

# APLICAÇÃO DO GEOCEIVER NO ESTABELECIMENTO DE APOIO PARA LEVANTAMENTO NA REGIÃO AMAZÔNICA

Eng.<sup>o</sup> GENARO ARAÚJO DA ROCHA

— Trabalho apresentado na II CONFEGE (2.<sup>a</sup> Conferência Nacional de Geografia e Cartografia) promovida pela FUNDAÇÃO IBGE, em nov.-dez., 1972, na cidade do Rio de Janeiro.

O emprego do Geoceiver na região amazônica, para fins de mapeamento, pode ser encarado sob três aspectos:  
a) sua precisão planimétrica;  
b) sua precisão altimétrica;  
c) sua operação.

## a) Precisão planimétrica:

Admitindo-se que se programe mapear a região amazônica em escala de 1:100.000 ou menor, a imprecisão dos pontos de apoio não deveria ir além de 15 metros. Este valor corresponde a 0,15 mm na escala de 1:100.000 e parece razoável, quando se pretende, obedecendo às prescrições internacionais, que os erros finais da carta não sejam superiores, em 90% dos casos, a 0,5 mm. Fica, assim, ainda bastante latitude para os erros do processo aerofotogramétrico subsequente e da representação final.

A experiência que temos do uso do Geoceiver deixa-nos acreditar que se pode obter, com relativa facilidade, coordenadas com erros em torno de 10 metros.

Desde abril de 1971 temos feito determinações de latitude e longitude com emprego do equipamento MAGNAVOX 702-CA. Esse equipamento comprehende um receptor e um registrador, em fita de papel, dos sinais de 400 MHz e 150 MHz emitidos pelos satélites de navegação da Marinha dos Estados Unidos.

Os satélites são em número de 6 na atualidade, sendo que o último lançado, está apresentando defeito e propiciando a determinação de coordenadas com erros superiores a 250 quilômetros.

Considerando apenas os satélites normais, podem ser obtidas as coordenadas de um ponto a cada

hora e meia, em média, que corresponde à passagem de um satélite.

Para a região amazônica, consideramos suficiente o registro de 20 passagens, para que se garanta a utilização de um mínimo de 12 passagens no cálculo da posição.

Isto porque algumas passagens não apresentam boa configuração, o que se dá quase sempre quando o satélite passa em ângulo muito baixo, inferior a 7°,5 acima do horizonte.

Neste caso, os sinais recebidos geralmente não são em número suficiente para uma boa determinação. Os satélites de navegação da Marinha americana emitem sinais de 2 minutos e o tempo máximo que um satélite se mantém acima do horizonte de um ponto qualquer é de 18 minutos, sendo portanto possível obter-se o máximo de 9 sinais em uma passagem. Quando esse número é inferior a 5, geralmente, a passagem não é aproveitável. As coordenadas que se obtém com a utilização dos satélites são referidas ao centro do elipsóide definido pelos parâmetros:

Semi-eixo maior	6.378.144 m
Achatamento	1/298,23

O Ten.-Cel. Wilson Krukoski, da Aeronáutica, obteve informações de Mrs. Irene Fischer, especialista em estudos sobre o Geóide na América do Sul, que lhe permitiram correlacionar o datum "SATÉLITE" com o datum "CHUÁ" e com o datum "CÓRREGO ALEGRE". Preparou, então, um programa de cálculo que permite obter rapidamente essas transformações no mesmo computador Hewlett Packard onde são processados os registros dos sinais dos satélites. Até o momento, já realizamos 60 determinações de coordenadas nas regiões amazônica e nordestina (Anexo n.<sup>o</sup> 1), a maioria delas de interesse do Projeto RADAM, do DNPM — do Ministério das Minas e Energia.

Esse projeto compreende 280 folhas de 1° x 1°,5 na escala de 1:250.000, já totalmente cobertas com imagens de radar, e cobre mais da metade de toda a superfície do Brasil. Também fizemos determinações com vistas ao levantamento da faixa da Rodovia Perimetral Norte, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, bem como determinações para a Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha, no litoral do Território do Amapá. Porém, para fins de comparação, quanto à precisão dos resultados, essas determinações não podem ser ainda de grande utilidade, pois os poucos pontos de contato com coordenadas conhecidas se deram na região da trilateração HIRAN do Norte do País.

Infelizmente, a urgência requerida pelo Projeto RADAM, não permitiu que a ligação entre os pontos SATÉLITE e os pontos HIRAN se fizesse com o rigor necessário para um estudo comparativo. O fato é que os pontos SATÉLITE destinavam-se a suporte de estações SHORAN que, por sua vez, forneciam elementos de posicionamento para as operações de radar.

As estações SHORAN deviam ser colocadas em posições favoráveis àquelas operações, o que muitas vezes as situavam distantes dos marcos HIRAN.

Não havia, na época, um minuto a perder, sob pena de prejudicar-se toda uma logística que exigia uma programação implacável. Assim, as turmas de campo permaneciam nos locais dos pontos apenas o tempo suficiente para a recepção dos sinais dos satélites, que geralmente não ia além de 50 horas.

Perdemos, assim, premidos por fatores de ordem prática, uma oportunidade para melhorar o nosso conhecimento nesta matéria.

Por isso é que, atendendo sugestão da Diretoria de Serviço Geográfico, do Ministério do Exército, nos dispusemos a realizar um ensaio na área do Estado do Rio e da

Guanabara, para comparação de resultados. Foram escolhidos os vértices MADEIRAS, da triangulação do Instituto Brasileiro de Geografia, e CAMPO LINDO, da triangulação da antiga Prefeitura do Distrito Federal, ligados entre si por cadeia

de triângulos de primeira ordem. Foram obtidas as seguintes coordenadas, referidas ao datum SATÉLITE e a seguir transformadas para o datum CÓRREGO ALEGRE, com auxílio do programa de cálculo preparado pelo Ten.-Cel. Wilson Krukoski.

VÉRTICE	DATUM	LATITUDE	LONGITUDE
MADEIRAS	SATÉLITE	22°43'48",90	43°20'28",86
	C. ALEGRE	22°43'47",70	43°20'27",24
CAMPO LINDO	SATÉLITE	22°48'54",54	43°38'12",12
	C. ALEGRE	22°48'53",34	43°38'10",44

Comparando as coordenadas obtidas através de satélites e referidas ao datum CÓRREGO ALEGRE com os valores conhecidos através da triangulação, temos o seguinte quadro:

VÉRTICE		LATITUDE	LONGITUDE
MADEIRAS	SATÉLITE	22°43'47",70	43°20'27",24
	TRIANGULAÇÃO	22°43'48",11	43°20'27",33
	DIFERENÇA	— 0",41	— 0",09
CAMPO LINDO	SATÉLITE	22°48'53",34	43°38'10",44
	TRIANGULAÇÃO	22°48'53",63	43°38'10",84
	DIFERENÇA	— 0",27	— 0",40

Estes resultados demonstram, no mínimo, a coerência do processo, no nível de precisão que se pretende para fins do mapeamento em causa.

#### b) Precisão altimétrica:

Seria esplêndido se se pudesse extrair do sistema de satélites valores altimétricos úteis ao programa de mapeamento da Amazônia. Esta é uma área em que o transporte de cotas, salvo ao longo dos rios navegáveis, é quase impossível com os recursos da técnica tradicional. Destes recursos sobra para consideração, sob o ponto de vista econômico, o nivelamento barométrico.

Este processo, porém, tem contra si as condições meteorológicas e as grandes distâncias, que certamente farão com que os resultados sejam olhados com sérias dúvidas.

Assim, é do maior interesse o estudo sobre a viabilidade do uso do Geoceiver como proporcionador de altitudes para fins de mapeamento.

Quando se calcula as coordenadas de um ponto por meio de sinais de satélites há necessidade do conhecimento, além das coordenadas grosseiras do ponto, da altura desse ponto com relação ao elipsóide de referência dos satélites.

O cálculo converge para um resultado definitivo tão mais rapidamente quanto mais precisa seja essa altura.

É evidente que só em casos excepcionais essa altura pode ser obtida com facilidade no Brasil, primeiro porque há necessidade de nivelamento até o ponto, segundo, porque não há ainda um conhecimento perfeito das diferenças entre o geóide em nosso território e o elipsóide de referência dos satélites.

Um recurso para reduzir essa dificuldade tem sido refinar o cálculo através de sua repetição. Iniciando-se com um valor grosso, obtém-se um valor razoável da altura quando as coordenadas convergem para um resultado final. A repetição do cálculo, já agora com a altura razoável, propicia um valor melhor da altura do ponto. Para chegar-se à altitude com relação ao nível médio dos mares, resta ainda a incógnita da diferença geóide-elipsóide.

No momento, a solução do problema só poderá ser obtida através de artifícios. Um deles é o uso da

carta n.º 7.500 da Marinha dos Estados Unidos (GEOID HEIGHT CHART — Southern Hemisphere — Department of the Navy). Será, porém, um uso aparentemente forçado, porque a carta foi preparada para possibilitar a obtenção de alturas, no nível de precisão requerida pelo cálculo das coordenadas, a partir do conhecimento da altitude do ponto. A recíproca, portanto, pode não ser verdadeira, porque o cálculo de coordenadas é menos exigente, quanto à precisão de alturas, do que as especificações do nosso mapeamento, quanto às altitudes. Neste caso, arriscamo-nos a propor para a Região Amazônica o artifício de se usar a declividade dos rios de planície e as alturas obtidas através de satélites como elementos para o preparo de uma carta de diferenças geóide-elipsóide.

Os rios de planície, como o Juruá, o Purus, o Madeira, além do próprio Amazonas, são navegáveis em grandes extensões e sua baixa declividade é conhecida. O Amazonas, por exemplo, atinge Tabatinga, na fronteira com a Colômbia, a cerca de 3.000 km do oceano, com uma altitude de pouco mais de 60 metros.

O perfil instantâneo desses rios proporcionaria altitudes com alto grau de confiabilidade, ficando o restante da confiança no processo por conta das alturas a serem determinadas por meio de satélites. Examinemos este último aspecto.

Na região do rio São Francisco, a oeste de Barreiras, fizemos a determinação da altura de 10 pontos, cujas altitudes são conhecidas. Estes pontos estão distanciados entre si cerca de 50 km. Na área, a carta da Marinha dos Estados Unidos informa que se deve somar em média 8 metros às alturas dadas pelos satélites para se obter as altitudes dos pontos.

Os valores que obtivemos põem em dúvida os da carta, especialmente porque há uma certa uniformidade nas diferenças entre as altitudes conhecidas e as alturas satélites. Eis o quadro:

PONTO	ALTITUDE	ALTURA	DIFERENÇA
MS 1	718	672	46
2	753	718	35
3	706	676	30
7	826	793	33
8	844	804	40
425	453	418	35
9	675	630	45
13	894	867	27
14	555	520	35
16	449	418	31

Estes resultados parecem indicar que, na área, a diferença geóide-elipsóide é em média de 35 metros, abstráidos os erros próprios do processo. Na área da Guanabara a correção, pela carta, é de 2 metros. Os resultados que obtivemos, porém, são os seguintes:

PONTO	ALTITUDE	ALTURA	DIFERENÇA
MADEIRAS	118 m	103 m	15 m
CAMPO LINDO	53 m	39 m	13 m

No litoral do Território do Amapá a correção, pela carta, é em média de 35 metros. Neste caso melhora a coerência com as alturas dadas pelos satélites, pois embora as altitudes dos pontos não sejam determinadas, pode-se estimá-las com razoável aproximação, pois os pontos acham-se situados próximos ao mar.

Ali temos o seguinte quadro:

PONTO	ALTURA	CORREÇÃO	ALTITUDE
CASA DO MARÉGRAFO			
— IGARAPÉ DO INFERNO	- 25	+ 33	+ 8
CASA DO RIO AMAPÁ	- 49	+ 33	- 16
COCAL	- 41	+ 35	- 6
ENSEADA DO LIMO	- 32	+ 33	+ 1
FAROL CABO NORTE	- 31	+ 33	+ 2
FAROL DE CALÇOENE	- 35	+ 34	- 1
FAROL DE MARACA	- 27	+ 34	+ 7
ILHA DO MEIO	- 29	+ 33	+ 4
MARRECAL	- 47	+ 36	- 11
PONTA GRANDE	- 44	+ 35	- 9
PONTA TUCUMÁ	- 45	+ 35	- 10

Estas comparações permitem acreditar que também há coerência nas alturas dadas pelos satélites, de onde a viabilidade do seu uso para fins de mapeamento em que o intervalo de curvas de nível seja, digamos, 100 metros, uma vez eliminada a indefinição geóide-elipsóide.

### c) Operação

O Geoceiver, na versão que conhecemos através do equipamento 702 CA da MAGNAVOX, é um instrumento delicado e sujeito a pane com relativa freqüência. As fitas perfuradas devem chegar ao centro de comutação com rapidez, para processamento e verificação de que os resultados são satisfatórios.

A antena do receptor deve ter o máximo de horizonte livre, para que um mínimo de horas seja necessário para a recepção dos sinais de todos os satélites.

Os três fatores acima quase obrigam que, em regiões como a Amazônia, os pontos de coordenadas sejam determinados próximo aos aeroportos.

Tal condição ideal, entretanto, não invalida aqueles pontos que possam ser alcançados por helicópteros ou por embarcações fluviais de grande velocidade, desde que não muito afastados dos locais onde estacione o avião, que é, sem sombra de dúvida, o elemento indispensável para uma campanha de coordenadas na Região Amazônica.

Como consideração final, fica a nossa afirmação de que somos otimistas quanto à aplicação do Geoceiver no estabelecimento do apoio para levantamentos na Região Amazônica, especialmente quando associado às coberturas fotográficas em escala pequena (1:120.000 por exemplo), e aos recursos aerofotogramétricos (triangulações aéreas em blocos).

## ANEXO N.º 1

COORDENADAS OBTIDAS ATRAVÉS DE SATÉLITES E REFERIDAS  
AO DATUM "CÓRREGO ALEGRE" — IBG

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
AMAPÁ	02°04'24",06 N	50°51'33",78
BARCELOS	00°58'53",88 S	62°55'29",16
BELÉM	01°24'46",02 S	48°27'15",72
BENEDITO LEITE	07°11'00",72 S	44°34'12",78
BOCA DO ACRE	08°44'29",64 S	67°24'50",16
CACHIMBO	09°21'33",84 S	54°54'46",62
CAETITÉ	14°00'51",72 S	42°29'30",18
CAMPO LINDO	22°48'53",34 S	43°38'10",44
CARACARAÍ	01°49'06",30 N	61°08'08",64
CARAUARI	04°52'32",10 S	66°53'51",24
CASA DO MARÉGRAFO — IGARAPÉ DO INFERNO	02°05'35",58 N	50°29'55",86
CASA DO RIO AMAPÁ	02°08'01",32 N	50°42'03",90
COCAL	02°35'58",56 N	50°50'46",68
COROATÁ	04°08'21",78 S	44°06'38",58
CRATEÚS	05°12'45",42 S	40°42'17",04
CRUZEIRO DO SUL	07°35'49",02 S	72°40'53",58
CUCUÍ	01°11'40",32 N	66°50'10",56
EIRUNEPÉ	06°39'37",80 S	69°52'13",86
ENSEADA DO LIMO	02°07'04",32 N	50°38'58",56
ESTIRÃO DO EQUADOR	04°31'31",98 S	71°33'54",30
FAROL CABO NORTE	01°41'04",68 N	49°55'05",04
FAROL DE CALÇOENE	02°30'24",18 N	50°48'27",18
FAROL DE MARACÁ	02°07'29",82 N	50°24'02",64
FEIJÓ	08°10'07",32 S	70°21'16",62
GRAJAÚ	05°48'31",68 S	46°07'08",82
IGARAPÉ PRETO	08°34'32",40 S	61°09'39",30
ILHA DO MEIO	02°08'30",84 N	50°43'59",88
ILHA PARAÍSO	06°02'47",64 S	55°50'43",08
ITAITUBA	04°16'27",72 S	55°59'17",28
ITAMBACURI	17°58'14",22 S	41°37'06",60
JACAREACANGA	06°14'08",94 S	57°46'30",00
LÂBREA	07°15'35",94 S	64°47'46",86
MACAPÁ	00°02'51",54 N	51°04'09",60
MADEIRAS	22°43'47",70 S	43°20'27",24
MANAUS	03°08'47",34 S	59°59'03",06
MANICORÉ	05°48'32",34 S	61°16'55",38
MARABÁ	05°22'24",66 S	49°09'41",46
MARRECAL	03°30'03",30 N	51°04'18",90
PORTO SEGURO	16°26'10",32 S	39°04'14",10
NOVA VIDA	10°10'29",52 S	62°49'36",84
ÓBIDOS	01°52'09",66 S	55°30'55",02
PEDRO AFONSO	08°58'23",10 S	48°10'28",74
PETROLINA	09°23'29",94 S	40°30'02",10
PIAUS	08°43'53",40 S	49°51'22",62
PONTA GRANDE	03°04'43",14 S	51°00'24",78
PONTA TUCUMÁ	02°47'33",18 N	50°54'19",26
PORTEL	01°56'25",38 S	50°49'18",36
PORTO VELHO	08°42'47",16 S	63°53'44",16
RIO NOVO	04°28'17",16 S	53°40'01",62
RONDÔNIA	10°52'37",92 S	61°57'45",96
SANTARÉM	02°30'00",36 S	54°44'00",96
SÃO FÉLIX DO XINGU	06°38'40",62 S	51°59'45",60
SÃO LUIS	02°35'58",26 S	44°14'23",76
SERRA NORTE (CARAJÁS)	06°00'57",78 S	50°17'58",74
SERRA SUL (CARAJÁS)	06°24'08",70 S	50°19'55",02
TABATINGA	04°15'08",22 S	69°56'41",70
TEFÉ	03°20'58",80 S	64°42'19",26
TIRIÓS	02°13'28",02 N	55°57'02",16
UAUPÉS	00°09'02",64 S	66°59'50",28
XIQUE-XIQUE	10°49'13",98 S	42°43'15",12