



Aula prática 1

Cálculo de modelo geoidal

Tiago Lima Rodrigues

2025

1. Preparação dos dados

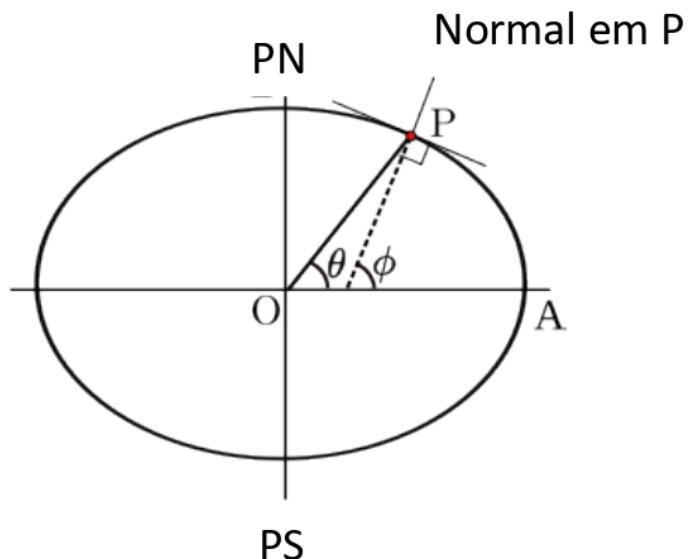
ID	LATITUDE (°) - tide free	LATITUDE GEOCÉNTRICA (°) - tide free	LONGITUDE (°) - tide free	h (m) - tide free	H (m) - zero tide	H MDS (m) - zero tide	g (mGal) - mean tide	Correção atmosférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (Mgal) - zero tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - mean tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - zero tide	Anomalia de gravidade livre (mGal) - zero tide	Ct (mGal)	Anomalia de gravidade de Helmert (mGal) - zero tide			FONTE
																INSTITUICAO		
1	-25.5167556	-25.3674589	-49.1198662	904.4351	901.0751	350.9792	978777.1525	0.7877	978777.9402	978777.9539	978991.5587	978991.5724	64.3944	0.122759	64.5171588	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
2	-25.5470783	-25.3976535	-49.0490649	922.4376	919.3276	373.9090	978776.6075	0.7860	978777.3935	978777.4071	978993.6876	978993.7012	67.3491	0.038793	67.38789258	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
3	-25.4913997	-25.3422103	-48.9967520	963.8742	961.0942	360.6812	978767.1830	0.7822	978767.9652	978767.9788	978989.7799	978989.7936	74.712	0.062284	74.77428383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
4	-25.4382415	-25.2892774	-49.0141729	938.4872	935.6272	449.5136	978764.7232	0.7845	978765.5077	978765.5215	978986.0548	978986.0686	68.124	0.060264	68.18426383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
5	-25.4395725	-25.2906028	-49.0990577	886.2281	882.9281	341.2621	978781.1751	0.7894	978781.9645	978781.9782	978986.1480	978986.1618	68.2315	0.072926	68.30442608	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
6	-25.3863656	-25.2376219	-48.9662680	930.6714	928.0914	341.2621	978780.9040	0.7852	978781.6892	978781.7030	978982.4250	978982.4389	85.6107	0.080035	85.69073492	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
7	-25.2760625	-25.1277889	-49.0675005	937.6045	934.5745	389.6981	978757.7070	0.7846	978758.4916	978758.5056	978974.7250	978974.7390	72.1129	0.120689	72.23358942	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
8	-25.2154636	-25.0674492	-49.0141805	849.0619	846.3519	346.9181	978764.4700	0.7928	978764.2628	978764.2768	978970.5051	978970.5192	54.8899	0.066454	54.95635398	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
9	-25.1183212	-24.9707237	-49.0350451	961.3011	958.5611	270.3499	978728.7600	0.7824	978729.5424	978729.5565	978963.7559	978963.7701	61.5318	0.244494	61.77629358	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
10	-25.1252080	-24.9775808	-48.9391888	850.5360	848.2660	421.4760	978750.9440	0.7926	978751.7366	978751.7507	978964.2338	978964.2479	49.2255	0.051392	49.27689224	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
11	-25.1476982	-24.9999744	-48.9046076	805.7978	803.6878	376.0854	978763.2380	0.7967	978764.0347	978764.0489	978965.7950	978965.8091	46.211	0.066122	46.27712227	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
12	-25.5747562	-25.4252146	-48.9865687	924.9535	922.1635	204.8939	978778.8500	0.7857	978779.6357	978779.6493	978995.6324	978995.6460	68.5213	0.085617	68.60691682	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
13	-25.5969386	-25.4473034	-48.9016123	726.1808	723.9908	207.3442	978824.0760	0.8042	978824.8802	978824.8938	978997.1922	978997.2058	51.0735	0.122797	51.1962975	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
14	-25.5563436	-25.4068797	-48.8224992	83.4106	81.9406	274.6605	978947.0900	0.8659	978947.9559	978947.9695	978994.3385	978994.3521	-21.0962	0.064007	-21.03219323	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
15	-25.5274622	-25.3781203	-48.9020214	123.8594	121.8094	269.6277	978932.6990	0.8620	978933.5610	978933.5746	978992.3102	978992.3238	-21.1599	0.152747	-21.00715308	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
16	-25.5071518	-25.3578958	-48.8854001	69.3775	67.4675	238.9445	978942.2250	0.8673	978943.0923	978943.1060	978990.8848	978990.8985	-26.9723	0.034033	-26.93826693	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
17	-25.4248201	-25.2759130	-48.9192415	230.3077	228.1177	235.4876	978891.1730	0.8516	978892.0246	978892.0384	978985.1152	978985.1290	-22.6972	0.045073	-22.65212743	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
18	-25.0342464	-24.8870111	-48.9741983	1024.6827	1022.3527	219.2957	978712.9490	0.7765	978713.7255	978713.7398	978957.9301	978957.9443	71.2177	0.065975	71.28367523	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
19	-24.9749915	-24.8280122	-48.9087504	869.6654	867.8854	219.2957	978736.8320	0.7908	978737.6228	978737.6371	978953.8327	978953.8470	51.5649	0.068418	51.63331827	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
20	-25.0138265	-24.8666793	-48.8172654	806.0499	804.5399	234.5607	978743.3060	0.7967	978744.1027	978744.1169	978956.5172	978956.5315	35.8195	0.03214	35.85163953	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
21	-25.0752833	-24.9278710	-48.8708693	782.8227	780.9427	246.9633	978754.0260	0.7989	978754.8249	978754.8391	978960.7719	978960.7861	35.0077	0.087818	35.09551843	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
22	-25.0699053	-24.9225162	-48.7688174	633.4056	632.0556	192.4918	978787.5210	0.8129	978788.3339	978788.3481	978960.3993	978960.4135	22.958	0.147869	23.10586867	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
23	-24.9261219	-24.7793542	-48.9088410	974.5440	972.9440	192.4918	978725.6760	0.7811	978726.4571	978726.4714	978950.4588	978950.4732	76.1802	0.147869	76.32806867	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
24	-24.8840634	-24.7374781	-48.8938696	894.4434	893.0634	219.2957	978725.5180	0.7884	978726.3064	978726.3209	978947.5590	978947.5735	54.2889	0.070868	54.3597679	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	
25	-24.8953026	-24.7486686	-48.7892489	1000.3434	999.2634	346.9124	978706.4650	0.7786	978707.2436	978707.2581	978948.3336	978948.3480	67.2104	0.103869	67.31426883	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro	

1. Preparação dos dados



ID	LATITUDE (°) - tide free	LATITUDE GEOCÉNTRICA (°) - tide free	LONGITUDE (°) - tide free	h (m) - tide free	H (m) - zero tide	H MDS (m) - zero tide	g (mGal) - mean tide	Correção atmosférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (Mgal) - mean tide	g com correção atmosférica (Mgal) - zero tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - mean tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - zero tide	Anomalia de gravidade ar livre (mGal) - zero tide	Ct (mGal)	Anomalia de gravidade de Helmert (mGal) - zero tide	INSTITUICAO	FONTE
1	-25.5167556	-25.3674589	-49.1198662	904.4351	901.0751	350.9792	978777.1525	0.7877	978777.9402	978777.9539	978991.5587	978991.5724	64.3944	0.122759	64.5171588	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
2	-25.5470783	-25.3976535	-49.0490649	922.4376	919.3276	373.9090	978776.6075	0.7860	978777.3935	978777.4071	978993.6876	978993.7012	67.3491	0.038793	67.38789258	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
3	-25.4913997	-25.3422103	-48.9967520	963.8742	961.0942	360.6812	978767.1830	0.7822	978767.9652	978767.9788	978989.7799	978989.7936	74.712	0.062284	74.77428383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
4	-25.4382415	-25.2892774	-49.0141729	938.4872	935.6272	449.5136	978764.7232	0.7845	978765.5077	978765.5215	978986.0548	978986.0686	68.124	0.060264	68.18426383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
5	-25.4395725	-25.2906028	-49.0990577	886.2281	882.9281	341.2621	978781.1751	0.7894	978781.9645	978781.9782	978986.1480	978986.1618	68.2315	0.072926	68.30442608	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro

$$\tan \theta = (1 - e^2) \tan \varphi$$



1. Preparação dos dados



ID	LATITUDE (°) - tide free	LATITUDE GEOCÉNTRICA (°) - tide free	LONGITUDE (°) - tide free	h (m) - tide free	H (m) - zero tide	H MDS (m) - zero tide	g (mGal) - mean tide	Correção atmosférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (Mgal) - zero tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - mean tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - zero tide	Anomalia de gravidade ar livre (mGal) - zero tide	Ct (mGal)	Anomalia de gravidade de Helmert (mGal) - zero tide	INSTITUICAO	FONTE
1	-25.5167556	-25.3674589	-49.1198662	904.4351	901.0751	350.9792	978777.1525	0.7877	978777.9402	978777.9539	978991.5587	978991.5724	64.3944	0.122759	64.5171588	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
2	-25.5470783	-25.3976535	-49.0490649	922.4376	919.3276	373.9090	978776.6075	0.7860	978777.3935	978777.4071	978993.6876	978993.7012	67.3491	0.038793	67.38789258	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
3	-25.4913997	-25.3422103	-48.9967520	963.8742	961.0942	360.6812	978767.1830	0.7822	978767.9652	978767.9788	978989.7799	978989.7936	74.712	0.062284	74.77428383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
4	-25.4382415	-25.2892774	-49.0141729	938.4872	935.6272	449.5136	978764.7232	0.7845	978765.5077	978765.5215	978986.0548	978986.0686	68.124	0.060264	68.18426383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
5	-25.4395725	-25.2906028	-49.0990577	886.2281	882.9281	341.2621	978781.1751	0.7894	978781.9645	978781.9782	978986.1480	978986.1618	68.2315	0.072926	68.30442608	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro

$$C_{ATM} = 0.8658 - 9.727 \times 10^{-5}H + 3.482 \times 10^{-9}H^2$$

1. Preparação dos dados



ID	LATITUDE (°) - tide free	LATITUDE GEOCÉNTRICA (°) - tide free	LONGITUDE (°) - tide free	h (m) - tide free	H (m) - zero tide	H MDS (m) - zero tide	g (mGal) - mean tide	Correção atmosférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (Mgal) - mean tide	g com correção atmosférica (Mgal) - zero tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - mean tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - zero tide	Anomalia de gravidade ar livre (mGal) - zero tide	Ct (mGal)	Anomalia de gravidade de Helmert (mGal) - zero tide	INSTITUICAO	FONTE
1	-25.5167556	-25.3674589	-49.1198662	904.4351	901.0751	350.9792	978777.1525	0.7877	978777.9402	978777.9539	978991.5587	978991.5724	64.3944	0.122759	64.5171588	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
2	-25.5470783	-25.3976535	-49.0490649	922.4376	919.3276	373.9090	978776.6075	0.7860	978777.3935	978777.4071	978993.6876	978993.7012	67.3491	0.038793	67.38789258	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
3	-25.4913997	-25.3422103	-48.9967520	963.8742	961.0942	360.6812	978767.1830	0.7822	978767.9652	978767.9788	978989.7799	978989.7936	74.712	0.062284	74.77428383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
4	-25.4382415	-25.2892774	-49.0141729	938.4872	935.6272	449.5136	978764.7232	0.7845	978765.5077	978765.5215	978986.0548	978986.0686	68.124	0.060264	68.18426383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
5	-25.4395725	-25.2906028	-49.0990577	886.2281	882.9281	341.2621	978781.1751	0.7894	978781.9645	978781.9782	978986.1480	978986.1618	68.2315	0.072926	68.30442608	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro

$$\gamma_{GRS80} = 9,780327(1 + 0,0052790414 \operatorname{sen}^2\varphi + 0,0000232718 \operatorname{sen}^4\varphi + 0,0000001262 \operatorname{sen}^6\varphi + 0,0000000007 \operatorname{sen}^8\varphi) \text{ [m/s}^2\text{]}$$

1. Preparação dos dados



ID	LATITUDE (°) - tide free	LATITUDE GEOCÉNTRICA (°) - tide free	LONGITUDE (°) - tide free	h (m) - tide free	H (m) - zero tide	H MDS (m) - zero tide	g (mGal) - mean tide	Correção atmosférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (Mgal) - zero tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - mean tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - zero tide	Anomalia de gravidade ar livre (mGal) - zero tide	Ct (mGal)	Anomalia de gravidade de Helmert (mGal) - zero tide	INSTITUICAO	FONTE
1	-25.5167556	-25.3674589	-49.1198662	904.4351	901.0751	350.9792	978777.1525	0.7877	978777.9402	978777.9539	978991.5587	978991.5724	64.3944	0.122759	64.5171588	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
2	-25.5470783	-25.3976535	-49.0490649	922.4376	919.3276	373.9090	978776.6075	0.7860	978777.3935	978777.4071	978993.6876	978993.7012	67.3491	0.038793	67.38789258	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
3	-25.4913997	-25.3422103	-48.9967520	963.8742	961.0942	360.6812	978767.1830	0.7822	978767.9652	978767.9788	978989.7799	978989.7936	74.712	0.062284	74.77428383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
4	-25.4382415	-25.2892774	-49.0141729	938.4872	935.6272	449.5136	978764.7232	0.7845	978765.5077	978765.5215	978986.0548	978986.0686	68.124	0.060264	68.18426383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
5	-25.4395725	-25.2906028	-49.0990577	886.2281	882.9281	341.2621	978781.1751	0.7894	978781.9645	978781.9782	978986.1480	978986.1618	68.2315	0.072926	68.30442608	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro

$$\gamma_{\text{maré zero}} = \gamma_{\text{maré médio}} + 30,4 - 91,2 \operatorname{sen}^2 \theta \quad [\mu\text{Gal}]$$

ID	LATITUDE (°) - tide free	LATITUDE GEOCÉNTRICA (°) - tide free	LONGITUDE (°) - tide free	h (m) - tide free	H (m) - zero tide	H MDS (m) - zero tide	g (mGal) - mean tide	Correção atmoférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (Mgal)- zero tide	gravidade normal no elipsoide (mGal) - mean tide	gravidade normal no elipsoide (mGal) - zero tide	Anomalia de gravidade livre (mGal) - zero tide	Ct (mGal)	Anomalia de gravidade de Helmert (mGal) - zero tide	INSTITUICAO	FONTE
1	-25.5167556	-25.3674589	-49.1198662	904.4351	901.0751	350.9792	978777.1525	0.7877	978777.9402	978777.9539	978991.5587	978991.5724	64.3944	0.122759	64.5171588	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
2	-25.5470783	-25.3976535	-49.0490649	922.4376	919.3276	373.9090	978776.6075	0.7860	978777.3935	978777.4071	978993.6876	978993.7012	67.3491	0.038793	67.38789258	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
3	-25.4913997	-25.3422103	-48.9967520	963.8742	961.0942	360.6812	978767.1830	0.7822	978767.9652	978767.9788	978989.7799	978989.7936	74.712	0.062284	74.77428383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
4	-25.4382415	-25.2892774	-49.0141729	938.4872	935.6272	449.5136	978764.7232	0.7845	978765.5077	978765.5215	978986.0548	978986.0686	68.124	0.060264	68.18426383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
5	-25.4395725	-25.2906028	-49.0990577	886.2281	882.9281	341.2621	978781.1751	0.7894	978781.9645	978781.9782	978986.1480	978986.1618	68.2315	0.072926	68.30442608	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro

$$C_t \approx \sum_{i=1}^{n-1} \frac{G\rho}{2} \frac{(H_i - H_P)^2}{l_{0i}^3} res^2 - \frac{3G\rho}{8} \frac{(H_i - H_P)^4}{l_{0i}^5} res^2$$

```
% Importando o MDE
H = double(imread('MDS_MERIT_SRTM15PLUS_900m_fill.tif'));
[lin,col]=size(H);
```

Nome do arquivo do MDE com extensão .tif


```
% Coordenadas geodésicas das estações de cálculo
Pontos=load('Pontos_grav.txt');
```

Nome do arquivo contendo os pontos de cálculo da correção do terreno em .txt (formato na Figura 4)


```
% Resolução
res=0.0083333333333333868; % Resolução do MDE em °
raio_integracao=100000; % raio de integração em metros
```

Resolução espacial do MDE em ° e raio de integração em metros


```
% Coordenadas geodésicas do canto superior esquerdo do primeiro pixel da imagem no canto NW
latN=-21.250416666666663-(res/2); % latN
lonW=-55.74958333333337+(res/2); % longW
```

Coordenadas geodésicas do canto NW da imagem

1. Preparação dos dados



ID	LATITUDE (°) - tide free	LATITUDE GEOCÉNTRICA (°) - tide free	LONGITUDE (°) - tide free	h (m) - tide free	H (m) - zero tide	H MDS (m) - zero tide	g (mGal) - mean tide	Correção atmosférica (mGal) - mean tide	g com correção atmosférica (Mgal) - mean tide	g com correção atmosférica (Mgal) - zero tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - mean tide	gravidade normal no elispoide (mGal) - zero tide	Anomalia de gravidade livre (mGal) - zero tide	Ct (mGal)	Anomalia de gravidade de Helmert (mGal) - zero tide	INSTITUICAO	FONTE
1	-25.5167556	-25.3674589	-49.1198662	904.4351	901.0751	350.9792	978777.1525	0.7877	978777.9402	978777.9539	978991.5587	978991.5724	64.3944	0.122759	64.5171588	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
2	-25.5470783	-25.3976535	-49.0490649	922.4376	919.3276	373.9090	978776.6075	0.7860	978777.3935	978777.4071	978993.6876	978993.7012	67.3491	0.038793	67.38789258	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
3	-25.4913997	-25.3422103	-48.9967520	963.8742	961.0942	360.6812	978767.1830	0.7822	978767.9652	978767.9788	978989.7799	978989.7936	74.712	0.062284	74.77428383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
4	-25.4382415	-25.2892774	-49.0141729	938.4872	935.6272	449.5136	978764.7232	0.7845	978765.5077	978765.5215	978986.0548	978986.0686	68.124	0.060264	68.18426383	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro
5	-25.4395725	-25.2906028	-49.0990577	886.2281	882.9281	341.2621	978781.1751	0.7894	978781.9645	978781.9782	978986.1480	978986.1618	68.2315	0.072926	68.30442608	DGEOM_TIAGO LIMA RODRIGUES	Gravímetro

$$\Delta g_H = g - \gamma_0 + F + C_t$$

2. Etapa Remove

LATITUDE (°) - tide free	LONGITUDE (°) - tide free	H (m) - zero tide	Anomalia de gravidade de Helmert (mGal) - zero tide	Anomalia de gravidade GOCO06s até 300 (mGal)	Efeito indireto em Anomalia de gravidade de Helmert (mGal)	Anomalia de gravidade residual (mGal)
-25.51675557	-49.11986617	901.0751	64.5172	41.4012	-0.0021	23.1139
-25.54707832	-49.04906494	919.3276	67.3879	36.1392	-0.0025	31.2487
-25.49139968	-48.99675202	961.0942	74.7742	31.8169	-0.0023	42.9573
-25.43824147	-49.01417292	935.6272	68.1842	32.9337	-0.0035	35.2505
-25.43957250	-49.09905768	882.9281	68.3045	39.3425	-0.0020	28.9620
-25.38636558	-48.96626805	928.0914	85.6907	28.7391	-0.0020	56.9516
-25.27606252	-49.06750046	934.5745	72.2336	35.1034	-0.0026	37.1302
-25.21546361	-49.01418051	846.3519	54.9564	30.6964	-0.0021	24.2600
-25.11832123	-49.03504505	958.5611	61.7763	31.2556	-0.0014	30.5207
-25.12520796	-48.93918875	848.2660	49.2769	24.8599	-0.0032	24.4170
-25.14769816	-48.90460764	803.6878	46.2771	22.4989	-0.0025	23.7782
-25.57475621	-48.98656866	922.1635	68.6069	30.9585	-0.0008	37.6484
-25.59693855	-48.90161231	723.9908	51.1963	23.5261	-0.0008	27.6702
-25.55634358	-48.82249921	81.9406	-21.0322	16.9569	-0.0013	-37.9891
-25.52746224	-48.90202145	121.8094	-21.0071	23.8647	-0.0014	-44.8718
-25.50715178	-48.88540014	67.4675	-26.9383	22.4666	-0.0010	-49.4049
-25.42482012	-48.91924150	228.1177	-22.6522	25.1500	-0.0010	-47.8022
-25.03424644	-48.97419828	1022.3527	71.2837	27.0420	-0.0009	44.2417
-24.97499147	-48.90875042	867.8854	51.6333	23.0893	-0.0009	28.5440
-25.01382652	-48.81726544	804.5399	35.8516	16.9195	-0.0010	18.9321
-25.07528326	-48.87086931	780.9427	35.0955	20.1537	-0.0011	14.9418
-25.06990534	-48.76881738	632.0556	23.1059	13.2582	-0.0007	9.8477
-24.92612195	-48.90884103	972.9440	76.3280	23.4754	-0.0007	52.8526
-24.88406338	-48.89386957	893.0634	54.3598	23.0194	-0.0009	31.3404

$$\Delta gr_{es} = \Delta gF - \Delta gn^{\max} + C_t + \delta \Delta g_{EI}$$

LATITUDE ($^{\circ}$) - tide free	LONGITUDE ($^{\circ}$) - tide free	H (m) - zero tide	Anomalia de gravidade de Helmert (mGal) - zero tide	Anomalia de gravidade GOCO06s até 300 (mGal)	Efeito indireto em Anomalia de gravidade de Helmert (mGal)	Anomalia de gravidade residual (mGal)
-25.51675557	-49.11986617	901.0751	64.5172	41.4012	-0.0021	23.1139
-25.54707832	-49.04906494	919.3276	67.3879	36.1392	-0.0025	31.2487
-25.49139968	-48.99675202	961.0942	74.7742	31.8169	-0.0023	42.9573
-25.43824147	-49.01417292	935.6272	68.1842	32.9337	-0.0035	35.2505
-25.43957250	-49.09905768	882.9281	68.3045	39.3425	-0.0020	28.9620
-25.38636558	-48.96626805	928.0914	85.6907	28.7391	-0.0020	56.9516
-25.27606252	-49.06750046	934.5745	72.2336	35.1034	-0.0026	37.1302



Model selection

Longtime Model

- GOCO05S
- GOCO05c
- GOCO05s
- GOCO06s**
- GOGRA02S
- GOGRA04S
- GOSG01S
- GOSG02S
- GO_CONS_GCF_2_DIR_R1
- GO_CONS_GCF_2_DIR_R2
- GO_CONS_GCF_2_DIR_R3
- GO_CONS_GCF_2_DIR_R4
- GO_CONS_GCF_2_DIR_R5

Functional selection (one or more or all functionals can be selected at the same time)

- height_anomaly
- height_anomaly_ell
- geoid
- gravity_disturbance
- gravity_disturbance_sa
- gravity_anomaly
- gravity_anomaly_sa**
- gravity_anomaly_bg
- gravitation



Spherical approximation of the gravity anomaly means that the real gradient (direction of the plumbline) is replaced by its radial component.
Here it is computed on the ellipsoid ($h=0$).
(eqs. 100 or 104 and 126 of STR09/02)

Low-pass filtering by (gently) truncating the model (more details)

Start Gentle Cut: 300 Maximum Degree : 300

User-Defined Points



select the format of the coordinates in your data file: Lat Lon Height

and upload your file: Escolher arquivo Pontos_grav.txt

⇒ up to 1000 randomly selected points of your set are shown in the map

Reference System: GRS80

Radius: 6378137.0

Flat: 298.257222101

Gm: 3.986005e+14

Omega: 7.292115e-5

Tide System: zero tide

Zero Degree Term

Gaussian Filter (more details)

None

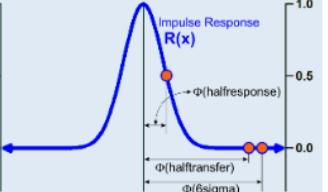
Half response

Half transfer

6 Sigma

Filter Length: 1.0 [Degree]

Definitions of the Filterlength Φ



LATITUDE (°) - tide free	LONGITUDE (°) - tide free	H (m) - zero tide	Anomalia de gravidade de Helmert (mGal) - zero tide	Anomalia de gravidade GOCO06s até 300 (mGal)	Efeito indireto em Anomalia de gravidade de Helmert (mGal)	Anomalia de gravidade residual (mGal)
-25.51675557	-49.11986617	901.0751	64.5172	41.4012	-0.0021	23.1139
-25.54707832	-49.04906494	919.3276	67.3879	36.1392	-0.0025	31.2487
-25.49139968	-48.99675202	961.0942	74.7742	31.8169	-0.0023	42.9573
-25.43824147	-49.01417292	935.6272	68.1842	32.9337	-0.0035	35.2505
-25.43957250	-49.09905768	882.9281	68.3045	39.3425	-0.0020	28.9620
-25.38636558	-48.96626805	928.0914	85.6907	28.7391	-0.0020	56.9516
-25.27606252	-49.06750046	934.5745	72.2336	35.1034	-0.0026	37.1302

$$\delta V \approx -\pi G \rho H_p^2 - \frac{G \rho}{6} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{H_i^3 - H_p^3}{l_{0i}^3} res^2 + \frac{3G \rho}{40} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{H_i^5 - H_p^5}{l_{0i}^5} res^2 \quad [m^2/s^2]$$

$$\delta \Delta g_{EI} = \frac{1}{\gamma_0} (0,3086 \delta V - 7,25 \times 10^{-8} \delta V^2) \quad [mGal]$$

```
% Importando o MDE
H = double(imread('MDS_MERIT_SRTM15PLUS_900m_fill.tif'));
[lin,col]=size(H);
```

Nome do arquivo do MDE com extensão .tif


```
% Coordenadas geodésicas das estações de cálculo
Pontos=load('Pontos_grav.txt');
```

Nome do arquivo contendo os pontos de cálculo da correção do terreno em .txt (formato na Figura 4)


```
% Resolução
res=0.0083333333333333868; % Resolução do MDE em °
raio_integracao=100000; % raio de integração em metros
```

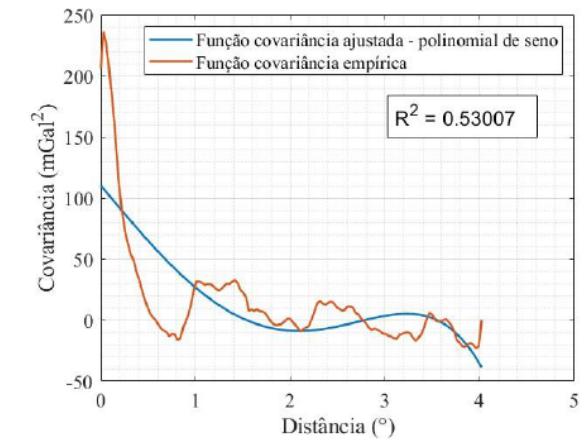
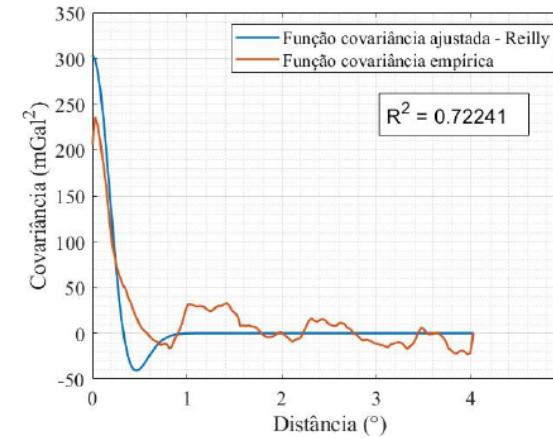
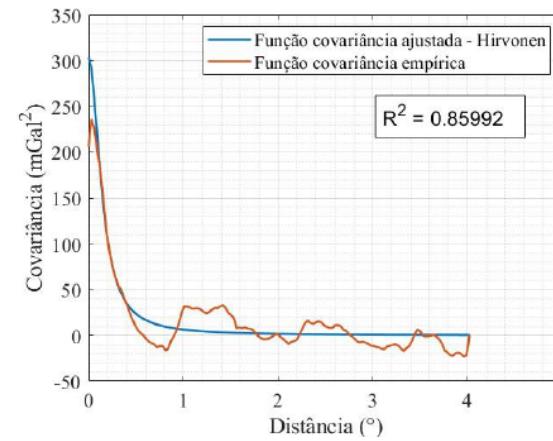
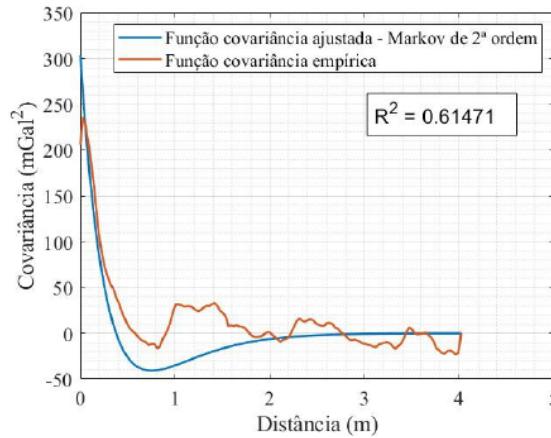
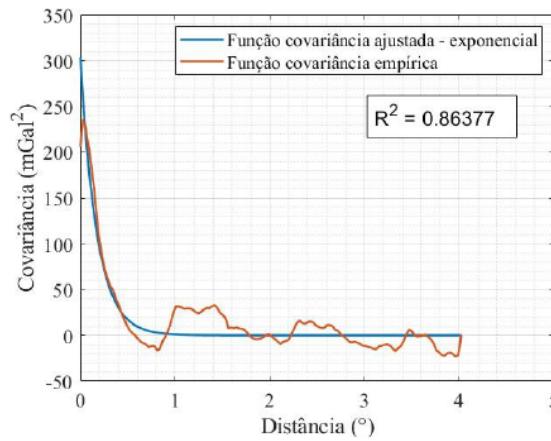
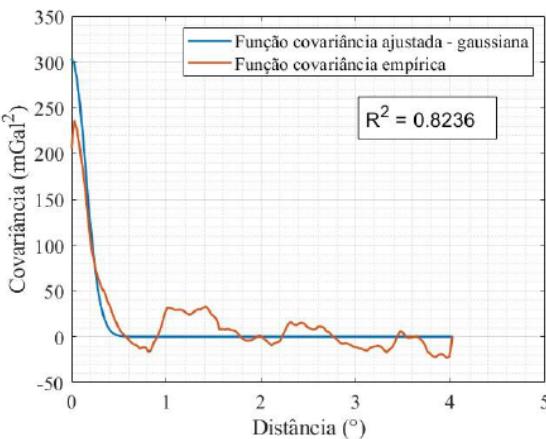
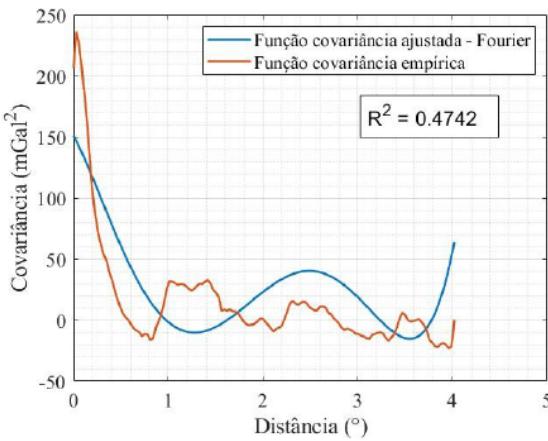
Resolução espacial do MDE em ° e raio de integração em metros


```
% Coordenadas geodésicas do canto superior esquerdo do primeiro pixel da imagem no canto NW
latN=-21.2504166666666663-(res/2); % latN
lonW=-55.7495833333333337+(res/2); % longW
```

Coordenadas geodésicas do canto NW da imagem

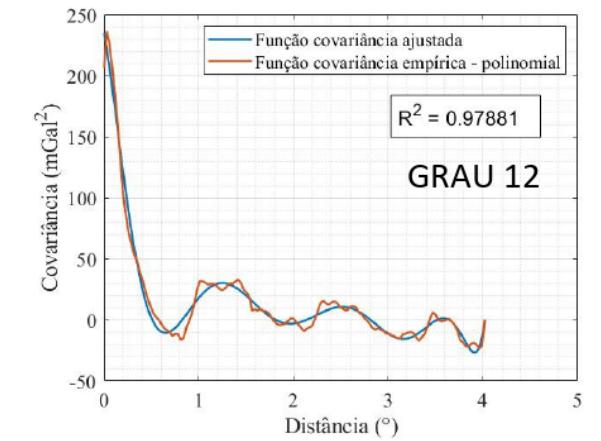
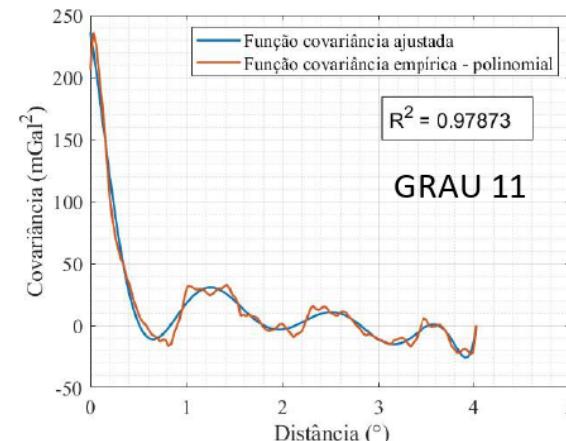
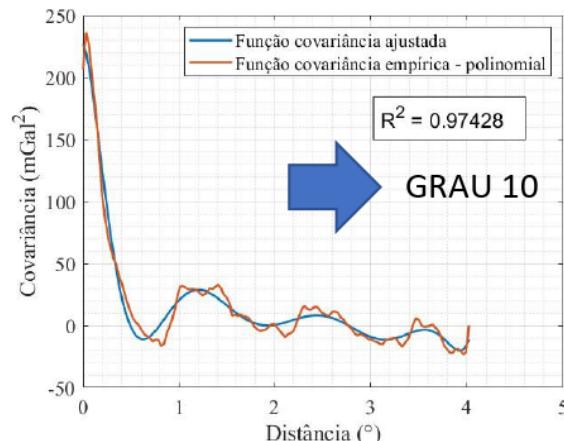
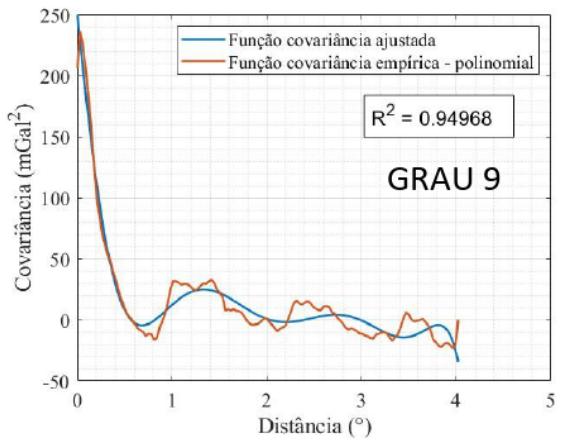
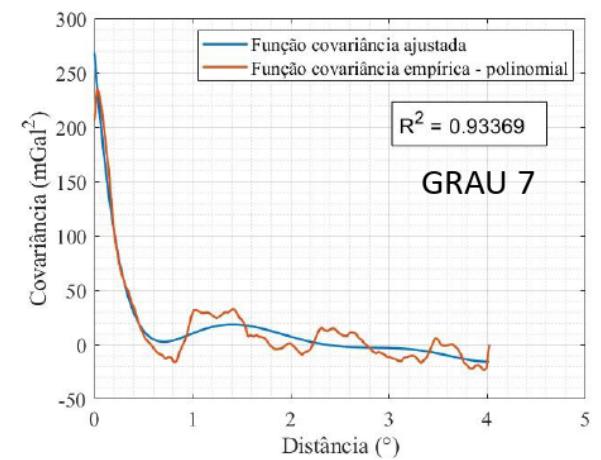
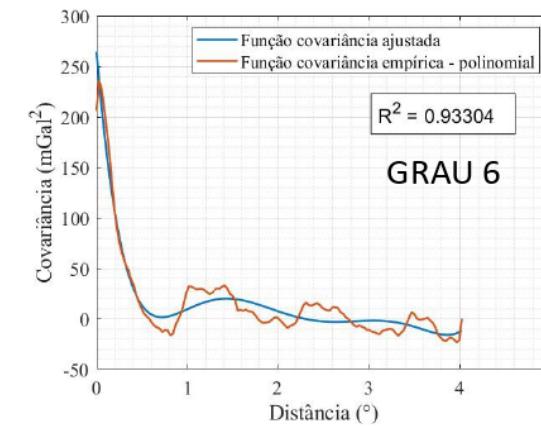
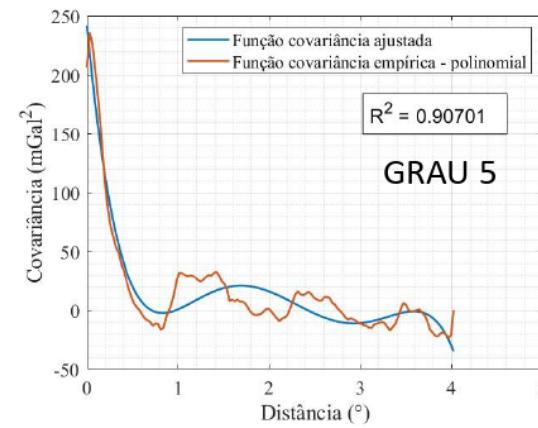
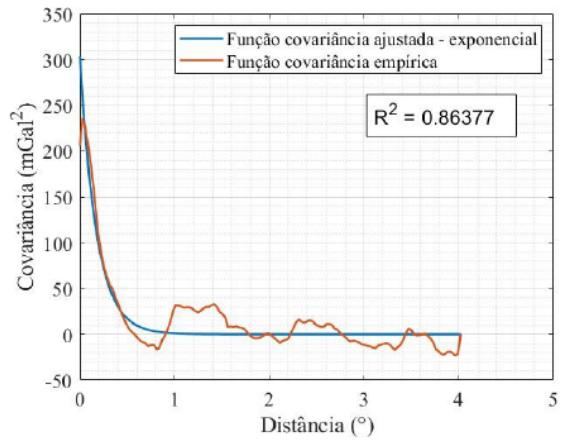
3. Geração da grade de anomalias de gravidade residuais

Método da Colocação por Mínimos Quadrados



3. Geração da grade de anomalias de gravidade residuais

Método da Colocação por Mínimos Quadrados



Método da Colocação por Mínimos Quadrados

```
% Importando os pontos de amostragem da Anomalia de gravidade residual (mGal)
```

```
Dados=load('remove_pontos.txt');
```

Nome do arquivo de entrada dos pontos com anomalias de gravidade residuais em .txt

```
% grau do polinômio
```

```
n=10;
```

Grau do polinômio da Função Covariância Ajustada

```
% Dados de saída - coeficientes polinomiais
```

```
nome_arquivo_saida='Xa_coeficientes polinomiais';
```

Nome do arquivo de saída com coeficientes polinomiais

Arquivo de saída com coeficientes polinomiais



Xa
226.783646281416
-155.004524024261
-3343.83283285998
9976.21757061898
-12499.9037185957
8510.70347626656
-3389.2325428571
789.255025319892
-99.6337374628924
5.2686882195962

3. Geração da grade de anomalias de gravidade residuais

Método da Colocação por Mínimos Quadrados

```
% Importando os pontos de amostragem da Anomalia de gravidade residual (mGal)
Dados=load('remove_pontos.txt');           Nome do arquivo de entrada dos pontos com anomalias de gravidade residuais em .txt
desvio_g=1;      % mGal
```



```
% Importando os pontos da grade interpolada de Anomalia de gravidade residual (mGal)
Dados_grade = load('Grade_interpolar.txt');    Nome do arquivo de entrada dos pontos da grade a se interpolar em .txt
resolucao_graus=0.05;    % resolução em graus decimais             Resolução espacial da grade em graus decimais
```



```
% Dados de entrada - coeficientes polinomiais
```



```
Xa=readmatrix('Xa_coeficientes polinomiais.txt');    Nome do Arquivo de com coeficientes polinomiais em .txt
```



```
% Dados de saída - grade de dados residuais
```



```
nome_arquivo_saida='Grade_AG_res_Poly9.tif';          Nome do Arquivo de saída da grade interpolada .tif
```



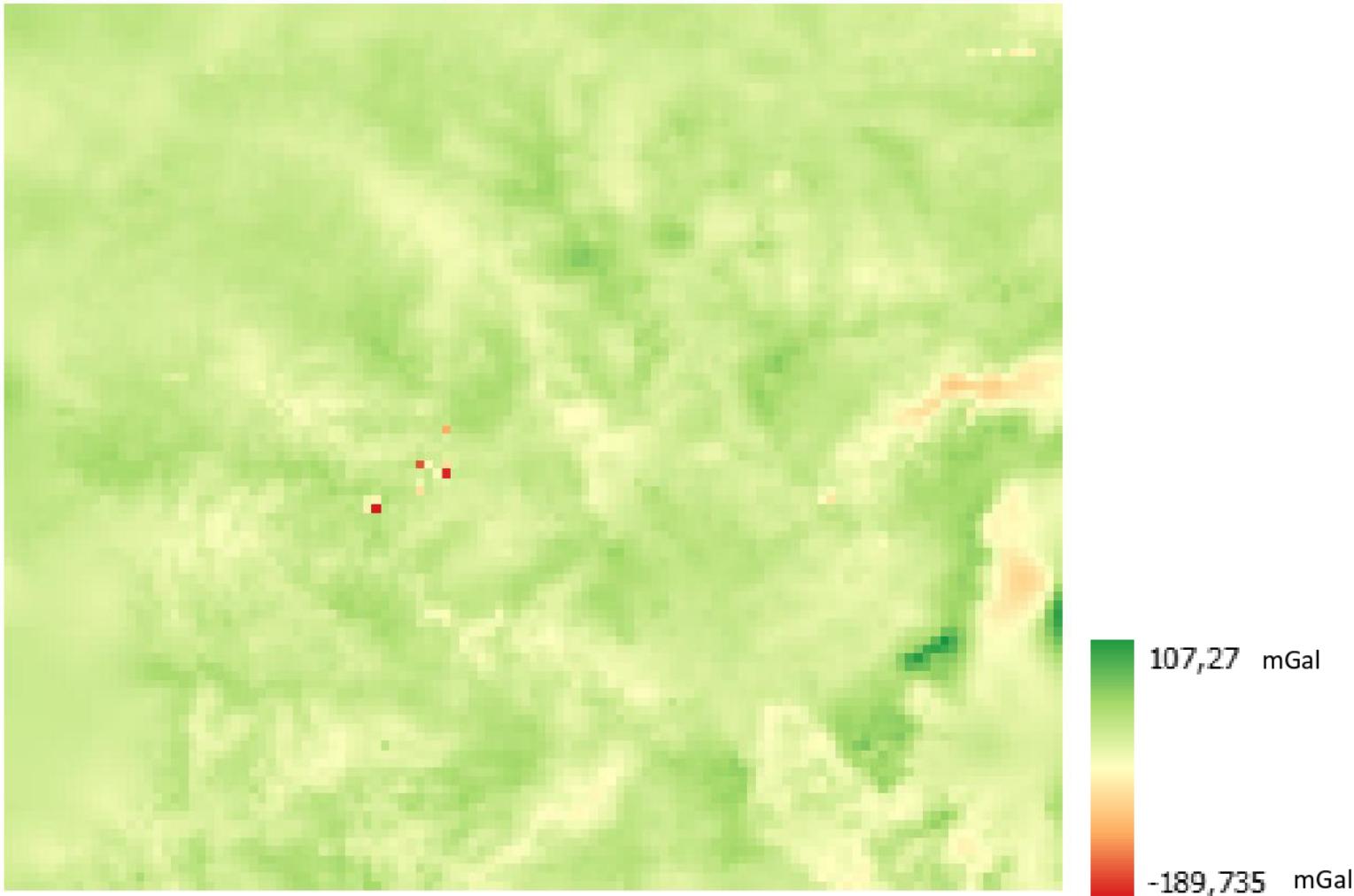
```
% Tamanho dos blocos de interpolação em graus
d_lat=0.5;
d_long=0.5;           Tamanho da janela móvel de interpolação
```



```
% Offsets em graus para o efeito de borda nas interpolações
offset=0.25;          Offsets para contornar o efeito de borda nas interpolações
```

3. Geração da grade de anomalias de gravidade residuais

Método da Colocação por Mínimos Quadrados



4. Etapa Compute

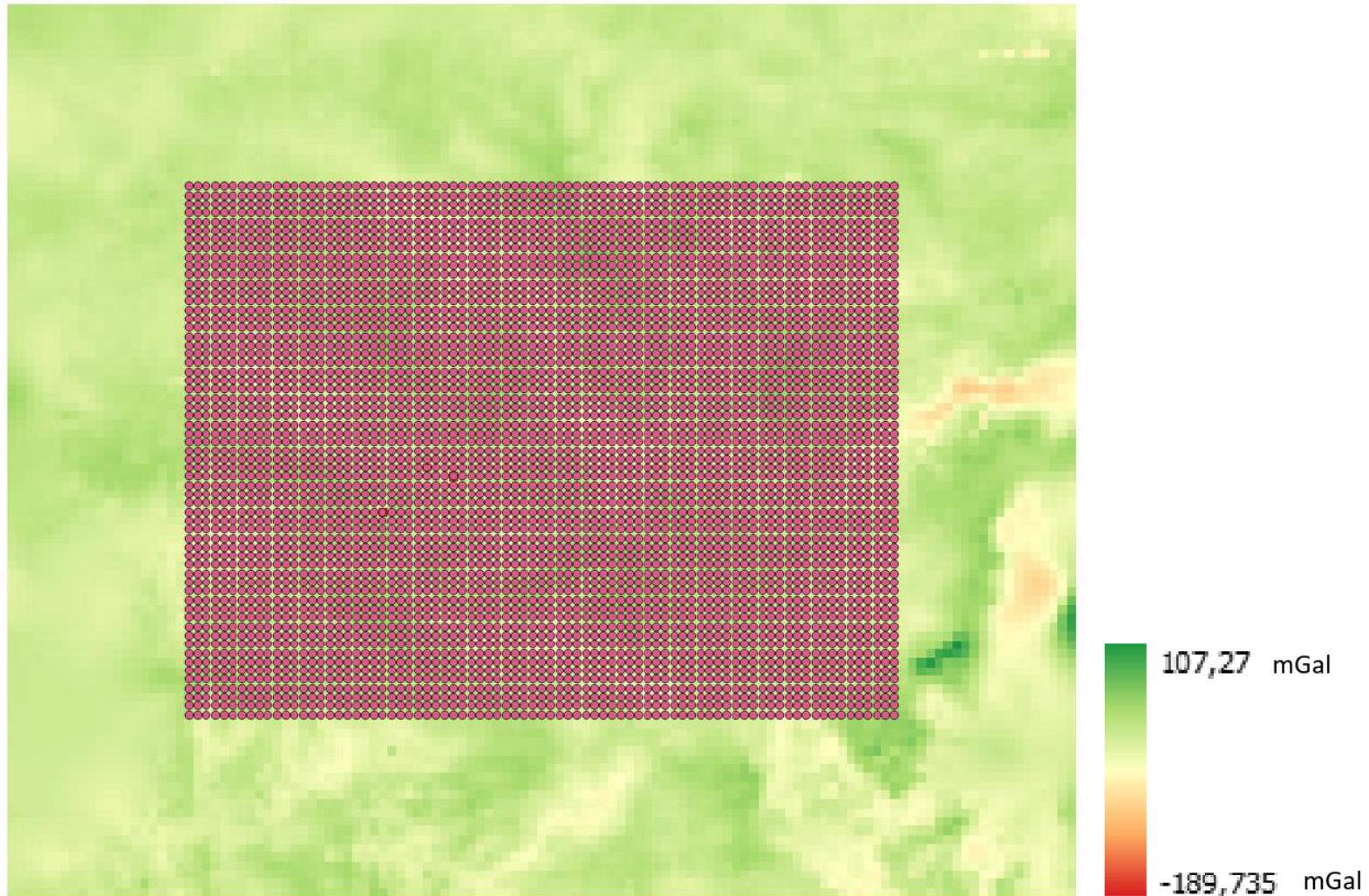
$$N_{res} = \frac{R}{\gamma_0} \sqrt{\frac{\cos \varphi \Delta\varphi \Delta\lambda}{\pi}} \Delta g_{P,res} + \frac{R}{4\pi\gamma_0} \iint_{\sigma} S(\psi)^M \Delta g_{res} d\sigma$$

```
% Importando as grades
Ag_res=double(imread('Grade_AG_res_Poly10.tif'))*1D-5;  Nome do arquivo de entrada da grade de anomalias de gravidade residuais em .tif
```

```
resolucao_graus=0.05;  Resolução espacial da grade em graus decimais em °
raio_integracao_graus=1;
grau_modificacao=300;  Raio de integração para a solução do PVCG em graus decimas
 Grau de modificação da Função de Stokes (Wong e Gore (1969))
```

```
% Coordenadas geodésicas do canto superior esquerdo do primeiro pixel da imagem no canto NW - superior
latN=-22.4750000000000141-(resolucao_graus/2); % latN
lonW=-54.524999999999986+(resolucao_graus/2); % longW
```

4. Etapa Compute



5. Etapa Restore

Latitude - tide free (°)	Longitude - tide free (°)	N residual (m)	EI N (m)	N MGG com n máx (m)	N total (m)
-23.5000	-53.5000	0.0408	0.0001	-0.3847	-0.3438
-23.5500	-53.5000	0.0173	-0.0001	-0.2778	-0.2606
-23.6000	-53.5000	0.0152	0.0000	-0.1683	-0.1531
-23.6500	-53.5000	0.0308	-0.0001	-0.0563	-0.0256
-23.7000	-53.5000	0.0259	0.0004	0.0584	0.0846
-23.7500	-53.5000	0.0032	-0.0003	0.1757	0.1786
-23.8000	-53.5000	-0.0085	-0.0001	0.2957	0.2871
-23.8500	-53.5000	-0.0040	-0.0001	0.4183	0.4142
-23.9000	-53.5000	0.0000	0.0002	0.5434	0.5436
-23.9500	-53.5000	-0.0195	0.0000	0.6708	0.6514
-24.0000	-53.5000	-0.0252	0.0000	0.8002	0.7750
-24.0500	-53.5000	-0.0225	0.0000	0.9311	0.9085
-24.1000	-53.5000	-0.0328	0.0002	1.0632	1.0306
-24.1500	-53.5000	-0.0466	0.0000	1.1957	1.1492
-24.2000	-53.5000	-0.0535	-0.0002	1.3282	1.2745
-24.2500	-53.5000	-0.0673	0.0001	1.4597	1.3925
-24.3000	-53.5000	-0.0639	-0.0001	1.5894	1.5254
-24.3500	-53.5000	-0.0450	0.0003	1.7164	1.6716
-24.4000	-53.5000	-0.0244	0.0000	1.8398	1.8153
-24.4500	-53.5000	-0.0159	-0.0002	1.9586	1.9425
-24.5000	-53.5000	-0.0068	0.0004	2.0719	2.0655
-24.5500	-53.5000	0.0010	-0.0002	2.1788	2.1795
-24.6000	-53.5000	-0.0272	-0.0003	2.2785	2.2510
-24.6500	-53.5000	0.0220	0.0002	2.3705	2.3926

$$N = N_{res} + N_{MGG}^{n_{máx}} + \delta N$$

5. Etapa Restore



Latitude - tide free (°)	Longitude - tide free (°)	N residual (m)	EI N (m)	N MGG com n máx (m)	N total (m)
-23.5000	-53.5000	0.0408	0.0001	-0.3847	-0.3438
-23.5500	-53.5000	0.0173	-0.0001	-0.2778	-0.2606
-23.6000	-53.5000	0.0152	0.0000	-0.1683	-0.1531
-23.6500	-53.5000	0.0308	-0.0001	-0.0563	-0.0256
-23.7000	-53.5000	0.0259	0.0004	0.0584	0.0846
-23.7500	-53.5000	0.0032	-0.0003	0.1757	0.1786
-23.8000	-53.5000	-0.0085	-0.0001	0.2957	0.2871
-23.8500	-53.5000	-0.0040	-0.0001	0.4183	0.4142
-23.9000	-53.5000	0.0000	0.0002	0.5434	0.5436

$$N_{res} = \frac{R}{\gamma_0} \sqrt{\frac{\cos \varphi \Delta \varphi \Delta \lambda}{\pi}} \Delta g_{P\ res} + \frac{R}{4\pi\gamma_0} \iint_{\sigma} S(\psi)^M \Delta g_{res} d\sigma$$



Latitude - tide free (°)	Longitude - tide free (°)	N residual (m)	EI N (m)	N MGG com n máx (m)	N total (m)
-23.5000	-53.5000	0.0408	0.0001	-0.3847	-0.3438
-23.5500	-53.5000	0.0173	-0.0001	-0.2778	-0.2606
-23.6000	-53.5000	0.0152	0.0000	-0.1683	-0.1531
-23.6500	-53.5000	0.0308	-0.0001	-0.0563	-0.0256
-23.7000	-53.5000	0.0259	0.0004	0.0584	0.0846
-23.7500	-53.5000	0.0032	-0.0003	0.1757	0.1786
-23.8000	-53.5000	-0.0085	-0.0001	0.2957	0.2871
-23.8500	-53.5000	-0.0040	-0.0001	0.4183	0.4142
-23.9000	-53.5000	0.0000	0.0002	0.5434	0.5436

$$\delta V \approx -\pi G \rho H_P^2 - \frac{G \rho}{6} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{H_i^3 - H_P^3}{l_{0i}^3} res^2 + \frac{3G \rho}{40} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{H_i^5 - H_P^5}{l_{0i}^5} res^2 \quad [m^2/s^2] \longrightarrow \delta N = \frac{\delta V}{\gamma}$$

```
% Importando o MDE
H = double(imread('MDS_MERIT_SRTM15PLUS_900m_fill.tif'));
[lin,col]=size(H);
```

Nome do arquivo do MDE com extensão .tif


```
% Coordenadas geodésicas das estações de cálculo
Pontos=load('Pontos_calculo_grade.txt');
```

Nome do arquivo contendo os pontos de cálculo da grade do modelo geoidal em .txt


```
% Resolução
res=0.00833333333333333868;
raio_integracao=100000;
```

R Reolução espacial do MDS em graus decimais

Raio de integração em metros


```
% Coordenadas geodésicas do canto superior esquerdo do primeiro pixel da imagem no canto NW
latN=-21.2504166666666663-(res/2); % latN
lonW=-55.749583333333337+(res/2); % longW
```

Latitude - tide free (°)	Longitude - tide free (°)	N residual (m)	EI N (m)	N MGG com n máx (m)	N total (m)
-23.5000	-53.5000	0.0408	0.0001	-0.3847	-0.3438
-23.5500	-53.5000	0.0173	-0.0001	-0.2778	-0.2606
-23.6000	-53.5000	0.0152	0.0000	-0.1683	-0.1531
-23.6500	-53.5000	0.0308	-0.0001	-0.0563	-0.0256
-23.7000	-53.5000	0.0259	0.0004	0.0584	0.0846
-23.7500	-53.5000	0.0032	-0.0003	0.1757	0.1786
-23.8000	-53.5000	-0.0085	-0.0001	0.2957	0.2871
-23.8500	-53.5000	-0.0040	-0.0001	0.4183	0.4142
-23.9000	-53.5000	0.0000	0.0002	0.5434	0.5436



Model selection

Longtime Model

- GOCO05s
- GOCO05c
- GOCO05s
- GOCO06s
- GOGRA02s
- GOGRA04s
- GOSG01s
- GOSG02s
- GO_CONS_GCF_2_DIR_R1
- GO_CONS_GCF_2_DIR_R2
- GO_CONS_GCF_2_DIR_R3
- GO_CONS_GCF_2_DIR_R4
- GO_CONS_GCF_2_DIR_R5

Functional selection (one or more or all functionals can be selected at the same time)

height_anomaly

height_anomaly_ell

geoid

gravity_disturbance

gravity_disturbance_sa

gravity_anomaly

gravity_anomaly_sa

gravity_anomaly_bg

gravitation

Low-pass filtering by (gently) truncating the model (more details)

Start Gentle Cut: 300 Maximum Degree : 300

User-Defined Points

select the format of the coordinates in your data file: Lat Lon Height

and upload your file: Escolher arquivo Pontos_calculo_grado.txt

⇒ up to 1000 randomly selected points of your set are shown in the map

Reference System: GRS80

Radius: 6378137.0

Gm: 3.986005e+14

Flat: 298.257222101

Omega: 7.292115e-5

Tide System: zero tide

Zero Degree Term

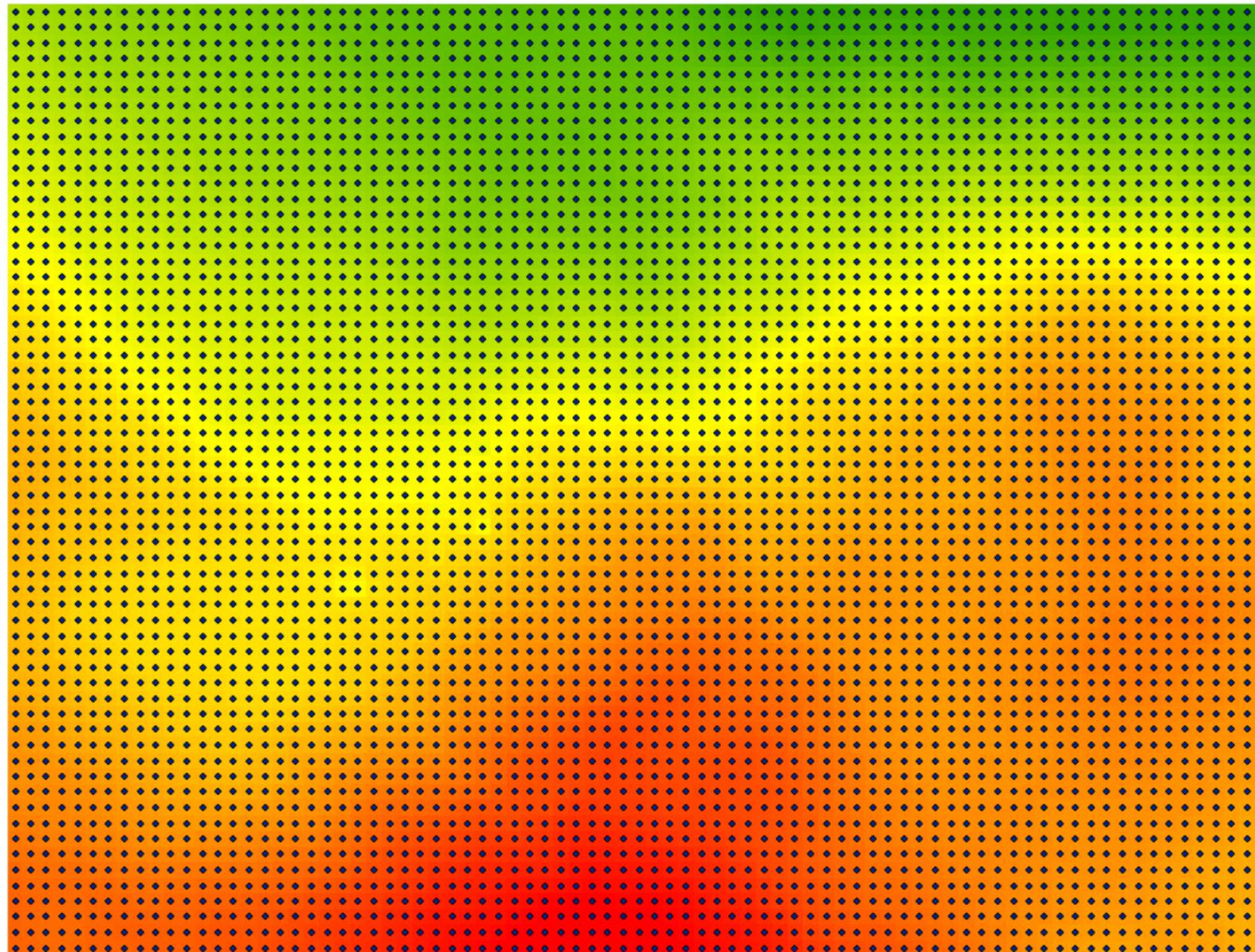
Gaussian Filter (more details)

- None
- Half response
- Half transfer
- 6 Sigma

Filter Length: 1.0 * [Degree]

Definitions of the Filterlength Φ

Ponto para raster – Modelo geoidal referenciado ao U_0 do GRS80



Somente o termo de grau zero referente à diferença de GM entre GRS80 e XGM2019 foi aplicado no próprio ICEGM (~-0,93 m)