

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA
CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA

YAN LUKAS MULITERNO LUCENA

**UTILIZAÇÃO DAS REDES CELULARES PARA POSICIONAMENTO GEODÉSICO
ATRAVÉS DO APARELHO MÓVEL**

RECIFE
2018

YAN LUKAS MULITERNO LUCENA

**UTILIZAÇÃO DAS REDES CELULARES PARA POSICIONAMENTO GEODÉSICO
ATRAVÉS DO APARELHO MÓVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Jacks dos Anjos Garnés

**RECIFE
2018**

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

L935u Lucena, Yan Lukas Multerno.
Utilização das redes celulares para posicionamento geodésico através do aparelho móvel / Yan Lukas Multerno Lucena - 2018.
81 folhas, il.; tab.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Jacks dos Anjos Garnés.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, 2018.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. 2. Telefonía. 3. GPS.
4. Posicionamento. I. Garnés, Silvio Jacks dos Anjos (Orientador). II. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-295

YAN LUKAS MULITERNO LUCENA

**UTILIZAÇÃO DAS REDES CELULARES PARA POSICIONAMENTO GEODÉSICO
ATRAVÉS DO APARELHO MÓVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Silvio Lucas dos Anjos Garnés (Orientador)

Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco

Prof.ª Dr.ª Andrea de Seixas

Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco

Prof.ª Dr.ª Maria de Lourdes de Aquino Macedo Gonçalves

Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco

Apresentado em: 04 de julho de 2018

Conceito: 9,5

Recife

2018

Com grande gratidão a minha mãe que desde a minha infância abdicou de suas vontades e desejos para que eu fosse além dos limites impostos na vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por sua misericórdia divina, nunca me abandonou e sempre me iluminando para conquista dos meus sonhos.

A minha mãe, Vilma Maria Muliterno, que mesmo com os problemas diários me apoiou e me ajudou em todas as fases da minha vida.

Ao meu irmão, Joaquim Mathias, pelo apoio dado no início do curso, contribuição com questões financeiras.

A Nathália Neves, minha noiva, com amor, por me incentivar e se preocupar, sempre me acompanhando, sua paciência e amor demonstrados nos meus piores momentos.

Ao Prof. Dr. Silvio Jacks dos Anjos Garnés por me conduzir na orientação incansável, o empenho e a confiança que ajudaram a tornar possível esta pesquisa.

A Profa. Dra. Maria de Lourdes de Aquino Macedo Gonçalves (Malu) por ser mais que uma amiga, me ajudando em momentos durante a graduação e aconselhando nas dificuldades como uma própria mãe.

A Profa. Dra. Andrea de Seixas pelas contribuições de aprendizagem nos convites para execução de trabalho de campo, reforçando mais a experiência no mesmo.

Aos outros professores do departamento que também contribuíram para realização desta conquista, além da amizade conquistada.

Ao departamento por permitir o uso dos materiais necessários para esse projeto.

A todos os amigos que conheci durante o curso, Welisson Santos, Leonardo Barbosa, Carla Barbosa, entre outros.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão aborda dois tipos de posicionamento muito populares nos dias de hoje, o posicionamento por GPS e o posicionamento por trilateração usados em telefonia celular. Ambos os tipos de posicionamento já vêm implementado nos aparelhos celulares, funcionando de um, de outro, ou de ambos os modos conforme seja a localização do equipamento, existindo ou não as obstruções para recebimento dos sinais dos satélites GPS. Na Geodésia, os métodos de posicionamento por satélite já estão bastante difundidos na literatura desde a década de 1990, a trilateração é um procedimento também bastante utilizado na área de Cartografia e Agrimensura, usada amplamente em Topografia e na Geodésia, todavia a conexão da trilateração no posicionamento dos aparelhos moveis, tais como celulares, tablets e notebooks não está ainda bem difundida na área. Desta forma, apresenta-se a pesquisa feita de como são obtidas as distâncias na telefonia celular pelo método da potência do sinal, fazendo-se a ligação com os conhecimentos geodésicos necessários ao posicionamento do aparelho móvel. É incluído também a parte de posicionamento GPS pelo código CA como principal método de posicionamento quando existe máscara livre para os sinais dos satélites. Na existência de sinais de ambos, GPS e redes de telefonia, também é apresentada uma forma de solução integrada, usando o ajustamento por Mínimos Quadrados. Uma experiência no Campus da UFPE foi conduzida no marco de referência EPS04, com os dados da telefonia celular, chegou-se nos resultados com acurácia melhor que 5 m para o GPS do aparelho móvel.

Palavras – Chave: Telefonia. GPS. Posicionamento.

ABSTRACT

The present study conclusion discusses two types of positioning very popular today, the GPS positioning and the positioning per trilateração used in mobile telephony. Both types of positioning are already implemented in the handsets running one of another, or both modes depending on whether it is the location of the equipment, whether or not there are obstructions to receive signals from the GPS satélites. In Geodesy, methods of satellite positioning are already quite widespread in the literature since the decade of 1990, the trilateração is a procedure is also widely used in the area of cartography and surveying, used widely in the topography and geodesy, however the connection of trilateração the positioning of mobile devices such as cell phones, tablets and laptops is not yet widespread in the area. In this way, it presents the research done on how distances are obtained in mobile telephony by the method of signal strength, making the connection with the geodetic knowledge necessary for positioning of the mobile device. Also included is the part of GPS positioning by the code CA as the main method of positioning when there is free to mask signals from satellites. The existence of signs of both GPS and telephony networks, it is also a form of integrated solution, using the adjustment by least squares. An experience in the Campus of UFPE was conducted within the framework of reference EPS04, with the data of mobile telephony, arrived in the results with an accuracy better than 5 m for your GPS from the mobile device.

Keywords: Telephony. GPS. Positioning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Atualização e modernização da constelação de satélites GPS	17
Figura 02 – Planos orbitais e posição dos satélites no plano orbital (concepção original)	20
Figura 03 – Princípio do posicionamento com o Código	20
Figura 04 – Localização baseada em Cell-ID.....	35
Figura 06 – Localização baseada em Cell-ID com Cell Sector e TA.....	36
Figura 07 – Representação do método da Trilateração de potências	38
Figura 08 – Interpretação da solução 3D pelo método da trilateração de potência.....	41
Figura 09 – Marcos Geodésicos da Rede de Referência Cadastral da UFPE	43
Figura 10 – Posição das antenas ERBs em relação aos pontos dos experimentos	44
Figura 11 – EPS04 UFPE: Experimento comparativo GNSS x Celular	49
Figura 12 – Identificação da ERB pelo sinal recebido no celular	56
Figura 13 – Rede medida entre as ERB’S e pontos EPS.....	58
Figura 13 – Topcon Tools dados do PP Hiver V.....	65
Figura 12 – Acesso aos valores de potência do aparelho.	72
Figura 15 – Modelo de Medidas do Network Cell Info	74
Figura 16 – Localização das ERB’s.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Sinais GPS (Estado da Arte).....	17
Tabela 02 – Constelação GPS ativa (2018).....	19
Tabela 03 – Precisão da potência medida em ambientes diferentes.....	39
Tabela 04 – Fator de atenuação da propagação do sinal	40
Tabela 05 – Código e posição das ERBs nas proximidades da UFPE	44
Tabela 07 – Dados provenientes do aplicativo Network Cell Info.....	50
Tabela 08 – Discrepância entre coordenadas do Celular Moto g 5s plus e receptor Hiper V ..	52
Tabela 09 – Coordenadas dos marcos da rede de referência cadastral do Campus da UFPE em SIRGAS2000.....	54
Tabela 10 – Distância entre as ERB's e pontos EPS.....	57
Tabela 11 – Dados simulados das potências com base nas distâncias reais e log-distâncias correspondentes	57
Tabela 12 – Dados PP Hiper V.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Algoritmo para Cálculo da Posição dos Satélites na Órbita.....	22
Quadro 02 – Estatística da discrepância entre o Cel Moto g 5 plus e receptor Hiper V	53
Quadro 03 – Estatísticas para acurácia do posicionamento com o celular Moto g 5s Plus.....	54
Quadro 04 – Estatísticas para acurácia do posicionamento PP com o receptor GNSS Hiper V	55
Quadro 05 – Coordenadas obtidas a partir das Log-Distâncias com as potências simuladas ..	59
Quadro 06 – Discrepâncias das coordenadas reais e as medidas a partir da potência simulada.	60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS DO TRABALHO	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	POSICIONAMENTO GPS	16
3.2	TELEFONIA MÓVEL NO BRASIL.....	25
3.2.1	Empresas de Telefonia Móvel no Brasil	25
3.2.1.1	Operadora Vivo	25
3.2.1.2	Operadora Claro	26
3.2.1.3	Operadora Tim Brasil	26
3.2.1.4	Operadora Oi	26
3.2.1.5	Operadora Nextel.....	27
3.2.1.6	Sistema Operacional Móvel.....	27
3.2.2	Hardware.....	30
3.2.3	Sistema de Comunicação	31
3.2.4	Estações Móveis (MS) e Estações Rádio Base (ERB)	31
3.2.5	Tecnologias das Redes de Telefonia Móvel	32
3.3	TECNOLOGIA DE LOCALIZAÇÃO DOS APARELHOS MÓVEIS.....	34
3.3.1	Soluções Baseada na Rede	34
3.3.1.1	Cell-ID.....	35
3.3.1.2	Cell sector.....	35
3.3.1.3	Timing advance	36
3.3.2	Soluções baseadas nos terminais	37
3.3.2.1	GPS.....	37

3.3.2.2	Método de Localização Baseado na Potência do Sinal Recebido	37
3.3.3	Soluções híbridas	41
4	MATERIAL E MÉTODOS	42
4.1	ÁREA DO ESTUDO	42
4.2	EQUIPAMENTOS	45
4.3	MÉTODOS	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.1	EXPERIMENTO 1	49
5.2	EXPERIMENTO 2	55
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	61
6.1	CONCLUSÕES	61
6.1	RECOMENDAÇÕES	61
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICES	65
	APÊNDICE A – Dados do PP, Hiper V – processamento no software Topcon	
Tools 8.2	65
	APÊNDICE B – Medições do aparelho móvel.	72
	APÊNDICE C – Modelo de medidas do Network Cell Info	74
	APÊNDICE D – Localização das ERB's no entorno da área de estudo.....	75
	APÊNDICE E – Código de localização das coordenadas usando as Log-	
	Distâncias das potências simuladas.....	76
	APÊNDICE F – Resultado do código de localização das coordenadas usando as	
	Log-Distâncias para as potências reais.....	79
	APÊNDICE G – Resultado do código de localização das coordenadas usando as	
	Log-Distâncias para as potências simuladas.....	80

1 INTRODUÇÃO

Em razão da necessidade humana de se comunicar em diferentes locais, buscou-se a diversificação do uso do aparelho telefônico, antes apenas um aparelho fixo com cabos e fios, para um aparelho móvel que em seu início tinha apenas a capacidade de comunicação por voz e mensagens, e que atualmente conta com a integração de vários outros meios de entretenimento e serviços voltados para usuários de todas as idades.

Segundo Rodrigues (2000), o aparelho móvel, no seu início de implantação para a população, recebeu da Federal Communication Commission (FCC) o estabelecimento de regras para que se fossem definidas tecnologias que de alguma forma possibilitassem a identificação e acesso ao usuário do aparelho móvel, definindo requisitos as empresas responsáveis pela telefonia.

No Brasil, nos dias atuais, já com a concretização do aparelho móvel tem-se toda a estrutura da rede celular espalhada em vários lugares da cidade, campo ou ambiente que necessite da cobertura do sinal necessário para que haja a comunicação entre o aparelho móvel e as estações de rádio base (ERB's). Segundo a Anatel (2018), empresa brasileira que tem o poder de controlar e administrar toda a informação de rádio frequência no Brasil, há em circulação, mais de 242 milhões de telefones celulares, sendo esse um resultado obtido através das pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Dentre as inovações estruturais de hardware dos aparelhos móveis, há a integração do GPS, originado da junção de dois projetos americanos em 1973, nos quais permitem que o aparelho possa, a partir dos códigos C/A transmitidos das frequências L1 e L2 dos satélites, com um pouco mais de precisão fornecer o posicionamento do aparelho móvel e consequentemente do usuário portador do mesmo.

A união do método celular, caracterizado pela identificação de células e setorização de células dos aparelhos móveis que utilizam a rede celular e pelo posicionamento via satélite foram os meios usuais para elaboração da identificação do aparelho móvel a partir da trilateração da potência do sinal recebido com o modelo de propagação log-distância, buscando entender e elaborar um código no qual aplica os métodos de posicionamento GPS e pela trilateração, permitindo que a partir de dados de ambos os métodos resultem no posicionamento com o menor erro possível.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, retrata através do ajustamento da posição dos códigos C/A recebidos do GPS e da distância obtida a partir da equação de log-

distância, modelo de propagação empregado. A solução é apresentada por meio do estudo de campo nos quais foram coletados dados, tanto de GPS quanto das potências recebidas no aparelho móvel nos marcos geodésicos implantados no Campus Recife da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, e finalizada por meio de um código computacional contendo a junção dos dois métodos de posicionamento informados, visando de forma mais rápida e um resultado com qualidade e precisão capaz de fornecer a posição do aparelho móvel garantindo assim segurança na prestação de serviços de localização aos usuários em momentos emergenciais.

2 OBJETIVOS DO TRABALHO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o posicionamento geodésico de aparelhos móveis que usam sinal de telefonia celular e o GPS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o banco de dados com as ERB's existentes na Região Metropolitana do Recife;
- Localizar a posição geográfica a partir da trilateração da potência simulada;
- Analisar a acurácia dos posicionamentos PP GPS e celular.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 POSICIONAMENTO GPS

O NAVSTAR GPS, surgiu a partir da análise dos projetos TIMATION da Marinha Americana e SYSTEM 621-B da Força Aérea Americana em 1973 por solicitação do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (GARNÉS, 2001). Dessa análise conjunta ficou estabelecido que o sistema teria as seguintes características (SEEBER, 2003):

- 21 satélites operacionais mais 3 (três) de reserva;
- 6 (seis) planos orbitais afastados em 60° de longitude e cada plano com inclinação de 55° em relação ao equador terrestre;
- altitudes orbitais médias de 20.200km;
- duas portadoras de sinais na banda L do espectro eletromagnético a L_1 e L_2 com as frequências 1575,42 MHz e 1227,6 MHz.

Os satélites do NAVSTAR GPS, o qual se popularizou apenas com a sigla GPS seriam lançados em blocos e deveriam receber melhoramentos tecnológicos em cada novo bloco. Desta forma, foram lançados satélites do Bloco I (de 1978 a 1985 - satélites de desenvolvimento); Bloco II (de 1989 a 1990 – satélite de produção) Bloco IIA (de 1990 a 1997- Satélites de produção); Bloco IIR (de 1997 a 2004 - Satélites de substituição); Bloco IIR-M (de 2005 a 2009 – satélites de modernização); Bloco IIF (início 2010 a 2016 – satélites de continuidade); e Bloco III e IIIF (início 2018 – modernização e continuidade) (HOFMANN-WELLENHOF, LICHTENEGGER e COLLINS (1994); GPS WORLD (2001) e (LOCKHEED MARTIN, 2018).

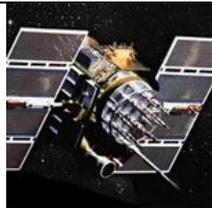
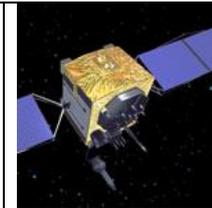
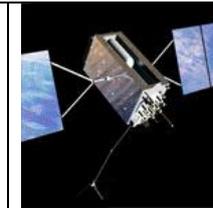
Da concepção original para os dias de hoje, as portadoras e sinais evoluíram conforme mostra a tabela 01 e, a partir do bloco IIA até o estágio atual, a configuração e características dos satélites é ilustrado na Figura 01, com 31 satélites operacionais em maio de 2018.

Tabela 01 – Sinais GPS (Estado da Arte)

SINAL	BLOCOS I, IIA, IIR	BLOCOS IIR - M	BLOCO IIF	BLOCOS III - IIIF
L1 C/A	X	X	X	X
L1 P(Y)	X	X	X	X
L1M		X	X	X
L2C		X	X	X
L2 P(Y)	X	X	X	X
L2 M		X	X	X
L5			X	X
L1C				X

Fonte: Leick *et al.* (2015).

Figura 01 – Atualização e modernização da constelação de satélites GPS

Satélites Missão		Satélites Modernização		
				
Bloco IIA 1 sat. operacional	Bloco IIR 11 sat. operacionais	Bloco IIR-M 7 sat. operacionais	Bloco IIF 12 sat. operacionais	Bloco III e IIIF Em produção
- 1º Código civil (C/A) na L1 - Código P(Y) na L1 e L2 - Vida útil 7,5 anos	- Todas características anteriores - Monitoramento do relógio a Bordo - Vida útil 7,5 anos	- Todas características anteriores - 2º Código civil (L2C) na L2 - Código M para os militares com potência flexível - Vida útil 7,5 anos	- Todas características anteriores - 3º código Civil L5 na frequência L5 - Relógios atômicos avançados - Vida útil 12 anos	- Todas características anteriores - 4º Código civil L1C na L1 - Vida útil 15 anos - IIIF – refletores laser; e auxílio em busca e salvamento

Fonte: Adaptado de GPS.Gov (2018).

Os sinais transmitidos nas frequências L1 e L2 pelos satélites, segundo Rodrigues Spilker (1980), *apud* Garnés (2001), são os códigos C/A e P, e adicionadas em módulo-2, as mensagens com frequência de 50 bps. Assim, o sinal transmitido em fase e quadratura na portadora L1 pelo satélite i , no instante t , tem a forma:

$$S_{L_1}^i(t) = A_p P^i(t) D^i(t) \cos(2\pi f_1 t + \phi) + A_c G^i(t) D^i(t) \sin(2\pi f_1 t + \phi), \quad (01)$$

onde:

f_1 :é a frequência;

ϕ :representa um pequeno ruído inicial da fase devido a uma deriva no oscilador;

P e G :representam os códigos (PRNs ± 1), P e C/A, respectivamente;

A_p e A_c :são constantes da amplitude dos códigos P e C/A, respectivamente.

Na portadora L_2 o sinal transmitido tem a forma:

$$S_{L_2}^i(t) = B_p P^i(t) D^i(t) \cos(2\pi f_2 t + \phi) , \quad (02)$$

onde:

B_p :é amplitude do sinal;

$P^i(t)$:é o código P do satélite i sincronizado com o código na L_1 .

Com os satélites do Bloco IIR-M o sinal em L_2 foi modernizado ficando com a seguinte forma (ENGE (2003) *apud* MONICO (2007)):

$$S_{L_2}^i(t) = B_p P^i(t) D^i(t) \cos(2\pi f_2 + \phi) + A_{RC} L2C^i(t) D_{L_2}^i(t) \sin(2\pi f_2 + \phi) + CD_{militar} \quad (03)$$

Onde:

$L2C$:representa o novo código civil para os satélites de modernização.

Na frequência L_5 (1176.45 MHz) não existe a previsão do sinal militar e, portanto, em associação com o sinal da L_1 , teria uma equação da forma:

$$S_{L_5}^i(t) = A_{RC} L5^i(t) D_{L_5}^i(t) \sin(2\pi f_2 + \phi) \quad (04)$$

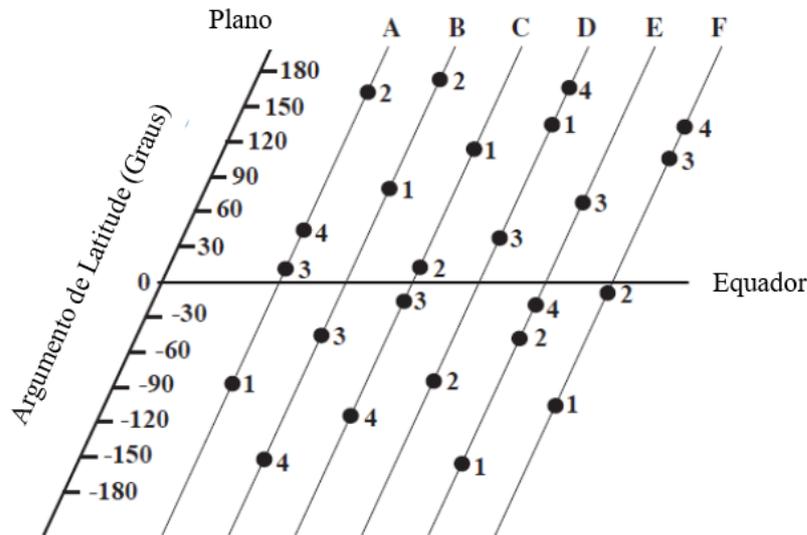
Tais satélites são identificados geralmente pelo número de lançamento (SV) ou pelo código de identificação pseudoaleatório (PRN) de cada satélite. No entanto, maiores detalhes são incluídos na Tabela 02 para os satélites ativos; o plano orbital; a posição dentro do plano orbital; o número de lançamento (SV); o código pseudoaleatório (PRN); o bloco de desenvolvimento ao qual pertence; e o tipo de relógio atômico de bordo (césio ou rubídio).

Tabela 02 – Constelação GPS ativa (2018)

Plano orbital	Posição órbita	SVN	PRN	Bloco	Relógio
A	1	65	24	IIF	CS
A	2	52	31	IIR-M	RB
A	3	64	30	IIF	RB
A	4	48	7	IIR-M	RB
B	1	56	16	IIR	RB
B	2	62	25	IIF	RB
B	3	44	28	IIR	RB
B	4	58	12	IIR-M	RB
B	5	71	26	IIF	RB
C	1	57	29	IIR-M	RB
C	2	66	27	IIF	RB
C	3	72	8	IIF	CS
C	4	53	17	IIR-M	RB
C	5	59	19	IIR	RB
D	1	61	2	IIR	RB
D	2	63	1	IIF	RB
D	3	45	21	IIR	RB
D	4	67	6	IIF	RB
D	5	46	11	IIR	RB
D	6	34	18	IIA	RB
E	1	69	3	IIF	RB
E	2	73	10	IIF	RB
E	3	50	5	IIR-M	RB
E	4	51	20	IIR	RB
E	6	47	22	IIR	RB
F	1	70	32	IIF	RB
F	2	55	15	IIR-M	RB
F	3	68	9	IIF	RB
F	4	60	23	IIR	RB
F	5	41	14	IIR	RB
F	6	43	13	IIR	RB

Fonte: Adaptado de Navigation Center (2018).

Figura 02 – Planos orbitais e posição dos satélites no plano orbital (concepção original)

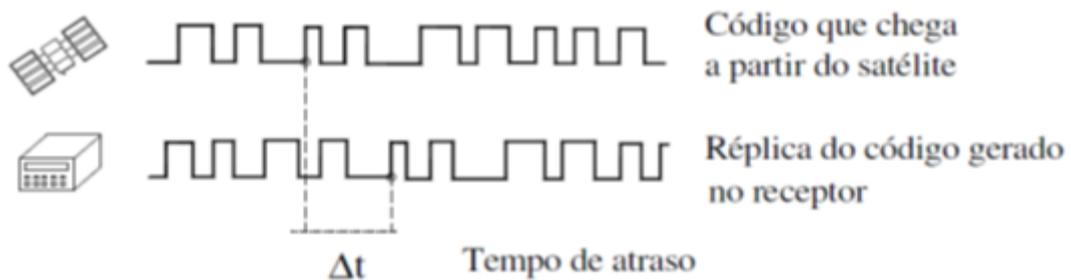


Fonte: Adaptado de Seeber (2003).

Em relação as observações obtidas com GPS de código e fase com a finalidade de obter o posicionamento da Terra, dois tipos de medidas são as mais usuais, a do código e a da fase. A fase não entra no posicionamento por ponto (PP) e, portanto, não será abordada neste TCC.

Quando as observações são pelo código, o princípio da observação se baseia no tempo (Δt) de propagação do sinal pelo espaço e pela atmosfera terrestre, até chegar ao receptor.

Figura 03 – Princípio do posicionamento com o Código



Fonte: Garnés (2001).

A equação que relaciona Δt com as coordenadas do receptor na Terra, do satélite no céu, e com os parâmetros de modelagem do sinal ao passar pelas camadas da Ionosfera e da troposfera, seguindo as informações registradas no arquivo do receptor e padronizada pelo RINEX, conforme demonstra Garnés (2001), pode ser colocada na seguinte forma:

$$P_R = \rho_R^S + c dt_R - c dt^S + d_{trop} + d_{ion} + d_{mult} + d_R^{hard} + d_{hard}^S - \varepsilon \quad (05)$$

Onde:

- P_R : distância receptor/satélite medida no receptor, é conhecida como pseudodistância;
 dt_R : estado do relógio do receptor em relação ao tempo GPS;
 dt^S : estado do relógio do satélite em relação ao tempo GPS.
 ρ_R^S : distância entre as antenas do satélite e do receptor no instante t_R ;
 d_{mult} : multicaminho; e
 $d_{\text{ion}}, d_{\text{trop}}$: refração ionosférica e troposférica, respectivamente.

A equação 06 da distância de (ρ_R^S), relaciona as coordenadas incógnitas do receptor $\mathbf{X}_R=[x_r \ y_r \ z_r]^T$ com as conhecidas dos satélites, $\mathbf{X}_S=[x^s \ y^s \ z^s]^T$ no instante em que o satélite emitiu o sinal, portanto: $t^S = t_R - \Delta t$.

$$\rho_R^S = \|\mathbf{X}^S - \mathbf{X}_R\|_2 = \sqrt{(x^s - x_r)^2 + (y^s - y_r)^2 + (z^s - z_r)^2} \quad (06)$$

Para a obtenção das coordenadas dos satélites no instante da transmissão (t^S), é necessário se ater ao estudo do movimento orbital elíptico dos satélites em torno da Terra. Isso se faz via teoria da atração de Newton e dos elementos keplerianos da órbita dos satélites. Existe uma gama de literatura que traz pronto o algoritmo para cálculo da posição cartesiana tridimensional dos satélites. Entre elas: (WELLS *et al*, 1986); (LEICK, 1995); (Garnés e Ferreira,1999); (SEEBER, 2003); (MÔNICO, 2007); (LEICK *et al*, 2015).

O algoritmo a seguir tirado de Leick (1995) foi discutido em Garnés e Ferreira (1999) nos pormenores em relação: tempo t_k , - passo 5; equação de kepler - passo 8; anomalia verdadeira – passo 9; longitude do nodo ascendente – passo 18, e um exemplo didático tirado de um arquivo RINEX de navegação foi apresentado.

Quadro 01 – Algoritmo para Cálculo da Posição dos Satélites na Órbita

1. $\mu = 3,986005E+14 \text{ m}^3/\text{s}^2$ (Constante gravitacional do WGS 84);
2. $\dot{\Omega}_e = 7,2921151467E-5 \text{ rad/s}$ (velocidade angular de rotação da Terra, definida para WGS-84);
3. $a = (\sqrt{a})^2 \text{ m}$ (semi-eixo maior);
4. $n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} \text{ rad/s}$ (movimento médio);
5. $t_k = t - t_{oe}$ (tempo a partir da época de referência das efemérides);
6. $n = n_0 + \Delta n$ (movimento médio corrigido);
7. $M_k = M_0 + n t_k$ (anomalia média);
8. $E_k = M_k + e \text{ sen}(E_k)$ (equação de Kepler);
9. $\left. \begin{aligned} \cos f_k &= (\cos E_k - e)/(1 - e \cos E_k) \\ \sin f_k &= \sqrt{1 - e^2} \text{ sen } E_k / (1 - e \cos E_k) \end{aligned} \right\}$ (anomalia verdadeira);
10. $\phi_k = f_k + \omega$ (argumento da latitude);
11. $\delta u_k = C_{us} \text{ sen}(2\phi_k) + C_{uc} \cos(2\phi_k)$ (correção do argumento da latitude);
12. $\delta r_k = C_{rc} \cos(2\phi_k) + C_{rs} \text{ sen}(2\phi_k)$ (correção do raio vetor);
13. $\delta i_k = C_{ic} \cos(2\phi_k) + C_{is} \text{ sen}(2\phi_k)$ (correção da inclinação);
14. $u_k = \phi_k + \delta u_k$ (argumento da latitude corrigido);
15. $r_k = a(1 - e \cos E_k) + \delta r_k$ (raio corrigido);
16. $i_k = i_0 + \delta i_k + (\text{IDOT})t_k$ (inclinação corrigida);
17. $\left. \begin{aligned} x_k &= r_k \cos u_k \\ y_k &= r_k \text{ sen } u_k \end{aligned} \right\}$ (posição no plano orbital);
18. $\Omega_k = \Omega_0 + (\dot{\Omega} - \dot{\Omega}_e) t_k - \dot{\Omega}_e t_{oe}$ (longitude do nodo ascendente corrigida);
Coordenadas cartesianas no WGS-84
19. $\left. \begin{aligned} X_k &= x_k \cos \Omega_k - y_k \cos i_k \text{ sen } \Omega_k \\ Y_k &= x_k \text{ sen } \Omega_k + y_k \cos i_k \cos \Omega_k \\ Z_k &= y_k \text{ sen } i_k \end{aligned} \right\}$

Fonte: Leick (1995).

Com o algoritmo acima as coordenadas do vetor \mathbf{X}_s , ficam determinadas para as efemérides transmitidas.

O dt^s é estimado e fornecido por polinômio de segundo grau pelo segmento de controle do GPS e passado ao receptor nas mensagens de navegação, no momento da transmissão.

A refração ionosférica d_{ion} para receptores da portadora L_1 pode ser modelada, por exemplo, usando o modelo de Klobuchar com os parâmetros transmitidos nas efemérides meteorológicas (KLOBUCHAR, 1987).

No caso de receptores de dupla frequência pode-se usar combinação de pseudodistância, e frequências em ambas as portadoras, conforme equação (GARNÉS, 2001):

$$d_{ion,L1} = \frac{(P_1 - P_2)f_2^2}{(f_2^2 - f_1^2)} \quad (07)$$

Onde:

- P_1 e P_2 : pseudodistâncias nas portadoras L_1 e L_2 ;
 f_2 e f_1 : são as respectivas frequências nas portadoras L_1 e L_2 .

No caso da refração troposférica, existem vários modelos que podem ser usados mas um amplamente difundido é o de Hopfield, dado por (HOFMANN-WELLENHOF, LICHTENEGGER ; COLLINS, 1994, p113):

$$d_{tropd} = \frac{10^{-6}}{5} \frac{77,64 \frac{P}{T}}{\text{sen} \sqrt{E^2 + 6,25}} [40136 + 148,72 (T - 273,16)] \quad (08)$$

Onde:

- P : pressão atmosférica em mb (1 b = 100.000 Pa; 1 atm = 1.013,25 HPa);
 T : temperatura Kelvin, K ($K = 273,15 + ^\circ\text{C}$);
 E : ângulo de elevação do satélite;

O multicaminho d_{mult} na equação (05) da pseudodistância, depende muito do lugar em que se está realizando o rastreo, pois refere-se as reflexões do sinal até ser registrado no receptor. Os atrasos de hardware podem ser desprezados para a maioria das aplicações práticas da geodésia.

Em geral, os receptores de navegação e mesmo os celulares para o posicionamento por ponto, a menos do erro do relógio em relação ao tempo GPS desprezam as demais correções e o modelo do posicionamento fica restrito apenas ao ajustamento conforme o sistema de equações de observações apresentado na equação (09):

$$GPS \left\{ \begin{array}{l} P_R^{S1} = [(x_R - x^{S1})^2 + (y_R - y^{S1})^2 + (z_R - z^{S1})^2]^{1/2} + c dt_R \\ P_R^{S2} = [(x_R - x^{S2})^2 + (y_R - y^{S2})^2 + (z_R - z^{S2})^2]^{1/2} + c dt_R \\ \vdots \\ P_R^{Sn} = [(x_R - x^{Sn})^2 + (y_R - y^{Sn})^2 + (z_R - z^{Sn})^2]^{1/2} + c dt_R \end{array} \right. \quad (09)$$

A Solução desse sistema de equações superabundantes; quando existe acima de quatro satélites observados, se dá pelo Método dos Mínimos Quadrados – MMQ; com quatro satélite a solução é única e não se faz necessário aplicar o Método dos Mínimos Quadrados. Abaixo de quatro o sistema fica indeterminado e no caso de se desejar alguma solução particular, deve-se impor alguma injunção, exemplo, altitude elipsoidal $h=0$.

O sistema de coordenadas XYZ trata-se do sistema cartesiano geocêntrico, com centro no elipsoide do sistema geodésico considerado, no caso, por exemplo, o WGS-84 que o GPS utiliza nas efemérides operacionais.

A relação dessas coordenadas com as geodésicas elipsoidais (latitude, longitude e altitude elipsoidal), são (IBGE,1997):

$$\left. \begin{aligned} X &= (N + h)\cos\varphi\cos\lambda \\ Y &= (N + h)\cos\varphi\sen\lambda \\ Z &= (N' + h)\sen\varphi \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

onde:

- N : é o raio da curvatura da seção 1º vertical;
- N' : é a pequena normal;
- h : é a altitude elipsoidal;
- φ : é a latitude geodésica;
- λ : é a longitude geodésica.

As fórmulas inversas podem ser obtidas por (IBGE, 1997):

$$\lambda = \arctg\left(\frac{Y}{X}\right) \quad (11)$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{Z+e'^2b\sen^3\mu}{\sqrt{X^2+Y^2}-e^2a\cos^3\mu}\right) \quad (12)$$

$$h = \frac{\sqrt{X^2+Y^2}}{\cos\varphi} - N \quad (13)$$

onde:

- a : semieixo maior do elipsoide;
- b : semieixo menor do elipsoide;
- e : primeira excentricidade do elipsoide;
- e' : segunda excentricidade do elipsoide;

e as funções trigonométricas de μ obtidas pelas equações (14):

$$\operatorname{sen}\mu = \frac{tg\mu}{\sqrt{1+tg^2\mu}}; \quad \operatorname{cos}\mu = \frac{1}{\sqrt{1+tg^2\mu}}; \quad tg\mu = \frac{Z}{\sqrt{X^2+Y^2}} \frac{a}{b} \quad (14)$$

3.2 TELEFONIA MÓVEL NO BRASIL

Segundo dados da Anatel (2018), os aparelhos telefônicos móveis tiveram seu início no Brasil, no dia 30 de dezembro de 1990, com o modelo PT-550 da Motorola. Estreou com 667 aparelhos que passou para 6.700 unidades no ano seguinte, ultrapassando os 30 mil em 1992. Em maio de 2017 chegou-se a quantia de 242,1 milhões telefones celulares, com uma densidade de 116,73 telmov / 100 hab. Os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios de 2014 realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, indicaram que 130 milhões de pessoas com mais de 10 anos possuíam acesso à telefonia móvel no Brasil no ano de 2013, equivalente a 75,5% da população residente no país e um crescimento de 5,1% em relação ao ano anterior. A trajetória de crescimento teve como fator determinante a privatização da telecomunicação no Brasil, a fim de expandir o sistema sob novas regras institucionais (WOHLERS, 1998).

3.2.1 Empresas de Telefonia Móvel no Brasil

Atualmente no Brasil, nove empresas assumem o papel de operadora de telefonia móvel, sendo elas: Claro, Conecta, CTBC, Movistar, Nextel, Oi, Sercomtel, TIM e Vivo. As mais usadas pela população de acordo com a Teleco (2018) são: a **Vivo, Claro, Tim, Oi e Nextel**.

3.2.1.1 Operadora Vivo

Marca comercial de concessionária, no Brasil, de telefonia móvel, fixa, internet banda larga e TV por assinatura do grupo comercial Telefônica. Fundada em 13 de Abril de 2003, a operadora atende em dados obtidos em 2015 cerca de 5240 municípios, sendo considerada a operadora mais utilizada no Brasil.

A operadora Vivo, trabalha com tecnologias GSM (Global System for Mobile Communications), **3G HSPA/WCDMA** (High Speed Packet Access) / (Wide-Band Code-Division Multiple Access) e **CDMA** (Code Division Multiple Access).

3.2.1.2 Operadora Claro

Empresa operadora de Telecomunicações criada no Brasil, a partir da união de seis operadoras regionais em 19 de setembro de 2003 com área de cobertura em toda a América Latina e atendendo a 3560 municípios brasileiros, após sua fusão com a Embratel e Net possui cerca de 67 milhões de usuários. A empresa trabalha com serviços de telefonia móvel, fixa, internet banda larga e TV por assinatura.

A Claro sendo considerada a segunda operadora mais utilizada no Brasil, trabalha com tecnologias **GSM/GPRS/EDGE** (Global System for Mobile Communications) / (General Packet Radio Service) / (Enhanced Data Rates For GSM Evolution), **3G HSPA/WCDMA** (High Speed Packet Access) / (Wide-Band Code-Division Multiple Access) e **4G LTE** (Quarta Geração Long Term Evolution).

3.2.1.3 Operadora Tim Brasil

A TIM Brasil, subsidiária da Telecom Itália, é uma empresa de telefonia brasileira fundada 15 de julho de 1995, começando suas operações em 22 de maio de 1998. Foi a primeira no lançamento da tecnologia EDGE no Brasil, com serviços de multimídia (MMS) e também a primeira empresa a disponibilizar a internet 3G na modalidade pré-paga. Atuando com serviços de telefonia móvel, fixo, internet banda larga e TV por assinatura, também é a terceira maior operadora móvel do Brasil, atendendo a 3461 municípios.

A TIM Brasil, trabalha com tecnologias **GSM** (Global System for Mobile Communications), **3G** (Terceira Geração), **VDSL2** (Very-High-Bit-Rate Digital Subscriber Line 2), **CDMA** (Code Division Multiple Access) e **4G** (Quarta Geração).

3.2.1.4 Operadora Oi

A concessionária de serviços de telecomunicações do Brasil, antes conhecida por Telemar. A Oi é conhecida por ser a maior operadora de telefonia fixa e a quarta maior operadora de telefonia móvel do Brasil, sendo também a terceira maior empresa do setor de telecomunicações na América do Sul, fundada em 1º de março de 2002, fornecendo serviços como telefonia móvel, fixa, internet banda larga e TV por assinatura, a Oi também atua em outras áreas do mercado como cultura, modas, esportes, entre outros.

A empresa oferece serviços das tecnologias **GSM/GPRS/EDGE** (Global System for Mobile Communications) / (General Packet Radio Service) / (Enhanced Data Rates For GSM Evolution), **3G** (Terceira Geração) e **4G** (Quarta Geração).

3.2.1.5 Operadora Nextel

É uma empresa de serviços de comunicação, subsidiária Brasileira da NII Holdings. Inc, que foi fundada no Brasil em 1997 com o sistema de rádio Push-to-Talk.

Na tecnologia usual da Nextel, os dispositivos móveis ou fixos de processamento de dados comuns (computadores, celulares, smartphones e PDAs, GSM ou CDMA) se assemelham a walk-talkies, permitindo a conferência entre dois ou mais usuários, grupos pré-definidos ou ainda sessões com mensagens on-line, comunicação de voz em tempo real e GPS em tempo real com apenas o clique de um botão. Mas, atualmente esse carro chefe da empresa foi cancelado, devido ao avanço de aplicativos de comunicação de voz.

3.2.1.6 Sistema Operacional Móvel

Diferente dos telefones fixos, os aparelhos móveis funcionam através da bateria que fornece energia para que possa ocorrer a relação software e hardware, essa relação só ocorre com a presença de um sistema operacional que gerencia e executa as atividades solicitadas pelos usuários. Há vários sistemas operacionais no mercado brasileiro, porém alguns não possuem o selo da Anatel para que possa ter a segurança necessária para funcionamento. Os que possuem o selo da Anatel são (STATCOUNTER, 2018):

- o **Android** da Google; e o
- **iOS** (iphone) da Apple,
- **Windows Phone** da Microsoft;

Segundo Costa e Duarte (2013), os sistemas operacionais possuem vantagens e desvantagens que são identificadas a partir de suas características e funcionalidades.

I. Sistema Operacional Android

Como se trata de um software livre, o Android possui código aberto, permitindo que cada fabricante personalize o sistema de acordo com as configurações do hardware de seus produtos. As **principais vantagens** são:

- Handset layouts: a plataforma é adaptada tanto para dispositivos VGA maiores, gráficos 2D, bibliotecas gráficas 3D baseadas em OpenGL ES 2.0;
- Armazenamento de dado: utilizando SQLite;
- Conectividade: suporta tecnologias em GSM/EDGE, IDEN, CDMA, EV-DO, UMTS, LTE, Bluetooth, 3G, Wi-Fi e WiMAX;
- Mensagens: disponíveis tanto em SMS quanto em MMS;
- Navegador: baseado no framework de Código aberto conhecido como WebKit;
- Máquina virtual Dalvik: aplicações escrita sem Java são compiladas em bytecodes Dalvik desenvolvida para uso em dispositivos móveis, o que permite que programas possam ser executados em qualquer dispositivo Android, independentemente do processador utilizado;
- Multimídia: suporte a formatos de áudio e vídeo como MPEG-4, H.264, MP3, e AAC;
- Suporte Adicional de Hardware: uso de câmeras de vídeo, tela sensível ao toque, GPS, acelerômetros, e aceleração de gráficos 3D;
- Ambiente de desenvolvimento (SDK): Inclui um emulador, ferramentas para debugging (reduzir defeitos), memória e análise de desempenho.

As **principais desvantagens** encontradas para o usuário foram:

- Aplicativos pagos mais caros;
- Carência e problemas de atualização do sistema operacional para o aparelho;
- Vírus na loja Android Market;
- Incompatibilidade de aplicativos e suas versões entre aparelhos diferentes.

Atualmente o Android se encontra na versão 8.1 Oreo para aparelhos com alta tecnologia e alta capacidade de processamento.

II. Sistema Operacional iOS

Caracteriza-se por não permitir que o iOS seja executado em hardware de terceiros, pois ambos são de uso proprietário e exclusivo da Apple. Suas principais **vantagens** são:

- Core OS: OS X Kernel, Sockets, Segurança,
- Gerenciamento de Energia, Certificados, Sistema de Arquivos;
- Core Services: SQLite, Acesso a Arquivos, Preferências,
- Livro de Endereços, Rede;
- Media: OpenAL, Gravação e Mixagem de Áudio,
- Núcleo de Animação;
- Leitor de PDF, OpenGL ES e Quartz;
- Cocoa Touch: Multi-touch, Acelerômetro, Câmera, Alertas, Sistema de Localização.

A grande vantagem de alto desempenho destes produtos, pela integração de hardware e software serem projetados um para o outro nesta plataforma.

Duas das **desvantagens** citadas por Costa e Duarte (2013) são:

- Ao interagir com outra aplicação ou dispositivo externo ao ambiente. Por exemplo, tarefas realizadas dentro do aparelho ou fora dele, precisam ser sincronizados pelo itunes do computador.
- Não possui um acesso fácil a App store, dependendo do país em que se encontra.

III. Sistema Operacional Windows Phone

Tem como **principal vantagem** o fato de não ser vinculado a um único hardware, dentre outras vantagens estão:

- Tela multitouch é a sua interface de manipulação;
- Botões (Back) sair dos softwares e também poderá ser utilizado para navegação nas aplicações, (Start) responsável por ligar o telefone e retornar à tela caso esteja ligado;
- (Seach) recurso de pesquisa interna ao programa;

- Wi-Fi: Responsável por acesso a rede sem fio, para conexões à Internet;
- Câmera: Os telefones possuirão uma câmera com no mínimo 5 (cinco) megapixel e flash;
- Accelerometer: O acelerômetro é responsável por detectar a aceleração do telefone, o que representa uma mudança de velocidade da física. Pode ser utilizado para detectar a orientação do telefone, ou movimentos realizados com ele;
- Compass: Detecta a orientação relativa ao Norte Magnético;
- Location: Utilizado para detectar a localização geográfica do telefone, GPS embutido;
- Tecnologia NFC (Near Field Communication), que permite transferir arquivos de maneira rápida e interações de mídias (online) com skype.

As **principais desvantagens** encontradas neste sistema operacional, foram:

- Multitarefa - só poderá abrir um aplicativo por vez com exceções. Se levarmos em consideração que outros realizam esta função;
- Sem suporte a Adobe Flash - Nisso Apple e Microsoft concordam, pois não dá suporte ao polêmico Adobe Flash;
- Sem e-mail unificado - Ao contrário do fluxo, o aplicativo de e-mail do WP8 não unifica as suas contas e exige mais “cliques” do que seria necessário;
- Sem copiar e colar - um recurso tão básico não pode ficar de fora de um sistema operacional mobile.

3.2.2 Hardware

Os hardwares dos aparelhos móveis considerados de alta performance são caracterizados para ter um mínimo de:

- Processadores com mais de 4 núcleos;
- Memórias com mais de 4gb;
- Capacidade de armazenamento superior a 64 gb;
- Baterias íon-lítio;
- Antenas analógicas (GPS, GSM, Wireless).

3.2.3 Sistema de Comunicação

Segundo Rodrigues (2000), a Federal Communication Commission (FCC) – órgão americano regulamentador de telecomunicações, em 22 de junho de 198, definiu o sistema celular como: "um sistema móvel terrestre de alta capacidade no qual o espectro disponível é dividido em canais que são reservados, em grupos, a células que cobrem determinada área geográfica de serviço. Os canais podem ser reusados em células diferentes na área de serviço."

A comunicação celular é realizada basicamente a partir de dois sistemas - transmissão e recepção. Cada um desses sistemas de acordo com Santos (2008) possuem os seguintes componentes:

- Microfone: converte o sinal de voz (de quem quer transmitir a informação) em sinais elétricos;
- Alto-falante: converte o sinal elétrico (vindo de quem transmite a informação) em sinal de voz (para o receptor ouvir a mensagem);
- Transmissor: envia os sinais gerados pelo microfone para o receptor
- Receptor: recebe e entende os sinais enviados pelo transmissor e os envia ao alto-falante.
- Antena: converte sinais elétricos em ondas de rádio, para enviar a informação pela atmosfera, ou faz a operação contrária para receber essas informações. É a alma da comunicação sem fio, por ser o aparelho capaz de se comunicar sem a necessidade de um contato físico;
- Ondas de rádio são sinais eletromagnéticos capazes de levar dados de um ponto a outro de forma confiável e rápida.

3.2.4 Estações Móveis (MS) e Estações Rádio Base (ERB)

As estações móveis são os próprios aparelhos móveis, eles possuem uma antena analógica para efetuar a modulação e demodulação, conta também com um oscilador para gerar sinais em determinadas frequências para que haja a comunicação. Uma interpretação textual do que seja a modulação e demodulação é dada a seguir (SANTOS, 2008):

Modulação/Demodulação: A troca de sinais entre o receptor e o transmissor é feita a partir da modulação do sinal. A modulação do sinal consiste em saber a informação do sinal da onda portadora por uma informação já conhecida deste sinal já armazenado no

sistema. O transmissor envia o sinal para o receptor, que por sua vez analisa a onda recebida e, a partir da onda portadora, entende as informações como alterações do sinal recebido sendo esse processo chamado de demodulação.

As Estações Rádio Base (ERB's) são antenas integradas com um sistema capaz de transmitir a partir dos enlaces a comunicação entre usuários, uma região e todos os outros usuários conectados na rede de telefonia.

3.2.5 Tecnologias das Redes de Telefonia Móvel

As redes de telefonia móvel, passaram com o decorrer dos anos a partir de sua fundação, por diferentes atualizações nos sistemas de comunicação e transmissão de dados. Em seu histórico tecnológico são identificadas quatro gerações de sistemas celulares, sendo eles (FONTANA, 2018):

1ª Geração – 1G: caracterizada como um sistema analógico e pelo seu grande impacto na sociedade como novidade por ser uma rede sem fio, utilizando um sistema de modulação em frequência permitindo a transmissão/recepção de voz, conhecido como Advanced Mobile Phone System – AMPS.

2ª Geração – 2G: caracterizada por seu avanço do sistema analógico para o sistema digital, essa tecnologia permitiu a partir da codificação por números o envio de som e imagem, facilitando o envio de informações e refinando mais a transmissão de voz utilizando três tipos de sistemas, Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo – TDMA – no qual permite que três usuários utilizem uma mesma frequência em intervalos distintos de tempo; Acesso Múltiplo por Divisão de Código – CDMA-One – permitindo que todos os usuários transmitam e recebam, por um mesmo canal, informações através de um código específico para cada um dos usuários; e por fim o Sistema Móvel Global – GSM – superando as demais tecnologia por conta da segurança garantida aos usuários através do chip SIM – Módulo de Identidade do Assinante – cartão que contém as informações dos usuários não permitindo a clonagem dos dados, sendo também adotado por todas as operadoras.

2,5ª Geração – 2,5G: conhecida por segunda geração e meia, sendo caracterizada por ser mais evoluída que a geração anterior, esta por sua vez voltada aos pacotes, permitindo uma conexão por tempo indeterminado dos usuários que incluía adições tecnológicas como o Padrão de Transmissão de Rádio por Pacote – GPRS – no qual ocorre a transmissão dos dados sem que haja conexão, tarifando apenas pelo uso e não pelo tempo de duração; Taxa de Dados Ampliados para GSM/GPRS – EDGE – a tecnologia que propiciou o desenvolvimento da rede celular rural com qualidade excepcional e possibilitou a implantação do sistema da 3ª geração com suas taxas de transmissões rápidas; CDMA2000 1X foi o primeiro passo para a implantação da 3ª geração, possibilitando cobertura não digitais.

3ª Geração – 3G: sendo a geração com ainda mais velocidade nas taxas de transmissões a 3ª geração contém as seguintes tecnologias WCDMA (Banda Larga CDMA) que aperfeiçoa o sistema GSM a partir da fundamentação do Protocolo de Internet – IP, o acesso à tecnologia é realizado por código que aumenta a taxa de transmissão de voz e dados, permitindo até cem usuários no mesmo canal; CDMA 2000 1XEV-DV, para pacote HSDPA que é um aumento de capacidade do WCDMA pelo Acesso em Pacote com Enlace de Descida em Alta Velocidade; CDMA 2000 1XEV-DO sendo um aperfeiçoamento da tecnologia de telefonia celular CDMA2000, ocasionando a conectividade sem fio de alta velocidade da mesma qualidade da banda larga com fio permitindo que o aparelho móvel possua as mesmas características de um computador pessoal.

4ª Geração – 4G: caracterizada pelos estudos integralizados na tecnologia LTE – Evolução a Longo Prazo – tratando-se de uma adaptação na tecnologia GSM como a 3G/WCDMA, HSPA e operadores em CDMA a partir da incorporação do MIMO – Multiple In Multiple On em combinação com uma multiplexação Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) para utilização eficiente dos espectros de frequências.

As tecnologias celulares ainda possuem mais duas gerações que não foram homologadas pela Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel, denominadas 4,5G e 5G, que são respectivamente a 4,5ª Geração e a 5ª Geração, por conta das frequências que o país ainda não tem suporte para fornecimento.

3.3 TECNOLOGIA DE LOCALIZAÇÃO DOS APARELHOS MÓVEIS

Com as regras estabelecidas pela *Federal Communications Commission* – FCC, órgão responsável pela regulamentação das atividades das operadoras de telecomunicações, determinam que toda operadora de telefonia móvel deveria ser capaz de fornecer às centrais públicas de atendimento de segurança – PSAP (*Public Safety Answering Points*), a localização geográfica de um assinante que realizasse uma chamada de emergência 911, iniciativa adotada principalmente em decorrência do alto número de chamadas de emergência (código 911 ou apenas a tecla 9), originadas de telefones móveis, cerca de 30% dos casos. Os custos gerados pelo serviço de localização obrigaram as operadoras a investirem em serviços que pudessem ser tarifados com base no fornecimento da localização de algum usuário ou lugar, surgindo à concepção comercial dos serviços baseados em localização, conhecidos como LBS (*Location Based Services*) (GUEDES, 2003).

A determinação da posição dos aparelhos móveis é feita a partir da localização celular realizada através de uma rede de comunicação celular, método no qual visa como um desafio, minimizar custos para a execução e aumentar a precisão de seu ponto de localização.

Guedes (2003), ressalta que a localização celular é realizada a partir de três tipos de soluções:

- Soluções baseada na rede: quando os equipamentos de medição da localização de um aparelho móvel forem colocados e executados nas ERB's;
- Soluções baseada nos terminais: quando os aparelhos móveis possuem equipamentos capazes de obter os parâmetros de sua própria coordenada;
- Soluções híbridas: quando os aparelhos determinam sua posição a partir do uso de duas tecnologias distintas.

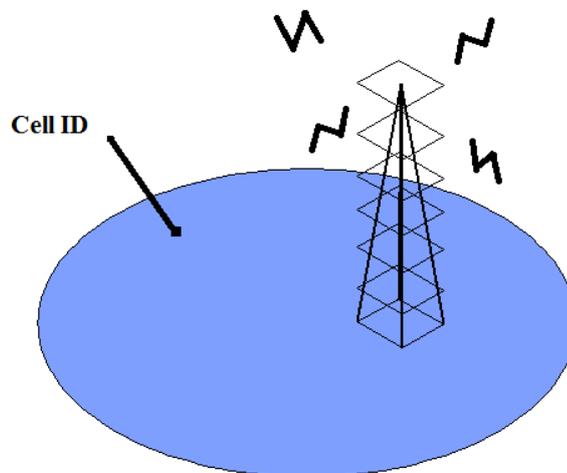
3.3.1 Soluções Baseada na Rede

As ERB's possuem equipamentos de identificação de códigos da célula onde possibilitam a localização dos aparelhos móveis. Os métodos de identificação são: *Cell-ID*, *Cell-sector*, e *Timing advance*.

3.3.1.1 Cell-ID

Uma das primeiras soluções usadas para localização dos aparelhos móveis e, também, uma das mais simples. Cell – ID significa identificador de célula, na qual a célula é reconhecida como a área de cobertura da transmissão da rede celular que é emitida através de sinais pelas ERB's para os aparelhos móveis, a identificação é realizada a partir dos códigos que são inseridos nas ERB's no momento que são implantadas.

Figura 04 – Localização baseada em Cell-ID.



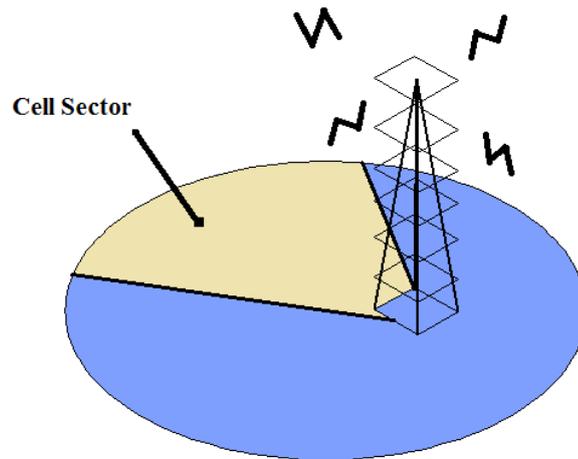
Fonte: Adaptado de Guedes (2003).

A posição que é informada representa a mesma posição da base servidora. Sua identificação é realizada a partir da Célula Global de Identificação – CGI. uma vez que a estação móvel pode estar em qualquer lugar na célula, a exatidão deste método depende do tamanho de célula e pode ser muito ruim em muitos casos, já que a célula pode ter entre 2 km a 20 km de diâmetro (GUEDES, 2003).

3.3.1.2 Cell sector

Os setores são divididos dentro da área das células, minimizando um pouco o local de posicionamento. A partir deste ponto já se tem a direção na qual o aparelho móvel se encontra ainda sem precisão.

Figura 05 – Localização baseada em Cell-ID com Cell Sector.

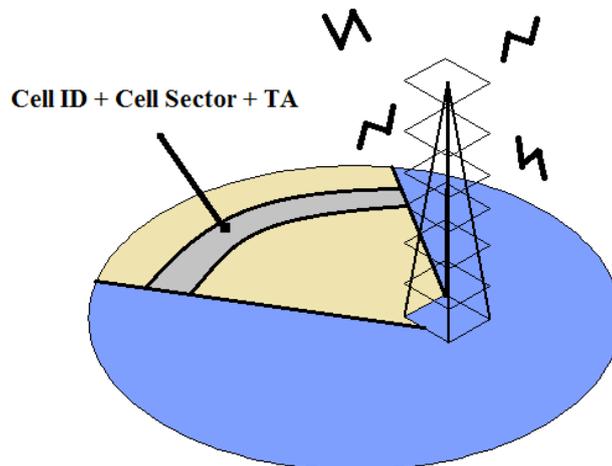


Fonte: Adaptado de Guedes (2003).

3.3.1.3 Timing advance

É o método que se baseia na diferença de tempo de chegada chamada TDoA – *Time Difference of Arrival*. O transmissor envia o sinal para o receptor na velocidade de propagação da luz, a diferença do tempo gasto entre o envio dos dois pontos é medida.

Figura 06 – Localização baseada em Cell-ID com Cell Sector e TA.



Fonte: Adaptado de Guedes (2003).

A área onde se encontra o aparelho móvel fica mais reduzida, podendo ter mais precisão quando conectada com mais ERB's.

3.3.2 Soluções baseadas nos terminais

Com a tecnologia, os terminais conhecidos pelas estações móveis também denominados como aparelhos móveis, passaram por atualizações em seus hardwares que impulsionaram o avanço da metodologia de localização com base no aparelho. Apresentando mais qualidade na precisão e identificação da posição em conjunto com programas que maximizam as suas capacidades de processar as informações sem que haja contato com a rede, mesmo que para isso, seja um processo demorado.

3.3.2.1 GPS

O posicionamento dos terminais móveis pelo GPS é feito usando-se o Posicionamento por Ponto (PP) com o código C/A, descrito em detalhes na sessão (2.1).

3.3.2.2 Método de Localização Baseado na Potência do Sinal Recebido

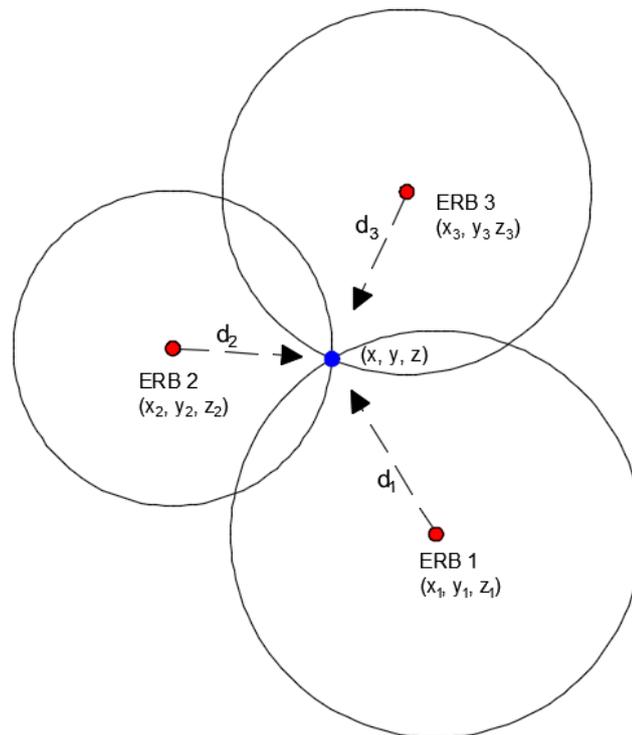
O uso do método da localização baseada a partir da potência do sinal recebido, aplica a solução do Cell Id no qual identifica a ERB que está transmitindo sinais e que, a partir de suas coordenadas é feita a trilateração para localizar o ponto desejado. O aparelho móvel deve estar com uma conexão ativa com a rede para que haja interatividade, sendo assim, é usada a conexão via internet oferecida pela operadora de telefonia para que se tenham as transmissões.

➤ **Trilateração de Potência**

Segundo Silva (2009) a trilateração de potência é um cálculo de posição que se baseia na estimativa de proximidade de distância RSSI (*Received Signal Strength Indicator*), ou seja, a quantidade de sinal recebido pelo aparelho móvel é a base para o cálculo da distância entre o transmissor e o receptor. O sinal é transmitido com uma certa potência e durante o percurso vai enfraquecendo, medido em dBm (Decibel), cuja referência é de $1mW$.

A implantação do método de trilateração de potência se dá a partir da estimação das distâncias obtidas através da propagação do sinal que é emitido pelas ERB's e, por meio de 3 pontos com coordenadas conhecidas, encontra-se a localização de um ponto desconhecido como mostra a Figura 07:

Figura 07 – Representação do método da Trilateração de potências



Fonte: O autor.

A propagação do sinal se dá pelos sinais transmitidos das ERBs aos aparelhos móveis, mas, para realização do cálculo precisa-se ter conhecimento dos pontos de coordenadas das ERB's e da potência recebida no aparelho móvel. As distâncias são determinadas por meio da equação de Log-Distância que relaciona a potência e distância inicial para encontrar a distância do ponto de coordenada desconhecido.

➤ Modelo de Propagação Log-Distância

A Log-distância é um modelo de propagação do sinal no qual diz que a potência recebida decresce em escala logarítmica com a distância, para efetuar os cálculos é necessário saber as informações iniciais da distância e da potência, que são indicadas como uma referência a partir de uma época (t_0).

A relação da potência em watt com a distância em metros foi obtida por experimentação no campo das telecomunicações e é representada pela equação (TELECO,2018):

$$\frac{\text{Pr}(d_0)}{\text{Pr}(d)} = \left(\frac{d}{d_0}\right)^n \quad (15)$$

Onde:

$\text{Pr}(d_0)$: potência recebida numa distância d_0 da ERB;

$\text{Pr}(d)$: potência recebida numa distância d da ERB;

n : fator de atenuação.

Se a potência estiver em *decibel watt* (dBW) ou *decibel miliwatt* (dBm), a equação (15) pode ser apresentada na forma de log-distância (SILVA, 2009) e (TELECO,2018):

$$P_d(t) = P_{d_0}(t_0) - 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + \varepsilon \quad (16)$$

Onde:

$P_d(t)$: potência recebida a uma distância d da ERB, na época t ;

$P_{d_0}(t_0)$: potência recebida a uma distância d_0 da ERB, na época t_0 ;

ε : corresponde uma variável aleatória log-normal gaussiana, com média zero e desvio padrão σ_{dB} ;

n : fator de atenuação.

O desvio padrão σ_{dB} na equação (16) são estimados para alguns ambientes conforme Tabela 3.

Tabela 03 – Precisão da potência medida em ambientes diferentes

Ambiente	Desvio padrão (σ_{dB})
Outdoor	4 a 12
Escritório com paredes	7
Escritório com divisórias	9,6
Linha de visada	3 a 6
Sem linha de visada	6,8

Fonte: Teleco (2018).

Da equação (16) pode-se tirar a relação inversa quando se deseja obter a distância em função da potência. Aplicando-se a definição de logaritmo ($\log_a b = x \rightarrow a^x = b$) tem-se:

$$d = d_0 \cdot 10^{\frac{P_{d0}(t_0) - P_d(t)}{10n}} + v \quad (17)$$

Sendo: v a variável aleatória para d correspondente a incerteza (ε) em (16).

O fator de atenuação do sinal já tem alguns parâmetros definidos, o qual é classificado de acordo com o ambiente. A Tabela 4 mostra uma classificação comumente utilizada nos meios de comunicação.

Tabela 04 – Fator de atenuação da propagação do sinal

Tipo de Ambiente	n
Lugares Abertos	2
Áreas Urbanas	2,7 a 3,5
Áreas Urbanas com pouca obstrução	3 a 5
Ambientes fechados com linha de visada	1,6 a 1,8
Obstrução Internas	4 a 6
Obstruções em fábricas	2 a 3

Fonte: Wireless Communications: Principles and Practice, New Jersey, 1995.

➤ Trilateração espacial na determinação do aparelho móvel

Com três distâncias determinadas por meio pela equação (17) da Log-Distância até três estações ERB's distintas, forma-se um sistema de três equações a três incógnitas do tipo:

$$ERB'S \begin{cases} d_R^{E1} = [(x_R - x^{E1})^2 + (y_R - y^{E1})^2 + (z_R - z^{E1})^2]^{1/2} \\ d_R^{E2} = [(x_R - x^{E2})^2 + (y_R - y^{E2})^2 + (z_R - z^{E2})^2]^{1/2} \\ d_R^{E3} = [(x_R - x^{E3})^2 + (y_R - y^{E3})^2 + (z_R - z^{E3})^2]^{1/2} \end{cases} \quad (18)$$

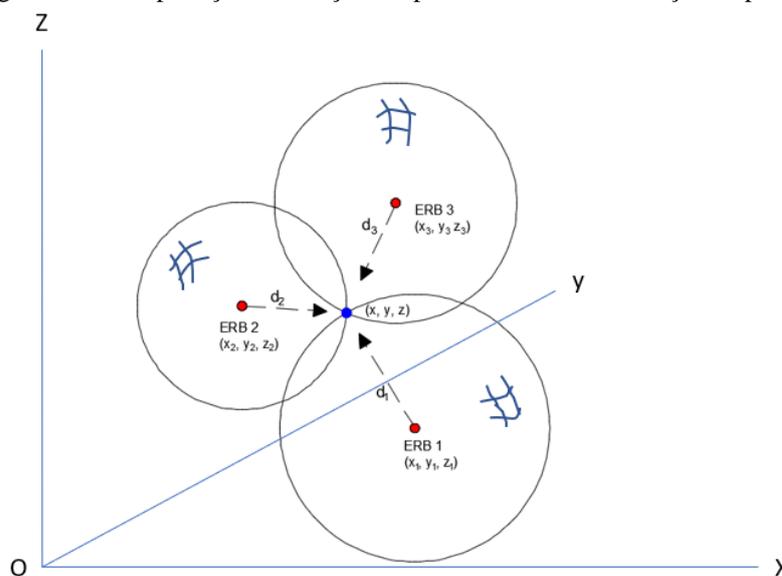
Onde:

- d_R^{Ei} : distância entre a ERB e o aparelho móvel;
- (x_R, y_R, z_R) : coordenadas do aparelho móvel, incógnitas;
- (x^{Ei}, y^{Ei}, z^{Ei}) : coordenadas das estações ERB's

A interpretação geométrica da solução é dada pela interseção de três esferas no sistema cartesiano OXYZ, como ilustra a Figura 08. A solução matemática será apresentada no método híbrido na metodologia desse trabalho, quando o aparelho não tem sinal GPS.

No modelo não linear equação (18), o terno cartesiano XYZ que está sendo utilizado tem o intuito de compatibilizar as equações de distância com o modelo GPS das observáveis das pseudodistâncias observadas;

Figura 08 – Interpretação da solução 3D pelo método da trilateração de potência



Fonte: O autor.

3.3.3 Soluções híbridas

Dentre os métodos de solução híbrida, um que se destaca pela confiabilidade no posicionamento e na precisão alcançada é o A-GPS (GPS Assistido), usando estações ERB's para apoiar o posicionamento GPS, e enviando correções diferenciais e atualização dos almanaques dos satélites (LEANDRO, 2009).

Na metodologia desse trabalho é apresentado um método híbrido de posicionamento dos celulares fazendo uso de estações ERB's e GPS.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentada a área do experimento realizado, os materiais e softwares que foram utilizados e posteriormente os cálculos e um algoritmo que contemplam o método híbrido de posicionamento.

Quando existe ERB's e GPS, o método utiliza ambas informações para definir a posição do móvel (celular). A medida que os sinais vão se perdendo o método vai fazendo uso das informações restante, por exemplo, se todos os sinais dos satélites são perdidos como é o caso de se estar dentro de uma residência, faz-se uso apenas das equações de distâncias pela log distância (equação 16), todavia se os sinais do GPS são disponíveis para pelo menos dois satélites e apenas duas distâncias até as estações ERB's, ainda assim, o método fornece solução. Se nenhuma estação ERB's tiver sinal disponível, usa apenas as medições feitas pelos satélites GPS a três satélites e a solução vem da injeção de altitude. Quando quatro satélites são observados, resolve inclusive, o estado do relógio do celular em relação ao tempo GPS e partir da diferença entre o tempo GPS e o Tempo Universal Coordenado (UTC) a hora do celular poderia ser ajustada, inclusive.

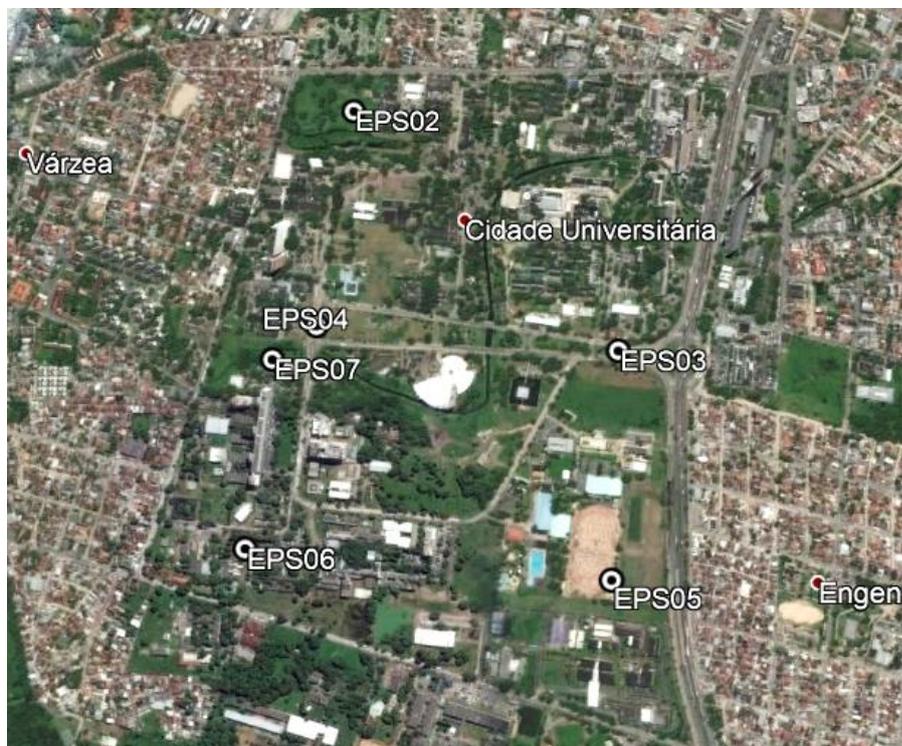
O importante do método híbrido é que se tenha pelo menos três distâncias medidas, pois se pode injuncionar o estado do relógio do móvel para ser nulo e com isso se tem a solução para as coordenadas do móvel. Com duas medidas apenas, a solução é indeterminada e o método não deve ser aplicado. Deve-se mostrar em tela que não existe dados suficiente para efetuar o posicionamento.

4.1 ÁREA DO ESTUDO

Á área de estudo foi no Campus Joaquim Amazonas da Universidade Federal de Pernambuco, situada no bairro Cidade Universitária, na av. dos Reitores, no Centro de Tecnologia e Geociências (CTG). Para determinação da acurácia do posicionamento pelo GPS e pelo celular (modo padrão do celular) usou-se um dos marcos geodésicos implantados no campus da UFPE com padrão IBGE/RIBAC. Trata-se de um marco de concreto, cilíndrico de aproximadamente 200mm de diâmetro e 1,20m de altura. Especificamente este experimento foi conduzido no marco denominado de EPS04, cujas coordenadas publicadas em Mendonça et al (2010), em SIRGAS2000, são: latitude: $-8^{\circ}03'05,84148'' \pm 0,001\text{m}$; longitude: $-34^{\circ} 57' 11,62465'' \pm 0,001 \text{ m}$; e altitude elipsoidal: 4,892 m. Essas coordenadas serviram de referência de comparação para se ter a acurácia do posicionamento GPS e do posicionamento pelo celular.

A Figura 09 ilustra a área do campus e a localização dos marcos geodésicos EPS's da rede geodésica do Campus da UFPE.

Figura 09 – Marcos Geodésicos da Rede de Referência Cadastral da UFPE



Fonte: Mendonça et al (2010) e imagem do Google Earth (2018).

Nas proximidades do EPS04 foram detectadas quatro antenas ERB's que foram usadas no posicionamento no momento das medições de potência do sinal, que chegava ao celular.

As ERB's nas proximidades da área de estudo estão ilustradas na Figura 10, e para facilitar o segundo experimento, o qual levou em conta as logs- distâncias para as estações rádio base, as ERB's foram numeradas como ERB01, ERB02, ..., ERB12, de acordo com as distâncias que estão.

Essas antenas estão no banco de dados da Anatel com todas as informações a respeito da antena, por exemplo, frequência, potência, azimute, endereço, emissão, homologação, e assim por diante, inclusive a posição geográfica em latitude, longitude e altitude, assim como a altura da antena (ANATEL, 2018).

O código e a posição UTM delas são apresentadas na Tabela 05.

Tabela 05 – Código e posição das ERBs nas proximidades da UFPE

ERB	Cd. Anatel	E	N
ERB_01	379974355	284908,212	9109584,581
ERB_02	1003880239	284507,573	9109790,074
ERB_03	684327066	285092,486	9110117,033
ERB_04	1002335369	285095,504	9110126,266
ERB_05	379988305	285620,082	9109296,070
ERB_06	659108526	285687,221	9109345,552
ERB_06	688345638	285686,609	9109345,549
ERB_07	690752954	285621,262	9109048,111
ERB_08	1004156151	285621,353	9109029,061
ERB_09	689094949	284229,576	9109069,735
ERB_10	692744266	284240,850	9108890,036
ERB_10	1002291256	284241,773	9108889,119
ERB_11	659104601	284237,293	9110272,729
ERB_11	698954955	284237,293	9110272,729
ERB_11	379974398	284237,293	9110272,729
ERB_12	698954947	285982,610	9110342,498
ERB_12	379969300	285982,610	9110342,498
ERB_12	698954947	285982,610	9110342,498

Fonte: Anatel (2018).

Figura 10 – Posição das antenas ERBs em relação aos pontos dos experimentos



Fonte: O autor.

4.2 EQUIPAMENTOS

A seguir foram elencados os equipamentos utilizados no experimento, com as principais especificações técnicas. Os *softwares* utilizados são apresentados logo na sequência.

Equipamentos

- Celular Moto G5s Plus
Sistema Operacional: Android™ 7.1.1, Nougat;
Memória: 3GB;
Componentes do sistema/processador: Processador qualcomm® snapdragon™ 625 com cpu octa-core de 2.0 ghz, gpu adreno 506 de 650 mhz;
Redes: 4g Lte (Cat 6); Umts/Hspa+; Gsm/Edge. Bandas: GSM/GPRS/EDGE (850, 900, 1800, 1900 mhz); UMTS/HSPA+ (850, 900, 1900, 2100 mhz); 4g LTE (b1, b3, b5, b7, b28).
Serviços de localização: GPS, AGPS, Glonass, Beidu.
- Receptor GNSS Hiper V
Marca Topcon;
Dupla frequência L1 e L2, sinais GPS e GLONASS com opção RTK por rádio interno.

Softwares

- Programa Network Cell Info (app)
- Windows 8.1 e 10
- Excel da Microsoft 360
- Word da Microsoft 360
- Google Earth Pro 7.3.1.4507 (32-bit)
- AstGeoTop 2018 (Garnés, 2018)
- Autocad estudantil 2015 Autodesk
- Matlab R 2013a estudantil

4.3 MÉTODOS

Utilizando o sistema cartesiano geocêntrico XYZ no WGS-84, por exemplo, com um celular ou aparelho móvel que está rastreando n satélites do grupo de satélites GPS, se tem um sistema de n equações de pseudodistâncias a quatro incógnitas (X_R, Y_R, Z_R, dt_R), ver equações (09).

$$\left. \begin{aligned} P_R^{S1} &= [(x_R - x^{S1})^2 + (y_R - y^{S1})^2 + (z_R - z^{S1})^2]^{1/2} + c dt_R \\ P_R^{S2} &= [(x_R - x^{S2})^2 + (y_R - y^{S2})^2 + (z_R - z^{S2})^2]^{1/2} + c dt_R \\ &\vdots \\ P_R^{Sn} &= [(x_R - x^{Sn})^2 + (y_R - y^{Sn})^2 + (z_R - z^{Sn})^2]^{1/2} + c dt_R \end{aligned} \right\} \quad (09)$$

Recebendo a potência do sinal da rede de telefônica de m estações rádio base (ERB's), tem-se um sistema de m equações de distâncias e três incógnitas, ver equações (14 a 16):

$$\left. \begin{aligned} d_R^{E1} &= [(x_R - x^{E1})^2 + (y_R - y^{E1})^2 + (z_R - z^{E1})^2]^{1/2} \\ d_R^{E2} &= [(x_R - x^{E2})^2 + (y_R - y^{E2})^2 + (z_R - z^{E2})^2]^{1/2} \\ &\vdots \\ d_R^{Em} &= [(x_R - x^{Em})^2 + (y_R - y^{Em})^2 + (z_R - z^{En})^2]^{1/2} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Assim o problema que se apresenta para o cálculo da posição do aparelho móvel é um sistema de equações não lineares de distâncias ($n+m$) e pode ser associado ao modelo paramétrico do ajustamento de observações. Cujas soluções vêm da solução de uma sequência de problemas de mínimos quadrados lineares (GARNÉS, 1996):

Modelo paramétrico: $\mathbf{L} = \mathbf{F}(\mathbf{X}_a)$

Equação residual linearizado por Taylor: $\mathbf{V} = \mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{L}$

Solução via equações normais MMQ:

$$\mathbf{X}^* = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} (\mathbf{A}^T \mathbf{L}) \quad (19)$$

Onde:

$\mathbf{A} = \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{X}_a} |_{x_a = x_0}$: matriz das derivadas parciais em relação aos parâmetros incógnitos;

$\mathbf{X}_a = \mathbf{X}_0 + \mathbf{X}$: vetor contendo as coordenadas ajustadas do aparelho móvel obtida a partir

do vetor de parâmetros iniciais mais a solução \mathbf{X}^* por MMQ;

$\mathbf{L}=\mathbf{L}_b-\mathbf{L}_0$: vetor de diferença das distâncias medidas menos as calculadas usando o vetor de parâmetros aproximados.

Nesse modelo não está sendo levado em consideração a ponderação. Isto poderia ser feito incluindo uma matriz de pesos \mathbf{P} baseada nas variâncias de cada medida de distância. Se assim, for a solução do sistema fica (GEMAEL, 1994):

$$\mathbf{X}^*=(\mathbf{A}^T\mathbf{P}\mathbf{A})^{-1}(\mathbf{A}^T\mathbf{P}\mathbf{L}) \quad (20)$$

As derivadas parciais na matriz \mathbf{A} são:

$$i = 1, \dots, n + m$$

$$A(i, 1) = \frac{dF}{dx_R} = \frac{(x_R - x^{Si})}{P_R^{Si}}; \quad A(i, 2) = \frac{dF}{dy_R} = \frac{(y_R - y^{Si})}{P_R^{Si}}; \quad A(i, 3) = \frac{dF}{dz_R} = \frac{(z_R - z^{Si})}{P_R^{Si}};$$

$$A(i, 4) = c$$

$$A(i, 4) = 0, i > n \text{ (nesse caso envolve as antenas ERB's).}$$

Para o vetor inicial \mathbf{X}_0 uma opção poderia ser:

$$x_R = \frac{(x^{E1} + x^{E2} + x^{E3})}{3}; \quad y_R = \frac{(y^{E1} + y^{E2} + y^{E3})}{3}; \quad z_R = \frac{(z^{E1} + z^{E2} + z^{E3})}{3}; \quad dt_R = 0$$

Definição das coordenadas aproximadas num formato genérico:

$$x_R = \frac{\sum_{i=1}^{\max i} x^i}{\max i}, \quad \max i \geq 1$$

$$\text{Se } \max i = 0, \text{ então } x_R = 0.$$

O mesmo pode ser feito para y_R e z_R . Ficando dessa forma:

$$\mathbf{X}_0 = \begin{bmatrix} x_R \\ y_R \\ z_R \end{bmatrix}$$

O vetor \mathbf{L}_b das distâncias tem a forma:

$$\mathbf{Lb} = \begin{bmatrix} P_R^{S1} \\ P_R^{S2} \\ \vdots \\ P_R^{Sn} \\ d_R^{E1} \\ d_R^{E2} \\ d_R^{E3} \end{bmatrix}$$

Sendo: $P_R^S = \text{pseudodistancia GPS}$ e d_R^E *distância pela log – distância*.

O algoritmo a seguir resume o método e pode ser implementado em qualquer linguagem computacional que permita executar *loops*.

Algoritmo (Solução híbrida GPS + ERB's em telefonia usando log-distância pela potência):

Etapa 1: Com as distâncias GPS e log-dist, montar o vetor L_b das observações.

Etapa 2: Determinar o vetor de parâmetro aproximados X_0 por alguma regra estabelecida.

Etapa 3: Faça $iter = 0$; $erro = 100$.

Etapa 4: Calcule $L_0 = F(X_0)$ e o vetor L onde $L = L_b - L_0$; Calcule a matriz A onde

$$\mathbf{A} = \frac{dF}{dX_a} /_{X_a=X_0} = [\mathbf{A}]_{(n+mx4)}.$$

Etapa 5: Resolver \mathbf{X} por MMQ

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{L} \text{ e}$$

- Calcular o $erro = \|\mathbf{X}\|_2$
- Atualizar $X_0 = X_0 + \mathbf{X}$;
- Fazer incremento no número de iteração: $iter = iter + 1$.

Etapa 6: Se $erro \leq tol$ ou $iter = 50$, vá para a etapa 7, senão, vá para a etapa 4.

Etapa 7: Se $erro \leq tol$ então $X_a = X_0$ solução do problema, apresente relatório, senão escreva na tela (não houve convergência em 50 iterações).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta sessão foram apresentados os resultados inerentes a dois experimentos conduzidos na área de estudo.

1. O primeiro experimento objetivou determinar a acurácia do posicionamento geodésico usando o celular moto g 5s plus em comparação com um receptor geodésico de dupla frequência L_1 e L_2 , o Hiper V. No celular usou-se o posicionamento dados pelo aplicativo Network Cell Info e no Hiper V foi feito o posicionamento por ponto (PP), conforme o padrão interno quando se usa em levantamento cinemático.
2. No segundo experimento a partir da tecnologia de segunda geração da operadora Oi, usou-se as potências recebidas das estações rádio base mais próximas e foram utilizadas numa técnica de trilateração usando as log-distâncias para determinar as coordenadas dos EPS's com as potências simuladas a partir de potências reais obtidas em um dos EPS's.

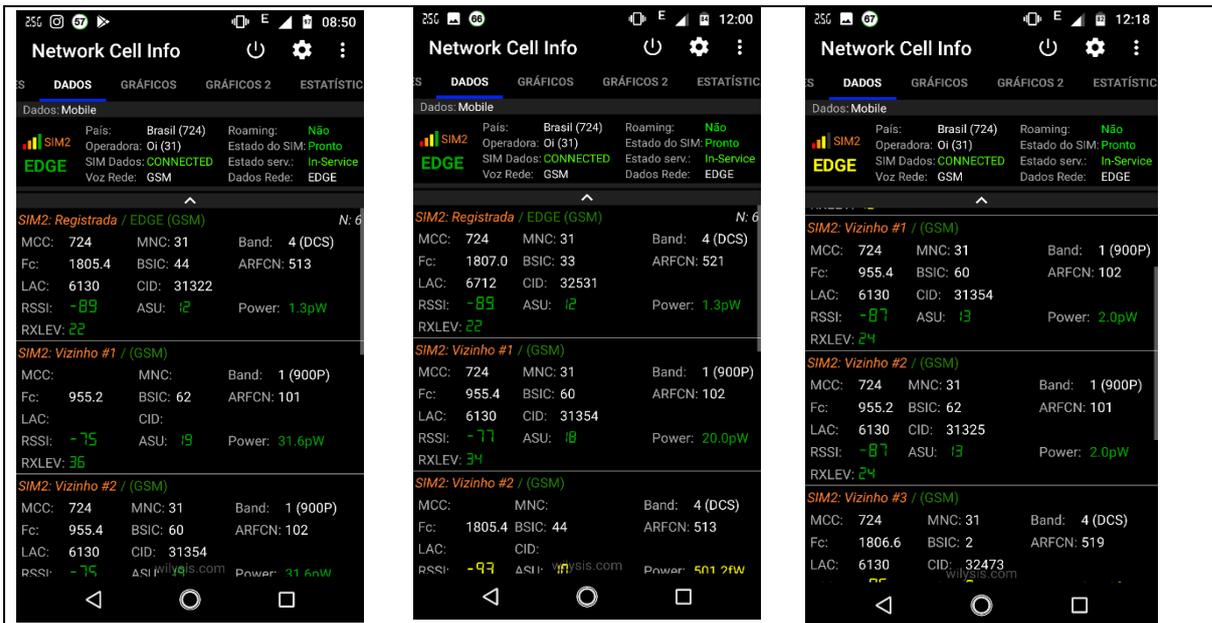
5.1 EXPERIMENTO 1

Foi realizado no marco geodésico EPS04 da rede de referência cadastral da UFPE, um rastreo GNSS com o Hiper V do Laboratório de Geodésia / DECart/UFPE, no dia 17 de junho de 2018. Ao mesmo tempo em que o receptor gravava os dados provenientes dos satélites GPS e GLONASS, era registrado num celular Moto g 5s Plus, pelo aplicativo Network Cell Info, os dados provenientes das ERB's e a posição resultado do procedimento usado pelo celular para seu posicionamento.

Figura 11 – EPS04 UFPE: Experimento comparativo GNSS x Celular



Continuação da Figura 11



Os dados provenientes do celular estão apresentados na tabela 07 a seguir:

Tabela 07 – Dados provenientes do aplicativo Network Cell Info

mnc	area	cellid	unit	Lat(deg)	Lon(deg)	signal	time	acc	Time	speed	bearing	alt	api
31	6606	22656248	284	-8,0516399	-34,9532003	-97	12:02:16	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,051641	-34,9532079	-85	12:02:45	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516406	-34,9532105	-89	12:02:50	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516422	-34,9532138	-87	12:03:00	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516432	-34,9532157	-87	12:03:10	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516438	-34,9532166	-85	12:03:15	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516442	-34,9532173	-87	***	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516445	-34,9532177	-87	12:03:25	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516448	-34,9532182	-89		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516449	-34,9532184	-87		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516449	-34,9532184	-91		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516449	-34,9532187	-61	12:03:55	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516451	-34,9532182	-61		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516461	-34,9532166	-61	12:04:10	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516465	-34,953215	-61	12:04:20	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516465	-34,9532144	-61		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516465	-34,9532138	-57		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516463	-34,9532132	-57		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,051646	-34,953213	-63		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516457	-34,9532129	-67		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516454	-34,9532127	-61		10	1,53E+12	0	0	0	25

Continuação Tabela 07

31	6130	31325	***	-8,0516452	-34,9532126	-63	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516451	-34,9532126	-63	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,051645	-34,9532125	-63	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,051645	-34,9532125	-65	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516455	-34,9532125	-67	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516459	-34,9532125	-63	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516456	-34,9532128	-63	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516451	-34,9532132	-63	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22656248	***	-8,0516434	-34,9532172	-89	12:06:15	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	***	-8,051644	-34,953218	-89	12:06:20	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	***	-8,0516442	-34,9532194	-89	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22656248	***	-8,0516439	-34,9532202	-89	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	***	-8,0516437	-34,9532206	-91	12:06:49	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	***	-8,0516437	-34,9532207	-93	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	***	-8,0516436	-34,9532207	-89	12:07:04	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	***	-8,0516437	-34,9532208	-85	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	***	-8,0516439	-34,9532211	-89	12:07:19	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	***	-8,0516441	-34,9532213	-89	12:07:29	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	***	-8,0516442	-34,9532213	-91	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	***	-8,0516444	-34,9532215	-85	12:07:45	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	***	-8,0516445	-34,9532218	-89	12:07:54	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	***	-8,0516443	-34,953222	-89	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	***	-8,051644	-34,9532224	-93	12:08:09	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	***	-8,0516438	-34,9532226	-89	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516438	-34,9532228	-63	12:08:37	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,051644	-34,9532229	-63	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516445	-34,9532229	-59	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516446	-34,953223	-59	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516444	-34,9532232	-59	12:09:07	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516444	-34,9532233	-65	12:09:12	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516442	-34,9532234	-63	12:09:21	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,0516442	-34,9532234	-61	12:09:31	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,051644	-34,9532234	-63	12:09:46	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,051644	-34,9532234	-63	12:09:41	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6130	31325	***	-8,051644	-34,9532232	-61	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516441	-34,9532231	-61	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6130	31325	***	-8,0516442	-34,9532232	-59	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	284	-8,0516442	-34,9532232	-87	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	284	-8,0516445	-34,9532233	-83	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	284	-8,0516441	-34,9532232	-85	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	284	-8,0516435	-34,9532231	-79	12:10:31	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516426	-34,9532227	-81	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	284	-8,0516424	-34,9532226	-83	10	1,53E+12	0	0	0	25	
31	6606	22641248	284	-8,051642	-34,9532225	-83	12:10:55	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516419	-34,9532227	-83	10	1,53E+12	0	0	0	25	

Continuação Tabela 07

31	6606	22641248	284	-8,051642	-34,953223	-89	12:11:10	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,051642	-34,9532227	-87		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,051642	-34,9532225	-85		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,051642	-34,9532224	-87		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516421	-34,9532225	-87		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22641248	284	-8,0516421	-34,9532223	-87		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516419	-34,9532218	-87		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516418	-34,9532216	-85		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516416	-34,9532215	-83	12:12:06	10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532213	-81		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532212	-89		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532212	-87		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532212	-87		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532211	-85		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532211	-79		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532211	-83		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532211	-87		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532212	-85		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532212	-85		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532212	-83		10	1,53E+12	0	0	0	25
31	6606	22656248	284	-8,0516415	-34,9532212	-87		10	1,53E+12	0	0	0	25

A oitava coluna (time) foi inserida como informação extra ao arquivo do celular, com a época coincidentes com a do GPS para a comparação das coordenadas obtidas com o Posicionamento por Ponto (PP) e fazer as estatísticas correspondentes.

O tempo de rastreamento com o Hiper V, no EPS04 foi 22 minutos e 10 segundos e o posicionamento PP processado no *software Topcon tools 8.2* tem as coordenadas mostradas a cada época de rastreamento (taxa de 5 segundos) no **Apêndice A**. A Tabela 08 mostra as discrepâncias encontradas nos pontos comuns Celular e GPS. A estatística é mostrada no Quadro 02.

Tabela 08 – Discrepância entre coordenadas do Celular Moto g 5s plus e receptor Hiper V

Pto	Época	E(cell)	N(cell)	E(GPS)	N(GPS)	ΔE	ΔN	ΔP
1	12:02:50	284744,633	9109479,140	284742,214	9109480,021	2,419	-0,881	2,574
2	12:03:00	284744,270	9109478,961	284742,171	9109480,034	2,099	-1,073	2,357
3	12:03:10	284744,061	9109478,850	284742,153	9109480,047	1,908	-1,197	2,252
4	12:03:15	284743,962	9109478,783	284742,202	9109480,059	1,760	-1,276	2,174
5	12:03:25	284743,841	9109478,705	284742,198	9109479,983	1,643	-1,278	2,082
6	12:03:55	284743,731	9109478,660	284742,128	9109479,795	1,603	-1,135	1,964
7	12:04:10	284743,963	9109478,528	284742,096	9109479,867	1,867	-1,339	2,298
8	12:04:20	284744,140	9109478,485	284742,138	9109479,830	2,002	-1,345	2,412

Continuação Tabela 08

9	12:06:15	284743,895	9109478,827	284742,129	9109480,106	1,766	-1,279	2,181
10	12:06:20	284743,808	9109478,760	284742,138	9109480,109	1,670	-1,349	2,147
11	12:06:49	284743,521	9109478,792	284742,123	9109480,065	1,398	-1,273	1,891
12	12:07:04	284743,510	9109478,803	284742,129	9109480,097	1,381	-1,294	1,893
13	12:07:19	284743,466	9109478,769	284742,244	9109479,433	1,222	-0,664	1,391
14	12:07:29	284743,444	9109478,747	284742,360	9109479,454	1,084	-0,707	1,294
15	12:07:45	284743,422	9109478,714	284742,374	9109479,506	1,048	-0,792	1,314
16	12:07:54	284743,389	9109478,703	284741,827	9109479,270	1,562	-0,567	1,662
17	12:08:09	284743,322	9109478,758	284741,729	9109479,330	1,593	-0,572	1,693
18	12:08:37	284743,278	9109478,780	284741,767	9109479,375	1,511	-0,595	1,624
19	12:09:07	284743,234	9109478,713	284742,155	9109479,317	1,079	-0,604	1,237
20	12:09:12	284743,223	9109478,713	284742,281	9109479,330	0,942	-0,617	1,126
21	12:09:21	284743,212	9109478,735	284742,232	9109479,387	0,980	-0,652	1,177
22	12:09:31	284743,212	9109478,735	284742,160	9109479,424	1,052	-0,689	1,258
23	12:09:46	284743,212	9109478,757	284742,114	9109479,759	1,098	-1,002	1,486
24	12:10:31	284743,245	9109478,813	284742,322	9109479,486	0,923	-0,673	1,142
25	12:10:55	284743,310	9109478,979	284742,098	9109479,825	1,212	-0,846	1,478
26	12:11:10	284743,255	9109478,979	284742,110	9109479,779	1,145	-0,800	1,397
27	12:12:06	284743,420	9109479,024	284742,186	9109479,719	1,234	-0,695	1,416

Quadro 02 – Estatística da discrepância entre o Cel Moto g 5 plus e receptor Hiper V

ESTATÍSTICA DISCREPÂNCIAS					
Discrepância E	m	Discrepância N	m	Disc. Hor. ΔP	m
ΔE Max =	2,419	ΔN Max =	-0,567	ΔP Max =	2,574
ΔE Min =	0,923	ΔN Min =	-1,349	ΔP Min =	1,126
ΔE média =	1,452	ΔN média =	1,452	ΔP média =	1,738
Desv pad =	0,398	Desv pad =	0,295	Desv pad =	0,451

A discrepância média entre os dois tipos de posicionamento na horizontal foi de 1,73 m, com desvio padrão de 45,1 cm. Para verificação quanto a acurácia dos posicionamentos fez uma análise quanto a posição de referência do EPS04. As coordenadas de referência dos EPS's do campus da UFPE para a comparação foram retiradas do trabalho de Mendonça et.al. (2010), baseadas no trabalho de Vila Flor (2008).

Tabela 09 – Coordenadas dos marcos da rede de referência cadastral do Campus da UFPE em SIRGAS2000

ID marco	Latitude (Sul)	2,58 σ (m)	Long. Oeste)	2,58 σ (m)	Altitude geométrica (m)
RECF	8°03'03,46970"	0= fixa	34°57'05,45910"	0=fixa	20,180
EPS1	8°02'53,44031"	0,001	34°56'53,45504"	0,001	2,787
EPS2	8°02'50,24854"	0,001	34°57'09,19544"	0,001	4,332
EPS3	8°03'07,57601"	0,001	34°56'50,66166"	0,001	5,200
EPS4	8°03'05,84148"	0,001	34°57'11,62465"	0,001	4,892
EPS5	8°03'23,36084"	0,001	34°56'51,38975"	0,001	3,083
EPS6	8°03'21,26425"	0,001	34°57'16,23980"	0,001	4,586
EPS7	8°03'08,21201"	0,002	34°57'14,65599"	0,001	4,637

Fonte: Mendonça et al (2010) e Vila Flor (2008).

Os Quadros 03 e 04 a seguir, sintetizam as estatísticas em relação a Tabela 08 e em relação ao **Apêndice A**, quanto as discrepâncias entre as coordenadas do EPS04, após transformá-las para UTM.

Quadro 03 – Estatísticas para acurácia do posicionamento com o celular Moto g 5s Plus

ESTATÍSTICA DISCREPÂNCIAS					
Discrepância E	m	Discrepância N	m	Disc. Hor. ΔP	m
ΔE Max =	3,181	ΔN Max =	-1,895	ΔP Max =	3,703
ΔE Min =	0,636	ΔN Min =	-2,633	ΔP Min =	2,244
ΔE média =	1,093	ΔN média =	-2,315	ΔP média =	2,593
Desv pad =	0,492391	Desv pad =	0,174	Desv pad =	0,320

O Quadro 03, evidencia que a discrepância horizontal máxima foi de 3,703m com média de 2,593m e o desvio padrão de 32cm em relação a posição considerada como referência. Portanto uma medida de acurácia de acordo com Souza *et al.* (2014) seria ($EMQ = \sqrt{\Delta P^2 + \sigma^2}$), cujo resultado para o posicionamento do Celular nas condições do experimento é $EMQ^1 = 2,612$ m;

¹ EMQ sigla de erro médio quadrático correspondente a um tipo de medida de acurácia das observações.

Quadro 04 – Estatísticas para acurácia do posicionamento PP com o receptor GNSS Hiper V

ESTATÍSTICA DISCREPÂNCIAS		
Discrepância E	Discrepância N	Disc. Hor. ΔP
ΔE Max = -0,202	ΔN Max = -0,995	ΔP Max = 2,028
ΔE Min = -0,852	ΔN Min = -1,940	ΔP Min = 1,090
ΔE média = -0,470	ΔN média = -1,364	ΔP média = 1,449
Desv pad = 0,151	Desv pad = 0,308	Desv pad = 0,318

O Quadro 04, evidencia que a discrepância horizontal máxima foi de 2,028 m com média de 1,449 m e o desvio padrão de 31,8 cm em relação a posição considerada como referência. Portanto a acurácia seria de EMQ=1,483 m.

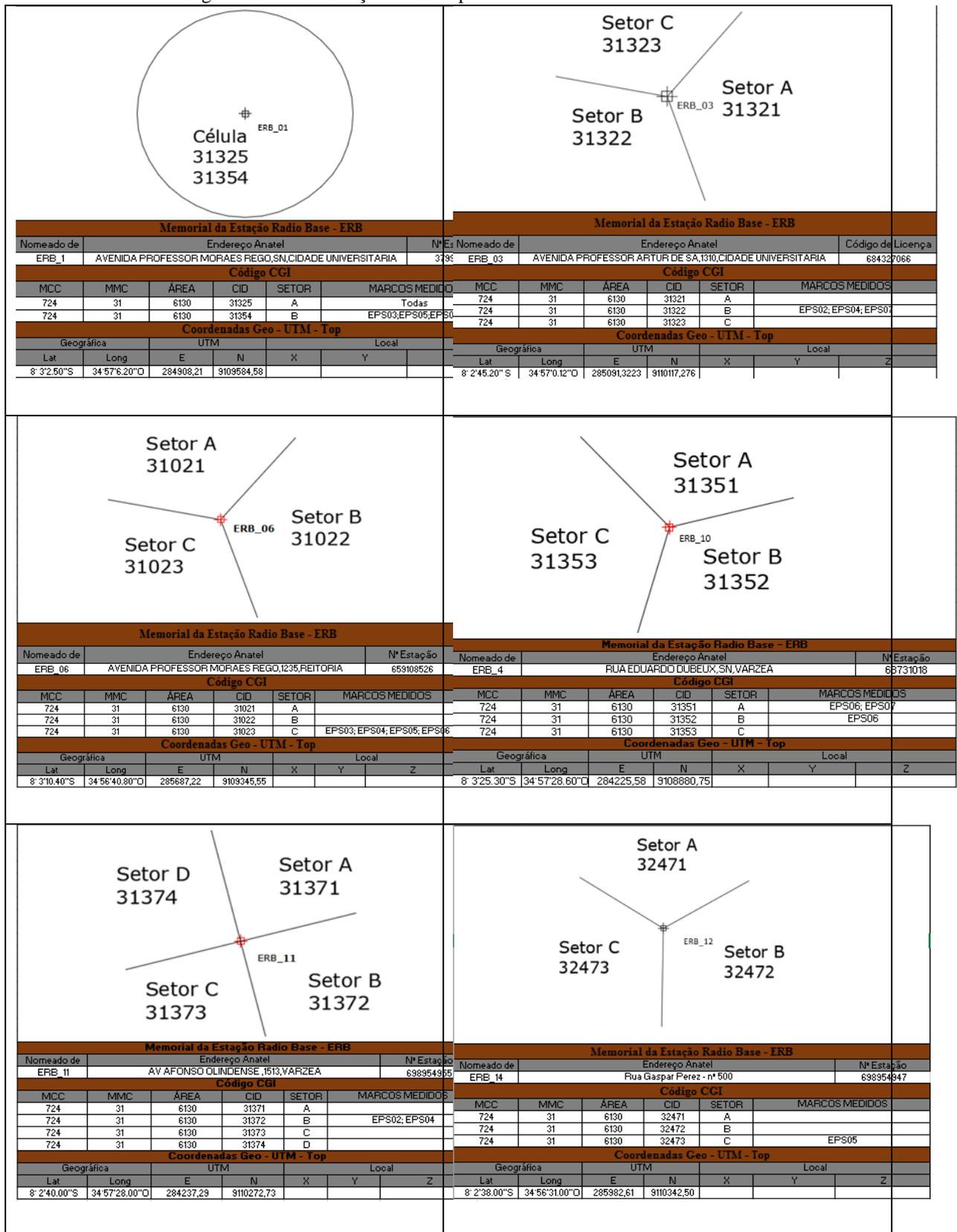
Comparando-se ambos os resultados, verifica-se que a precisão do posicionamento pelo Celular e pelo Hiper V foram iguais (32 cm), todavia a posição horizontal obtida pelo Hiper V é 1,129 m mais acurada que a do Celular Moto g 5plus.

5.2 EXPERIMENTO 2

O segundo experimento realizado no dia 18 de junho de 2018, foi conduzido a fim de testar o método de posicionamento com as log-distâncias obtidas a partir das potências medidas nos vértices da rede de referência da UFPE. Nesse experimento foram realizadas observações GPS com o receptor Hiper V e obtidas as potências de sinais com o aplicativo Network Cell Info, nos pontos: EPS07, EPS04, EPS06, EPS05, EPS03 e EPS02, na ordem cronológica durante 5 minutos. Dessa forma preferiu-se retirar esse ponto dos testes.

A identificação do sinal vem codificado por célula e setor, então, de imediato não dá para saber de qual ERB o sinal está sendo recebido. Para isso baixou-se o banco de dados da Anatel, fez-se um recorte das antenas que ficavam nas imediações dos pontos levantados, resultando na Figura 11 apresentada no capítulo anterior. Posteriormente pesquisando as células e setor de cada antena e dos dados recebidos, fez-se as identificações e após análises e eliminação dos sinais isolados e muito fracos, restaram as ERB's: ERB01, ERB03, ERB06, ERB10, ERB11 e ERB12. A Figura 12 mostra os códigos recebido e os setores e identificação dessas ERB's.

Figura 12 – Identificação da ERB pelo sinal recebido no celular



A fim de se ter comprovações quanto a metodologia calculou-se as distâncias UTM das ERB's a cada uma das estações ocupadas, apresentadas na Tabela 10. Essas distâncias foram

utilizadas para determinação de potências simuladas pela equação (15). A variável aleatória log-gaussiana (ϵ) que aparece na equação (16) pode ter influências indesejáveis e pretende-se verificar o método sem tal interferência, antes de mostrar os valores práticos medidos.

Tabela 10 – Distância entre as ERB's e pontos EPS

	EPS6	EPS5	EPS3	EPS2	EPS4	EPS7
ERB_01	653,4	785,2	500,8	387,5	195,3	312,8
ERB_02	789,4	1203,2	947,9	351,3	388,2	407,9
ERB_03	1213,4	1202,5	745,8	318,8	725,8	835,9
ERB_04	1223,0	1210,8	753,2	326,1	735,4	845,3
ERB_05	1057,0	433,4	271,2	1044,1	896,8	976,4
ERB_06	1135,5	513,6	314,2	1067,5	954,3	1039,0
ERB_06	1134,9	513,2	313,6	1067,0	953,7	1038,4
ERB_07	1018,6	276,1	449,9	1217,9	979,6	1035,7
ERB_08	1018,1	269,7	466,3	1232,3	988,2	1042,5
ERB_09	379,2	1142,0	1210,4	1065,8	657,6	539,6
ERB_10	380,9	1125,3	1265,4	1214,6	775,3	660,0
ERB_10	380,3	1124,5	1264,9	1215,0	775,4	660,2
ERB_11	1318,1	1741,3	1423,2	656,4	939,1	958,4
ERB_11	1318,1	1741,3	1423,2	656,4	939,1	958,4
ERB_11	1318,1	1741,3	1423,2	656,4	939,1	958,4
ERB_12	1920,1	1527,3	1090,1	1228,8	1509,9	1627,6
ERB_12	1920,1	1527,3	1090,1	1228,8	1509,9	1627,6
ERB_12	1920,1	1527,3	1090,1	1228,8	1509,9	1627,6

A tabela com os dados simulados das potências a partir das iniciais medidas em EPS07 como referência, já com as logs-distâncias calculadas, são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Dados simulados das potências com base nas distâncias reais e log-distâncias correspondentes

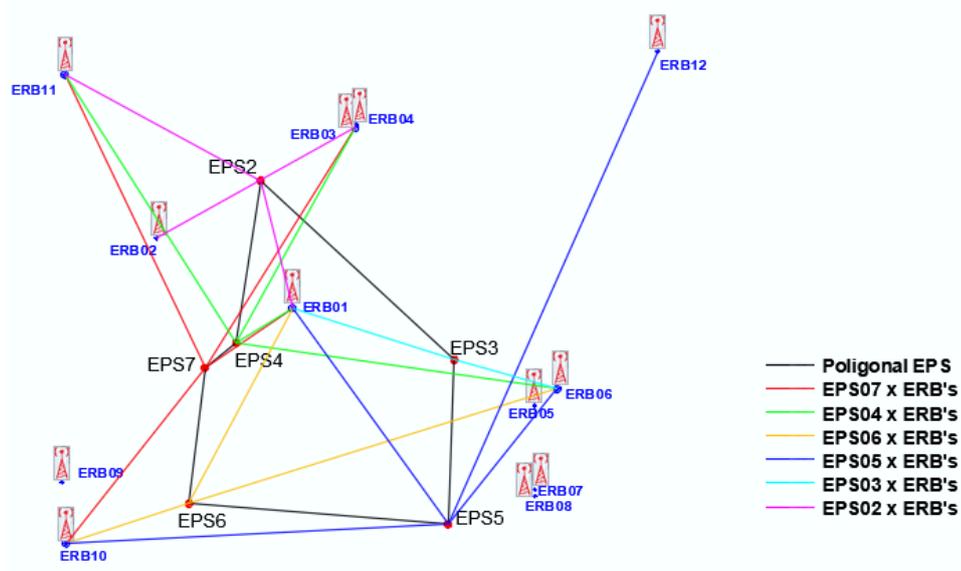
PTOS	horário	Id. Cell	ERB	dBm	log_dist
EPS07	12:01	31325	ERB01	-76,98970004	312,83
		31351	ERB10	-88,86056648	660,15
		31372	ERB11	-91,00015437	958,35
		31354	ERB01	-86,98970004	312,83
		31322	ERB03	-81,02372909	835,87
EPS04	12:29	31322	ERB03	-78,87809525	725,83
		31325	ERB01	-69,82770642	195,29
		31023	ERB06	-92,99988938	954,32
		31354	ERB01	-79,82770642	195,29
		31372	ERB11	-90,69220922	939,13
EPS06	12:42	31351	ERB10	-80,50225666	380,92
		31354	ERB01	-98,18564105	653,42
		31352	ERB10	-88,86056648	380,92

			31325	ERB01	-88,18564105	653,42
			31023	ERB06	-95,63411434	1134,90
			31023	ERB06	-83,58188208	513,58
			31325	ERB01	-90,97860358	785,22
EPS05	13:00		31022	ERB06	-88,86056648	513,58
			31354	ERB01	-100,9786036	785,22
			32473	ERB12	-92,99988938	1527,30
			31352	ERB10	-96,96746567	1125,30
			31023	ERB06	-76,11426607	314,23
			31325	ERB01	-84,14094331	500,76
EPS03	13:14		31354	ERB01	-94,14094331	500,76
			31022	ERB06	-81,39295046	314,23
			31021	ERB06	-65,00038134	314,23
			31325	ERB01	-80,24184682	387,46
			31372	ERB11	-85,24678294	656,36
EPS02	13:34		31323	ERB03	-95,00038134	318,83
			31321	ERB03	-97,000571	318,83
			31322	ERB03	-66,37344452	318,83

A rede envolvendo os pontos EPS e as ERBs é ilustrada na Figura 13 com as cores fazendo a correspondência entre a estação ocupada pelo celular e o sinal recebido da ERB.

As células grifadas (grifadas) corresponde a duplicação de informação para o ajuste e não serão utilizadas. As que estão hachuradas em tonalidade cinza serão utilizadas no ajustamento da rede.

Figura 13 – Rede medida entre as ERB'S e pontos EPS



Fonte: O autor.

Utilizando as equações de distância entre os pontos EPS's e as ERB's para cada linha de base formada (linha com distância observada), e considerando como incógnitas as coordenadas (E, N) dos pontos EPS onde o celular recebeu o sinal, tem-se um sistema com 20 equações de distâncias e 12 coordenadas incógnitas (nesta simulação está sendo considerado o plano UTM), conforme segue:

$$\begin{aligned}
 d1: & 312,83 = \sqrt{(x_{EP7} - x_{ER1})^2 + (y_{EP7} - y_{ER1})^2} \\
 d2: & 660,15 = \sqrt{(x_{EP7} - x_{ER10})^2 + (y_{EP7} - y_{ER10})^2} \\
 d3: & 958,35 = \sqrt{(x_{EP7} - x_{ER11})^2 + (y_{EP7} - y_{ER11})^2} \\
 d4: & 835,87 = \sqrt{(x_{EP7} - x_{ER3})^2 + (y_{EP7} - y_{ER3})^2} \\
 d5: & 725,83 = \sqrt{(x_{EP4} - x_{ER3})^2 + (y_{EP4} - y_{ER3})^2} \\
 d6: & 195,29 = \sqrt{(x_{EP4} - x_{ER1})^2 + (y_{EP4} - y_{ER1})^2} \\
 d7: & 954,32 = \sqrt{(x_{EP4} - x_{ER6})^2 + (y_{EP4} - y_{ER6})^2} \\
 d8: & 939,13 = \sqrt{(x_{EP4} - x_{ER11})^2 + (y_{EP4} - y_{ER11})^2} \\
 d9: & 380,92 = \sqrt{(x_{EP6} - x_{ER10})^2 + (y_{EP6} - y_{ER10})^2} \\
 d10: & 653,42 = \sqrt{(x_{EP6} - x_{ER1})^2 + (y_{EP6} - y_{ER1})^2} \\
 d11: & 1134,90 = \sqrt{(x_{EP6} - x_{ER6})^2 + (y_{EP6} - y_{ER6})^2} \\
 d12: & 513,58 = \sqrt{(x_{EP5} - x_{ER6})^2 + (y_{EP5} - y_{ER6})^2} \\
 d13: & 785,22 = \sqrt{(x_{EP5} - x_{ER1})^2 + (y_{EP5} - y_{ER1})^2} \\
 d14: & 1527,30 = \sqrt{(x_{EP5} - x_{ER12})^2 + (y_{EP5} - y_{ER12})^2} \\
 d15: & 1125,30 = \sqrt{(x_{EP5} - x_{ER10})^2 + (y_{EP5} - y_{ER10})^2} \\
 d16: & 314,23 = \sqrt{(x_{EP3} - x_{ER6})^2 + (y_{EP3} - y_{ER6})^2} \\
 d17: & 500,76 = \sqrt{(x_{EP3} - x_{ER1})^2 + (y_{EP3} - y_{ER1})^2} \\
 d18: & 387,46 = \sqrt{(x_{EP2} - x_{ER1})^2 + (y_{EP2} - y_{ER1})^2} \\
 d19: & 656,36 = \sqrt{(x_{EP2} - x_{ER11})^2 + (y_{EP2} - y_{ER11})^2} \\
 d20: & 318,83 = \sqrt{(x_{EP2} - x_{ER3})^2 + (y_{EP2} - y_{ER3})^2}
 \end{aligned}$$

Realizando a implementação do algoritmo apresentado na seção 4.3 adaptado a situação apenas da rede ERB's sem a inclusão dos satélites GPS, e observando que as ERB's efetivamente usadas são: ERB01, ERB03, ERB06, ERB10, ERB11, e ERB12, o resultado segue apresentado no Quadro 05.

Quadro 05 – Coordenadas obtidas a partir das Log-Distâncias com as potências simuladas

Resultado das coordenadas a partir do código para as potências simuladas				
EPS's	E (S)	N(S)	E(R)	N(R)
EPS02	284814.679	9109960.583	284814.681	9109960.583
EPS03	285381.757	9109421.744	285384.804	9109430.884
EPS04	284742.318	9109481.043	284742.576	9109481.118
EPS05	285365.168	9108945.557	285364.818	9108945.773
EPS06	284603.889	9109006.359	284603.506	9109006.560
EPS07	284650.091	9109407.838	284650.091	9109407.837

Os resultados forneceram um erro de $7,201235e-05$ e desvio de 0,35 m com o uso da ERB01, ERB03, ERB06, ERB10, ERB11, e ERB12, com mais detalhes no Apêndice G.

Quadro 06 – Discrepâncias das coordenadas reais e as medidas a partir da potência simulada.

<u>Discrepâncias das coordenadas reais e obtidas pelas potências simuladas</u>			
EPS's	ΔE	ΔN	DP
EPS02	0,002	0,000	0,002
EPS03	3,047	9,140	9,634
EPS04	0,258	0,075	0,268
EPS05	-0,350	0,216	0,411
EPS06	-0,383	0,201	0,432
EPS07	0,000	-0,001	0,001

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho foi a identificação das ERB's para que a partir dela pudessem ser obtidas as distâncias iniciais a partir de um pontos conhecido, identificando também a potência inicial para o realizar o cálculo da Log-distância e fazer a trilateração em três antenas conhecidas. Também foi realizado o comparativo entre o GPS do aparelho móvel e o GPS Hiper V para verificar as diferenças que ocorrem entre eles.

No comparativo entre o GPS do aparelho móvel caracterizado pela sua alta precisão e o Hiper V, foram observadas discrepâncias pequenas que, comparando ao custo do equipamento são consideradas como visto no experimento 1, como bem acuradas a partir dos seus respectivos desvios padrões. Comparando-se ambos os resultados, verificou-se que a precisão do posicionamento pelo Celular e pelo Hiper V foram iguais (32cm), todavia a posição horizontal obtida pelo Hiper V é 1,129 m mais acurada que a do Celular Moto g 5plus.

Com o modelo de propagação para ambientes abertos denominado Log-distância conseguiu-se obter um desvio padrão de 0,35 m tendo em vista que as potências usadas foram as simuladas para execução da validação do modelo proposto. As potências reais não apresentaram os resultados esperados, não permitindo que a implantação do código híbrido entre o acesso do GPS e o das redes a partir da recepção da potência fosse executado.

Conseguindo a partir destes resultados obter os objetivos desejados para a execução dos procedimentos demonstrados.

6.1 RECOMENDAÇÕES

Com base nas divergências encontradas entre as potências reais e as simuladas, recomenda-se o uso do código descrito na seção 4.3 tomando os seguintes cuidados para os ambientes abertos:

- Tempo de medição das potências de mais de 20 min;
- Retirada da média das potências levando em consideração a ERB e os códigos das antenas em cada ponto, tanto no inicial quanto no final;
- Medições do posicionamento das ERB's para que se tenha a localização real com coordenadas precisas;
- Analise estatística dos dados para qualifica-los;
- Definir o fator de atenuação para cada ERB após identificação das mesmas;
- Gerar o código com as efemérides precisas do GPS e a partir das distâncias já calculadas com o log-distância, gerar os resultados.

REFERÊNCIAS

- ANATEL, 2018. **Portal Institucional.** Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/institucional/>> Acesso em: jun. 2018.
- ANATEL, 2018. **Mosaico – Licenciamento.** Disponível em: <<http://sistemas.anatel.gov.br/se/public/view/b/licenciamento.php>> Acesso em: jun. 2018.
- COSTA, NORBEN P. O., DUARTE, NEMÉSIO F., **Análise e Avaliação Funcional de Sistemas Operacionais Móveis: Vantagens e Desvantagens.** Salvador: 2013.
- FONTANA, C. C., 2018. **Gerenciamento de Projetos I: Estudo de Caso em Projeto de Swap em Empresa de Telecomunicações.** Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialgerswap1/default.asp>> Acessado em: mai. 2018.
- GARNÉS, S. J. A. **Ajustamento por Mínimos Quadrados com análise na estabilidade da solução.** Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, Curitiba, 1996. 148f.
- GARNÉS, S. D. A., FERREIRA, L. D. D. F. (1999). **Cálculo da posição dos satélites GPS com dados no formato rinex.** VIII CONEA - Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura. Criciúma 18 a 21 de 1999, 001-010.
- GARNÉS, S. J; **Programa AstGeoTop 2018.** Software de cálculo, Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2018.
- GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas.** Curitiba: Editora UFPR, 1994.
- GARNÉS, S. D. A., **Resolução das ambigüidades GPS para linhas de base curta: Análise dos algoritmos de otimização, 2001. 218p.** Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná – UFPA, Paraná, 2001.
- GPS WORLD: News and applications of the global positioning system. **Washington: Advantar Communications**, v. 11, n.6, jun. 2000.
- GPS.GOV. Official U.S. **Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics.** Disponível em: <<https://www.gps.gov/systems/gps/space/#III>>. Acesso em: jun. 2018.
- GUEDES, E. M. P., **Estudo de Técnica Híbrida de Localização de Estações Móveis Baseada em TDoA e AoA. 2003. 119 p.** Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, 2003.
- HANNULA, J-M., HOLOPAINEN, J., VIKARI, V. (2016). **Concept for Frequency Reconfigurable Antenna Based on Distributed Transceivers: IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters**, Vol.: PP, Issue: 99, DOI: 10.1109/LAWP.2016.2602006.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **Global positioning system: theory and practice**. 3. ed. New York: Springer-Verlag Wien, 1994. 355 p.

IBGE. **SIRGAS relatório final: grupos de trabalho I e II**. Rio de Janeiro, 1997.

KLOBUCHAR, J.A. "Ionospheric time-delay algorithm for single-frequency GPS users". IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES- 23(3),1987, p.325-331

LEANDRO, D. **Investigação do posicionamento GPS em ambientes internos com o auxílio do efeito de multicaminho**. 2009.

LEICK, A. **GPS satellite surveying**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1995.

LEICK, Alfred; Rapoport, Lev; and Tatarnikov, Dmitry, "GPS Satellite Surveying" (2015). *Faculty and Staff Monograph Publications*. 236.

LOCKHEED MARTIN. **Home of GPS III**. Disponível em: <<https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/gps.html>>. Acesso em: jun. 2018.

MENDONÇA, F., GARNÉS, S. D. A., PEREIRA, C., NETO, J., & MELO, W. (2010). Análise do ajustamento por mínimos quadrados de uma trilateração topográfica com injunções nos planos UTM e Topocêntrico. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, 001-009.

MOTOROLA, **Moto G5s plus**, 2018. Disponível em: <<https://www.motorola.com.br/moto-g5s-plus/p>>. Acesso em: jun. 2018.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2.ed. São Paulo: UNESP, 2007. 476 p.

NAVIGATION CENTER. **The Navigation center of excellence**. U.S. Department of Homeland Security. Disponível em: <<https://www.navcen.uscg.gov/?Do=constellationStatus>>. Acesso em: jun. 2018.

Nextel – Regulatório, 2018. Disponível em: <<https://www.nextel.com.br/regulatorio>> Acesso em: ago.2018.

Oi – Um Mundo de Serviços pra Você, 2018. Disponível em: <<http://www.oi.com.br>> Acesso em: ago. 2018.

RODRIGUES, Marcio Eduardo da Costa. **Telefonia Celular**. 2000. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro.

SANTOS, R. L. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS**, 2008. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/4.html> Acessado em: set. 2017.

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations, methods, and applications**. 2. ed. Berlin, New York: Walter de Gruyter. 589p. 2003.

SILVA, L. N. DA, 2009. Serviço de SMS Baseado na Localização Física de Celulares

Site oficial da Claro – Você merece o novo, 2018. Disponível em: <<https://www.claro.com.br>> Acesso em: ago. 2018.

SOUZA, A. N. ; GARNÉS, S. J. A.; MARQUES, A. A. avaliação do posicionamento gnss obtido pelos métodos cinemático RTK/NTRIP e PPP em tempo real. **Revista Brasileira de Cartografia** (2014). Nº 66/5: P. 1117-1133.

STATCOUNTER, **Estatística sobre Android, iOS e Windows Phone**, 2018. Disponível em: <<http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/brazil#monthly-201703-201703-map>> Acesso em: ago. 2018.

TELECO, **Tecnologias do sistema celular**, 2018. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tecnocel.asp>> Acesso em: jun. 2018.

TELECO, **Tutorial de redes 4g**, 2018. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredes4g/pagina_2.asp> Acesso: jun.2018

Tim – Site Oficial, 2018. Disponível em: <<http://www.tim.com.br/pe/para-voce>> Acesso em: ago. 2018.

Topcon Positioning Systems, Inc., 2018. **Hiper V**. Disponível em: <<https://www.topconpositioning.com/pt-br/gnss-and-network-solutions/integrated-gnss-receivers/hiper-v#panel-product-info>> Acesso em: jun. 2018.

Vivo, 2018. Disponível em: <<http://www.vivo.com.br/portalweb/appmanager/env/web#>> Acesso em: ago. 2018.

VILA FLOR, C. D. R. **Rede geodésica cadastral do campus Recife da UFPE: Fase I – planejamento e implantação da rede principal**. Trabalho final de graduação. Relatório parcial. Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

WELLS, D.; BECK, N.; DELIKARAOGLOU, D.; KLEUSBERG, A.; KRAKIWSKY, E. J. ; LACHAPELLE, G.; LANGLEY, R. B.; NAKIBOGLU, M. SCHWARZ, K. P.; TRANQUILLA, J. M.; VANÍCEK, P. **Guide to GPS positioning**. Canadá: Canadian GPS Associates, Fredericton, N. B., 1986.

WILYSIS,2018. **Network Cell Info**. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wylisis.cellinfo>> Acessado em: jun. 2018

WOHLERS, M.; OLIVA, R. **Investimento e privatização das telecomunicações no Brasil: dois vetores da mesma estratégia**. [S.l.]: Cepal/Ipea, 1998. Mimeografado.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Dados do PP, Hiper V – processamento no software Topcon Tools 8.2

Figura 13 – Topcon Tools dados do PP Hiver V.

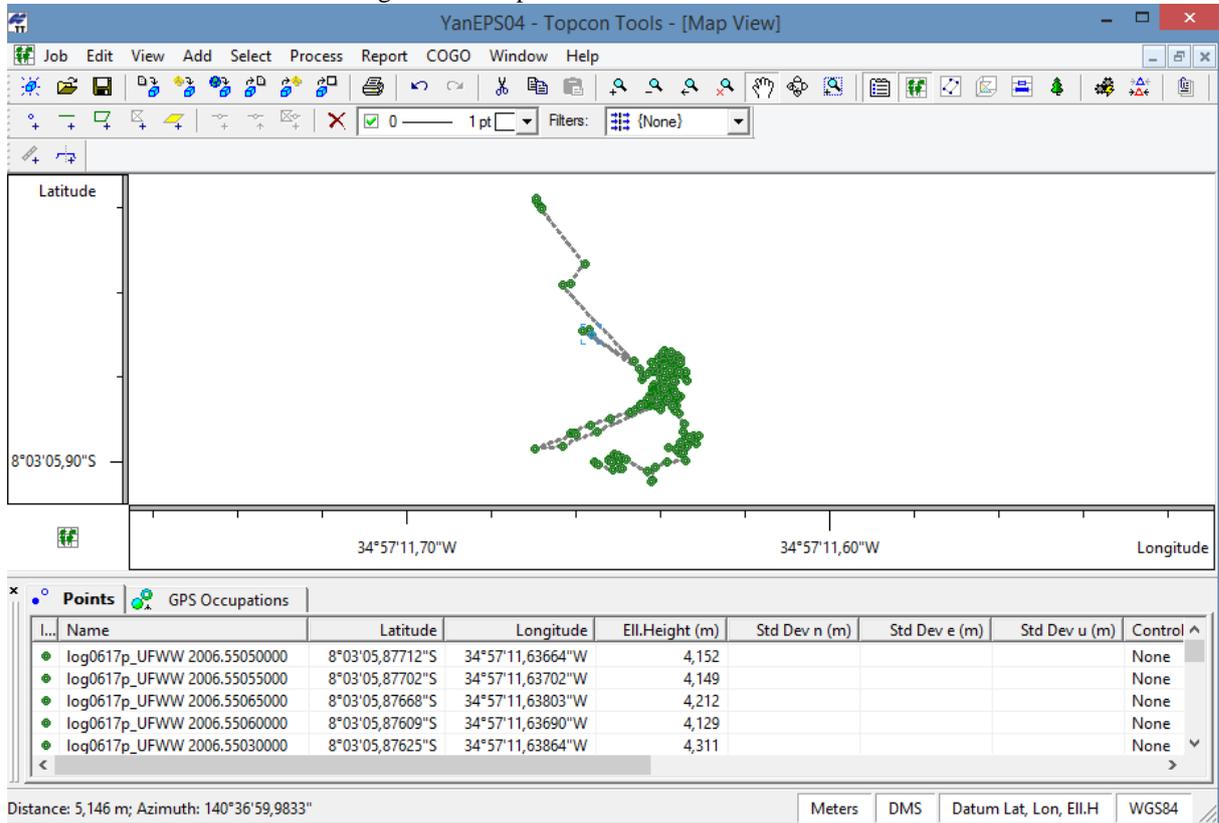


Tabela 12 – Dados PP Hiper V.

Name	Época	Latitude	Longitude	h(m)	E(UTM)	N(UTM)
log0617p_UFWW 2006.55050000	15:02:50	-8°03'05,87712"	-34°57'11,63664"	4,152	284742,214	9109480,021
log0617p_UFWW 2006.55055000	15:02:55	-8°03'05,87702"	-34°57'11,63702"	4,149	284742,202	9109480,024
log0617p_UFWW 2006.55065000	15:03:00	-8°03'05,87668"	-34°57'11,63803"	4,212	284742,171	9109480,034
log0617p_UFWW 2006.55060000	15:03:05	-8°03'05,87609"	-34°57'11,63690"	4,129	284742,206	9109480,052
log0617p_UFWW 2006.55030000	15:03:10	-8°03'05,87625"	-34°57'11,63864"	4,311	284742,153	9109480,047
log0617p_UFWW 2006.55035000	15:03:15	-8°03'05,87587"	-34°57'11,63701"	4,241	284742,202	9109480,059
log0617p_UFWW 2006.55040000	15:03:20	-8°03'05,87735"	-34°57'11,63852"	4,191	284742,156	9109480,013
log0617p_UFWW 2006.55045000	15:03:25	-8°03'05,87836"	-34°57'11,63715"	4,155	284742,198	9109479,983
log0617p_UFWW 2006.55070000	15:03:30	-8°03'05,87648"	-34°57'11,63916"	3,984	284742,137	9109480,040
log0617p_UFWW 2006.55075000	15:03:35	-8°03'05,87664"	-34°57'11,63733"	3,923	284742,193	9109480,035
log0617p_UFWW 2006.54965000	15:03:40	-8°03'05,87407"	-34°57'11,63969"	4,127	284742,120	9109480,114
log0617p_UFWW 2006.54960000	15:03:45	-8°03'05,87379"	-34°57'11,63936"	4,100	284742,130	9109480,123
log0617p_UFWW 2006.54855000	15:03:50	-8°03'05,88483"	-34°57'11,63884"	4,074	284742,148	9109479,784
log0617p_UFWW 2006.54825000	15:03:55	-8°03'05,88446"	-34°57'11,63949"	4,033	284742,128	9109479,795
log0617p_UFWW 2006.54840000	15:04:00	-8°03'05,88285"	-34°57'11,64048"	3,985	284742,097	9109479,844
log0617p_UFWW 2006.54890000	15:04:05	-8°03'05,88037"	-34°57'11,64012"	4,002	284742,108	9109479,920

Continuação Tabela 12

log0617p_UFWW 2006.54885000	15:04:10	-8°03'05,88210"	-34°57'11,64053"	4,019	284742,096	9109479,867
log0617p_UFWW 2006.54870000	15:04:15	-8°03'05,88365"	-34°57'11,63938"	4,045	284742,131	9109479,820
log0617p_UFWW 2006.54835000	15:04:20	-8°03'05,88331"	-34°57'11,63914"	4,035	284742,138	9109479,830
log0617p_UFWW 2006.54820000	15:04:25	-8°03'05,88480"	-34°57'11,64059"	4,034	284742,094	9109479,784
log0617p_UFWW 2006.54880000	15:04:30	-8°03'05,88324"	-34°57'11,63902"	4,039	284742,142	9109479,832
log0617p_UFWW 2006.54810000	15:04:35	-8°03'05,88355"	-34°57'11,63888"	4,123	284742,146	9109479,823
log0617p_UFWW 2006.54905000	15:04:40	-8°03'05,87864"	-34°57'11,63937"	4,164	284742,131	9109479,974
log0617p_UFWW 2006.54845000	15:04:45	-8°03'05,88279"	-34°57'11,63958"	3,990	284742,125	9109479,846
log0617p_UFWW 2006.54895000	15:04:50	-8°03'05,87874"	-34°57'11,64209"	4,109	284742,047	9109479,970
log0617p_UFWW 2006.54915000	15:04:55	-8°03'05,87799"	-34°57'11,63904"	4,193	284742,141	9109479,994
log0617p_UFWW 2006.54910000	15:05:00	-8°03'05,87795"	-34°57'11,63871"	4,199	284742,151	9109479,995
log0617p_UFWW 2006.54920000	15:05:05	-8°03'05,87806"	-34°57'11,63928"	4,161	284742,133	9109479,991
log0617p_UFWW 2006.54925000	15:05:10	-8°03'05,87810"	-34°57'11,63958"	4,147	284742,124	9109479,990
log0617p_UFWW 2006.54930000	15:05:15	-8°03'05,87815"	-34°57'11,63946"	4,157	284742,128	9109479,989
log0617p_UFWW 2006.54865000	15:05:20	-8°03'05,88489"	-34°57'11,63863"	4,097	284742,154	9109479,782
log0617p_UFWW 2006.54935000	15:05:25	-8°03'05,87689"	-34°57'11,63998"	4,158	284742,112	9109480,027
log0617p_UFWW 2006.54940000	15:05:30	-8°03'05,87673"	-34°57'11,64007"	4,166	284742,109	9109480,032
log0617p_UFWW 2006.54830000	15:05:35	-8°03'05,88417"	-34°57'11,63891"	4,018	284742,145	9109479,804
log0617p_UFWW 2006.54860000	15:05:40	-8°03'05,88532"	-34°57'11,63894"	4,109	284742,145	9109479,768
log0617p_UFWW 2006.54815000	15:05:45	-8°03'05,88428"	-34°57'11,63977"	4,042	284742,119	9109479,800
log0617p_UFWW 2006.54945000	15:05:50	-8°03'05,87604"	-34°57'11,64051"	4,162	284742,095	9109480,053
log0617p_UFWW 2006.54950000	15:05:55	-8°03'05,87566"	-34°57'11,64024"	4,106	284742,103	9109480,065
log0617p_UFWW 2006.54850000	15:06:00	-8°03'05,88336"	-34°57'11,63908"	4,025	284742,140	9109479,829
log0617p_UFWW 2006.54900000	15:06:05	-8°03'05,87839"	-34°57'11,64062"	4,184	284742,092	9109479,981
log0617p_UFWW 2006.54875000	15:06:10	-8°03'05,88372"	-34°57'11,63939"	4,056	284742,131	9109479,818
log0617p_UFWW 2006.54955000	15:06:15	-8°03'05,87432"	-34°57'11,63939"	4,089	284742,129	9109480,106
log0617p_UFWW 2006.54970000	15:06:20	-8°03'05,87424"	-34°57'11,63910"	4,102	284742,138	9109480,109
log0617p_UFWW 2006.54985000	15:06:25	-8°03'05,87536"	-34°57'11,64047"	4,087	284742,096	9109480,074
log0617p_UFWW 2006.55015000	15:06:30	-8°03'05,87598"	-34°57'11,63610"	4,152	284742,230	9109480,056
log0617p_UFWW 2006.55020000	15:06:35	-8°03'05,87625"	-34°57'11,63564"	4,181	284742,244	9109480,048
log0617p_UFWW 2006.55025000	15:06:40	-8°03'05,87631"	-34°57'11,63586"	4,278	284742,238	9109480,046
log0617p_UFWW 2006.54990000	15:06:45	-8°03'05,87531"	-34°57'11,63955"	4,103	284742,125	9109480,076
log0617p_UFWW 2006.54995000	15:06:50	-8°03'05,87565"	-34°57'11,63961"	4,106	284742,123	9109480,065
log0617p_UFWW 2006.55005000	15:06:55	-8°03'05,87578"	-34°57'11,63836"	4,139	284742,161	9109480,062
log0617p_UFWW 2006.54975000	15:07:00	-8°03'05,87464"	-34°57'11,63950"	4,114	284742,126	9109480,097
log0617p_UFWW 2006.54980000	15:07:05	-8°03'05,87463"	-34°57'11,63941"	4,110	284742,129	9109480,097
log0617p_UFWW 2006.55000000	15:07:10	-8°03'05,87590"	-34°57'11,63819"	4,150	284742,166	9109480,058
log0617p_UFWW 2006.55010000	15:07:15	-8°03'05,87509"	-34°57'11,63647"	4,056	284742,219	9109480,083
log0617p_UFWW 2006.54300000	15:07:20	-8°03'05,89624"	-34°57'11,63575"	4,553	284742,244	9109479,433
log0617p_UFWW 2006.54305000	15:07:25	-8°03'05,89541"	-34°57'11,63584"	4,612	284742,241	9109479,459
log0617p_UFWW 2006.54310000	15:07:30	-8°03'05,89559"	-34°57'11,63197"	4,362	284742,360	9109479,454
log0617p_UFWW 2006.54315000	15:07:35	-8°03'05,89435"	-34°57'11,63276"	4,323	284742,335	9109479,492
log0617p_UFWW 2006.54290000	15:07:40	-8°03'05,89779"	-34°57'11,63515"	4,334	284742,263	9109479,386
log0617p_UFWW 2006.54320000	15:07:45	-8°03'05,89389"	-34°57'11,63149"	4,339	284742,374	9109479,506
log0617p_UFWW 2006.54325000	15:07:50	-8°03'05,89459"	-34°57'11,63257"	4,325	284742,341	9109479,485

Continuação Tabela 12

log0617p_UFWW 2006.54195000	15:07:55	-8°03'05,90149"	-34°57'11,64939"	4,419	284741,827	9109479,270
log0617p_UFWW 2006.54200000	15:08:00	-8°03'05,89994"	-34°57'11,65044"	4,462	284741,795	9109479,318
log0617p_UFWW 2006.54205000	15:08:05	-8°03'05,89922"	-34°57'11,65086"	4,482	284741,782	9109479,340
log0617p_UFWW 2006.54210000	15:08:10	-8°03'05,89953"	-34°57'11,65258"	4,468	284741,729	9109479,330
log0617p_UFWW 2006.54190000	15:08:15	-8°03'05,90143"	-34°57'11,65024"	4,408	284741,801	9109479,272
log0617p_UFWW 2006.54235000	15:08:20	-8°03'05,89905"	-34°57'11,64936"	4,334	284741,828	9109479,345
log0617p_UFWW 2006.54240000	15:08:25	-8°03'05,89948"	-34°57'11,64843"	4,370	284741,856	9109479,332
log0617p_UFWW 2006.54215000	15:08:30	-8°03'05,89967"	-34°57'11,65273"	4,375	284741,724	9109479,326
log0617p_UFWW 2006.54225000	15:08:35	-8°03'05,89808"	-34°57'11,65132"	4,194	284741,767	9109479,375
log0617p_UFWW 2006.54230000	15:08:40	-8°03'05,89835"	-34°57'11,65042"	4,264	284741,795	9109479,366
log0617p_UFWW 2006.54220000	15:08:45	-8°03'05,89984"	-34°57'11,65207"	4,291	284741,745	9109479,320
log0617p_UFWW 2006.54245000	15:08:50	-8°03'05,90222"	-34°57'11,64351"	4,324	284742,007	9109479,249
log0617p_UFWW 2006.54250000	15:08:55	-8°03'05,90424"	-34°57'11,64220"	4,368	284742,048	9109479,187
log0617p_UFWW 2006.54260000	15:09:00	-8°03'05,90121"	-34°57'11,64171"	4,127	284742,062	9109479,280
log0617p_UFWW 2006.54265000	15:09:05	-8°03'05,90001"	-34°57'11,63869"	4,048	284742,155	9109479,317
log0617p_UFWW 2006.54270000	15:09:10	-8°03'05,89962"	-34°57'11,63456"	4,109	284742,281	9109479,330
log0617p_UFWW 2006.54185000	15:09:15	-8°03'05,90173"	-34°57'11,65166"	4,245	284741,758	9109479,262
log0617p_UFWW 2006.54275000	15:09:20	-8°03'05,89774"	-34°57'11,63616"	4,127	284742,232	9109479,387
log0617p_UFWW 2006.54255000	15:09:25	-8°03'05,90451"	-34°57'11,64274"	4,373	284742,031	9109479,178
log0617p_UFWW 2006.54280000	15:09:30	-8°03'05,89653"	-34°57'11,63850"	4,169	284742,160	9109479,424
log0617p_UFWW 2006.54285000	15:09:35	-8°03'05,89689"	-34°57'11,63653"	4,206	284742,220	9109479,413
log0617p_UFWW 2006.54295000	15:09:40	-8°03'05,89643"	-34°57'11,63422"	4,334	284742,291	9109479,428
log0617p_UFWW 2006.54405000	15:09:45	-8°03'05,88562"	-34°57'11,63995"	4,058	284742,114	9109479,759
log0617p_UFWW 2006.54420000	15:09:50	-8°03'05,88274"	-34°57'11,64058"	3,929	284742,094	9109479,847
log0617p_UFWW 2006.54465000	15:09:55	-8°03'05,88812"	-34°57'11,64762"	4,396	284741,879	9109479,681
log0617p_UFWW 2006.54350000	15:10:00	-8°03'05,89401"	-34°57'11,63353"	4,441	284742,312	9109479,502
log0617p_UFWW 2006.54365000	15:10:05	-8°03'05,88849"	-34°57'11,63598"	4,129	284742,236	9109479,671
log0617p_UFWW 2006.54430000	15:10:10	-8°03'05,88183"	-34°57'11,64078"	3,864	284742,088	9109479,875
log0617p_UFWW 2006.54460000	15:10:15	-8°03'05,88639"	-34°57'11,64522"	4,116	284741,953	9109479,735
log0617p_UFWW 2006.54330000	15:10:20	-8°03'05,89450"	-34°57'11,63367"	4,357	284742,307	9109479,487
log0617p_UFWW 2006.54360000	15:10:25	-8°03'05,89097"	-34°57'11,63490"	4,276	284742,269	9109479,595
log0617p_UFWW 2006.54345000	15:10:30	-8°03'05,89455"	-34°57'11,63321"	4,431	284742,322	9109479,486
log0617p_UFWW 2006.54380000	15:10:35	-8°03'05,88656"	-34°57'11,63673"	4,041	284742,213	9109479,731
log0617p_UFWW 2006.54335000	15:10:40	-8°03'05,89368"	-34°57'11,63453"	4,471	284742,281	9109479,512
log0617p_UFWW 2006.54410000	15:10:45	-8°03'05,88548"	-34°57'11,63949"	4,039	284742,128	9109479,763
log0617p_UFWW 2006.54370000	15:10:50	-8°03'05,88790"	-34°57'11,63696"	4,112	284742,206	9109479,689
log0617p_UFWW 2006.54415000	15:10:55	-8°03'05,88346"	-34°57'11,64045"	3,962	284742,098	9109479,825
log0617p_UFWW 2006.54470000	15:11:00	-8°03'05,88993"	-34°57'11,65239"	4,848	284741,733	9109479,625
log0617p_UFWW 2006.54435000	15:11:05	-8°03'05,88190"	-34°57'11,64202"	3,773	284742,050	9109479,873
log0617p_UFWW 2006.54400000	15:11:10	-8°03'05,88496"	-34°57'11,64007"	4,068	284742,110	9109479,779
log0617p_UFWW 2006.54445000	15:11:15	-8°03'05,88318"	-34°57'11,64225"	3,766	284742,043	9109479,834
log0617p_UFWW 2006.54390000	15:11:20	-8°03'05,88581"	-34°57'11,63933"	4,059	284742,133	9109479,753
log0617p_UFWW 2006.54475000	15:11:25	-8°03'05,89147"	-34°57'11,65703"	5,333	284741,592	9109479,577
log0617p_UFWW 2006.54480000	15:11:30	-8°03'05,89313"	-34°57'11,66178"	5,966	284741,446	9109479,525
log0617p_UFWW 2006.54485000	15:11:35	-8°03'05,89312"	-34°57'11,66060"	5,850	284741,483	9109479,526

Continuação Tabela 12

log0617p_UFWW 2006.54355000	15:11:40	-8°03'05,89294"	-34°57'11,63506"	4,367	284742,265	9109479,535
log0617p_UFWW 2006.54385000	15:11:45	-8°03'05,88657"	-34°57'11,63774"	4,094	284742,182	9109479,730
log0617p_UFWW 2006.54340000	15:11:50	-8°03'05,89368"	-34°57'11,63258"	4,476	284742,341	9109479,513
log0617p_UFWW 2006.54395000	15:11:55	-8°03'05,88666"	-34°57'11,64303"	4,403	284742,020	9109479,727
log0617p_UFWW 2006.54440000	15:12:00	-8°03'05,88232"	-34°57'11,64212"	3,770	284742,047	9109479,860
log0617p_UFWW 2006.54375000	15:12:05	-8°03'05,88693"	-34°57'11,63759"	4,023	284742,186	9109479,719
log0617p_UFWW 2006.54425000	15:12:10	-8°03'05,88201"	-34°57'11,64036"	3,881	284742,101	9109479,870
log0617p_UFWW 2006.54450000	15:12:15	-8°03'05,88423"	-34°57'11,64243"	3,746	284742,038	9109479,801
log0617p_UFWW 2006.54455000	15:12:20	-8°03'05,88476"	-34°57'11,64227"	3,757	284742,043	9109479,785
log0617p_UFWW 2006.54605000	15:12:25	-8°03'05,88349"	-34°57'11,64193"	3,773	284742,053	9109479,824
log0617p_UFWW 2006.54610000	15:12:30	-8°03'05,88396"	-34°57'11,64241"	3,745	284742,038	9109479,810
log0617p_UFWW 2006.54615000	15:12:35	-8°03'05,88430"	-34°57'11,64244"	3,768	284742,037	9109479,799
log0617p_UFWW 2006.54495000	15:12:40	-8°03'05,89675"	-34°57'11,67000"	6,957	284741,195	9109479,413
log0617p_UFWW 2006.54510000	15:12:45	-8°03'05,88471"	-34°57'11,63712"	3,983	284742,200	9109479,787
log0617p_UFWW 2006.54630000	15:12:50	-8°03'05,88428"	-34°57'11,64269"	3,735	284742,030	9109479,800
log0617p_UFWW 2006.54635000	15:12:55	-8°03'05,88404"	-34°57'11,64200"	3,709	284742,051	9109479,807
log0617p_UFWW 2006.54645000	15:13:00	-8°03'05,88382"	-34°57'11,64167"	3,718	284742,061	9109479,814
log0617p_UFWW 2006.54640000	15:13:05	-8°03'05,88379"	-34°57'11,64214"	3,692	284742,046	9109479,815
log0617p_UFWW 2006.54490000	15:13:10	-8°03'05,89352"	-34°57'11,66042"	6,144	284741,488	9109479,513
log0617p_UFWW 2006.54500000	15:13:15	-8°03'05,89633"	-34°57'11,66343"	6,950	284741,396	9109479,427
log0617p_UFWW 2006.54550000	15:13:20	-8°03'05,88433"	-34°57'11,63650"	3,832	284742,219	9109479,799
log0617p_UFWW 2006.54555000	15:13:25	-8°03'05,88310"	-34°57'11,63752"	3,787	284742,188	9109479,837
log0617p_UFWW 2006.54560000	15:13:30	-8°03'05,88310"	-34°57'11,63741"	3,840	284742,191	9109479,837
log0617p_UFWW 2006.54590000	15:13:35	-8°03'05,88310"	-34°57'11,64209"	3,817	284742,048	9109479,836
log0617p_UFWW 2006.54620000	15:13:40	-8°03'05,88428"	-34°57'11,64185"	3,719	284742,055	9109479,800
log0617p_UFWW 2006.54625000	15:13:45	-8°03'05,88462"	-34°57'11,64149"	3,711	284742,067	9109479,790
log0617p_UFWW 2006.54585000	15:13:50	-8°03'05,88292"	-34°57'11,64079"	3,858	284742,088	9109479,842
log0617p_UFWW 2006.54600000	15:13:55	-8°03'05,88382"	-34°57'11,64247"	3,802	284742,036	9109479,814
log0617p_UFWW 2006.54535000	15:14:00	-8°03'05,88528"	-34°57'11,63631"	3,866	284742,225	9109479,770
log0617p_UFWW 2006.54520000	15:14:05	-8°03'05,88493"	-34°57'11,63726"	3,973	284742,196	9109479,781
log0617p_UFWW 2006.54545000	15:14:10	-8°03'05,88467"	-34°57'11,63678"	3,836	284742,211	9109479,789
log0617p_UFWW 2006.54515000	15:14:15	-8°03'05,88490"	-34°57'11,63734"	3,973	284742,194	9109479,782
log0617p_UFWW 2006.54530000	15:14:20	-8°03'05,88519"	-34°57'11,63619"	3,887	284742,229	9109479,773
log0617p_UFWW 2006.54570000	15:14:25	-8°03'05,88309"	-34°57'11,63806"	3,821	284742,171	9109479,837
log0617p_UFWW 2006.54505000	15:14:30	-8°03'05,89274"	-34°57'11,65544"	6,030	284741,640	9109479,538
log0617p_UFWW 2006.54575000	15:14:35	-8°03'05,88285"	-34°57'11,64004"	3,798	284742,111	9109479,844
log0617p_UFWW 2006.54540000	15:14:40	-8°03'05,88484"	-34°57'11,63708"	3,827	284742,202	9109479,783
log0617p_UFWW 2006.54565000	15:14:45	-8°03'05,88347"	-34°57'11,63698"	3,858	284742,204	9109479,826
log0617p_UFWW 2006.54580000	15:14:50	-8°03'05,88312"	-34°57'11,64062"	3,853	284742,093	9109479,836
log0617p_UFWW 2006.54525000	15:14:55	-8°03'05,88468"	-34°57'11,63583"	3,931	284742,240	9109479,789
log0617p_UFWW 2006.54595000	15:15:00	-8°03'05,88339"	-34°57'11,64205"	3,805	284742,049	9109479,827
log0617p_UFWW 2006.54710000	15:15:05	-8°03'05,88582"	-34°57'11,64276"	3,910	284742,028	9109479,753
log0617p_UFWW 2006.54745000	15:15:10	-8°03'05,88506"	-34°57'11,64221"	3,959	284742,045	9109479,776
log0617p_UFWW 2006.54760000	15:15:15	-8°03'05,88512"	-34°57'11,64337"	4,042	284742,009	9109479,774
log0617p_UFWW 2006.54690000	15:15:20	-8°03'05,88683"	-34°57'11,64041"	3,983	284742,100	9109479,722

Continuação Tabela 12

log0617p_UFWW 2006.54655000	15:15:25	-8°03'05,88478"	-34°57'11,64240"	3,734	284742,039	9109479,785
log0617p_UFWW 2006.54680000	15:15:30	-8°03'05,88594"	-34°57'11,64118"	3,904	284742,076	9109479,749
log0617p_UFWW 2006.54650000	15:15:35	-8°03'05,88414"	-34°57'11,64284"	3,720	284742,025	9109479,804
log0617p_UFWW 2006.54665000	15:15:40	-8°03'05,88527"	-34°57'11,64199"	3,849	284742,051	9109479,770
log0617p_UFWW 2006.54725000	15:15:45	-8°03'05,88621"	-34°57'11,64164"	3,901	284742,062	9109479,741
log0617p_UFWW 2006.54775000	15:15:50	-8°03'05,88632"	-34°57'11,64453"	4,385	284741,974	9109479,737
log0617p_UFWW 2006.54780000	15:15:55	-8°03'05,88661"	-34°57'11,64518"	4,465	284741,954	9109479,728
log0617p_UFWW 2006.54695000	15:16:00	-8°03'05,88747"	-34°57'11,64054"	4,014	284742,096	9109479,702
log0617p_UFWW 2006.54730000	15:16:05	-8°03'05,88631"	-34°57'11,64149"	3,928	284742,067	9109479,738
log0617p_UFWW 2006.54750000	15:16:10	-8°03'05,88509"	-34°57'11,64219"	3,975	284742,045	9109479,775
log0617p_UFWW 2006.54670000	15:16:15	-8°03'05,88629"	-34°57'11,64153"	3,899	284742,066	9109479,738
log0617p_UFWW 2006.54700000	15:16:20	-8°03'05,88672"	-34°57'11,64169"	3,941	284742,061	9109479,725
log0617p_UFWW 2006.54755000	15:16:25	-8°03'05,88521"	-34°57'11,64289"	4,005	284742,024	9109479,771
log0617p_UFWW 2006.54735000	15:16:30	-8°03'05,88586"	-34°57'11,64140"	3,919	284742,069	9109479,751
log0617p_UFWW 2006.54790000	15:16:35	-8°03'05,88397"	-34°57'11,64024"	4,027	284742,105	9109479,810
log0617p_UFWW 2006.54715000	15:16:40	-8°03'05,88629"	-34°57'11,64194"	3,908	284742,053	9109479,738
log0617p_UFWW 2006.54800000	15:16:45	-8°03'05,88302"	-34°57'11,63920"	4,194	284742,136	9109479,839
log0617p_UFWW 2006.54805000	15:16:50	-8°03'05,88293"	-34°57'11,63917"	4,186	284742,137	9109479,842
log0617p_UFWW 2006.54705000	15:16:55	-8°03'05,88632"	-34°57'11,64239"	3,888	284742,039	9109479,737
log0617p_UFWW 2006.54720000	15:17:00	-8°03'05,88621"	-34°57'11,64147"	3,905	284742,067	9109479,741
log0617p_UFWW 2006.54765000	15:17:05	-8°03'05,88759"	-34°57'11,64640"	4,371	284741,917	9109479,698
log0617p_UFWW 2006.54675000	15:17:10	-8°03'05,88605"	-34°57'11,64075"	3,879	284742,089	9109479,746
log0617p_UFWW 2006.54770000	15:17:15	-8°03'05,88629"	-34°57'11,64402"	4,267	284741,989	9109479,738
log0617p_UFWW 2006.54740000	15:17:20	-8°03'05,88524"	-34°57'11,64258"	3,938	284742,033	9109479,770
log0617p_UFWW 2006.54685000	15:17:25	-8°03'05,88648"	-34°57'11,64087"	3,926	284742,086	9109479,733
log0617p_UFWW 2006.54660000	15:17:30	-8°03'05,88534"	-34°57'11,64181"	3,761	284742,057	9109479,767
log0617p_UFWW 2006.54785000	15:17:35	-8°03'05,88400"	-34°57'11,64088"	4,050	284742,085	9109479,809
log0617p_UFWW 2006.54795000	15:17:40	-8°03'05,88301"	-34°57'11,63929"	4,130	284742,134	9109479,839
log0617p_UFWW 2006.54180000	15:17:45	-8°03'05,90046"	-34°57'11,65495"	4,078	284741,657	9109479,301
log0617p_UFWW 2006.54170000	15:17:50	-8°03'05,90012"	-34°57'11,65589"	4,035	284741,628	9109479,311
log0617p_UFWW 2006.54175000	15:17:55	-8°03'05,90018"	-34°57'11,65557"	4,035	284741,638	9109479,309
log0617p_UFWW 2006.55130000	15:18:00	-8°03'05,87555"	-34°57'11,63947"	4,047	284742,127	9109480,069
log0617p_UFWW 2006.55080000	15:18:05	-8°03'05,87673"	-34°57'11,63642"	3,966	284742,221	9109480,033
log0617p_UFWW 2006.55095000	15:18:10	-8°03'05,87618"	-34°57'11,63621"	4,053	284742,227	9109480,050
log0617p_UFWW 2006.55090000	15:18:15	-8°03'05,87632"	-34°57'11,63588"	4,037	284742,237	9109480,045
log0617p_UFWW 2006.55185000	15:18:20	-8°03'05,88216"	-34°57'11,63828"	4,221	284742,164	9109479,866
log0617p_UFWW 2006.55160000	15:18:25	-8°03'05,87925"	-34°57'11,64057"	4,625	284742,094	9109479,955
log0617p_UFWW 2006.55110000	15:18:30	-8°03'05,87637"	-34°57'11,63843"	4,205	284742,159	9109480,044
log0617p_UFWW 2006.55125000	15:18:35	-8°03'05,87553"	-34°57'11,64015"	4,114	284742,106	9109480,069
log0617p_UFWW 2006.55190000	15:18:40	-8°03'05,87998"	-34°57'11,63689"	3,789	284742,207	9109479,933
log0617p_UFWW 2006.55120000	15:18:45	-8°03'05,87608"	-34°57'11,64148"	4,124	284742,066	9109480,052
log0617p_UFWW 2006.55140000	15:18:50	-8°03'05,87453"	-34°57'11,63910"	4,292	284742,138	9109480,100
log0617p_UFWW 2006.55135000	15:18:55	-8°03'05,87564"	-34°57'11,63826"	4,118	284742,164	9109480,066
log0617p_UFWW 2006.55175000	15:19:00	-8°03'05,88078"	-34°57'11,63974"	4,409	284742,120	9109479,908
log0617p_UFWW 2006.55195000	15:19:05	-8°03'05,88109"	-34°57'11,63682"	3,836	284742,209	9109479,899

Continuação Tabela 12

log0617p_UFWW 2006.55205000	15:19:10	-8°03'05,88006"	-34°57'11,63780"	3,897	284742,179	9109479,930
log0617p_UFWW 2006.55200000	15:19:15	-8°03'05,88031"	-34°57'11,63771"	3,956	284742,182	9109479,923
log0617p_UFWW 2006.55180000	15:19:20	-8°03'05,88244"	-34°57'11,63893"	4,355	284742,145	9109479,857
log0617p_UFWW 2006.55220000	15:19:25	-8°03'05,88054"	-34°57'11,63936"	3,892	284742,131	9109479,915
log0617p_UFWW 2006.55230000	15:19:30	-8°03'05,88172"	-34°57'11,63938"	3,794	284742,131	9109479,879
log0617p_UFWW 2006.55145000	15:19:35	-8°03'05,87506"	-34°57'11,63988"	4,341	284742,114	9109480,084
log0617p_UFWW 2006.55100000	15:19:40	-8°03'05,87563"	-34°57'11,63750"	4,265	284742,187	9109480,066
log0617p_UFWW 2006.55105000	15:19:45	-8°03'05,87593"	-34°57'11,63812"	4,254	284742,168	9109480,057
log0617p_UFWW 2006.55150000	15:19:50	-8°03'05,87513"	-34°57'11,64083"	4,354	284742,085	9109480,081
log0617p_UFWW 2006.55165000	15:19:55	-8°03'05,88047"	-34°57'11,64002"	4,578	284742,111	9109479,917
log0617p_UFWW 2006.55170000	15:20:00	-8°03'05,88021"	-34°57'11,64025"	4,481	284742,104	9109479,925
log0617p_UFWW 2006.55115000	15:20:05	-8°03'05,87592"	-34°57'11,63901"	4,188	284742,141	9109480,057
log0617p_UFWW 2006.55210000	15:20:10	-8°03'05,87978"	-34°57'11,63933"	3,921	284742,132	9109479,939
log0617p_UFWW 2006.55155000	15:20:15	-8°03'05,87757"	-34°57'11,63959"	4,391	284742,124	9109480,006
log0617p_UFWW 2006.55215000	15:20:20	-8°03'05,87952"	-34°57'11,63922"	3,843	284742,135	9109479,947
log0617p_UFWW 2006.55225000	15:20:25	-8°03'05,88011"	-34°57'11,63992"	3,861	284742,114	9109479,928
log0617p_UFWW 2006.55085000	15:20:30	-8°03'05,87678"	-34°57'11,63586"	4,009	284742,238	9109480,031
log0617p_UFWW 2006.55235000	15:20:35	-8°03'05,88215"	-34°57'11,63930"	4,154	284742,133	9109479,866
log0617p_UFWW 2006.55390000	15:20:40	-8°03'05,87859"	-34°57'11,64056"	3,791	284742,094	9109479,975
log0617p_UFWW 2006.55380000	15:20:45	-8°03'05,87823"	-34°57'11,64106"	3,598	284742,079	9109479,986
log0617p_UFWW 2006.55275000	15:20:50	-8°03'05,88275"	-34°57'11,63947"	3,832	284742,128	9109479,847
log0617p_UFWW 2006.55240000	15:20:55	-8°03'05,88244"	-34°57'11,64043"	4,384	284742,099	9109479,857
log0617p_UFWW 2006.55260000	15:21:00	-8°03'05,88118"	-34°57'11,63840"	3,880	284742,161	9109479,896
log0617p_UFWW 2006.55310000	15:21:05	-8°03'05,87526"	-34°57'11,63783"	3,437	284742,177	9109480,078
log0617p_UFWW 2006.55305000	15:21:10	-8°03'05,87440"	-34°57'11,63851"	3,443	284742,156	9109480,104
log0617p_UFWW 2006.55290000	15:21:15	-8°03'05,87528"	-34°57'11,63933"	3,485	284742,131	9109480,077
log0617p_UFWW 2006.55300000	15:21:20	-8°03'05,87414"	-34°57'11,63977"	3,365	284742,118	9109480,112
log0617p_UFWW 2006.55325000	15:21:25	-8°03'05,87572"	-34°57'11,63678"	3,364	284742,209	9109480,064
log0617p_UFWW 2006.55245000	15:21:30	-8°03'05,88138"	-34°57'11,63902"	4,154	284742,142	9109479,889
log0617p_UFWW 2006.55335000	15:21:35	-8°03'05,87407"	-34°57'11,63780"	3,308	284742,178	9109480,114
log0617p_UFWW 2006.55340000	15:21:40	-8°03'05,87557"	-34°57'11,63672"	3,411	284742,211	9109480,068
log0617p_UFWW 2006.55315000	15:21:45	-8°03'05,87582"	-34°57'11,63743"	3,440	284742,190	9109480,061
log0617p_UFWW 2006.55350000	15:21:50	-8°03'05,87657"	-34°57'11,63576"	3,433	284742,241	9109480,038
log0617p_UFWW 2006.55345000	15:21:55	-8°03'05,87558"	-34°57'11,63564"	3,431	284742,244	9109480,068
log0617p_UFWW 2006.55330000	15:22:00	-8°03'05,87496"	-34°57'11,63812"	3,283	284742,168	9109480,087
log0617p_UFWW 2006.55295000	15:22:05	-8°03'05,87507"	-34°57'11,63972"	3,377	284742,119	9109480,083
log0617p_UFWW 2006.55355000	15:22:10	-8°03'05,88083"	-34°57'11,63415"	3,758	284742,291	9109479,907
log0617p_UFWW 2006.55360000	15:22:15	-8°03'05,87981"	-34°57'11,63465"	3,856	284742,275	9109479,938
log0617p_UFWW 2006.55285000	15:22:20	-8°03'05,87897"	-34°57'11,63958"	3,835	284742,124	9109479,963
log0617p_UFWW 2006.55250000	15:22:25	-8°03'05,88174"	-34°57'11,63787"	3,989	284742,177	9109479,879
log0617p_UFWW 2006.55320000	15:22:30	-8°03'05,87563"	-34°57'11,63722"	3,381	284742,196	9109480,066
log0617p_UFWW 2006.55255000	15:22:35	-8°03'05,88174"	-34°57'11,63848"	4,006	284742,158	9109479,879
log0617p_UFWW 2006.55280000	15:22:40	-8°03'05,87832"	-34°57'11,63827"	3,597	284742,164	9109479,984
log0617p_UFWW 2006.55365000	15:22:45	-8°03'05,87886"	-34°57'11,63445"	3,789	284742,281	9109479,968
log0617p_UFWW 2006.55370000	15:22:50	-8°03'05,87879"	-34°57'11,63451"	3,703	284742,279	9109479,970

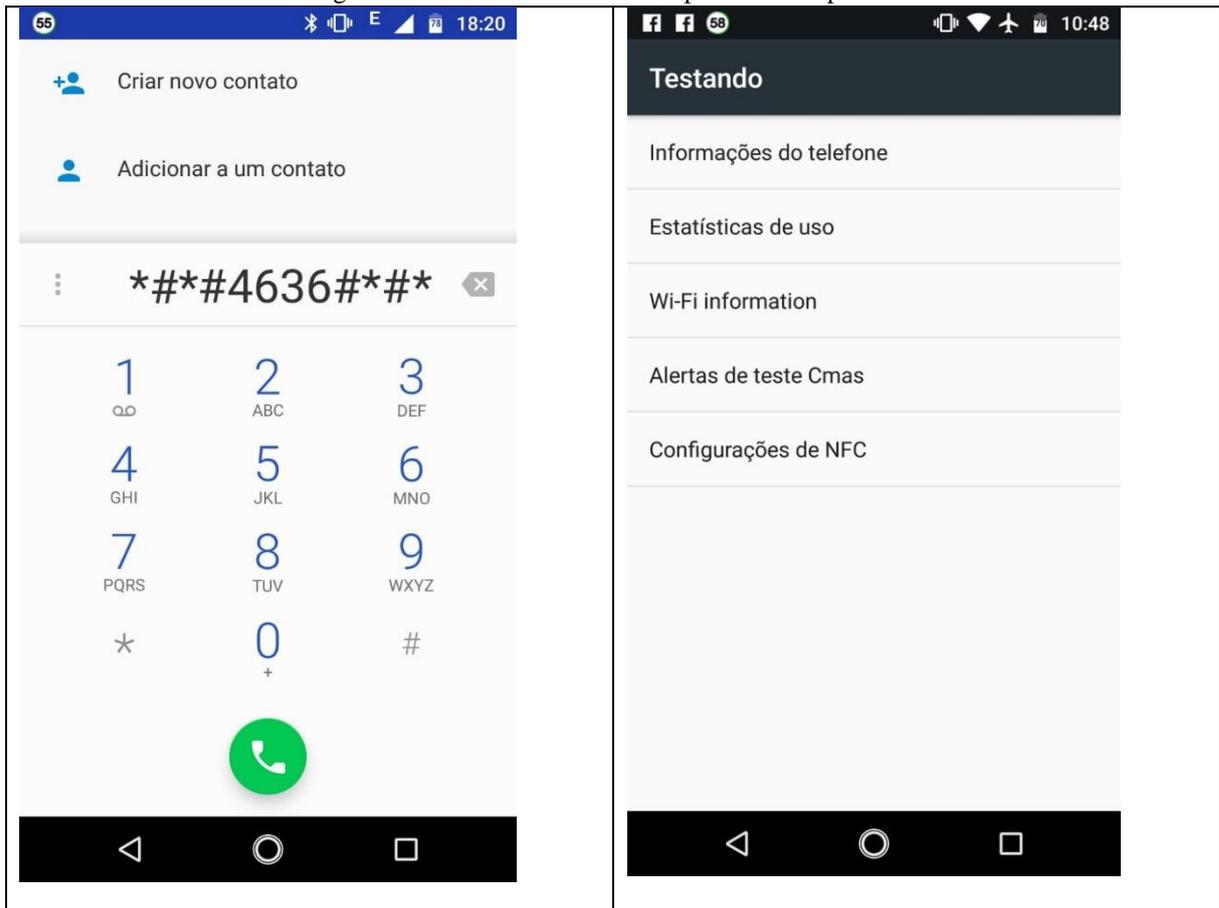
Continuação Tabela 12

log0617p_UFWW 2006.55375000	15:22:55	-8°03'05,87859"	-34°57'11,63594"	3,690	284742,236	9109479,976
log0617p_UFWW 2006.55270000	15:23:00	-8°03'05,88189"	-34°57'11,63943"	3,669	284742,129	9109479,874
log0617p_UFWW 2006.55385000	15:23:05	-8°03'05,87796"	-34°57'11,64128"	3,813	284742,072	9109479,994
log0617p_UFWW 2006.55265000	15:23:10	-8°03'05,88089"	-34°57'11,63734"	3,670	284742,193	9109479,905
log0617p_UFWW 2006.55395000	15:23:15	-8°03'05,87822"	-34°57'11,64158"	3,830	284742,063	9109479,986
log0617p_UFWW 2006.55405000	15:23:20	-8°03'05,87757"	-34°57'11,64181"	3,953	284742,056	9109480,006
log0617p_UFWW 2006.55430000	15:23:25	-8°03'05,87940"	-34°57'11,64359"	3,759	284742,001	9109479,950
log0617p_UFWW 2006.55475000	15:23:30	-8°03'05,83843"	-34°57'11,66967"	4,535	284741,197	9109481,205
log0617p_UFWW 2006.55450000	15:23:35	-8°03'05,86897"	-34°57'11,65880"	3,951	284741,534	9109480,268
log0617p_UFWW 2006.55415000	15:23:40	-8°03'05,87968"	-34°57'11,64412"	3,933	284741,985	9109479,941
log0617p_UFWW 2006.55410000	15:23:45	-8°03'05,87880"	-34°57'11,64287"	3,942	284742,023	9109479,968
log0617p_UFWW 2006.55425000	15:23:50	-8°03'05,87959"	-34°57'11,64458"	3,808	284741,971	9109479,944
log0617p_UFWW 2006.55465000	15:23:55	-8°03'05,85795"	-34°57'11,66159"	4,576	284741,447	9109480,606
log0617p_UFWW 2006.55485000	15:24:00	-8°03'05,83993"	-34°57'11,66843"	4,356	284741,235	9109481,159
log0617p_UFWW 2006.55495000	15:24:05	-8°03'05,83795"	-34°57'11,66961"	4,512	284741,199	9109481,219
log0617p_UFWW 2006.55455000	15:24:10	-8°03'05,87616"	-34°57'11,64649"	4,394	284741,912	9109480,049
log0617p_UFWW 2006.55445000	15:24:15	-8°03'05,86889"	-34°57'11,65711"	3,946	284741,586	9109480,271
log0617p_UFWW 2006.55420000	15:24:20	-8°03'05,88063"	-34°57'11,64464"	3,909	284741,969	9109479,912
log0617p_UFWW 2006.55460000	15:24:25	-8°03'05,85811"	-34°57'11,66355"	4,787	284741,387	9109480,601
log0617p_UFWW 2006.55480000	15:24:30	-8°03'05,83944"	-34°57'11,66906"	4,402	284741,216	9109481,174
log0617p_UFWW 2006.55400000	15:24:35	-8°03'05,87659"	-34°57'11,64259"	4,010	284742,032	9109480,036
log0617p_UFWW 2006.55440000	15:24:40	-8°03'05,87003"	-34°57'11,65664"	4,013	284741,600	9109480,236
log0617p_UFWW 2006.55470000	15:24:45	-8°03'05,85316"	-34°57'11,65835"	5,089	284741,546	9109480,754
log0617p_UFWW 2006.55490000	15:24:50	-8°03'05,84025"	-34°57'11,66859"	4,364	284741,230	9109481,149
log0617p_UFWW 2006.55435000	15:24:55	-8°03'05,87815"	-34°57'11,64540"	3,764	284741,946	9109479,988

APÊNDICE B – Medições do aparelho móvel.

Todos os dados disponibilizados pelo programa são exibidos pelo aparelho móvel, para entrar nas configurações do mesmo, deve-se digitar ***##*#4636#*##***, no teclado de chamada do aparelho. Tendo em vista que esse acesso é permitido apenas para aparelhos com sistema operacional Android.

Figura 12 – Acesso aos valores de potência do aparelho.



Informações do telefone

IMEI: 356499081840278
Número de telefone: Desconhecido
Rede atual:
Potência do sinal: -1 dBm 99 asu
Serviço de voz: Rádio desativado
Serviço de dados: Desconectado
Tipo de rede de voz: Unknown
Tipo de rede de dados: Unknown
Status da chamada de voz: Suspende
Roaming: Não está em roaming
Definir tipo de rede preferido:
 WCDMA preferred

EXECUTAR TESTE DE PING

Aplicar ping no nome do host (www.google.com)
 IPv4:
 Aplicar ping no nome do host (www.google.com)
 IPv6:
 Teste do cliente HTTP:

Informações de conexão de dados em tempo real:
Mensagem em espera: false
Redirecionamento da chamada: false
Dados enviados: 0 pkts, 0 bytes
Dados recebidos: 0 pkts, 0 bytes
Número de redefinições PPP desde a inicialização:

Informações do telefone

ATIVAR/DESATIVAR VERIFICAÇÃO DE DNS 0.0.0.0
 not allowed

INFORMAÇÕES/CONFIGURAÇÕES ESPECÍFICAS DE OEM

Taxa de atualização das informações do celular:
 Immediate

Informações de local do celular (uso suspenso): LAC = 17fc
 CID = 85cb

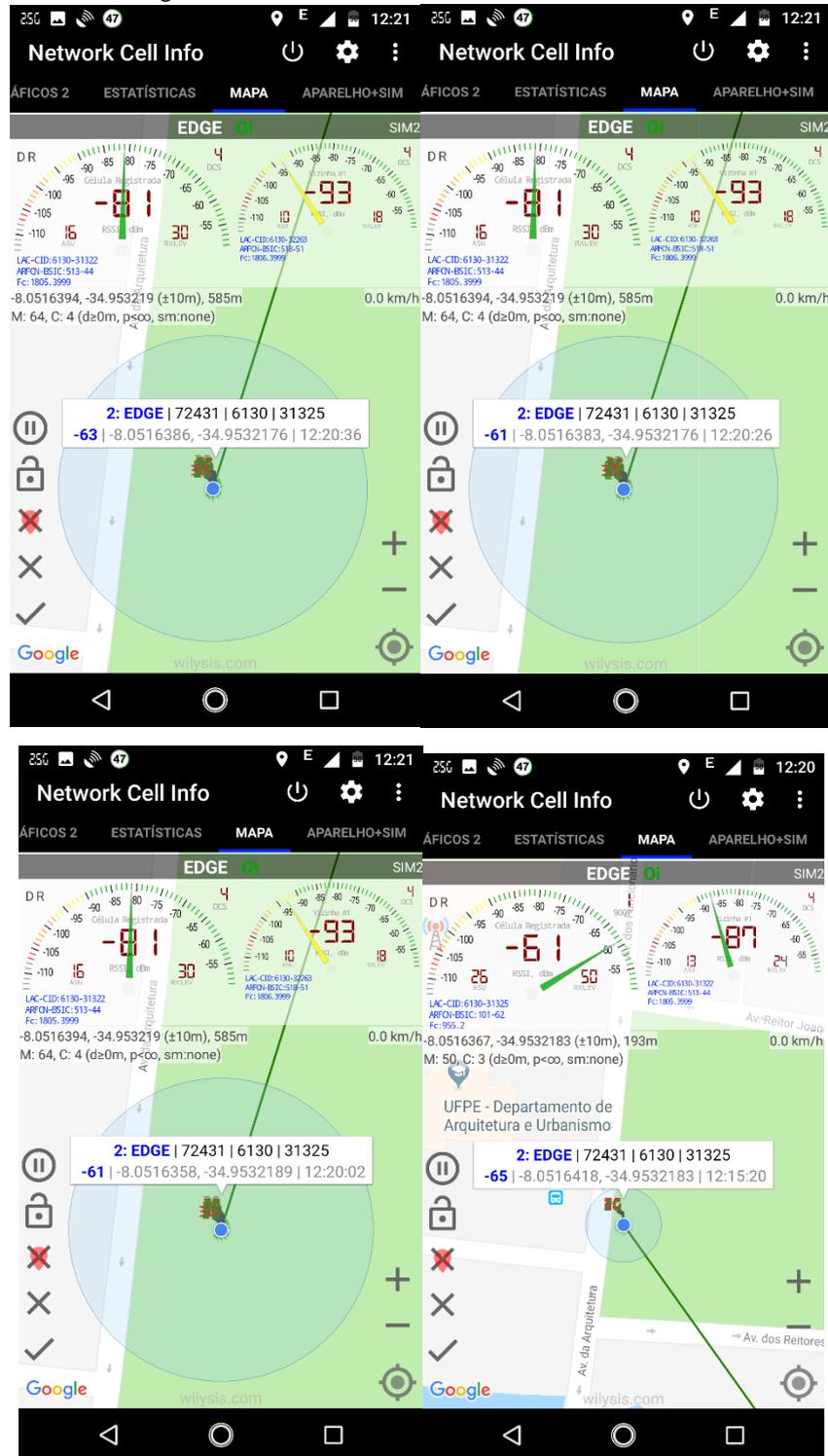
Informações do celular vizinho (uso suspenso): no neig hbo-ring cells

Todas as informações de medição do celular:

GSM							
SRV	MCC	MNC	LAC	CID	ARFCN	BSIC	RSSI
S	724	31	6140	34251	516	55	-93
					519	23	-103
					512	18	-109

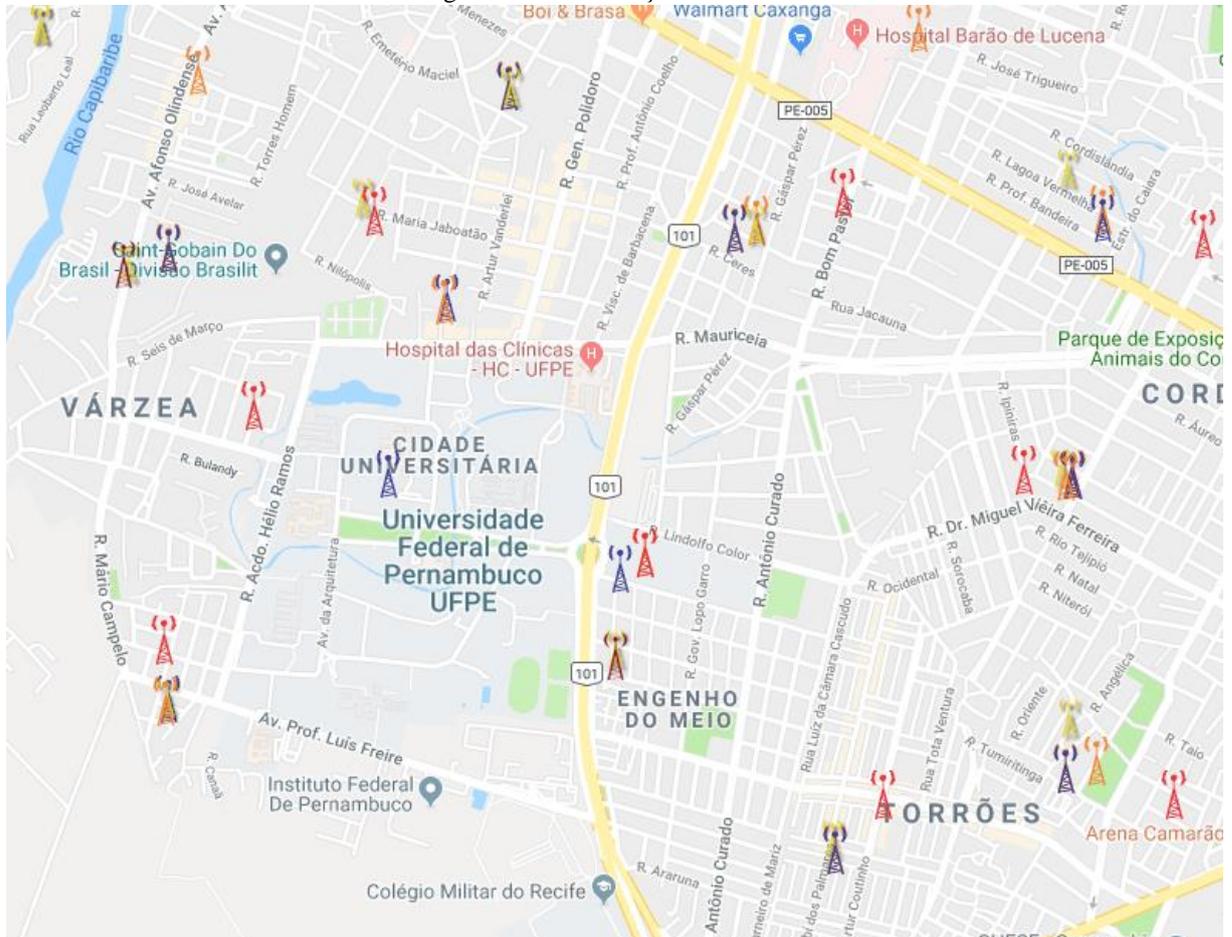
APÊNDICE C – Modelo de medidas do Network Cell Info

Figura 15 – Modelo de Medidas do Network Cell Info



APÊNDICE D – Localização das ERB's no entorno da área de estudo.

Figura 16 – Localização das ERB's.



Fonte: Teleco (2018) disponível em <http://telecocare.teleco.c19.com.br/telebrasil/erbs/>

APÊNDICE E – Código de localização das coordenadas usando as Log-Distâncias das potências simuladas

```

% UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
% CENTRO DE TECNOLOGIAS E GEOCIENCIAS
% Departamento de Engenharia Cartografia
% Curso de Engenharia Cartografica e de Agrimensura
% Trabalho de Conclusao de Curso - TCC
% Academico: YAN LUKAS MULITERNO LUCENA
% Orientador: Prof. Dr. Silvio Jacks dos Anjos Garnes
% AJUSTAMENTO DE REDE DE TRILATERAÇÃO POR LOG-DISTÂNCIA DA POTÊNCIA DE
CELULARES

clear
clc
format long g

disp('AJUSTAMENTO DA REDE DE TRILATERAÇÃO ERBs')
disp(' ')
% Leitura de arquivos
Log_dist % Le o arquivo de observacoes de distâncias
cerb % Le o arquivo de coordenadas das ERB's na sequencia
      % ERB01 ERB03 ERB06 ERB10 ERB11 ERB12
ceps % Le o arquivo com coordenadas aproximadas dos EPS's na sequencia
      % EPS02 EPS03 EPS04 EPS05 EPS06 EPS07

% Formacao do vetor X0 dos parametros aproximados das estações a ajustar
k=0;
m=size(CEPS,1)
for i=1:m
    for j=1:2 % caso bidimensional
        k=k+1;
        X0(k,1)=CEPS(i,j);
    end
end
% 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
% xep2 yep2 xep3 yep3 xep4 yep4 xep5 yep5 xep6 yep6 xep7 yep7
X0

iter=0; % para dar inicio ao processo iterativo
erro=100;

% Processo iterativo
disp('-----PROCESSO ITERATIVO ----- ')
while erro>1e-4
    iter=iter+1
    % Calculo de Lo=F(x0)
    L0(1,1)=sqrt((X0(11)-CERB(1,1))^2+(X0(12)-CERB(1,2))^2);
    L0(2,1)=sqrt((X0(11)-CERB(10,1))^2+(X0(12)-CERB(10,2))^2);
    L0(3,1)=sqrt((X0(11)-CERB(11,1))^2+(X0(12)-CERB(11,2))^2);
    L0(4,1)=sqrt((X0(11)-CERB(3,1))^2+(X0(12)-CERB(3,2))^2);
    L0(5,1)=sqrt((X0(5)-CERB(3,1))^2+(X0(6)-CERB(3,2))^2);
    L0(6,1)=sqrt((X0(5)-CERB(1,1))^2+(X0(6)-CERB(1,2))^2);
    L0(7,1)=sqrt((X0(5)-CERB(6,1))^2+(X0(6)-CERB(6,2))^2);
    L0(8,1)=sqrt((X0(5)-CERB(11,1))^2+(X0(6)-CERB(11,2))^2);
    L0(9,1)=sqrt((X0(9)-CERB(10,1))^2+(X0(10)-CERB(10,2))^2);
    L0(10,1)=sqrt((X0(9)-CERB(1,1))^2+(X0(10)-CERB(1,2))^2);

```

```

L0(11,1)=sqrt((X0(9)-CERB(6,1))^2+(X0(10)-CERB(6,2))^2);
L0(12,1)=sqrt((X0(7)-CERB(6,1))^2+(X0(8)-CERB(6,2))^2);
L0(13,1)=sqrt((X0(7)-CERB(1,1))^2+(X0(8)-CERB(1,2))^2);
L0(14,1)=sqrt((X0(7)-CERB(12,1))^2+(X0(8)-CERB(12,2))^2);
L0(15,1)=sqrt((X0(7)-CERB(10,1))^2+(X0(8)-CERB(10,2))^2);
L0(16,1)=sqrt((X0(3)-CERB(6,1))^2+(X0(4)-CERB(6,2))^2);
L0(17,1)=sqrt((X0(3)-CERB(1,1))^2+(X0(4)-CERB(1,2))^2);
L0(18,1)=sqrt((X0(1)-CERB(1,1))^2+(X0(2)-CERB(1,2))^2);
L0(19,1)=sqrt((X0(1)-CERB(11,1))^2+(X0(2)-CERB(11,2))^2);
L0(20,1)=sqrt((X0(1)-CERB(3,1))^2+(X0(2)-CERB(3,2))^2);
L=Lb-L0;
% Calculo da matriz A
A(1,11)=(X0(11)-CERB(1,1))/L0(1);      A(1,12)=(X0(12)-CERB(1,2))/L0(1);
A(2,11)=(X0(11)-CERB(10,1))/L0(2);     A(2,12)=(X0(12)-CERB(10,2))/L0(2);
A(3,11)=(X0(11)-CERB(11,1))/L0(3);     A(3,12)=(X0(12)-CERB(11,2))/L0(3);
A(4,11)=(X0(11)-CERB(3,1))/L0(4);       A(4,12)=(X0(12)-CERB(3,2))/L0(4);
A(5,5)=(X0(5)-CERB(3,1))/L0(5);         A(5,6)=(X0(6)-CERB(3,2))/L0(5);
A(6,5)=(X0(5)-CERB(1,1))/L0(6);         A(6,6)=(X0(6)-CERB(1,2))/L0(6);
A(7,5)=(X0(5)-CERB(6,1))/L0(7);         A(7,6)=(X0(6)-CERB(6,2))/L0(7);
A(8,5)=(X0(5)-CERB(11,1))/L0(8);        A(7,6)=(X0(6)-CERB(11,2))/L0(8);
A(9,9)=(X0(9)-CERB(10,1))/L0(9);        A(9,10)=(X0(10)-CERB(10,2))/L0(9);
A(10,9)=(X0(9)-CERB(1,1))/L0(10);       A(10,10)=(X0(10)-
CERB(1,2))/L0(10);
A(11,9)=(X0(9)-CERB(6,1))/L0(11);       A(11,10)=(X0(10)-
CERB(6,2))/L0(11);
A(12,7)=(X0(7)-CERB(6,1))/L0(12);       A(12,8)=(X0(8)-CERB(6,2))/L0(12);
A(13,7)=(X0(7)-CERB(1,1))/L0(13);       A(13,8)=(X0(8)-CERB(1,2))/L0(13);
A(14,7)=(X0(7)-CERB(12,1))/L0(14);      A(14,8)=(X0(8)-CERB(12,2))/L0(14);
A(15,7)=(X0(7)-CERB(10,1))/L0(15);     A(15,8)=(X0(8)-CERB(10,2))/L0(15);
A(16,3)=(X0(3)-CERB(6,1))/L0(16);       A(16,4)=(X0(4)-CERB(6,2))/L0(16);
A(17,3)=(X0(3)-CERB(1,1))/L0(17);       A(17,4)=(X0(4)-CERB(1,2))/L0(17);
A(18,1)=(X0(1)-CERB(1,1))/L0(18);       A(18,2)=(X0(2)-CERB(1,2))/L0(18);
A(19,1)=(X0(1)-CERB(11,1))/L0(19);     A(19,2)=(X0(2)-CERB(11,2))/L0(19);
A(20,1)=(X0(1)-CERB(3,1))/L0(20);       A(20,2)=(X0(2)-CERB(3,2))/L0(20);

N=(A'*A);
U=A'*L;
X=inv(N)*U;
V=A*X-L;
X0=X0+X;
VTPV=V'*V;
erro=norm(X);
disp('----- ')
if iter==500, break, end
end
if erro<=1e-4,
disp('SOLUÇÃO DO AJUSTAMENTO DA REDE DAS LOG-DISTÂNCIAS')
Xa=X0;
VTPV=VTPV;
sig2pos=VTPV/(20-12);
sigpos=sqrt(sig2pos);
iter;
end
if iter==50,
disp('O metodo nao atingiu a convergencia em 50 iterações')
end

```

```

CERB = [284908.212  9109584.581  % ERB_01
        284507.573  9109790.074  % ERB_02
        285092.486  9110117.033  % ERB_03
        285095.504  9110126.266  % ERB_04
        285620.082  9109296.070  % ERB_05
        285686.609  9109345.549  % ERB_06
        285621.262  9109048.111  % ERB_07
        285621.353  9109029.061  % ERB_08
        284229.576  9109069.735  % ERB_09
        284241.773  9108889.119  % ERB_10
        284237.293  9110272.729  % ERB_11
        285982.610  9110342.498] % ERB_12

```

```

CEPS =[284814  9109960  %EPS02
        285384  9109430  %EPS03
        284742  9109481  %EPS04
        285364  9108945  %EPS05
        284603  9109006  %EPS06
        284650  9109407] %EPS07

```

LB para as distâncias calculadas a partir do log-distância das potências reais.

```

Lb=[312.83
    660.2
    958.4
    835.9
    432.31
    124.62
    954.3
    1093.09
    449.25
    312.83
    1416.17
    151.25
    786.33
    1527.3
    866.78
    224.47
    353.80
    83.92
    958.35
    318.8]

```

LB para as distâncias calculadas a partir do log-distância das potências simuladas.

```

Lb=[312.83
    660.15
    958.35
    835.87
    725.83
    195.29
    954.32
    939.13
    380.92
    653.42
    1134.90
    513.58
    785.22
    1527.30
    1125.30
    314.23
    500.76
    387.46
    656.36
    318.83]

```

**APÊNDICE F – Resultado do código de localização das coordenadas
usando as Log-Distâncias para as potências reais.**

X =

6.62774124711429e-12	4.97618610972945e-10
25769803776	17179869184
-28.3413241780961	7.94588701885813
6.14514214045313e-10	-1.12251160308649e-09
-1.60151344136569e-11	1.65642389348313e-10
-6.68387864777439e-12	3.51193822202643e-10

X0 =

284992.942717315	9109724.88757517
13228252708.426	-6183787763.25751
284880.063945983	9109537.19643018
285346.661258229	9109053.78736289
284429.444586343	9109391.7571005
284650.135789141	9109407.80804837

VTPV =

1.27250064852788e+18

erro =

30971449624.3378

iter =

125

**APÊNDICE G – Resultado do código de localização das coordenadas
usando as Log-Distâncias para as potências simuladas.**

SOLUÇÃO DO AJUSTAMENTO DA REDE DAS LOG-DISTÂNCIAS

Xa =

284814.679279413	9109960.58318803
285381.757061949	9109421.7447267
284742.318723974	9109481.04342106
285365.168504773	9108945.55740322
284603.889862034	9109006.35916299
284650.091434908	9109407.83888729

VTPV =

0.981480809104295

sig2pos =

0.122685101138037

sigpos =

0.350264330382123

iter =

16