

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O ponto chave para a determinação de um modelo de ondulação geoidal com maior acurácia é a qualidade e distribuição dos dados utilizados. Seguem algumas considerações a respeito dos mesmos:

- Dados terrestres de gravidade: os erros nos dados de gravidade são propagados na solução do modelo de ondulação geoidal. É necessário que sejam feitos esforços para levantar gravimetricamente as áreas que permanecem desprovidas desse tipo de informação e as áreas onde os dados existentes possuem precisão inferior à desejada. Em especial, na região Amazônica, a aerogravimetria apresenta-se como uma alternativa mais viável tecnicamente, tendo em vista a grande complexidade logística de se trabalhar nessa região por levantamentos terrestres. Apesar dessa possibilidade, há grandes dificuldades em se levantar fundos para concretizar esse projeto.

As anomalias terrestres de gravidade são altamente sujeitas aos erros de médio e longo comprimento de onda provenientes de erros nos dados verticais, tendo em vista que estes dados são utilizados em sua determinação. Dessa forma, tais erros são incorporados ao cálculo do geóide e devem ser avaliados.

O grande esforço empreendido na análise e organização dos dados de diferentes instituições deve ser considerado como inicial e a reavaliação destes mesmos dados precisa ser conduzida.

Um passo importante deve ser dado no sentido de procurar efetivar uma maior cooperação entre as instituições produtoras de dados de gravidade de modo a evitar superposições desnecessárias de levantamentos gravimétricos (em função de falta de comunicação) e de procurar desenvolver levantamentos conjuntos para minimizar custos e, dessa forma, viabilizar projetos.

Deve-se procurar integrar e ajustar as estações de referência implantadas e medidas por diferentes instituições à RGFB e, em seguida, reprocessar as redes gravimétricas de densificação de modo a homogeneizar os dados de gravidade existentes no país.

A utilização dos gravímetros absolutos, recentemente adquiridos pelo ON, para a determinação de novas estações absolutas, e reocupação das existentes, será uma importante contribuição para a homogeneização da rede.

Devem ser feitas novas avaliações dos dados de gravidade que não foram aproveitados neste trabalho, especialmente os de aerogravimetria na região norte, em razão de sua inconsistência em relação aos dados utilizados, viabilizando sua contribuição no cálculo do geóide.

Os valores de anomalias médias de cada quadrícula foram gerados pela média aritmética simples, o que nem sempre representa as características de distribuição e qualidade dos dados da quadrícula. É necessária uma rigorosa avaliação dos métodos de interpolação dos dados de gravidade e de altitude, além dos seus subprodutos (anomalias, correção de terreno e efeito indireto, por exemplo). A suavização provocada pela interpolação deve ser investigada e estimada e um algoritmo mais otimizado para essa interpolação deve ser implementado.

- Rede altimétrica: a RAB do IBGE, embora tenha sido estabelecida dentro dos melhores critérios de observação e cálculo disponíveis na época, localiza-se, em geral, ao longo de vales. Assim, há carência de informações altimétricas cruzando montanhas e áreas com pouco, ou nenhum, desenvolvimento urbano. Existem ainda linhas muito longas de nivelamento geométrico, que seguem para o norte sem que tenha havido controle necessário, o que gerou inconsistências em alguns trechos. Os modelos de ondulação geoidal calculados podem servir para avaliação de possíveis inconsistências isoladas na RAB e como alternativa para levar valores de altitude a regiões remotas no Brasil, onde a RAB não pôde ser densificada, compatíveis com o resto do país.
- Dados GPS sobre nivelamento: esse tipo de dado, que é utilizado para avaliar os modelos calculados de ondulação geoidal, reflete as distorções dos dados verticais. Além disso, algumas imprecisões podem ser provocadas pelo fato dos dados GPS terem sido coletados ao longo de um período extenso de tempo, enquanto algoritmos de processamento e disponibilidade, por exemplo, de órbitas precisas, não estavam disponíveis. Portanto, é necessária uma criteriosa reavaliação da qualidade desses dados, inclusive possibilitando a utilização dos dados desprezados anteriormente.

Alguns autores utilizam tais dados para ajustarem o modelo geoidal determinado gravimetricamente com a rede altimétrica de referência da região calculada. Entretanto, em razão das distorções dessas mesmas redes, o ajuste provocará uma

distorção no modelo calculado e não servirá para reavaliação da rede altimétrica. Por outro lado, os usuários teriam disponível um modelo de conversão de altitudes elipsoidais, determinadas por GPS, para altitudes referidas à rede altimétrica em questão.

- Variação de densidade topográfica: deveria ser considerada a influência da utilização de densidade topográfica variável no cálculo do modelo de ondulação geoidal, na própria definição de altitude e em outras aplicações na Geodésia e Geofísica. A desconsideração da variação de densidade nos cálculos correntes apresenta-se consistente com as atuais técnicas de medição pois sua não utilização resulta em um erro relativamente pequeno nos cálculos. Entretanto, a variação de densidade deveria ser investigada tendo em vista que a tendência natural é um refinamento das técnicas geodésicas de observação e de cálculo. Dessa forma, informações atualmente negligenciadas poderão ser decisivas na melhoria da qualidade dos resultados. Planeja-se fazer um projeto piloto de avaliação dos contrastes de densidade de massa pela construção de uma malha de densidade média para algumas áreas no país, principalmente naquelas onde a topografia não apresenta grandes variações. A pesquisa, em conjunto com geólogos e geofísicos, deverá seguir as recomendações do Grupo de Estudo Especial 4.188 *Mass density from joint inverse gravity modeling*, estabelecido pela IAG de 1999 a 2003. Mais informações sobre os resultados desse grupo de estudo podem ser obtidas em (http://research.kms.dk/~ssg4188/study_group/index.html).
- MG: esses modelos não contém todas as frequências do campo gravitacional, em função da expansão finita dos harmônicos esféricos, que os torna sujeitos aos chamados erros de omissão. Espera-se que as concordâncias melhorem com a expansão do grau máximo dos MG. Entretanto, isso não deve necessariamente ser interpretado como uma melhoria nas baixas frequências (isto é, menor erro de comissão) modeladas por esses MG (AMOS; FEATHERSTONE, 2003).

Os resultados indicam que o EGM96 (MG combinado) forneceu melhor concordância com os modelos de ondulação geoidal calculados que os MG derivados apenas de dados de satélites gravimétricos. Apesar disso, os MG derivados apenas dos dados das missões CHAMP e GRACE devem ser mais precisos pois não são “contaminados” pelos erros de longo e médio comprimentos de onda dos dados terrestres de gravidade.

Deve ser testada e avaliada a substituição dos coeficientes de graus mais baixos dos MG combinados pelos dos MG apenas com dados das modernas missões de satélites

gravimétricos (MG adaptados).

- Correção de terreno: deve ser testado o emprego do programa TC (de René Forsberg), que calcula a CT de uma forma mais rigorosa, utilizando dois MDT com espaçamentos diferentes. Dessa forma, os resultados da utilização desse programa com o programa TC2DFTPL devem ser comparados.

As comparações efetuadas no Capítulo 5, mostram que, entre os modelos de geopotencial, o EGM96 ainda apresenta melhor ajuste aos dados do país. Entretanto, espera-se que, cada vez mais, sejam divulgados melhores MGs com soluções derivadas das missões CHAMP, GRACE e GOCE, combinadas com dados terrestres.

O modelo GEOIDE2005, calculado por FFT, apresenta melhores resultados que o modelo STOKES2005, que utilizou a integração numérica. A melhoria se deve supostamente às diferentes modificações do núcleo de Stokes e isso deve ser melhor investigado.

A resolução de $10' \times 10'$ das malhas utilizadas nos cálculos efetuados para o Brasil, foi selecionada em função de que, nesta resolução, há menos quadrículas vazias do que na de $5' \times 5'$. Contudo, a base de dados gravimétricos e MDT disponibilizados por esse trabalho permitem que sejam geradas malhas com melhor resolução em determinadas áreas com mais informações. Conseqüentemente, melhores resultados poderiam ser alcançados para cálculo de modelos geoidais nessas áreas.

É importante lembrar que, para um país de dimensões continentais, e ainda com carência de dados, não há soluções simples e rápidas. Sendo assim, é necessária a integração das instituições e dos profissionais nos esforços de melhoria das condições para a determinação de um modelo de ondulação geoidal compatível com as exigências atuais.

Atualmente não é possível obter uma precisão centimétrica absoluta para o modelo de ondulações geoidais para o Brasil. É necessário que a distribuição de estações GPS/nivelamento seja melhorada para que o modelo seja convenientemente avaliado.

Em função da velocidade com que os computadores estão atingindo uma capacidade cada vez maior de processamento, deve ser avaliado se realmente é necessário optar por técnicas mais rápidas de cálculo de um modelo de ondulação geoidal. Principalmente porque o tempo exigido por outras técnicas de cálculo não é consideravelmente maior que invalide sua utilização. Além disso, não é necessária uma disponibilização constante de novos modelos e deve-se priorizar a coerência dos métodos com a teoria.

Durante esse trabalho, ondulações geoidais derivadas de modelos preliminares foram utilizadas por Campos (2004) em estações GPS sobre rios da Bacia do Rio Amazonas para verificação de sua coerência quando comparadas com o gradiente dos referidos rios. Por esse projeto foi possível identificar um erro na determinação da correção de terreno para a região e, por conseguinte, para o Brasil. O intercâmbio de informações dos dois projetos foi essencial para avaliação, por métodos independentes, do modelo geoidal em áreas com carência de informações gravimétricas e GPS/nivelamento.

Referências

- AMOS, M.; FEATHERSTONE, W. Comparisons of recent global geopotential models with terrestrial gravity field observations over New Zealand and Australia. **Geomatics Research Australasia**, v. 78, p. 67–83, 2003.
- ANDERSEN, O.; KNUDSEN, P.; TRIMMER, R. The KMS99 global marine gravity field from ERS and GEOSAT satellite altimetry. In: **Proceedings of the ERS/ENVISAT symposium. Looking down at the Earth in the new millenium**. Noordwijk, Holand: [s.n.], 2001.
- ARCHIVING, VALIDATION AND INTERPRETATION OF SATELLITE OCEANOGRAPHIC DATA WEBSITE. **AVISO, altimetry, Doris and the "Ocean, Altimetry and Climate" group**. 2005. Disponível em: <http://www.jason.oceanobs.com/html/presentation/welcome_uk.html>. Acesso em: May 2005.
- BERTULANI, C. **Integração numérica**. 1996. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/teaching/compute/node139.html>>. Acesso em: 2005.
- BIANCALE, R. et al. A new global Earth's gravity field model from satellite orbit perturbations: GRIM5-S1. **Geophysical Research Letters**, v. 27, p. 3611–3614, 2000.
- BLOCH, S. **Ferramentas de análise: análise de Fourier**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- BRACEWELL, R. **The Fourier transform and its applications**. New York: McGraw Hill, 1986.
- CALVERT, J. **Spherical harmonics**. 2001. Disponível em: <<http://www.du.edu/~jcalvert/math/harmonic/harmonic.htm>>. Acesso em: 29/01/2005.
- CAMPOS, I. de O. **Referencial altimétrico para a Bacia do Rio Amazonas**. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- CHELTON, D. B. et al. Satellite Altimetry and Earth Sciences, A Handbook of Techniques and applications: Satellite altimetry. In: FU, L.-L.; CAZENAVE, A. (Ed.). San Diego: Academic Press, 2001. cap. 1, p. 1–122.
- COLLECT LOCALISATION SATELLITES. **Océanographie spatiale: De la mesure par satellite à l'expertise océanographique**. 2004. Disponível em: <http://www.cls.fr/html/oceano/welcome_fr.html>. Acesso em: 24 Feb. 2004.
- DAUBECHIES, I. The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis. **IEEE Transactions on Information Theory**, v. 36, n. 5, p. 961–1005, Sept. 1990.

DAUBECHIES, I. **Ten lectures on wavelets**. [S.l.]: Society for Industrial and Applied Mathematics- SIAM, 1992. (CBMS-NSF Regional Conference Series In Applied Mathematics, v. 61).

DE WITTE, L. Truncation errors in the Stokes and Vening Meinesz formulae for different order spherical harmonic gravity terms. **Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society**, v. 12, p. 449–464, 1967.

DENKER, H.; BEHREND, D.; TORGE, W. The European gravimetric quasigeoid EGG96. In: SEGAWA, J.; FUJIMOTO, H.; OKUBO, S. (Ed.). **Gravity, Geoid and Marine Geodesy**. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1997, (International Association of Geodesy Symposia, v. 117). p. 532–539.

DIREEN, N. **Application of terrain corrections in Australia**. 2001. Disponível em: <http://www.ga.gov.au/rural/projects/terr_corrts.jsp>. Acesso em: 14/01/2005.

DREWES, H. **Sistemas de referencia - Cálculo del geoide/ cuasigeoide**. 2003. Notas de aula.

ESA/GOCE. **ESA's gravity mission GOCE**. 2005. Disponível em: <http://www.esa.int/esaLP/ESAYEK1VMOC_goce_0.html>. Acesso em: June 2005.

ESAN, O. **Spectral analysis of gravity field data and errors in view of sub-decimetre geoid determination in Canada**. Tese (Master of Science) — University of Calgary, Department of Geomatics Engineering, Calgary, Canadá, 2000.

EVANS, J.; FEATHERSTONE, W. Improved convergence rates for the truncation error in gravimetric geoid determination. **Journal of Geodesy**, v. 74, n. 2, p. 239–248, 2000.

FAIRHEAD, J. **The South American Gravity Project**. Leeds, UK, 1991.

FEATHERSTONE, W. A comparison of gravimetric geoid models over Western Australia, computed using modified forms of Stokes' integral. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v. 82, p. 137–145, 1999.

FEATHERSTONE, W. Expected contributions of dedicated satellite gravity field missions to regional geoid determination with some examples from Australia. **Journal of Geospatial Engineering**, v. 4, p. 2–19, 2002.

FEATHERSTONE, W. Software for computing five existing types of deterministically modified integration kernel for gravimetric geoid determination. **Computers & Geosciences**, v. 29, p. 183–193, 2003.

FEATHERSTONE, W.; EVANS, J.; OLLIVER, J. A Meissl-modified Vaníček and Kleusberg kernel to reduce the truncation error in gravimetric geoid computations. **Journal of Geodesy**, v. 72, p. 154–160, 1998.

FEATHERSTONE, W. et al. The AUSGeoid98 geoid model of Australia: data treatment, computations and comparisons with GPS-levelling data. **Journal of Geodesy**, v. 75, p. 313–330, 2001.

FEATHERSTONE, W.; SIDERIS, M. Modified kernels in spectral geoid determination: first results from Western Australia. In: FORSBERG, R.; FEISSEL, M.; DIETRICH, R. (Ed.). **Geodesy on the move: gravity, geoids, geodynamics, and Antarctica**. Berlin: Springer-Verlag, 1998, (International Association of Geodesy Symposia, v. 119). p. 188–193.

FERIS, R. S. **Detecção e rastreamento de faces utilizando Gabor wavelet networks**. 2000. Disponível em: <http://www.vision.ime.usp.br/~creativision/quali_feris/node4.html>. Acesso em: 15/04/2005.

FORSBERG, R.; KAMINSKIS, J.; SOLHEIM, D. Geoid of the Nordic and Baltic area from gravimetry and satellite altimetry. In: SEGAWA, J.; FUJIMOTO, H.; OKUBO, S. (Ed.). **Gravity, Geoid and Marine Geodesy**. Berlin: Springer-Verlag, 1996, (International Association of Geodesy Symposia, v. 117). p. 540–547.

FORSBERG, R.; TSCHERNING, C. Topographic effects in gravity field modelling for BVP. In: SANSÒ, F.; RUMMEL, R. (Ed.). **Geodetic Boundary Value Problems in View of the One Centimeter Geoid**. Berlin: Springer, 1997, (Lecture Notes in Earth Sciences, v. 65). p. 241–272.

FREEDEN, W.; GREVENS, T.; SCHREINER, M. **Constructive approximation on the sphere with application to geomathematics**. Oxford: Clarendon Press, 1998.

FREEDEN, W.; SCHNEIDER, F. Orthogonal non-bandlimited wavelets on the sphere. **Journal of Geodesy**, v. 72, p. 124–135, 1998.

FREEDEN, W.; SCHNEIDER, F. An integrated wavelet concept of physical Geodesy. **Journal of Geodesy**, v. 72, n. 5, p. 259–281, 2000.

FÖRSTE, C. et al. **A New High Resolution Global Gravity Field Model Derived From Combination of GRACE and CHAMP Mission and Altimetry/Gravimetry Surface Gravity Data**. Vienna, Austria: [s.n.], Apr. 2005. Poster presented at EGU General Assembly.

GEMAEL, C. **Introdução à Geodésia física**. Curitiba: Editora UFPR, 1999.

GEMAEL, C. et al. Large-scale absolute gravity control in Brazil. In: RUMMEL, R.; HIPKIN, R. (Ed.). **Gravity, Gradiometry and Gravimetry**. Berlin: Springer-Verlag, 1990, (International Association of Geodesy Symposia, v. 103).

GRAAFF-HUNTER, J. The figure of the Earth from gravity observations and the precision obtainable. **Philosophical Transactions of The Royal Society of London**, v. 234, p. 377–431, 1935.

GRABS, A. An introduction to wavelets. **Computational Science and Engineering**, v. 2, p. 50–61, 1995. Disponível em: <<http://www.amara.com/ftpstuff/IEEEwavelet.pdf>>.

GROSSMANN, A.; MORLET, J. Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape. **SIAM Journal of Mathematical Analysis**, v. 15, n. 4, p. 723–736, July 1984.

GRUBER, T. **Gravity field models beyond CHAMP, GRACE and GOCE: A synergetic view of global gravity field computation**. Columbus, Ohio, Oct. 2002. (Heiskanen Symposium in Geodesy). Disponível em: <http://step.iapg.verm.tu-muenchen.de/users/gruber/gruber_pres.html>.

HAAGMANS, R.; MIN, E. de; GELDEREN, M. V. Fast evaluation of convolution integrals on the sphere using 1D-FFT, and a comparison with existing methods for Stokes's integral. **Manuscripta Geodaetica**, v. 18, n. 5, p. 227–241, 1993.

HAMMER, S. Terrain corrections for gravimeter stations. **Geophysics**, v. 4, p. 184–194, 1939.

HECK, B. An evaluation of some systematic error sources affecting terrestrial gravity anomalies. **Bulletin Géodésique**, v. 64, p. 88–108, 1990.

HECK, B.; GRÜNINGER, W. **Modification of Stokes's integral formula by combining two classical approaches**. Vancouver, Canada, 1987. v. 2, 309–347 p.

HEISKANEN, W.; MORITZ, H. **Physical Geodesy**. San Francisco: Freeman and Co., 1967.

HENSLEY, S.; MUNJY, R.; ROSEN, P. Interferometric synthetic aperture radar (radar). In: MAUNE, D. F. (Ed.). **Digital elevation model technologies and applications: the DEM users manual**. Bethesda, Maryland: ASPRS (The Imaging & Geospatial Information Society), 2001. cap. 6, p. 142–206.

IAG/GFZ. **International Centre for Global Earth Models (ICGEM)**. 2005. Disponível em: <<http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/Main.html>>.

JAWERTH, B.; SWELDENS, W. **An overview of wavelet based multiresolution analyses**. [S.l.], 1993. 39 p. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/jawerth93overview.html>>.

JEFFREY, A. **Advanced engineering mathematics**. [S.l.]: Harcourt/ Academic Press, 2002.

JEKELI, C. Modifying Stokes's function to reduce the error of geoid undulation computations. **Journal of Geophysical Research**, v. 86, n. B8, p. 6985–6990, 1981.

KAULA, W. M. Statistical and harmonic analysis of gravity. **Journal of Geophysical Research**, v. 64, p. 2401–2421, 1959.

KEARSLEY, A.; FORSBERG, R. Tailored geopotential models - applications and shortcomings. **Manuscripta Geodaetica**, v. 15, p. 151–158, 1990.

KIRBY, J.; FEATHERSTONE, W. Terrain correcting the Australian gravity observations using the national digital elevation model and the fast Fourier transform. **Australian Journal of Earth Sciences**, v. 46, n. 4, p. 555–562, 1999.

LEMOINE, F. et al. **The development of the joint GSFC and the National Imagery and Mapping Agency (NIMA) geopotential model EGM96**. Maryland, 1998. NASA/TP-1998-206862.

- LERCH, F. et al. Gravity model improvement using Geos3 (GEM9 and 10). **Journal of Geophysical Research**, v. 84, n. B8, p. 3897–3916, Apr. 10 1979.
- LERCH, F.; KLOSKO, S.; PATEL, G. **A Refined Gravity Model from Lageos (GEM12)**. Greenbelt, Maryland, 1983.
- LERCH, F. et al. **Gravitational field models GEM3 and 4**. Greenbelt, Maryland, 1972b.
- LI, Y. **Optimized spectral geoid determination**. Dissertação (Mestrado) — Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, 1993.
- LI, Y.; SIDERIS, M. Estimation and minimization of geoid undulation errors. In: IAG GENERAL MEETING. Beijing, China, 1993b.
- LI, Y. C. **Optimized spectral geoid determination**. [S.l.], 1993a.
- LIU, Q.; SIDERIS, M. Wavelet evaluation of the Stokes and Vening Meinesz integrals. **Journal of Geodesy**, v. 77, n. (5-6), p. 345–356, 2003.
- LOBIANCO, M.; BLITZKOW, D.; MATOS, A. O novo modelo geoidal para o brasil. In: **Anais do IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**. Curitiba, PR: [s.n.], 2005.
- LUNDQUIST, C.; VEIS, G. **Geodetic parameters for a 1966 Smithsonian Institution Standard Earth**. Cambridge, Mass., 1966.
- MALLAT, S. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 11, n. 7, p. 674–693, July 1989.
- MARSH, J. et al. The GEMT2 gravitational model. **Journal of Geophysical Research**, v. 95, n. B13, p. 22043–22071, Apr. 10 1990.
- MARTINEC, Z.; VANICEK, P. Formulation of the boundary-value problem for geoid determination with a higher-degree reference field. **Geophysical Journal International**, v. 126, p. 219–228, 1996.
- MATOS, A. **Geração e avaliação de modelos digitais de terreno para América do Sul para aplicações nas áreas de Geodésia e Geofísica**. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- MEISSL, P. **Preparations for the numerical evaluation of second-order Molodensky-type formulas**. Columbus, USA, 1971.
- MEYER, Y. **Wavelets: algorithms and applications**. Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics- SIAM, 1993.
- MGGI GRAZ. **Measurement principle and comparison with CHAMP and GRACE**. 2002. Disponível em: <<http://www.cis.tugraz.at/geo-it/measur.htm>>. Acesso em: 30/12/2002.

- MOLODENSKY, M.; EREMEEV, V.; YURKINA, M. **Methods for study of the external gravitational field and figure of the Earth**. 1962. (Israeli Programme for the Translation of Scientific Publications).
- MORELLI, C. et al. **The International Gravity Standardisation Network (IGSN 71)**. [S.l.], 1971.
- MORETTIN, P. A. **Ondas e ondaletas: da análise de Fourier à análise de ondaletas**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo - EDUSP, 1999.
- MORITZ, H. **Advanced physical Geodesy**. Karlsruhe, Germany: Herbert Wichmann Verlag, 1980a.
- MORITZ, H. Least-squares collocation. **Advances in Geodesy : selected papers from Reviews of Geophysics and Space Physics**, v. 16, n. 3, p. 27–36, 1984.
- MORITZ, H. Geodetic Reference System 1980. **Geodesists handbook, Bulletin Géodésique**, v. 62, n. 3, 1988. Disponível em: <http://www.gfy.ku.dk/~iag/HB2000/part4/grs80_corr.htm>.
- MULLER, J. **Gravity satellite missions and their applications in Geosciences**. 2003. Apresentação no IBGE, Rio de Janeiro.
- MULLER, J. et al. **Computation of calibration gradients and methods for in-orbit validation of gradiometric GOCE data**. Thessaloniki, Greece, 2003. 287-292 p.
- NATIONAL_INSTRUMENTS. **Zero padding does not buy spectral resolution**. 2005. Disponível em: <<http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/81227DF4C2952C1A86256CA80053F322>>. Acesso em: 08/04/2005.
- NEYMAN, Y.; LI, J.; LIU, Q. Modification of Stokes and Vening-Meinesz formulas for the inner zone of arbitrary shape by minimization of upper bound truncation errors. **Journal of Geodesy**, v. 70, p. 410–418, 1996.
- OOPC-III. **Fornecido por JOHANNESSON, J. Annex XI Input to the satellite schedules for gravity missions**. 2002. Disponível em: <http://ioc.unesco.org/goos/OOPC3/OOPC3_a11.htm>. Acesso em: 30/12/2002.
- PAPOULIS, A. **Probability, random variables, and stochastic processes**. New York: McGraw Hill, 1965. 583 p.
- PAUL, M. A method of evaluating the truncation error coefficients for geoidal height. **Bulletin Géodésique**, v. 47, p. 413–425, 1973.
- PAVLIS, N. Development and applications of geopotential models. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEOID. **Second International School for the Determination and use of the Geoid**. Rio de Janeiro, Brasil, 1997.
- PIÑA, W.; SOUSA, M. O estado da base de dados gravimétricos do Observatório Nacional (BDG-ON): situação em junho, 2001. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 19, n. 3, p. 325–328, 2001.

RAPP, R. Gravitational potential of the Earth determined from a combination of satellite, observed, and model anomalies. **Journal of Geophysical Research**, v. 73, n. 20, p. 6555–6562, Apr. 10 1968.

RAPP, R. **Numerical Results from the Combination of Gravimetric and Satellite Data Using the Principles of Least Squares Collocation**. Columbus, Ohio, 1973.

RAPP, R. **A Global 1x1 Anomaly Field Combining Satellite, GEOS3 Altimeter Data**. Columbus, Ohio, 1978.

RAPP, R.; CRUZ, J. **Spherical Harmonic Expansion of the Earth's Gravitational Potential to Degree 360 Using 30' Mean Anomalies**. Columbus, Ohio, 1986.

RAPP, R.; PAVLIS, N. K. The development and analysis of geopotential coefficient models to spherical harmonic degree 360. **Journal of Geophysical Research**, v. 95, n. B13, p. 21885 – 21911, 1990.

RAPP, R.; RUMMEL, R. **Methods for the computations of detailed geoids and their accuracy**. Columbus, Ohio, 1975.

RAPP, R.; WANG, Y. M.; PAVLIS, N. K. **The Ohio State 1991 geopotential and sea surface topography harmonic coefficient models**. Columbus, USA, 1991.

RAPP, R. H. Past and future developments in geopotential modelling. In: FORSBERG, R.; FEISSEL, M.; DIETRICH, R. (Ed.). **Geodesy on the move**. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1998, (International Association of Geodesy Symposia, v. 119). p. 58–78.

REIGBER, C. **EIGEN-2 CHAMP-only Earth gravity field model derived from altogether six months of CHAMP data**. 2003. Atualizado em 05/12/2002. Disponível em: <http://op.gfz-potsdam.de/champ/results/index_RESULTS.html>. Acesso em: 01/01/2003.

REIGBER, C. et al. A high-quality global gravity field model from CHAMP GPS tracking data and accelerometry (EIGEN-1S). **Geophysical Research Letters**, v. 29, n. 14, p. 10.1029/2002GL015064, 2002.

REIGBER, C. et al. Global gravity field recovery using solely GPS tracking and accelerometer data from CHAMP. **Space Science Reviews**, n. 29, p. 55–66, 2003a.

REIGBER, C. et al. **First EIGEN Gravity Field Model based on GRACE Mission Data Only**. 2003. In preparation for GRL.

REIGBER, C.; SCHWINTZER, P. **CHAMP - Gravity field recovery**. 2002. Atualizado em 30/06/2000. Disponível em: <http://op.gfz-potsdam.de/champ/science/gravity_SCIENCE.html>. Acesso em: 30/12/2002.

REIGBER, C. et al. **A High Resolution Global Gravity Field Model Combining CHAMP and GRACE Satellite Mission and Surface Data: EIGEN-CG01C**. 2004. Submitted to Journal of Geodesy in August, 2004.

REIGBER, C. et al. The CHAMP-only EIGEN-2 Earth gravity field model. **Advances in Space Research**, v. 31, n. 8, p. 1883–1888, 2003.

- ROLAND, M.; DENKER, H. Stokes integration versus wavelet techniques for regional geoid modelling. International Union of Geophysics and Geodesy General Assembly. 2003.
- RUMMEL, R. Spherical spectral properties of the Earth's gravitational potential and its first and second derivatives. In: SANSÒ, F.; RUMMEL, R. (Ed.). **Geodetic Boundary Value Problems in View of the One Centimeter Geoid**. Berlin: Springer, 1997, (Lecture Notes in Earth Sciences, v. 65). p. 359–404.
- RUMMEL, R. et al. Dedicated gravity field missions - principles and aims. **Journal of Geodynamics**, v. 33, p. 3–20, 2002.
- SALEH, J.; PAVLIS, N. K. **The development and evaluation of the global digital terrain model DTM2002**. [S.l.], 2002. (Documentação interna).
- SCHWARZ, K.; SIDERIS, M.; FORSBERG, R. The use of FFT techniques in physical Geodesy. v. 100, p. 485–514, 1990.
- SCHWINTZER, P.; REIGBER, C. The contribution of GPS flight receivers to global gravity field recovery. v. 1, n. 1, p. 61–63, 2002.
- SIDERIS, M. A fast Fourier transform method for computing terrain corrections. **Manuscripta Geodaetica**, v. 10, p. 66–73, 1985.
- SIDERIS, M. **The gravity field in surveying and Geodesy**. Calgary, CA, 1993.
- SIDERIS, M.; LI, Y. Gravity field convolutions without windowing and edge effects. **Bulletin Géodésique**, v. 67, p. 107–118, 1993.
- SIDERIS, M.; LI, Y. Improved geoid determination for leveling by GPS. In: SANSÒ, F. (Ed.). **Proceedings of the Sixth International Geodetic Symposium on Satellite Positioning**. Columbus, Ohio: [s.n.], 1994. II, p. 873–882.
- SIDERIS, M.; SHE, B. A new high-resolution geoid for Canada and part of the US by the 1d-FFT method. **Bulletin Géodésique**, v. 69, p. 92–108, 1995.
- SJÖBERG, L. Refined least squares modification of Stokes's formula. **Manuscripta Geodaetica**, v. 16, p. 36–375, 1991.
- SJÖBERG, L.; HUNEGNAW, A. Some modifications of Stokes' formula that account for truncation and potential coefficient errors. **Journal of Geodesy**, v. 74, n. 2, p. 232–238, 2000.
- SMEETS, I. An error analysis of the height anomaly determined by a combination of mean terrestrial gravity anomalies and a geopotential model. **Bolletino de Geodesia e Scienze Affini**, v. 53, n. 1, p. 57–96, 1994.
- SMITH, D.; MILBERT, D. The GEOID96 high-resolution geoid height model for the united states. **Journal of Geodesy**, v. 73, p. 219–236, 1999.
- SMITH, W. H. F.; SANDWELL, D. T. Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. **Science**, v. 277, p. 1956–1962, 1997.
- STOKES, G. On the variation of gravity on the surface of the Earth. **Transactions of the Cambridge Philosophical Society**, v. 8, p. 672–695, 1849.

- TORGE, W. **Geodesy**. 2o. ed. Berlin: de Gruyter, 1991.
- TORGE, W. et al. **The IFE absolute gravity program 'South America' 1988-1991**. [S.l.], 1994. 44 p.
- TOUBOUL, P. et al. Accelerometers for CHAMP, GRACE and GOCE space missions: synergy and evolution. **Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata**, v. 40, p. 321–327, 1999.
- TSCHERNING, C. Computation of spherical harmonic coefficients and their error estimates using least squares collocation. **Journal of Geodesy**, v. 75, p. 12–18, 2001.
- TSCHERNING, C. Geoid determination after the first satellite gravity missions. **Festschrift Univ. Prof. Em Dr. -Ing. Wolfgang Torge zum 70. Geburtstag, Wiss. Arb. Fachr. Verm. Wesen**, v. 241, p. 11–24, 2001.
- TSCHERNING, C.; ARABELOS, D.; STRYKOWSKI, G. The 1-cm geoid after GOCE. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEOID. **Presented at GGG2000 an IAG Symposium**. Banff, Alberta, Canada, 2000.
- VANICEK, P.; FEATHERSTONE, W. Performance of three types of Stokes's kernel in the combined solution for the geoid. **Journal of Geodesy**, v. 72, p. 684–697, 1998.
- VANICEK, P.; KLEUSBERG, A. The Canadian geoid - Stokesian approach. **Manuscripta Geodaetica**, v. 12, p. 86–98, 1987.
- VANICEK, P.; KRAKIWSKY, E. **Geodesy: the concepts**. 2o. ed. Amsterdam: North Holland, 1986.
- VANICEK, P.; MARTINEC, Z. The Stokes-Helmert scheme for the evaluation of a precise geoid. **Manuscripta Geodaetica**, v. 19, p. 119–128, 1994.
- VANICEK, P.; SJÖBERG, L. Reformulation of Stokes's theory for higher than second-degree reference field and modification of integration kernels. **Journal of Geophysical Research**, v. 96, n. B4, p. 6529–6539, Apr. 10 1991.
- WENZEL, H.-G. Geoid computation by least squares spectral combination using integral kernels. Tokyo, Japan, p. 438–453, 1982.
- WENZEL, H.-G. **Hochauflösende Kugelfunktionsmodelle für das Gravitationspotential der Erde**. Hannover, 1985. v. 137.
- WENZEL, H.-G. **Ultra-high degree geopotential model GPM93E97A to degree 1800 tailored to Europe**. Masala, 1998a. Report 98:4, 71-80 p.
- WENZEL, H.-G. **Ultra-high degree geopotential models GPM98A, B and C to degree 1800**. 1998b. [coefficients available from <http://www.gik.uni-karlsruhe.de/~wenzel/geopmods.htm>]. Disponível em: <<http://www.gik.uni-karlsruhe.de/~wenzel/gpm98abc/gpm98abc.htm>>. Acesso em: 06/08/98.
- WESSEL, P.; SMITH, W. Improved version of Generic Mapping Tools released. **EOS Transactions of the AGU**, v. 79, n. 47, p. 579, 1998.

WICHENCHAROEN, C. **The indirect effects on the computation of geoid undulations.** Columbus, Ohio, 1982. v. 336.

WONG, L.; GORE, R. Accuracy of geoid heights from modified Stokes kernels. **Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society**, v. 18, p. 81–91, 1969.

ZELIN, G.; ZUOFA, L. Modified Stokes's integral formulas using FFT. **Manuscripta Geodaetica**, n. 17, p. 227–232, 1992.