usuários autorizados, sendo modulado sobre a portadora L_2 .

O Código Y é utilizado em substituição do código P quando o AS (*anti-spoofing*) é ativado. É gerado pela multiplicação do código P por um código secreto, denominado w (Gemael & Andrade, 2004).

O Código C/A, ou código de fácil acesso, é modulado sobre a portadora L_1 . É disponível para todos os usuários.

Os códigos não Padrão são os códigos NCS e NSY, que são usados para proteger o usuário do mau funcionamento do sistema de frequência do satélite (Gemael & Andrade, 2004).

Classificação dos Receptores GPS

Os receptores, quanto ao tipo de dados recebidos, podem ser classificados em:

- Receptores de Código C/A – mais comumente chamados de receptores de navegação, possuem precisão de posicionamento da ordem de 18 m;
- Receptores L_1 – utilizados em georreferenciamento para determinação das coordenadas dos vértices das propriedades e, através de técnicas específicas, transporte de coordenadas; Possui precisão absoluta da ordem de 18 m, e, quando utilizado em método relativo, sua precisão pode chegar na ordem do centímetro;
- Receptores L_1 e Código C/A – mesma aplicação que os equipamentos anteriores;
- Receptores L_1 e L_2 – São mais precisos, por utilizarem o sinal das duas portadoras, e, conforme o tempo de rastreamento podem chegar a precisões da ordem do milímetro. Utilizados em georreferenciamento principalmente para transporte de coordenadas;
- Receptores L_1 e L_2 mais o código C/A;
- Receptores L_1 e L_2 mais os códigos C/A e P – utilizados por usuários autorizados, possibilitam a determinação absoluta de coordenadas precisas.

No georreferenciamento, devido aos componentes custo e precisão, os receptores mais utilizados são o L_1 e o L_1 e L_2 . Com o receptor L_2 se determinam as coordenadas do ponto de base da

propriedade, e, com o L_1 se faz o rastreamento dos vértices da área, pelo método relativo, com relação as coordenadas da base.

Conceitos Básicos de Cartografia e Geodésia

O aparecimento do Global Positioning System – GPS, revolucionou as atividades que necessitam de posicionamento em função de sua rapidez e precisão na obtenção de coordenadas. Este fato acarretou um crescente interesse por um geóide mais acurado e preciso para aplicações nas áreas de mapeamento e engenharia (Silveira, 2005).

A geodésia está intimamente ligada à necessidade inerente de localização da espécie humana (Bueno, 2005).

Sendo a Terra uma figura indefinida e impossível de ser representada graficamente e, como se sabe, não é perfeitamente esférica. Sua forma real é considerada como sendo aquela obtida pelo prolongamento da superfície média dos oceanos através dos continentes, idealizada por Carl Friedrich Gauss (físico matemático alemão – 1777-1855). A essa superfície é chamada de Geóide. É uma forma “quase” perfeita da Terra (Filho, 2001).

A popularização do GPS em atividades de georreferenciamento acarretou em uma crescente necessidade de se obter a separação entre as superfícies do geóide (superfície que representa o nível médio dos mares) e elipsóide (modelo matemático usado para a representação da Terra), denominada de ondulação geoidal (Costa & Lima, 2005).

Superfície física é a superfície real, é uma superfície entre as massas sólidas ou fluídas e a atmosfera. É sobre ela que são efetuadas medidas topográficas, nivelamentos e é onde estarão posicionados os receptores GPS. Corresponde ao solo, ruas, montanhas, oceanos, etc., é onde estará o observador na tentativa de determinar o seu posicionamento (Silveira, 2005).

Elipsóide é a figura matemática que imita a forma real da Terra. Sua finalidade é possibilitar cálculos que seriam impossíveis para a superfície disforme do globo terrestre (Silveira, 2005).

Geóide etimologicamente significa “forma da Terra” que é definida pela linha do prolongamento do nível médio dos mares nos continentes. É a representação mais próxima da realidade física expressa pelo campo gravitacional terrestre. Sendo uma superfície definida a partir do campo de gravidade, o geóide tem intrínseca relação com a determinação de altitudes. As altitudes determinadas com base nesta superfície, denominadas de *altitudes ortométricas*, conforme apresentado na Figura 1 (Anexos) e são utilizadas nas curvas de nível do mapeamento sistemático brasileiro (Silveira, 2005).

SAD 69 E WGS 84

Os sistemas de referência são utilizados para descrever as posições de objetos. Quando é necessário identificar a posição de uma determinada informação na superfície da Terra são utilizados os Sistemas de Referência Terrestres ou Geodésicos. Estes por sua vez, estão associados a uma superfície que mais se aproxima da forma da Terra, e sobre a qual são desenvolvidos todos os cálculos das suas coordenadas. As coordenadas podem ser apresentadas em diversas formas: em uma superfície esférica recebem a denominação de coordenadas geodésicas e em uma superfície plana

recebem a denominação da projeção às quais estão associadas, como por exemplo as coordenadas planas UTM (IBGE, 2006).

Assim sendo, tanto as efemérides transmitidas quanto as pós-computadas tem seus parâmetros referidos ao centro de massa terrestre. Trata-se, portanto de um sistema geocêntrico (Brasil, 2003).

A crescente utilização do GPS nos levantamentos geodésicos conduziu à necessidade de adoção desses sistemas de referência geocêntricos. O sistema de navegação por satélites GPS utiliza o World Geodetic System 1984 (WGS84) como referência, que é um grupo lógico de parâmetros que descrevem o tamanho e a forma da Terra, as posições de uma rede de pontos em relação ao centro de massa da Terra, transformações dos principais datums geodésicos e o principal da Terra (em geral em termos de coeficientes harmônicos) (Costa, 2000).

O sistema de referência exigido pelo INCRA no Brasil é o South American Datum 1969 – SAD-69, que é um sistema geodésico regional de concepção clássica. A sua utilização pelos países sul-americanos foi recomendada em 1969 através da aprovação do relatório final do Grupo de Trabalho sobre o Datum Sul-americano, pelo Comitê de Geodésia reunido na XI Reunião Panamericana de Consulta sobre Cartografia, recomendação não seguida pela totalidade dos países do continente. Tinha como objetivo a unificação do referencial para os trabalhos geodésicos e cartográficos na América do Sul. Apenas em 1979 ele foi oficialmente adotado como sistema de referência para trabalhos geodésicos e cartográficos desenvolvidos em território brasileiro. Não tem origem geocêntrica e os parâmetros definidores do elipsóide de referência diferem do WGS84. Trata-se, portanto de superfícies de referência distintas tanto na forma quanto na origem (Costa, 2000).

É necessário, portanto que as coordenadas obtidas a partir do rastreamento de satélites do GPS sejam convertidas para o SAD-69 para manter compatibilidade com o sistema oficial (Figueirêdo, 2005).

SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas)

Augusto et al. (2005), descreveram a mudança de um sistema local para um sistema geocêntrico, decorrente das novas tecnologias, produz grandes benefícios, principalmente quanto à compatibilidade das informações a nível internacional. O Brasil, através do Projeto de Mudança do Referencial Geodésico (PRMG), segue as recomendações do Projeto Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, o SIRGAS, cujo propósito é o estabelecimento de um sistema geodésico único para as Américas. O PRMG objetiva promover a adoção de um novo sistema de referência, mais moderno e de concepção geocêntrica, compatível com as modernas tecnologias de posicionamento.

O desenvolvimento do Projeto SIRGAS compreende as atividades necessárias à adoção no continente de sistema de referência de precisão compatível com as técnicas atuais de posicionamento, notadamente as associadas ao Sistema de Posicionamento Global (GPS) (Silveira, 2005).

O Projeto Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), esta sendo desenvolvido com a participação de diversos países sul americano, sob coordenação do IBGE. No contexto deste projeto foi determinada em 1997 uma rede geodésica continental de precisão científica, a partir da qual estarão apoiadas as redes nacionais sul-americanas. A integração entre a rede de referência SIRGAS com as redes existentes em outras regiões do planeta está garantida pela existência no continente de estações de operação contínua pertencentes à Rede Global do International GPS Service for Geodynamics (IGS) (Silveira, 2004).

Segundo Silveira (2004), a adoção de um referencial geocêntrico no Brasil se constitui em uma necessidade, objetivando o atendimento dos padrões globais de posicionamento. Com isto, fica garantida a manutenção da qualidade dos levantamentos GPS realizados em território nacional, uma vez que manter o seu referenciamento ao SAD-69 implica na degradação da precisão. Outro fator determinante diz respeito à necessidade de se buscar uma compatibilidade com os demais países sul-americanos, adotando-se no continente um referencial único para as atividades cartográficas.

Associado a essa mudança necessária e inevitável tem-se grandes benefícios e vantagens, dentre as quais pode-se citar: alcance de precisões a níveis muito melhores que no passado, compatibilidade de informações a nível internacional, maior confiabilidade nos resultados e, principalmente, uma maior facilidade para os usuários quando da integração de novos levantamentos ao SGB (Costa, 2000).

SGB (Sistema Geodésico Brasileiro)

Define-se por Sistema Geodésico Brasileiro - SGB - o conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país. Em outras palavras é o sistema ao qual estão referidas todas as informações espaciais no Brasil (Brasil, 1983).

O SGB começou a ser implantado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 17 de maio de 1944, e tem sido utilizado ao longo dos anos por usuários necessitados de informações posicionais para diversos fins, tais como: apoio ao mapeamento, demarcação de unidades político-administrativas, obras de engenharia, regulamentação fundiária, posicionamento de plataformas de prospecção de petróleo, delimitação de regiões de pesquisas geofísicas, etc (Pereira & Augusto, 2004).

Pelo apresentado anteriormente, constata-se que a questão do georreferenciamento exige o seguinte esclarecimento: georreferenciar ao Sistema Geodésico Brasileiro – SGB significa identificar inequivocamente o imóvel, descrevendo-o através de coordenadas do sistema de referência do mapeamento oficial adotado no país, que é de responsabilidade do IBGE (Pereira & Augusto, 2004).

A Lei 10.267/01 determina que as propriedades rurais devem estar georreferenciadas ao SGB, sendo que o INCRA estabeleceu norma técnica com esta finalidade. As atividades geodésicas têm experimentado uma verdadeira revolução com o advento do Sistema de Posicionamento Global (GPS). A capacidade que este sistema possui de permitir a determinação de posições, estáticas ou cinemáticas, aliando rapidez e precisão muito superiores aos métodos clássicos de levantamento, provocou a

necessidade de revisão das características do SGB. Tanto que em 1996, deu-se início a operacionalização da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, que implantou o conceito de rede ativa, através do monitoramento contínuo de satélites do GPS (Pereira & Augusto, 2004).

Segundo Pereira & Augusto (2004), de acordo com a norma técnica emitida pelo INCRA, somente as seguintes estações e redes são admitidas como referências para os levantamentos: a) redes geodésicas estaduais estabelecidas a partir do rastreamento de sinais de satélites de posicionamento e homologadas pelo IBGE; b) vértices da rede fundamental (1ª ordem) brasileira, desde que os mesmos tenham sido reocupados com rastreadores de sinais do GPS, e suas novas coordenadas homologadas pelo IBGE; c) estações ativas receptoras de sinais de satélites do GPS, da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC/IBGE; d) estações ativas receptoras de sinais de satélites do GPS, da Rede INCRA de Bases Comunitárias do GPS – RIBaC, quando homologadas; e) estações ativas receptoras de sinais de satélites do GPS, pertencentes a outros órgãos públicos ou empresas privadas, desde que homologadas pelo IBGE; f) linhas de nivelamento geométrico e/ ou redes trigonométricas, quando necessárias ao apoio vertical, homologadas pelo IBGE;

Portanto o levantamento do imóvel deverá partir sempre de uma estação pertencente ao SGB, e de ainda de acordo com a norma técnica emitida pelo INCRA, as coordenadas utilizadas como referência deverão ter seus respectivos indicadores de precisão fornecidos pela entidade que as determinou; no caso presente o IBGE (Pereira & Augusto, 2004).

Rede Planimétrica

A missão institucional do IBGE, no tocante à ciência geodésia, compreende o estabelecimento e manutenção das estruturas planimétrica e altimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), tarefa atribuída inicialmente através do Decreto-Lei nº 9210, de 29 de abril de 1946, e atualmente, pelo Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967 (IBGE, 2006).

Segundo IBGE (2006), o sistema, cuja implantação foi iniciada em 17 de maio de 1944, tem sido utilizado por usuários necessitados de informações posicionais para diversos fins. Os métodos denominados clássicos (triangulação e poligonização geodésica), utilizados até 1990, foram responsáveis pela determinação de coordenadas em um conjunto de vértices, cuja ocupação era imprescindível na materialização do Sistema Geodésico de Referência (IBGE, 2006).

Em 1991 com o estabelecimento do Projeto GPS no Departamento de Geodésia, o IBGE passou a empregar, exclusivamente o Sistema GPS para a densificação da componente planimétrica do SGB, gerando a Rede Nacional GPS, constituindo hoje a estrutura geodésica mais precisa no contexto nacional, abrangendo inclusive as ilhas oceânicas brasileiras, onde foram estabelecidas estações em 1993 com o apoio da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil. A operacionalização da

RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) em 1996 implantou o conceito de redes 'ativas' através do monitoramento (rastreamento) contínuo de satélites do Sistema GPS (IBGE, 2006).

Portanto, o IBGE de 1944 até a presente data tem acompanhado o estado da arte da ciência geodésica no sentido de dotar o país de uma estrutura planimétrica compatível com o nível de precisão proporcionado pela tecnologia atual (IBGE, 2006).

Redes Estaduais de GPS

A revolução imposta pelo GPS abriu um espectro de possibilidades, se levados em consideração, principalmente, a especialidade e a quantidade (mais de 60.000) de estações integrantes do SGB e a atribuição do IBGE em manter toda essa rede, de modo a suprir a comunidade usuária de dados geodésicos, com informações sobre a realidade física dos pontos implantados no território brasileiro. É fácil observar que tal atribuição tornou-se, ao longo dos anos, uma tarefa complexa devido, notadamente, às grandes transformações físicas, sociais e econômicas ocorridas em nosso país. Dentro desse contexto era premente a necessidade, em vista do avanço tecnológico da Geodésia, da adoção de um outro enfoque para a manutenção e/ou ampliação do SGB, surgiram então as Redes Estaduais GPS (IBGE, 2006).

As redes estaduais GPS procuram, suprir as demandas atuais emanadas do domínio cada vez mais ampliado das técnicas de observação de satélites do Sistema GPS. Filosoficamente pretende-se, ao estabelecê-las, que o território das Unidades da Federação possua redes altamente precisas, que possam ser facilmente mantidas, e que sirvam de estrutura geodésica básica para quaisquer projetos de uso do território que necessitem de dados de posicionamento (IBGE, 2006).

Segundo IBGE (2006), as estações integrantes dessas redes têm como principal característica diferencial a garantia da sua integridade física. Desse modo a localização de cada uma delas é em sítios previamente escolhidos, juntamente com representação das comunidades estaduais, preferencialmente em locais onde se encontram órgãos públicos. A concepção das redes estaduais visa permitir seu uso tanto pela topografia clássica quanto por receptores de sinais GPS. Os marcos estabelecidos obedecem às especificações, no tocante a sua estrutura física, emanadas dos órgãos estaduais e avaliadas pelo IBGE.

RIBaC

A Rede INCRA de Bases Comunitárias do GPS - RIBaC é um conjunto de 44 (quarenta e quatro) estações de referência do GPS implantadas em diversos pontos do território brasileiro e tem o propósito de auxiliar a execução dos serviços de agrimensura desenvolvidos, direta ou indiretamente, pelo INCRA, quando utilizando esta tecnologia (INCRA, 2006).

Segundo INCRA (2006), as estações estão localizadas em unidades próprias do INCRA e, através de acordos, em Universidades Federais ou Estaduais e em sedes de Órgãos e Empresas Públicas e Privadas. Algumas das estações estão localizadas em: Brasília-DF; Belo Horizonte-MG; Fortaleza-CE; Maceió-AL; Manaus-AM; Porto Alegre-RS; Rio Branco-AC; Salvador-BA; Palmas-TO; São Luís-MA; Teresina-PI; Curitiba-PR; Francisco Beltrão-PR; e, Montes Claros-MG.

Permite efetuar correção diferencial das observações coletadas pelos receptores de sinais do GPS, em qualquer dia, a qualquer hora, em diversos lugares do Brasil, por equipamentos que possuam esse recurso (INCRA, 2006).

De acordo com INCRA (2006), por ser constituída por receptores de frequência única (L1) sua utilização, para correção de observações oriundas da fase da onda portadora, deve ser feita considerando-se a distância máxima de linha de base recomendada pelo fabricante do aparelho receptor (em média 30 km).

Para a correção de observações obtidas pelo código C/A recomenda-se a utilização de dados de estações de referência que estejam à uma distância inferior a 300 km do usuário (INCRA, 2006).

Segundo INCRA (2006), os dados da RIBaC podem ser acessados de três maneiras distintas: Rede Interna do INCRA (INCRA NET); Linha Discada, através de um servidor RAS, utilizando um número telefônico 0800; INTERNET. Os dois primeiros tipos de acesso estão restritos apenas à técnicos do INCRA.

RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo)

Seguindo a tendência mundial do estabelecimento de redes GPS (Global positioning System) permanentes, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por intermédio de seu Departamento de Geodésia (DEGED), e em colaboração com o Fundo Nacional de Meio Ambiente (FNMA) e com a Escola politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), iniciou, em 1996, o estabelecimento da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC) (Fortes, 1997 citado por Pereira et al., 2003), que abrange todo o território brasileiro (Pereira et al., 2003).

Pereira et al. (2003), afirmaram que a RBMC tem por objetivo construir uma infra-estrutura geodésica de referência para posicionamentos utilizando-se as modernas técnicas apoiadas no GPS, facilitando assim o emprego do sistema pelo usuário e, ao mesmo tempo, garantindo a qualidade dos resultados obtidos. Cabe destacar que a RBMC é também a principal ligação com os sistemas de referências globais.

O estabelecimento da RBMC foi um passo de grande importância para a Geodésia no contexto nacional (Costa, 2001).

Basicamente, uma rede ativa é um conjunto de pontos de coordenadas precisamente determinadas em um sistema de referência geodésico. Instalados sobre esses pontos conhecidos, operam receptores de sinais de satélite de posicionamento com sistemas de comunicação de dados. A operação pode se dar por um período ou continuamente, gerenciada por um centro operacional responsável por manter o sistema e divulgar os dados via rede (Bueno, 2005).

Segundo Costa & Fortes (2000) citado por Fortes (1995) a RBMC é extremamente vantajosa para aqueles que fazem uso da técnica de posicionamento relativo e necessitam ocupar simultaneamente uma estação com coordenadas conhecidas para o desenvolvimento dos levantamentos, sejam eles geodésicos ou topográficos.

A estrutura da RBMC destina-se à comunidade usuária que necessita de observações da fase e dos códigos nas ondas portadoras L1 e L2, em estações de referência, para aplicações de posicionamento relativo (Fortes, 1995).

Isto é, ao menos uma estação de coordenadas conhecidas é também ocupada simultaneamente à ocupação dos pontos desejados. Antes da RBMC, o usuário interessado em obter, com GPS, as coordenadas geodésicas de um ponto qualquer em território nacional era obrigado a trabalhar com dois receptores, ocupando o ponto de seu interesse e um marco do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) próximo (IBGE, 2006).

Ela oferece o serviço de estação base (referência), garantindo aos usuários alto nível de precisão nas suas coordenadas, maior produtividade nos levantamentos, o que leva a custos menores, e um período mais curto de observação (dependendo da distância à estação RBMC mais próxima do usuário), considerando a possibilidade de se usar mais de uma estação da RBMC como base, aumentando a rigidez da determinação (Costa & Fortes, 2000).

Segundo Schneider (2004) a RBMC é integrante do SIRGAS – Sistemas de Referência Geocêntrico para América do Sul composto de 67 vértices dos quais 12 localizados em território brasileiro (Figura 2, Anexos).

Podem ser usuários da RBMC portadores de receptores GPS monofreqüência (L1) para linha de base curta limitada em 20 km, conforme normas para o georreferenciamento de imóveis rurais do Inbra (Schneider, 2004).

Conforme Schneider (2004), o uso da RBMC permite a implantação de poligonais fechadas ou enquadradas nos diversos vértices da rede, obtendo-se a precisão relativa em planimetria e altimetria (altura elipsoidal determinada pelo GPS).

Bueno (2005) afirmou, “Embora muitos usuários ainda não tenham se habituado ao seu uso, ele vem aumentando e tende a crescer cada vez mais”.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado baseado em pesquisas via internet, literaturas especializadas, como artigos publicados em livros, teses, cartilhas, anais de congresso, circulares e boletins técnicos e cadernos didáticos, verificando as constatações de diversos autores quanto ao georreferenciamento de imóveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A falta de precisão nos levantamentos dos limites dos imóveis rurais levou a necessidade de adoção de métodos que proporcionassem uma qualidade melhor a esses levantamentos. Nesse sentido tem-se o georreferenciamento, técnica que determina a posição de um ponto na superfície terrestre, aliando rapidez e precisão muito superiores aos métodos clássicos de levantamento.

A densificação por meio de poligonais geodésicas de precisão tornou-se um trabalho de extrema importância após o estabelecimento da Norma Técnica para georreferenciamento de Imóveis Rurais, pois não existe uma ampla infra-estrutura de redes geodésicas que atenda os trabalhos de Georreferenciamento. Sabe-se, que na maioria dos estados não existe uma rede geodésica oficial para atender a necessidade atuais, e mesmo que exista, esta não é suficiente para atender a todas as regiões.

Dessa forma, foi estabelecido pela referida Norma Técnica que no caso da inexistência de infra-estrutura geodésica na região dos trabalhos, deve-se determinar as coordenadas de uma base (transporte de pontos de controle planimétrico a partir de dados fundamentais do Sistema Geodésico Brasileiro), de preferência por rastreamento de sinais de satélites do sistema GPS, de forma a atender às necessidades de apoio geodésico do projeto.

Nesta técnica fica restrita a utilização de receptores L1 ou L1/L2, obedecendo sempre às distâncias máximas entre as estações e o tempo mínimo de ocupação para cada tipo de receptor. No caso de receptores L1, é estabelecido, no máximo, uma distancia de 20 km entre os pontos a serem rastreados, com rastreio mínimo de 30 minutos, e, para receptores L1/L2, é indicada uma distância máxima de 800 km, com tempo mínimo de rastreio de 4 horas ininterruptas.

Tendo a estruturação de redes de densificação obedecendo tais princípios, permitirá aos profissionais a elaboração de trabalhos precisos e de boa confiabilidade, atendendo a todas as exigências do INCRA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho buscou-se mostrar a importância e a necessidade para fins de demarcações e delimitações precisas de áreas, sendo que se enfocou a utilização de receptores com suas devidas características, a fim de esclarecer o georreferenciamento de Imóveis Rurais.

Como o INCRA, através da Lei 10267, exige que todas as propriedades rurais do País tenham seus limites georreferenciados, torna-se de grande importância o conhecimento das técnicas e instrumentos envolvidos nestas práticas, para que a determinação destas coordenadas geodésicas seja realizada com acurácia.

Além disto, é de suma importância o conhecimento, por parte dos profissionais envolvidos, de todas as técnicas e alternativas de realização de levantamentos, de forma a proporcionar trabalhos de melhor qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTO, E.A.A.; COSTA, S.M.A.; LIMA, M.A.A.; LOBIANCO, M.C.B.; PEREIRA, K.D. (in memoriam); FORTES, L.P.S. **Infra-estrutura Geoespacial Brasileira Moderniza-se**. InfoGPS, Curitiba, ano 2, n.9, 2005.

BRASIL. Aplicada à Lei 10.267, de 28 de agosto de 2001 e do Decreto 4.449, de 30 de outubro de 2002. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, novembro de 2003. Disponível em: <<http://www.topoevn.com.br/downloads/leisenormas/NormaTecnicaGeorrefImoveisRurais-Nov03.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2005. 14:21.

BRASIL. Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967, resolução – PR nº 22, de 21 de julho de 1983. **As Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro**. Disponível em: <<ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/bservico1602.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2005. 20:23.

BRASIL. Resolução da Presidência do IBGE nº 05, de 31 de março de 1993. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS: versão preliminar**. Disponível em: <http://www.topoevn.com.br/downloads/leisenormas/LEGISLA_NORMAGPS_D.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2005. 20:07.

BUENO, R. **Redes Ativas de GPS**. InfoGPS, Curitiba, ano 2, n.10, 2005.

COSTA, S.M.A. **Estimativas do Campo de Velocidades a partir das Estações da RBMC**. IBGE – Departamento de Geodésia. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/artigos/2001-Estimativa_do_Campo_de_Velocidades_a_partir_das_Estacoes_da_RBMC.pdf>. Acesso em: 03 abril. 2006. 16:52.

COSTA, S.M.A. **Evolução do Sistema Geodésico Brasileiro – Razões e Impactos com a Mudança de Referencial**. IBGE. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/artigos/2000-Evolucao%20do_SGB-razoes_e_%20impactos_com_a_mudanca_do_referencial.pdf>. Acesso em: 04 abril. 2006. 14:26.

COSTA, S.M.A.; FORTES, L.P.S. **Nova Hierarquia da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro**. IBGE. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/artigos/2000-Nova_hierarquia_da_Rede_Planimetrica_do_SGB.pdf>. Acesso em: 30 março. 2006. 13:47.

COSTA, S.M.A.; LIMA, M.A.A. **Ajustamento da Rede planimétrica Brasileira em Sirgas 2000**. IBGE. IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésias. Curitiba, maio de 2005. Disponível em:

<ftp://geotftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/artigos/2005_Ajustamento_da_Rede_Planimétrica_em_SI_RGAS2000.pdf>. Acesso em: 04 abril. 2006. 16:33.

EPUSP, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.ptr.poli.usp.br/labgeo/graduacao/ptr321/material2/registro.pdf>>. Acesso em: 31 março. 2006. 10:14.

FILHO, B.C. **Planimetria**. Escola Técnica Federal de Mato Grosso Topografia e Geoprocessamento. Cuiabá, abril de 2001.

FIGUEIRÊDO, D.C. **Curso Básico de GPS**. 2005. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/download/SIGABrasil/Textos%20e%20Manuais/Curso_GPS.pdf>. Acesso em: 03 abril. 2006. 15:45.

FORTES, L.P.S. **Implantação da RBMC** – Estágio Atual. IBGE. Rio de Janeiro, 1995. Disponível em: <ftp://geotftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/artigos/1995_Implatacao_da_RBMC_Estagio_atual.pdf>. Acesso em: 30 março. 2006. 14:13.

GEMAL, C.; ANDRADE, J.B. de. **Geodésia Celeste**. Curitiba, Editora da UFPR, 2004. 389p.

GOMES, E.; PESSOA, L.M.C.; JÚNIOR, L.B.S. **Medindo Imóveis Rurais com GPS**. Brasília: LK-Editora, 2001. 136p.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistemas de Referência**. Disponível em: <ftp://geotftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/sisref_2.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2006. 16:59.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **RIBaC**. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/estacoes_dcn/objetivos.htm>. Acesso em: 06 junho. 2006. 13:35.

KRUEGER, C. P. **GNSS na navegação marítima**. InfoGEO, Curitiba, ano 7, n.39, 2005.

PEREIRA, K.D.; AUGUSTO, M.J.C. **O Sistema Geodésico Brasileiro e a Lei de Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – UFSC Florianópolis. Outubro de 2004. Disponível em: http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2004/042.pdf. Acesso em: 02 abril. 2006. 09:31.

PEREIRA, K.D.; FAZAN, J.A.; FORTES, L.P.S. **RBMC: Sete Anos Fornecendo Referência a Posicionamentos GPS no Brasil e Exterior**. IBGE. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <ftp://geotftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/artigos/2003_RBMC_Sete_Anos_fornecendo_referencia_a_posicionamentos_GPS_exterior_pdf>. Acesso em: 02 abril. 2006. 10:21.

ROCHA, J.A.M.R. **GPS: Uma Abordagem Prática**; 4.ed. Recife: Bagaço, 2003. 232p.

SCHNEIDER, W. **Uso da RBMC** – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo No Georreferenciamento de Imóveis Rurais. A Mira, Criciúma, ano XIV, n.121, maio e junho de 2004.

SILVEIRA, A.C.; **Geodésia Aplicada ao Georreferenciamento**. Curso de Formação continuada em Georreferenciamento de imóveis rurais. CTET. Março de 2005.

SILVEIRA, L.C. **Curso de Georreferenciamento de Imóveis Rurais: III- Atividade Cartorais/Levantamento do Perímetro**. A Mira, Criciúma, Ano XV, nº131, janeiro e fevereiro de 2006.

SILVEIRA, L.C. **Notícias do IBGE**. A Mira, Criciúma, ano XIV, nº 123, setembro e outubro de 2004.

TEIXEIRA, R.T. **Certificação de Peças Técnicas de Georreferenciamentos de Imóveis Rurais Junto ao INCRA**. A Mira, Criciúma, ano XV, nº 131, janeiro e fevereiro de 2006.

ANEXOS

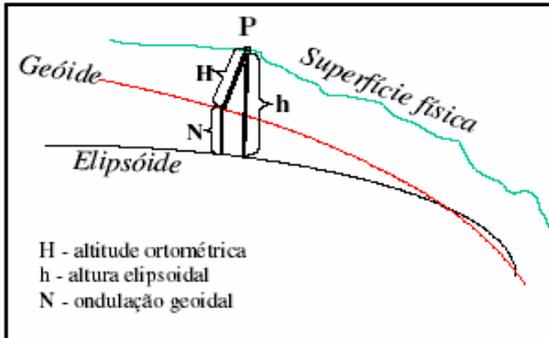


Figura 1. Posição relativa entre as superfícies de referência, destacando a altitude ortométrica e altura elipsoidal do ponto P.

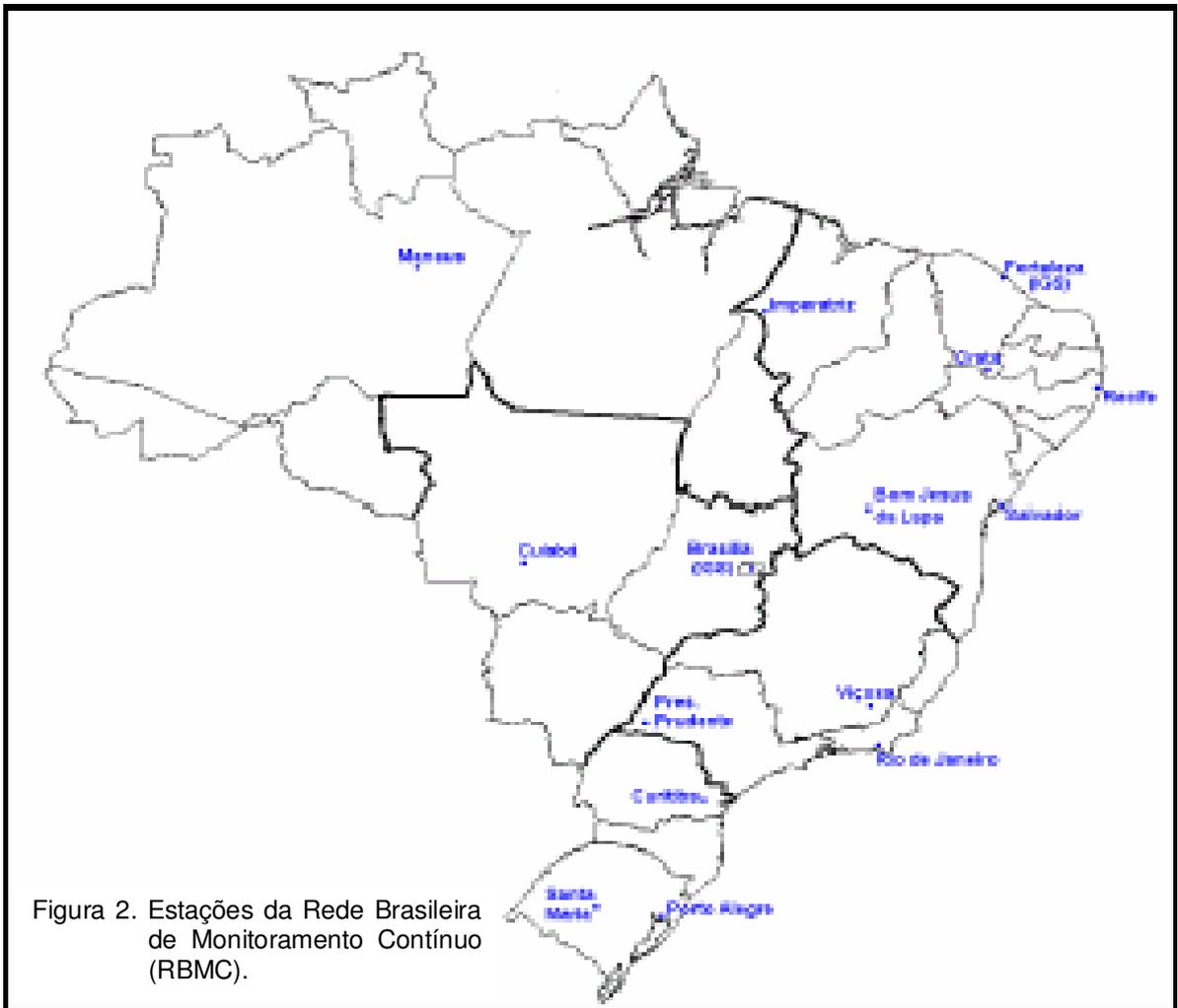


Figura 2. Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

★★★★★