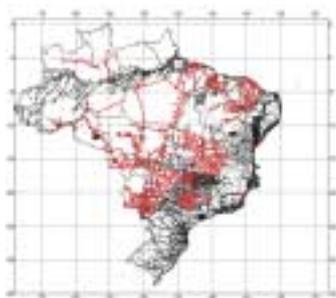


Diretoria de Geociências - IBGE  
Departamentos de Cartografia e Geodésia



i n f o r m a t i v o

g e o c ê n t r i c o

ANO 1 - nº 1

## Projeto Mudança do Referencial Geodésico



# Apresentação

**E**ste instrumento destina-se a prestar esclarecimentos e orientar os usuários de informações geográficas (espaciais) sobre as mudanças que se encontram em estudo em relação ao sistema geodésico a ser adotado no Brasil. Cabe ressaltar que a proposta de adoção de um novo referencial para informações espaciais foi apresentada no Primeiro Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil, realizado no IBGE (Rio de Janeiro) em outubro de 2000. Este seminário contou com a participação de representantes de diferentes segmentos da sociedade, os quais colaboraram com a decisão de mudar o sistema de referência. Na ocasião foi decidido que o novo referencial a ser adotado deverá ser de concepção geocêntrica e em consonância com os modernos padrões de precisão. Em consequência desta decisão, foram criados Grupos de Trabalho (GTs) para viabilizar a proposta de mudança. Todas as informações disponíveis sobre este evento podem ser encontradas no seguinte endereço:

<http://www.ibge.gov.br/home/geografia/seminar/seminario.html>

**O** teor deste informativo refere-se apenas às principais dúvidas levantadas junto aos usuários. Sendo assim, ressalta-se que as contribuições são bem-vindas e que quaisquer outras dúvidas e sugestões poderão ser encaminhadas para o seguinte endereço: [cg@ibge.gov.br](mailto:cg@ibge.gov.br), para enriquecê-lo.



## 1. O QUE É UM SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA ?

Um Sistema Geodésico de Referência – SGR é um sistema de coordenadas associado a algumas características terrestres. A implantação de um SGR é dividida em duas partes: definição e materialização na superfície terrestre. A definição compreende a adoção de um elipsóide de revolução, sobre o qual são aplicadas injunções de posição e orientação espacial.

O processo de estimativa das coordenadas das estações físicas com respeito à definição de um determinado referencial é acompanhado pelo cálculo de uma rede que relaciona as estações levantadas. O resultado, estabelecido através de um ajustamento de observações, é um conjunto de valores de coordenadas que constituem a materialização do SGR. Usualmente, é comum adotar uma única denominação para o sistema definido e para o materializado, como é o caso do SAD69.

## 2. O QUE SÃO SISTEMAS DE REFERÊNCIA CLÁSSICOS ?

A determinação de posições precisas sobre a superfície terrestre através dos métodos clássicos em Geodésia tradicionalmente impli-

cou na necessidade de adoção de dois SGRs um horizontal e outro vertical. O SGR vertical fornece a referência para a determinação precisa da componente altimétrica do SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), enquanto o SGR horizontal fornece a referência para a determinação precisa das componentes planimétricas (latitude e longitude).

Um SGR horizontal é tradicionalmente definido por um elipsóide e seu posicionamento no espaço. Este elipsóide é escolhido de forma a garantir uma boa adaptação ao geóide na região. Os parâmetros definidores do sistema normalmente estão vinculados a um ponto na superfície terrestre, denominado de ponto origem. O centro deste elipsóide não coincide com o centro de massa da Terra – o geocentro, devido ao requisito de boa adaptação na região de interesse.

As metodologias de levantamentos utilizadas na materialização de um SGR clássico horizontal, foram a triangulação e a poligonização. Os sistemas Córrego Alegre, Chuá Astro-Datum e o SAD69, são exemplos de SGR de concepção clássica. Em face das novas tecnologias disponíveis, a expansão do SAD69 está sendo realizada através de posicionamento por satélites.

## 3. O QUE SÃO SISTEMAS DE REFERÊNCIA MODERNOS ?

Um referencial (ou sistema) geodésico moderno apresenta as seguintes características: sua definição pressupõe a adoção de um elipsóide de revolução cuja origem coincide com o centro de massa da Terra e com

eixo de revolução coincidente com o eixo de rotação da Terra. A sua materialização se dá mediante o estabelecimento de uma rede de estações geodésicas com coordenadas tridimensionais. Estas coordenadas, por sua vez, são estabelecidas através de técnicas de posicionamento espacial de alta precisão, tais como, VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*), SLR (*Satellite Laser Ranging*) e GPS (*Global Positioning System*). Sendo assim, as medidas estão relacionadas a um sistema cartesiano tridimensional (3D) com origem no geocentro. O *International Terrestrial Reference System (ITRS)*, é um exemplo de referencial moderno baseado nas técnicas de posicionamento citadas anteriormente. As suas realizações recebem a denominação de ITRF $_{yy}$  (*International Terrestrial Reference Frame*). Como consequência da precisão centimétrica obtida através destas técnicas, faz-se necessário o acompanhamento temporal das coordenadas. Por este motivo, a denominação dada à materialização do ITRF vem acompanhada pelo ano ( $yy$ ) em que foi estabelecida. Por exemplo, ITRF94 para a realização referente ao ano de 1994.

## 4. A PROPOSTA DO NOVO SISTEMA DE REFERÊNCIA E SUAS VANTAGENS ?

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



*Rede SIRGAS, 1995.  
Os diferentes símbolos  
representam os vários  
receptores GPS utiliza-  
dos durante a campa-  
nha SIRGAS95*

referenciamento ao SAD69 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 geodésico único para as atividades cartográficas, o mesmo que se buscou fazer na década de 70 com o SAD69.

Outros órgãos oficiais de produção cartográfica como o Instituto de Cartografia da Aeronáutica e o Centro de Hidrografia da Marinha já se encontram também em processo de adoção de um referencial geocêntrico, em atendimento a compromissos internacionais.

##### **5. QUAIS AS OPÇÕES PARA O NOVO REFERENCIAL GEOCÊNTRICO ?**

Os níveis atuais de precisão obtidos no posicionamento geodésico tornam uma exigência a adoção de sistemas de referência que forneçam um georreferenciamento em nível global e que permitam a consideração da variação temporal das coordenadas de acordo com a dinâmica terrestre.

O posicionamento com a utilização do sistema GPS é o mais popular de todos, devido ao fácil acesso e à qualidade obtida. Inicialmente desenvolvido para propósitos militares, seu emprego atual é muito mais vasto, sendo utilizado em diversas aplicações pela comunidade civil, como por exemplo:

- Mapeamentos de referência e temático;
- Transporte e comunicações;
- Gerenciamento e monitoramento ambiental;
- Composição e Manutenção de Sistemas de Informações Geográficas - SIG;
- Navegação terrestre, marítima e aérea;
- Lazer, esportes, entre outros.

O sistema de navegação por satélites GPS utiliza o *World Geodetic System 1984* (WGS84) como SGR. Desde a disponibilização do GPS para comunidade civil, o WGS84 já passou por duas atualizações. A mais recente recebeu a denominação de WGS84 (G873), época 1997.0.

Com o objetivo de se compatibilizar os sistemas geodésicos utilizados pelos países da América do Sul, o projeto SIRGAS (**S**istema de **R**eferência **G**eocêntrico para as **A**méricas) foi criado com vistas a promover a definição e estabelecimento de um referencial único compatível em termos de precisão com a tecnologia atual (entenda-se GPS). O projeto SIRGAS foi criado na Conferência Internacional para Definição de um Referencial Geocêntrico para América do Sul, reali-

zada em 1993 em Assunção – Paraguai. Os primeiros resultados do SIRGAS foram divulgados na reunião científica da *International Association of Geodesy* (IAG), realizada no Rio de Janeiro em 1997. Estes resultados se traduzem em uma das redes de referência continentais mais precisas do mundo. Composta por 58 estações distribuídas pelo continente, com coordenadas determinadas por GPS e referidas a rede de referência internacional mais precisa de então, a ITRF94,

época 1995.4, estabelecendo, desta forma, o Sistema SIRGAS. Das 58 estações, 11 se situam no território brasileiro, das quais 9 coincidem com estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), a rede geodésica ativa implantada pelo IBGE no Brasil. A densificação da rede SIRGAS é naturalmente conduzida a partir da conexão das redes geodésicas dos países das Américas.

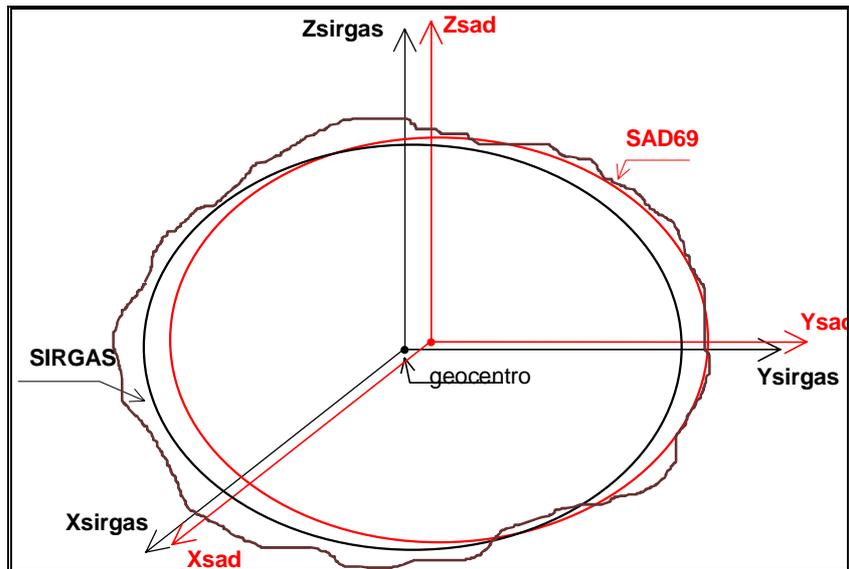


Atualmente a figura geométrica de referência recomendada pela IAG na definição de sistemas é o GRS-80 (*Geodetic Reference System 1980*), sendo considerado idêntico ao WGS84 em questões de ordem prática, como é o caso do mapeamento. As constantes dos dois elipsóides são idênticas, com exceção de uma pequena variação no achatamento terrestre ( $f_{WGS84}=1/298.257223563$ ,  $f_{GRS80}=1/298.257222101$ ). Em coordenadas, esta diferença é da ordem de 0.1 mm.

As observações realizadas com um receptor GPS, poderão gerar resultados em diferentes sistemas de referência, dependendo das efemérides utilizadas no processamento dos dados. O pós-processamento realizado com efemérides precisas IGS - International GPS Service, obtidas através do endereço <ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/products/>, proporcionam coordenadas em ITRFyy e ou SIRGAS, quando a estação de referência (ou injeção) no posicionamento relativo for ITRF e ou SIRGAS, respectivamente. Nos demais casos, como por exemplo,

no posicionamento diferencial pós-processado com efemérides operacionais e o posicionamento em tempo real, as coordenadas resultantes estarão referidas ao WGS84.

Um dos critérios de escolha do novo referencial é que a sua existência/manutenção não dependa simplesmente de uma única técnica de posicionamento, como é o caso do WGS84, restrita somente ao GPS. Outro critério de escolha se refere ao atendimento das precisões para a Geodésia, e não somente para a Cartografia.

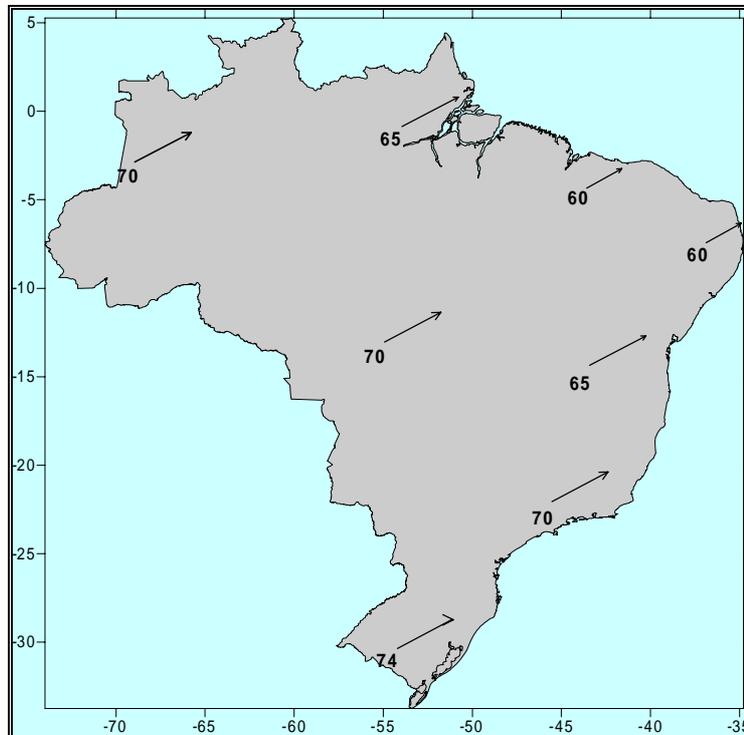


Diferenças na definição dos referenciais: local - SAD69 e geocêntricos (WGS84, ITRF e SIRGAS).

**6. QUAIS SÃO AS DIFERENÇAS ENTRE O SAD69 E UM REFERENCIAL GEOCÊNTRICO NO BRASIL ?**

Horizontalmente, a resultante das diferenças de coordenadas entre o sistema local – SAD69, adotado no Brasil e os sistemas geocêntricos são, em média, de

aproximadamente 65 metros ao longo do Brasil, na direção nordeste, conforme apresentado na figura.



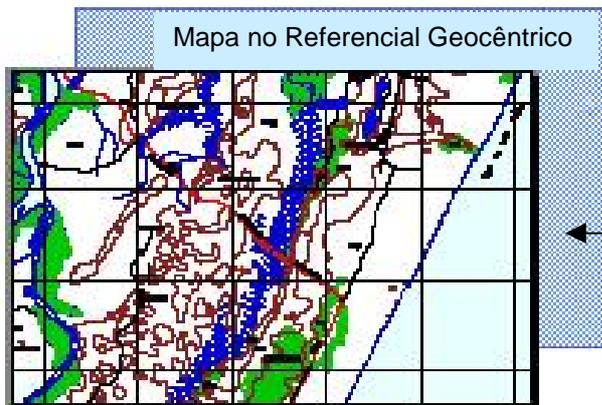
Vetores de deslocamento horizontal de SAD69 para um referencial geocêntrico.

**7. QUAIS SERÃO AS CONSEQÜÊNCIAS DA ADOÇÃO DE UM REFERENCIAL GEOCÊNTRICO PARA O MAPEAMENTO ?**

No caso do mapeamento sistemático, os deslocamentos entre SAD69 e SIRGAS são apresentados na tabela *abaixo*, segundo a escala da carta.

ESCALA 1:	Deslocamento em mm
1000000	0,065
500000	0,13
250000	0,26
100000	0,65
50000	1,30
25000	2,60
10000	6,5
5000	13,0
2000	32,5
1000	65,0

Efeito da diferença média de coordenadas (65 metros), de SAD69 para um sistema geocêntrico em diferentes escalas do mapeamento.



Vazio causado pela mudança de coordenadas entre o antigo referencial e o novo referencial.

Mapa em SAD69

**8. QUAIS OS SISTEMAS DE REFERÊNCIA UTILIZADOS NO BRASIL ?**

Oficialmente, foram adotados três referenciais geodésicos, sendo eles: Córrego Alegre, Chuá Astro Datum e SAD69. Por legislação encontra-se em vigor o SAD69, sendo que para o mapeamento, excepcionalmente, admite-se o Córrego Alegre. Os demais sistemas utilizados na Cartografia são considerados sistemas locais e, portanto, sem reconhecimento oficial. Cronologicamente, o Córrego Alegre foi o primeiro SGR horizontal a ser utilizado no Brasil, até o início da década de 70. Por um curto período que antecedeu o SAD69, foi adotado o Chuá Astro Datum, e a partir de 1977 o SAD69 passou a ser utilizado oficialmente nos traba-

lhos de Geodésia e Cartografia do País. Uma parte significativa do acervo cartográfico relativo ao mapeamento topográfico do País encontra-se ainda hoje em Córrego Alegre.

**9. O QUE É UM PERÍODO DE TRANSIÇÃO?**

Entende-se por período de transição, um processo no qual são vislumbradas quatro etapas. Na primeira etapa foi identificada a necessidade de mudança do referencial geodésico. A segunda etapa compreende o período de estudos e definição do sistema a ser adotado, estágio onde se encontra o Projeto atualmente. A terceira etapa constitui-se na divulgação de coordenadas, informações associadas (modelo geoidal, parâmetros e metodologias de transfor-

mação), aplicativos e documentação necessária para orientar os usuários na utilização destas informações. A quarta etapa consiste na orientação técnica para os diversos questionamentos e dúvidas que ocorrerão, como por exemplo a migração dos bancos de dados e das bases cartográficas. Cabe ressaltar que durante a terceira e quarta etapa os antigos sistemas em vigor e o novo coexistirão oficialmente.

**10. QUAL SERÁ A DURAÇÃO DO PERÍODO DE TRANSIÇÃO?**

As pesquisas técnico-científicas necessárias para concretização da mudança encontram-se em andamento no GT 2 - Definição e Estratégias para Manutenção do SR), no GT 3 - Con-

versão de Referenciais e no GT 4 - Definição do Modelo Geoidal. De acordo com os cronogramas preliminares de cada GT, a perspectiva inicial é que este conjunto de informações esteja disponível em 2004. Posteriormente a esta data, e durante um período de 3 a 5 anos, haverá uma continuidade nas orientações técnicas aos usuários.

Os demais GTs (GT 1 - Atendimento ao Usuário, o GT 5 - Conversão do Mapeamento, o GT 6 - Legislação, o GT 7 - Impactos na Cartografia e o GT 8 - Divulgação), vêm desenvolvendo discussões e atividades referentes a cada um dos seus temas.

#### **11. COMO CONVERTER O MAPEAMENTO EXISTENTE PARA O NOVO REFERENCIAL?**

Existem fatores que deverão ser analisados, tais como: a escala, a finalidade do documento, o referencial

utilizado, a mídia (analógica ou digital) na qual o documento cartográfico se encontra, a data e as informações referentes à produção do documento / informação. No caso da Cartografia que ainda se encontrar em meio analógico (papel), este material deverá passar o quanto antes por um processo de rasterização, vetorização e edição, ou seja, a conversão para meio digital. Prevê-se para 2004, juntamente com a divulgação das coordenadas no referencial geocêntrico, a disponibilização dos parâmetros de transformação, das metodologias necessárias para a conversão das informações (mapeamento existente e banco de dados) entre os sistemas.

#### **12. COMO PROCEDER COM OS NOVOS LEVANTAMENTOS E MAPEAMENTOS NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO ?**

A coleta das informações para atualização e ou confecção poderá ser realizada em WGS84. Porém é importante que a elaboração do produto final, isto é, o documento cartográfico esteja integrado ao Sistema Cartográfico Nacional, obedecendo à legislação vigente, ou seja, SAD69, para que não se produza uma "Cartografia marginalizada" – que não siga as normas oficiais, o qual não se integrará com as informações produzidas por outras instituições. Sugere-se ainda, que sejam mantidos dois bancos de dados para esta informação, um no sistema geocêntrico e outro no sistema em vigor. Seja qual for o caso, esta informação deverá estar disponibilizada preferencialmente em meio digital.

Secretaria Executiva  
sepmrg@ibge.gov.br

Coordenação Geral – Transição Referencial Geocêntrico  
cg@ibge.gov.br

Coordenação Geral dos Grupos de Trabalho  
cgt@ibge.gov.br

##### **GT 1 - Divulgação**

Escopo: Realizar as atividades de suporte aos usuários. Para tanto, deverá: ter representação estadual; ter entendimento dos problemas dos usuários; propor recomendações de curto, médio e longo prazo.

divulgacaopmrg@ibge.gov.br

##### **GT 2 - Definição do Sistema de Referência Geodésico**

Escopo: Estudo de qual Sistema a ser adotado; constantes geométricas; constantes físicas e demais parâmetros.

def\_sist\_ref\_geocentrico@ibge.gov.br

##### **GT 3 - Conversão de Referenciais**

Escopo: Determinação de parâmetros de conversão; desenvolvimento de aplicativos, entre outros estudos.

conversao\_ref@ibge.gov.br

##### **GT 4 - Definição de Modelo Geoidal**

Escopo: Determinação do Modelo Geoidal adequado ao novo referencial.

def\_mod\_geoidal@ibge.gov.br

##### **GT 5 - Impactos da Mudança do Referencial**

Escopo: Avaliar os impactos da mudança nas áreas de: Documentação Legal, Tributária, Geodésia, Cartografia, SIG e Informações Espaciais.

impactos\_mudancas\_ref@ibge.gov.br

##### **GT 6 - Normalização e Legislação**

Escopo: Inventário da Legislação vigente, avaliação e adequação da Legislação Geodésica e Cartográfica à utilização do novo Referencial.

norma\_legislacao@ibge.gov.br

#### **Endereços dos Grupos de Trabalho**