SISTEMAS DE PROJEÇÃO E GEODÉSICOS APLICADOS AO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO BRASILEIRO: UMA VISÃO HISTÓRICA

PAULO MÁRCIO LEAL DE MENEZES MANOEL DO COUTO FERNANDES

Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ Instituto de Geociências - IGEO Departamento de Geografía, Rio de Janeiro - RJ {pmenezes,mfernandes}@acd.ufrj.br

RESUMO - Este trabalho tem por objetivo apresentar dentro de uma visão histórica, o emprego e a evolução dos diversos sistemas de projeção e geodésicos que foram empregados nos diversos mapeamentos efetuados no Brasil, seja de forma sistemática ou não. O estudo engloba o período de meados do século XVIII, até os dias atuais, envolvendo aplicações com características de mapeamento de precisão.

No século XVIII, até a incorporação à Cartografia dos Padres Matemáticos, não havia uma preocupação com a representação precisa e com alguma precisão de localização, tendo em vista que todos os mapeamentos visavam a representação qualitativa. Isto modificou-se após os tratados de Madri e de Santo Idelfonso.

Em meados do século XIX foram efetuadas tentativas de implantação de uma triangulação, que serviria de suporte para a elaboração da Carta Geral do Império, no Rio Grande do Sul, bem como outra para apoiar a topográfica precisa do Município Neutro (ou da Corte), visando o cadastro da cidade. Não foram bem sucedidas, implantando-se apenas uma pequena rede sem a precisão necessária para trabalhos de mapeamentos

Em 1890, após a proclamação da República a Prefeitura do Rio de Janeiro cria a Comissão da Carta Cadastral, a qual, aproveitando-se do projeto anterior estabelece uma rede de primeira ordem, que serviria de base ao cadastro proposto. Este trabalho foi estendido até o início do século XX, quando da Criação da Carta Geral do Brasil. Para a realização do mapeamento, foi estabelecida uma projeção poliédrica (gnomônica), com folhas de 10' por 10' para o desenvolvimento da Carta, para o Rio de Janeiro. O ponto de tangência foi estabelecido em um ponto da triangulação, situado no Observatório do Morro do Castelo, onde na época situava-se o convento de Santo Antônio.

Finalmente em 1922 foi concluído o primeiro mapeamento fotogramétrico do Brasil, com as folhas 1: 50000 do Município do Rio de Janeiro. Definiu-se o elipsóide de Clarke, orientado astronomicamente, como base do sistema geodésico.

Em 1932, O Serviço Geográfico do Exército adotou o sistema Gauss-Krüger, associado ainda ao elipsóide de Clarke. A partir de 1942, o formato das folhas foi alterado para as dimensões de 15' por 15', adotando-se nessa época o sistema Gauss-Tardi, já sob o elipsóide de Hayford, orientado segundo o ponto estabelecido no Observatório Nacional. Em 1957, segundo as recomendações da UGGI, foi adotado o sistema UTM, o qual ainda é até hoje utilizado.

A partir dessa época ocorreram apenas alterações dos sistemas geodésicos: Córrego Alegre, SAD-69 e atualmente SIRGAS 2000.

O trabalho apresentará toda a estrutura histórica relativa à implantação dos sistemas.

ABSTRACT - The aim of this paper is to present an evolution of the mapping techniques applied to the Rio de Janeiro City – (Brazil), related to the several map projections and geodetic systems associated, from the first precision mapping studies, until today.

The paper begins with the middle of 19th century, when two triangulation implantation were attempted, in order to elaborate a precise topographical map Imperial Capital. The first involved a cadastral definition of the city and the second was part of the General Commission of Brazilian Empire Map. Neither one had much success, and was just implemented a small network, without the necessary precision.

In 1890, after the proclamation of the Republic, the Municipal Government of Rio de Janeiro City, created the Commission of the Cadastral Map, which took advantage of the previous project and

established a first order network, to serve and to support the proposed cadastre. This work was extended until the beginning of the 20th century, when the General Map of Brazil Commission was created. This Commission defined a poliedric projection (gnomonic), with charts of 10' x 10'. The tangent point was established at a point belonging to the network triangulation, located at Astronomical Observatory of Morro Santo Antonio, located in the center of the City.

Finally in 1922, the first photogrammetric mapping at Brazil was concluded, by the two 1: 50000 charts of the municipal district of Rio de Janeiro. The Clarke ellipsoid was used as base of the geodetic system.

In 1932, the Geographical Army Service adopted the Gauss-Krüger system, associated with the same Clarke ellipsoid. From 1942, the format of the charts was modified to the dimensions of 15 ' by 15'. At that time the Gauss-Tardi system was adopted, associated now to the Hayford ellipsoid, guided by the National Observatory. In 1957, according to UGGI recommendations, the UTM map projection system was adopted, which is still in use until today.

From that time just on some minor changes have been made, related to the used geodetic systems, such as: Córrego Alegre, SAD-69 and nowadays SIRGAS 2000.

1 INTRODUÇÃO

Evidentemente o estudo da Cartografía Brasileira confunde-se com a Cartografía Portuguesa, até o momento da independência em 1822.

O desenvolvimento da Cartografia nos séculos XV e XVI mostra uma cartografia essencialmente qualitativa e descritiva, apresentando elementos que permitiam a navegação que se praticava. Não era dada pela Coroa Portuguesa, a devida importância às terras descobertas. Cartógrafos importantes foram atraídos para a Espanha, tais como Diogo Ribeiro, Pedro e Jorge Reinel, estes retornando à Portugal e junto a Digo Homem elaboraram um dos mais belos Atlas conhecido: o Atlas Miller, incluindo a Carta Atlântica TERRA BRASILIS.

A Carta Atlântica de Sebastião Lopes, 1558, é outro exemplo primoroso da Cartografia dos quinhentos.

Luis de Teixeira elaborou o "Roteiro de todos os sinais, conhecimentos, fundos, baixos, alturas e derrotas que ha na costa do Brasil desde o cabo de Santo Agostinho ate ao estreito de Fernao de Magalhães", no qual aparece o primeiro mapa da atual Baia de Guanabara.

Outros nomes ilustres irão se juntar, destacando-se Gabriel Soares de Souza, com o Tratado Descriptivo do Brasil, de 1587.

O século XVII vem a ter os cosmógrafos de Sua Magestade, em destaque João Teixeira Albernaz I, filho de Luis Teixeira, com a Rezão do Estado do Brasil, de 1617 e do Livro que da Rezão do Estado do Brasil, de 1626, até a Descripção de todo o Marítimo da Terra de S. Cruz Chamado Vulgarmente o Brazil, de 1640, significativo pelo ano, término da dominação espanhola. Ainda encorar-se-á nomes como Manoel de Figueiredo, Hidrografía. Antônio Maris Carneiro Fidalgo, desenvolve o Roteiro das Navegações das Índias Ocidentais no título, mas apresentando o Roteiro de Portugal Pera o Brasil, Rio da Prata, Angola, Guiné e Sam Thomé. João Teixeira Albernaz II vem a complementar a Cartografía dos

seiscentos, com seus Roteiros, Aparências e Demostrações.

O século XVIII apresenta nomes como Manoel Pimentel, por sua Arte de Navegar. Porém a mudança de abordagem da Cartografía no Brasil, vem a se dar pela necessidade de serem elaborados mapas precisos, que viessem a auxiliar nas questões demarcatórias entre as Coroas Portuguesa e Espanhola. A vinda de dois padres jesuítas chegando ao Brasil em fevereiro de 1730, Padre Domenico Capassi e Diogo Soares, respectivamente napolitano e português. Seu trabalho foi iniciado com a Carta da Baia do Rio de Janeiro, a melhor até então elaborada.

Graças aos movimentos demarcatórios dos territórios entre Espanha e Portugal, foi então necessária a elaboração de mapas baseados não apenas em aspectos qualitativos descritivos, mas principalmente para mostrar com uma boa precisão e objetivos, para servir a uma determinada finalidade. Os trabalhos desenvolvidos, inclusive o Mapa Topographico da Capitania do Rio de Janeiro, Nova e 1a Carta da Terra Firme e Costas do Brasil e outras, bem como a determinação astronômica do meridiano do Rio de Janeiro, não permitiram que os espanhóis os determinassem em relação ao meridiano de Paris ou da Ilha do Ferro.

Os mapas Descripçam do Continente da América Meridional, de 1746, MAPA DAS CORTES (Mapa dos confins do Brasil com as Terras da Coroa de Espanha na America Meridional), de 1749 e 1751, fazem com que a Cartografia Portuguesa volte adquirir suas características dos séculos XV e XVI: apresenta-se simples, clara, precisa e objetiva, voltando a ser funcional, inclusive com as deformações propositalmente apresentadas, para benefício luso na repartição das terras. Foi um mapa, para a época, cientificamente elaborado para a função geopolítica que exerceu, como um poderoso documento de ação política para a elaboração do Tratado de Madri.

Podem ser também indicados como importantes trabalhos cartográficos, a instalação do Observatório da

Companhia de Jesus no Morro do Castelo, no Rio de Janeiro e a determinação do meridiano do Rio de Janeiro, referido ao meridiano de Paris, entre outros.

Ao fim do século XVIII havia sido acumulada nos arquivos em Portugal, uma vastíssima quantidade de documentos cartográficos utilizados no apoio aos tratados demarcatórios de Madri e Santo Idelfonso (1750 e 1777 respectivamente).

Houve em 1798 a ordem do então Ministro da Marinha e Domínios Ultramarinos, D. Rodrigo de Souza Coutinho, para a elaboração de uma Carta Geral do Brasil, utilizando-se para isso das melhores informações que haviam sido utilizadas nas demarcatórias, principalmente aquelas que estivessem representadas por verdadeiros pontos de latitude e longitude". O organizador responsável foi o Dr. Antonio Pires da Silva Pontes Leme, tendo como "desenhadores" José Joaquim Freire e Manoel Tavares da Fonseca. Também auxiliou a conferência das observações astronômicas o astrônomo Miguel António Ciera, engenheiro italiano, que veio para Portugal em meados do século XVIII para integrar a comissão encarregada da demarcação topográfica dos limites das possessões portuguesas na América meridional.

Esta Carta foi denominada como "Carta Geográfica de Projeção Esférica Ortogonal da Nova Luzitânia ou Estado do Brazil", conforme consta em sua legenda. Além desta legenda, bastante longa e explicativa, também figura o nome do organizador, desenhadores e trinta e quatro autoridades cartográficas que a abonam, entre padres, doutores, militares, cientistas, exploradores, caracterizando uma relação importante de nomes ligados à Cartografia de Portugal e do Brasil.

A projeção dita esférica ortogonal parece querer significar a projeção equivalente denominada "Sanson-Flamsteed", conforme a figura 1. Esta projeção apresenta os meridianos como curvas complexas, com a concavidade voltada para o meridiano central, no caso definido pelo meridiano de 315° (Ilha do Ferro). O meridiano central é projetado segundo uma reta e os paralelos são projetados como retas paralelas eqüidistantes. A escala apresentada na carta é gráfica, correspondendo a 1/3.865.000.

Conhecem-se apenas dois exemplares desta carta, um existente na Torre do Tombo, em Portugal e o outro na 5a Divisão de Levantamento do Serviço Geográfico do Exército, no Rio de Janeiro. O exemplar existente no Brasil, veio com a família real em 1808. Conhece-se também uma cópia, existente na Mapoteca do Palácio Itamaraty.

Digno de nota nesta representação é a riqueza de detalhes, principalmente em relação aos topônimos da rede hidrográfica, das serras, das povoações, entre outras, bem como uma localização bastante precisa sobre as tribos de índios que habitavam o interior.

A cartografia sistemática do Brasil teve um início real com a missão dos demarcadores, entre eles pode ser citada a pessoa do Ten Cel RICARDO FRANCO DE ALMEIDA SERRA, cujo nome está ligado a história do Forte de Coimbra, em Mato Grosso do Sul. Em Coimbra, Ricardo Franco escreveu uma das páginas mais marcantes da fibra portuguesa, quando da fixação das fronteiras entre Portugal e Espanha, na América do Sul.

Por outro lado, a implantação de uma rede geodésica que suportasse as necessidades de mapeamento do Brasil, foram iniciadas no Rio Grande do Sul, devido aos problemas platinos, e no Município Neutro, para, principalmente, apoiar a Carta Cadastral que se pretendia realizar

As primeiras tentativas de um mapeamento em média escala, com uma divisão do País em folhas, foram realizadas em meados do século XIX, mais precisamente em 1862, quando foi criada a Comissão da Carta Geral do Império. Para isto era necessária a implantação de uma rede de triangulação, definição de um elipsóide e sistema de projeção para o desenvolvimento do mapeamento. Os trabalhos não foram producentes, devido a fatores principalmente econômicos, porém as bases para o mapeamento foram estabelecidas, através da implantação da triangulação do Rio Grande do Sul e o início da triangulação do Município Neutro, sede do governo do Império, na cidade do Rio de Janeiro, tendo sido medidas duas bases. Em 1873 a Comissão foi recriada, mas extinta em 1878, apresentando como trabalho produtivo apenas a continuação da triangulação do Município Neutro.

Apesar dos levantamentos cartográficos não apresentarem características de mapeamento sistemático, as bases da Cartografia em escala média e grande foram estabelecidas nessa época, inclusive com a formação de recursos humanos necessários.

2 TRIANGULAÇÕES EXECUTADAS

Um dos pareceres emitidos pela Comissão do Instituto Histórico e Geográfico sobre o Projeto da Carta Geral do Brasil, elaborado pelo Estado Maior do Exército em 1900, faz uma expressiva referência sobre a triangulação que foi executada entre os anos de 1852 e 1857 pelo Marechal Francisco José de Souza Soares d' Andréa, Barão de Caçapava, cobrindo a fronteira brasileiro-uruguaia da Foz do Rio Chuí à Foz do Rio Quarai.

A finalidade dessa triangulação era a amarração dos trabalhos de demarcação da fronteira, sendo considerada na época, o maior monumento de nossa engenharia cartográfica militar e sem sombra de dúvida, deve ter sido a primeira triangulação implantada e calculada no Brasil. O gráfico geral da cadeia bem como o cálculo das coordenadas dos vértices não foram possíveis localizar.

Em 1860 o Barão Pedro de Alcântara Bellegarde, com um objetivo idêntico, trabalhou esta triangulação, prolongando-a por toda a extensão da Lagoa Mirim. Dessa forma estão apresentados os dois primeiros trabalhos geodésicos realizados no Brasil. Por essa época, adotou-se a utilização do elipsóide de Bessel, devido à influência dos países europeus, notadamente da França.

Os trabalhos de triangulação, desenvolvidos no Município Neutro, cidade do Rio de Janeiro, foram iniciados em 1866, em conseqüência de um pedido da Secretaria da Fazenda, interessada na confecção de uma planta topográfica precisa pudesse servir de base para a organização do cadastro da cidade do Rio de Janeiro. Duas bases foram medidas

Sob a direção do engenheiro Antônio Maria de Oliveira Bulhões, a Inspetoria de Obras Públicas da Corte Imperial, decidiu implantar uma triangulação geodésica. Foi então desenvolvida uma rede de pequenos triângulos, que cobria a área urbana, tendo como partida uma base situada nos campos de Jacarepaguá, medindo 5994 m e fechando em outra, medida no Arpoador, com 3019 m de comprimento. Para atender a sua densificação que estava prevista em seguida, foi ainda medida uma terceira base em Santa Cruz, esta com 9423 m de comprimento.

Com a criação da Comissão da Carta Geral do Império foi decidido em 1870, o prosseguimento dos trabalhos de triangulação que eram considerados de extrema importância para atingir os objetivos delineados para a carta cadastral do Município Neutro. Devido aos mesmos problemas que ocorreram com a Carta Geral, a Comissão da Carta Geral do Império abandonou o projeto da Inspetoria de Obras Públicas para o desenvolvimento de uma nova rede. Para esta missão foi encarregado o engenheiro José Manoel da Silva que praticamente a cumpriu inteiramente, mesmo atravessando problemas financeiros, devido a precariedade das finanças do Império, quando foi obrigado a paralisar os trabalhos, ocasionado pela extinção da Seção de Triangulação, paralisando em.

A Rede esquematizada desenvolvia-se entre as bases de Santa Cruz e do Canal de Magé na Província do Rio de Janeiro. A primeira base, de origem, não era a mesma do antigo projeto, media 2.509,82 m de comprimento e localizava-se em Santa Cruz. Pela primeira vez no Brasil foi utilizado um basimetro francês Brunner et Freres. Esta é a base que é mostrada nos gráficos da triangulação do Rio de Janeiro. Todos os vértices de la ordem foram monumentados no terreno com pilares de alvenaria e torres de ferro.

Ainda constava do planejamento inicial, a montagem de um observatório astronômico em Santa Cruz, visando a determinação das coordenadas geográficas iniciais e do azimute fundamental da rede, assim como, a instalação de um marégrafo na Baia de Sepetiba.

Em 1890, já, portanto no regime republicano, a Prefeitura do Distrito Federal fundou a Comissão da Carta Cadastral com a finalidade de organizar a planta do território sob sua jurisdição, entregando a direção ao eminente astrônomo brasileiro Dr. Manoel Pereira Reis, que também havia feito parte da Comissão da Carta Geral do Império.

Mais uma vez, no entanto, os resultados práticos foram ínfimos, porém o acúmulo de conhecimentos deixou raízes profundas.

3 A CARTOGRAFIA NO IMPÉRIO

Passando a analisar a fase cartográfica correspondendo ao Império, não houve um descuido em relação ao mapeamento do país. A exemplo de Portugal, a Cartografia foi bastante exercida, ocorrendo diversos mapeamentos, levantamentos e estruturas de apoio, como o início das triangulações que serviram de base para a Cartografia da República. Os trabalhos executados pelos militares, principalmente do Exército, são dignos de nota, mas surgiram também diversas outras figuras que vieram a se tornar destaque, não só como cartógrafos, mas também como organizadores.

Um sem número de mapas foram elaborados, em se tratando de mapas das diversas Províncias, planos topográficos, mapas hidrográficos, dos rios da Bacia Amazônica e do Prata, mapas das fronteiras. Um exemplo pode ser dado pelo mapa da Província de Goiás, publicado em 1836, obra do Marechal Raimundo. José da Cunha Matos, quando governador da Província, percorrendo e reconhecendo todo o seu território. Merecem ainda destaque, os trabalhos de vários engenheiros militares (do Imperial Corpo de Engenheiros) e civis, desenvolvidos nas mais diversas regiões brasileiras.

O Visconde de Beaurepaire Rohan, em 1844, explorou o Baixo Paraguai, bem como em 1846 levantou a ligação entre Guarapuava e o Rio Paraná e a navegabilidade do Rio Iguaçu até sua foz. Jerônimo Francisco Coelho, elaborou diversos reconhecimentos, levantamentos e cartas na região litorânea de Santa Catarina, sendo de sua autoria, Ten. Cel. do Imperial Corpo de Engenheiros, o "Mappa Topográphico da Parte Sul da Provincia de Sta. Catharina", de 1842. Mais tarde viria a tornar-se Presidente do Pará e do Rio Grande do Sul e Ministro da Guerra,

O Coronel Conrado Jacob de Niemeyer, juntamente com o e os Generais José de Souza Soares d'Andréa (Barão de Caçapava) e Pedro de Alcântara Bellegarde, foram ativos geógrafos e cartógrafos da época, tendo organizado a "Carta do Império do Brasil", publicada em 1846 e reeditada em 1857, por ordem do Ministro da Guerra, o então Marquês de Caxias e em 1873, organizada por Duarte da Ponte Ribeiro.

Pedro de Alcântara Bellergarde e seu tio, Coronel Niemeyer, executaram o levantamento da "Carta Chorographica da Província do Rio de Janeiro", por volta de 1852, na qual também colaborou o futuro Mal. Beaurepaire Rohan, publicada em 1865.

Não obstante ser considerável a atividade cartográfica desenvolvida, era na sua maioria constituída de trabalhos esparsos e descontínuos, dispersos pelo vasto território brasileiro, sendo em sua maioria, apoiados astronomicamente. Não havia ainda uma estrutura de apoio geodésico, fruto da inexistência de uma coordenação sobre os trabalhos geográficos e cartográficos e, em conseqüência, não havia a adoção de qualquer sistema uniforme de levantamento sistemático, que pudesse assegurar uma representação precisa e correta do espaço.

4 A CARTA GERAL DO IMPÉRIO

Sob a orientação do Dr. Antônio Maria de Oliveira Bulhões, foi criada em 1862 a Comissão da Carta Geral do Império, a qual tinha por objetivo organizar, elaborar e levantar uma carta geográfica do Brasil em bases rigorosamente científicas, com a aplicação de Geodésia de precisão e implantação de uma rede de triangulação precisa, a exemplo do que fizera a França na época. Evidentemente foi reconhecida a impossibilidade da execução do trabalho, devido às dimensões do Brasil. Por volta de 1866, chegou-se a se iniciar a triangulação do Município Neutro, tendo sido medidas duas bases. Essa triangulação sofreu com os problemas administrativos que eram comuns no Império, onde a crise financeira era crônica, sendo os trabalhos suspensos.

Inicialmente foi estabelecido que a carta teria 42 folhas. Em 1871 estavam prontas 31 folhas, no entanto, segundo parecer da própria Comissão, careciam todas de retificações, em razão das informações deficientes que as compunham. Foi então acordado o lançamento de 4 folhas, elaboradas com o material e com a escala reduzida a metade. Em 1872 um relatório mostrava ainda a impossibilidade da execução do trabalho, pelo material não merecer confiança. Foi proposta a utilização de métodos de geodésia expedita, que haviam sido aplicados com sucesso no mapeamento da Etiópia, apresentando resultados, que apesar de não serem rigorosos, eram e econômicos, podendo ser posteriormente. Por esse sistema seria possível a obtenção de um esboço topográfico razoável, mais fiel do que todos os obtidos até o momento. Apesar de ter sido apoiado, na prática não obteve os resultados esperados.

O Dr João Nunes Campos assumiu a Comissão em 1873 e imediatamente verificou gravíssimos problemas com o material elaborado, em desacordo com informações de confiança existentes e em em relação à própria projeção que constava como Flamsteed modificada, enquanto havia sido traçada na projeção de Flamsteed. Em vista disso foi ordenada a execução de uma carta.

Em 1874 a Comissão passou a ser dirigida pelo Mal. Beaurepaire Rohan, que havia organizado uma "Carta Geral do Brazil", para ser apresentada na Exposição Universal de Viena.

Em 1875 a Comissão da Carta Geral do Império publicou a "Carta do Império" que figurou na Exposição Internacional da Filadélfia, apresentada na figuras 5. A carta foi construída na escala de 1: 3 710 220 e adotada a projeção de Flamsteed modificada. O meridiano central adotado foi o meridiano que passava pelo Morro do Pão de Açúcar, situado a 0° 00′ 57" a este do Imperial Observatório Astronômico do Rio de Janeiro. Isto foi motivado pelo fato do Observatório localizar-se no Morro do Castelo, que nesta época já havia sido decretado o seu desmonte.

Diz Beaurepaire Rohan no trabalho citado:

"recorreu-se a quantos documentos foi possível haver mais dignos de confiança, no que nos prestou relevante serviço o Sr Barão da Ponte Ribeiro, já franqueando-nos o seu arquivo tão rico de trabalhos interessantes e de insuspeita autenticidade já indicando-nos as repartições públicas onde os poderíamos encontrar de melhor nota. Se ela peca ainda pelo lado orográfico, por isso que estão as nossas cordilheiras ainda mal estudadas, se a par de alguns rios bem descritos outros existem pouco conhecidos, ou se estão designados como tais certos acidentes geológicos, que mais não são do que leitos torrenciais que ficam a seco logo que cessam as águas pluviais, é porém certo que tais senões irão desaparecendo, por pouco que seja o nosso empenho em consegui-lo".

A Comissão teve no entanto uma vida bastante reduzida, tendo sido extinta em 1878. Para substituí-la foi criada, por iniciativa do Barão de Capanema, a Comissão da Carta Itinerária, que também teve vida rápida, pois foi extinta apenas dois anos depois. Era composta quase só de engenheiros austríacos, que realizaram alguns caminhamentos e algumas determinações astronômicas.

5 - A CARTA GERAL DO BRASIL

Em 1901 o Estado Maior do Exército elaborou o projeto da Carta Geral do Brazil, através da publicação de um minucioso relatório, no qual constavam todas as especificações para a elaboração da Carta Geral.

A escala estabelecida foi 1: 100 000, num total de 3000 folhas com as dimensões de 30' x 30' ou cerca de 0,65 m x 0,60 m, mostrando já nesta fase a real dificuldade de execução do projeto.

Em relação a projeção cartográfica, os estudos tenderam para a adoção de uma projeção denominada de poliédrica, adotada por países diversos, tais como Alemanha, Estados Unidos, Espanha, Áustria, Itália e Japão. Esta projeção, nada mais é do que a projeção gnomônica, adaptada para cada quadrângulo de folha. O centro de cada folha seria definido como ponto de tangência à superfície terrestre. Figura 1.

C A B R M'

Figura 7 – Esquema da projeção poliédrica

O estudo seguinte mostra o erro para os extremos da folha, calculado em 0,255m, para um lado de 55 000 m

$$CB - mAm' = 2R(tg\frac{\phi}{2} - \frac{\phi}{2}) \tag{1}$$

Considerando-se o ângulo de abertura igual a 30' e o Raio Médio pelo elipsóide de Clarke igual a 6378249 m, a diferença entre os lados curvos e planos será o valor apresentado.

Outro problema levantado seria a justaposição de folhas, para consulta de uma grande área em conjunto, uma vez que na realidade as folhas devem ser associadas não a um plano, mas a vários planos sobre uma superfície curva. Os estudos mostraram que os erros, mesmo para uma área em torno de 75000 km2, haveria uma flecha de apenas 1,86 cm.

Entretanto, entre a elaboração do projeto, sua implantação e execução, surgiam apenas levantamentos imprecisos em torno de áreas críticas no sul do Brasil.

Como curiosidade, a previsão de levantamentos dos estados em folhas, previa para o Estado do Rio de Janeiro 4 anos, para o Rio Grande do Sul 22 anos e para Mato Grosso 115 anos, caso fossem realizados por métodos topográficos da época.

Alguns fatos de ordem mundial e nacional também afetaram o desenvolvimento dos trabalhos: a guerra de 1914, a criação do Serviço Geográfico do Exército em 1917, início das operações estereofotogramétricas, culminando com a vinda da Missão Austríaca, composta de 22 oficiais do exército austríaco, especializados em operações geodésicas e cartográficas.

6 – O MAPEAMENTO DO RIO DE JANEIRO 6.1 – A Triangulação do Districto Federal e a Carta de 1922

A partir de 1919, o Serviço Geográfico do Exército retomou os trabalhos da triangulação do Município do Rio de Janeiro, a qual, partindo-se do desenvolvimento inicial de 1890, foram estabelecidos vértices de primeira, segunda e terceira ordens. A figura 9 mostra as diversas

triangulações de apoio. Não fossem essas redes, não teria sido possível o mapeamento através das técnicas de precisão já adotadas na época.

Esta triangulação possuía 21 pontos de 1a ordem, 37 de segunda e 58 de terceira, serviu de base para a realização do primeiro mapeamento fotogramétrico realizado no Brasil. O objetivo da realização desse mapeamento, era atender o mapeamento do então Districto Federal, na escala 1: 50 000, intra-muros (zona urbana) e extra-muros

As principais características desse mapeamento são as seguintes:

- Projeção gnomônica com ponto de tangência no Observatório Astronômico do Morro do Castelo.

$$\varphi 0 = -22^{\circ} 54' 30,55''$$

 $\lambda 0 = -43^{\circ} 10' 47,03''$

- Dimensões mapeadas: 67km LO x 38 km NS Elaboração de duas folhas 34,5 km x 38 km e 35,5 x 38 km
- Elipsóide: Clarke
- Coordenadas em quilômetros referidas ao ponto de tangência no Morro Sto Antonio.
- Escala: 1: 50 000

Esta carta foi suporte para todo o mapeamento do Distrito Federal até o ano de 1957. As alterações realizadas foram decorrentes apenas de adaptações e adoção de novas projeções, notadamente a projeção de Gauss Krüger. A figura 2.3 mostra as duas folhas unidas e a triangulação sobreposta.

6.2 – A Carta de 1932/ 37 – Projeção de Gauss-Krüger, ou Conforme de Gauss

Em 1932 o Serviço Geográfico do Exército foi reorganizado, adotando para o levantamento sistemático em escala média (1: 25 000 à 1:250 000), a projeção Conforme de Gauss, baseada nos estudos de Krüger. Todo o mapeamento foi transformado e complementado para as novas especificações da projeção. A aplicação dessa projeção foi para todo o Brasil, sendo a maior parte das folhas desenvolvidas nos estados do sul e no Distrito Federal (Rio de Janeiro)

As características desse mapeamento eram as seguintes:

- As folhas passaram a ter uma medida padrão de 10' x 10', para a escala 1:50 000;
 - -Projeção conforme de Gauss ou Gauss-Krüger;
 - Decomposição em fusos de 3□ de amplitude;
 - Meridiano central múltiplo de 1 □ 30';
 - Cilindro tangente no meridiano central;
- Ko coeficiente de escala (fator de escala) = 1 no meridiano central;
 - Existe ampliação para as bordas do fuso;
 - Constante do Equador = 0;
 - Constante do meridiano central = 0;
 - Coordenadas planas:
 - x abcissa sobre o meridiano;
- y ordenada sobre o Equador; (Inversão do sistema matemático).

O datum horizontal foi determinado no Observatório Nacional, substituindo o do Morro do Castelo. A grade da projeção foi calculada e inserida nas folhas atualizadas de 1922.

6.3 – Projeção Gauss-Tardi – 1943

Uma nova reformulação foi efetuada em 1943, ainda pelo Serviço Geográfico do Exército, adotando a projeção de Gauss, sobre um sistema proposto por Pierre Tardi. As principais alterações foram relativas à posição do cilindro, passando a secante, fusos de 6 graus de amplitude, alterando-se a posição do meridiano central, para os meridianos múltiplos de 6. Algumas das principais características dessa projeção, são as seguintes:

- Projeção conforme de Gauss, cilíndrica, transversa e secante:
 - Fusos de $6\square$ de amplitude ($3\square$ para cada lado);
- Meridiano central múltiplo de $6\square$. Para o caso brasileiro, os MC são: -36 \square , -42 \square , -48 \square , -54 \square , -60 \square , -66 \square e -72 \square ;
- O fator de escala (coeficiente de redução de escala) ho = 0,999333...;
- As dimensões da folha 1:50 000, passou a 15' x 15'

Existe, portanto um miolo de redução, até a região de secância, aonde h = 1.0. Até as bordas do fuso haverá ampliação:

- Origem dos sistemas parciais no cruzamento central, acrescidas as constantes:

5.000 km para o Equador, 500 km para o meridiano central;

- Estas constantes visavam não existir coordenadas negativas, o que acontecia com o sistema Gauss-Krüger;
- Existência de uma zona de superposição de 30' além do fuso. Os pontos situados até o limite da zona de superposição são colocados nos dois fusos (próprio e subsequente), para facilitar trabalhos de campo.

Ainda pode-se acrescentar a alteração do elipsóide de Hayford, mantendo-se o datum horizontal no Observatório Nacional.

6.4 – Adoção da Projeção UTM – 1955

Em 1955, acatando as recomendações da IX Assembléia Geral de Bruxelas, de 1951, foi adotada para o Brasil a projeção UTM. As maiores alterações foram a conformação dos fusos com a Carta Internacional do Mundo (CIM), sendo os limites de fuso múltiplos de 6, constantes aditivas de 10000 km para o Equador e coeficiente de redução no meridiano central igual a 0,9996., alterando o raio do cilindro.

A partir de 1957, todas as folhas do mapeamento sistemático englobando o município do Rio de Janeiro foram elaboradas nessa projeção, mudando-se apenas nas atualizações o sistema geodésico adotado e estendendo-se para o restante do país. A tabela 1 mostra os diversos sistemas geodésicos que foram utilizados.

Tabela 1 – diversos sistemas geodésicos utilizados-Mapeamento Sistemático

Data	Elipsóide	Origem (datum	Sistema	
		horizontal)		
1870	Bessel	Observatório do		
		Morro do		
		Castelo		
1922	Clarke	Observatório do		
		Morro Sano		
		Antônio		
1955	Hayford	Observatório		
1964	Hayford	Córrego Alegre	Córrego	
			Alegre	
1987	Ref 67	Chuá	SAD 69	
2006	WGS84	Geocêntrico	SIRGAS	
			2000	

6.5 - Mapeamentos Cadastrais

Tratando-se, porém de mapeamento cadastral, foram realizados inúmeros mapeamentos cadastrais, em escalas variando entre 1: 2 000, 1: 10 000, 1: 20 000 e 1: 30 000. Os principais levantamentos realizados podem ser apreciados na tabela 2.

Tabela 2 - Projeções e SGR cadastrais para o Rio de Janeiro

Data	Projeção	Elipsóide	Origem	Escala
			(datum	
			horizontal)	
1930	Poliédrica	Clarke	Mo Sto	1:2 000
			Antônio	
1946	Tardi	Hayford	Mo Sto	1: 20000
			Antônio	e
				1: 30000
1975	UTM	Hayford	Córrego	1: 10000
			Alegre	
1992	UTM	Ref 67	SAD 69	1: 10000
1998	UTM	Ref 67	SAD 69	1: 10000
2004	UTM	Ref 67	SAD 69	1: 10000

5 CONCLUSÕES

Outras projeções foram e ainda são utilizadas, notadamente no mapeamento nas escalas menores que 1:250 000, como a projeção cônica conforme de Lambert e a Policônica, para o mapeamento sistemático. Aplica-se também ao mapeamento dos Estados de maiores dimensões.

Ao se analisar o mapeamento sistemático nas escala 1:25 000, 1: 50 000 e 1: 100 000 e cadastrais, é comum se deparar com data horizontais, tais como: Cajueiro, em Alagoas, Capela, no Rio Grande do Sul, Igreja Matriz e outros, todos utilizando pontos da

triangulação existente no lugar, como ponto origem. A existência de todas estas projeções, bem como a adoção de diversos data horizontais, aplicados ao mapeamento da área da cidade do Rio de Janeiro, não permite que a transformação entre eles seja estabelecida de uma maneira simples. Alguns problemas entre os sistemas geodésicos ainda têm que ser solucionadas, bem como a verificação das diversas coordenadas, relativas aos sistemas de projeção adotados.

Os parâmetros de transformação entre os antigos sistemas e os mais novos ainda vão exigir bastante trabalho prático de comparação, avaliação e validação.

REFERÊNCIAS

ARLINGHAUS, S. L., Practical Handbook of Digital Terms and Concepts, CRC Press, Boca Ratton. 1994.

BERTIN, J., Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps.. Madison, WI: University of Wisconsin. 1983.

BOARD, C., Report of the Working Group on Cartographic Definitions, Cartographic Journal, 29, pp 65-69. 1990.

BOYLE, A. R., Automated Cartography, World Cartography, 15, 63-70. 1979.

CENTRO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO RIO DE JANEIRO, Do Cosmógrafo ao Satélite: Mapas da Cidade do Rio de Janeiro, UFRJ, FUJB, 2000

CLARKE, K., Analytical and Computer Cartography, 2nd Ed, Prentice Hall, NJ, USA, 1995

CROMLEY, R. G., Digital Cartography. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1992, 317 pp.

FUNDREM, Fundação do Desenvolvimento da Região Metropolitana, Mapeamento 1: 10 000, 1975

IPP, Instituto Pereira Passos, Mapeamento Cadastral do Rio de Janeiro, 1998

KRAAK M. J. & ORMELING F. J., Cartography-Visualization of Spatial Data, Addison Wesley Longman Limited, Essex, England, 222 pp. 1996.

LAMEGO, A. R., O Homem e a Guanabara, IBGE – Conselho Nacional de Geografia, 1964

LAURINI, R. & THOMPSON, D., Fundamental of Spatial Information Systems, Academic Press, San Diego, 680 pp. 1994.

MARBLE, D. F., The Computer and Cartography, The American Cartographer, 14, 101-103. 1987.

MENEZES, P. M. L., Notas de Aula de Cartografia e Cartografia Temática, Não publicadas, Curso de Graduação em Geografia, Dep de Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 1996.

MENEZES, P. M. L., Notas de Aula de Cartografia Temática, Não publicadas, Curso de Graduação em Geografia, Dep de Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 1996.

MENEZES,P. M. L. Aquisição, Tratamento e Armazenamento de Cartas Topográficas Digitalizadas, Tese de Mestrado, IME, RJ. 155 pp. 1987.

MENEZES, P. M. L., A Interface Cartografia-Geoecologia nos Estudos Diagnósticos e Prognósticos da Paisagem: Um Modelo de Avaliação de Procedimentos Analítico-Integrativos. Orientadora: Ana Luiza Coelho Neto. Rio de Janeiro: UFRJ/ Pós-Graduação em Geografia, 2000. 271p. Tese de Doutorado

OLIVEIRA, C., Dicionário Cartográfico, IBGE, Rio de Janeiro, RJ. 1980.

PETERSON, M. P. Interactive and Animated Cartography, Prentice Hall, NY, 464 pp, 1995.

RHIND, D. H., Computer Assisted Cartography, Transactions, Institute of British Geographers, 2, 71-97. 1977.

ROBINSON, A. H., MORRISON, J. L., MUEHRCKE, P. C., KIMERLING, A. J. and GUPTILL, S. C., Elements of Cartography – 6th Ed, 544 pp, New York, John Willey & Sons. 1995.

SARTHOU, C., Passado e Presente da Baía de Guanabara, Livraria Freitas Bastos S.ª, Rio de Janeiro, 1964

SAUER, C. O., ed John Barger Leighly. Land and Life: A Selection from the Writings of Carl Ortwin Sauer. Berkeley: University of California Press, 1963.

THROWER, J.W. N., Maps and civilization: cartography in culture and society, University of Chicago Press, Chicago, p. 254. 1996.

TYNER, J., Introduction to Thematic Cartography, Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey, 299 pp. 1992.

VIANNA, C. R., Generalização Cartográfica em Ambiente Digital Escala 1:250 000 a Partir de Dados Cartográficos Digitais na Escala 1: 50 000, Tese de Mestrado, IME, Rio de Janeiro. 1997..