

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA  
PORTO ALEGRE, NOV/2023



- \* 25 ANOS DO CURSO DE  
ENGENHARIA CARTOGRÁFICA  
E DE AGRIMENSURA DA UFRGS
- \* XII SAPGU – SEMINÁRIO ANUAL DE PESQUISAS EM  
GEODÉSIA DA UFRGS
- \* III SEMINÁRIO INTERNACIONAL  
BRASIL-PORTUGAL

# A N A I S

Universidade Federal do Rio Grande do Sul–UFRGS

Instituto de Geociências–IGEO

Comissão de Graduação – COMGRADCAR

Laboratório de Pesquisas em Geodésia –LAGEO

Instituto Politécnico da Guarda–IPG–Portugal

Editores  
Gilberto Gagg  
Reginaldo Macedônio da Silva  
Sérgio Florêncio de Souza

Editora  
IGEO - Instituto de Geociências, UFRGS  
Porto Alegre - RS, Nov/2023

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Carlos André Bulhões Mendes

**Vice-Reitor:** Patrícia Helena Lucas Pranke

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

**Vice-Diretor:** Tatiana Silva da Silva

S471 SEMINÁRIO Anual de Pesquisas em Geodésia da UFRGS.(12. : 2023. : Porto Alegre, RS). Seminário Internacional Brasil-Portugal. .(3. : 2023. : Porto Alegre, RS). 25 anos do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFRGS. [Anais] ... / Editores. Gilberto Gagg; Reginaldo Macedonio da Silva; Sérgio Florêncio de Souza. – Porto Alegre, RS : IGEO/UFRGS, 2023. 60 p.

ISBN: 978-65-5973-335-4

1. Geodésia. 2. Brasil. 3. Portugal. 4. Agrimensura. I. Gagg, Gilberto. II. Silva, Reginaldo Macedonio da. III. Souza, Sérgio Florêncio de. IV. Laboratório de Pesquisas em Geodésia – LAGEO. V. Instituto Politécnico da Guarda - IPG (Escola Superior de Tecnologia e Gestão– ESTG). VI. Título.

CDU 528(063)

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS  
Renata Cristina Grun CRB 10/1113



## CONVITE

O Instituto de Geociências da UFRGS convida ao evento comemorativo dos **25 anos do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura** e aos demais eventos concomitantes:

**XII SAPGU | 2023**  
**III Seminário Internacional Brasil - Portugal**

**Data:** 06 a 10/11/2023  
**Horário:** 18h30 às 21h30  
**Local:** Instituto de Geociências da UFRGS  
*Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale*



# PROGRAMAÇÃO

**25 anos Engenharia Cartográfica e de Agrimensura**  
**XII SAPGU | 2023 - III Seminário Internacional Brasil - Portugal**

<b>06/11</b>	18h30	<b>ABERTURA</b> <i>Prof. Dr. Sérgio Florêncio de Souza</i> <i>Prof. Dr. Reginaldo Macedônio da Silva</i> <i>Prof. Dr. Gilberto Gagg</i> <i>Diretor Prof. Dr. Nelson Gruber</i>	<b>08/11</b>	Mediador: <i>Prof. Dr. Reginaldo Macedônio da Silva</i>	18h30	<b>PALESTRA 1</b> <i>Acad. Eng. Cart e Agrim.</i> <i>Augusto Stefanon e Davi Mücke</i>
	18h40	<b>PALESTRA 1</b> <i>Prof. Dr. Gilberto Gagg</i> <i>Prof. Dr. Reginaldo Macedônio da Silva</i>		19h00	<b>PALESTRA 2</b> <i>Prof. Dr. Marcelo Antonio Nero</i>	
	19h10	<b>PALESTRA 2</b> <i>Prof. Dr. André Garcia Vieira de Sá</i>		19h30	<b>COFFEE BREAK</b>	
	19h50	<b>PALESTRA 3</b> <i>Eng. Cart. Bernardo Balinhas Chiodelli</i>		20h00	<b>PALESTRA 3</b> <i>Eng. Cart. Gustavo Bledow</i>	
20h20	<b>PALESTRA 4</b> <i>Prof. Dr. Felipe Geremia Nievinski</i>	20h30	<b>PALESTRA 4</b> <i>Dr. Rodrigo da Silva Ferraz</i>			
<b>07/11</b>	Mediador: <i>Prof. Dr. André Garcia Vieira de Sá</i>	<b>09/11</b>	Tarde e noite	<b>DEMONSTRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E MESA REDONDA</b> <i>Prof. Dr. Sérgio Florêncio de Souza</i> <i>Prof. Dr. Reginaldo Macedônio da Silva</i> <i>Prof. Dr. Gilberto Gagg</i> <i>Prof. Dr. André Garcia Vieira de Sá</i>		
	18h30		<b>PALESTRA 1</b> <i>Prof. Dr. Marcelo Tamio Matsuoka</i>	<b>10/11</b>	<b>VISITA AO CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA (CEPSRM)</b> <i>Prof. Dr. Sérgio Florêncio de Souza</i> <i>Prof. Dr. Reginaldo Macedônio da Silva</i> <i>Prof. Dr. Gilberto Gagg</i> <i>Prof. Dr. André Garcia Vieira de Sá</i>	
	19h00		<b>PALESTRA 2</b> <i>Prof.ª Dra. Silvana Philippi Cambolim</i>			
	19h30		<b>COFFEE BREAK</b>			
20h00	<b>PALESTRA 3</b> <i>Prof. Dr. Gabriel Nascimento Guimarães</i>					
20h30	<b>PALESTRA 4</b> <i>Prof. Dr. Ivandro Klein</i>					

## SUMÁRIO

PREFÁCIO	vii
APRESENTAÇÃO	x
AGRADECIMENTOS	xii
LISTA DE EGRESSOS DO CURSO	01
AINDA NECESSITAMOS DE REDES DENSIFICADAS AO NÍVEL LOCAL?! – Ivandro Klein, Markus Hasenack	07
QUAIS SÃO AS CARACTERÍSTICAS PARA SE EMPREENDER NA ÁREA DA ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA? – Gustavo Diego Bledow	11
DETEÇÃO REMOTA E SENSORIAMENTO NA AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO GEOSPACIAL – André Sá, Jorge Pereira, Álvaro Pinheiro, Machiel Bos, Ana Margarida, João Neves	14
CASUÍSTICA DOS EXAMES PERICIAIS DA POLÍCIA FEDERAL NA ÁREA DE AGRIMENSURA E CARTOGRAFIA – Bernardo Balinhas Chiodelli	20
SIMULAÇÃO DO CONTROLE E DA QUALIDADE CARTOGRÁFICA EM MDS GRATUITOS ORIUNDOS DE SENSORES ORBITAIS SEGUNDO PEC-PCD – Marcelo Antonio Nero, Gilberlan de Freitas Ferreira, Jorge Pimentel Cintra, Carlos Alberto Borba Schuler	22
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E INOVAÇÃO GEOESPACIAL – Silvana Philippi Camboim	28
DIFERENÇA ATUAL E HISTÓRICA DE DATA ENTRE BRASIL E PORTUGAL E SUAS MOTIVAÇÕES – Augusto Pedro Stefanon, Sérgio Florêncio de Souza, Eufêmia Da Glória Rodrigues Patrício	30
OS 25 ANOS DO CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS) – Reginaldo Macedonio da Silva, Gilberto Gagg, Sérgio Florêncio de Souza	35

A IMPORTÂNCIA DA GEODÉSIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – Gabriel do Nascimento Guimarães	40
DA CIÊNCIA BÁSICA À INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA GEODÉSIA: UM PASSEIO PELA REFLETOMETRIA VIA SATÉLITE – Felipe Geremia Nievinski	44
FOTO DO BANNER DE DIVULGAÇÃO DO EVENTO	46

## PREFÁCIO

*A criação do curso de Engenharia Cartográfica do Instituto de Geociências da UFRGS ocorreu no ano de 1998, dando um passo inédito e de grande significado para a sociedade, pois se tratava da implantação do primeiro curso, nesta área, no Rio Grande do Sul.*

*Devidos às guerras, disputas e conquistas, ocorridas desde o século XVI na região sul do Brasil, principalmente por motivos de fronteiras e de posse de novas terras, é que a cartografia teve seu desenvolvimento, impulsionada pelas necessidades históricas. No final do século XIX e início do século XX, o governo brasileiro começou a se preocupar com o desenvolvimento da cartografia no território nacional, apoiada em estruturas geodésicas mais consolidadas. Os trabalhos de levantamento cartográfico da Nação Brasileira, iniciaram pelo Rio Grande do Sul, dada sua importância militar e situação geográfica, o qual, após tantos conflitos e guerras, necessitava mais do que qualquer outro estado brasileiro, da consolidação da sua fronteira.*

*Atualmente, a cartografia, como processo de produção de modelos cartográficos da superfície terrestre, tem se beneficiado do desenvolvimento tecnológico nas mais diversas áreas. Computação gráfica, bancos de dados digitais, metadados, sistemas de posicionamento por satélites, sistemas de informações geográficas, sistemas de imageamento orbitais, estações totais robotizadas, sistemas fotogramétricos digitais, dentre outros, são ferramentas que auxiliam nas diversas etapas do processo cartográfico. Apesar disto, os desafios cartográficos no Rio Grande do Sul são inúmeros e envolvem desde o desenvolvimento de políticas cartográficas até a formação de profissionais especializados, tanto em nível técnico como em nível superior. Dessa forma, o Rio Grande do Sul busca recuperar o tempo perdido e tenta resgatar sua posição de vanguarda no cenário da cartografia nacional.*

*A criação do Curso de Engenharia Cartográfica, na sua fase embrionária, teve a frente os Professores Clóvis Carlos Carraro, Francisco Humberto Simões Magro e Iran Carlos Stalliviere Corrêa, que no final de 1995 iniciaram as tratativas junto aos Departamentos de vários Institutos da UFRGS, que iriam oferecer disciplinas para o*

*desenrolar do Curso. O trabalho foi árduo mas no final rendeu frutos de inestimável valor. Em 2022, o Curso de Engenharia Cartográfica passa a se denominar Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura por adaptação e exigência do MEC.*

*Neste ano de 2023 o Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura completa seu Jubileu de Prata, tendo formado inúmeros Engenheiros Cartógrafos, que, hoje, se encontram espalhados pelo Brasil afora e mesmo no exterior.*

*Atualmente o Engenheiro Cartógrafo tem conotação global: ele é colocado como protagonista em todos os sistemas de informação, e tem como premissa estabelecer uma série de atividades, dentro de sua atribuição, para contribuir com as relações internacionais. Para o cidadão normal, passa de ser um simples executor de produtos (mapas e cartas temáticas), a protagonista, pela ordem e a paz global. A Engenharia Cartográfica não é mais uma área que forma um profissional desconhecido para a população brasileira.*

*Em virtude das expectativas de atuação e de mercados futuros, foi fundamental, para ampliar o conceito de soberania nacional e de interação social, a consolidação do curso de Engenharia Cartográfica, junto a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela grandeza da mesma como uma das mais importantes Universidades do país.*

*Este livro expõe os vários trabalhos apresentados por professores, alunos e profissionais, durante as comemorações da semana dos 25 anos de criação do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.*

*Os trabalhos aqui apresentados estão relacionados aos vários ramos da Engenharia Cartográfica e de Agrimensura desde a confecção de mapas, passando pelos modelos digitais do terreno até a aplicação da refletometria via satélite, que possibilitam interpretar e obter soluções aos levantamentos e aos problemas cartográficos que se apresentam na natureza.*

*Desta forma consideramos que esta obra representa um valioso aporte para consolidar as bases históricas da estruturação do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, no âmbito do Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.*

*Aguardamos pelo sucesso da continuidade desse legado, na construção de novas gerações de profissionais em defesa de uma sociedade mais solidária e na busca de colaborar nas políticas inclusivas, tão importantes para a soberania de nossa Nação.*

*Porto Alegre, dezembro de 2023.*

*Dr. Iran Carlos Stalliviere Corrêa*

*Professor Titular Aposentado do Departamento de Geodésia*

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

## APRESENTAÇÃO

Este livro materializa a explanação de uma série de palestras vinculadas à área da Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, apresentadas por ocasião do evento comemorativo dos 25 anos do curso de Engenharia Cartográfica da UFRGS, concomitantemente ao XII SAPGU – Seminário Anual de Pesquisas em Geodésia da UFRGS e III Seminário Internacional Brasil – Portugal. A redação dos artigos e resumos publicados nesse material é de inteira e única responsabilidade dos autores.

O evento foi realizado de forma híbrida e foi contemplado com a participação do Prof. Dr. André Sá, diretor e professor do curso de Engenharia Topográfica do Instituto Politécnico da Guarda, em Portugal, instituição com a qual a UFRGS estabeleceu parceria de mobilidade acadêmica, sendo que dois alunos do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFRGS encontram-se em Portugal, tendo participado do evento de forma remota, apresentando suas impressões sobre a experiência internacional vivenciada.

Professores pesquisadores de outras instituições abrilhantaram o evento com sua participação de forma remota, compartilhando experiências nas suas áreas de atuação, sendo eles Marcelo Antonio Nero, Silvana Philippi Camboim, Marcelo Tomio Matsuoka.

O evento foi enriquecido com a presença do Prof. Dr. Gabriel Nascimento Guimarães, docente no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica pela Universidade Federal de Uberlândia, vice-editor chefe da Revista Brasileira de Cartografia, além de atual presidente do grupo de trabalho GTIII: datum vertical do SIRGAS, sendo um dos expoentes a nível nacional na área da Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

O evento também contou com a participação de egressos do curso, os quais estão inseridos em áreas diversas do mercado de trabalho, com foco no empreendedorismo, na perícia técnica, órgãos públicos, ou atuação em outras universidades. O Prof. Dr. Felipe Geremia Nievinski é egresso do curso, pesquisador renomado a nível internacional na

área da Geodésia Espacial, tendo sido coordenador do curso em gestões anteriores. O Prof. Dr. Ivandro Klein atua no IFSC-Instituto Federal de Santa Catarina.

O trabalho que trata dos 25 anos do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFRGS é de autoria dos Profs. Dr. Reginaldo Macedônio da Silva, engenheiro agrimensor, cuja inserção na UFRGS veio corroborar com a recente incorporada habilitação do curso na área da Agrimensura, Prof. Dr. Gilberto Gagg, atual coordenador da Comissão de Graduação do curso, e Prof. Dr. Sérgio Florêncio de Souza, coordenador do LAGEO-Laboratório de Geodésia da UFRGS, um dos primeiros professores do curso.

Os editores.

## **A G R A D E C I M E N T O S**

A Comissão Organizadora agradece a todos que colaboraram para que o evento comemorativo dos 25 anos do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura se concretizasse, entre eles o Diretor do IGEO - Instituto de Geociências, Prof. Dr. Nelson Sambaqui Gruber, o Diretor do CPC - Centro Polar e Climático, Prof. Dr. Jefferson Cárdua Simões, a Pró-Reitora de Graduação da UFRGS, Profa. Cintia Inês Boll, e o empenho do Prof. Dr. Sérgio Florêncio de Souza, coordenador do LAGEO – Laboratório de Pesquisas em Geodésia da UFRGS.

Agradecemos a empresa GeoSurvey Tecnologias pelo patrocínio na confecção das camisetas do evento e na demonstração de equipamentos topográficos e geodésicos; à SEAD – Secretaria de Educação à Distância da UFRGS pela cessão do auditório e estrutura nas apresentações remotas.

Agradecemos ao discente Bruno Crusius Luzzi pela ministração do minicurso de extensão “Noções Básicas de QGIS aplicado na Engenharia Cartográfica” que ocorreu paralela à programação do evento.

Agradecemos a todos que participaram do evento, abrilhantando o mesmo, contribuindo para que tenha alcançado êxito.

Comissão Organizadora

EGRESSOS

DO

CURSO

ATÉ

DEZ/2023

## **EGRESSOS DO CURSO**

A seguir são listados os egressos do curso até a presente data (dez/2023):

RODRIGO SALOMONI  
LICIANE ESTELA SOUZA NUNES  
CLAUDIO BIELENKI JUNIOR  
CARLOS ALUISIO MESQUITA DE ALMEIDA  
RAFAEL SANTOS GENRO  
DANIEL GOLDANI  
ADRIANO SALVIANO  
RAFAEL PEREIRA ZANARDI  
LEANDRO SALIN ANDRES  
ALEXANDRE DE PAULA ALVES  
LIZANDRO SALIN ANDRES  
ADRIANO GONCALVES DA SILVA  
RAQUEL RADDE DA SILVA  
RAFAEL FIOROTT OLIVEIRA  
MARCO ANTONIO DE OLIVEIRA VIEIRA  
HILARIO BRAZ MEDEIROS  
FELIPE GEREMIA NIEVINSKI  
ALINE GOMES DA SILVA DRUZINA  
VIVIAN DA SILVA CELESTINO  
PAULA DEBIASI  
MARCOS CARLOS DA SILVEIRA  
LEONARDO MONTEIRO BRYN  
GIOVANI CASTOLLI  
DOUGLAS SCHMATZ MALLMANN  
CHRISTIANE DA SILVA SANTOS SALOMONI  
BERNARDO BALINHAS CHIODELLI  
ALBERTO HENRIQUE SCHNEIDER  
VAGNER CONCEICAO NUNES

MARCIO COLARES DE LEMOS  
LUIZ FELIPE VELHO  
LUCIO MAURO DE LIMA LUCATELLI  
LUCIANA REGINA BENCKE DIAZ  
ILDO PARNOW  
WAGNER EBBLING CAMARGO  
TIAGO RUTSATZ SALOMONI  
PEDRO HENRIQUE SCHUCK  
LAURI HENRIQUE DE MATTOS BASTOS  
JEFFERSON LUÍS FERREIRA MARTINS  
EDUARDO DA SILVA VALENTI  
CARLOS ALBERTO THEISEN  
JOSE LUIZ FAY DE AZAMBUJA  
DANIEL MOTTIN SOARES  
ANTONIO LUIZ SLIVAK DE OLIVEIRA  
LAURA SPEROTTO DOS SANTOS ROCHA  
IVANDRO KLEIN  
FABIO ROGERIO MATIUZZI RODRIGUES  
JORGE ANTONIO BRINO JUNIOR  
CRISTIANO BRUM PINHO  
CAIROS AUGUSTO KALLENBACH PACHECO  
VLADIMIR ARSILDOVITCH STRAUSS  
TIAGO CAVAGNOLI SEVERO  
THIAGO ALEXANDRE MARQUES THOMAZ  
SAMUEL BASSO  
ROBERTO LUIZ MARTINS RICHE  
RAFAEL OLIVEIRA SILVEIRA  
MARCO AURELIO DORNELLES  
WERNEY ANDRE GORCK  
SERGIO ROBERTO DE MIRANDA LUNARDI  
SANDRA DARUI

RITA DE CASSIA DIAS BARRILES  
RICARDO EICHENBERG FURASTE  
OLIVEIRA LIMA  
CLEOMIR PAOLAZZI  
ÁLVARO BELOTTO PERINI  
ELEN MARTEN DE LIMA  
GUSTAVO DIEGO BLEDOW  
CAROLINA COLLISCHONN  
CAMILA ZANETTE BOURSCHEID  
RODRIGO DE AVILA PALERMO  
DANIEL GARCIA NOBREGA  
EDUARDO DEWES  
TAÍS CORREIA LEITE  
MÁBILA CORREA MAKRAKIS  
GIOVANE DE SENA BRISOTTO  
FERNANDO ALMEIDA DE OLIVEIRA  
SIDNEI RODRIGUES MOURA  
RODRIGO DA SILVA FERRAZ  
PABLO GUILHERME SILVEIRA  
MATHEUS PEREIRA GUZATTO  
MARCELO PEREIRA  
GILDA MARIA DIAS  
EGBERTO JOSE GERALDO KRANZ  
GABRIEL SCHREINER RAMOS  
GABRIEL DE SOUZA  
EDUARDO DEL SENT SOARES  
ISMAEL AUGUSTO COELHO  
VINICIUS MELGAREJO MONTENEGRO SILVEIRA  
ROGER MARTINS  
RAFAEL BARCELOS HAAS  
PEDRO HENRIQUE COLOMBO

MARCELO FUSIEGER  
MANUELLA ANAÍS RODRIGUES FAGUNDES  
JOHNY SARTORI RUVIARO  
GUSTAVO ROBERTO DE MORAIS MATIAS  
GABRIELA PASETTO FALAVIGNA  
BRUNO JOSE BONHO LINK BARBOSA  
MÁRCIO LEONEL ROSA DA SILVA  
JEANINE CASSINI PETER  
UILGNER HENRIQUE SCHWUCHOW  
THIAGO SILVA PEREIRA  
SUSANA AMARAL TORRES  
PAULO ROBERTO DE SOUZA LOPES  
MARCIA ANELISE ATZLER HOFFART  
LUCAS GREFF DIAS  
JÉSSICA PINHEIRO BELLEBONI  
JEFFERSON LAMB VALERIO  
HEBER SANTOS DE OLIVEIRA  
GUSTAVO DA COSTA BENETTI  
GUILHERME PEREIRA ANFLOR  
FRANCISCO AURELIANO D WITT  
DOUGLAS ANTUNES FONTOURA  
CACIO DA SILVA IRANZO  
BRUNA STEFENON RIBEIRO  
MAURÍCIO KENJI YAMAWAKI  
JEAN CARLO GALARÇA PEREIRA  
FREDERICO AZZARINI NEUTZLING  
BRUNO DOS PASSOS BENITES  
VINICIUS CAIXEIRO DA CRUZ  
TALES SILVEIRA DE SOUZA  
SILVIO DARCY BARCELLOS WERLY  
LUCAS GARCEZ CABRAL

LEONARDO CAMPOS MENEZES  
FABIO DA SILVA MACHADO  
CARLOS EDUARDO KRUEGER PACHECO  
ALEKSEI KRÜGER GEHLEN  
THIAGO NIEDERSBERG CASPAR  
THIAGO DA SILVA MENEZES  
RAMON EGIDIO LEPECK SANTA RITTA  
BRUNO SCARTEZINI DE ARAUJO  
ANDRÉ FRAGA GONÇALVES  
GABRIELA TOMBEZI NUNES  
TATIANA GONCALVES PEREIRA  
LUISA DE QUADROS MORADOR  
JOSE ANTONIO DIAS CACCIATORE  
JENIFFER KUNZLER ROHMANN  
GUILHERME VALIATTI FERREIRA  
GERALDO ALMEIDA SANTOS FILHO  
ATÍLIO EFRAIN BICA GRONDONA  
ALEXANDRE ACCO BASEGGIO  
HENRIQUE BOCALON  
AUGUSTO GRASSELLI MENEGOTTO  
RODRIGO FERNANDES RIBEIRO  
JULIO CEZAR COSTA ALVES  
ISABEL CRISTINA DA SILVA DUARTE  
CECÍLIA PEIXOTO MÖSSNER  
RENAN EHLERT RICHTER  
MONIQUE TIBURSKI KOPPE  
AURELIO DE SOUZA FERRAO  
ANDRE EVALDO ENDRES  
PAULO RICARDO BARZOTTO TELH  
MAITHÊ WARKEN JERONIMO  
ISADORA HAUSER LOPES

FELIPE SOARES WAICHEL  
ELISA ROSICLER BOTTEGA  
MORVANA MACHADO  
KARINE BETTIO CONSENTINO  
ANDREA RODRIGUES FORTES  
GENICE TEIXEIRA FREIRE DE LIMA

# AINDA NECESSITAMOS DE REDES DENSIFICADAS AO NÍVEL LOCAL?!

Ivandro Klein<sup>1</sup>  
Markus Hasenack<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Santa  
Catarina – IFSC  
[ivandroklein@gmail.com](mailto:ivandroklein@gmail.com)

## RESUMO

Este trabalho traz algumas reflexões quanto ao questionamento contido em seu título, considerando o contexto atual do posicionamento geodésico, bem como a realidade vigente no Brasil e em outros países. Na opinião convicta dos autores, ainda necessitamos de redes geodésicas densificadas ao nível local, conforme os argumentos aqui sustentados.

**Palavras chaves:** redes geodésicas de referência, densificação, RRCM, georreferenciamento, cadastro territorial.

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto atual dos levantamentos geodésicos, com métodos de posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*) como o RTK (*Real Time Kinematic*), RTK em rede e o RT-PPP (*Real Time Precise Point Positioning*), os autores deste trabalho já ouviram indagações como “Por que falar de rede?! hoje em dia não é tudo em tempo-real?”, inclusive em bancas de Mestrado e Doutorado da área, o que motivou a escrita deste artigo. No caso, o questionamento a “rede” diz respeito a densificação das redes geodésicas a nível municipal (ex: RRCM – Rede de Referência Cadastral Municipal) ou a nível local (ex: para locação ou controle de obras civis).

Neste sentido, trazemos a reflexão de R Staiger (2023), ex-presidente da FIG (Federação Internacional de Geômetras), em seu artigo intitulado “The Surveyor 4.0”, onde este afirma (em tradução livre): “Atualmente, 80% das medições em campo são executadas sem redundância, pois a precisão teórica de uma única medida pelo sistema é suficiente, desde que os instrumentos de medição estejam funcionando dentro das suas especificações. Os usuários muitas vezes acreditam que seus resultados são valores verdadeiros, sem desvios. Verificações úteis contra valores conhecidos raramente são realizadas.” Fica clara a preocupação do autor com o controle do levantamento por meio da redundância de observações ou valores conhecidos como pontos de controle, verificações que podem ser obtidas por ajustamento ou vinculação do levantamento a uma rede de referência.

Além disso, o mesmo autor afirma que atualmente, no contexto da Revolução Industrial 4.0, o agrimensurador deve “dominar” o processo de medição como um todo. Neste contexto, na Figura 6 do referido artigo, constam as variáveis: planejamento, orçamento de incerteza, tratamento de dados, análise de dados, validação, controle, visualização, apresentação e domínio do instrumento.

Note que a exceção das três últimas citadas, todas as demais se beneficiam de uma rede de referência densificada ao nível local do levantamento.

Em contrapartida, no endereço eletrônico de um famoso fabricante de instrumentos geodésicos (TOPCON, 2023), consta a frase “*Um novo funcionário pode estar produtivo em 15 minutos*” (atribuída ao empresário B Ohlendorf), em clara discordância ao artigo de R Staiger. Desta forma, os autores pretendem contribuir com o tema trazendo as suas próprias reflexões nesta publicação, considerando o contexto atual do Brasil e de outros países.

## 2. IMPORTÂNCIA DA REDE DENSIFICADA NO LEVANTAMENTO CADASTRAL

No primeiro exemplo argumentativo, trazemos o caso do levantamento cadastral (ou seja, com aspecto legal como o georreferenciamento de imóveis) de países com tradição em cadastro territorial como Alemanha, Austria e Suíça. Na Figura 1, adaptada de um escritório de Agrimensura em Colônia, temos o croqui de uma medição para fins legais (em alemão: *fortführungsriss*, para detalhes sobre as convenções utilizadas, ver HASENACK, 2000; CABRAL *et al.*, 2018, 2023). Neste caso, já havia dois pontos da rede geodésica de referência densificados ao local do levantamento, indicados pelas setas em magenta.

Note que o posicionamento GNSS é utilizado apenas para controlar as coordenadas de um dos pontos pré-existentes e lançar novos pontos de apoio ao levantamento (retângulos em vermelho). As medições são realizadas com estação total pelo método da estação-livre (EL) visando três ou mais pontos de apoio (retângulos em azul), o que garante o ajustamento com observações redundantes e controle dos resíduos (KLEIN *et al.*, 2017). Os novos pontos determinados para fins legais são controlados pelo método polar a partir de duas estações distintas ou comparando dados de estação total com medições a trena (retângulos em verde). É aplicado o método do alinhamento para as medidas a trena, o que

garante alta qualidade posicional (CABRAL *et al.*, 2023).

Portanto, embora haja condições para o rastreamento GNSS e a Alemanha disponha de uma densa rede de estações ativas (ver <https://sapos.de/>), os vértices de divisa não são determinados diretamente por meio do GNSS (por ex: RTK em rede). Ao invés disso, pontos para medições com estação-total são ajustados e controlados pelo método da EL, enquanto os vértices de divisa são controlados por medições redundantes com estação-total e/ou trena. Este rigor técnico, justificado pela importância legal do levantamento, é facilitado quando se dispõe de uma rede densificada ao nível local como neste caso, onde já havia *a priori* dois pontos da rede de referência.

Por fim, no levantamento cadastral, a trena é um instrumento mais adequado do que, por exemplo, um moderno scanner terrestre, pois não se está interessado em milhões de pontos 3D, mas nas divisas legais essencialmente 2D e no controle das medições de vértices que compõem estas divisas, dificilmente identificáveis em meio a uma vasta nuvem de pontos.

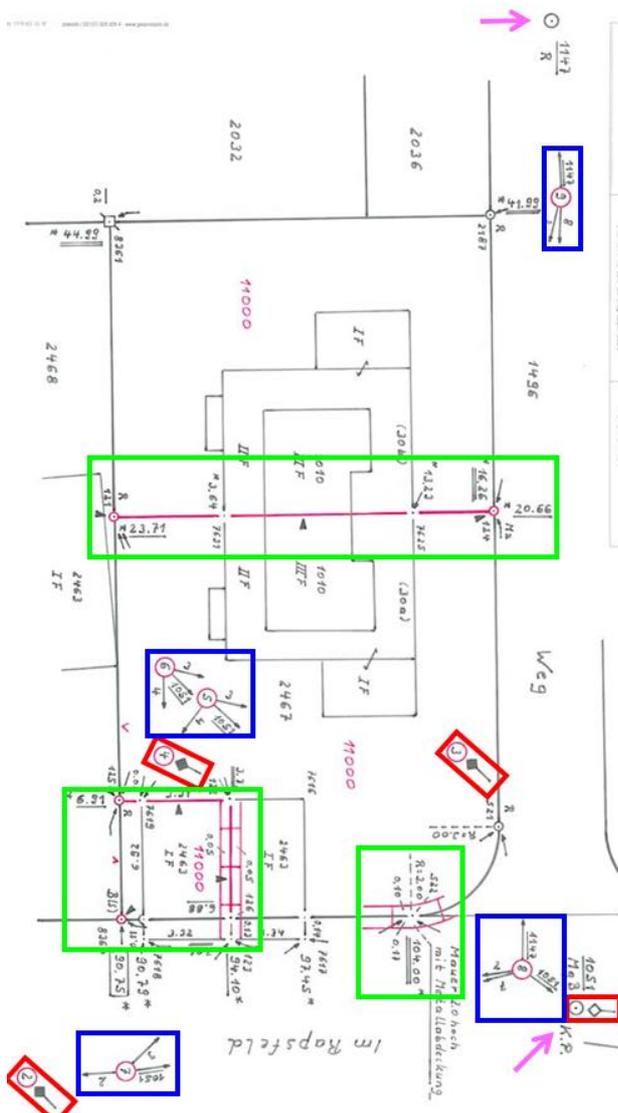


Fig. 1 – Exemplo de croqui de levantamento cadastral. Adaptado de: <https://www.vermessung-dembowski.de>

### 3. REDES ATIVAS NÃO EXCLUEM REDES DENSIFICADAS A NÍVEL LOCAL!

Outro ponto a ser enfatizado é que, embora a expansão de redes GNSS ativas como a RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) sepultou as redes de triangulação, isto não exclui a necessidade da densificação de RRCM por meio da recém atualizada norma técnica NBR14166/2022 (ABNT, 2022a). Para justificar esse argumento, ressaltamos que países com densas redes ativas como a Suíça (além da já citada Alemanha), cuja distância espacial das estações GNSS é da ordem de 37 km (ver <https://pnac.swisstopo.admin.ch/>), possuem redes de referência altamente densificadas em nível local, com dezenas de pontos por km<sup>2</sup> (ver <https://s.geo.admin.ch/a203d0fa55>).

Além disso, em nosso país, inclusive nas instituições de ensino, temos a cultura da “monumentação geodésica”, onde os vértices que compõem a rede devem ser materializados por meio de marco de concreto ou pilar com centragem forçada, aumentando os custos e restringindo a sua densidade. Entretanto, a materialização dos vértices pode ser por pinos, furos e até mesmo cortes “em cruz” ou “talhos” na superfície (Figura 2), sendo a documentação do vértice com croqui de localização e monografia mais importante do que sua “monumentação”.



Fig. 2 – Exemplos de materialização de vértices. Fotografias: Markus Hasenack

Citamos ainda o estudo de Alizadeh-Khameneh *et al.* (2023), publicado no tradicional periódico científico *Survey Review* e conduzido na Suécia, outro país com uma densa rede de estações ativas: entre 10 e 70 km (ver <https://swepos.lantmateriet.se/>). Neste trabalho, os autores propõem a coleta de 10-30 pontos de apoio via RTK ou RTK em rede fazendo uso das estações GNSS ativas. Esses pontos de apoio são então medidos com estação total e pelo respectivo ajustamento da EL, estima-se a incerteza posicional do levantamento GNSS *in loco*.

Desta forma, ao invés de usar diretamente a precisão posicional informada pelo serviço RTK / RTK em rede, os autores recomendam que se determine uma rede local “temporária” para o método da EL para assim estimar uma incerteza posicional “empírica” (*in loco*), ou seja, mais “realista” para o posicionamento GNSS.

Portanto, mesmo em países com densas redes ativas, as redes de referência densificadas ao nível local (sejam “oficiais” como RRCM ou “temporárias”, por ex: via RTK / RTK em rede) são necessárias para o devido ajustamento e controle de erros dos levantamentos.

Ressalta-se que métodos como o RTK e o RTK em rede permitem ainda o controle de “falsos fixos” com a perda proposital da solução da ambiguidade, uma vez que em condições adequadas de rastreamento GNSS, a re-convergência da solução fixa deverá ocorrer em alguns segundos.

#### 4. E A REALIDADE DO NOSSO PAÍS?!

Não podemos extrapolar exemplos de países com tradição em cadastro territorial, investimento massivo em ciência e tecnologia e dimensões muito menores que o Brasil para a nossa realidade. Por aqui, redes de referência densificadas nunca se consolidaram, e acreditamos que dois dos principais motivos são: 1) a finalidade meramente fiscal ou arrecadatória dos cadastros municipais em geral ao invés das premissas de um verdadeiro cadastro territorial (CABRAL *et al.*, 2020, 2023); e 2) as próprias normativas técnicas relacionadas.

Neste segundo ponto, um avanço recente é a portaria que trata das diretrizes do cadastro territorial dos municípios (BRASIL, 2022) e seu respectivo manual de apoio, onde as parcelas territoriais como imóveis devem ser vinculadas a RRCM. Entretanto, destacamos que só fomos ter a norma técnica NBR14166 sobre RRCM em 1998, e que demorou 24 anos para esta ser atualizada, ficando completamente defasada ao avanço tecnológico pós ano 2000. O georreferenciamento de imóveis rurais se consolidou neste período, mas com normativas técnicas que permitem métodos sem ajustamento em rede, como posicionamento relativo com apenas uma base, PPP, RTK e o método polar por uma única estação (ver INCRA, 2022). Por fim, uma norma técnica nacional para o georreferenciamento de imóveis urbanos só surgiu recentemente: NBR17047 (ABNT, 2022b), e, embora traga avanços, recomenda, mas não impõe, métodos de controle baseados em ajustamento de observações e redes.

Desta forma, aproveitando dos avanços recentes, podemos definir estratégias para suprir a deficiência geodésica histórica de países em desenvolvimento como o nosso na implantação de redes de referência. Neste sentido, Klein *et al.* (2017) propõem redes de referência municipais a baixo custo e de grande abrangência. No caso, os vértices são instalados em locais estratégicos de grande visibilidade e boas condições de rastreamento GNSS, como topos de morros e edifícios. Após o rastreamento GNSS, prismas 360° são instalados nos vértices para aplicação da EL independente da direção de visada da estação-total, considerando as coordenadas obtidas pelo rastreamento.

Posteriormente, a rede implantada foi adequada aos parâmetros técnicos da NBR14166/2022 para vértices superiores (KLEIN, 2022), sendo esta a recomendação para RRCM implantadas antes da versão atualizada da referida norma, como a RRCM de Porto Alegre/RS.

Sobre a densificação da RRCM, esta pode ser feita de forma contínua (gradual) conforme as necessidades do município (ver ABNT, 2022a), inclusive com materialização de vértices por pino, parafuso, furo e corte em cruz, sendo os métodos de levantamento previstos: posicionamento GNSS relativo, poligonação,

EL e alinhamento. Neste contexto, se for exigido que em cada levantamento georreferenciado no município com emissão de ART ou TRT por parte do profissional, deve-se adicionar um vértice dentro dos critérios técnicos estipulados na NBR14166/2022, pergunta-se: qual será o custo de densificação da RRCM para o município?!

Ressalta-se que o posicionamento GNSS possui restrições em áreas com multicaminho e obstruções de sinais como cânions urbanos (ver os critérios técnicos para condições adequadas de rastreamento GNSS em ABNT, 2022a). Neste contexto, Klein e Lima (2018) mostram que o transporte de coordenadas a partir de vértices da RRCM ao local do levantamento por poligonal aberta pode extrapolar a tolerância posicional de 80 mm. Este fato dificilmente ocorre se houver rede densificada ao local do levantamento e, ao invés de poligonal aberta, se utilize um método com ajustamento ou controle de erros (ex: EL com  $\geq 3$  pontos de apoio). Portanto, enquanto houver demanda por levantamentos georreferenciados com estação total, haverá necessidade da RRCM (KLEIN *et al.*, 2022).

#### 5. DENSIFICAÇÃO ÓTIMA DE RRCM

A densificação da RRCM pode ser realizada de forma contínua ou gradual conforme as necessidades do município (ABNT, 2022a), ou seja, conforme a demanda por levantamentos georreferenciados em suas diferentes localidades. Considerando a restrição do GNSS em cânions urbanos, França *et al.* (2023) publicaram no renomado *Journal of Surveying Engineering* um novo método para a densificação de redes de referência, denominado “múltiplas estações-livres” (MEL).

No referido método, os pontos de estação não são materializados nem incorporados a rede, enquanto os vértices da rede são materializados por meio de prismas 360° instalados de forma permanente em locais como muros, paredes e topos de edifícios, eliminando assim os erros de centragem. Além disso, não é necessário um auxiliar para se deslocar e ocupar os pontos visados, uma vez que estes já possuem prismas 360° fixos. O uso da rede densificada se dá por meio da EL convencional visando os vértices da rede devidamente ajustados.

A eliminação dos erros de centragem e da ocupação e deslocamento aos vértices da rede resulta em melhor precisão (menores elipses de erros) e maior produtividade do que métodos tradicionais como EL convencional, triangulação e poligonação. Além disso, os vértices da rede são determinados em um ajustamento único ou simultâneo, otimizando a distribuição de erros conforme o “princípio da vizinhança geodésica” (para detalhes, ver FRANÇA, 2023 e FRANÇA *et al.*, 2023).

Desta forma, fazendo uso de impressoras 3D, tecnologia largamente difundida atualmente, é possível a densificação de RRCM por meio de alvos refletivos 360° com custo unitário de  $\approx$ R\$ 15 (cujo projeto está disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/1s2f49AuO6F-IYukijTiTUkpOPQnd7dDU>), sendo uma solução “ótima” devido a alta produtividade e qualidade posicional fornecida, baixo-custo associado e o ajustamento “global” (único ou simultâneo) dos vértices (FRANÇA, 2023).

O método MEL também pode ser aplicado na locação e controle de obras, considerando que a natureza dinâmica de obras (com britadeiras, fluxo de maquinários etc.) é problemática para a materialização de pontos de referência no solo. Outra aplicação é no registro de

nuvens 3D (seja *indoor* como em túneis e galerias ou *outdoor* como no caso do mapeamento móvel), onde nos mesmos vértices podem ser instalados os prismas refletores para a densificação da rede e posteriormente as esferas de referência para o escaneamento das cenas (ver, por exemplo, o sistema: <https://ats.se/products-scan-reference-system.html>). Pode-se citar ainda o caso do monitoramento de estruturas, pois a variação do *offset* do alvo refletor 360° foi inferior a 0,5 mm em testes com amplitudes térmicas de  $\approx 148^\circ$  (FRANÇA, 2023).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme aqui demonstrado, o desenvolvimento tecnológico recente possibilitou não apenas um avanço na coleta de dados (quantidade de informações espaciais), como também estratégias economicamente viáveis de controle de qualidade destas informações, justificando a densificação de redes de referência ao nível local do levantamento como em outros países e respondendo assim ao questionamento contido no título deste artigo.

Indo além dessa questão, surge outra indagação: Por que adotar o conceito de rede ou ajustamento das observações quando estes não são “mandatórios” mas sim “opcionais”, como por exemplo, no georreferenciamento de imóveis urbanos e rurais segundo as normativas nacionais vigentes?! (ver ABNT, 2022b e INCRA, 2022).

A resposta passa mais pelo aspecto fundamental da nossa profissão do que pelo aspecto tecnológico: uma rede de referência ou ajustamento de observações fornece o controle “real” de todos os tipos de erros (aleatórios, sistemáticos e/ou grosseiros) por meio dos resíduos; enquanto as referidas normativas técnicas exigem apenas critérios de tolerância posicional para a propagação de erros “esperados” (isto é, somente os aleatórios). Por exemplo, um levantamento cadastral pode atender a precisão horizontal de 80 mm da NBR17047/2022, mas conter erros sistemáticos e/ou grosseiros, pois precisão e acurácia (ou exatidão) não são necessariamente sinônimos (ver, por ex. MONICO *et al.*, 2009).

Por fim, destaca-se que atualmente há várias formas para o controle de qualidade das medições de forma produtiva e a baixo-custo, mesmo quando não há rede densificada *a priori* ao nível local do levantamento. Por exemplo: uso de “rede temporária” integrando o método RTK com controle do “falso fixo” e EL (note que um receptor GNSS acoplado no mesmo bastão de prisma 360° pode ser utilizado para esta finalidade, por exemplo: <https://leica-geosystems.com/pt-br/products/gnss-systems/systems/leica-smartpole>). Outro exemplo é a integração de levantamentos com receptores GNSS e/ou estação-total com medições a trena, sendo que o uso de trena a laser pode fornecer alta produtividade nesta tarefa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal – Requisitos e procedimento**. Rio de Janeiro, 2022a. 23p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR**

**17047: Levantamento cadastral territorial para registro público – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2022b. 12p.

ALIZADEH-KHAMENEH, A. *et al.* A field method to estimate the uncertainty of RTK measurements. **Survey Review**, p. 1-8, 2023.

BRASIL. **Portaria N° 3.242, de 9 de novembro de 2022**. Aprova as diretrizes para a criação, a instituição e a atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM, nos municípios brasileiros. Diário Oficial da União, Brasília, 11 de novembro de 2022.

CABRAL, C. R. *et al.* O método do alinhamento para a densificação de rede de referência cadastral municipal – RRCM. **Revista Brasileira de Geomática** v. 11, n. 1, 2023.

CABRAL, C. R. *et al.* Uma proposta de cadastro territorial para o Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, n. Especial 50 anos, 2020.

CABRAL, C. R. *et al.* **Estação-livre**. Florianópolis: Publicação do IFSC, 2018. 30p. Disponível em <http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/livro-digital-estacao-livre/>. Acesso em 23 de maio de 2023.

FRANÇA, R. M. DE. *et al.* Horizontal Reference Network Densification by Multiple Free Stations. **Journal of Surveying Engineering**, v. 149, n. 4, 2023.

FRANÇA, R. M. DE. **Redes geodésicas horizontais em áreas urbanas: uma nova proposta para a densificação**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas), UFPR, Curitiba, 2023.

HASENACK, M. **Originais de Levantamento Topográfico Cadastral Possibilidade de Sua Utilização Para a Garantia dos Limites Geométricos dos Bens Imóveis**. Dissertação (Mestrado em Eng. Civil), UFSC, Florianópolis, 2000.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico para georreferenciamento de imóveis rurais**. 2° Edição, 2022. 63p.

KLEIN, I. *et al.* A nova versão da NBR14166/2022: Principais aspectos e recomendações. In: **Anais do XV COBRAC**, Florianópolis, 7 – 9 Novembro, 2022.

KLEIN, I. Agrimensura em Ação: Implantação de vértices superiores para rede de referência municipal. **Revista Caderneta de Agrimensura**, IFSC, v. 1, p. 19-20, 2022.

KLEIN, I.; LIMA, A. P. B. Estudos iniciais sobre a incerteza posicional dos vértices de imóveis urbanos a luz do SINTER. In: **Anais do XIII COBRAC**, Florianópolis, 21 – 24 Outubro, 2018.

KLEIN, I. *et al.* Rede de referência municipal para estações livres: Uma proposta de baixo custo e grande abrangência. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 3, 2017.

MONICO, J. F. G. *et al.* Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 15, n. 3, 2009.

STAIGER, R. **The Surveyor 4.0**. Disponível em <https://www.gim-international.com/content/article/the-surveyor-4-0>. Acesso em 23 de maio de 2023.

TOPCON POSITIONING. **Soluções de GNSS e rede**. Disponível em: <https://www.topconpositioning.com/br/solu%C3%A7%C3%B5es-de-gnss-e-rede>. Acesso em 23 de maio de 2023.

# QUAIS SÃO AS CARACTERÍSTICAS PARA SE EMPREENDER NA ÁREA DA ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA?

Gustavo Diego Bledow<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bledow Engenharia Ltda  
[gustavo@bledow.com.br](mailto:gustavo@bledow.com.br)

## 1. INTRODUÇÃO

O termo empreendedorismo tem origem do francês *entrepreneur*, cuja definição, segundo o dicionário Oxford, está associado a alguém que organiza e opera um negócio ou diversos negócios, assumindo, para isso, riscos financeiros. Segundo Delgado *et al.* (2018), o empreendedor se arrisca e inova apoiado em suas habilidades e competências.

Chiavenat (2012) destaca que para ingressar no mercado o empreendedor precisa inovar ou criar um produto, bem ou serviço, de aceitação comercial. No entanto, as dificuldades vão além da idealização e montagem do próprio negócio, sendo necessário saber gerir seu negócio, mantê-lo sustentável, com círculo de atuação e retornos de investimentos. Nesse sentido, ao administrar um negócio o empreendedor deverá ser capaz de planejar, organizar, dirigir as atividades de sua empresa, bem como entender e atender as expectativas do mercado.

Cunha *et al.* (2011) citam que no Brasil a palavra empreendedorismo começou a ganhar força no final da década de 1990, quando fatores de estabilização e modificação econômica motivaram o desenvolvimento desse setor. Esses fatores resultaram da implantação de um novo plano econômico, o Plano Real de 1994, que permitiu a queda da inflação, renegociação de dívida externa, incremento de capital e investimento exterior, com fusões e privatizações empresariais.

O mercado das Engenharias está diretamente relacionado às atividades e aos incrementos das áreas de infraestrutura, inovação e construção civil. O setor apresentou resultados positivos na primeira década dos anos 2000, com inserção de mão de obra e abertura de novas possibilidades de mercado para quem buscava investir. Entretanto, conforme Junges (2017), em virtude dos desdobramentos da crise política e econômica de 2015, o que antes era tratado como déficit e até apagão de engenheiros, passou a saturar o mercado, com abertura de novos cursos e o aumento da sobreposição de atribuições, devido a divisões de Conselhos Profissionais.

Assim sendo, o mercado passou a ser mais competitivo, sendo imprescindível o conhecimento das características do mesmo, bem como absorção de uma maior quantidade de informações que auxiliem o empreendedor a investir com menos risco.

Nesse sentido, o controle de processos é fundamental, sendo necessário o conhecimento de sua

linha produtiva para melhora da qualidade de produtos e serviços, sem aumento ou até com diminuição de custos, para ser competitivo e se estabelecer economicamente.

Dessa maneira, o presente documento tem por objetivo elencar, com base na experiência profissional de empreendedores, quais as características necessárias para se empreender na área da Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

## 2. CONHECER O MERCADO E A LEGISLAÇÃO VIGENTE

Conhecer o mercado de atuação é fundamental para colocar em prática ideias empreendedoras. Para tanto, antes de realizar um investimento é importantíssimo levantar qual a especialidade que se deseja atuar e quais as necessidades, demandas, da região em que se pretende investir. As regras de mercado são muitas vezes dinâmicas, modificam as situações de demanda de bens e serviços, de acordo com variáveis que muitas vezes não estão diretamente associadas ao ramo de atuação, mas que dependem diretamente da necessidade ou de um capital específico.

Diante disso, é fundamental ter conhecimento da área em que irá atuar e ter segurança nos seus conceitos quando for se inserir no mercado. Algumas áreas podem apresentar uma grande quantidade de empresas, resultando num mercado saturado, mas podem apresentar vantagens de baixo investimento e rápido retorno, tornando-se assim atrativas.

Entretanto, deve-se entender que muitos dos processos, decorrentes das novas atividades de um empreendedor, não fazem parte de seu cotidiano até o momento. Assim, será necessário desenvolver métodos de trabalho e compor produtos bem definidos e com diferencial para o mercado, que irão destacar a forma de atuação da empresa. Algumas demandas exigem a divisão de tarefas, não sendo possível para o empreendedor realizar atividades técnicas de maneira independente. A troca de experiências e o conhecimento de profissionais, tanto da área de atuação como de áreas correlacionadas, podem auxiliar na formação de equipes ou consórcios, que auxiliem no cumprimento de tarefas que o mercado exige, possibilitando a atuação do investidor em áreas de diferentes complexidades, com retornos proporcionalmente diferenciados.

Cursos de especialização e de pós-graduação, voltados tanto para o conhecimento técnico ou científico, associam ao empreendedor relações profissionais que aumentam seu cartaz, bem como o

leque de possibilidade de atuação. A troca de experiência é fundamental para o crescimento no mercado. Muitas vezes, quando há a possibilidade, a atuação no mercado poderá se dar como associação a profissionais com maior experiência, que facilitarão a inserção do novo empreendedor, bem como sua apresentação aos mais diversos nichos de atuação.

### **3. ENVOLVIMENTO COM ÁREAS DIFERENTES DA FORMAÇÃO TÉCNICA**

Atuar como empreendedor exige do profissional o envolvimento com as mais diversas áreas do conhecimento. A formação acadêmica deverá dar suporte técnico ao profissional, principalmente no que está associado às atividades técnicas e aos conhecimentos adquiridos durante a formação acadêmica. Entretanto, muitas vezes ao empreender utilizar-se-á conhecimentos que não estão associados a sua área de formação.

Gerenciar processos e equipes, por exemplo, são atividades corriqueiras de empreendedores de empresas dos mais diversos portes. Porventura, algumas associações de atividades podem levar a áreas do conhecimento totalmente diferentes da área de formação. Nesse sentido, é importante praticar relacionamentos pessoais, conhecer minimamente a organização econômica associada à atuação empresarial, bem como questões gerenciais e de organização de processos, pessoas e produtos.

### **4. PLANEJAR, ESTRUTURAR E CAPITALIZAR A EMPRESA**

Entender o mercado e sua sazonalidade na área de atuação auxiliam a estruturação e fortalecimento da empresa no mercado. Desenvolver atividades de planejamento e entender como atuar diante das demandas do mercado é importantíssimo para se destacar e apresentar resultados positivos. Investir um tempo para repensar processos, produtos e atividades cotidianas, que melhorem o desempenho e diminuam o tempo e a necessidade de procedimentos intermediários, auxiliam no desenvolvimento empresarial.

Realizar a construção de um plano de negócios para iniciar uma empresa é uma maneira interessante de pensar nas metas e onde se deseja chegar. Alguns bancos de fomentos e estruturas nacionais que incentivam o investimento e as atividades empreendedoras são maneiras interessantes de realizar essa estruturação. Um plano de negócios bem desenvolvido auxiliará o empreendedor a identificar erros operacionais e desenvolver práticas detalhadas e obter informações sobre o mercado, os clientes, fornecedores, entre outros.

Principalmente em áreas como a Engenharia, a realização de atividades empresariais necessitará de um aporte financeiro na empresa. Investimento em áreas técnicas devem considerar as atividades metodológicas realizadas, as necessidades produtivas e a capacidade técnica do corpo de funcionários da empresa.

Em uma espécie de balanço técnico, deve-se associar equipamentos de certo grau de complexidade a um corpo de atuação com formação, ou conhecimento, técnico proporcional. O termo investimento toma um sentido mais amplo, estando associado tanto à estrutura física, técnica, como à profissional e pessoal da empresa.

Especificamente, nas áreas de atuação do profissional da Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, o investimento inicial está relacionado ao montante de equipamentos, *softwares* e pessoal associado à atividade fundamental da empresa. Pela variedade de opções, esse aporte inicial varia consideravelmente de acordo com a atividade realizada, bem como com a necessidade de mão de obra associada.

### **5. DIFERENCIAR PESSOAS JURÍDICAS DE PESSOA FÍSICAS**

Outro quesito importante ao se compor uma empresa é diferenciar os bens e proventos da empresa dos bens pessoais. Estruturar o fluxo de caixa e o balanço da empresa de forma independente das finanças pessoais, é importante para evitar problemas financeiros e fiscais. É importante entender que a empresa, assim como uma pessoa, deve realizar atividades de acordo com a sua saúde financeira, investindo em produtos financeiros, utilizando bens e serviços proporcionais a sua capacidade econômica, mantendo reservas e capacidades de captação de recursos.

### **6. POSSIBILIDADE DE ATUAÇÃO EM ÁREAS DE ATUAÇÃO INDIVIDUAL**

Algumas áreas de atuação da Engenharia Cartográfica e de Agrimensura como consultoria e perícia judicial, possibilitam a realização de atividades independentes, isto é, que não necessitam de uma estrutura tão complexa. Alguns profissionais da área de engenharia realizam atividades técnicas exclusivamente nessas áreas. No entanto, vale salientar que são áreas que exigem estudo e preparação e, por muitas vezes, experiência na área de atuação.

Para ser perito judicial é preciso entender o rito processual, apresentar redação adequada e compreensão de alguns conceitos que não estão totalmente inseridos na área de formação. Quanto a área da consultoria, é uma posição que normalmente são encontrados os profissionais que já têm uma carreira bem desenvolvida e estão em um momento mais avançado da carreira.

## **CONCLUSÕES**

O momento para se empreender pode não ser o melhor, mas com riscos estabelecidos os retornos podem ser maiores que em épocas mais positivas. Nesse sentido, cada vez mais é necessário ter criatividade, buscar produtos, processos e serviços que o diferenciem do mercado atual. Valorizar sua formação e impor seu conhecimento em momentos oportunos fará com que o profissional seja lembrado pelo mercado.

Muitas são as possibilidades de atuação, empreender na área não configura apenas a opção dos

profissionais que optam por montar negócios, mas descreve todos os profissionais que saem ao mercado e assumem riscos, calculam objetivos e planejam sua atuação.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHIAVENATO, Idalberto. **Empreendedorismo: dando asas ao espírito empreendedor**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2012

CUNHA, C. V. M.; SILVA, M. V.; YAMAGUCHI, N. M. **Empreendedorismo: histórias que motivam, despertam e encantam**. Anuário da produção acadêmica docente. Vol. 5, Nº. 12, Ano 2011.

DELGADO, Vivianne; et al. **Empreendedorismo e engenharia de produção: o perfil empreendedor do alumni Unifaj**. Revista Intellectus, ISSN 1679-8902, Jaguariúna, n 49, p. 114-131, 2018.

JUNGES, Cíntia. **A crise virou do avesso a carreira de engenharia, mas nem tudo está perdido**. Gazeta do Povo, 2017.

# DETEÇÃO REMOTA E SENSORIAMENTO NA AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO GEOESPACIAL

André Sá<sup>1</sup>  
Jorge Pereira<sup>2</sup>  
Álvaro Pinheiro<sup>2</sup>  
Machiel Bos<sup>2</sup>  
Ana Margarida<sup>3</sup>  
João Neves<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico da Guarda  
[andre\\_sa@ipg.pt](mailto:andre_sa@ipg.pt)

<sup>2</sup>TeroMovigo – Earth Innovation  
[machiel.bos@teromovigo.com](mailto:machiel.bos@teromovigo.com)

<sup>3</sup>Universidade da Beira Interior  
[jneves@di.ubi.pt](mailto:jneves@di.ubi.pt)

## RESUMO

A deteção remota e o sensoriamento podem ser descritos como tecnologias e/ou métodos de aquisição de dados sobre a Terra (área geográfica, objetos, fenómenos, etc.) através de sensores acoplados a satélites, aeronaves, drones ou a instrumentos terrestres, proporcionando uma compreensão abrangente e/ou detalhada sem a necessidade de contato direto. O crescente e contínuo desenvolvimento destas tecnologias reflete uma tendência notável, impulsionada pelo aumento significativo da sua aplicabilidade em diversos setores.

Este artigo aborda algumas aplicações práticas destas tecnologias desenvolvidas no âmbito de projetos científicos e projetos piloto. Assim, apresenta-se a) um projeto relacionado com a agricultura digital e de precisão; b) um projeto relacionado com a deteção de fugas de água em redes de abastecimento e saneamento; c) um projeto relacionado com sensoriamento do vapor de água atmosférico com recurso a redes de estações *Global Navigation Satellite Systems (GNSS)*.

O artigo explora o potencial impacto dessas tecnologias na obtenção de informações detalhadas sobre nosso planeta, promovendo avanços significativos em diversas áreas científicas e aplicações práticas.

**Palavras chaves:** deteção remota, sensoriamento, projetos científicos.

## 1. INTRODUÇÃO

A proliferação do lançamento de satélites artificiais e a crescente utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos por drones, permitem recolher dados para observação da Terra, abrangendo áreas geográficas, objetos, fenómenos, etc. Isto não resulta apenas num considerável incremento nos dados disponíveis, mas também amplia significativamente o leque de aplicações possíveis e áreas de intervenção. Na realidade, os satélites, drones, etc. são apenas plataformas, isto é, são meios de transporte para sensores que podem ser acoplados. A panóplia de sensores disponíveis para serem acoplados tem vindo a aumentar promovendo ainda mais o crescimento, desenvolvimento e adoção destas tecnologias em múltiplas áreas de intervenção. Portanto, é crucial compreender e investigar que informação podemos extrair destes sensores e de que forma. Assim, apresentam-se

alguns casos de estudo, desenvolvidos no âmbito de projetos científicos e projetos piloto, em particular: a) agricultura digital e de precisão; b) deteção de fugas de água nas redes de abastecimento e saneamento; e c) *Global Navigation Satellite Systems (GNSS)* no apoio à precisão meteorológica através da sensorização do vapor de água na atmosfera.

## 2. CASO DE ESTUDO I: AGRICULTURA DE PRECISÃO

A deteção remota e o sensoriamento têm desempenhado um papel relevante na evolução do sector agrícola, permitindo a implementação de práticas mais eficientes e sustentáveis. Projetos notáveis no âmbito deste sector estão relacionados com a adoção de técnicas de agricultura digital e de precisão.

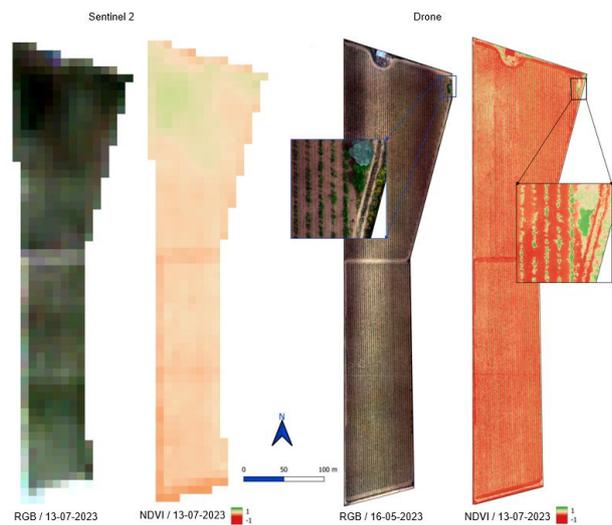
Neste caso de estudo apresentam-se os primeiros

resultados do projeto “*Agriculture Innovation using Remote Sensing – AIRS*”, projeto aplicado ao sector vitivinícola e desenvolvido no âmbito do BPI - PROMOVE LA CAIXA, liderado pela empresa TeroMovigo – *Earth Innovation* e em parceria com a Adega Cooperativa de Pinhel, Universidade da Beira Interior e a Food4Sustainability CoLAB. Este projeto, além da sua vertente científica também pretende promover a adoção da tecnologia através da sua democratização, ou seja, torná-la financeiramente mais acessível de forma a conseguir abranger os pequenos e médios produtores.

Existem várias tecnologias associadas à agricultura de precisão que apresentam diferentes abordagens de implementação e de manutenção e que irão refletir-se nos custos. Por exemplo, adquirir e manter uma rede de sensores in situ é dispendioso e, portanto, o uso de imagens de satélite (e.g Sentinel-2), disponíveis gratuitamente, é uma mais-valia que deve ser aproveitada e potenciada. A sua desvantagem, atualmente, é a resolução espacial limitada, que pode variar entre 10 e 60 metros, dependendo da banda espectral utilizada. O objetivo deste projeto é desenvolver métodos de Super-Resolução (SR) baseados em modelos recentes da área da inteligência artificial (e.g., *Generative Adversarial Networks*) que possam ser aplicados em dados de deteção remota. Para além disso, o projeto visa a utilização de métodos baseados em *deep learning* (e.g., *Convolutional Neural Networks*) para extrair de forma automática métricas de fitossanidade de plantações agrícolas. Assim, ao fornecer informação sobre - quando e onde - as plantas precisam de água, o projeto resultará numa otimização e gestão eficiente da irrigação das vinhas que levará a uma maior resistência às variações meteorológicas, cada vez mais frequentes devido às alterações climáticas.

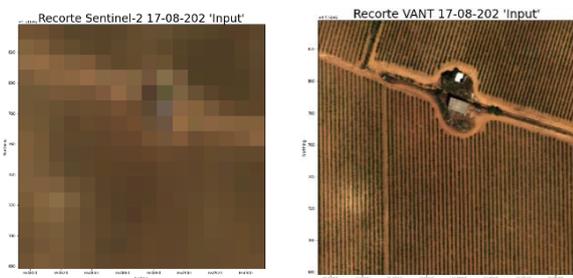
## 2.1. Resultados

No âmbito deste projeto, diversas coberturas aerofotogramétricas tem sido realizadas a uma vinha situada em Pinhel (Guarda – Portugal), assim como o download e tratamento de imagens do Sentinel-2 que cobrem a vinha em causa. O objetivo de realizar vários voos está relacionado com, por um lado, criar um conjunto massivo de dados para treinar os modelos e, por outro lado, conseguir captar as diferentes fases evolutivas da vinha. A Figura 1 representa um exemplo de um voo efetuado e onde é possível observar a diferença de resolução espacial entre a imagem capturada pelo Sentinel-2 (RGB e NDVI) e a imagens obtidas por Drone (RGB e NDVI) para a mesma vinha. É notória a diferença na resolução espacial entre o Sentinel-2 (10m/px) e Drone (4cm/px) e o que isso representa quando se pretende retratar e analisar a variabilidade de uma cultura agrícola, ainda para mais quando se está a lidar com culturas em linha, onde as entrelinhas introduzem “ruído”, como é o caso da vinha.



**Figura 1 – Mapas gerados a partir das imagens obtidas pelo Sentinel-2 (RGB e NDVI) e Drone (RGB e NDVI).**

Na Figura 2 é possível observar recortes efetuados para visualizar com maior detalhe a diferença na resolução espacial entre o Sentinel-2 e o Drone.



**Figura 2 – Recortes dos mapas gerados a partir das imagens obtidas pelo Sentinel-2 (RGB) e Drone (RGB).**

Imagens de alta resolução (imagens obtidas por drone) são usadas para treinar imagens de baixa resolução (imagens obtidas pelo Sentinel-2). Este treino é realizado com base em técnicas de inteligência artificial (redes neuronais: *swin transformer*) que envolvem fases de treino (*Shallow feature extraction e Deep feature extraction*) para a reconstrução de uma nova imagem de alta resolução. Na figura seguinte (Figura 3) é possível observar o resultado (*output*) de uma imagem do Sentinel-2 à qual foi aplicada a Super Resolução (SR). É possível verificar, comparando com a imagem obtida por drone sobre a mesma área geográfica e apresentada na Figura 2, que os resultados são similares.



**Figura 3 - Extrato do mapa gerado com Super Resolução a partir de imagens do Sentinel-2.**

O projeto continua em desenvolvimento, mas os resultados são promissores, contudo, ainda será preciso validar a eficácia da super-resolução no cálculo de diversos índices vegetativos, validar se a super-resolução é eficiente e respectivo grau de eficiência quando aplicada em outra área geográfica (outra vinha) apenas com o treino desta vinha, assim como, validar a eficiência em outro tipo de culturas agrícolas.

### 3. CASO DE ESTUDO II – DETEÇÃO DE FUGAS DE ÁGUA

Este projeto piloto surgiu através de um desafio proposto pela Câmara Municipal de Macedo de Cavaleiros (Bragança - Portugal) que tem elevado desperdício de água devido inúmeras fugas existentes na rede de abastecimento e saneamento. O objetivo seria implementar uma metodologia que garanta uma monitorização expedita e eficaz. Neste projeto piloto testou-se o uso da detecção remota, com sensores multiespectrais e térmicos, para a detecção de fugas de água na rede abastecimento e saneamento.

Como é do conhecimento geral, a água satura o solo em redor do local da fuga, alterando as propriedades térmicas do solo. Com o aumento de volume de água proveniente da fuga pode até saturar o solo próximo da superfície. Nesses casos, a água pode emergir, sendo facilmente detetada por quem passa no local ou por uma imagem obtida por detecção remota. Na figura 4 é possível visualizar a fuga de água que emergiu escoando à superfície.



Figura 4 – Imagem RGB obtida por drone de uma fuga de água que surgiu à superfície.

A imagem térmica (Figura 5) sobre a mesma zona também permite, como é óbvio, identificar a fuga com base na variação térmica existente entre alcatrões molhado e seco.

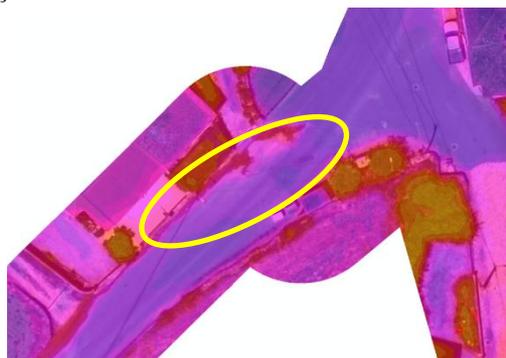


Figura 5 – Imagem térmica obtida por drone de uma fuga de água que emergiu à superfície.

Quando a água não surge à superfície, várias abordagens podem ser testadas com base em alguns fatores:

As variações diurnas das temperaturas da superfície do solo são afetadas tanto pelas propriedades térmicas do solo quanto pelas condições meteorológicas (Heilman e Moore, 1979). A radiação solar aquece a superfície do solo e perfila e tipicamente a temperatura mais alta da superfície do solo ocorre sob céu claro e durante o início e meio da tarde (Liu and Kleiner, 2013). A inércia térmica aumenta com a humidade do solo e a faixa de temperaturas da superfície diminui à medida que a humidade do solo aumenta (Kodikara, Rajeev and Rhoden, 2011). Além disso, as temperaturas radiométricas da superfície diurna tendem a diminuir com o aumento da evapotranspiração.

O aumento da humidade do solo geralmente resulta em temperaturas mais frias da superfície da terra durante o dia e mais quentes durante a noite, ou seja, existe uma menor amplitude térmica relativamente ao meio circundante que apresenta as mesmas características (material). Esta amplitude pode ser detetada com a realização de 2 voos diários, um voo abrangendo um período de fraca incidência solar (final do dia ou início da manhã), e outro voo durante as horas de maior calor. Na imagem térmica seguinte é possível identificar a existência de uma fuga que não emergiu e por isso não foi detetada pela imagem RGB.

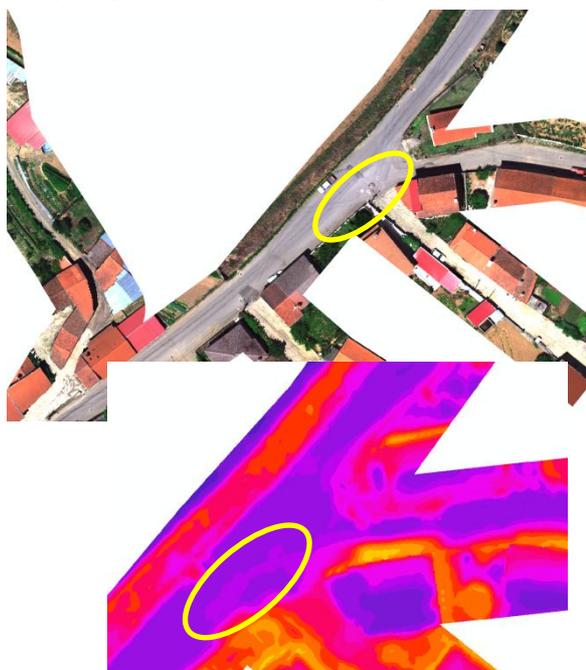


Figura 6 – Imagem RGB e imagem térmica do mesmo local, onde é possível verificar na imagem térmica a existência de uma fuga (elipse amarela) que não é visível na imagem RGB.

Outras abordagens podem ser consideradas, por exemplo, através da análise de vegetação com maior vigor (tufos de vegetação mais densa do que a vegetação envolvente). A sua existência pode indiciar uma fuga de água. Outra abordagem poderá ser com base em cálculo de índices, tais como, por exemplo *Normalized Difference Water Index (NDWI)*.

O Radar de Abertura Sintética (SAR) também tem demonstrado ser capaz de penetrar na vegetação e detetar a humidade no solo. A água é um “bom absorvente de radar”, portanto, áreas com presença de água podem aparecer como regiões escuras em imagens SAR.

A observação com uma maior resolução temporal

também é uma abordagem valiosa para monitorizar e entender o comportamento padrão dos diferentes materiais, incluindo o solo, ajudando a distinguir a humidade associada a eventuais fugas de humidades associadas às condições meteorológicas. Ao observar uma área com maior frequência, é possível capturar variações diurnas, sazonais associado a eventos meteorológicos assim como outros eventos (fugas) que afetam as condições do solo.

#### 4. CASO DE ESTUDO III – TOMOGRAFIA GNSS

No terceiro caso de estudo apresenta-se o sistema GNSS enquanto sensor meteorológico, isto é, enquanto sistema capaz de determinar o vapor de água na atmosfera (troposfera). O cálculo do vapor de água troposférico está associado à capacidade de determinar o “atraso” (*Slant Wet Delay – SWD*) no sinal GNSS ao longo da sua trajetória desde o satélite até ao recetor, provocado pelo vapor de água existente na troposfera. Através de uma rede de estações GNSS e com o uso de técnicas tomográficas é possível determinar o vapor de água troposférico em 3D.

O objetivo da tomografia GNSS é obter soluções do campo do vapor de água que permitam caracterizar a sua dinâmica na troposfera, tanto no espaço como no tempo. Para tal é necessário configurar uma rede de estações GNSS fixas no terreno, a partir da qual são gerados os dados de entrada para a tomografia (*SWD*), que permitem caracterizar as características da humidade na troposfera. A definição de uma grelha tridimensional contendo no seu espaço horizontal a localização da rede de estações é uma tarefa necessária. O espaço da troposfera é discretizado também na vertical através de camadas definidas por intervalos de altitude, desde a superfície do terreno até à tropopausa, de onde resulta a divisão em células em cada espaço tridimensional que se pode designar por voxel, ou pixel volumétrico (FLORES et al., 2000).

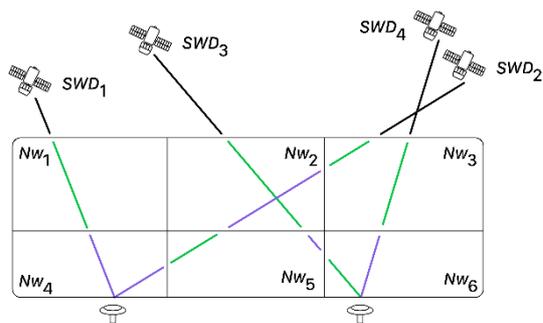


Figura 7 – Tomografia GNSS. Definição da grelha que contém as estações GNSS e a troposfera.

Desta forma é estabelecida uma relação entre os valores integrais do vapor de água das observações *SWD* e a distância percorrida pela linha de vista do GPS no interior de cada voxel, permitindo determinar a densidade de vapor de água ou refratividade húmida média (HIRARA, 2000). A tomografia GNSS oferece uma clara vantagem relativamente aos parâmetros troposféricos zenitais, possibilitando não só uma discretização vertical do conteúdo de vapor de água, mas fornecendo também diretamente a sua variabilidade horizontal entre as estações da rede.

A implementação da técnica tomográfica é realizada através da construção de um sistema de equações, que a partir da discretização do espaço permite que se relacionem

linearmente as observações *SWD* com o valor de refratividade húmida (NILSON e GRADINARSKY, 2006). O sistema é definido utilizando a formulação do problema inverso (MENKE, 2012). A relação entre cada observação é o espaço tridimensional da grelha que cada observação atravessa. Uma vez que a densidade do vapor de água é a quantidade de vapor de água por unidade de distância, o somatório de todas as distâncias percorridas na grelha por um *SWD* multiplicada pela densidade a observar em cada voxel será igual ao valor total de vapor de água medido pelo *SWD* (HIRARA, 2000). Uma representação para esta equação pode ser dada por:

$$SWD = \sum_i d(i).x(i) \quad (1)$$

Onde  $d(i)$  representa as subdistâncias percorridas por cada *SWD* no espaço de voxels dado pela grelha tridimensional e  $x(i)$  representa os valores de refratividade a determinar em cada voxel.

O sistema de equações é geralmente composto por um número elevado de equações, que se torna linear aproximando a trajetória original dos *SWD* a uma linha reta (FLORES et al., 2000). Os sistemas de equações da tomografia GNSS pode ser representado pela seguinte expressão:

$$SWD = A.N^{wet} \quad (2)$$

Onde o vetor dos dados de entrada *SWD* contém  $N$  observações, e o vetor da refratividade húmida  $N^{wet}$  contém  $M$  voxels da grelha tridimensional que são parâmetros desconhecidos a determinar, cujo número depende da resolução horizontal e vertical da configuração da grelha.

O ponto crítico desta equação é garantir que a inversão da matriz de coeficientes  $A$ . Para resolver o problema inverso apresentado pela técnica da tomografia GNSS podem ser usadas diversas técnicas. Neste estudo o software utilizado (*GNSS Water Vapor Reconstruction Image – SWART*) utiliza para inversão algoritmos de reconstrução algébrica. Para mais informação sobre a tomografia GNSS e o software *SWART* consultar SÁ, A. (2019).

#### 4.1. Resultados - Tomografia GNSS comparação com WRF e Radiossonda

Para este estudo foi utilizado o software de tomografia *GNSS Water Vapor Reconstruction Image (SWART)* desenvolvido em SÁ, A. (2019). Para mais detalhes sobre técnicas tomográficas GNSS e sobre o *SWART* consultar SÁ, A et al., (2021).

Usando dados de uma rede de estações GNSS da Polónia (Figura 8), para um período de 56 dias: de 05-05-2013 a 29-06-2013, a distribuição de vapor de água foi calculada pelo *SWART*. Para o mesmo período o vapor de água foi derivado pelo modelo de previsão numérica de *Weather Research and Forecasting (WRF)* e como técnica de referência, para fins de validação, foram usadas observações de radiossondas (representadas por triângulos na figura 8).

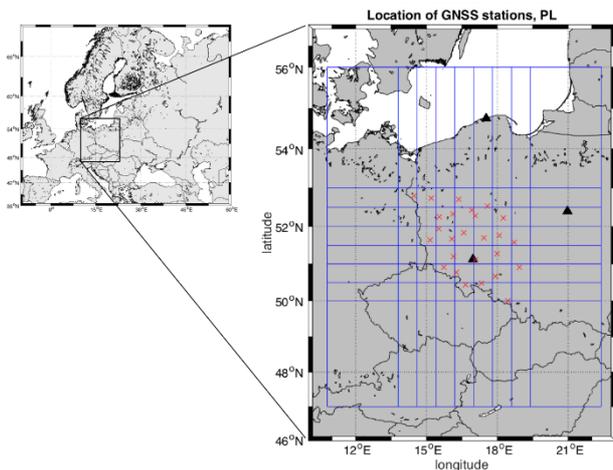


Figura 8 - Distribuição das estações GNSS (cruzes vermelhas) e locais de lançamento das radiossondas (triângulos pretos).

Os resultados obtidos pelas diferentes técnicas foram comparados e analisados.

De salientar que o SWART necessita de informação para inicializar o seu algoritmo, isto é, precisa de valores de inicialização para iniciar o seu processo de iteração. Os valores usados para inicialização foram os valores provenientes do WRF. Tendo isso em consideração foram calculados dois produtos tomográficos: TOMO\_1H (ver Fig. 9) e TOMO\_24H (ver Fig. 10). No Tomo\_1H a inicialização da tomografia é efetuada a cada 1h com dados do WRF e no TOMO\_24H a tomografia é inicializada com dados do WRF a cada 24h.

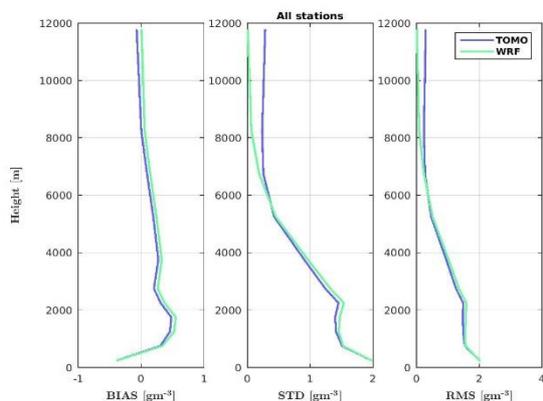


Figura 9 – Estatísticas referentes aos resultados obtidos com o modelo SWART com 1h de inicialização e com o modelo WRF para todas as estações.

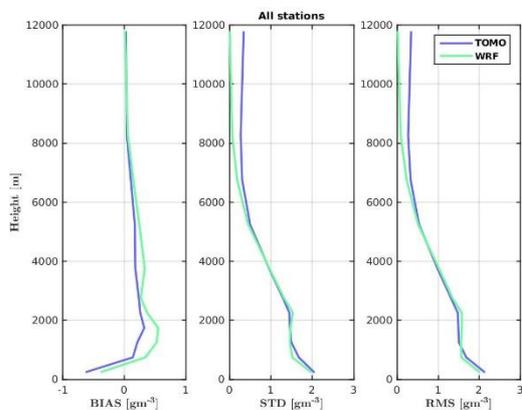


Fig. 10 – Estatísticas referentes aos resultados obtidos com o modelo SWART com inicialização 24h e com o modelo WRF para todas as estações.

Analisando os gráficos (Fig. 9 e Fig. 10), os resultados obtidos entre o WRF e a Tomografia são de precisões semelhantes. No entanto, se formos analisar determinados eventos verificamos que a tomografia GNSS tende a detetar determinadas variações que não são detetadas pelo WRF. Nessas situações a tomografia GNSS apresenta uma performance mais aproximada à da radiossonda que é considerada a técnica de referência.

A partir das Figuras 11 e 12 é visível que quando uma variação rápida e forte é observada nos perfis RS (RAOB - linha vermelha), o SWART só é capaz de reproduzir tais variações quando os dados de inicialização do WRF são usados apenas na primeira época. Se a inicialização for realizada a cada hora, o SWART perde essas variações e segue o formato do perfil WRF (linha verde).

Por exemplo, na Figura 12 a solução tomográfica com inicialização 24h é mais consistente do que a solução WRF e há dois pontos de inflexão que são detetados, embora não tão proeminentes. Podemos concluir que para estas situações a tomografia tende a apresentar uma melhor performance atuando de forma independente e demonstrando ser uma importante fonte de informação na monitorização do vapor de água atmosférico.

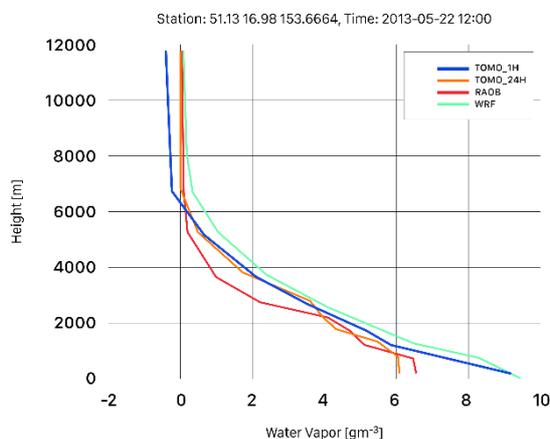


Figura 11 - Resultados tomográficos para o dia 2013-05-22 às 12h00 com inicialização WRF a cada hora (TOMO\_1H – Azul) e com inicialização WRF a cada 24h (TOMO\_24H – Laranja). RAOB = radiossonda, TOMO = GNSS e WRF = modelo numérico.

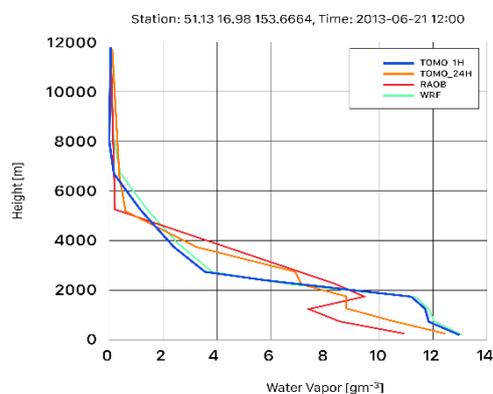


Figura 12 - Resultados tomográficos para o dia 2013-06-21 às 12h00 com inicialização WRF a cada hora (TOMO\_1H – Azul) e com inicialização WRF a cada 24h (TOMO\_24H – Laranja). RAOB = radiossonda, TOMO = derivado de GNSS e WRF = modelo numérico.

## 4.2. CONCLUSÕES

Vários instrumentos e técnicas têm sido desenvolvidos para fornecer informações sobre o vapor de água na estrutura vertical da troposfera, tais como: Radiossonda; Radiômetros; *Light Detection and Ranging* (LiDAR); Rádio ocultação GNSS. A contribuição de cada técnica e a combinação de informação disponível proveniente dos diferentes sistemas de observação pode melhorar o nosso conhecimento sobre os processos atmosféricos. Neste aspecto, o GNSS tem vindo a destacar-se com a determinação do vapor de água atmosférico em 2D (IWV), 3D (Tomografia) ou 4D considerando a distribuição do vapor de água na dimensão temporal.

Neste estudo verificou-se que a técnica tomográfica GNSS é capaz de monitorizar o vapor de água com uma precisão comparável ao WRF e Radiossonda. Sendo que, também foi verificado que variações rápidas e fortes identificadas em perfis de radiossondas não foram modeladas pelo WRF, mas foram detetadas pela tomografia GNSS. Estes resultados revelam a excelente contribuição do GNSS para fins meteorológicos sendo uma mais-valia para a previsão de fenómenos atmosféricos e respetiva compreensão com destaque para os eventos extremos e de rápida evolução.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FLORES, A., RUFFINI, G., & RIUS, A. (2000). 4D tropospheric tomography using GPS slant wet delays. In *Annales Geophysicae* (Vol. 18, No. 2, pp. 223-234). Springer-Verlag. Guennebaud, G., Jacob, B. et al. (2011a) Eigen v3. Accessed 15/12/2017. [Online] Available: <http://eigen.tuxfamily.org> 28, 31
- HIRAHARA, K. (2000). Local GPS tropospheric tomography. *Earth, planets and space*, 52(11).
- KODIKARA J., RAJEEV,P. and N. J. RHODEN, N.J., “Determination of thermal diffusivity of soil using infrared thermal imaging,” *Can. Geotech. J.*, vol. 48, pp. 1295–1302, 2011.
- MENKE, W. (2012). *Geophysical data analysis: discrete inverse theory*. Academic press.
- NILSSON, T., & GRADINARSKY, L. (2006). Water vapor tomography using GPS phase observations: simulation results. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 44(10), 2927-2941.
- SÁ, A. (2019). PhD thesis “Tomographic determination of the spatial distribution of Water Vapor using GNSS observations for real-time applications” [https://www.researchgate.net/profile/Andre\\_Sa5/publications](https://www.researchgate.net/profile/Andre_Sa5/publications)
- SÁ, A., ROHM, W., FERNANDES, R.M. et al. Approach to leveraging real-time GNSS tomography usage. *J Geod* 95, 8 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01464>
- HEILMAN, J. L. & MOORE, D.G., “Evaluating depth to shallow groundwater using Heat Capacity Mapping Mission (HCMM) data.” *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 48 (1982): 1903-1906.
- LIU, Z. & KLEINER, Y., “State of the art review of inspection technologies for condition assessment of water pipes,” *Measurement*, vol. 46, pp. 1–15, 2013.

# CASUÍSTICA DOS EXAMES PERICIAIS DA POLÍCIA FEDERAL NA ÁREA DE AGRIMENSURA E CARTOGRAFIA

**Bernardo Balinhas  
Chiodelli<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Polícia Federal  
bernardo.bbc@pf.gov.br

## RESUMO

Apresentar a casuística dos exames periciais da Polícia Federal na área de Agrimensura e Cartografia.

**Palavras chaves:** Volumetria, Sensoriamento Remoto, Registros de Imóveis.

### 1. POSICIONANDO A GEODÉSIA NO CONTEXTO GLOBAL

### 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

Apresentar a casuística da Polícia Federal em exames que envolvem os conhecimentos técnicos referentes aos currículos da Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Os principais campos de atuação evoluem análises de volumetria em obras públicas, com levantamento topográfico de superfícies através de vários métodos e equipamentos e análise de ocupação do solo.

Os meios empregados vão desde equipamentos como Estações Totais, GPS, Drones aéreos e aquáticos e técnicas de Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e análise documental.

Os resultados geram Laudos Criminais que buscam instruir os Inquéritos Policiais e os respectivos Processos Judiciais.

### 3. FERRAMENTAS

- Estação Total;
- GPS;
- Drones aéreos;
- Drones aquáticos;
- Imagens de levantamento aerofotogramétricos;
- Imagens orbitais;
- Plantas, Mapas e Cartas Topográficas;
- Softwares de processamento de dados;
- InteliGEO e Programa Brasil MAIS;
- Contratos, Memoriais Descritivos, Projetos, Transcrições Imobiliárias, Matrículas de Imóveis.

### 4. EXEMPLOS

Apresentação exemplificada da aplicação dos conhecimentos e ferramentas disponíveis.

#### 4.1 Movimentação de terra

Levantamentos topográficos de obras de aeroportos, estradas, avenidas, prédios públicos,

dragagens e extrações minerais.

#### 4.1.1 Aeroportos

Verificação dos volumes efetivamente movimentados em cortes e aterros em obras de aeroportos no contexto da Operação Caixa Preta.



Fig. 1 - Imagem aérea da obra do Goiânia/GO. Fonte: Tetracon



Fig. 2 – Detalhe da terraplanagem no Aeroporto de Goiânia/GO. Fonte: Jornal O Expresso

#### 4.1.2 Obras viárias

Volume de desmonte de morro com empréstimo de material para obras viárias e de prédios públicos com cobrança de “bota fora” para o mesmo material.



Fig. 3 – Obra da Ferronorte. Fonte: YouTube



Fig. 6- Balsa remotamente controlada com ecobatímetro.  
Fonte: PF

#### 4.1.3 Extração mineral

Levantamento de volumes extraídos e verificação de respeito aos limites aos polígonos concedidos pela Agência Nacional de Mineração - ANM.



Fig. 4 – Extração de arenito em Taquara/RS. Fonte: BM/RS

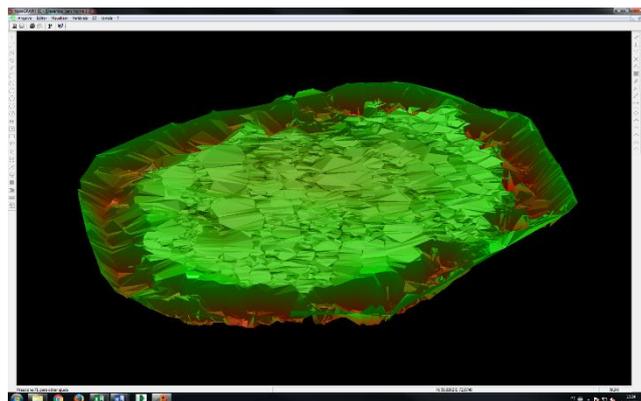


Fig. 7 – Modelo 3D de fundo de lago após levantamento batimétrico. Fonte: PF

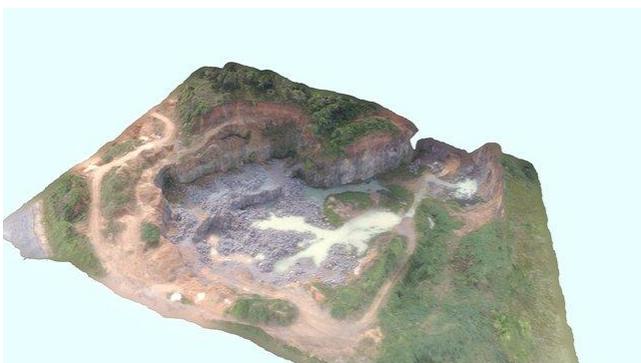


Fig. 5 – Modelo 3D de pedreira. Fonte: Sketchfab

#### 4.1.4 Dragagem

Levantamentos batimétricos para verificação da execução dos objetos de contratos de dragagem de canais e lagos públicos.

#### 4.2 Grilagem de Terras

Análise de documentos como Contratos, Memoriais Descritivos, Projetos, Transcrições Imobiliárias, Matrículas de Imóveis Plantas, Mapas e Cartas Topográficas, Imagens de levantamento aerofotogramétricos e Imagens orbitais.

Exames e levantamentos de campo nas áreas questionadas.

Pesquisas em Cartórios de Registro de Imóveis, Prefeituras e Órgãos Públicos responsáveis por cadastro de bens imóveis, como INCRA, SPU, TERRACAP, IMAT.

Discussão da fragilidade do sistema notarial de Registro de Imóveis do Brasil, com falhas das descrições dos imóveis, falta de encerramento de matrículas e transcrições, ocupação de áreas colonizadas pelo Estado e ocupação de terrenos de Marinha.

#### 4.3 Ferramentas de monitoramento

Apresentação dos sistemas InteliGEO e Brasil MAIS como ferramentas de monitoramento do uso e ocupação do solo.

### 5. REFLEXÕES

A fragilidade do sistema registral brasileiro, somado ao complexo sistema legal que rege os direitos de propriedade, concessões de exploração do solo e legislação ambiental que se sobrepõem nas esferas federal, estadual e municipal são uma oportunidade para a prática de ilícitos e um complicador para elucidação dos mesmos.

# SIMULAÇÃO DO CONTROLE E DA QUALIDADE CARTOGRÁFICA EM MDS GRATUITOS ORIUNDOS DE SENSORES ORBITAIS SEGUNDO PEC-PCD

**Marcelo Antonio Nero**<sup>1</sup>  
**Gilberlan de Freitas Ferreira**<sup>2</sup>  
**Jorge Pimentel Cintra**<sup>3</sup>  
**Carlos Alberto Borba Schuler**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas  
Gerais – e-mail: marcelo-  
nero@ufmg.br

<sup>2</sup>Prefeitura Municipal de  
Jaboatão dos Guararapes – PE  
e-mail:  
gilberlan.pmjg@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo – e-  
mail: jpcintra@usp.br

<sup>4</sup>Universidade Federal de  
Pernambuco - e-mail:  
cschuler@ufpe.br

## RESUMO

O relevo é de fundamental importância no planejamento e a execução de obras de engenharia. Atualmente, além do método convencional de obtenção de dados altimétricos através de levantamento topográfico, existem novos métodos e tecnologias para obtenção desses dados, dentre os quais se destaca a estereoscopia de imagens orbitais, a interferometria SAR (Radar de Abertura Sintética) e o perfilamento a laser (embarcado também em DRONES). Considerando a facilidade de aquisição de várias fontes de informações altimétricas que são disponibilizadas na internet, a qualidade altimétrica dos MDSs (modelos digitais de superfície) obtidos a partir de sensores orbitais tem recebido importante destaque. Pesquisas têm sido direcionadas no desenvolvimento de metodologias para a geração e validação de dados altimétricos de diferentes sensores. Dessa forma, a presente pesquisa apresenta a análise comparativa da qualidade posicional altimétrica dos modelos SRTM, ASTER GDEM e TOPODATA, utilizando diferentes tipos de amostragem e a aplicação da simulação com diferentes tamanhos amostrais, tendo como referência dados de melhor precisão, obtidos através de aerofotogrametria e de levantamento via GNSS. Todo o trabalho levou em conta o Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD), definido na norma de qualidade, considerando a abordagem proposta pela MINISTÉRIO DA DEFESA (2016) no Brasil.

**Palavras chaves:** altimetria, controle de qualidade, MDS, simulação.

## 1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa propõe o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação da qualidade posicional altimétrica de MDSs extraídos de sensores orbitais. Alguns trabalhos de referência foram desenvolvidas nessa linha de pesquisa, tais como CUARTERO (2003), IDOETA (2007), NEVES (2009), MORAIS et al. (2017), LACERDA et al. (2021), NGUYEN et al. (2023), XAFOULIS et al. (2023), mas proporcionando o avanço do conhecimento, a metodologia apresentada se baseia nos parâmetros estabelecidos na norma mais recente

publicada pela Comissão Nacional de Cartografia (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2016) e considera o risco do usuário (de aprovar um MDS fora das especificações) e o risco do produtor (de rejeitar um MDS dentro das especificações) por meio de testes de simulação de tamanho de amostra, tema discutido em ARIZA (2002a, 2002b), ARIZA, GARCIA e AMOR (2004), NERO e CINTRA (2005), NERO (2005) e NERO (2006), FERREIRA (2014), CINTRA e NERO (2015), NERO et al. (2017), dentre outros.

Esta pesquisa apresenta a análise comparativa da qualidade posicional altimétrica dos modelos SRTM, ASTER GDEM e TOPODATA, utilizando diferentes

tipos de amostragem e a aplicação de simulação com diferentes tamanhos amostrais, tendo como referencia dados de melhor precisão, obtidos através de aerofotogrametria e levantamento via GNSS. Todo o trabalho levou em conta o Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD), definido na norma de qualidade, considerando a abordagem proposta pela MINISTÉRIO DA DEFESA (2016) no Brasil.

## 2. ÁREA DE ESTUDO E RECURSOS UTILIZADOS

A área de estudo correspondeu ao Campus "Armando Salles de Oliveira", conhecido como Campus da USP Butantã (figura 1), localizada na Zona Oeste do Município de São Paulo – SP, delimitada entre as coordenadas 23°32'50"S e 46°45'00"O (referentes ao canto superior esquerdo) e coordenadas 23°34'40"S e 46°42'30"O (referentes ao canto inferior direito), ambas no Sistema de Referência *World Geodetic System 84* (WGS-84). Com aproximadamente 6 km<sup>2</sup> (600 hectares) de extensão, a área foi escolhida devido à disponibilidade de dados os quais, relacionados à parte orbital, podem ser adquiridos de forma gratuita na internet.

Além disso, estavam disponíveis dados levantados por GPS com precisão melhor que 10 cm, tanto em planimetria como em altimetria, bem como a base cartográfica da área com a linhagem dos dados e acurácia compatível à classe A para a escala 1:1.000. Isto é, 90 % dos pontos com erros inferiores a 0,5 m na planimetria e 90 % com erros inferiores a 0,5 m na altimetria. Material documentado e relatado em Nero (2005).

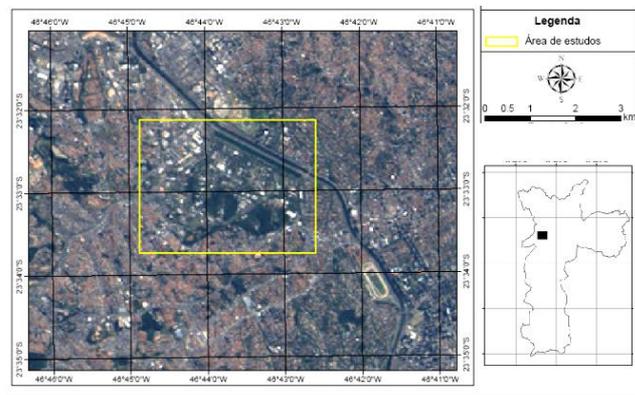


Fig. 1 – Área de estudo.

Foram utilizados os seguintes recursos: 1) Computador marca Samsung com processador INTEL CORE I7 2630QM com 8GB de RAM, Clock: 2,0 GHz. cache 3MB, HD 1TB 5400 rpm SATA, Placa de vídeo NVIDIA® GeForce GT540M (Optimus) - 2GB DDR3 Memória Dedicada, tela de 15.6" LED HD (1366 x 768) 16:9 Brilhante, Windows® 7 Profissional Original (64 Bits); 2) Programas computacionais:

ArcGIS 10, AutoCAD 2013, Surfer, Global Mapper, Excel e Simula PEC 1.1 (NERO, MARDEGAN e PIRES, 2006), entre outros.

## 3. METODOLOGIA

O esquema geral da metodologia aplicada é apresentado na figura 2.



Fig. 2 – Esquema geral da metodologia.

### 3.1 Coleta de dados

Correspondeu à coleta/recorte dos dados altimétricos da área de estudo, sendo obtidos a partir de dados de altimetria provenientes de sensores orbitais disponíveis gratuitamente na internet: 1) SRTM: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/listImgs.asp> (figura 3); 2) ASTER GDEM: <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/> (figura 4); 3) TOPODATA: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php> (figura 5).

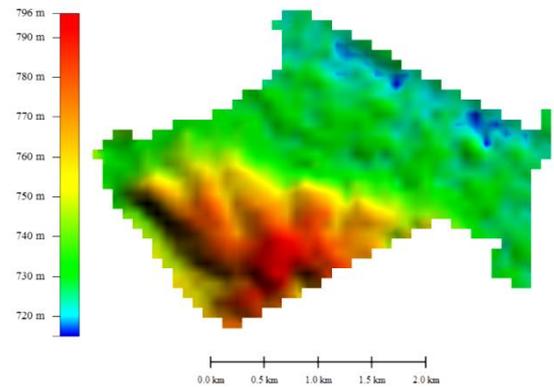


Fig. 3 - Recorte da imagem SRTM (resolução espacial de 90 metros).

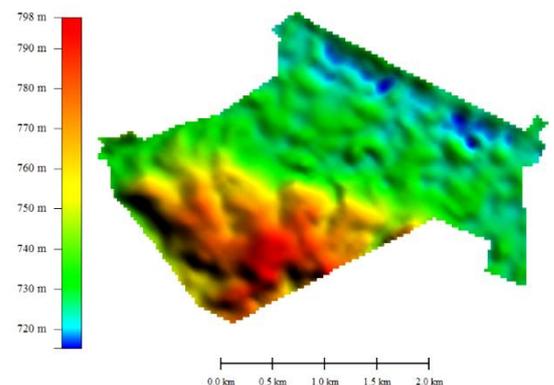


Fig. 4 - Recorte da imagem TOPODATA (resolução espacial de 30 metros).

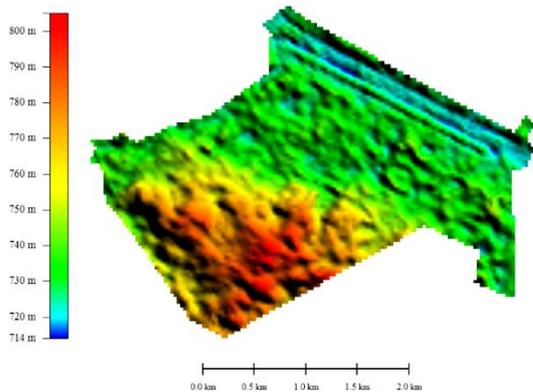


Fig. 5 - Recorte da imagem ASTER GDEM (resolução espacial de 30 metros).

Já o produto cartográfico tomado como referencial altimétrico de controle para a análise de qualidade posicional dos dados de altimetria dos sensores orbitais foi o mapeamento na escala 1:1000 adquirido junto à Empresa Base Aerofotogrametria e Projetos S/A. Este foi realizado em 2001 por meio de aerofotogrametria com pontos de apoio obtidos de processamento GPS em modo estático. Os dados de altimetria corresponderam a um arquivo vetorial formado por curvas de nível com equidistância de 1 (um) metro e pontos cotados. Tais dados já foram analisados quando do desenvolvimento da tese de doutorado de NERO (2005) e CINTRA e NERO (2010), sendo classificados como PEC Classe A na escala 1:1000.

### 3.2 Estruturação de dados e amostragem

Esta etapa englobou todas as atividades de preparação dos dados altimétricos coletados para a realização da análise de qualidade, tendo como objetivo a construção dos conjuntos de pontos (população e amostras) a serem utilizados nos procedimentos de análise.

De modo a garantir a realização das análises dos dados de diferentes fontes, preservando a veracidade dos mesmos e evitando a ocorrência de interpolações entre os pontos foram realizadas nesta etapa: a compatibilização entre sistemas de referência planimétricos e altimétricos, a conversão dos dados vetoriais do mapeamento 1:1000 para pontos, o recorte das imagens orbitais para a área de estudos, a aplicação dos diferentes tipos de amostragem ao MDS obtido a partir dos dados de referência e a extração dos valores altimétricos das imagens orbitais para as posições X e Y dos dados de referência, ou seja, extração de altitudes dos pontos homólogos aos pontos extraídos dos dados de referência.

### 3.3 Testes estatísticos

Tais testes foram aplicados para a análise dos conjuntos de dados altimétricos selecionados na etapa anterior em relação Padrão de Exatidão Cartográfico definido pela MINISTÉRIO DA DEFESA (2016) (PEC-PCD) e à realização de simulação de amostras para definição da quantidade de pontos necessários à classificação de cada conjunto de dados segundo um valor de PEC-PCD pré-estabelecido.

Para a realização da análise, primeiramente foi

feita a extração de amostras de pontos para cada conjunto de dados usando os diferentes tipos de amostragens, sendo que no presente trabalho o foco será na amostragem dirigida (vide Nero et al., 2022 e

Após a realização das amostragens nos conjuntos de dados altimétricos foi realizada a eliminação de erros grosseiros descartando os pontos que possuam valores de Z fora do intervalo de variação altimétrica do MDS sob análise. Tais erros grosseiros estariam relacionados com problema de correspondência entre a amostra e o modelo, ou seja, valores que estariam fora da área de um MDS, geralmente apresentados nos limites de contorno da área de estudos. Após a eliminação desses erros, a qualidade altimétrica dos dados foi avaliada através da análise estatística das diferenças encontradas entre os valores de Z dos pontos de referência (escala 1:1.000) e os dados de Z extraídos das imagens orbitais. Para ser possível a realização dos testes estatísticos foram calculados a média e o desvio padrão da diferença para cada um dos três conjuntos de dados analisados (dados de referência - imagem SRTM, dados de referência - imagem TOPODATA (figura 5).

Com os valores de média e desvio padrão para cada conjunto de dados foram aplicados os testes de tendência, mas pela função normal (teste Z), teste direto e teste do qui-quadrado. O teste da tendência foi aplicado para avaliar a existência de erro sistemático no conjunto de dados, o teste direto para classificação quanto ao PEC-PCD segundo a norma brasileira (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2016) e o teste do qui-quadrado para verificar a correlação entre os pontos de referência e os pontos amostrados.

Após a análise de qualidade pelos testes estatísticos, com os dados compatibilizados, os modelos foram comparados dois a dois, realizando as análises por simulação de amostras utilizando o programa Simula PEC 1.1 e tendo como referência o MDT de maior escala (1:1.000).

Para o controle da qualidade posicional da altimetria dos MDTs, de acordo com a norma da MINISTÉRIO DA DEFESA (2016), o processo de simulação utilizado buscou obter resultados de modo a se avaliar o risco do usuário e o risco do produtor, definindo o tamanho da amostra ideal para análise de qualidade dos modelos e realizando a classificação dos mesmos quanto às classes do PEC-PCD altimétrico segundo a ET-ADGV.

### 3.4 Simulação das amostras

Antes do processo de simulação foram definidos quais seriam os valores reais da qualidade altimétrica de todos os MDSs avaliados, o que pode ser observado na tabela 1.

TABELA 1- VALORES REAIS COM RESPEITO À POPULAÇÃO

Produto	ERRO SISTEMÁTICO	PEC-PCD
SRTM	-6,090	CLASSE B 1:50.000
TOPODATA	-6,427	CLASSE B 1:50.000
ASTER GDEM	-9,355	CLASSE B 1:50.000

No processo de simulação foi utilizado o programa Simula PEC 1.1 (NERO, MARDEGAN e PIRES, 2006) para a realização de vários testes com a aplicação de análises estatísticas e geração de gráficos de rejeição/aceitação baseados em curvas operacionais para análise e comparação dos resultados com informações da ET-ADGV.

Na simulação, para cada conjunto de dados foram geradas curvas operacionais a partir dos dados reais (curva R-10) e de dados fictícios (demais curvas). As curvas fictícias foram geradas com valores criados pelo programa mencionado, respeitando uma distribuição normal. As curvas reais foram calculadas com base no arquivo txt de entrada, o qual contém os valores de diferença de altitude calculada entre os pontos de controle amostrados dos dados de referência e os seus respectivos pontos homólogos extraídos dos MDSs analisados. Assim foram gerados vários gráficos, a saber, com destaque para os apresentados no decorrer desse trabalho (vide item 3.5).

As simulações da amostragem dirigida para análise dos MDSs SRTM, TOPODATA e ASTER GDEM foram realizadas no Simula PEC 1.1 (NERO, MARDEGAN e PIRES, 2006), com interface apresentada na figura 6, utilizando como parâmetros para simulação o número de pontos de controle igual ao número de pontos obtidos na amostragem dirigida realizada em NERO (2005) e o valor de PEC-PCD baseado na classificação real dos modelos obtida, que tem como referência a norma brasileira vigente. Assim, os parâmetros definidos foram os apresentados na figura 6: 255 número de pontos de controle (distribuídos conforme figura 7), PEC-PCD ou erro admissível de 10 m, percentual de Pontos de controle (PCs) acima do PEC-PCD de 10 %, intervalo percentual acima de 10 %, intervalo percentual abaixo igual a 2% e número de iterações igual a 5.000.

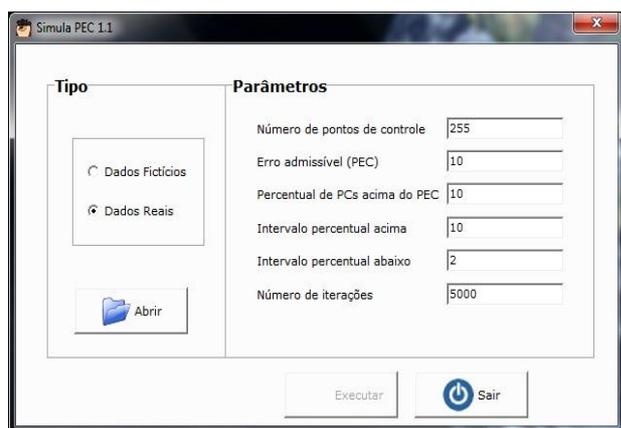


Fig. 6 - Parâmetros de entrada do programa Simula PEC 1.1 para os processos de simulação referentes aos dados da amostragem dirigida (255 pontos).

Foram realizados os vários testes baseados nesses parâmetros e tendo como resultados os gráficos que foram gerados e apresentados mais adiante para os produtos avaliados (ASTER GDEM, SRTM e TOPODATA).

A aplicação do teste de tendência para a verificação do erro sistemático apontou um deslocamento

no eixo Z. A amostra referente aos dados da imagem SRTM apresentaram um deslocamento de -4,8 metros em relação aos dados de referência (Mapeamento 1:1000); a amostra pertencente aos dados TOPODATA apresentaram um deslocamento de -5,2 metros e a amostra referente aos dados do sensor ASTER GDEM foram os que apresentaram o maior deslocamento com relação aos dados de referência, no valor de -8,5 metros.

Aplicando o teste direto, com relação à classificação dos MDSs, tendo como referência a norma do MINISTÉRIO DA DEFESA (2016), os três MDSs estudados se enquadraram em diferentes classes. O MDS extraído da fonte de dados SRTM foi classificado como classe B na escala de 1:50.000, o MDS extraído da fonte TOPODATA foi classificado como classe C na escala de 1:50.000, enquanto o MDS extraído da fonte ASTER GDEM foi classificado como classe B na escala de 1:100.000.

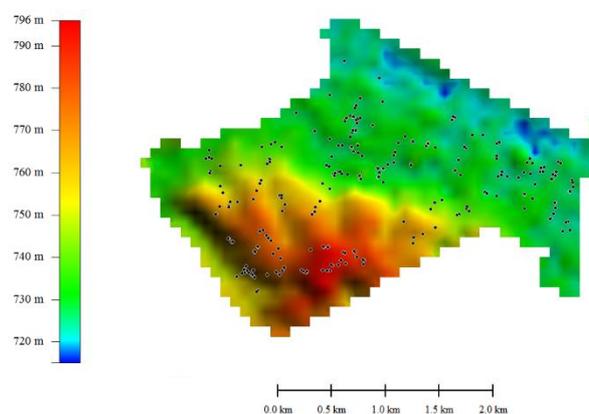


Fig. 7 - localização dos pontos da amostragem dirigida nos MDSs.

Depois da retirada do erro sistemático apresentado para cada MDS no teste de tendência, foram apresentados os seguintes resultados: o MDS extraído da fonte de dados SRTM foi classificado como classe C na escala de 1:25.000, o MDS extraído da fonte TOPODATA foi classificado como classe B na escala de 1:50.000 e o MDS extraído da fonte ASTER GDEM também foi classificado como classe B na escala de 1:50.000.

Neste caso, se aplicou também a análise de precisão com o emprego do teste do qui-quadrado, tendo em vista que se trata de análise amostral dos MDSs. Assim, verificou-se que o MDS decorrente dos dados SRTM foi classificado como Classe C na escala de 1:25.000; o MDS decorrente dos dados TOPODATA foi classificado como Classe D na escala 1:25.000, e o MDS referente aos dados ASTER GDEM foi classificado como Classe B na escala de 1:50.000.

Assim, foram gerados os vários gráficos para cada um dos MDSs em questão considerando-se o teste direto (contagem de valores que ultrapassam ou não o erro admissível, EP), o que pode ser observado nas figuras 8, 9 e 10.

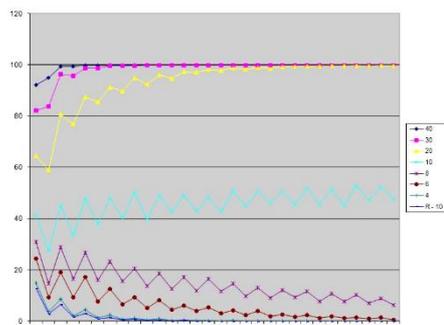


Fig. 8 - Gráfico de índice de rejeição vs número de pontos SRTM.

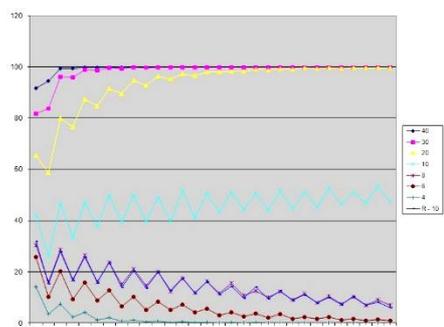


Fig. 9 - Gráfico de índice de rejeição vs número de pontos TOPODATA.

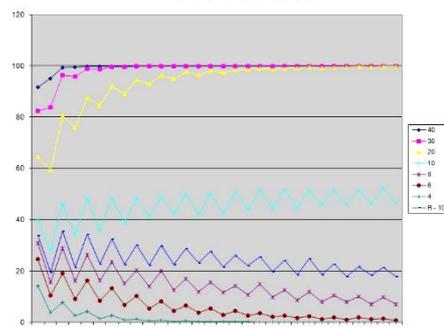


Fig. 10 - Gráfico de índice de rejeição vs número de pontos ASTER GDEM.

### 3.5 Análise dos resultados

Considerando os dados da população como representação real dos MDS, pelo fato da superabundância de pontos que se tem em sua composição amostral, a análise do número de pontos suficientes para a aprovação de 99% do PEC-PCD de 10 metros (classificação real: classe B; 1:50.000, segundo a ET-ADGV) foi de 80 pontos para o modelo SRTM, 90 para o modelo TOPODATA e 240 pontos para o ASTER GDEM.

## 4. CONCLUSÕES

A presente pesquisa destacou a importância do tamanho e da qualidade dos dados da amostra para a análise da qualidade cartográfica posicional altimétrica de um MDS obtido a partir de imagens orbitais e disponibilizados gratuitamente. Nos diferentes tipos de amostragens testadas foram obtidas diferentes classificações para um mesmo conjunto de dados de uma mesma região (área estudada). A ET-ADGV (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2016) não indica nenhum valor mínimo de tamanho de amostra por área, nem qual

tipo de amostragem a ser utilizada, preconizando que ambos sejam escolhidos pelo bom senso do profissional e por fatores econômicos.

Fator de grande importância corresponde à compatibilização aos mesmos referenciais planimétrico e altimétrico, visto que podem estar em diferentes origens, ou seja, devem ser aplicadas as devidas conversões para compatibilizar os sistemas de referência e datums antes de qualquer análise comparativa.

Ficou clara a importância da simulação para a confiabilidade da classificação de MDS, pois a partir desta foi possível identificar o número necessário de pontos a serem extraídos na amostragem de forma que a análise de qualidade do modelo se concretize com confiabilidade, evitando os riscos do produtor em rejeitar um modelo de boa qualidade e do usuário em aceitar um modelo de qualidade inferior à solicitada.

Os riscos do produtor e do usuário estão ligados de forma direta ao tipo de amostragem utilizada para se classificar um MDS, ou seja, um MDS pode apresentar diferentes classificações dependendo do tipo de amostragem utilizado como base na análise de qualidade, isso independente da qualidade dos pontos de controle.

Finalmente, sugere-se que a metodologia aplicada aqui possa ser replicada para outros tipos de MDTs que sejam produzidos no futuro.

## 5. DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade do artigo é exclusivamente dos autores.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação do Departamento de Cartografia da Universidade Federal de Pernambuco e à CAPES pelo financiamento da bolsa de estudos à época à Gilberlan de Freitas Ferreira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIZA, F. J. **Calidad en la Producción Cartográfica**. 1. ed. Madrid, Espanha: Editora Ra-Ma, 2002a. 389p. ISBN 84-7897-524-1.
- ARIZA, F.J. **Trabajo de investigación: Curva Operativa para el control de Calidad Posicional en Cartografía**. Concurso para la provisión de una plaza de Catedrático de Universidad. Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Jun. 2002b, Universidad de Jaén, Jaén.
- ARIZA, F. J.; GARCIA, J. L.; AMOR, P. **Casos prácticos de calidad en la producción cartográfica**. 1 ed.: La Paz, Torre donjimeno, 2004. 388p.
- CINTRA, J. P.; NERO, M. A. New method for positional cartographic quality control in digital mapping. **Journal of surveying engineering**, v. 141, p. 04015001-1-04015001-10, 2015. Disponível em: <

[https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29S.U.1943-5428.0000141?casa\\_token=LEun3VLKtbsAAAAA:EozNzFJxStyiXnsQtpdQeALZbVD-\\_8680NI4GrxLzUbPwNyHCti7iaSfZdIBVSIRVvBjLP1S-w](https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29S.U.1943-5428.0000141?casa_token=LEun3VLKtbsAAAAA:EozNzFJxStyiXnsQtpdQeALZbVD-_8680NI4GrxLzUbPwNyHCti7iaSfZdIBVSIRVvBjLP1S-w)>. Acesso em Out. 2023.

CUARTERO, A. **Análisis de modelos digitales de elevaciones (MDE) generados con imágenes SPOT-HRV y Terra ASTER**. 2003. 229p. Tese (Doutorado). Universidad de Jaén. Jaén, Espanha, 2003. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/18495.pdf>>. Acesso em Out. 2023.

FERREIRA, G. F. **Emprego de simulação no controle de qualidade em cartografia aplicado a modelos digitais de superfícies oriundos de sensores orbitais segundo PEC-PCD**. 2014. 121p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE, Brasil, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/10738/6/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Gilberlan%20de%20Freitas.pdf>>. Acesso em Out. 2023.

IDOETA, I. V. **Metodologia de elaboração automatizada de modelo digital de elevação e ortofoto em média e pequena escala**. 2007. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo: LTG/PTR/EPUSP, 2007. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-14012008-101354/publico/ivan\\_2007.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-14012008-101354/publico/ivan_2007.pdf)>. Acesso em Out. 2023.

LACERDA, H. C. ; LEITAO, R. ; NERO, M. A. ; Temba P. C. ; MACEDO, D. R. Comparative evaluation of the vertical accuracy of digital elevation models derived from free global satellites. **Revista Espinhaço**, v. 1, p. 1-12, 2021. Disponível em: Acesso em Out. 2023.

MINISTÉRIO DA DEFESA; EXÉRCITO BRASILEIRO – CONCAR-EB. **Norma da especificação técnica para aquisição de dados geoespaciais vetoriais de defesa da força terrestre. ET-ADGV- Defesa F Ter 1ª Parte**. Brasil. 2016. 2.ed.

MORAIS, J. D.; FARIA, T. S.; ELMIRO, M. A. T.; NERO, M. A. ; SILVA, A. A. ; NÓBREGA, R. A. A . Altimetry assessment of aster GDEM v2 and SRTM v3 digital elevation models: a case study in urban area of Belo Horizonte, MG, Brazil. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, p. 654-668, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bcg/a/SzPLhMHSqtwnVtfvsbNkypk/>>. Acesso em Out. 2023

NERO, M. A. **Propostas para o controle de qualidade de bases cartográficas com ênfase na componente posicional**. 2005. Tese (Doutorado). São Paulo: LTG/PTR/EPUSP, 2005. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-04112005-110341/publico/TeseDrAnexoDV5.pdf>>. Acesso em Out. 2023.

NERO, M. A. **Metodologias avançadas no controle de qualidade posicional de bases cartográficas**. 2006.

(Relatório de Pós-doutorado) São Paulo: PTR/POLI/EPUSP, 2006.

NERO, M. A. ; CINTRA, J.P. Considerações sobre o tamanho da amostra no controle de qualidade em mapeamentos com diferentes níveis de qualidade. In: **Anais do XXII Congresso Brasileiro de Cartografia**, 2005, Macaé (RJ). Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2005. vol. XXII. 13p.

NERO, M. A.; CINTRA, J. P.; FERREIRA, G. F. ; PEREIRA, T. A. J. ; FARIA, T. S. A computational tool to evaluate the sample size in map positional accuracy. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, p. 445-460, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bcg/a/jCgd7zB5NrHPdrgvcHNhCpj/?lang=en>>. Acesso em Out. 2023.

NERO, M. A.; MARDEGAN, D.; PIRES, J. E. **Simula PEC 1.1**. 2006.

NERO, M. A.; PEREIRA, T. A. J. ; RAMOS, M. P. . Controle de qualidade posicional de ortomagens a partir de imagens de satélite de boa resolução espacial de acordo com PEC-PCD. **Contemporânea - revista de ética e filosofia política**, v. 2, p. 1235-1251, 2022. Disponível em: <<https://www.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/download/328/236>>. Acesso em Out. 2023

NEVES, A. L. N. **Avaliação de qualidade cartográfica e extração de bordas de objetos não pertencentes ao terreno em produtos gerados pelo sistema de varredura a laser aerotransportado**. 2009. Dissertação (Mestrado). São Paulo: LTG/PTR/EPUSP, 2009. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-02092009-161209/publico/DissertacaoRevisadaAndreSouzaPTR.pdf>> Acesso em Out. 2023.

NGUYEN, B. Q.; VO, N. D.; LE, M. H.; NGUYEN, Q. D.; LAKSHMI, V., BOLTEN, J. D. Quantification of global Digital Elevation Model (DEM)—A case study of the newly released NASADEM for a river basin in Central Vietnam. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 45, p. 101282, 2023. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101282>> Acesso em Out. 2023.

XAFOULIS, N.; KONTOS, Y.; FARSIROTOU, E.; KOTSOPOULOS, S.; PERIFANOS, K.; ALAMANIS, N.; KATSIFARAKIS, K. Evaluation of Various Resolution DEMs in Flood Risk Assessment and Practical Rules for Flood Mapping in Data-Scarce Geospatial Areas: A Case Study in Thessaly, Greece. **Hydrology**, v. 10, n. 4, p. 91, 2023.

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E INOVAÇÃO GEOESPACIAL

Silvana Philippi<sup>1</sup>  
Camboim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná  
silvanacamboim@ufpr.br

## RESUMO

O conhecimento do espaço desempenha um papel fundamental em diversas áreas da nossa sociedade. Com a crescente disponibilidade de dados geoespaciais e os avanços na inteligência artificial (IA), a integração desses dois campos de estudo tem o potencial de revolucionar a forma como compreendemos e interagimos com o mundo físico. Nesta apresentação, exploramos a importância do conhecimento geoespacial e como a GeoAI (Inteligência Artificial Geoespacial) pode transformar os processos de mapeamento.

Hoje, vivemos na era da geolocalização massiva, onde uma imensa quantidade de dados é gerada constantemente por dispositivos equipados com sensores como o Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS). Essa vasta disponibilidade de informações geoespaciais oferece oportunidades para entender e agir em um complexo cenário global. No entanto, o desafio está em como processar, analisar e extrair conhecimento útil desses dados.

**Palavras chaves:** inteligência artificial, inovação geoespacial

## 1. O QUE É A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL?

Para enfrentar esse desafio, recorremos à inteligência artificial, que é uma área da ciência da computação que visa criar sistemas que podem aprender, raciocinar e tomar decisões. A IA é composta por várias subáreas, incluindo:

- Aprendizado de Máquina (Machine Learning): Algoritmos que permitem que sistemas aprendam a partir de dados, encontrando padrões e fazendo previsões.
- Aprendizado Profundo (Deep Learning): Redes neurais complexas que simulam o funcionamento do cérebro humano e são usadas em tarefas como reconhecimento de imagem e voz.
- IA Generativa: Modelos que podem gerar novos dados semelhantes aos dados de treinamento, como as Redes Adversariais Generativas (GANs).
- Processamento de Linguagem Natural (PLN): Capacidade de compreender, interpretar e responder à linguagem humana, utilizada em tradução automática e chatbots.
- Robótica Autônoma: Robôs que podem realizar tarefas sem intervenção humana, como carros autônomos.
- Sistemas Especialistas: Sistemas que imitam a capacidade de tomada de decisão de um especialista humano, como diagnóstico médico assistido por computador.

## 2. GeoAI – INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A GeoAI não é um conceito novo, tendo sido mencionada pela primeira vez na literatura na década de 1980. Ela representa a interseção entre a IA e a computação espacial para entender o mundo físico com base em dados geoespaciais. A definição do Open Geospatial Consortium enfatiza que a GeoAI é uma disciplina interdisciplinar que combina ideias da computação, geografia, ciência de dados espaciais, estatística, cartografia e engenharia.

O que torna a GeoAI única é a necessidade de lidar com características exclusivas dos dados geoespaciais, como autocorrelação e natureza geométrica. Isso requer o desenvolvimento de algoritmos de IA de maneira fundamentalmente diferente, tornando a GeoAI uma disciplina separada, mas complementar à IA convencional.

## 3. FERRAMENTAS E APLICAÇÕES DA GeoAI

A GeoAI proporciona uma série de aplicações e ferramentas:

- Automação de processos: A GeoAI é usada para classificar e segmentar imagens de satélites e drones, tornando mais eficiente o processamento de dados geoespaciais.
- Visão computacional: Ela extrai informações detalhadas de imagens de nível de rua, melhorando o conhecimento sobre ambientes urbanos.
- Compatibilização Semântica: A GeoAI auxilia na padronização de informações geoespaciais, permitindo uma melhor colaboração entre diferentes fontes de dados.
- Mapeamento Colaborativo: A GeoAI pode ampliar o uso de dados coletados por usuários.

- Criação de estilos/símbolos: Ela tem potencial para auxiliar na criação de mapas mais atraentes e informativos para cada contexto.
- Reconhecimento da confiabilidade dos mapas: A GeoAI pode ajudar a avaliar a qualidade e a precisão dos mapas, bem como a procedência ou existência de mapas semelhantes.
- Melhoria na usabilidade: Integração de ferramentas de interação, como voz, torna a interação com mapas mais acessível e intuitiva.
- Tradução de mapas: A GeoAI pode adaptar mapas para diferentes contextos de uso e idiomas.
- Reconhecimento de padrões espaciais: Isso é fundamental para análises em big data e tomada de decisões baseadas em dados geoespaciais.
- Dados tridimensionais/em tempo real: A GeoAI também se aplica a ambientes 3D e em tempo real, como sistemas realidade aumentada e Location Based Services.

#### **4. QUESTÕES ÉTICAS NA INTELIGÊNCIA GEOESPACIAL**

Além dos benefícios potenciais da Inteligência Artificial Geoespacial (GeoAI), também é crucial abordar as questões éticas que surgem nesse campo. Uma das preocupações centrais é o surgimento de "Deep Fakes de Mapas", onde informações geoespaciais são manipuladas de maneira enganosa. Isso pode ter implicações sérias, pois a confiabilidade das informações geoespaciais é fundamental em diversas aplicações.

Nesse contexto, a necessidade de distinguir informações verdadeiras de falsas torna-se uma prioridade. Os desenvolvedores de GeoAI devem considerar cuidadosamente como garantir a integridade e autenticidade dos dados geoespaciais e implementar medidas de segurança que evitem a disseminação de informações enganosas. Isso inclui o desenvolvimento de métodos robustos de verificação e validação de dados geoespaciais, bem como a conscientização da sociedade sobre os riscos associados à manipulação de informações geoespaciais.

Além disso, a questão ética da privacidade também desempenha um papel significativo na GeoAI. A coleta e o uso de dados geoespaciais podem levantar preocupações sobre a vigilância em massa e a exposição indevida de informações pessoais. Portanto, é essencial que os desenvolvedores de GeoAI adotem práticas de privacidade sólidas, respeitando os direitos individuais e protegendo os dados sensíveis.

Em resumo, é fundamental abordar as questões éticas associadas a GeoAI. A integridade dos mapas e das informações geoespaciais, bem como a privacidade dos indivíduos, devem ser consideradas com seriedade, garantindo que a GeoAI beneficie a humanidade de maneira ética e responsável.

#### **5. COMO SE CAPACITAR PARA USAR A GeoAI**

A capacitação em GeoAI envolve educação e

familiarização com ferramentas específicas. Existem diversas ferramentas disponíveis, como ChatGPT para conversão, BingAI + DALL·E para geração de conteúdo, DeepL para tradução, e ferramentas espaciais para Cartografia como map.proxi.co e textomap.com.

Em resumo, a GeoAI representa uma integração entre a inteligência artificial e o conhecimento geoespacial. Ela pode transformar a forma como compreendemos, representamos e interagimos com o mundo físico, oferecendo oportunidades para melhorar a nossa sociedade e a nossa compreensão do planeta. A capacitação nesse campo é crucial para aproveitar ao máximo essas oportunidades e contribuir para o avanço da Cartografia neste contexto.

# DIFERENÇA ATUAL E HISTÓRICA DE DATA ENTRE BRASIL E PORTUGAL E SUAS MOTIVAÇÕES

**Augusto Pedro Stefanon<sup>1</sup>**  
**Sérgio Florêncio de Souza<sup>2</sup>**  
**Eufémia Da Glória Rodrigues Patrício<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura  
[augusto.stefanon@ufrgs.com](mailto:augusto.stefanon@ufrgs.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Geociências Professor do Departamento de Geodésia  
[sergio.florencio@ufrgs.br](mailto:sergio.florencio@ufrgs.br)

<sup>3</sup>Instituto Politécnico da Guarda - Professora na Escola Superior de Tecnologia e Gestão  
[gpatricio@ipg.pt](mailto:gpatricio@ipg.pt)

## RESUMO

Atualmente, cada um dos cinco grandes continentes do planeta Terra possui o próprio Datum Geodésico, procurando minimizar diferenças entre o Geoide e o Elipsoide em cada uma dessas regiões. Estando os Data Planimétricos mais ou menos uniformizados em cada continente, o problema de maior relevância e diferença continental e internacional são os Data Altimétricos, pois cada país possui o próprio nível médio das águas do mar como referência. Existem, no entanto, modelos globais de geoide, resultantes de modelos geopotenciais globais, como o EGM2008, que apresentam globalmente precisões até 10 cm. No caso concreto deste estudo são exemplos de Data Geodésicos: o SIRGAS2000 para as Américas, sendo que na América do Norte é usado o NAD83 e o ETRS89 para a Europa. Estes Data, utilizados por todos os países da região, usam um sistema de projeção adaptado a cada país de maneira a tornar mínimas as diferenças no Sistema de Referência usados. Abordando as semelhanças e diferenças nas áreas geográficas em estudo, Brasil e Portugal, é possível comparar aspectos físicos e matemáticos relevantes para o estabelecimento dos Sistemas de Referência em cada país. Atualmente são oficiais o Sistema de Referência SIRGAS2000 e o PT-TM06 ETRS89, no Brasil e em Portugal respectivamente. Associados a esses Sistemas de Referência estão modelos geoidais locais, como o MAPGEO2015 e o hgeoHNOR, utilizado no Brasil e baseado em altitudes ortométricas e normais e o modelo gravimétrico GEODPT08, usado em Portugal de altitude ortométrica. Historicamente ambos os países utilizaram Data Geodésicos Topocêntricos, com fixação do elipsoide por meio de observações astronômicas e redes de triangulação geodésicas nacionais, com algumas disparidades quanto à rotação dos sistemas projetados de coordenadas.

**Palavras chaves:** Geodésia, Brasil, Portugal, Datum, SIRGAS2000, PT-TM06ETRS.

## 1. INTRODUÇÃO

Brasil e Portugal, dois países de língua portuguesa, com histórias conectadas apresentam diferentes abordagens no contexto da Geodésia, tais como: a Definição de Datum, os Sistema de Referência e os Sistemas Projetados de Coordenadas. De maneira antagônica, Brasil e Portugal possuem dimensões completamente distintas. Enquanto o primeiro possui 39°1'28" de distância entre os extremos Norte e Sul e 39° 13' 38" entre Leste e Oeste, o segundo tem 5°11'37" e, 3°18'40" respectivamente. Em termos de área, Portugal tem dimensões equivalentes a uma pequena unidade federativa brasileira, como Estado de Santa Catarina com 92.152 km<sup>2</sup>. Não custa lembrar que o território brasileiro possui 1.559.146,876 km<sup>2</sup>. Frente a tamanha diferença, é esperado que ocorram importantes mudanças, pois o nível de complexidade matemática aumenta conforme o objetivo e tamanho da área de

interesse. (GASPAR, 2005).

A respeito dos Data geodésicos, classificados em Planimétricos e Altimétricos, estes podem ser Locais, Regionais ou Globais. Atualmente, através de muito desenvolvimento científico, lógico e matemático, utilizam-se Data Globais geocêntricos, com rigorosa determinação de elipsoides e demais parâmetros relevantes para o posicionamento correto, cuja tecnologia atual exige e possibilita. Entretanto, até recentemente, pela complexibilidade de determinação global, eram utilizados Data locais ou regionais. Os Data Locais empregavam o conceito de Data topocêntricos, onde o elipsoide tangencia o geoide em um ponto de maneira que as coordenadas astronômicas sejam iguais as coordenadas geodésicas, e por consequência, o desvio da vertical é nulo. Alguns Data utilizavam um ponto de tangência junto de vértices de ajuste, de maneira que o ponto Datum não possuísse desvio 0°, mas um valor próximo disto, como por

exemplo o de Potsdam, na Alemanha (ED 50).

Em Data globais, são utilizadas inúmeras estações geodésicas contínuas distribuídas em todos os continentes para melhor ajuste do elipsoide de referência escolhido. Para Data altimétricos, a classificação é semelhante, onde um Datum Local utilizado na maioria dos trabalhos atualmente, é baseado em apenas um marégrafo oficial, utilizando demais marégrafos para ajuste de rede, além de associar-se a modelo geoidal local, caso do MAPGEO2015 e o GEOFP08 para o Brasil e Portugal respectivamente. Data Regionais baseiam-se em múltiplos marégrafos e outras fontes de altimetria – um exemplo é a EUROGAUGE. Em Data altimétricos globais, são utilizadas múltiplas fontes, com destaque para modelos geoidais como o Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). (CASACA; MATOS; DIAS, 2005). Cada tipo de Data, em geral, é definido e posteriormente realizado/materializado por organizações de diferentes níveis. Os Data Locais e alguns regionais são da responsabilidade de órgãos nacionais competentes, como por exemplo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Brasil e a Direção-Geral do Território (DGT) em Portugal. Os Data Globais são realizados pelo *International Earth Rotation and Reference System Service* (IERS). São exemplos de Data Locais em Portugal o Datum 73, com ponto de tangência no vértice geodésico (V.G.) de Melriça, com ondulação geoidal máxima cerca de 3,5 metros; e o Datum *South American Datum 1969* (SAD69), no Brasil, com ponto de tangência no Vértice Chuá-Minas Gerais, com ondulação geoidal entre -30 e 15 metros. Utilizam os elipsoides de Hayford e o *Geodetic Reference System 1967* (GRS67) respectivamente e atualmente não são considerados os Data oficiais destes países.

## 2. INTERNATIONAL EARTH ROTATION AND REFERENCE SYSTEM SERVICE (IERS) E O EUROPEAN TERRESTRIAL REFERENCE SYSTEM (ETRS)

O ITRS é o Sistema de Referência Terrestre Internacional, proposto e concebido pelo IERS. A materialização deste sistema de referência é realizada pelos quadros de referência, constituídos por estações *Global Navigation System* (GNSS) e *Very Long Baseline Interferometry* (VLBI), tornando real o modelo proposto e permitindo sua utilização. O reference frame (quadro de referência) associado ao ITRS é chamado de *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF). As estações que compõem o ITRF possuem sua posição (X, Y, Z) e velocidade com precisão centimétrica, e são determinadas através de diferentes métodos. O ITRF tem sua atualização realizada em determinados intervalos de tempo, onde são atualizadas as coordenadas das estações existentes e também materializadas novas estações. Estas atualizações são necessárias devido à tectônica de placas e à geodinâmica do planeta terra, que faz com que ocorra movimentação das estações. Os Data Geodésicos Globais não sendo completamente fixos, podem ser tratados como uma rede maleável, podendo ser

melhorada a qualidade do ajustamento das estações.

Entretanto, para os países da Europa não foi possível a implementação do ITRS devido a movimentação anual média de 2,5 centímetros ao ano da posição das estações, Fig. 2, (EUREF, 2021). Como citado anteriormente, periodicamente é corrigida a posição das estações devido à tectônica de placas, mas a magnitude do deslocamento é tanta, que é inviável corrigi-la anualmente. Para contornar este problema, a *International Association of Geodesy* (IAG) criou a subcomissão, EUREF, para estabelecer uma rede de referência global europeia. Desta, foram concebidos o ETRS e o *European Terrestrial Reference Frame* (ETRF) de maneira análoga ao ITRS e ITRF respectivamente. Para basear este novo sistema, ETRS, foram utilizadas as estações europeias do ITRF, com exatidão de posição para os parâmetros desejados, no ano de 1989, sendo atribuído então o nome de ETRS89 ao sistema de referência. Além de utilizar estas estações, as que se encontravam na parte mais estática da placa euroasiática apresentavam menor velocidade e deslocamento e foram fixadas em espaço-tempo, enquanto aquelas da parte menos estável foram deixadas livres, e portanto, variam com o tempo. (Fig. 2)

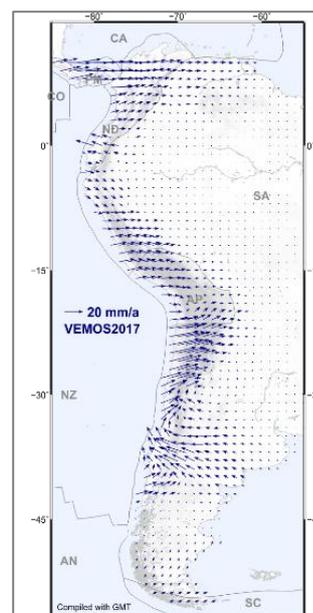


Fig. 1 - Modelo de velocidade para SIRGAS. Fonte: DREWES; SÁNCHEZ, 2020 e SÁNCHEZ; DREWES, 2020

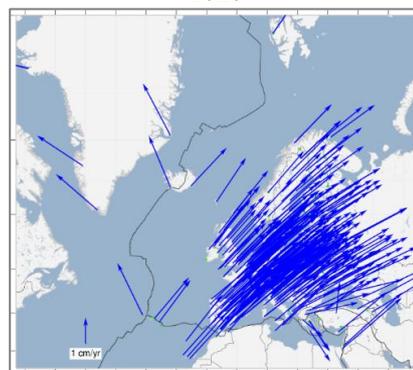


Fig. 2 - Velocidades da EUREF com base no ITRF. Fonte: ALTAMIMI et al., 2017 e EPNCN

### 3. DATA DO BRASIL E DE PORTUGAL

Visto que há diferenças na própria concepção dos sistemas de referência, por consequência há distinção entre os produtos destes. Para definir o Datum, é preciso adotar uma forma geométrica que seja a simplificação do Geoide, que é a superfície equipotencial de nível 0 ( $W_0$ ) equivalente ao nível médio da água dos oceanos em repouso. A figura geométrica adotada é um elipsoide de revolução, com dois semieixos de diferentes dimensões, rotacionado no menor eixo. Como ambos os *frames* e *reference systems* são oriundos da IAG, é adotado o elipsoide determinado por essa Associação para Data Globais, principalmente aqueles que seguem os sistemas de referência internacional e europeu. Tais sistemas devem utilizar no Datum oficial o elipsoide *Geodetic Reference System 1980* (GRS80), com o intuito de facilitar a transformação de Datum entre diferentes países.

Uma vez que ambos possuem o mesmo elipsoide de referência, devemos destacar a diferença nos cálculos nos parâmetros de transformação que podem variar até 7 parâmetros, sendo entre eles: três Rotações, três translações e uma escala.

Atualmente é utilizado no Brasil o Sistema Internacional de Referência Geodésico para as Américas (SIRGAS2000), e em Portugal o Portugal – Transversa de Mercator 2006 ETRS89 (PT-TM06ETRS89), baseados no ITRS e ETRS89 respectivamente. Nesta etapa, é chamada atenção para o prefixo PT-TM06, referente ao Datum ETRS89 de Portugal, esta denominação indica diferente configuração. A principal diferença, entre o Datum adotado por Portugal e pelo oficial da Europa é referente ao deslocamento dos meridianos e paralelos origem do sistema de coordenadas. Para que o ETRS89 pudesse ser utilizado em Portugal como Datum Local, foi definido um novo Ponto Central, que coincide com a origem das coordenadas cartográficas. Essa mudança de ponto central, é motivada por haver maior proximidade de coordenadas com os diferentes sistemas anteriores portugueses e facilidade na transformação entre Data necessárias.

Tal deslocamento posiciona a origem das coordenadas cartográficas próxima do V.G. Melriça, localizada no centro geométrico do país.

### 4. PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA E SISTEMA DE COORDENADAS

Associados a uma componente física, Datum, podem incidir diferentes componentes matemáticas. Ou seja sobre um mesmo Datum, é possível que ocorram distintas projeções e sistema de coordenadas, a depender do propósito e da escala de mapeamento utilizada. É neste momento, que a extensão territorial de cada país entra em cena, pois ao representar a superfície terrestre em um modelo plano, ocorrem diversas distorções, que a depender da projeção e das suas propriedades, são amplamente afetadas pela extensão e escala a ser representado.

Mesmo dentro de um mesmo país, ao verificar o mapeamento sistemático de referência, é notável a

mudança de sistemas de coordenadas projetado, para adequar a representação desejada. No Brasil, é utilizada a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), em escalas maiores que 250000, além de muitas outras variando a finalidade. Já em Portugal, é utilizada majoritariamente a projeção de Gauss-Krüger.



Fig. 3 - Velocidades do EUREF relativas à placa euroasiática. Fonte: ALTAMIMI et al., 2017; EPNCN

A projeção UTM, é cilíndrica transversa secante conforme. Por se tratar de uma projeção secante, existem dois paralelos de distorção nula, de maneira que a distorção no centro do fuso, de coeficiente de distorção mínima ( $K_0$ ) é igual à 0,9996, e máxima próximo dos limites laterais. Por possuir grande distorções em funções das distâncias, é necessário dividir a superfície da Terra em 60 fusos de  $6^\circ$  de longitude. A origem desta projeção é a interseção do meridiano central do fuso com o equador. Para que as coordenadas cartográficas fiquem positivas em todo o fuso é aplicado uma falsa origem deslocando o meridiano central 500000 metros para Este e o equador 10.000.000 metros para sul. O Brasil abrange as zonas 18 a 25 sul e 19 a 22 norte, totalizando 12 fusos diferentes.

A projeção de Gauss-Krüger, que apresenta algumas semelhanças e diferenças em relação à utilizada no Brasil, é recomendada para locais de menor extensão longitudinal, caso de Portugal, com  $3^\circ 18' 40''$ , de maneira que está contido em um único fuso expandido da projeção de Gauss. Sobre o comportamento das distorções cartográficas, o meridiano de tangencia, que coincide com o Ponto Central do Datum, possui a distorção nula. As deformações são mínimas mesmo nos extremos laterais (GASPAR, 2005). Já a falsa origem adotada nesta projeção é única e constante para todo o território, posicionada sobre a origem do próprio Datum. A respeito da unidade de medida e sua orientação, é utilizado o metro, sendo o eixo da Meridiana (M) e o eixo da Perpendicular (P) referente à ordenada e à abcissa respectivamente.

## 5. MUDANÇAS HISTÓRICAS DE DATUM

Visto as principais diferenças entre os Sistemas de Referência atuais de ambos países, é possível analisar de forma breve as mudanças históricas de Datum e de projeções cartográficas de cada país.

Em meados de 1950, foi definido no Brasil, o primeiro Datum Local, chamado de Córrego-Alegre, e orientado o elipsoide de Hayford 1924 sob o V.G. Córrego-Alegre da rede de triangulação geodésica clássica, através de observações astronômicas, adotando-se nulos os desvios da vertical e ondulação geoidal nesse vértice. Anterior à tecnologia *Global Positioning System* (GPS), foi oficializado em 1979 o SAD69, através da densificação da rede de triangulação geodésica extensa no país, com elipsoide de Hayford 1969, mas foi apenas em 1994 que se efetuou o reajustamento da rede geodésica utilizando técnicas de posicionamento por satélite (GPS). O Datum SAD 69 foi utilizado simultaneamente com o SIRGAS2000 durante dez anos, ficando completamente obsoleto a partir de 2015, (BORGES et al., 2017).

Em 1993, foi iniciado o projeto SIRGAS 2000, com o intuito de estabelecer um sistema de referência geocêntrico para a América do Sul, que utilizou o elipsoide GRS80 e o ITRF94, fixado na época 1995,4. Este moderno sistema, permite a compatibilização com outros SR's, como *World Geodetic System* 1984 (WGS84), utilizado no posicionamento com GPS.

Em Portugal, além das mudanças normais que ocorrem devido ao desenvolvimento científico, ocorreu um caso especial num dos primeiros sistemas de projeção utilizados no final do Séc. 19, o Bessel-Bonne Datum Lisboa. Este possuía um sistema de eixos coordenados invertido, com uma rotação de 180° dos eixos coordenados M e P, em relação ao atual, de maneira que o círculo trigonométrico ficava invertido. Tal mudança foi feita para que a capital, Lisboa, estivesse no primeiro quadrante, com valores de M e P

positivos. Esta diferença não perdurou e ao substituir pelo sistema de projeção Hayford-Gauss, também chamado de Datum Lisboa, foi modificada tal orientação (Fig. 4). Posteriormente o Datum 73, também associado à projeção de Gauss e elipsoide de Hayford, manteve o ponto central com translação do ponto origem das coordenadas cartográficas de 180,598 e -86,99 em M e P respectivamente. Atualmente ambos estão obsoletos sendo substituídos pelo PT-TM06ETRS89, (DGT, 2023).

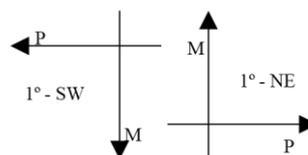


Fig. 4: Orientação dos Eixos Datum Lisboa: Bessel-Bonne (esq.) e Hayford-Gauss (dir.)

Na tabela 1 são apresentadas as principais diferenças entre os Data, Sistema de Referência, Projeção e Coordenadas Cartográficas, entre os dois países, tanto atualmente quanto no passado.

## 6. CONCLUSÃO

Mesmo com diferenças, é notado desenvolvimento semelhante em Data Geodésicos e Projeção entre os dois países com o objetivo de acompanhar as evoluções técnico científicas ocasionadas pelas tecnologias GNSS, gravimétricas e computacionais. As épocas de conceituação, definição, materialização e oficialização de data são relativamente próximas, mesmo com tamanha diferença de extensão areal, visando utilizar S.R. mais modernos para garantir maior exatidão de suas redes geodésicas e cada vez mais adequados para projetos de engenharia e outras aplicações onde a georreferenciação é importante.

TABELA 1 - HISTÓRICO DE SISTEMAS DE REFERÊNCIA LUSO-BRASILEIROS

País	Datum	Tipo de Datum	Elipsoide	Fixação do Elipsoide	Projeção	Ponto central (Projeção)	Falsa Origem (m)	Ano
Br	SIRGAS 2000	Global	GRS80	-	UTM	-	10.000.000N 500.000 E	2005- Atual
Br	SAD69	Local	Hayford	Chuí	UTM	-	10.000.000N 500.000 E	1979- 2015
Br	Córrego-Alegre	Local	Hayford	Córrego-Alegre	UTM	-	10.000.000N 500.000 E	1949- 1979
Pt	PT-TM06 ETRS89	Global	GRS80	-	Transversa de Mercator	$\varphi: 39^{\circ}40'05", 73N$ $\lambda: 08^{\circ}07'59", 19W$	dM: 0 dP: 0	1989- Atual
Pt	Datum 73	Local	Hayford	Melriça	Gauss-Krüger	$\varphi: 39^{\circ}40'00 N$ $\lambda: 08^{\circ}07'54,862''W$	dM: +180,598 dP: -86,990	1970-
Pt	Datum Lisboa	Local	Hayford	Castelo São Jorge	Gauss-Krüger	$\varphi: 39^{\circ}40'00''N$ $\lambda: 08^{\circ}07'54,862''W$	dM: 0 dP: 0	1880- 1970
Pt	Datum Lisboa	Local	Bessel	Castelo São Jorge	Cônica equivalente de Bonne	$\varphi: 39^{\circ}40'00'' N$ $\lambda: 08^{\circ}07'54,862''W$	dM: 0 dP: 0	1863- 1880

Fonte: BORGES et al., 2017 e DGT, 2023

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTAMIMI, Z. et al. ITRF2014 plate motion model. **Geophysical Journal International**, v. 209, n. 3, p. 1906–1912, 1 jun. 2017.

BORGES, A. F. et al. Sistemas geodésicos de referência adotados no Brasil e a conversão dos dados geográficos para o sistema oficial SIRGAS2000: transformações e avaliação de erros. **Revista Geografias**, v. 12, n. 1, p. 45–63, 27 jan. 2017.

DGT. **Sistemas de Referência | Direção Geral do Território**. Disponível em: <<https://www.dgterritorio.gov.pt/geodesia/sistemas-referencia>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

DREWES, H.; SÁNCHEZ, L. **Velocity model for SIRGAS 2017: VEMOS2017**. PANGAEA, , 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1594/PANGAEA.912350>>

EPNCN. **EUREF Permanent GNSS Network**. Disponível em:

<[http://www.epncb.oma.be/\\_productsservices/coordinates/po\\_svel\\_map.php](http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coordinates/po_svel_map.php)>. Acesso em: 30 out. 2023.

EUREF. **Euref - European Geodetic reference Systems**. Disponível em: <[http://www.euref.eu/euref\\_egrs.html](http://www.euref.eu/euref_egrs.html)>. Acesso em: 13 out. 2023.

GASPAR, J. ALVES. **Cartas e projecções cartográficas**. 3. ed. [s.l.] Lidel, 2005.

SÁNCHEZ, L.; DREWES, H. Geodetic Monitoring of the Variable Surface Deformation in Latin America. Em: **International Association of Geodesy Symposia**. [s.l.] Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2020. v. 152p. 197–208.

# OS 25 ANOS DO CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS)

**Reginaldo Macedonio da Silva<sup>1</sup>**  
**Gilberto Gagg<sup>2</sup>**  
**Sérgio Florêncio de Souza<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul –  
Instituto de Geociências – Professor do Departamento  
de Geodésia - [macedoniors@ufrgs.br](mailto:macedoniors@ufrgs.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul –  
Instituto de Geociências – Professor do Departamento  
de Geodésia - [gilberto.gagg@ufrgs.br](mailto:gilberto.gagg@ufrgs.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul –  
Instituto de Geociências – Professor do Departamento  
de Geodésia - [sergio.florencio@ufrgs.br](mailto:sergio.florencio@ufrgs.br)

## RESUMO

O curso de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul comemora, no ano de 2023, 25 anos desde a sua primeira turma com 20 alunos, que ingressou no vestibular de 1998. O curso tem como histórico de criação no ano de 1995, por meio da resolução nº 19/1995 da Câmara de Ciências Exatas e Tecnologia do Conselho de Coordenação do Ensino e Pesquisa. A partir da resolução nº 003/2022 da Câmara de Graduação (CAMGRAD), houve alteração do nome do mesmo para o atual Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Essa mudança abriu um novo campo de atuação profissional no mercado de trabalho, atualizando o curso e adaptando-o às novas alterações, que também ocorreram em outras universidades do Brasil na área da Cartografia. Uma recente conquista do curso foi o seu primeiro processo de internacionalização com o convênio de mobilidade acadêmica estabelecido com o Instituto Politécnico da Guarda em Portugal e concretizado com a primeira mobilidade de dois alunos do curso, ocorrido em setembro de 2023.

**Palavras chaves:** Mudança, Cartografia, Agrimensura, UFRGS.

### 1. A ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA NA UFRGS: UM POUCO DE HISTÓRIA

Segundo Hassen & Ferreira (1996), no final do século XIX (em 1896) os engenheiros Gregório de Paiva Meira e Alvaro Nunes Pereira, pensaram em fundar uma Escola de Agrimensura em Porto Alegre (RS), como base para uma futura Escola de Engenharia.

A ideia veio concretizar-se em 1897 com a criação da Escola de Engenharia, funcionando inicialmente em salas cedidas e alugadas, onde transcorreram os primeiros anos da Escola, na qual os alunos se dividiam entre os cursos de Agrimensura e Estradas. Em 1899 tiveram os primeiros formandos Engenheiros Agrimensores na Escola de Engenharia de Porto Alegre (RS) e até 1915 totalizaram 16 egressos do curso.

Em 1934 foi criada a Universidade de Porto

Alegre, que posteriormente, em 1947, passou a ser denominada de Universidade do Rio Grande do Sul (URGS). A sua federalização ocorreu no ano de 1950, passando para a União e sendo chamada de Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), nome atual, completando em 2023, 89 anos.

Em 1970, a partir da Reforma Universitária, foi dada à UFRGS sua estrutura atual, organizada em institutos e faculdades, sendo que os departamentos passaram a ser unidades fundamentais.

O curso de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), foi criado por meio da resolução nº 19/1995 da Câmara de Ciências Exatas e Tecnologia do Conselho de Coordenação de Ensino e Pesquisa (MAGRO, 2008). Esse foi o primeiro curso de Engenharia Cartográfica no Rio Grande do Sul, completando na época o sexto curso no Brasil nessa área. Localizado no Campus do Vale, que fica a aproximadamente 14 km do centro da cidade de

no Instituto de Geociências (IGEO), onde é oferecido no período noturno.

Dentro da estrutura universitária da UFRGS, o curso está vinculado ao Instituto de Geociências e é atendido, nas disciplinas específicas, por professores do Departamento de Geodésia. Da mesma forma, o curso tem disciplinas vinculadas a outros Departamentos do IGEO (Geografia, Geologia e Mineralogia e Petrologia), além de Departamentos de outras Unidades (Matemática e Estatística, Física e Astronomia, Informática, Direito, Design e Expressão Gráfica, outras Engenharias, etc.). Os discentes da primeira turma ingressaram via vestibular no ano de 1998, e no mês de março daquele ano iniciaram a sua primeira aula da disciplina de Cartografia Básica, ministrada na época pelo Prof. Sérgio Florêncio de Souza, com uma turma pioneira de 20 alunos. Em janeiro de 2002, os primeiros egressos foram diplomados como Engenheiros(as) Cartógrafos(as) da UFRGS.

Ao longo do tempo, a grade curricular do curso de Engenharia Cartográfica da UFRGS passou por diversas alterações com o objetivo de acompanhar o contínuo desenvolvimento e avanço científico, tecnológico e jurídico em sua área de atuação profissional. Estas adequações e aprimoramentos sempre tiveram o objetivo de propiciar aos discentes uma formação contemporânea e adequada às necessidades da sociedade brasileira, mas também alinhada com o conhecimento técnico e científico desenvolvido internacionalmente.

Os Referenciais Curriculares Nacionais estabelecem a existência de 26 denominações para os cursos de Engenharia, na modalidade Bacharelado, sendo três de oferta exclusiva das Forças Armadas. Dos 23 restantes, o curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura é o resultado da fusão dos cursos de Engenharia Cartográfica e Engenharia de Agrimensura no Brasil. Esta nova denominação implica em novas atribuições profissionais e, conseqüentemente, o currículo contempla os conhecimentos específicos da área de Agrimensura, no sentido de unificar as profissões de Engenharia Cartográfica e Engenharia de Agrimensura.

Com essa premissa o curso de Engenharia Cartográfica da UFRGS, a partir da resolução nº 79/2021 da Câmara de Graduação (CAMGRAD), passou a ter uma nova habilitação de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, atendendo assim, as novas mudanças que vem ocorrendo no Brasil, nessa área.

Com a resolução da CAMGRAD nº 003, de 18/01/2022 o nome do curso passou a ser denominado oficialmente de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, e em 4 de novembro de 2022, foi aprovada na decisão da Câmara Especializada de Engenharia Civil e Agrimensura, do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (CREA-RS), a alteração cadastral e atualização dos dados do curso, com o novo nome de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, bem como a titulação de Engenheiro(a) Cartógrafo(a) e Agrimensor(a) e as atribuições da Resolução 1.095/2017 Arts. 2º e 3º.

Com essa mudança, os egressos passam ter a nova atribuição na área de agrimensura, o que abrirá novos caminhos no mercado de trabalho.

O curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFRGS, desde a sua criação até o semestre de 2023/1, teve um total de 159 egressos, sendo

75,5% do gênero masculino e 24,5% do gênero feminino (Fig. 1).

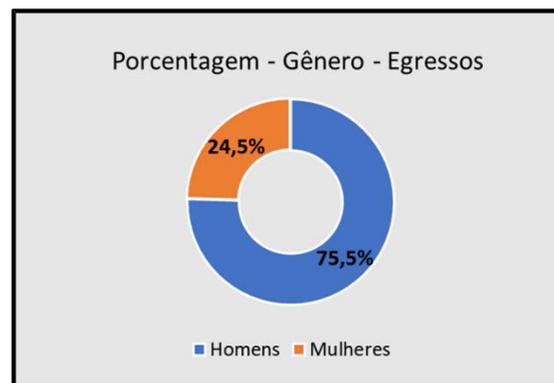


Fig. 1 – Porcentagem de Gênero.

Para atender ao perfil do egresso o curso está dividido em 9 eixos, que são eles:

- I – matemática;
- II - física e engenharia;
- III - cartografia e sistema de informação geográfica;
- IV – topografia, cadastro e agrimensura;
- V – geodésia, astronomia e ajustamento;
- VI – fotogrametria;
- VII – sensoriamento remoto;
- VIII – outros;
- IX – trabalho de conclusão.

No que se refere ao número de alunos matriculados no curso, podemos observar no gráfico da figura 2 uma queda entre o período de 2014/1 até 2020/1, e posterior estabilidade, com pequenas variações, durante o período da pandemia COVID19 até 2023/2.



Fig. 2 – Alunos matriculados entre 2014/1 e 2023/2.

Em relação ao número de alunos ativos no curso, tem-se em 2023/2, um total de 139, podendo-se observar no gráfico da figura 2 uma variação preocupante, em relação ao número de alunos matriculados (87), com uma diferença de 52 alunos. Porém, observa-se uma tendência de queda em relação ao período de 2023/1, onde a diferença era de 74 alunos.



Fig. 3 – Alunos ativos e matriculados entre 2021/1 e 2023/2.

## 2. A UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS

Segundo Silva e Gagg (2021, p.11) no final do século XIX (em 1895) a sociedade civil gaúcha fundou as suas primeiras escolas superiores, e em 1934 foi criada a Universidade de Porto Alegre. Posteriormente, em 1947, veio a ser denominada de Universidade do Rio Grande do Sul (URGS). No ano de 1950, foi federalizada, ou seja, passou para a União, recebendo a denominação de Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

De acordo com o Ranking Universitário Folha de 2023, a UFRGS é a terceira colocada entre as universidades públicas do Brasil e a primeira colocada entre as universidades federais, ocupando uma posição de destaque no cenário nacional.

A UFRGS com seu Campus principal localizado na cidade de Porto Alegre no Bairro Farroupilha, possui mais três Campi, sendo um deles localizado na região próxima à cidade de Viamão, chamado Campus do Vale; outro denominado Campus do Litoral Norte fica na cidade de Tramandaí, distante cerca de 120 km de Porto Alegre e o Campus da Saúde localizado no bairro Rio Branco em Porto Alegre (Fig. 4).

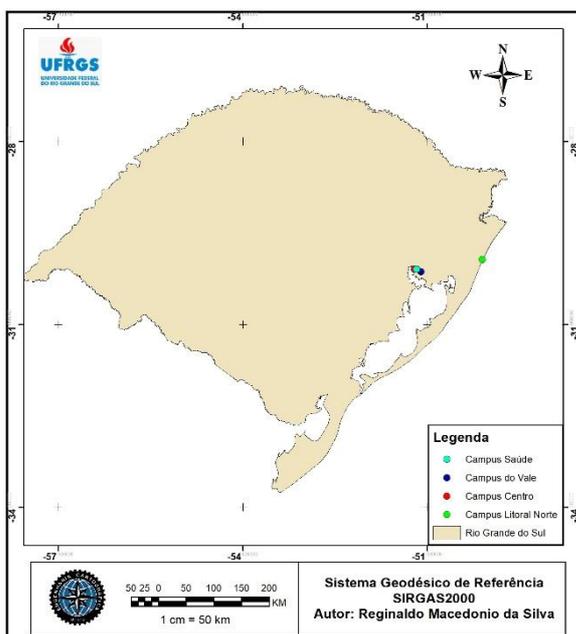


Fig. 4 – Localização dos Campi da UFRGS.

A seguir uma figura ilustrativa do Campus principal da UFRGS, localizado na região central de Porto Alegre (Fig. 5):



Fig.5 – Campus principal da UFRGS.

Fonte: [www.ufrgs.br/zenit/](http://www.ufrgs.br/zenit/)

## 3. O CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA DA UFRGS – CARACTERÍSTICAS

O curso de Engenharia Cartográfica possui as seguintes características:

**Modalidade:** Bacharelado.

**Denominação:** Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

**Habilitação:** Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

**Titulação:** Engenheiro Cartógrafo(a) e Agrimensor(a).

**Turno de funcionamento:** noturno.

**Contato:** (51) 3308-6337 e [comgradcar@ufrgs.br](mailto:comgradcar@ufrgs.br).

**Local de funcionamento:** múltiplos campi da UFRGS em Porto Alegre, em especial Campus do Vale e Campus Central, como também a Estação Experimental Agrônoma da UFRGS, localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre.

**Forma de organização do calendário acadêmico:** semestral.

**Número de ingressantes:** 30 discentes por ano (no primeiro semestre letivo).

**Créditos:**

Obrigatórios: 206

Convertidos: 16

Eletivos: 12

Complementares: 6

Total: 240

**Carga Horária:**

Carga Horária Obrigatória: 3330

Carga Horária Eletiva: 180

Total Horas Extensão para Diplomação (CHE+UCE): 394

Mínimo de Horas de CEE para Diplomação: 334

Total de Horas: 3940

**Obs: Informações do Currículo do curso de 2023/2.**

O curso é ofertado de forma presencial, com algumas disciplinas ofertadas na modalidade de Ensino à Distância (EAD).

Para maiores informações sobre a grade curricular e resoluções do curso acessar [http://www.ufrgs.br/ufrgs/ensino/graduacao/cursos/exibeCurso?cod\\_curso=316](http://www.ufrgs.br/ufrgs/ensino/graduacao/cursos/exibeCurso?cod_curso=316).

**4. MOBILIDADE ACADÊMICA**

A Mobilidade Acadêmica favorece a criação de laços e parcerias entre as universidades, fortalecendo os vínculos institucionais e promovendo a troca de conhecimentos entre os estudantes e professores das instituições participantes.

Diante disso a Mobilidade Acadêmica na UFRGS se intensifica a cada ano, caracterizando a inserção nacional e internacional da Universidade através de intercâmbios, estágios e programas de dupla diplomação, tanto na Graduação quanto na Pós-graduação.

De acordo com a RELINTER (2023) os programas de Mobilidade Acadêmica são regulamentados pela Resolução CEPE 11/2023. A modalidade de Mobilidade por convênio bilateral, para instituições conveniadas com a UFRGS não prevê auxílio financeiro ao estudante para custear o período de realização de estudos no exterior, mas prevê a isenção de taxas acadêmicas, como taxas de matrícula e mensalidades, na universidade de acolhimento.

No curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, iniciou-se uma primeira proposta de Mobilidade Acadêmica com o Instituto Politécnico da Guarda (IPG), localizado na cidade da Guarda em Portugal, a partir de uma visita técnica realizada pelo Prof. Reginaldo Macedônio da Silva, que aconteceu no dia 7 de fevereiro de 2020. Neste primeiro encontro, houve uma reunião do curso de Engenharia Cartográfica da UFRGS, contando com a presença de professores, coordenadores de curso, o responsável pelo Gabinete de Mobilidade e Cooperação e o Vice-Presidente do IPG, Prof. Manuel Salgado.

A partir dessa primeira reunião, foi estabelecido o interesse em formalizar um protocolo de intenções. Durante essa reunião, o Prof. Macedônio recebeu a documentação padrão utilizada pela Secretaria de Relações Internacionais (RELINTER) da UFRGS. O documento fornecido foi preenchido com as informações do IPG. Ao retornar ao Brasil, o Prof. Macedônio deu início ao processo de abertura de uma Interação Acadêmica (IAP). Todo o procedimento foi concluído em todas as etapas da UFRGS no dia 30 de dezembro de 2020 (IAP-001330).

Com o convênio estabelecido deu-se início ao processo de Mobilidade Acadêmica no dia 22 de fevereiro de 2022, através do envio de documentação requerida pela UFRGS, para o IPG. Na época, a coordenação da COMGRADCAR, representada pelo Prof. Reginaldo Macedônio da Silva, iniciou o preenchimento da documentação prevista, sendo concretizada sua aprovação no CONSUN (Conselho Universitário) no dia 25 de novembro de 2022 (resolução nº 262/2022), com publicação no Diário Oficial da União (DOU – 11/01/2023).

Após a conclusão do processo de Mobilidade Acadêmica, a RELINTER divulgou o edital 01/2023 em 13/02/2023, no qual foram selecionados dois discentes do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura (Augusto Pedro Stefanon e Davi de Souza Mücke). Os discentes já se encontram no Instituto Politécnico da Guarda em Portugal (Fig. 6).



Fig. 6 – Discentes Augusto e Davi no Instituto Politécnico da Guarda em Portugal

Fonte: Augusto Pedro Stefanon (set/2023)

A Mobilidade Acadêmica representa um marco histórico para o curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, sendo a primeira vez na história do curso em que se efetua o processo de internacionalização. Essa iniciativa abre portas para novas oportunidades aos discentes, proporcionando experiências enriquecedoras e promovendo a interculturalidade.

A expectativa é que essa experiência proporcione aos estudantes do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFRGS uma visão mais abrangente e multidisciplinar da área, preparando-os para os desafios do mercado de trabalho e para contribuir com o desenvolvimento da sociedade.

Assim, a Mobilidade Acadêmica se configura como um importante instrumento de crescimento pessoal e profissional para os estudantes, consolidando a UFRGS como uma referência na formação de engenheiros(as) cartógrafos(as) e agrimensores(as).

**5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O evento dos 25 anos do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, o XII SAPGU e o III Seminário Internacional Brasil-Portugal proporcionaram uma oportunidade única para reflexão sobre o passado, celebração do presente e planejamento para o futuro.

Esses eventos possuíam o potencial de deixar um impacto duradouro na comunidade acadêmica e profissional envolvida nas Ciências Geodésicas e correlatas. Ao contemplarmos os desdobramentos desses eventos, é possível reconhecer o sucesso alcançado na sua realização. Os 25 anos não apenas prestou homenagem à história do curso, mas também estabeleceu novos marcos para o futuro.

Os resultados desses eventos, certamente, foram significativos, contribuindo para fortalecer laços, promovendo avanços acadêmicos e consolidando a posição do curso na vanguarda dos cursos de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Nossa esperança é que esses eventos tenham atingido as expectativas, proporcionando não apenas uma comemoração, mas também que seja um impulso para o crescimento contínuo e a excelência nas décadas seguintes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Extrato de Convênio, de 11 de janeiro de 2023**. Diário Oficial da União: seção 3, edição 8, página 82. Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/extrato-de-convenio-457235004>>. Acesso 19 de set 2023.

CONSUN. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Resolução nº 262, de 25 de novembro de 2022**. Conselho Universitário, 25 de novembro de 2022. Disponível em: <<https://www1.ufrgs.br/Norma/legislacao/norma/consultaListaNormas?diplomalegal=26>>. Acesso 19 de set 2023.

HASSEN M. N. A. & FERREIRA M. L. M. (1996), "**Escola de Engenharia – UFRGS: Um Século**", Tomo Editorial, 192 p. II.

MAGRO, F. H. S. **A Engenharia Cartográfica na UFRGS**. Série em Geomática, Porto Alegre, v.2, n.1, p. 3-9, 2008.

MORAES, M. F. de (1996) "**Formados pela Escola de Engenharia - Graduados, Mestres e Doutores**", apêndice em Maria N. A. Hassen & Maria L. M. Ferreira (1996), "Escola de Engenharia – UFRGS: Um Século", Tomo Editorial, 192 p. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/8593>

RANKING UNIVERSITÁRIO FOLHA, 2023 <https://ruf.folha.uol.com.br/2023/ranking-de-universidades/principal/>. Acesso 27 de nov 2023.

RELINTER, **Mobilidade Acadêmica**. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/relinter/estudantes-de-graduacao-2/mobilidade-academica/>>. Acesso 19 set 2023.

SILVA, R. M. da & GAGG, G. **O Curso de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRG)**. In: Anais Seminário Anual de Pesquisas em Geodésia da UFRGS, 11-15. 2021. Porto Alegre, RS.

# A IMPORTÂNCIA DA GEODÉSIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Gabriel do Nascimento  
Guimarães<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de  
Uberlândia – Faculdade de  
Engenharia Civil –  
gabriel@ufu.br

## RESUMO

O estudo e a compreensão dos aspectos geodinâmicos no planeta requerem referenciais geodésicos globais com uma ordem de acurácia melhor do que a magnitude dos efeitos e com consistência e confiabilidade. A Associação Internacional de Geodésia é a responsável pela infraestrutura geodésica para o monitoramento do sistema Terra, mais especificamente, por fornecer sistemas confiáveis para a análise e a modelagem consistente de fenômenos e processos globais que afetam o campo de gravidade da Terra. Neste sentido, a definição, a realização e a manutenção de Sistemas Terrestres de Referência tem sido um dos desafios atuais para a Geodésia. O objetivo deste trabalho é pontuar a importância de uma infraestrutura geodésica para o benefício social, ambiental e econômico, bem como para o desenvolvimento sustentável. A partir de observações geodésicas, produtos são gerados e podem beneficiar a sociedade. Além disso, um contínuo aprimoramento dos segmentos espacial, terrestre e de recursos humanos é imprescindível para o avanço geodésico.

**Palavras chaves:** geodésia, referenciais geodésicos, desenvolvimento sustentável, GGOS.

### 1. POSICIONANDO A GEODÉSIA NO CONTEXTO GLOBAL

A Geodésia é a ciência que se preocupa com a determinação da forma e dimensão do planeta, com os parâmetros de orientação da Terra no espaço e com as variações temporais do campo de gravidade do planeta. A Associação Internacional de Geodésia (IAG) é a associação vinculada ao campo da Geodésia. A IAG promove a cooperação científica e a investigação em escala global e contribui para isso por meio dos seus diversos órgãos de investigação. A IAG tem uma longa e distinta história que remonta a 1862, ano em que a "*Mitteuropäische Gradmessung*" (medição de grau da Europa Central – tradução livre) foi criada. Essa organização foi formada para promover o trabalho científico geodésico na Europa Central após uma proposta feita um ano antes por J.J. Baeyer (1861). Em 1867, o nome da organização foi alterado para "*Europäische Gradmessung*" (medição de grau europeu – tradução livre), pois vários países europeus já tinham aderido à organização. Em 1886, o nome foi alterado para "*Internationale Erdmessung*" (medição da Terra Internacional – tradução livre), enfatizando a necessidade de cooperação internacional para resolver os problemas científicos da Geodésia. As traduções desse nome em francês e inglês resultaram no nome atual "*Association Internationale de Géodésie*" e "*International Association of Geodesy*". Assim, a IAG como organização científica internacional é uma das mais antigas associações internacionais deste tipo (IAG, 2023).

A IAG é uma associação constituinte da União Internacional de Geodésia e Geofísica (IUGG) que conta

com mais sete associações. A Geodésia possui uma estreita relação com as demais associações internacionais, uma vez que auxilia e colabora para as investigações realizadas por estas outras ciências. Por meio de radar a bordo de satélites é possível conduzir estudos relacionados à altimetria nos oceanos (MEYSSIGNAC; CAZENAVE, 2012) e assim trabalhar em conjunto com a Associação Internacional para Ciências Físicas dos Oceanos (*International Association for the Physical Sciences of the Oceans - IAPSO*). O Sistema Global de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite System - GNSS*), a partir de seus sinais permite investigações relacionadas a estimativa do vapor d'água na Troposfera (TEKE *et al.*, 2013) colaborando com a Associação Internacional de Meteorologia e Ciências Atmosféricas (*International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences - IAMAS*), além de estudos voltados ao conteúdo total de elétrons na Ionosfera (HERNÁNDEZ-PAJARES *et al.*, 2011), tema de interesse da Associação Internacional de Geomagnetismo e Aeronomia (*International Association of Geomagnetism and Aeronomy - IAGA*). Receptores GNSS auxiliam a Associação Internacional de Sismologia e Física do Interior da Terra (*International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior - IASPEI*) para estudos vinculados à velocidade das placas tectônicas (SÁNCHEZ; DREWES, 2020) e deformação da crosta (BOCK; MELGAR, 2016), tópico este de responsabilidade da Associação Internacional de Vulcanologia e Química do Interior da Terra (*International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior - IAVCEI*). Além disso, missões espaciais, como o GRACE-FO (*Gravity Recovery and*

*Climate Experiment Follow-on*) colaboram com a Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (*International Association of Hydrological Sciences - IAHS*) a monitorar a quantidade de água armazenada no solo (CHEN *et al.*, 2016). Os satélites gêmeos, como são chamados, também auxiliam no monitoramento do balanço de massa glacial (WOUTERS; GARDNER; MOHOLDT, 2019) estudado pela Associação Internacional de Ciências Criosféricas (*International Association of Cryospheric Sciences - IACS*).

As informações e dados que auxiliam nos diversos estudos são disponibilizados por meios de serviços coordenados por quatro comissões que compõem a IAG: comissão 1 – Referências Materializadas (*Reference Frame*), comissão 2 – Campo de Gravidade (*Gravity Field*), comissão 3 – Geodinâmica e Rotação da Terra (*Earth Rotation and Geodynamics*) e comissão 4 – Posicionamento e Aplicações (*Positioning and Applications*). Para auxiliar na infraestrutura geodésica, bem como na gestão e padronização dos dados um sistema global se fez necessário.

## 2. A IMPORTÂNCIA DA INFRAESTRUTURA GEODÉSICA COMO BENEFÍCIO PARA A SOCIEDADE

Um recente marco para o avanço da Geodésia ocorreu em fevereiro de 2015, quando na Assembleia Geral das Nações Unidas foi publicado a Resolução 69/266 (ONU, 2015) que trata de um referencial geodésico global para o desenvolvimento sustentável (*Global Geodetic Reference Frame for Sustainable Development - GGRF*). Dessa forma, foram estabelecidos comitês regionais para o gerenciamento da informação geoespacial global, denominado de *Global Geospatial Information Management* (GGIM). O GGRF caminha para sustentar a coleta e gestão de informações geoespaciais integradas nacionalmente para monitorar a dinâmica do planeta (GUIMARÃES *et al.*, 2022). A partir de um Sistema de Referência Geodésico Global (Fig. 1 – primeira coluna), observações geodésicas a nível global que seguem as mesmas políticas de coleta, padrões e convenções podem ser adquiridas, seja por meio dos observatórios geodésicos (estações GGOS), técnicas espaciais (SLR, VLBI, GNSS, DORIS, altimetria e gravimetria espacial) e técnicas terrestres (gravimetria terrestre, marégrafo, relógio óptico).

gravimetria satelital) e/ou técnicas terrestres (gravimetria, maregrafia e informações de tempo derivado de relógios atômicos). (Fig. 1 – segunda coluna). Diversos produtos (Fig. 1 – terceira coluna) são derivados das medições e observações geodésicas e estão relacionados à orientação do planeta, à geometria, ao campo de gravidade e as atividades de posicionamento e suas aplicações. Nesse sentido, os produtos e as soluções obtidas a partir das observações geodésicas trazem relevantes benefícios ambientais, sociais e econômicos (Fig. 1 – quarta coluna).

## 3. A INFRAESTRUTURA GEODÉSICA E A GEODINÂMICA DO PLANETA

Para determinar os parâmetros relacionados aos processos geodinâmicos na Terra, a Geodésia pode contribuir com observações de alta resolução ao longo do tempo e espaço, bem como com referenciais geodésicos estáveis e consistentes. O processo de transporte de fluídos e das variações de massas (devido aos sinais geofísicos), por exemplo, podem ser observados a partir de medições relacionadas com o campo de gravidade da Terra. Por outro lado, para descrever pequenas variações associadas a estes processos, um sistema de referência altamente preciso é necessário. Portanto, se requer que este seja de uma ordem de precisão superior à magnitude dos efeitos a serem realmente estudados e com alta consistência e confiabilidade em todo o mundo (PLAG; PEARLMAN, 2009; TORGE; MÜLLER, 2012).

### 3.1 O Sistema Global de Observação Geodésica

O ano de 1998 data como o surgimento de um sistema global para gerir a infraestrutura geodésica frente ao monitoramento da geodinâmica do planeta, além de servir como benefício para a sociedade. O nascimento do Sistema Global de Observação Geodésica (*Global Geodetic Observing System - GGOS*) ocorreu em outubro de 1998, na Alemanha, durante o Simpósio Internacional “*Towards an Integrated Global Geodetic Observing System*” (RUMMEL *et al.*, 2000). O GGOS foi inicializado em julho de 2003 e é parte integrante da IAG – serviços técnicos, comissões, comitês, inter comissões e projetos.

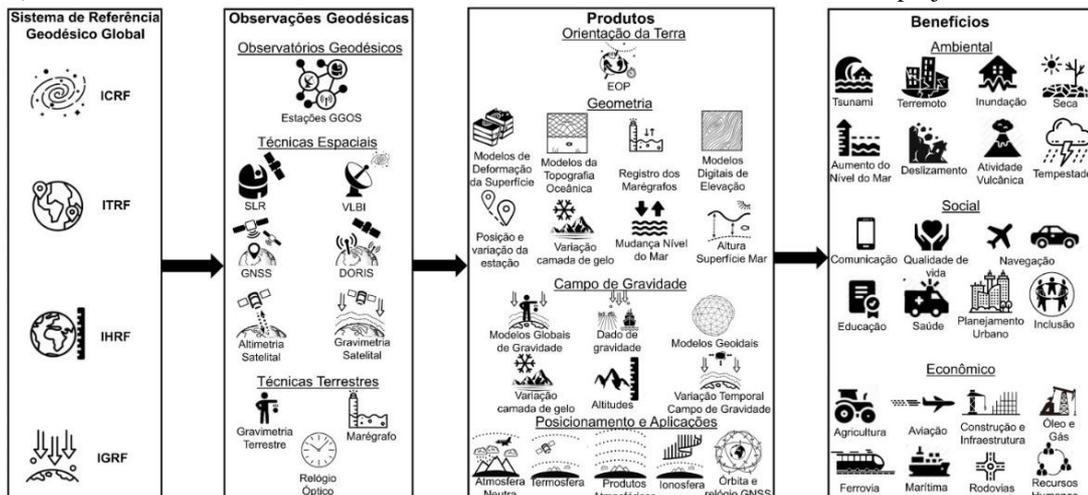


Fig. 1 - O GGRF e os benefícios para a sociedade. Os ícones que compõem a figura foram elaborados pelo GGOS e pela *Geoscience Australian*. Fonte: Guimarães *et al.* (2022).

O GGOS tem como visão avançar na compreensão do sistema dinâmico da Terra, quantificando as mudanças do planeta no espaço e no tempo. Para tanto, deve fornecer as observações necessárias para monitorar, mapear e compreender as mudanças na forma, rotação e distribuição de massa da Terra. Agrega-se a isto, a disponibilidade de um referencial geodésico global que é a espinha dorsal fundamental para medir e interpretar consistentemente os principais processos de mudança global e outras aplicações científicas e sociais. Por fim, deve beneficiar a ciência e a sociedade, fornecendo a base sobre a qual são construídos os avanços na ciência e nas aplicações da Terra e dos sistemas planetários.

Desde a criação do GGOS, a comunidade científica tem atuado frente ao aprimoramento do segmento espacial, terrestre e de análises.

### 3.1.1 Aprimorando o segmento espacial

O segmento espacial é constituído de satélites e missões espaciais, com objetivo de prover dados e informações para atender as distintas aplicações científicas e do dia a dia, além de auxiliar na compreensão do sistema dinâmico do planeta. Satélites e missões dedicados às medições do campo de gravidade, campo magnético, altimetria dos oceanos, atmosfera, criosfera e mapeamento da superfície terrestre são alguns exemplos que compõem o segmento espacial.

Acordos de cooperação entre países e programas espaciais são de suma importância para manutenção do segmento espacial. Além disso, políticas de abertura de dados advindos dessas missões são essenciais para que a comunidade científica possa estar envolvida nas atividades.

### 3.1.2 Aprimorando o segmento terrestre

Observatórios geodésicos são as principais infraestruturas do segmento terrestre. São locais compostos por um conjunto de técnicas de posicionamento e medição, responsáveis por fornecerem informações precisas utilizadas nos sistemas geodésicos de referência. Geralmente, um observatório geodésico é composto de técnicas geodésicas espaciais – *Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite* (DORIS), GNSS, *Satellite Laser Ranging* (SLR) e *Very Long Baseline Interferometry* (VLBI) – e que estejam dispostas com instrumentos gravimétricos, permitindo a conexão entre a posição do ponto ( $X, Y, Z$ ) e componentes físicas como o potencial de gravidade ( $W$ ) e aceleração da gravidade ( $g$ ) (SÁNCHEZ *et al.*, 2021).

Os observatórios geodésicos fundamentais devem incluir um instrumento de contagem de tempo preciso e estável e, de preferência, que esteja conectado a uma estação de referência de tempo e a uma estação de referência de gravidade (equipada com gravímetro absoluto ou supercondutor) (GUIMARÃES *et al.*, 2022).

O segundo nível do segmento terrestre é composto por estações geodésicas distribuídas nacionalmente. Em geral, a materialização e manutenção é de responsabilidade das agências e institutos nacionais, podendo ter a colaboração de órgãos regionais. O Sistema de Referência Geodésico para as Américas

(SIRGAS) é um exemplo. O SIRGAS é uma organização continental sem fins lucrativos baseada na contribuição voluntária de instituições científicas e de órgãos nacionais geodésicos, cartográficos e geográficos dos países membros. Possui como objetivos estabelecer e manter o referencial geocêntrico continental, além materializar e manter um sistema de referência vertical. O SIRGAS disponibiliza produtos como posição semanal das estações GNSS, soluções multianuais, além de um modelo de velocidade das estações GNSS e produtos sobre atraso troposférico. Isto é possível graças ao engajamento dos países membros que disponibilizam as estações GNSS junto ao SIRGAS (Fig. 2).

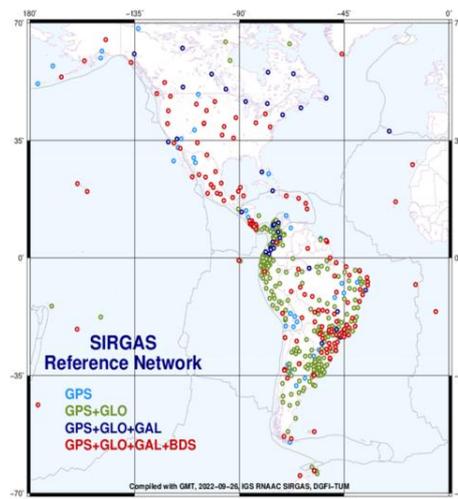


Fig. 2 - Estações GNSS que compõem a rede SIRGAS. Fonte: <https://sirgas.ipgh.org/>

O SIRGAS também colabora com a produção e difusão de dados e informações referentes às componentes gravimétricas e altimétrica. Estações relativas e absolutas da gravidade (Fig. 3) desempenha precípuo papel para a materialização do Referencial Internacional para as Altitudes (*International Height Reference Frame* - IHRF) e para o estabelecimento do Referencial Internacional de Gravidade Terrestre (*International Terrestrial Gravity Reference Frame* - ITGRF).

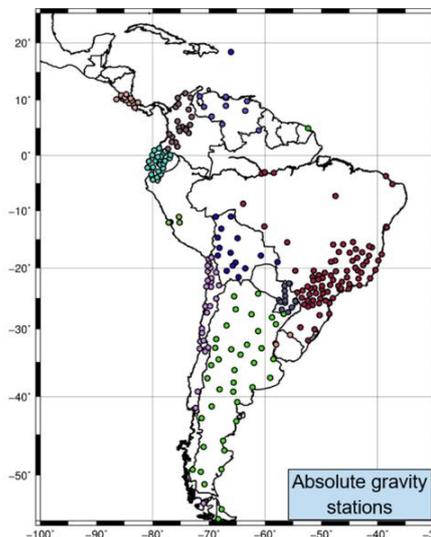


Fig. 3 - Estações absolutas da gravidade na América Latina.

### 3.1.2 Aprimorando o segmento de análises

As informações geradas pelos segmentos espacial e terrestre necessitam serem manipuladas, processadas e analisadas. Torna-se então imprescindível um segmento de análise com pessoas capacitadas a exercerem tais tarefas. Logo, a formação de recursos humanos seja a nível de graduação e pós-graduação é de suma importância para que a Geodésia colabore para o desenvolvimento sustentável. Acrescenta-se ainda o estímulo aos jovens cientistas na participação e inserção das atividades geodésicas. Neste sentido, a promoção de capacitações, cursos e eventos, a nível nacional e internacional, organizadas desde por instituições de pesquisa até associações internacionais é uma ação que deve ser regular e duradoura ao longo do tempo.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Geodésia que sempre se preocupou com três pilares: determinar a forma e dimensão do planeta, os parâmetros de orientação da Terra no espaço e as variações temporais do campo de gravidade, atualmente exerce papel fundamental em outros três aspectos: questões ambientais, sociais e econômicas. Isto é possível graças aos recentes esforços para o estabelecimento em manutenção de uma infraestrutura geodésica voltada para o desenvolvimento sustentável, além das mudanças que ocorrem no planeta.

Para que seja possível seguir esta direção, além de intensificar os esforços em regiões carentes de informação geodésica é necessário destacar três personagens. O primeiro é a governança, seja a nível daqueles que tomam decisões políticas e legislativas para garantir financiamento e recursos até governança nas instituições técnicas e científicas para planejamento e execução das atividades. A partir do conhecimento (importância da Geodésia para desenvolvimento sustentável) decisões poderão ser tomadas e melhorias poderão ser alcançadas. O segundo é a tecnologia. A inovação tecnológica poderá proporcionar maior quantidade de dados devendo ser organizado de forma padronizada e aberto à comunidade. Por fim, recursos humanos que atuem de forma engajada para difusão da temática, bem como participação e envolvimento na capacitação de outras pessoas, além de parcerias, sobretudo envolvendo aqueles que detêm um melhor conhecimento dos assuntos geodésicos.

### AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro (Processo: 406083/2021-5).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOCK, Y.; MELGAR, D. Physical applications of GPS geodesy: a review. **Reports on Progress in Physics**, v. 79, n. 10, p. 106801, 1 out. 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-59745-9>

CHEN, J. et al. Groundwater Storage Changes: Present

Status from GRACE Observations. **Surv Geophys** 37, 397–417 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10712-015-9332-4>

GUIMARÃES, G. N. et al. O Estabelecimento do IHRF no Brasil: Situação Atual e Perspectivas Futuras. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 3, p. 651–670, 5 set. 2022. <https://doi.org/10.14393/rbcv74n3-64949>

HERNÁNDEZ-PAJARES, M. et al. The ionosphere: effects, GPS modeling and the benefits for space geodetic techniques. **Journal of Geodesy**, v. 85, n. 12, p. 887–907, 11 dez. 2011. <https://doi.org/10.1007/s00190-011-0508-5>

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEODESY. **Welcome to the International Association of Geodesy**. Disponível em [www.iag-aig.org](http://www.iag-aig.org). Acesso: 20 de setembro 2023.

MEYSSIGNAC, B.; CAZENAVE, A. Sea level: A review of present-day and recent-past changes and variability. **Journal of Geodynamics**, v. 58, p. 96–109, Jul. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.03.005>

ONU. **A global geodetic reference frame for sustainable development. Resolution adopted by the General Assembly on 26 February 2015**, 2015.

PLAG, H.-P.; PEARLMAN, M. (EDS.). **Global Geodetic Observing System**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009.

RUMMEL, R. et al. (EDS.). **Towards an Integrated Global Geodetic Observing System (IGGOS)**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2000. v. 120

SÁNCHEZ, L. et al. Strategy for the realisation of the International Height Reference System (IHRs). **Journal of Geodesy**, v. 95, n. 3, p. 33, 22 mar. 2021. <https://doi.org/10.1007/s00190-021-01481-0>

SÁNCHEZ, L., DREWES, H. Geodetic Monitoring of the Variable Surface Deformation in Latin America. In: Freymueller, J.T., Sánchez, L. (eds) **Beyond 100: The Next Century in Geodesy. International Association of Geodesy Symposia**, vol 152. Springer, 2020 [https://doi.org/10.1007/1345\\_2020\\_91](https://doi.org/10.1007/1345_2020_91)

TEKE, K. et al. Troposphere delays from space geodetic techniques, water vapor radiometers, and numerical weather models over a series of continuous VLBI campaigns. **Journal of Geodesy**, v. 87, n. 10–12, p. 981–1001, 10 nov. 2013. <https://doi.org/10.1007/s00190-013-0662-z>

TORGE, W.; MÜLLER, J. **Geodesy**. [s.l.] DE GRUYTER, 2012.

WOUTERS, B.; GARDNER, A. S.; MOHOLDT, G. Global Glacier Mass Loss During the GRACE Satellite Mission (2002-2016). **Frontiers in Earth Science**, v. 7, 21 maio 2019. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00096>

# DA CIÊNCIA BÁSICA À INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA GEODÉSIA: UM PASSEIO PELA REFLETOMETRIA VIA SATÉLITE

Felipe  
Geremia Nievinski<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul – Instituto de  
Geociências – Departamento de  
Geodésia –  
felipe.nievinski@ufrgs.br

## RESUMO

Sistemas de satélites globais como o GPS e outros GNSS similares foram projetados inicialmente para posicionamento, navegação e cronometria. Posteriormente, se provaram úteis para o monitoramento ambiental, destacando-se o sensoriamento remoto geodésico da atmosfera, neutra e ionizada, explorando o fenômeno da refração. A reflexão também pode ser explorada, através da técnica de Refletometria via Satélites de Navegação (GNSS-R). Trata-se de um tipo de radar parasítico (GEREMIA-NIEVINSKI, 2023) ou uma forma de sensoriamento remoto fortuito, que explora ondas de rádio (mais especificamente, microondas) transmitidas para outros propósitos por constelações de satélites GPS, GLONASS, GALILEO, e BeiDou. O equipamento do usuário é passivo, composto de uma antena que apenas recebe, e não transmite. Através do espalhamento da radiação eletromagnética, a técnica permite mensurar diversas propriedades do alvo refletor, como a altimetria da água bem como o estado de agitação das ondas pelo vento. A configuração passiva ou parasítica implica em baixo consumo energético, o que por sua vez possibilita a miniaturização dos componentes e a consequente redução de custo na fabricação, instalação e manutenção. Pode ser empregado em plataformas terrestres, aéreas ou até mesmo orbitais. A operação à distância permite o abrigo do instrumento contra danos pela própria subida do nível da água, além de protegê-lo contra furto e vandalismo. Nos últimos anos, o Grupo de Pesquisa em Satélites de Navegação (Lab-GNSS) da UFRGS desenvolveu um instrumento completo de Refletometria GNSS para emprego em plataformas terrestres, aplicado ao monitoramento do nível da água ou limimetria. O instrumental é baseado em sistemas legados para medição da espessura da neve desenvolvidos no Laboratório de Radiofrequência e Navegação Satelital da Universidade do Colorado Boulder (EUA). A validação comparativa com linímetros convencionais, do tipo radar ativo, confirmou o alcance de uma precisão de ordem centimétrica. O design desse instrumento foi disponibilizado publicamente como hardware e software aberto (FAGUNDES et al., 2021a). Posteriormente, colaboradores na Universidade de Bonn (Alemanha) desenvolveram uma versão modificada (FONSECA, 2022). Há poucos anos, foi iniciada a incubação de uma startup no parque tecnológico da UFRGS, co-fundada por pós-graduandos e graduandos ligados ao Lab-GNSS (FAGUNDES et al., 2021b). Foram implementadas melhorias no instrumental, que era originalmente uma versão desconectada (offline), visando ao seu uso operacional. Mais especificamente, foi desenvolvida uma nova versão, conectada, sob o modelo Internet-das-Coisas (IoT), com capacidade de telemetria via rede celular. Testes confirmaram a viabilidade na operação em tempo real, incluindo autonomia energética com uso de painéis solares. Também foi demonstrada a automação no processamento de dados brutos GNSS para cálculo do nível da água em ambiente de nuvem computacional. O desenvolvimento culminou na disponibilização dos resultados para o usuário final em um painel de controle com interface gráfica amigável na Internet. Tal serviço vem sendo demonstrado gradualmente em provas de conceito junto a empresas e órgãos governamentais nas esferas municipal, estadual e federal.

**Palavras chaves:** GPS, GNSS, sensoriamento remoto, limimetria.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAGUNDES, M.; YAMAWAKI, M.; ALMEIDA JUNIOR, V.H.; LEIPELT, D.; TINTI, I.; GEREMIA-NIEVINSKI, FELIPE (2021b), “TIDESAT – uma startup de sensoriamento remoto geodésico”. **Anais do Seminário Anual de Pesquisas em Geodésia da UFRGS** (10. : 2021. : Porto Alegre, RS).
- FAGUNDES, M.A.R., MENDONÇA-TINTI, I., IESCHECK, A.L.; D. M. AKOS; F. GEREMIA-NIEVINSKI (2021a). An open-source low-cost sensor for SNR-based GNSS reflectometry: design and long-term validation towards sea-level altimetry. **GPS Solutions** 25:73. DOI:10.1007/s10291-021-01087-1
- FONSECA, F. (2022), Novo método para monitorar nível dos rios é avanço para alerta de enchente, **Correio Brasileiro**, Brasília, 05/12/2022. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/ciencia-e-saude/2022/12/5056262-novo-metodo-para-monitorar-nivel-dos-rios-e-avanco-para-alerta-de-enchente.html>
- GEREMIA-NIEVINSKI, F. (2023). Low-Cost Ground-Based GNSS Reflectometry. In: Sideris, M.G. (eds) **Encyclopedia of Geodesy**. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. DOI:10.1007/978-3-319-02370-0\_175-1

FOTO DO BANNER  
DE DIVULGAÇÃO DO EVENTO



