

## **4 Medidas na rede Wi-fi instalada na PUC-Rio**

### **4.1. Caracterização do ambiente e metodologia de testes**

Numa análise detalhada do ambiente, podemos ter a noção exata de sua forma de implementação: Interna, externa ou ambas.

Os Projetos de redes WLAN existentes são relativamente recentes e como dependem exclusivamente da geografia de cada locais , não existem modelos bem caracterizados tanto em propagação interna (indoor) , quanto na propagação externa (outdoor). Para executar um teste preciso de propagação necessitamos de fazer um mapeamento do local e executar medidas em toda a sua extensão, procedimento que normalmente é conhecido como Site Survey, onde conseguiríamos saber com enorme precisão qual seria a abrangência na rede e também a quantidade mínima de equipamentos necessários (transmissores), normalmente chamados de A.P. (Access Point, ou pontos de presença), a fim de que tivéssemos a melhor forma de cobertura possível.

Neste teste posicionamos os transmissores e verificamos a melhor propagação do sinal em toda a área pretendida, efetuando sua medição por um software (WScanner) , que será descrito posteriormente , que analise o nível de potência recebida em todos os pontos testados.

Utilizando um equipamento portátil (Notebook) , através do software , executei 100 medidas em cada ponto determinado após um intervalo de tempo. Marquei os pontos na planilha e depois tirei uma média e um desvio padrão para precisar com maior exatidão o erro característico entre elas.

Então preparei os gráfico de cada local com suas características.

Se tivéssemos algum problema em algum local , onde o nível de sinal fosse muito baixo que não estivesse com intensidade suficiente para sua recepção ou existisse algum tipo de grande obstrução no seu trajeto que causasse atenuação do mesmo , seria necessário acrescentar um outro AP , que pudesse solucionar o problema de cobertura naquele ponto.

Conforme foi comentado tive alguns problemas na comparação deste teste, pois apesar de existirem muitos modelos para propagação, todos são empíricos e sua aplicação depende sempre das características do local onde ele esta sendo analisado para a necessária para implementação da rede.

Para os ambientes internos foi analisado o modelo chamado **Bartolomé & Vallejo** que considera principalmente as perdas de propagação pela penetração dos sinais em paredes , tetos e pisos.

As perdas de penetração em paredes e pisos foram extraídas de diversas medições que considera os efeitos de reflexão e refração nas superfícies. Normalmente relacionamos as perdas classificando os obstáculos em relação ao espaço livre (0 dB) ; janelas com tinta não metálica e metálica (3 a 8 dB); paredes : finas (5 a 8 dB), médias (10 dB), espessas – 15 cm (15 a 20 dB) e muito espessas – 30 cm (20 a 25 dB); pisos e tetos (15 a 25 dB).

Para os ambientes externos foi analisado o modelo de **Walfish-Ikegami (COST 231)** que considera de forma mais aproximada do meu estudo , as medições através da propagação no espaço livre. Este modelo estatístico é aplicável tanto sistemas de grande cobertura , quanto em pequenas células, em terrenos planos e urbanos. Como neste sistema analisamos a propagação em visada direta , não foi preciso considerar grandes atenuações de edifícios e largura de ruas. No caso relacionado a perda será mostrada e calculada através da equação :  $L_p = 42.6 + 26 \log d + 20 \log f$  (dB).

Os locais escolhidos para os referidos testes foram aqueles em que pudéssemos observar uma quantidade de pessoas fazendo uso da rede e sua distância geográfica em relação à fonte propagadora do sinal de transmissão.

Os principais pontos para colocação dos transmissores (Pontos de acesso – A.P.) que na terminologia desta tecnologia podem se denominar “hot spots”, forem os seguintes:

**a) Ambientes Internos**

- Ponto 1 => Prédio Kennedy no 7º andar, onde fica o CETUC.
- Ponto 2 => Prédio Frings no 3º andar, onde fica a Biblioteca central.

**b) Ambientes externos**

- Ponto 3 - Hall dos edifícios do complexo da Amizade (Kennedy e Frings).
- Ponto 4 – Hall do Prédio Cardeal Leme (em toda sua extensão)
- Ponto 5 – Hall do RDC (Rio Data Centro) e arredores (incluindo a cobertura nos edifícios Padre Leonel Franca - Letras e Laboratórios de informática e semicondutores).

**4.2.****Descrição dos equipamentos utilizados nas redes WLAN**

O projeto foi inicialmente planejado para prover cobertura das redes sem fio em locais com fluxo grande de pessoas e onde os alunos da universidade pudessem fazer suas consultas e seus acessos, independentemente do local físico onde estivessem cotidianamente situados. Todo projeto depende de vários fatores onde buscamos sempre a melhor situação para que os estudantes não encontrassem obstáculos nas suas atividades diárias e principalmente facilitasse o fluxo de informação entre as diversas secretarias e departamentos.

O uso cada vez mais intenso de dispositivos portáteis (notebook, Laptop , Palmtop, celulares com telas especiais) , tornou muito mais fácil o acesso às informações de abrangência acadêmica e também pesquisas diversas e trocas de arquivos e projetos entre os estudantes e os departamentos.

#### 4.2.1.

#### Equipamentos envolvidos nos testes de propagação

##### **a) A.P. (Access Points – Pontos de acesso)**

Foram utilizados modelos do fabricante **Cisco** , do modelo AIR-AP350 – Séries , com antenas de dois dipolos externos com diagrama Omnidirecional (H) e com abertura de 70° (V).

Estes equipamentos estão operando na faixa de 2.4 GHz , utilizando a técnica de transmissão DSSS (Direct Sequency Spread Spectrum) , tendo um processamento máximo de 11 Mbps , mas tendo ocasiões em que as taxas podem diminuir quando o compartilhamento de usuários fica muito grande e também a distância aumentar de forma a ocorrer uma atenuação maior do sinal (fall-back).

A potência pode ser regulada por software, dependendo da aplicação em taxas que começam em 1mW, 5 mW, 20 mW, 30 mW, 50 mW até o máximo de 100 mW.

##### **b) Client Adapter (Cartão adaptador)**

O usuário para conseguir a recepção do sinal, necessita ter um cartão adaptador para notebook (PCMCIA) ou um cartão para inserir em computadores pessoais de mesa – desktop (PCI).

Estes são do fabricante **Cisco**, do modelo AIR-PCM350 – Séries, com antenas de dois dipolos integrados internos com diagrama omnidirecional (H) e variável (V).

Os equipamentos estão trabalhando com técnica DSSS na faixa de 2.4 Ghz , tendo o mesmo processamento máximo de 11 Mbps (Throughput) e com potências similares aos dos transmissores, podendo ser regulada também por software.

Normalmente começamos após os testes usar uma sensibilidade de -45 dBm no receptor , mas devido à variação de potência (fall-back) , temos que analisar diversos limiares em algumas taxas de transmissão como : -85 dBm (11Mbps) , -89 dBm (5.5 Mbps), -91 dBm (2 Mbps), -94 dBm (1 Mbps).

##### **c) Software de medição**

No início do projeto , utilizei um software próprio da fabricante Cisco , chamado Cisco Aironet Client Utility , que acompanhava o equipamento , mas devido suas limitações , em relação a uma variação muito grande dos sinais recebidos no equipamento receptor, tentei uma evolução (upgrade) para outro software chamado Wscanner que considerava com melhor abrangência nos aspectos relacionados aos diversos locais e ambientes selecionados. Neste software consegui ter uma variação muito menor e uma maior quantidade de medidas , tornando o resultado final , muito mais preciso.

#### **d) Equipamento portátil – Notebook Toshiba Satellite**

### **4.3. Medidas nos ambientes internos (indoor)**

#### **4.3.1. Ponto 1 – CETUC – Prédio Kennedy – 7º andar**

O local escolhido para efetivação dos testes foi determinado devido ao grande interesse e pesquisa para implementação de uma rede local fio a comunidade (professores, alunos e funcionários) do CETUC e dependendo deste teste piloto, poder ser implementado em todo o campus da universidade.

Foram realizadas diversas medidas em dias diferentes, sempre procurando horários de menor fluxo de pessoas, a fim de verificar de forma mais real possível, qual a verdadeira cobertura e que equipamentos seriam necessários para um acesso abrangente a toda a comunidade neste local.

Selecionei vários locais para melhor distribuição da propagação do sinal, onde foram colocados os transmissores (AP – Ponto de acesso) e utilizou-se um equipamento portátil (Laptop) com uma placa de rede Wireless (PCMCIA).

Os testes foram realizados com os APs localizados em alguns pontos do CETUC e com um notebook com o adaptador para receber os dados de recepção do sinal para análise do modelo de propagação indicado. No ambiente existente há várias salas com distâncias de 4.5m entre si e 2 corredores principais e 2 secundários. Pelos

modelos analisados , consideramos a necessidade de colocar 3 AP , para evitar a atenuação devido às paredes, tetos e pisos , conforme descrição a seguir :

**a)Utilizado o Modelo de Bartolome & Vallejo com valor cte(a) = 38 dB**

Operando na faixa de 2.4 GHz em análise empírica

c=0

d = 3 a 100 m

Cálculo da Perda (dB)

$$L \text{ (dB)} = a + b \log f + c \log d_0 + e \log d + L_p + L_a$$

a = Cte de análise empírica

b = valor variável com a frequência

c = fator variável com distância padrão  $d_0$

e = atenuação com distância d

d = distância d (m)

$L_p$  = Atenuação devido a paredes (dB)

$L_a$  = Atenuação devido a andares (dB)

f = frequência da portadora

O teste foi iniciado com o equipamento , fazendo-se verificação do nível de sinal em presença de ruído por toda a extensão do andar, passando por todas as salas onde pudesse ter um ponto de presença para implementação.

Fizemos uma análise na entrada e também dentro de todas as salas do CETUC a fim de verificar se havia algum local onde poderia por algum motivo existir algum

bloqueio além dos normais (Teto/parede/piso) que pudesse causar interferência e mascarasse de forma intensa toda nossa análise.

Após toda a realização das referidas medidas, foi verificado que os obstáculos naturais não causavam grande problema na propagação do sinal, somente sendo um empecilho, quando os mesmo estavam aliados à distância, reduzindo bastante o nível de sinal.

Após esta análise e distribuição melhor dos transmissores, conseguiu-se uma cobertura em todas as salas utilizadas para os testes, nível de sinal suficiente para que não tivéssemos perda dos dados e principalmente que o equipamento de teste não ficasse desassociado (sem sinal) para acesso.

Considerando-se a cobertura prevista pelos 2 AP , o primeiro em cima da sala nº 5 e os segundo , em cima da sala 20 , conseguiu-se uma cobertura abrangente em toda a extensão das salas do CETUC , pela convergência dos dois transmissores, reduzindo a valores insignificantes , a atenuação recebida no receptor.

Conforme os valores analisados em seguir , comparando-se com o modelo de Bartolome & Vallejo , verificamos que este modelo pode ser utilizado no estudo de propagação em ambientes interiores , sem grandes perdas, utilizando neste modelo , apesar o caso de paredes simples.

**b)Análise do AP 1**

Salas do Corredor Principal e parte contrária (secretaria , laboratórios de microondas e oficinas).

Modelo considerando obstrução  $L_p = L_iK_i + L_jK_j$

Paredes simples ( $K_i = 1$ )  $L_p = 3.7K_i + 9.7 K_j$

As Medidas foram realizadas dentro das salas no período do corredor principal e foi utilizada dentro do método citado, a configuração em que a obstrução ocorrida era devido ao modelo que considera a análise de paredes simples conforme equação descrita abaixo no cálculo da perda neste ambiente

- Corredor Principal (salas 5,9,11,13,15,17,21) – CETUC 1

Média medidas	-44,58	-46,00	-55,29	-70,27	-69,77	-79,17	-63,30	-81,31
Desvio Padrão	2,73	3,48	2,12	0,19	4,15	0,95	0,71	3,06
Valor Teórico	-47,72	-53,74	-57,26	-59,76	-61,70	-63,28	-65,63	-68,28
Distância	2	4	6	8	10	12	14	16
Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8

Tabela 5 – Medidas CETUC 1

**Gráfico medidas CETUC 1**

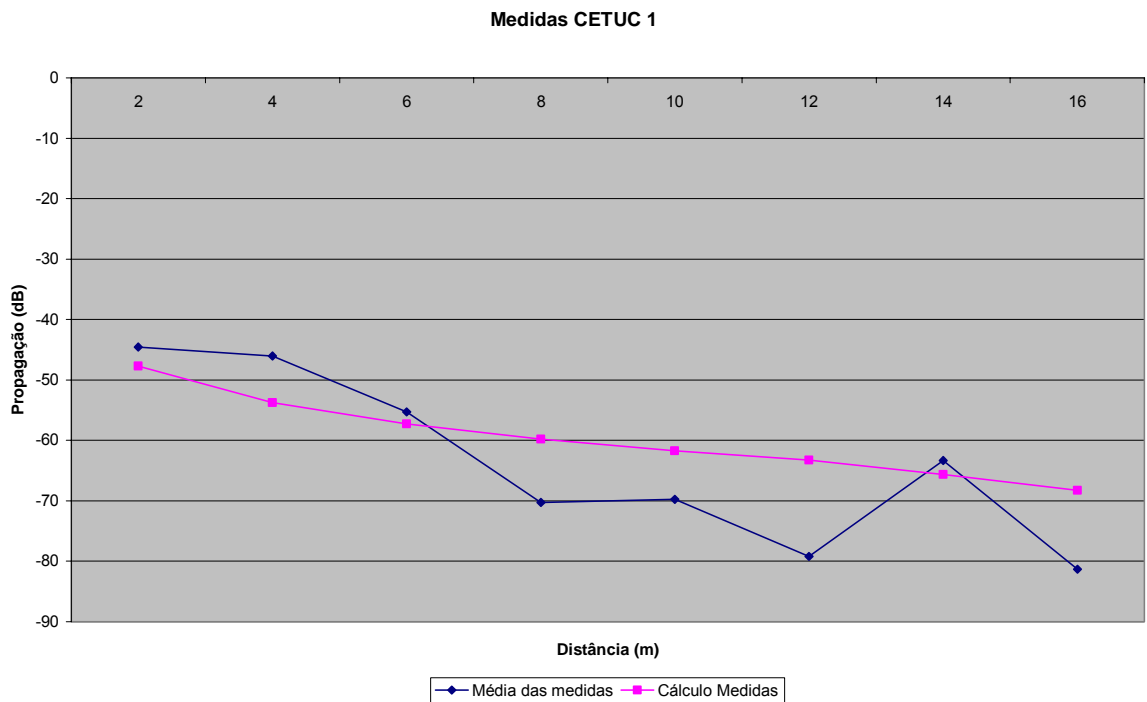


Figura 26 – Medidas CETUC 1



Gráfico Desvio Padrão – CETUC 1

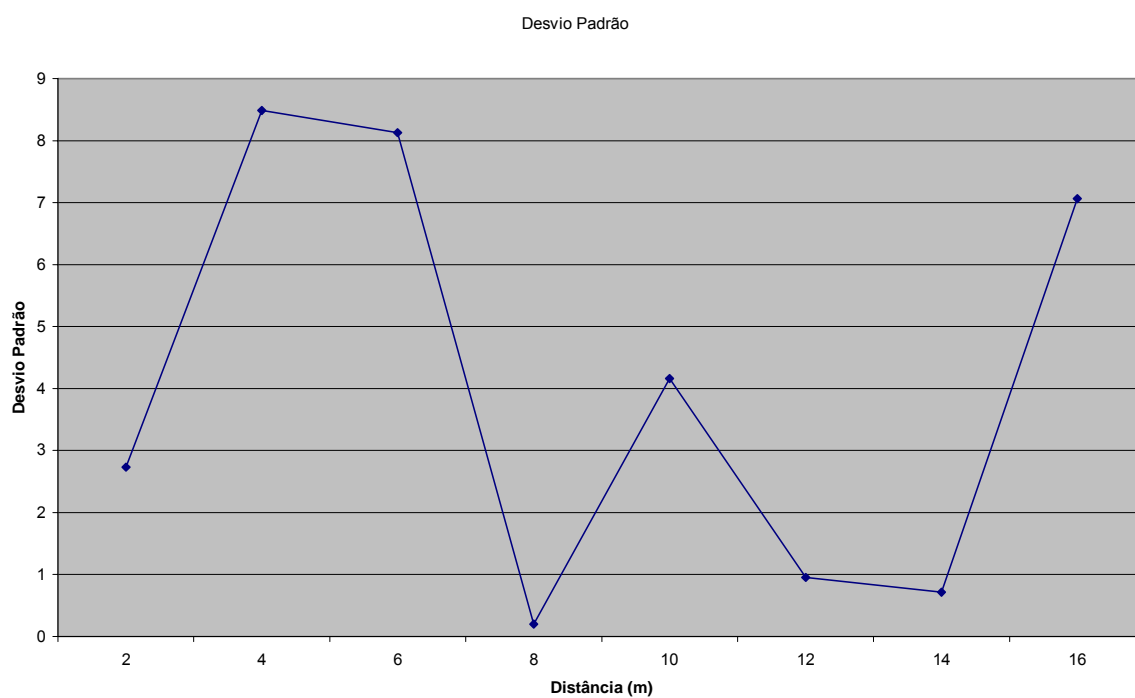


Figura 27 desvio padrão CETUC 1

Hall de Entrada e Arredores (Secretarias, Oficina, Xerox e Lab. Microondas) –  
CETUC 2

Média das Medidas	-50,82	-52,50	-64,71	-61,23	-65,60
Desvio Padrão	2,048081	0,353535	1,460505	0,906162	1,212121
Valor Teórico	-57,26	-59,76	-63,28	-65,63	-68,28
Distância (m)	6	8	12	14	16
Pontos	1	2	3	4	5

Tabela 6 – Medidas CETUC 2

Gráfico Média Medidas CETUC 2

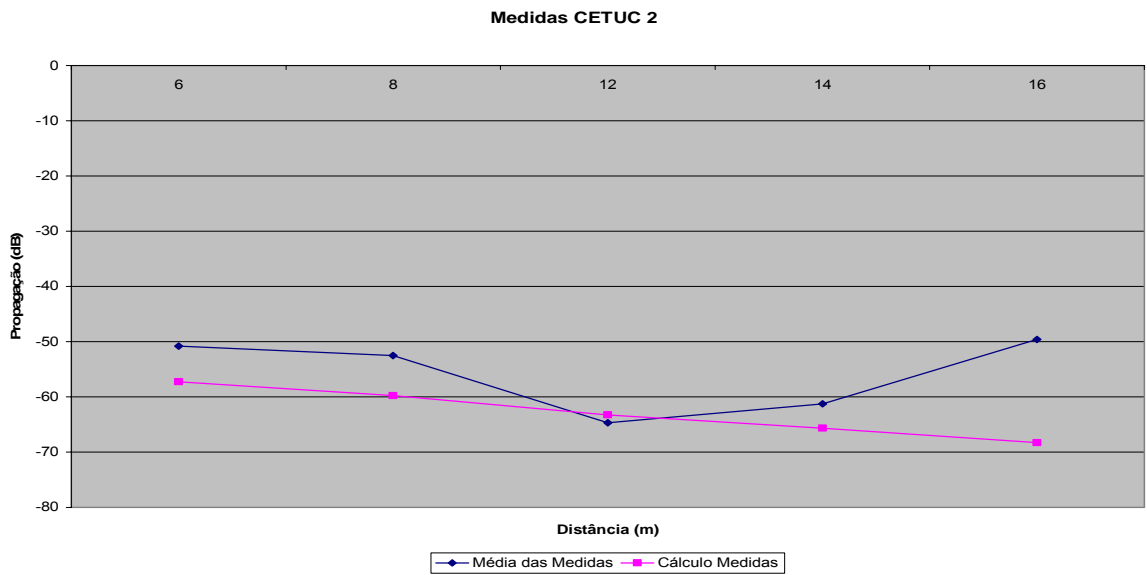


Figura 28 – Medidas CETUC 2

## Gráfico Desvio Padrão – CETUC 2

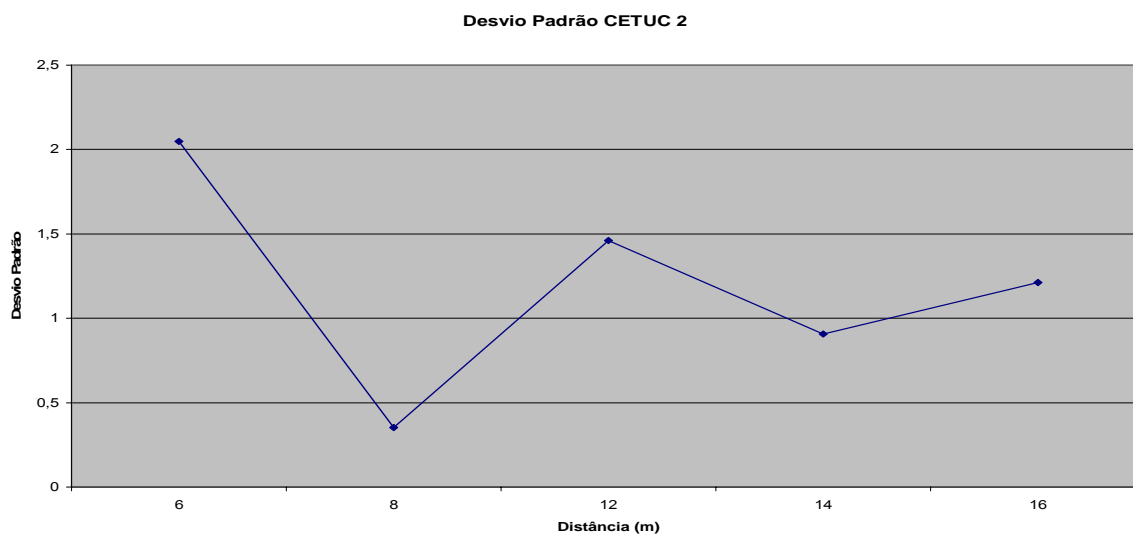


Figura 29 desvio padrão CETUC 2

**c) Análise do AP2**

Neste ponto fizemos as medidas baseadas no corredor secundário (onde estava localizado o segundo AP). Elas se distribuíam desde a sala próxima a entrada do banheiro, até as salas de aula e sala de estudo dos alunos.

Modelo de paredes finas ( $L_p = L_i K_i + L_j K_j$ )  $\Rightarrow L_p = 3.7K_i + 9.7 K_j$

- Corredor Secundário (salas de professores, Laboratórios de ótica)

local do AP – Sala 20 – CETUC 3

Média	-39,57	-40,98	-42,23	-41,66	-54,13	-52,12	-62,32
Medidas							
Desvio padrão	2,83	0,38	0,52	0,26	2,19	2,06	0,72
Valor Teórico	-43,25	-47,72	-53,74	-57,26	-59,76	-61,7	-63,28
Distân(m)	0	2	4	6	8	10	12
Pontos	1	2	3	4	5	6	7

Tabela 7 – Medidas CETUC 3

Gráfico Média Medidas CETUC 3

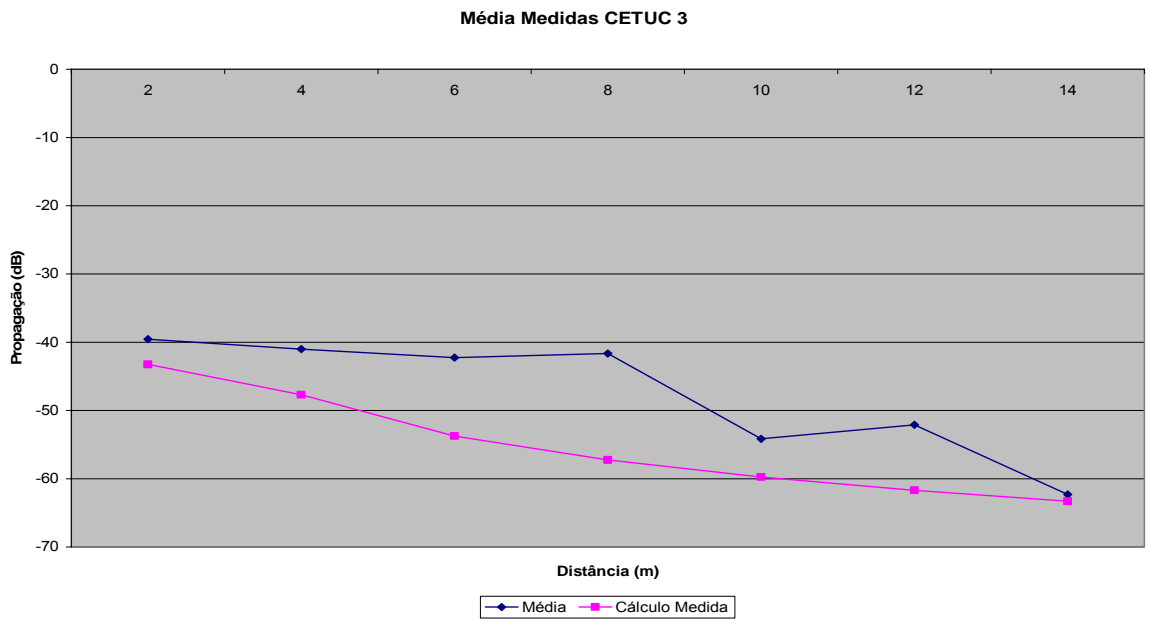


Figura 30 – Medidas CETUC 3

Gráfico Desvio Padrão – CETUC 3

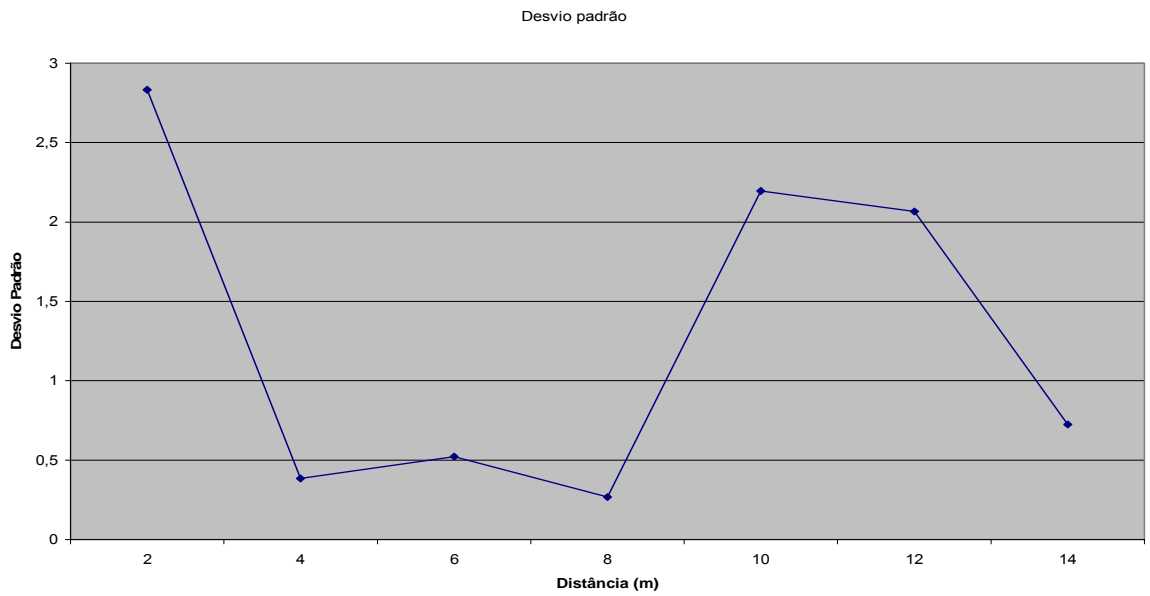


Figura 31 – desvio padrão CETUC 3

### **Conclusão das Medidas CETUC**

Apesar das variações , consegui-se com a instalação dos 2 AP , fazer uma distribuição da cobertura de forma uniforme e abrangente, a fim de que todas as salas pudessem ser alcançadas.

Na análise dos valores encontrados, achei algumas variações devido à reflexão do sinal, por se tratar de um ambiente interno e por causa disso alguns valores se apresentaram acima do esperado , mas na média a cobertura teve níveis de intensidade parelhos com o modelo de teste analisado.

#### **4.3.2.**

#### **Ponto 2 – Biblioteca central da PUC – 2º andar – Prédio Frings**

O espaço da biblioteca central concentra a maior parte dos estudantes da PUC e onde se realiza um fluxo constante de pessoas durante o seu horário de funcionamento.

Optou-se em colocar 3 AP (pontos de acesso): o primeiro dentro das salas de estudo na entrada principal e 2 AP (dentro da biblioteca), um em cada andar no interior da sala de consulta as publicações, onde várias pessoas estão presentes fazendo pesquisas e utilizando diversos equipamentos portáteis.

Em todos os pontos testados, verificou-se que o acesso e cobertura estavam presentes em todos os locais com grande propagação de intensidade do sinal.

Como a maioria dos locais é aberta, tivemos pequena variação em relação às paredes ou outros obstáculos que por ventura pudessem causar qualquer interferência na propagação do sinal.

Também foi utilizado o método empírico de Batholome & Vellejo , mas com as características de propagação em corredor onde se compara o parâmetro :

Operando na faixa de 2.4 GHz em análise empírica

c=0

d = 3 a 100 m

Cálculo da Perda (dB)

$$L \text{ (dB)} = a + b \log f + c \log d_0 + e \log d + L_p + L_a$$

a = Cte de análise empírica

b = valor variável com a frequência

c = fator variável com distância padrão d0

d = distância d (m)

e = atenuação com distância d

Lp = Atenuação devido a paredes (dB)

La = Atenuação devido a andares (dB)

f = frequência da portadora

- **Propagação em corredores**

a = 41,5

e = 12

Lp = La = 0 => a travessia de andares, paredes, partições ou colunas não é representada nesse modelo, somente em corredor.

**a) Área de acesso externo (saguão)**

Média Medidas	-49,8	-45,0	-52,5	-52,9	-55,9	-55,6	-60,2	-56,9	-57,5	-60,1
Desvio Padrão	7,43	5,28	2,20	0,50	1,72	3,01	1,04	0,54	0,27	0,11
Valor Teórico	-49,8	-53,5	-55,6	-57,1	-58,2	-59,2	-60,0	-60,7	-61,3	-61,8
Distância	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tabela 8 – Biblioteca Externa

Neste modelo verificou-se a propagação dentro da biblioteca no ambiente externo, onde fica a sala de estudos, próxima da entrada principal, local com grande concentração de estudantes.

Gráfico Médias Medidas

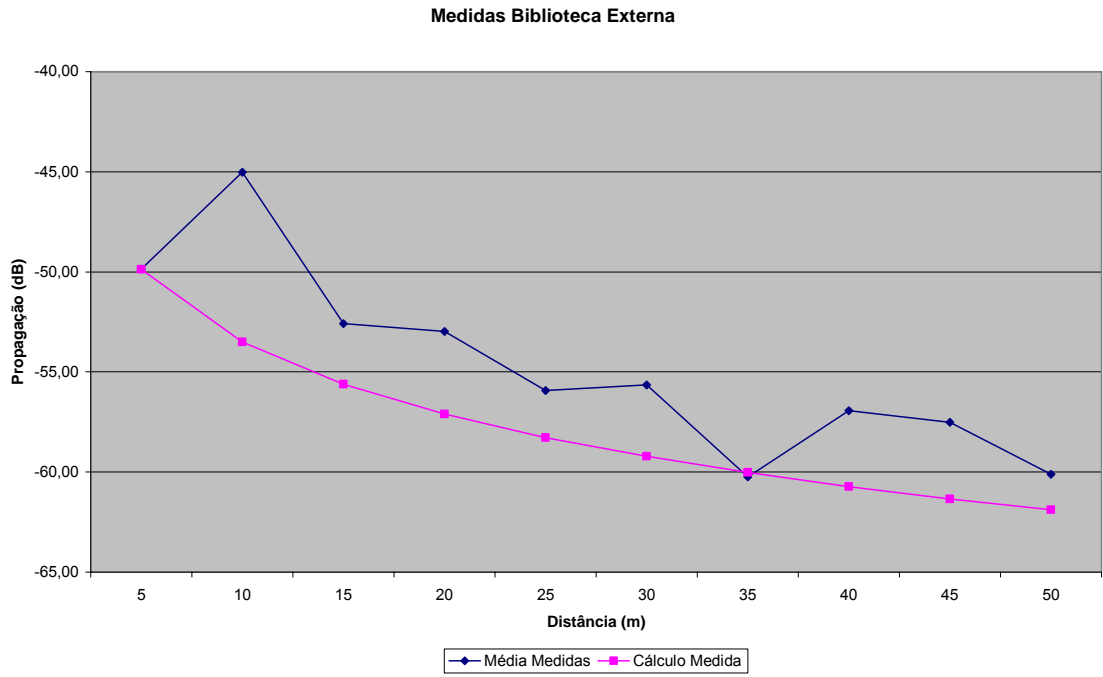


Figura 32 Gráfico Medidas BIB saguão

### Gráfico Desvio Padrão – BIB Saguão

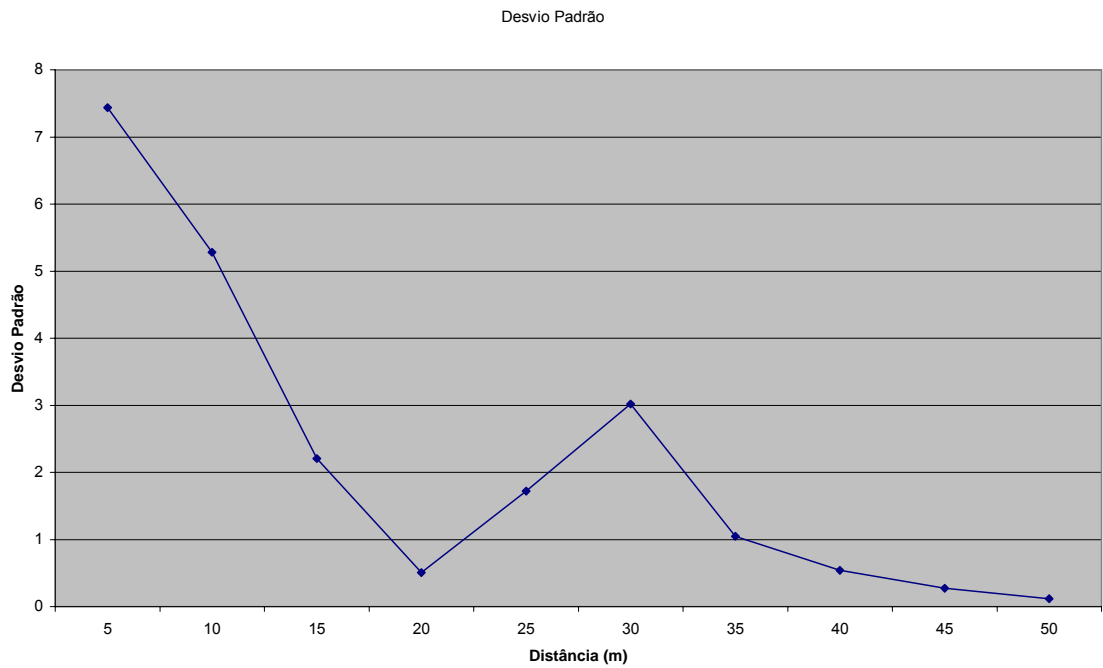


Figura 33 Gráfico desvio padrão BIB saguão

**b) Área de acesso interna – inferior**

Média Medidas	-36,2	-45,0	-41,3	-48,9	-42,8	-56,7	-58,7	-41,9	-52,0	-55,9	-61,1
Desvio Padrão	4,11	5,28	1,49	1,17	1,01	0,19	0,70	0,48	0,61	1,72	0,55
Valor Teórico	-49,8	-53,5	-53,5	-53,5	-55,6	-55,6	-55,6	-57,1	-57,1	-58,2	-58,2
Dist. (m)	5	10	10	10	15	15	15	20	20	25	25
Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tabela 9 – Biblioteca interna inferior

Gráfico Medidas BIB inferior

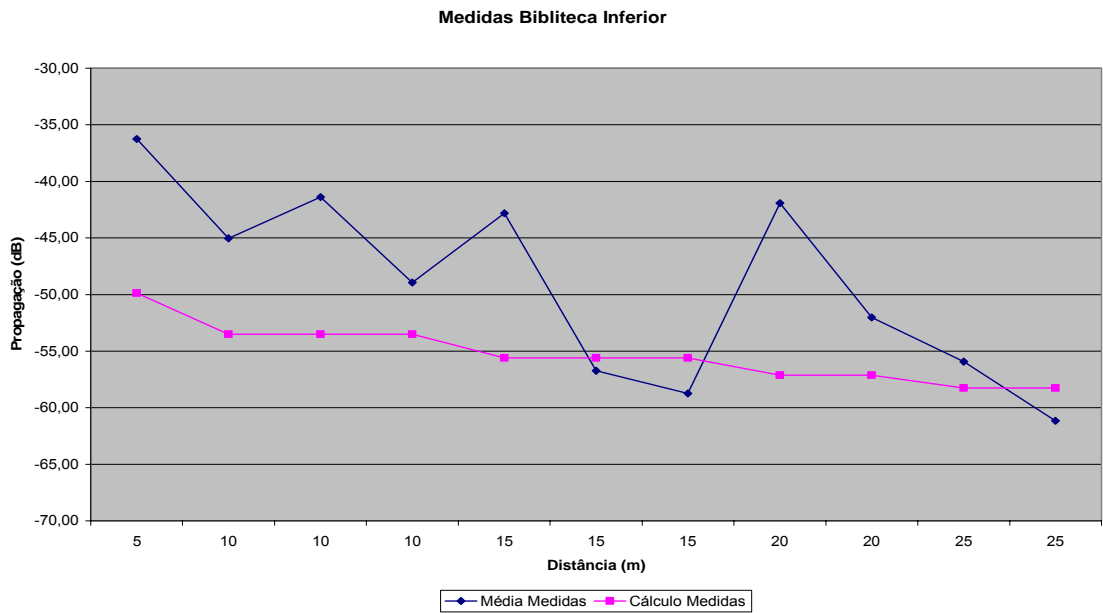


Figura 34 – Gráfico medidas BIB Inferior



Gráfico desvio padrão BIB inferior

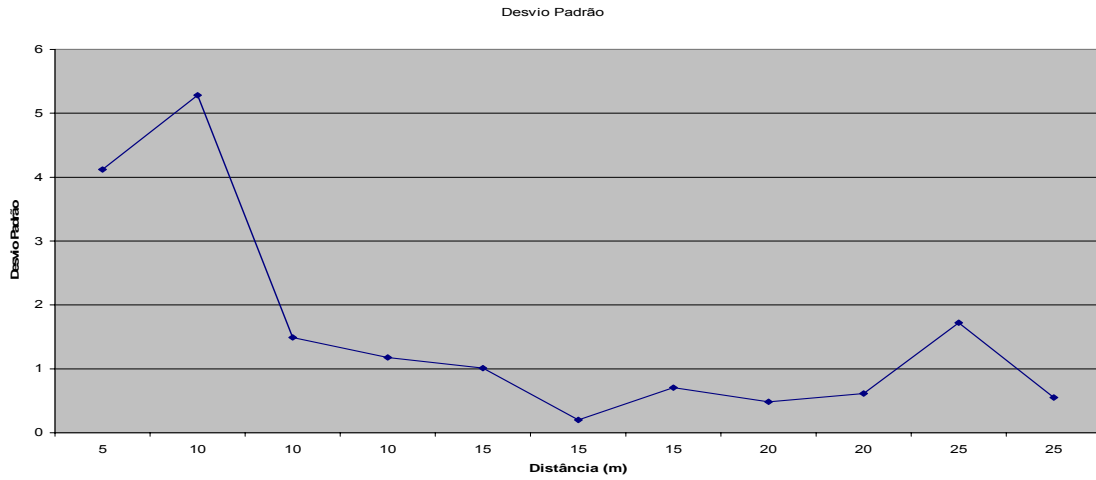


Figura 35 Gráfico desvio padrão BIB INF

c) Área de acesso interna superior

Média Medida	-58,0	-61,3	-73,4	-74,9	-70,3	-67,7
Desvio padrão	0,92	0,58	1,14	0,69	1,13	0,41
Valor Teórico	-49,8	-49,8	-53,5	-53,5	-55,6	-55,6
Dist(m)	5	5	10	10	15	15
Pontos	1	2	3	4	5	6

Tabela 9 – Biblioteca interna superior

Gráfico Medidas BIB Superior

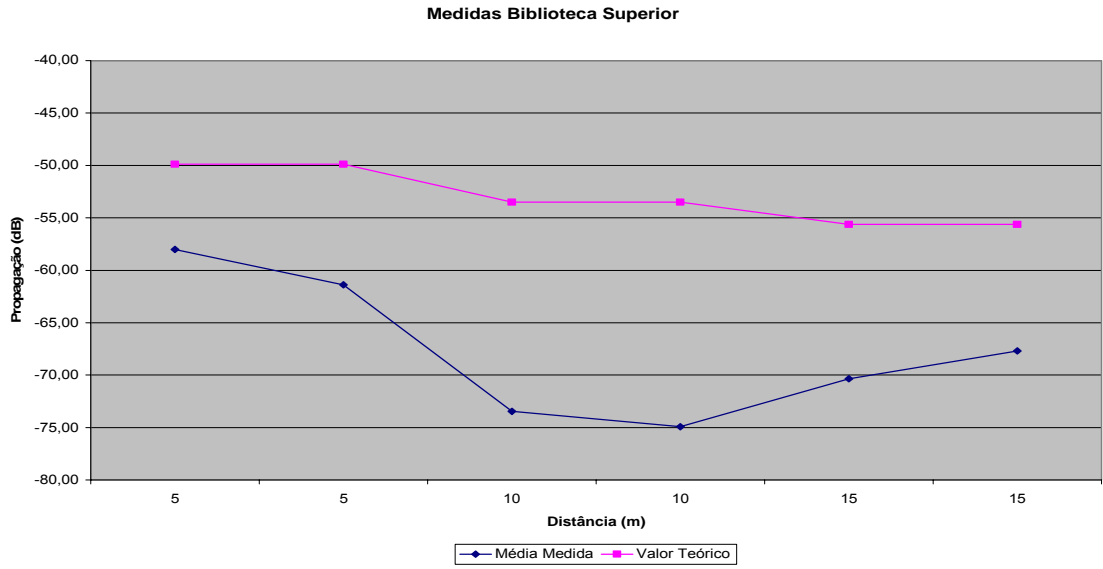


Figura 36 medidas Biblioteca superior

Gráfico desvio padrão superior

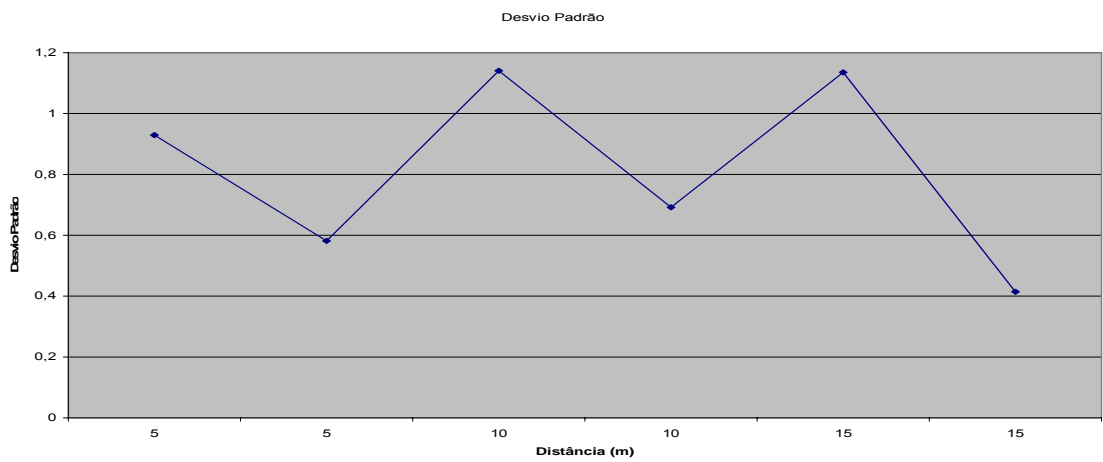


Figura 37 Desvio padrão BIB superior

#### **d) Conclusões medidas biblioteca**

Pela utilização de 3 AP's distribuídos nas partes internas e externas da biblioteca , consegue-se uma cobertura em todos os pontos da mesma , onde existam usuários para usar o serviço com um nível de sinal excelente.

Na análise dos pontos verificou-se que as medidas estão próximas da realidade com pequenas variações devido a reflexões.

Tanto nos ambiente internos quanto nos externos , houve boa propagação do sinal onde as medidas encontradas se aproximaram do valor descrito no modelo.

#### **4.4. Medidas em ambientes externos (outdoor)**

##### **4.4.1. Ponto 3 - Hall dos edifícios do complexo da amizade (Kennedy & Frings)**

A escolha deste ponto foi determinada devido a grande concentração de estudantes nesta área de abrangência, talvez sem sombra de dúvida, a maior de todo o complexo do campus.

Então este local se tornou da maior importância para o estudo de cobertura e propagação do sinal, onde existirá no futuro uma grande quantidade de usuários acessando o serviço sem fio.

Após muita pesquisa, optou-se pela colocação do "hot Spot" num local elevado no lado oposto ao dos elevadores do prédio Kennedy, onde conseguiríamos um melhor ponto de localização com excelente abrangência de toda a área.

Neste teste, foi fixado o ponto de acesso e com a ajuda de um Laptop em conjunto com a Placa Wireless PCMCIA.

Procedemos a um deslocamento em toda extensão da área, a fim de verificar a variação de relação S/N , dentro do limite de cobertura , onde o equipamento móvel mostrava-se em condições de detecção de nível de recepção suficiente para o mesmo se manter associado e em operação.

Utilizando os procedimentos previamente elaborados, buscou-se identificar em toda a área de extensão deste ponto, os limites de sua abrangência seguindo um caminho no perímetro de todo o complexo citado.

Fez-se um trajeto linear no seguinte sentido: Pilotis Kennedy(1) ; Pilotis Frings (2) .

Para conseguirmos uma melhor abrangência do sinal, utilizamos o software WScanner que propiciou uma melhor visão mais real que dos métodos empíricos estudados.

Com isto temos medidas o mais próximo do real em relação à propagação de cobertura da intensidade do sinal.

Na análise do método outdoor foi escolhido o de **Walfish - Ikegami que melhor se aproximou da análise feita em campo.**

O modelo foi elaborado pelo método de LOS (Line of Sight) - de visada direta este método considera a seguinte equação empírica para cálculo das perdas

O modelo geral para análise Outdoor , utiliza a equação :

$$L = a + b \log f + c \log d' + e \log d \quad (\text{dB})$$

a = cte (modelos empíricos)

b = fator de atenuação variando com frequência (dB)

c = fator em relação a distância de referencia ( $d' \approx d_0$ )

e = fator de atenuação com distância

f = frequência (MHz)

d = distância entre Tx e Rx (m)

d' = distância de referência (d0)

$L = 42.6 + 20 \log f + 26 \log d \quad (\text{dB})$
--

Medidas Complexo amizade

Média das medidas	-49,7	-53,7	-52,5	-52,9	-55,9	-55,6	-60,2	-56,9	-57,5	-60,1
Desvio Padrão	2,69	0,33	2,20	0,50	1,72	3,01	1,04	0,54	0,27	0,11
Valor Teórico	-56,5	-62,6	-66,1	-68,6	-70,5	-72,1	-73,4	-72,6	-75,6	-76,5
distância	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tabela 11 – Medidas no ambiente do complexo da amizade

Gráfico das Medidas complexo amizade

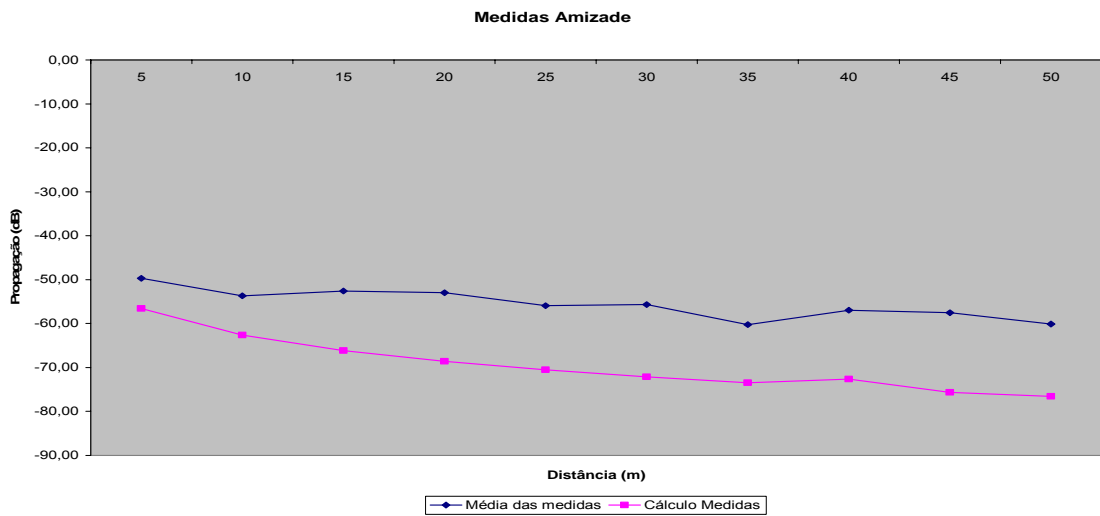


Figura 38 – medidas complexo amizade  
Gráfico desvio padrão complexo amizade

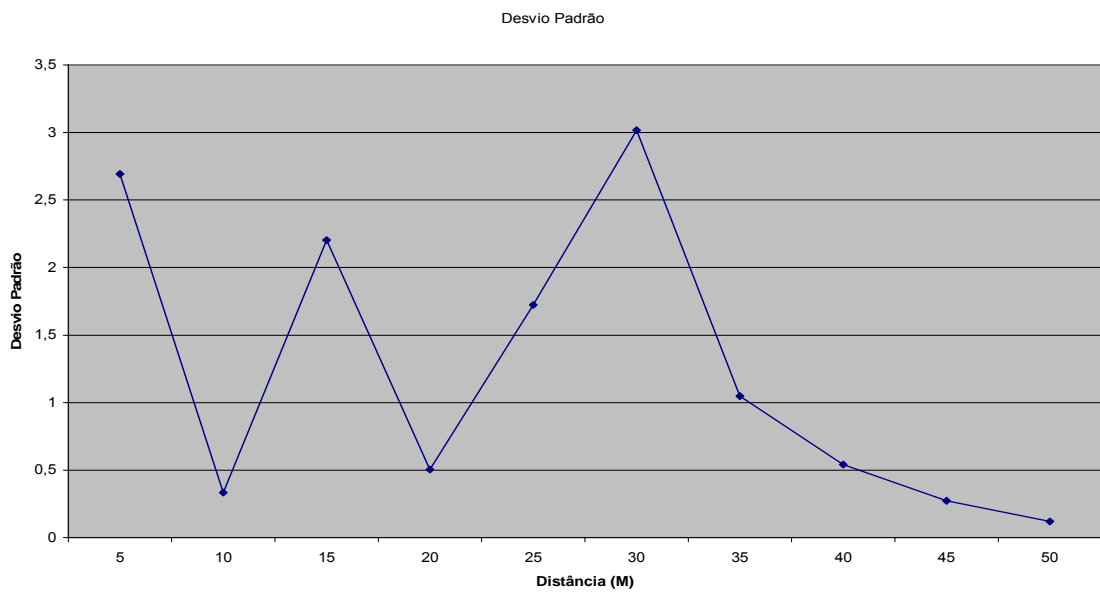


Figura 39 – desvio padrão complexo amizade

### **Conclusões Prédio da amizade**

Pela Análise desenvolvida em torno deste ponto, foi plenamente satisfatória a propagação dos sinais até os limites relacionados em toda a extensão dos corredores de acesso dos prédios Kennedy e Frings, estando o sinal sempre em níveis aceitáveis para o acesso a rede sem o canal ficar desassociado (quando a cobertura não se faz presente).

Apesar da variação ocorrida, temos que levar em conta fatores como ajustes do equipamento, circulação de pessoas e adaptação do modelo ao local.

Dependendo do fluxo de usuários, poder-se-ia utilizar sem problema o transmissor colocado no local descrito com uma garantia de atendimento a toda a população de usuários cobertos neste ponto.

Na análise das medidas ocorreram pequenas variações que podem ser causadas por reflexões do sinal, mas no conjunto houve uma grande correlação das mesmas em relação ao modelo proposto.

#### 4.4.2.

##### **Ponto 4 – Térreo do Prédio cardeal Leme**

Neste local se escolheu um ponto, onde fosse um lugar que pudesse ter uma cobertura ampla e principalmente próxima às livrarias, restaurante e banco, onde se situa a grande concentração de estudantes.

Realizou-se a medida, fazendo uma cobertura desde o início do pavimento, próximo ao DAR (Departamento de admissão e registro) chegando até o final do bloco, quase na entrada do RDC.

Em toda a extensão do local, conseguiu-se uma cobertura bem abrangente onde os níveis de sinal foram decaindo com a distância, mas em nenhum momento houve a perda do mesmo nem o equipamento de teste ficou desassociado.

O ponto escolhido para colocação do AP (Transmissor foi na entrada do prédio (defronte a xerox e livraria) onde conseguimos uma centralidade para verificar os efeitos da cobertura.

Fez-se uma análise de cobertura inicial em frente a pastoral e com deslocamentos lineares à esquerda em direção ao DAR e a direita em direção ao final do bloco (próximo ao departamento de materiais), sempre buscando os pontos onde existia um fluxo maior de estudantes devido a instalações de estabelecimentos comerciais, lanchonetes, banca de jornal e terminais de acesso bancário.

Em toda a extensão desta rota foi notada uma variação maior somente em relação à distância do ponto principal, já que não existiam obstáculos naturais de fator preponderante que poderiam prejudicar os testes.

Neste estudo também se utilizou (conforme a análise do ponto anterior), o modelo de propagação de Walfish-Ikegami, devido ao tipo de ambiente de concentração de estudantes ser semelhante em também pelo espaço físico neste prédio ser mais espalhado e não tão concentrado conforme o anterior.

Através das análises, chegamos aos seguintes resultados, após a verificação de vários pontos no transcorrer de toda a extensão dos pilotis do prédio cardeal leme:

Na análise no prédio Cardeal Leme foi escolhido o de **Walfish - Ikegami que melhor se aproximou da análise feita em campo.**

O modelo foi elaborado pelo método de LOS (Line of Sight) - de visada direta este método considera a seguinte equação empírica para cálculo das perdas

O modelo geral para análise Outdoor , utiliza a equação :

$$L = a + b \log f + c \log d' + e \log d \text{ (dB)}$$

a = cte (modelos empíricos)

b = fator de atenuação variando com frequência (dB)

c = fator em relação a distância de referencia ( $d' \approx d_0$ )

e = fator de atenuação com distância

f = frequência (MHz)

d = distância entre Tx e Rx (m)

d' = distância de referência (d0)

$$L = 42.6 + 20 \log f + 26 \log d \text{ (dB)}$$

Medidas Prédio Cardeal Leme

Média medidas	-57,7	-48,3	-52,1	-57,1	-59,4	-56,2	-57,7	-54,4	-59,8	-62,1
Desvio padrão	2,41	3,82	9,26	0,72	4,62	4,12	6,36	11,49	5,48	2,47
Valor Teórico	-56,5	-62,6	-66,1	-68,6	-70,5	-72,1	-73,4	-72,6	-75,6	-76,5
distância	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tabela 12 – Medidas no Prédio Cardeal Leme



Gráfico medidas Leme

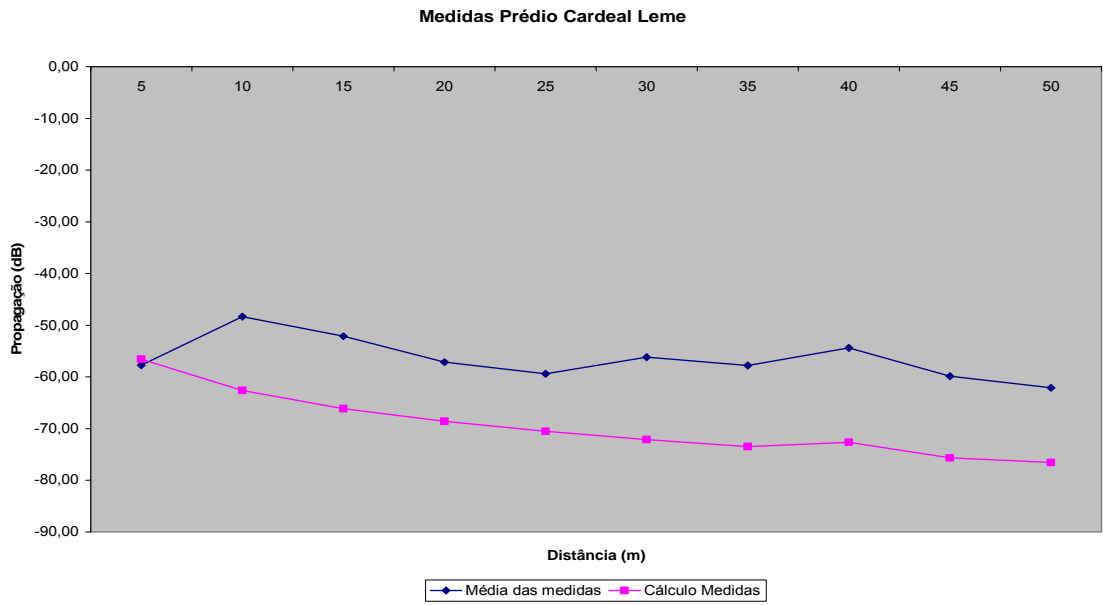


Figura 40 medidas Leme  
Gráfico desvio padrão Leme

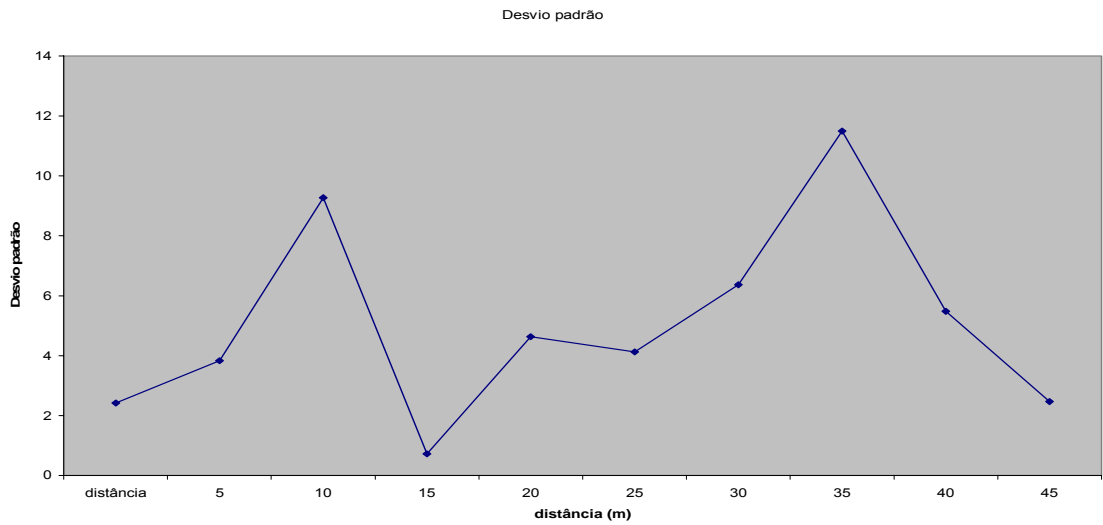


Figura 41 desvio padrão LEME

### **Conclusões prédio cardeal leme :**

O grande foco neste ponto é sua proximidade com a maioria dos departamentos situados nos andares superiores, que gera um fluxo grande de estudantes durante toda a jornada na universidade.

A variação entre as medidas se deve a fatores como fluxo de pessoas , ajuste do instrumento e adaptação do modelo ao local da medida.

Devido aos resultados alcançados foi verificado que em toda a extensão dos blocos componentes no térreo , conseguiríamos atender com nível satisfatório os usuários que necessitassem uma conexão através da rede fazendo o processamento e autenticação sem maiores problemas pelos diversos laboratórios situados neste complexo , onde também são desenvolvidos pesquisas e projeto para implementação prática.

Dependendo também do fluxo poderia somente com 1 transmissor abranger a totalidade deste prédio.

Com relação às medidas , observei que houve pequena variação nos valores e seguiu uma tendência de propagação de níveis aceitáveis.

#### **4.4.3.**

##### **Ponto 5 – Térreo do Prédio do RDC (Rio data Centro)**

Este local foi escolhido devido ao fluxo grande de estudantes de informática, alunos que circulam pelo prédio para cursos de aplicações em computadores e caminho para diversos laboratórios de pesquisa da universidade. Aqui já existem pontos de acesso com fio, na entrada do referido prédio , mas em quantidade limitada para um fluxo mínimo de estudantes numa eventual necessidade de acesso simultâneo.

O ponto de acesso foi colocado na lateral da a entrada principal do prédio, na divisa com o prédio Cardeal Leme, local onde poderemos ter uma ampla área de cobertura para estudos e testes.

Utilizando os procedimentos previamente elaborados, buscou-se identificar em toda a área de extensão deste ponto, os limites de sua abrangência seguindo um caminho no perímetro de todo o complexo citado e áreas vizinhas como o prédio da telemídia, Laboratório de semicondutores chegando aos limites do prédio Padre Leonel Franca (departamento de letras).

Iniciaram-se os teste no seguinte trajeto : RDC (1) , caminho no sentido do final do terreno da universidade , paralelo a via , passando pelo Laboratório de Telemídia (2) ; Laboratório de Semicondutores (3) , Quadra de esportes (4) , retorno pelo lado oposto e chegada ao Prédio padre Leonel franca (5) , retorno pela ponte (IAG) , chegada ao RDC (6).

Neste trecho também se utilizou o mesmo modelo dos pontos anteriores pela análise do método de Walfish-Ikegami, onde conseguiríamos uma abrangência de cobertura mais precisa, apesar do fluxo menor de usuários ao sistema, mas estando próximo ao departamento de informática, onde existem pontos de acesso com fio, o acesso e aproveitamento destes estudantes seriam mais incisivos.

Também para resultados mais precisos, conforme anterior, utilizamos o modelo de simulação com o software Wscanner, onde conseguimos resultados mais próximos dos reais.

Na análise no prédio do RDC (Rio Data Centro) foi escolhido o de **Walfish - Ikegami que melhor se aproximou da análise feita em campo.**

O modelo foi elaborado pelo método de LOS (Line of Sight) - de visada direta este método considera a seguinte equação empírica para cálculo das perdas

O modelo geral para análise Outdoor , utiliza a equação :

$$L = a + b \log f + c \log d' + e \log d \quad (\text{dB})$$

a = cte (modelos empíricos)

b = fator de atenuação variando com frequência (dB)

c = fator em relação a distância de referencia ( $d' \approx d_0$ )

e = fator de atenuação com distância

f = frequência (MHz)

d = distância entre Tx e Rx (m)

d' = distância de referência (d0)

$L = 42.6 + 20 \log f + 26 \log d \quad (\text{dB})$
--

Medidas RDC (Rio Data Centro)

Média Medidas	-62,7	-68,2	-77,8	-71,3	-68,1	-80,7	-80,8	-86,4	-64,2	-75,6
Desvio padrão	1,32	2,30	7,60	0,68	1,05	1,30	1,89	3,72	0,44	1,07
Cálculo Medidas	-56,5	-62,6	-66,1	-68,6	-70,5	-72,1	-73,4	-74,6	-75,6	-76,5
distância	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Ponto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tabela 13 – Medidas no Prédio do RDC

Gráfico de medidas do RDC

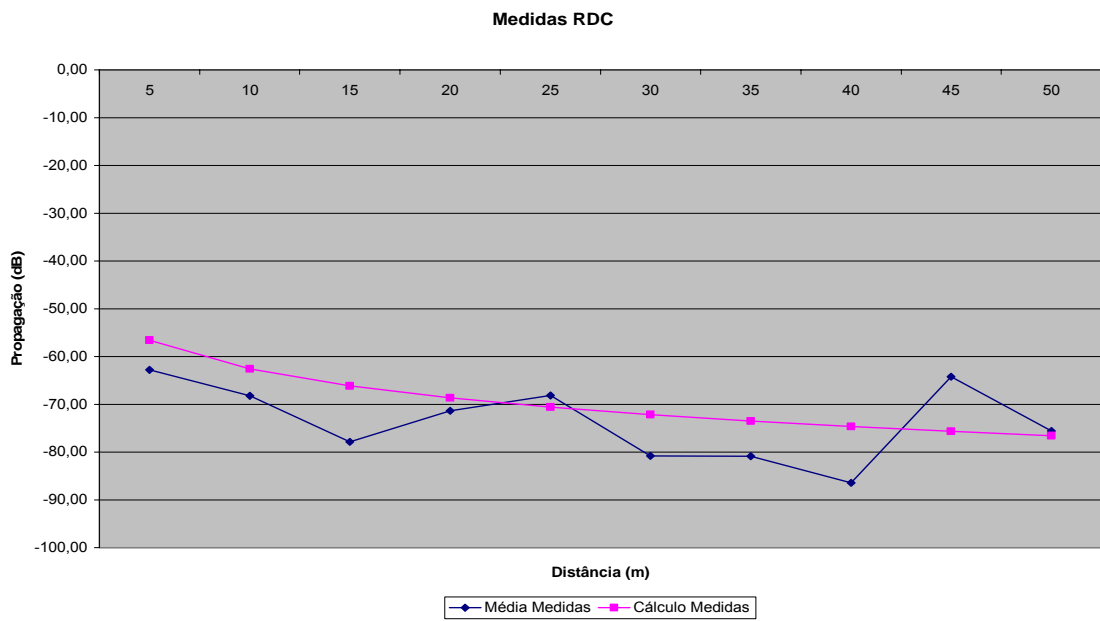


Figura 42 – medidas RDC  
Gráfico de desvio padrão do RDC

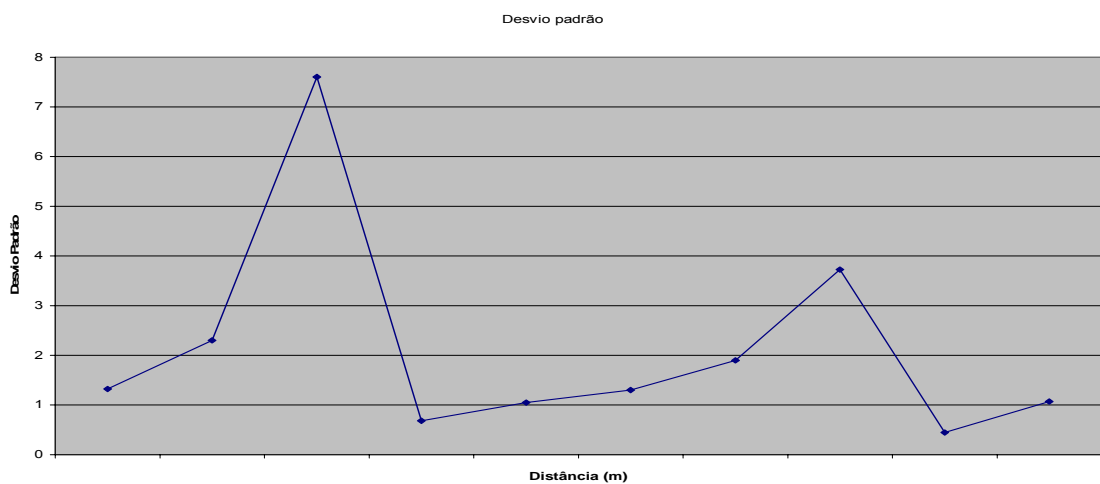


Figura 43 – desvio padrão RDC

## **Conclusões do ponto do RDC**

Neste ponto realizamos medidas numa área mais aberta onde teríamos um alcance de cobertura chegando a diversos laboratórios na área mais externa.

Em relação às medidas realizadas, encontramos uma cobertura diversificada em relação aos outros pontos analisados, onde o principal ofensor no caminho até os prédios opostos a localização do AP é a existência de uma grande quantidade de vegetação que exerce uma grande obstrução na propagação do sinal até o prédio do Ed. Padre Leonel Franca e Próximo a Ponte onde fica o IAG.

Mesmos com estas dificuldades, conseguimos uma grande abrangência na cobertura deste ponto, podendo atender a uma gama vasta de diferentes usuários com bom nível de sinal na maioria dos locais analisados.

Os valores encontrados foram suficientes para determinar uma boa cobertura na comparação com o modelo de teste.

### **4.5.**

#### **Resultados e conclusões das medidas no campus da PUC-Rio**

Os Métodos de estudo de propagação aplicados foram bem contundentes na comparação com as medidas realizadas em campo.

A diferença encontrada entre os valores, tanto da cobertura interna (indoor) quanto da externa (outdoor) são bastante compreensíveis, devido principalmente à utilização de modelos que tem uma variação e estudo de forma empírica com sua formulação em grande parte dos casos, feita para localidades com grande diversidade e que não conseguem com exatidão analisar os fatores envolvidos no meio ambiente externo (outdoor) e diferenças sensíveis na construção e utilização de materiais que compõem a engenharia do prédio (indoor).

Através do software de simulação Wscanner, conseguiu-se principalmente ter uma maior abrangência e uma menor variabilidade quando se analisou uma média de 100 medidas em cada ponto analisado.

Desta forma minimizou-se a grande variação que poderia ocorrer por qualquer obstáculo ou interferência que pudesse causar perdas na propagação da intensidade do sinal.