

Projeto de Radioenlace para a planta de SUAPE

Alunos: Thamires da Silva Tavares
Professor: Marcos Tavares de Melo.

Sumário

- Proposta
- Metodologia
 - Perfil de relevo
 - Ângulos de elevação e azimuth
 - Obstruções e Zona de Fresnel
 - Cálculo de Altura da Linha de Visada
- Conclusões

Proposta

- Desenvolver os cálculos e considerações para um projeto de rádioenlace com a melhor performance possível dentro de certa região.
- Utilizar o software *Google Earth Pro* para levantamento de perfil de relevo para a área de objetivo.
- Cálculos aplicados para a planta de SUAPE.

Metodologia

Determinação das possíveis localizações das estações em etapas:

1. Marcar todos os picos de morros dentro de um raio de 4 km do centro da região escolhida no mapa para estudo, utilizando algum mapa de curvas de nível ou ferramenta para levantamento de relevo.
2. Importante que estejam próximas de centros urbanos para facilitar escoamento de dados, caso contrário se faz necessário o uso de modem, mux, etc.
3. Dentre os pontos marcados na etapa 1, identificar aqueles mais próximos de estradas de tráfego
4. Dentre os pontos marcados, filtrar aqueles mais próximos da região de interesse

Metodologia

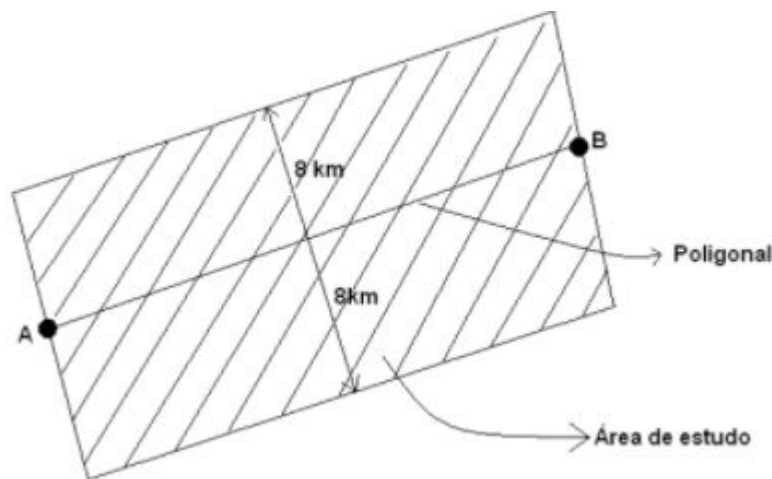
- **Seleção dos locais para as estações:**
 1. Calcula-se as altitudes dos pontos selecionados e escolhe-se os pontos mais altos e mais próximos da localidade em questão.
 2. As estações devem manter uma distância média na faixa de 10 km a 70 km entre si.
 3. O azimute da ligação entre dois pontos do conjunto deve ser menor que 140º, para evitar sobrealcance.

Metodologia

- **Poligonal provisória:**

Depois de determinados os pontos que serão os locais das estações que formam o enlace, deve-se analisar o relevo entre esses para determinarmos a altura de torres e antenas.

A poligonal provisória é uma ferramenta que delimita a área de estudo do relevo de certo enlace e um exemplo está ilustrado abaixo:



Metodologia

Levantamento do perfil do relevo:

- Corresponde ao traço do perfil em um corte vertical exatamente na poligonal do enlace (direção de propagação).
- Quanto menor a distância entre os pontos na reta, maior a precisão.

Os seguintes critérios são comumente adotados:

- **Relevo extremamente montanhoso e variável, ou quando se deseja alta precisão:** Distância entre os pontos de 50 a 100 metros;
- **Relevo razoavelmente montanhoso ou quando se deseja uma boa precisão:** Distância de 200 a 250 metros;
- **Relevo médio ou mesmo montanhoso com precisão média:** Distância de 400 a 500 metros;
- **Relevo plano, razoavelmente plano, ou quando se deseja um levantamento rápido, onde a precisão não é importante:** Distância de 1000 a 2000 metros.

Metodologia

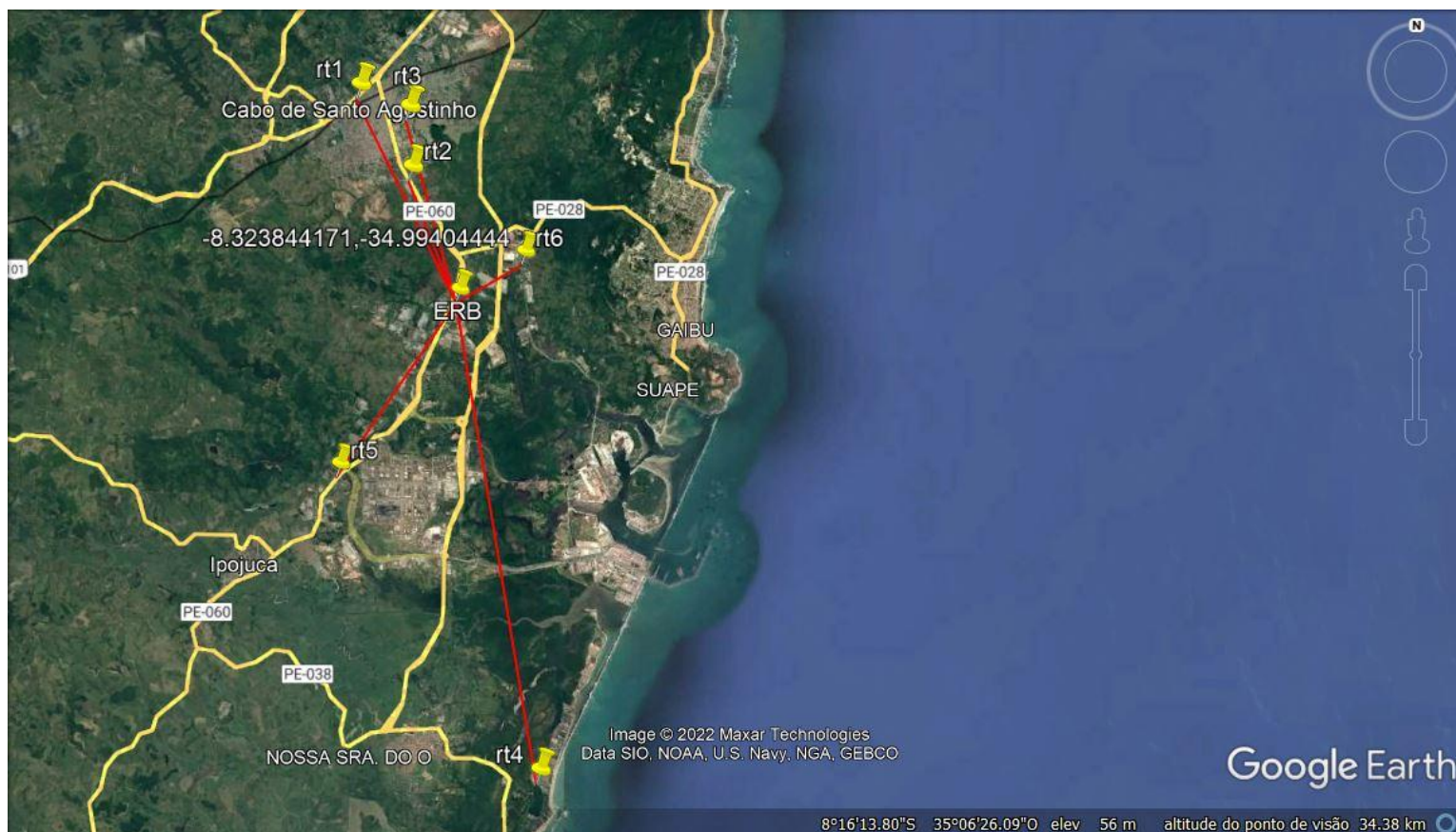
Dados:

Posições da ERB e Chaves Religadoras em Suape

	Nome	Religador	Alimentador	Latitude	Longitude
ERB	-	-	-	-8,333381	-35,009989
rt1	C254140	K11223	CBO-01C4	-8,284280339	-35,03541577
rt2	C254779	K11412	SUP-01C3	-8,304015779	-35,02221436
rt3	L042531	D01088	PRU-01C5	-8,289357898	-35,02317373
rt4	C096976	K05427	NSO-01F2	-8,450356327	-34,98801824
rt5	L001625	D12618	SUP-01C1	-8,37638	-35,0386224
rt6	L101276	K11183	ENS-01M3	-8,323844171	-34,99404444

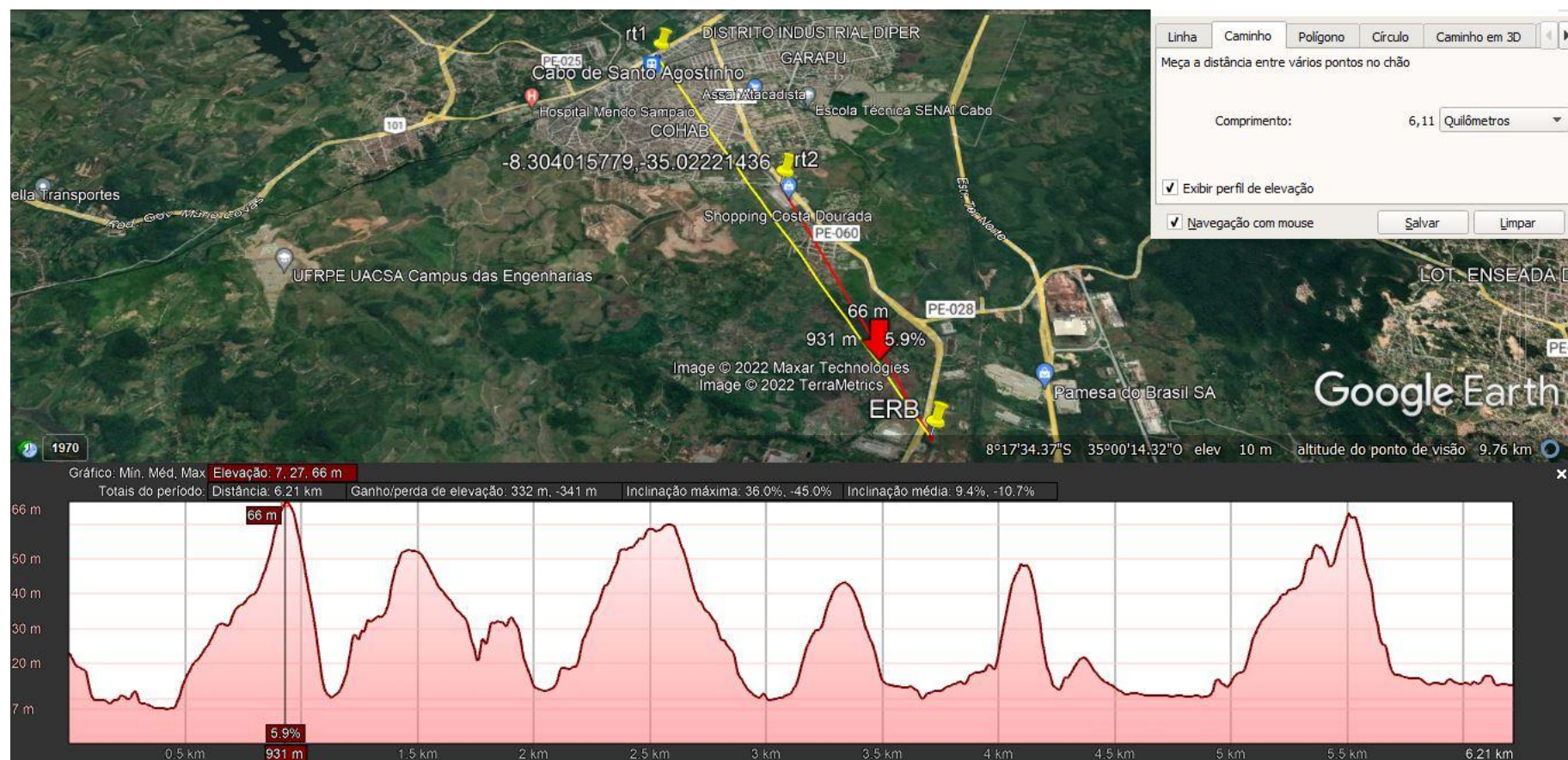
Perfil de Relevo

Levantamento do perfil de relevo entre a ERB e as estações remotas para a planta de SUAPE .



Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu1.



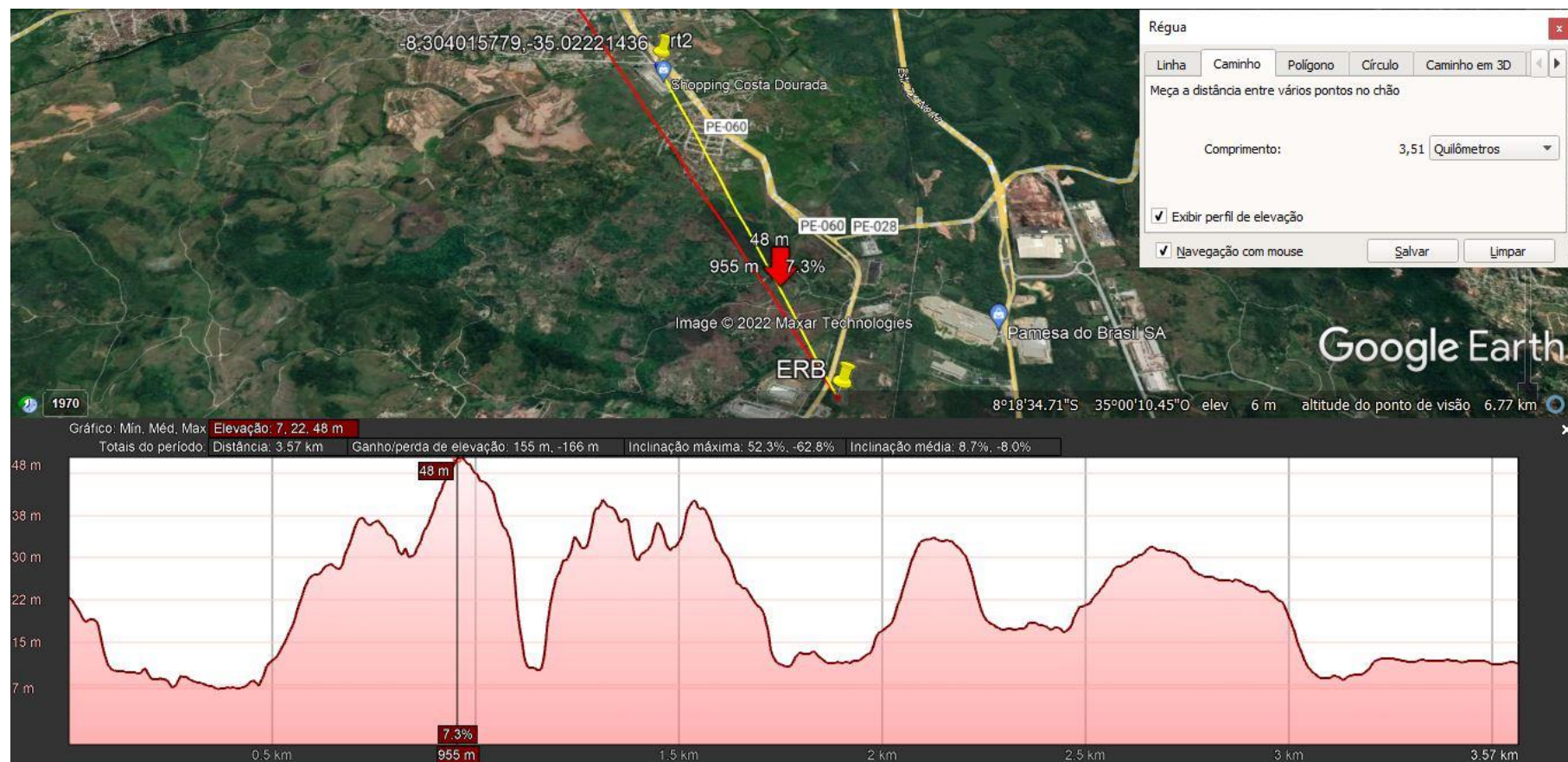
Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu1.



Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu2.



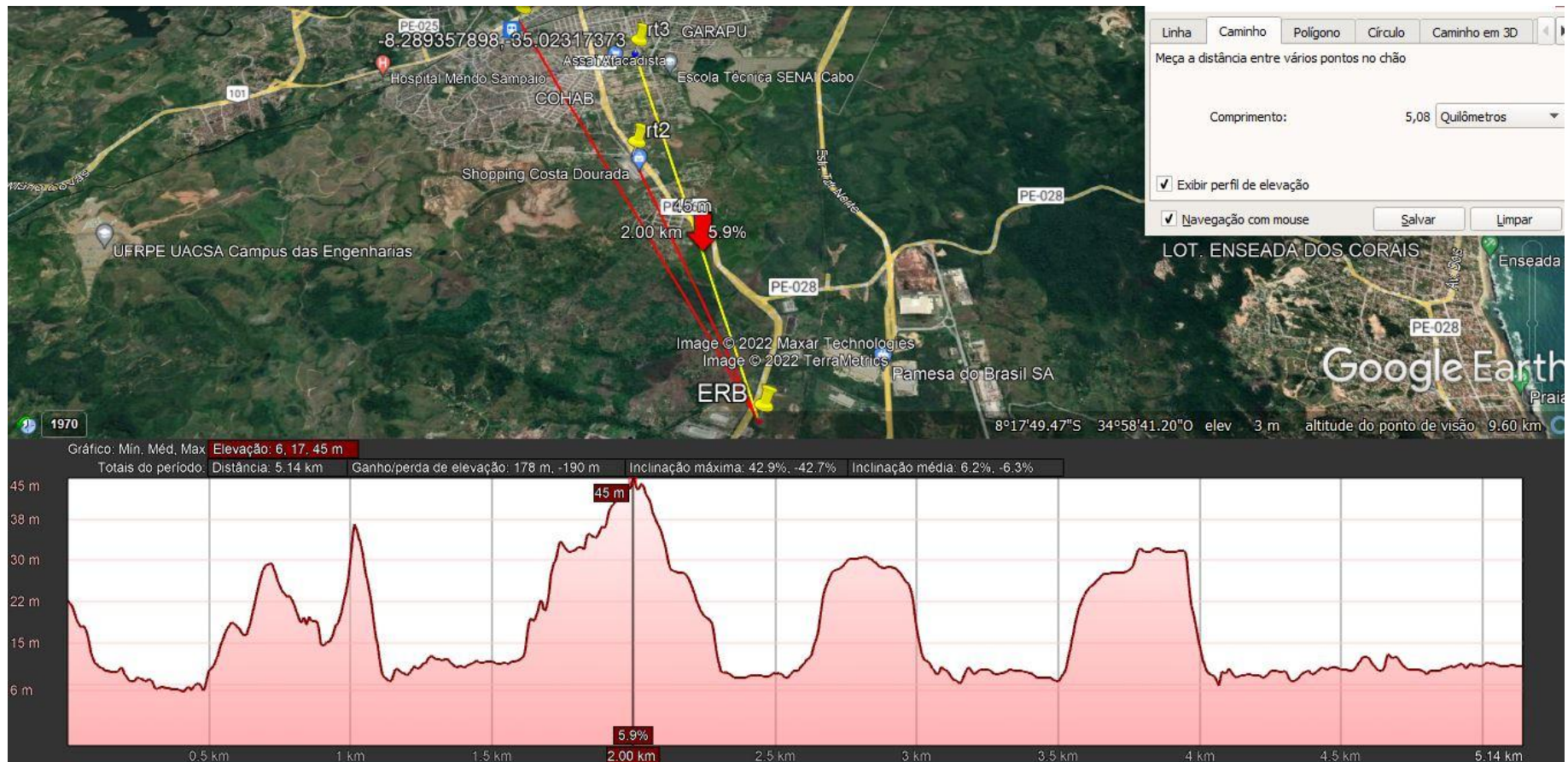
Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu2.



Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu3.



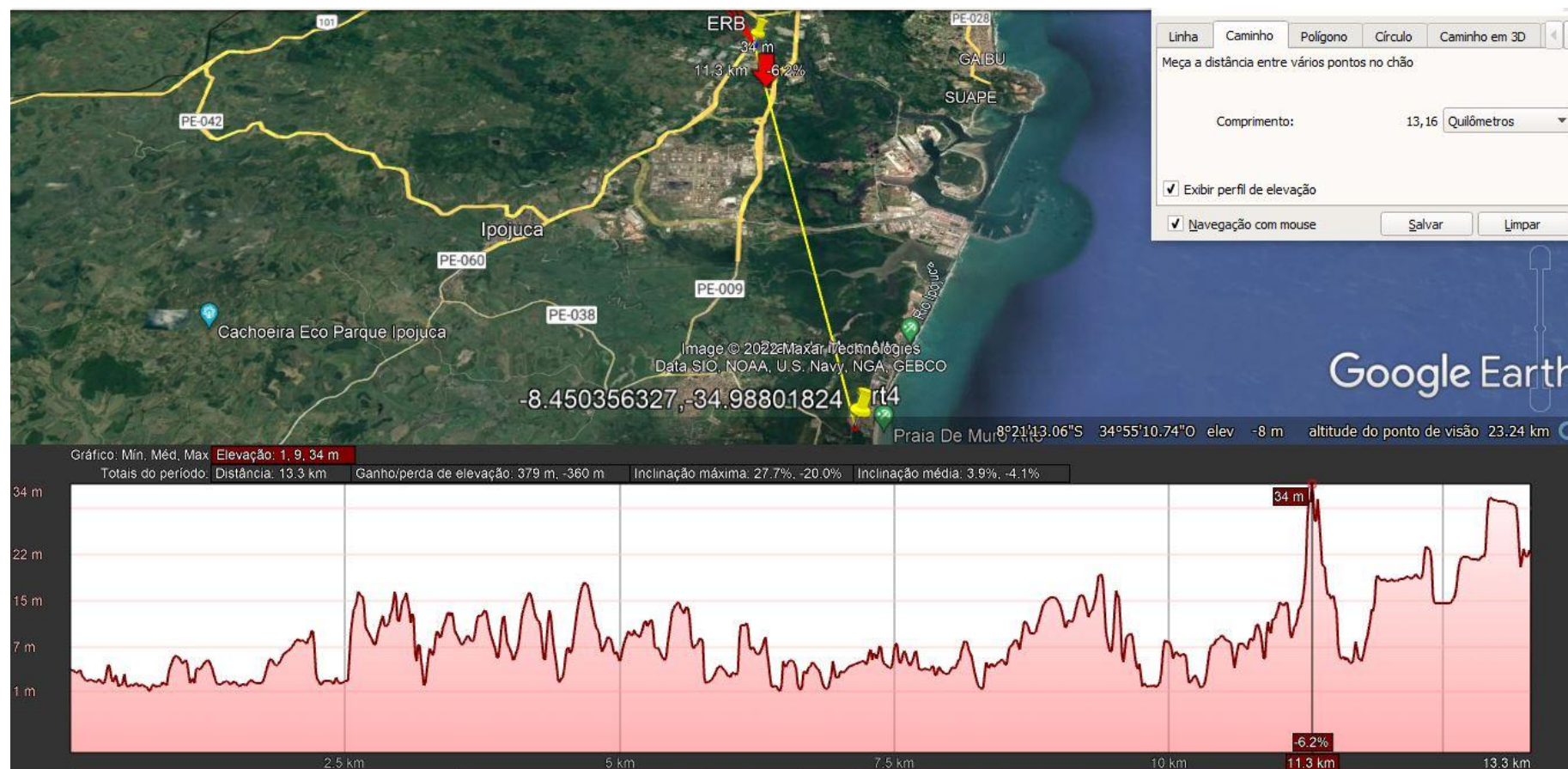
Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu3.



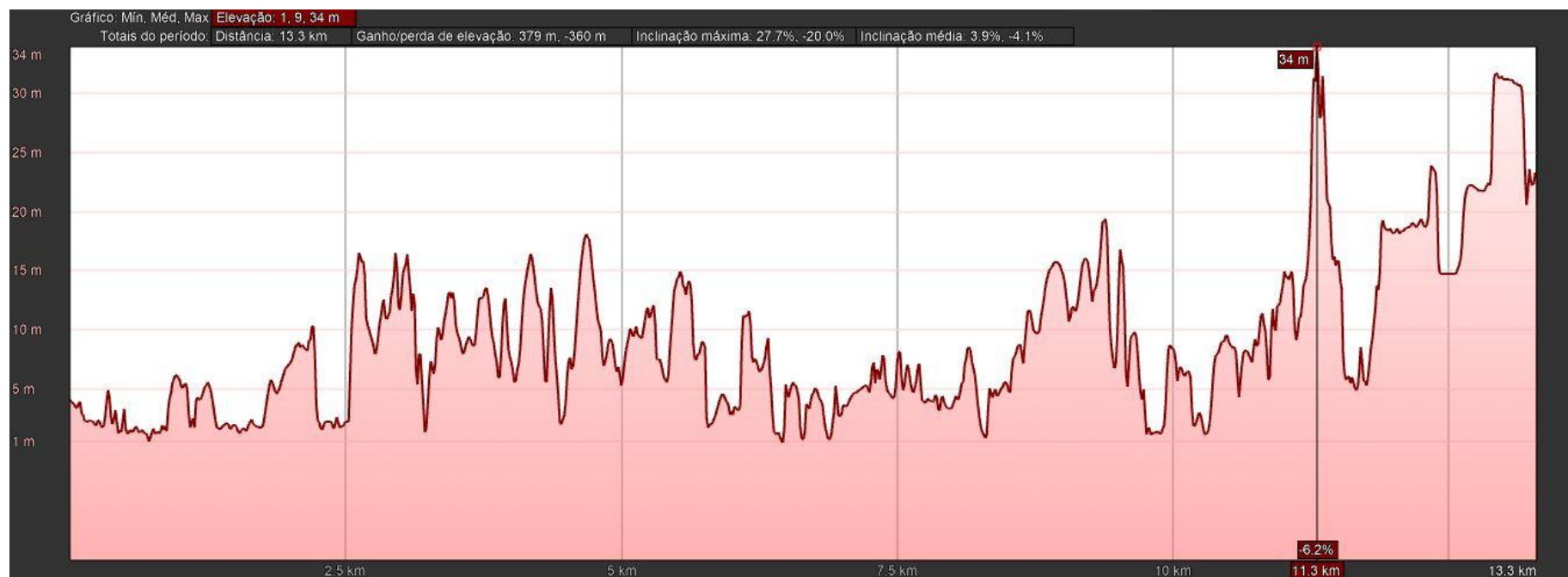
Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu4.



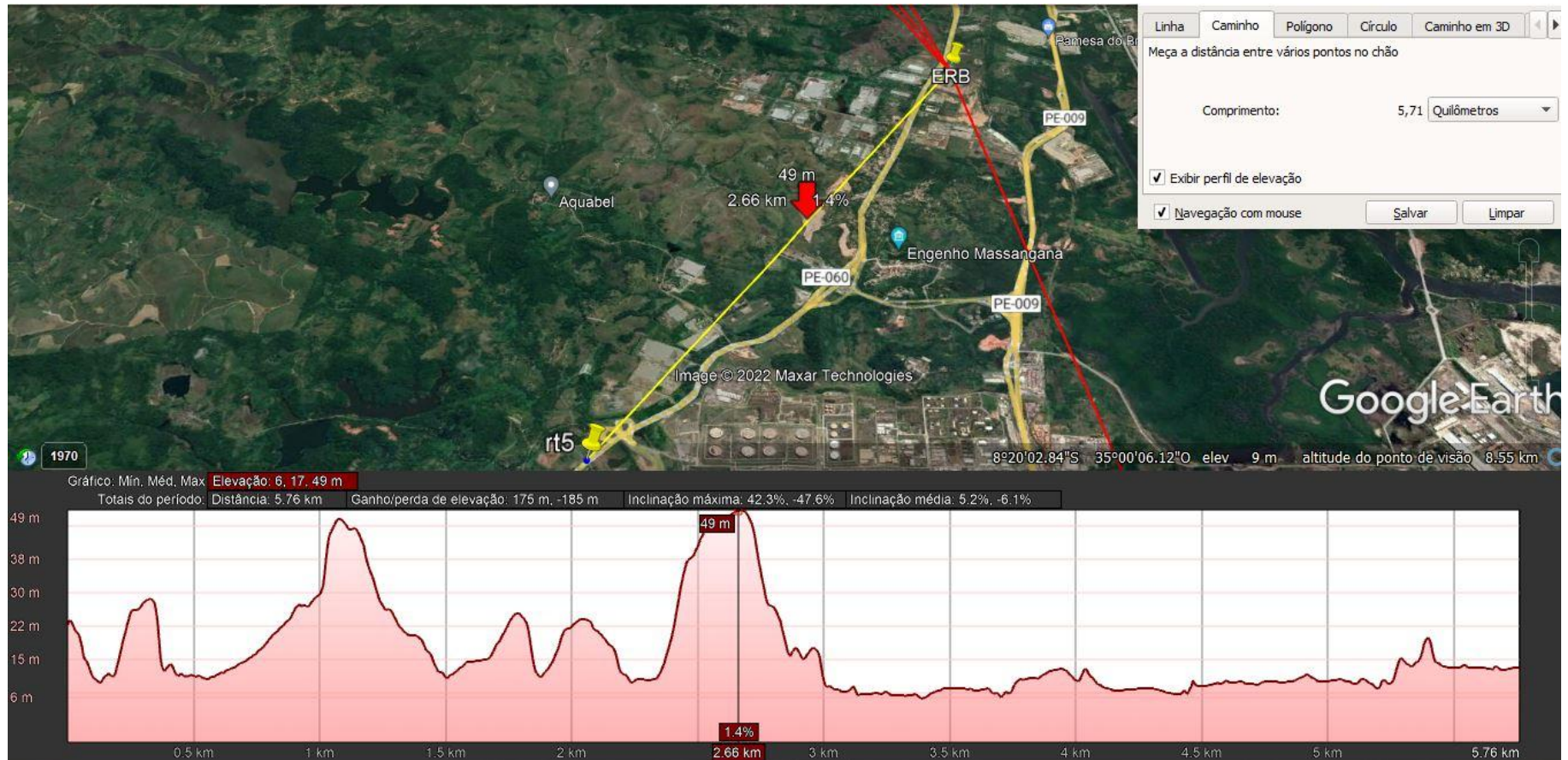
Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu4.



Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu5.



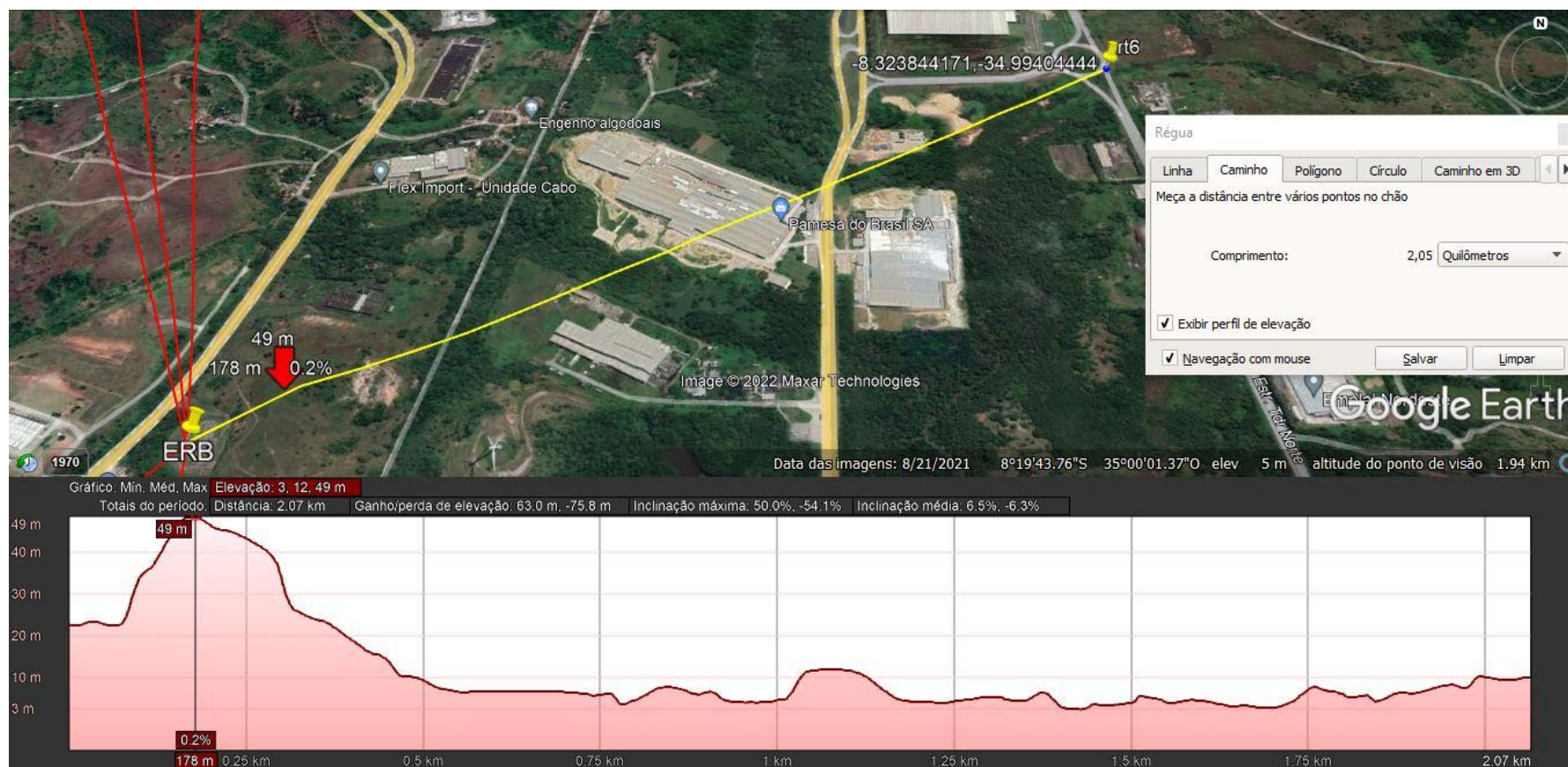
Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu5.



Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu6.



Perfil de Relevo

- Levantamento do perfil de relevo da ERB para rtu6.



Metodologia

- Cálculo do azimuth entre estações

$$Az_{AB} = \frac{180}{\pi} \cdot \arctg \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi}{180} \cdot (LonB - LonA)\right)}{\cos\left(\frac{\pi}{180} \cdot LonA\right) \cdot tg\left(\frac{\pi}{180} \cdot LatB\right) - \sin\left(\frac{\pi}{180} \cdot LatA\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{180} \cdot (LonB - LonA)\right)} \right]$$

- Cálculo do ângulo de elevação entre as antenas

$$tg(\theta_{AB}) = \frac{hb - ha}{d}$$
$$\theta_{AB} = \arctg\left(\frac{hb - ha}{d}\right)$$

Metodologia

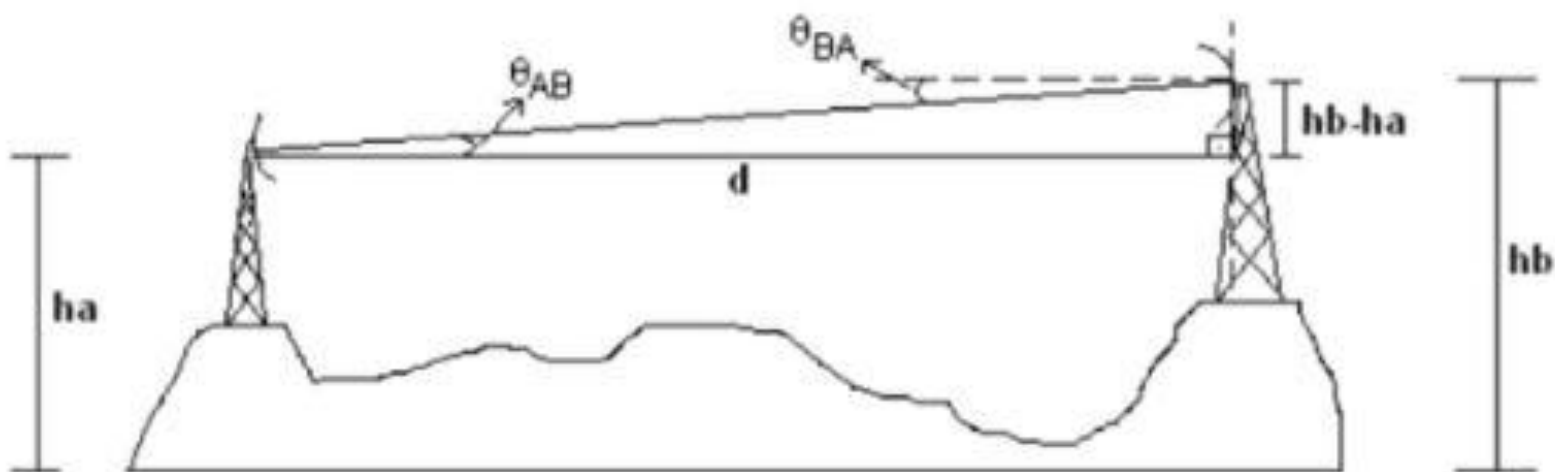


Figura 10- Cálculo do ângulo de elevação

Metodologia

- Dados sobre o relevo das estações:

Estação	ha (m)	hb (m)	Dist. entre estações (km)	Dist. ao obstáculo mais alto (km)	Obstáculos(m)		
					h máx	h méd	h mín
rt1	14	23	6,21	0,945	66	27	7
rt2	11	23	3,57	0,964	48	22	7
rt3	11	23	5,14	2	45	17	6
rt4	4	23	13,3	11,3	34	9	1
rt5	13	23	5,76	2,66	49	17	6
rt6	10	23	2,07	0,176	49	12	3

Metodologia

- Ângulos de elevação e azimutes entre ERB e rtus:

Estação	Ângulo de Elevação (°)	Ângulo de Azimute (°)
rt1	0.001449	-0.05594
rt2	-0.0109	2.17413
rt3	0.00233	-0.02901
rt4	0.001428	179.95139
rt5	0.001736	180.06319
rt6	0.006280	0.03512

Obstruções e Zona de Fresnel

- Efeitos do relevo na propagação:

- Árvores, prédios e até mesmo a própria superfície da terra podem bloquear uma parte do feixe de onda, causando atenuação (vide imagem abaixo).

Árvores de grande porte (eucalipto)	35m
Árvores medidas	soma-se 10m ao valor medido
Árvores frutíferas	20m
Canaviais	6m
Café	3m

- Uma região com terreno aproximadamente regular pode refletir parte do sinal para antenas receptoras, que se recebidos com defasagem, também causam atenuação

Obstruções e Zona de Fresnel

- O cálculo do raio da primeira zona de Fresnel deve estar associado às influências do terreno para saber-se quanta obstrução haverá em tal região.

$$r_{F_1} = 17,3 \cdot \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{d \cdot f}}$$

- Com o fator de correção do perfil terrestre, encontra-se o incremento que a altitude deverá sofrer devido a curvatura da Terra.

$$H_u = \frac{d_1 \cdot d_2}{12,7 \cdot K}$$

Obstruções e Zona de Fresnel

- Critério de desobstrução:

Para frequências menores que 1 GHz, utiliza-se o Fator K para 0.1%, que fornece 10% de liberdade na 1ª zona de Fresnel.

Este será o critério adotado, visto que a frequência do enlace é em torno de 460 MHz.

Cálculo de Altura da Linha de Visada

- Considerando a planta de SUAPE:

Os raios da primeira zona de Fresnel foram calculados para o enlace de cada estação, conforme a formula mostrada anteriormente.

Em seguida, para o cálculo da altura de correção do perfil terrestre, o Fator K para 0.1% foi calculado utilizando-se as seguintes expressões, para cada enlace:

$$\Delta N_{(10\%)} - \Delta N_{(50\%)} = 1,28\sigma_1$$

$$\Delta N_{(2\%)} - \Delta N_{(50\%)} = 2,05\sigma_2$$

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{(\sigma_0)^2}{1 + d/d_0}}$$

$$\Delta N_{(0,1\%)} - \Delta N_{(50\%)} = 3,09\sigma_3$$

(Onde $d_0 = 30 \text{ km}$, $\Delta N(50\%) = -55$, $\Delta N(10\%) = -30$, $\Delta N(2\%) = 0$ e $\sigma_0 = \sigma_2$, que foi o pior caso.)

Cálculo de Altura da Linha de Visada

- **Considerando a planta de SUAPE:**

Em posse do Fator K para 0.1% do tempo, calculou-se o fator de compensação H_u , por meio da expressão já aqui apresentada.

Em seguida, considerando o critério de desobstrução de 10%, apenas 10% do raio de fresnel será acrescentado à altura da linha de visada, que terá como expressão final:

$$h_{ev} = h_{obst} + H_u + 0.1.r_{f1}$$

Cálculo de Altura da Linha de Visada

- A seguinte Tabela de parâmetros foi, portanto, obtida:

SUAPE								
Estação	Raio de Fresnel (km)	σ_1	σ_2	σ_3	N0,1%	K0,1%	Hu (km)	Visada (km)
rtu1	0,00715	19,53	26,76	24,36	20,275	0,885	0,4423	0,5090
rtu2	0,00542	19,53	26,76	25,30	23,179	0,871	0,227	0,275
rtu3	0,00651	19,53	26,76	24,729	21,413	0,879	0,561	0,607
rtu4	0,01048	19,53	26,76	22,27	13,837	0,919	1,936	1,971
rtu5	0,0069	19,53	26,76	24,513	20,748	0,883	0,735	0,784
rtu6	0,00413	19,53	26,76	25,885	24,987	0,862	0,0304	0,798

Cálculo de Perdas de Espaço Livre

A equação usada para a perda de caminho livre foi:

$$\text{FSPL(dB)} = 92,44 + 20 \log(d \cdot f)$$

Onde d é a distância em km entre as duas antenas, f é frequência em GHz são os ganhos das antenas transmissora e receptora, respectivamente.

Cálculo de Perdas de Espaço Livre

Estação	FSPL (dB)
rt1	101,5380
rt2	96,7296
rt3	99,8955
rt4	108,1532
rt5	100,8847
rt6	91,9956

Script em Python para os Cálculos

- Todos os cálculos utilizados para o projeto foram feitos em um script em Python que está disponível no link das referências para o repositório no Github.
- Os cálculos estão no formato Jupyter Notebook para facilitar organização

Referências

1. Repositório com os cálculos em Python:
2. [https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutoriawimaxpa2/pagina_2.asp#:~:text=O%20raio%20da%20zona%20de,1204.57%20metros%20\(1.2%20km\)](https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutoriawimaxpa2/pagina_2.asp#:~:text=O%20raio%20da%20zona%20de,1204.57%20metros%20(1.2%20km))
3. Google Earth Pro: <https://www.youtube.com/watch?v=tYSZlz5pCy0>
4. LinkPlanner: <https://www.youtube.com/watch?v=0liBYg1UsOM&t=17s>
5. Planejamento de Radioenlaces - Curso de Treinamento
6. Propagação, Antenas e Projeto de Radioenlace - Editora Universitária, Marcos Tavares de Melo e Antônio Jerônimo Belfort de Oliveira, 2007.

Obrigado(a)!