# 6
# Campanha de medições

A escolha dos sítios onde foram realizadas as medições é de grande importância para uma boa caracterização da perda de sinal devido à presença vegetal. Para tanto foram selecionados locais em ambientes distintos com o intuito de fornecer uma gama maior de tipos e morfologias vegetais analisados.

O estudo concentra-se na análise em indivíduos vegetais isolados, matas fechadas, linhas de árvores e bosques urbanos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

## 6.1
## Sítios em Belém-PA

Foram escolhidos dois sítios de medição em Belém:

1) Propriedade rural na vila de Americano, em Santa Izabel, na área metropolitana, mostrada na figura 6.1;

Este sítio foi escolhido por ter grande parte do seu terreno coberto por vegetação arbórea, com a maioria sendo de mata nativa preservada. Para garantir uma boa cobertura de sinal e maior distância medida, a antena de transmissão foi posicionada em 1°18'22.9"S e 48°4'23.6" O, latitude e longitude, respectivamente, com altitude de 38 metros e com a linha central do lóbulo de irradiação principal no azimute de 158 graus em relação ao norte geográfico, como mostra a figura 6.2.

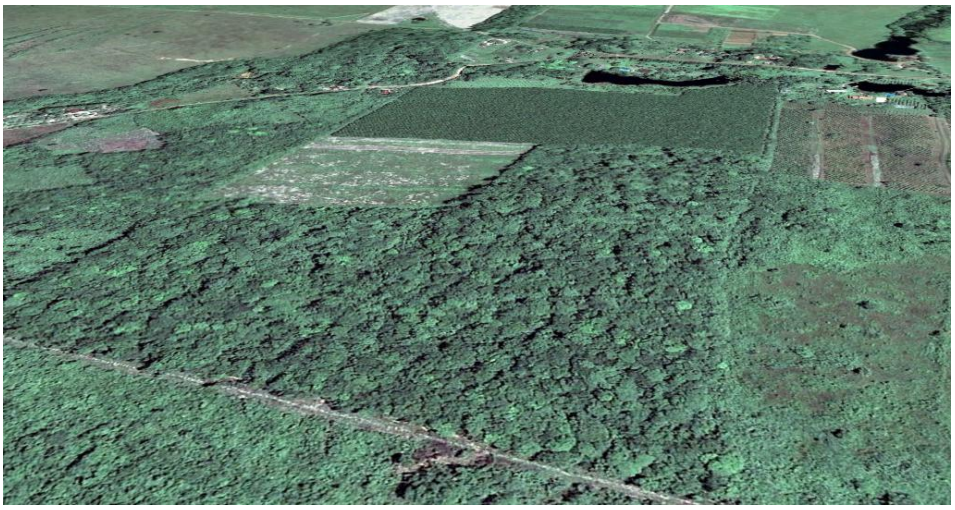

Figura 6.1- Propriedade rural, na vila de Americano-PA (fonte: Google Earth).

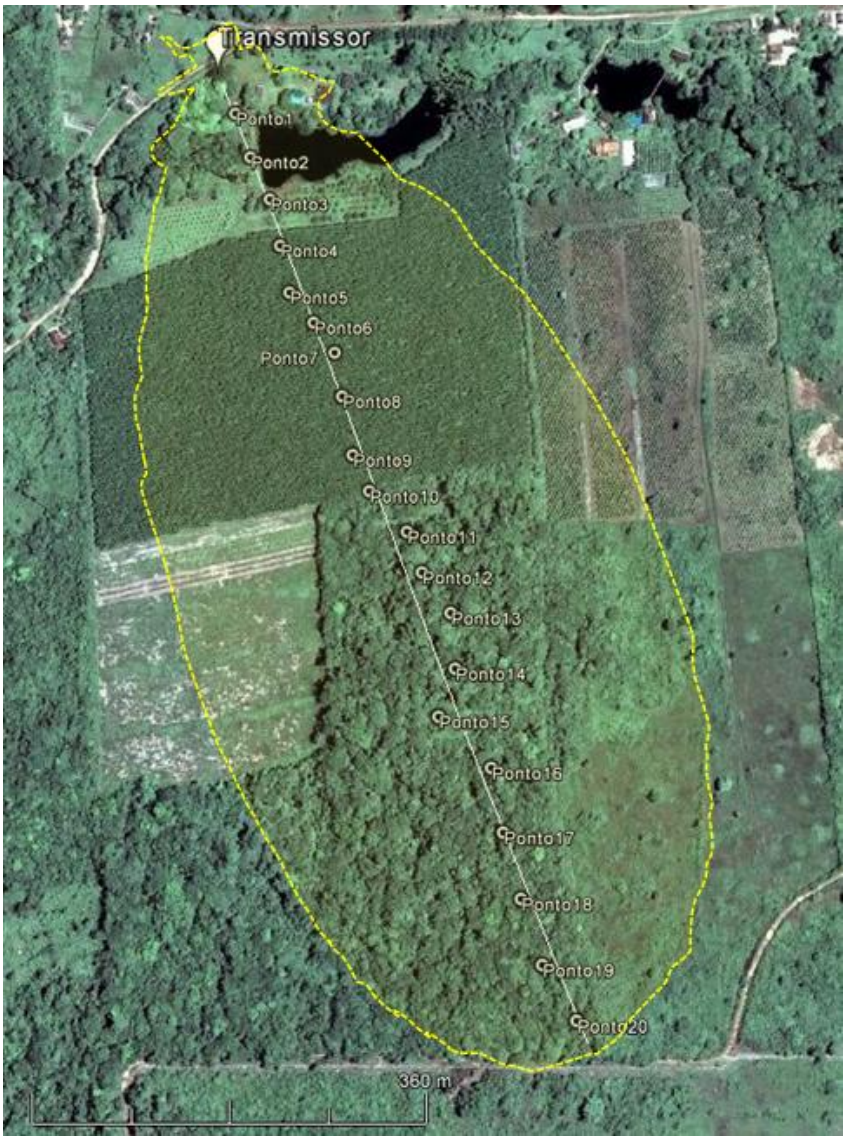


Figura 6.2 - Pontos de coleta de dados e orientação de irradiação, em floresta.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

O terreno é bastante plano e os pontos de medição foram escolhidos equidistantes (aproximadamente a cada 50 metros) e de acordo com a disponibilidade de acesso, sendo bastante dificultosa e demorada a movimentação dentro de áreas com vegetação densa. Foi necessária a abertura de "picadas" na parte mais fechada da mata, onde foi possível entrar com os equipamentos de medição.

Nesta etapa, o uso do GPS foi fundamental, pois não existem referências visuais dentro da floresta. Os pontos foram escolhidos na direção de maior diretividade da antena de transmissão, ainda que pequenos desvios fossem tomados, por questão da impossibilidade prática de colocação do tripé da antena de recepção e do erro de posição inerente ao sistema de GPS.

Os pontos de medição podem ser vistos na tabela 6.1 e visualmente na figura 6.2.

| Pontos | Localização (lat/lon) | Altitude (m) | Dist. Ao transm. (m) |
|---|---|---|---|
| 01 | 1°18'24.2"S / 48° 4'23.0"O | 39 | 61,4 |
| 02 | 1°18'25.6"S / 48° 4'22.5"O | 42 | 97,2 |
| 03 | 1°18'26.9"S / 48° 4'21.9"O | 43 | 137,5 |
| 04 | 1°18'28.4"S / 48° 4'21.5"O | 44 | 194,4 |
| 05 | 1°18'29.9"S / 48° 4'21.1"O | 43 | 223,7 |
| 06 | 1°18'30.9"S / 48° 4'20.3"O | 42 | 288,6 |
| 07 | 1°18'31.9"S / 48° 4'19.6"O | 44 | 302,8 |
| 08 | 1°18'33.3"S / 48° 4'19.3"O | 44 | 359,8 |
| 09 | 1°18'35.1"S / 48° 4'18.9"O | 44 | 428,2 |
| 10 | 1°18'36.2"S / 48° 4'18.3"O | 42 | 457 |
| 11 | 1°18'37.5"S / 48° 4'17.1"O | 44 | 496,7 |
| 12 | 1°18'38.8"S / 48° 4'16.6"O | 42 | 534 |
| 13 | 1°18'40.1"S / 48° 4'15.7"O | 41 | 605,7 |
| 14 | 1°18'41.8"S / 48° 4'15.5"O | 41 | 633,8 |
| 15 | 1°18'43.2"S / 48° 4'16.0"O | 40 | 680,4 |
| 16 | 1°18'44.8"S / 48° 4'14.3"O | 40 | 730,8 |
| 17 | 1°18'46.7"S / 48° 4'14.0"O | 39 | 787,9 |
| 18 | 1°18'48.7"S / 48° 4'13.4"O | 41 | 853,3 |
| 19 | 1°18'50.7"S / 48° 4'12.7"O | 40 | 924,8 |
| 20 | 1°18'52.3"S / 48° 4'11.7"O | 40 | 993,3 |

Tabela 6.1 - Localização dos pontos de medição, altitude e distância ao transmissor.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

Pode-se afirmar que os desníveis de altitude entre pontos adjacentes devem-se ao erro de precisão do GPS, pois o terreno não possui desníveis como o encontrado entre os pontos 01 e 02, de 3 metros em uma distância de apenas 36 metros de percurso, sendo visualmente plano. Tal precisão é aceitável na medida em que confirma a classificação plana da área dentro dos critérios adotados.

No percurso de medição a partir do transmissor existem, aproximadamente, 100 metros de mata nativa alterada, sem os exemplares de menor porte, em seguida há um bosque, por cerca de 50 metros com árvores frutíferas, plantadas com espaçamento bastante próximo, sem linhas visíveis, com as espécies Mangostão (*Garcinia mangostana*), Rambutã (*Nephelium lappaceum)* e Ingá (*Inga edullis),* desenvolvidas, com altura média de 7,4 metros e troncos com diâmetro médio de 38,6 centímetros e altura do tronco até a copa de 3,2 metros. Após a área de bosque, existe uma área plantada com a espécie Açaí (*Euterpe oleracea*) em linhas e filas de 4 metros, formando grandes touceiras, esta área apresenta grande densidade de indivíduos, pois em cada touceira existem em média quatro árvores de troncos finos e compridos, com media de 23,5 centímetros de diâmetro e altura estimada de 20 metros, possuindo folhas apenas na parte superior em pequena quantidade. Ocupa 250 metros do percurso, a área pode ser vista na figura 6.3.

Figura 6.3 - Bosque em primeiro plano e açaizeiros ao fundo.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

Em seguida há floresta amazônica preservada, mostrada na fig. 6.4, até 1035 metros no percurso. É uma formação vegetal exuberante, com uma infinidade de espécies, de difícil determinação dada a quantidade e diversidade encontrada de espécies altas e baixas, ocupando espaços próximos formando uma densa e compacta barreira vegetal, onde se tem folhas e caules em todos os níveis de altura na mata. A descrição de tal ambiente foge ao objetivo deste trabalho, que se limita a reproduzir dados obtidos de publicações, onde se tem a altura média de 25 metros e densidade de indivíduos de mais de 4000 por hectare (apenas árvores com troco maior que 10 cm na altura de 1,3 metros) [34]. Dois fatores importantes que influenciam a propagação são o diâmetro médio dos troncos e altura até a copa, são de demorada e exaustiva determinação, e não são aqui descritos para este ambiente.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

Figura 6.4 - Floresta amazônica preservada.

Neste mesmo sítio foi medido o caso de árvores em linha, visto na fig. 6.5. A linha foi plantada à margem de uma estrada vicinal e os indivíduos são todos Pinheiros Bravo (*Pinus pinaster*), com alturas aproximadas de 20 metros, diâmetro médio de tronco de 48,5 centímetros e altura até a copa média de 3,8 metros.

Figura 6.5 - Linhas de árvores.

A antena de transmissão foi instalada na posição 1°18'22.0"S e 48° 4'22.6" O, latitude e longitude, respectivamente, com altitude em 39 metros e a direção de maior ganho posicionada no azimute 89 graus em relação ao norte geográfico, conforme figura 6.5. Os pontos escolhidos para a medição podem ser vistos na tabela 6.2, e, graficamente, na figura 6.6.

| Pontos | Localização (lat/lon) | Altitude (m) | Dist. Ao transm. (m) |
|---|---|---|---|
| 01 | 1°18'21.9"S / 48° 4'22.0"O | 38 | 30,7 |
| 02 | 1°18'21.9"S / 48° 4'21.6"O | 39 | 43,6 |
| 03 | 1°18'21.9"S / 48° 4'21.2"O | 36 | 51,6 |
| 04 | 1°18'21.8"S / 48° 4'20.8"O | 38 | 69 |
| 05 | 1°18'21.8"S / 48° 4'20.3"O | 37 | 81,2 |
| 06 | 1°18'21.8"S / 48° 4'19.9"O | 37 | 97,7 |
| 07 | 1°18'21.8"S / 48° 4'19.5"O | 36 | 109,1 |
| 08 | 1°18'21.7"S / 48° 4'19.1"O | 38 | 118 |
| 09 | 1°18'21.7"S / 48° 4'18.7"O | 36 | 127,4 |
| 10 | 1°18'21.7"S / 48° 4'18.2"O | 34 | 139,5 |
| 11 | 1°18'21.6"S / 48° 4'17.8"O | 35 | 157,6 |
| 12 | 1°18'21.6"S / 48° 4'17.4"O | 37 | 169,4 |
| 13 | 1°18'21.6"S / 48° 4'17.1"O | 35 | 177,2 |
| 14 | 1°18'21.6"S / 48° 4'16.7"O | 34 | 188 |
| 15 | 1°18'21.5"S / 48° 4'16.3"O | 32 | 198,3 |
| 16 | 1°18'21.5"S / 48° 4'16.0"O | 33 | 207,5 |
| 17 | 1°18'21.4"S / 48° 4'15.6"O | 33 | 218,6 |
| 18 | 1°18'21.4"S / 48° 4'15.2"O | 35 | 227,4 |
| 19 | 1°18'21.4"S / 48° 4'14.6"O | 32 | 249,2 |
| 20 | 1°18'21.4"S / 48° 4'14.2"O | 33 | 259 |

Tabela 6.2 - Pontos de medição, altitude e distância ao transmissor, na linha.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

Figura 6.6- Pontos medição dados e orientação de irradiação na linha de árvores.

Posteriormente, nesta propriedade rural, foram analisadas 2 espécies isoladas, primeiramente um Jambeiro (*Sygysium malaccense*) (fig. 6.7), com tronco de 33 centímetros de diâmetro, 10,5 metros de altura e distância do solo à copa de 2,5 metros. O segundo espécime foi o Taperebá (*Spondias mombin*), também conhecido como Cajá, com 25 metros aproximadamente de altura e tronco de 58 centímetros de diâmetro e altura até a copa de, aproximadamente, 18 metros.

Figura 6.7 - Jambeiro.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

Os espécimes isolados foram medidos em curtos trajetos, livres de obstáculos, construções e outras árvores, com a antena de transmissão posicionada a 40 metros do tronco e orientada de forma que a linha de máxima diretividade intercepte o indivíduo. Os pontos de medida foram tomados na linha de propagação a partir do transmissor: a 38 metros, 41 metros (1 metro do tronco), 50 metros, 60 metros, 70 metros e 80 metros, de forma a captar o sinal antes da árvore, na proximidade e após. Em indivíduos isolados não foi usado o GPS, pois seu erro introduziria grandes diferenças em espaçamento muito próximo, e para a localização dos pontos, foi usada uma trena.

Todas as medições de diâmetro de tronco em todos os locais foram tomadas a 1,3 metros do solo.

Durante as medições neste sítio, o solo estava encharcado e os vegetais molhados pela chuva, que nesta época cai praticamente todo dia nesta região. As medições foram feitas em terrenos planos, conforme os perfis do terreno traçados a partir das altitudes medidas pelo GPS nos pontos de análise (figs. 6.8, 6.9).

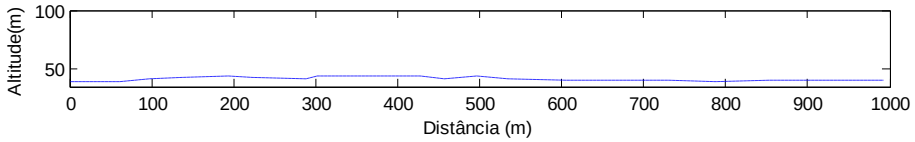


Figura 6.8- Perfil do terreno na medição da mata.

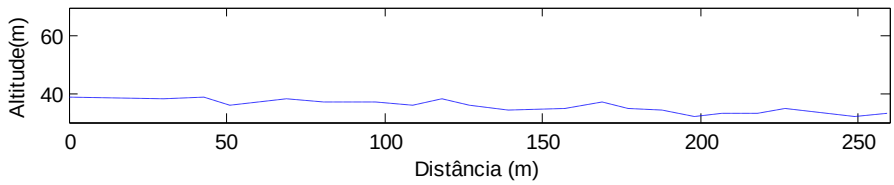


Figura 6.9- Perfil do terreno na medição da linha.

2) Jardim Botânico Rodrigues Alves, Belém-PA, mostrado nas figs. 6.10 e 6.11.

Neste sítio foi analisado o caso de bosque urbano com grande densidade vegetal. O jardim botânico tem formação vegetal que lembra a da floresta amazônica em relação às espécies e dimensões, embora com menor densidade. O processo de medição foi bastante facilitado pela existência de trilhas e caminhos em meio à vegetação. O espaço possui poucas construções internas e ocupa um quarteirão inteiro em um bairro bastante urbanizado.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

Figura 6.10 - Jardim botânico de Belém.

Figura 6.11 - Jardim botânico de Belém, vista do solo.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

A antena de transmissão foi montada na posição 1°25'43.4"S de latitude e 48°27'16.5" O de longitude, em um espaço cedido pela Universidade do Estado do Pará (UEPA), com altitude de 19 metros e poucas construções e perfeita visada para o jardim botânico. A direção de irradiação máxima foi posicionada no azimute de 238 graus em relação ao norte geográfico, de forma a maximizar a distância de medição. O arranjo pode ser visto na figura 6.12.

Figura 6.12- Pontos de coleta e direção de irradiação.

Os pontos escolhidos para a coleta de dados seguiram o mesmo método apresentado no sítio anterior, podendo ser vistos na tabela 6.3 e, graficamente, na figura 6.12.

Durante a coleta de dados tanto o solo quanto os vegetais estavam molhados pela chuva. O terreno é plano, de acordo com o perfil tomado pelas altitudes dos pontos captadas pelo GPS, figura 6.13.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

| Pontos | Localização (lat/lon) | Altitude (m) | Dist. Ao transm. (m) |
|---|---|---|---|
| 01 | 1°25'44.1"S / 48°27'17.7"O | 18 | 43,6 |
| 02 | 1°25'44.7"S / 48°27'18.5"O | 22 | 69 |
| 03 | 1°25'45.5"S / 48°27'19.2"O | 20 | 111,2 |
| 04 | 1°25'46.1"S / 48°27'19.9"O | 19 | 130,7 |
| 05 | 1°25'46.7"S / 48°27'20.6"O | 18 | 154,2 |
| 06 | 1°25'47.0"S / 48°27'21.5"O | 21 | 197,4 |
| 07 | 1°25'47.5"S / 48°27'22.3"O | 23 | 222,5 |
| 08 | 1°25'47.9"S / 48°27'23.2"O | 24 | 248,8 |
| 09 | 1°25'48.6"S / 48°27'23.9"O | 22 | 265,3 |
| 10 | 1°25'48.6"S / 48°27'25.0"O | 22 | 317,8 |
| 11 | 1°25'49.2"S / 48°27'25.5"O | 21 | 333,7 |
| 12 | 1°25'49.9"S / 48°27'26.1"O | 20 | 359,9 |
| 13 | 1°25'50.6"S / 48°27'26.6"O | 22 | 376,5 |
| 14 | 1°25'50.0"S / 48°27'27.9"O | 19 | 402,3 |
| 15 | 1°25'50.6"S / 48°27'28.4"O | 21 | 428,8 |
| 16 | 1°25'51.2"S / 48°27'28.9"O | 21 | 445 |
| 17 | 1°25'51.9"S / 48°27'29.4"O | 19 | 471 |
| 18 | 1°25'52.4"S / 48°27'29.9"O | 20 | 487,8 |
| 19 | 1°25'52.3"S / 48°27'31.1"O | 22 | 539,8 |
| 20 | 1°25'52.9"S / 48°27'31.5"O | 21 | 589 |

Tabela 6.3 - Pontos de medição, altitude e dist. ao transmissor, Jardim Botânico.

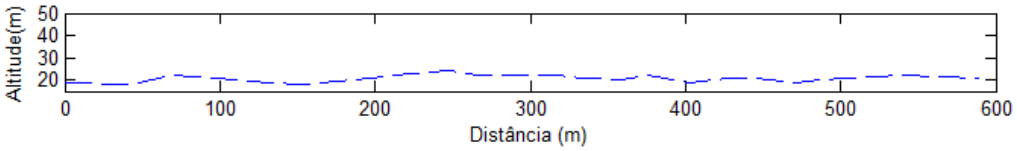


Figura 6.13- Perfil do terreno na medição do jardim botânico em Belém.

## 6.2
## Sítio em Rio de Janeiro- RJ

Foi escolhido um sítio de medição em Rio de Janeiro nas instalações do Inmetro, em Xerém, Duque de Caxias, na área metropolitana, visto nas figuras 6.14 e 6.15.

Este lugar foi escolhido pela facilidade logística da medição e principalmente por conter uma clássica linha de árvores plantadas em calçada, contudo com construções laterais bastante espaçadas da linha.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

Figura 6.14 - Sede do Inmetro - Rio em Xerém.

Figura 6.15 - Vista da linha de árvores a partir do solo.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

Para garantir uma boa cobertura de sinal e maior distância medida, a antena de transmissão foi posicionada em 22°35'44.3"S e 43°17'21.0" O, latitude e longitude, respectivamente. Com altitude de 142 metros e com a linha central do lóbulo de irradiação principal no azimute de 27 graus em relação ao norte geográfico, como indicada na figura 6.16.

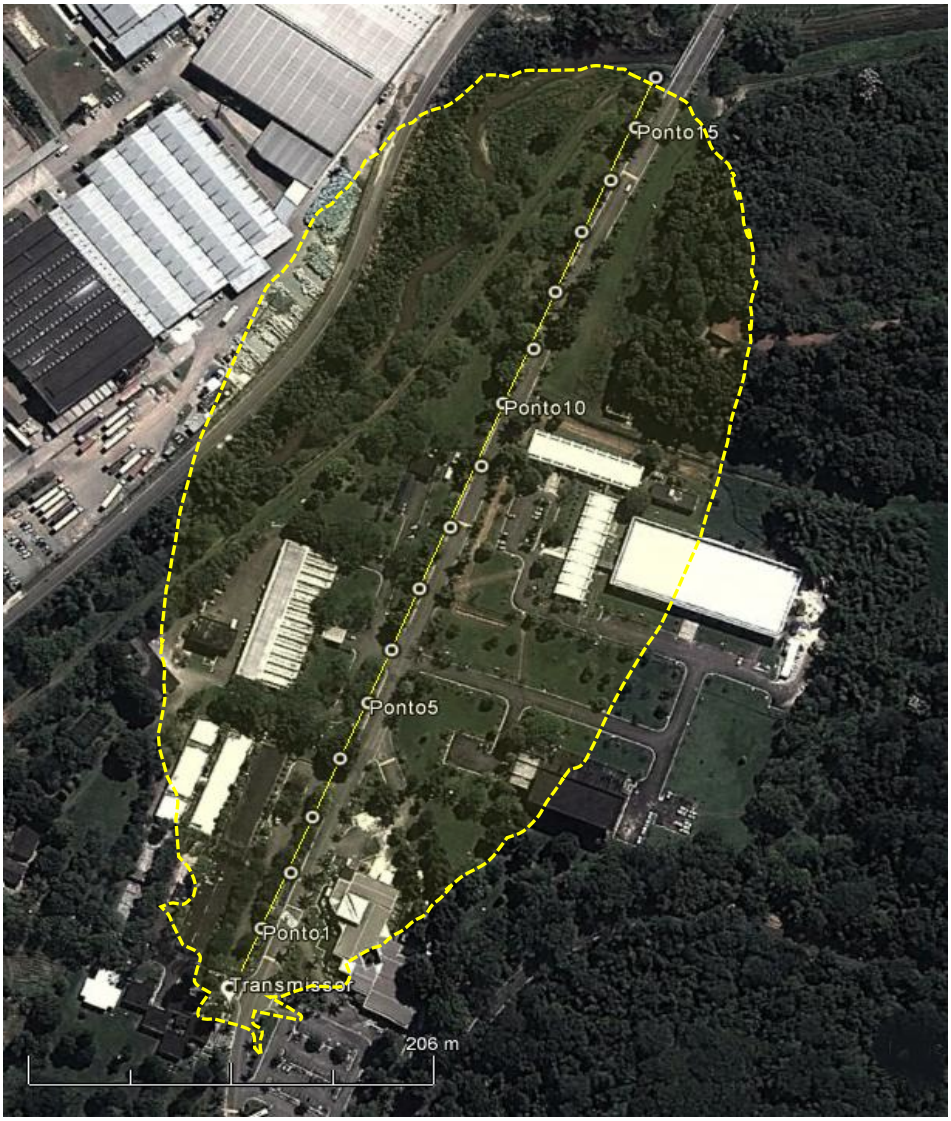


Figura 6.16 - Pontos de coleta e direção de irradiação.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

O trajeto de medição mede, aproximadamente, 530 metros, com algumas Palmeiras Reais (*Archontophoenix alexandrae*) jovens nos primeiros 50 metros e o restante do percurso possui a espécie Abricó-de-macaco (*Couroupita guianensis),* com árvores antigas e desenvolvidas plantadas a intervalos regulares de aproximadamente 6 metros. Devido a predominância desta espécie na linha, os dados tomados para a caracterização dos vegetais será tomado nos 50 metros a partir do início desta. Assim a altura aproximada das árvores é de 12 metros, diâmetro médio do tronco de 58 centímetros e altura até a copa de 3,4 metros.

Os pontos escolhidos para a coleta de dados seguiram um método similar ao apresentado no sítio anterior com linhas de árvores, e podem ser vistos na tabela 6.4 e, graficamente, na figura 6.16.

Durante a coleta de dados tanto o solo quanto os vegetais estavam secos. O terreno é plano, de acordo com o perfil tomado pelas altitudes dos pontos captadas pelo GPS, figura 6.17.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221978/CA

| Pontos | Localização (lat/lon) | Altitude (m) | Dist. Ao transm. (m) |
|---|---|---|---|
| 01 | 22°35'42.9"S / 43°17'20.4"O | 143 | 46,4 |
| 02 | 22°35'41.9"S / 43°17'19.9"O | 139 | 80,2 |
| 03 | 22°35'41.0"S / 43°17'19.6"O | 140 | 110,2 |
| 04 | 22°35'39.9"S / 43°17'19.1"O | 141 | 145,8 |
| 05 | 22°35'39.0"S / 43°17'18.6"O | 141 | 176,8 |
| 06 | 22°35'38.1"S / 43°17'18.2"O | 139 | 206,9 |
| 07 | 22°35'37.0"S / 43°17'17.7"O | 142 | 243,5 |
| 08 | 22°35'36.0"S / 43°17'17.2"O | 144 | 277,4 |
| 09 | 22°35'34.9"S / 43°17'16.7"O | 143 | 314,1 |
| 10 | 22°35'33.8"S / 43°17'16.3"O | 143 | 349,7 |
| 11 | 22°35'32.9"S / 43°17'15.7"O | 140 | 381,9 |
| 12 | 22°35'31.9"S / 43°17'15.4"O | 142 | 413,6 |
| 13 | 22°35'30.9"S / 43°17'14.9"O | 142 | 447,5 |
| 14 | 22°35'30.0"S / 43°17'14.4"O | 139 | 478,6 |
| 15 | 22°35'29.1"S / 43°17'14.0"O | 138 | 508,5 |
| 16 | 22°35'28.3"S / 43°17'13.7"O | 138 | 534,5 |

Tabela 6.4 - Pontos de medição, altitude e dist. ao transmissor, Inmetro.

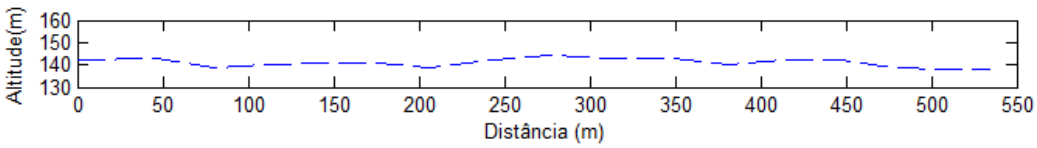


Figura 6.17- Perfil do terreno na medição no Inmetro.