

- [1] **Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios (PNAD/IBGE) 2002.** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br> > Acesso em: 20 Dez. 2004
- [2] **Decreto nº 4901 de 26/11/03.** Disponível em <<http://www.anatel.gov.br>> Acesso em: 15 Set. 2004
- [3] Recommendation ITU-R BT 789-1. **“Digital Television Terrestrial Broadcasting in the VHF/UHF Bands”** International Telecommunication Union, (1992-1994)
- [4] Hata, M.; Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services. **IEEE Trans.**, VT-29, N 3, pp.317-325, 1980.
- [5] Recommendation ITU-R P. 1546-1. **Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz.** International Telecommunication Union, Genebra, Suíça, 2003
- [6] Walish, J.; Bertoni, H. L., A Theoretical Model of UHF Propagation in Urban Environments. **IEE Trans. On Antennas and Propagation**, vol.36, no. 12, pp. 1788-1796, Dezembro 1998.
- [7] Ibrahim, M. F.; Parsons, J. D. Signal Strength Prediction in Built-up Areas. Part 1: Median Signal Strength. **IEE Proc.**, 130, Part F, N 5, pp. 377-384, 1983.
- [8] REPORT ITU-R BT 2035, **Guidelines and techniques for the evaluation of digital terrestrial television broadcasting systems.** International Telecommunication Union, Genebra, Suíça, 2003.
- [9] Recommendation ITU-R BT.1125. **Basic objectives for the planning and implementation of Digital Terrestrial Broadcasting Systems.** International Telecommunication Union, Genebra, Suíça, 1994
- [10] STANDARD, A. D. T.ATSC Standard A/53. Número 16. Setembro 1995.
- [11] **Relatório Integrado dos aspectos Técnicos e mercadológicos da Televisão Digita.** CPqD, 28/03/2001. ANATEL, Disponível em < <http://www.anatel.gov.br> > Acesso em: 05 Dez 2004

- [12] ITU, R. C. S. G. **Channel coding, frame structure and modulation scheme for ISDB-T**. International Telecommunication Union, Genebra, Suíça 1999.
- [13] Parsons J. D., **The Mobile Radio Propagation Channel**, New York: John Wiley & Sons, 1992.
- [14] Notas de Aula do Curso de **Canal de Propagação Rádio Móvel** – Professor Gláucio Lima Siqueira, CETUC- PUC-Rio.
- [15] Recommendation ITU-R P.526-8. **Propagation by diffraction**. International Telecommunication Union, Genebra, Suíça, 2003.
- [16] Luiz A. R da Silva Mello, Marlene Sabino Pontes e Márcio Eduardo Rodrigues da Costa. **Apostila de Rádio Propagação**. CETUC, maio de 2000.
- [17] Assis, M. S. A simplified solution to the problem of multiple diffraction over rounded obstacles. **Trans, Antenna and Propagation** vol. AP-1, pp 292-295, Março 1971
- [18] Deygout, J.; Multiple knife-edge diffraction of microwave. **IEEE Trans. Antenna and Propagation**, vol. AP-14, pp 480-489, Julho 1966
- [19] Okumura, Y.; Ohmori, E.; Kaetano, T.; Fukuda, K. Field Strength and its Variability in the VHF and UHF Land Mobile Radio Services. **Review Elec. Commun. Labs.**, 16, N9-10, pp. 825-873, 1968
- [20] **Plano Básico de canalização para TV Digital**, ANATEL, publicação eletrônica disponível em < <http://www.anatel.gov.br> > Acesso em: 18 Abr. 2005
- [21] **HP8656B, HP8657A, H8657B Synthetized Signal Generatior, Operation and Calibration Manual**, Hewlett Packard, U.K., Março 1992
- [22] **Especificações técnicas das antenas Trans-Tel da série TTSL**, Disponível em < <http://www.transtelconti.com.br> > Acesso em: 10 Nov 2004
- [23] **HP8590 E-series and L-series Spectrum Analyzers**, User's Guide, Hewlett Packard, U.S.A., março 1990.
- [24] **Especificações técnicas da antena Thevear HIGH GD 419C**, Disponível em <<http://www.thevear.com.br>>. Acesso em: 10 Nov 2004
- [25] **Planejamento de canais de Tv Digital**, ANATEL, Setembro 2003
- [26] Lee, W.C.Y., **Mobile Communication Principles and Practice**, McGraw-Hill, 1982
- [27] Rice, S.O. Statistical properties o sine wave plus random noise, **Bell System Technical Journal**, 27, pp 109-157, 1948

- [28] Dal Bello, J.C.R., **Caracterização da influência da vegetação nos sistemas de comunicações móveis celulares em áreas urbanas**. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Fevereiro 1998.
- [29] VÁSQUEZ, E. J. A., **Estudo de Cobertura de Sistemas Móveis Celulares em Regiões Urbanas**, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Janeiro 1996.
- [30] **Handbook 2 – Terrestrial land mobile radiowave propagation in the VHF/UHF bands**, ITU-R, 2002
- [31] Recommendation ITU-R p.370, **VHF and UHF Propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1 000 MHz**. International Telecommunication Union, Genebra, Suíça, 1995
- [32] Carvalho, J. N. , **Propagação em áreas urbanas na faixa e UHF – Aplicação ao planejamento de sistemas de TV digital**, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, agosto 2003

Apêndice A

Programas de simulação dos modelos de cobertura ponto-área

Código fonte do programa de simulação dos modelos de cobertura ponto-área Okumura-Hata, Ibraim-Parsons e Walfish-Bertoni.

```
function modelos
clc

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% entrada das medidas de campo e do diagrama de irradiação da antena transmissora

in= load('medidas.m');
in1=load('antenatx3.txt');

m=length(in)
radial=in(1:m,1);
ptx=37.14; %dbm (potência de transmissão 10 Wats e perda no cabmo de 2,86 dB)
campotx=133.34+ptx; % (valor de campo efetivo irradiado)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% definição da setorização

inicio=input('radial inicial: ');
fim=input('radial final: ');

% definir direção de apontamento da antena transmissora (neste caso 350 graus)
apontamento= input('direção de apontamento da antena: ');
deltagrau=360-apontamento;
delta=deltagrau/10

k=1;
r1=1;
for k=1:m,1;
    v(1)=1;
    v(k+1)=v(k)+1;
    if radial(k)==inicio,
        pos1=v(k+1-r1);
        r1=r1+1;
    end
    if radial(k)==fim,
        pos2=v(k);
    end
end
for k=pos1:pos2,1;
    Ganhotx(k-pos1+1)=in1(radial(k)+delta,2);
    distancia(k-pos1+1)=in(k,2);
    media(k-pos1+1)=in(k,3);
    desvio(k-pos1+1)=in(k,4);
    radiais(k-pos1+1)=in(k,1);
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```

% calculo da perda por percurso experimental

for k=1:length(desvio),1;
    a(k)=-media(k)+campotx+GanhoTx(k);
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% regressão linear da atenuação experimental e curva da atenuação por espaço livre
f=641; %MHz
k=1;
i=1;
p=polyfit(log10(distancia),a,1);
t=polyval(p,log10(10));
n=1;
for (c=0.05:1:15),
    y(n)=polyval(p,log10(c));
    dist1(n)=c;
    n=n+1;
end
for (d=0.1:0.1:15),
    livre=20*log10(f)+20*log10(d)+32.44;
    Alivre(k)=livre;
    dist(k)=d;
    k=k+1;
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Modelo Hata

% determinação dos parametros

hr=10; altura da antena receptora
hte=10; altura da antena transmissora;
tamcidade=input('Altura efetica da antena transmissora: ');
tamcidade=input('Cidade Grande ou Pequena (g/p) ? ','s');
tipo= input('area Urbana, Suburbana ou Aberta (u/s/a) ? ','s');

if (tipo=='u'),
    lx=0;
elseif (tipo=='s'),
    lx=-2*(log10((f/28).^2))-5.4
elseif (tipo=='a'),
    lx=-4.78*(log10(f)).^2+18.33*log10(f)-40.94
end
if (tamcidade=='p'),
    ahr=(1.1*log10(f)-0.7)*hr-(1.56*log10(f)-0.8);
elseif (tamcidade=='g'),
    ahr=3.2*(log10(11.75*hr))^2-4.97;
end

for (r=.1:0.1:15),
    Lhata1=69.55+26.16*log10(f)-13.82*log10(hte)-ahr+(44.9-6.55*log10(hte))*log10(r)+lx;
    Lhata(k)=Lhata1;
    disthata(k)=r;
    k=k+1;
end
L0hata=69.55+26.16*log10(f)-13.82*log10(hte)-ahr+lx
gamaHata=(44.9-6.55*log10(hte))

% Mdelo Ibraim parsons

% determinação dos parâmetros

Hp=input('H -Diferença de amplitude media entre as quadriculas:');
L=input('L -Fator de utilização do terreno (em %):');
U=input('U -Fator de urbanização (em %):');

```

```

area=input('Area altamente urbanizada(s/n)? ','s');
ht=70; % altura do transmissor
hr=10; % altura do receptor
if area=='s',
    K1=0.087*U-5.5;
    K2=0.094*U-5.9;
elseif area=='n',
    K1=0;
    K2=0;
end
k=1;
for (r=0.1:0.1:15),
    %empirico
    Lpe1=-20*log10(0.7*ht)-8*log10(hr)+(f/40)+26*log10(f/40)-86*log10((f+100)/156);
    Lpe2=(40+14.15*log10((f+100)/156))*log10(1000*r);
    corr=0.265*L-0.371*Hp+K1;
    LPe=Lpe1+Lpe2+corr;
    LparsonsE(k)=LPe;
    %semi-empirico
    beta=20+(f/40)+0.18*L-0.34*Hp+K2;
    LPse=40*log10(1000*r)-20*log10(ht*hr)+beta;
    LparsonsSE(k)=LPse;
    distparsons(k)=r;
    k=k+1;
end
gamaemp=(40+14.15*log10((f+100)/156))
%Modelo Walfisch e Bertoni

%determinação dos parâmetros
f=641;
D=input('Distancia entre os predios: ')
h=input('alturamedia dos predios: ')
H=ht-h; % (altura da transmissora acima dos predios)

for (r=0.1:0.1:15),
    L0=32.44+20*log10(f)+20*log10(r);
    Lrts=57.1+log10(f)+18*log10(r)-18*log10(H)-18*log10(1-(r^2)/(17*H));
    Lms=5*log10((D/2)^2+(h-hr)^2)-9*log10(D)+20*log10(atan(2*(h-hr)/D));
    Lwal=L0+Lrts+Lms;
    LWeB(k)=Lwal;
    distwal(k)=r;
    k=k+1;
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Calculo dos erros

% 1- curva
for k=1:length(media);
    curva(k)=polyval(p,log10(distancia(k)));
end

k=1;
n=1;
erro_curva=0;
ct2rmscurva=0;
for k=1:length(media),
    errocurva=abs(curva(k)-a(k));
    erro_curva=erro_curva+errocurva;
    errofinalcurva=erro_curva/n;
    ctrmscurva=(errocurva)^2;
    ct2rmscurva=ct2rmscurva+ctrmcurva;
    n=n+1;
end

errofinalcurva

```

```

desviocurva=((1/(n-2))*((ct2rmscurva)-(n-1)*(erofinalcurva)^2))^(1/2)
errormsCurva=((erofinalcurva)^2+(desviocurva)^2)^(0.5)

% 2- Hata
for k=1:1:length(distancia);
    Lhatax=69.55+26.16*log10(f)-13.82*log10(hteff)-ahr+(44.9-
6.55*log10(hteff))*log10(distancia(k))+lx;
    campohata(k)=campotx+Ganhotox(k)-Lhatax;
end

erro2=0;
erro_hata=0;
ct2rmshata=0;
w=1;
for k=1:1:length(media);
    erro=campohata(k)-media(k);
    erro2=erro2+erro;
    errohata=abs(campohata(k)-media(k));
    erro_hata=erro_hata+errohata;
    erofinalhata=erro_hata/w;
    ctrmshata=(errohata)^2;
    ct2rmshata=ct2rmshata+ctrmshata;
    w=w+1;
end
erromediohata=erro2/(w-1)
erofinalhata
desviohata=((1/(w-2))*((ct2rmshata)-(w-1)*(erofinalhata)^2))^(1/2)
errormshata=((erofinalhata)^2+(desviohata)^2)^(0.5)

% 3- Ibrahim e Parsons
for k=1:1:length(distancia);
    %empirico
    Lpe11=-20*log10(0.7*ht)-8*log10(hr)+(f/40)+26*log10(f/40)-86*log10((f+100)/156);
    Lpe21=(40+14.15*log10((f+100)/156))*log10(1000*distancia(k));
    corr1=0.265*L-0.371*Hp+K1;
    LPe1=Lpe11+Lpe21+corr1;
    campoparsonsE(k)=campotx+Ganhotox(k)-LPe1;
    %Semi-Empirico
    beta=20+(f/40)+0.18*L-0.34*Hp+K2;
    LPse1=40*log10(1000*distancia(k))-20*log10(ht*hr)+beta;
    campoparsonsSE(k)=campotx+Ganhotox(k)-LPse1;
end

erro2=0;
erro3=0;
erro_parsonsE=0;
erro_parsonsSE=0;
ct2rmsparsonsE=0;
ct2rmsparsonsSE=0;
n=1;
for k=1:1:length(media),
    %empirico
    erro=campoparsonsE(k)-media(k);
    erro2=erro2+erro;
    erroparsonsE=abs(campoparsonsE(k)-media(k));
    erro_parsonsE=erro_parsonsE+erroparsonsE;
    erofinalparsonsE=erro_parsonsE/n;
    ctrmsparsonsE=(erroparsonsE)^2;
    ct2rmsparsonsE=ct2rmsparsonsE+ctrmshata;
    %Semi-Empirico
    erro=campoparsonsSE(k)-media(k);
    erro3=erro3+erro;
    erroparsonsSE=abs(campoparsonsSE(k)-media(k));
    erro_parsonsSE=erro_parsonsSE+erroparsonsSE;
    erofinalparsonsSE=erro_parsonsSE/n;
    ctrmsparsonsSE=(erroparsonsSE)^2;
    ct2rmsparsonsSE=ct2rmsparsonsSE+ctrmshata;
end

```

```

        n=n+1;
    end
    erromedioparsonsE=erro2/(w-1)
    errofinalparsonsE
    desvioparsonsE=((1/(n-2))*((ct2rmsparsonsE)-(n-1)*(errofinalparsonsE)^2))^(1/2)
    errorrmsparsonsE=((errofinalparsonsE)^2+(desvioparsonsE)^2)^(0.5)

    erromedioparsonsSE=erro3/(w-1)
    errofinalparsonsSE
    desvioparsonsSE=((1/(n-2))*((ct2rmsparsonsSE)-(n-1)*(errofinalparsonsSE)^2))^(1/2)
    errorrmsparsonsSE=((errofinalparsonsSE)^2+(desvioparsonsSE)^2)^(0.5)

    % 4- Walfisch e Bertoni
    for k=1:length(distancia),
        L01=32.44+20*log10(f)+20*log10(distancia(k));
        Lrts1=57.1+log10(f)+18*log10(distancia(k))-18*log10(H)-18*log10(1-
        ((distancia(k))^2)/(17*H));
        Lms1=5*log10((D/2)^2+(h-hr)^2)-9*log10(D)+20*log10(atan(2*(h-hr)/D));
        Lwal1=L01+Lrts1+Lms1;
        campoWal(k)=campotx+GanhoTx(k)-Lwal1;
    end
    %erro
    n=1;
    erro2=0;
    erro_Wal=0;
    ct2rmsWal=0;
    for k=1:length(distancia),
        erro=campoWal(k)-media(k);
        erro2=erro2+erro;
        erroWal=abs(campoWal(k)-media(k));
        erro_Wal=erro_Wal+erroWal;
        errofinalWal=erro_Wal/n;
        ctrmsWal=(erroWal)^2;
        ct2rmsWal=ct2rmsWal+ctrmsWal;
        n=n+1;
    end

    erromedioWal=erro2/(w-1)
    errofinalWal
    desvioWal=((1/(n-2))*((ct2rmsWal)-(n-1)*(errofinalWal)^2))^(1/2)
    errorrmsWal=((errofinalWal)^2+(desvioWal)^2)^(0.5)

    Plotar os gráficos

    figure;
    semilogx(dist,Alivre,'r');
    hold on;
    semilogx(dist1,y,'b');
    semilogx(dist,Atplana,'g');
    legend('Espaço Livre','Medidas');
    plot(distancia,a,'.b');
    legend('Espaço Livre','Ajuste','Medidas');
    axis([0.3 15 50 180]);
    title('Modelo Espaço Livre');
    xlabel('Distância [Km]');
    ylabel('Atenuação (dB)');
    figure;
    semilogx(dsthata,Lhata,'r');
    hold;
    semilogx(dist1,y,'b');
    plot(distancia,a,'.b');
    legend('Modelo','Ajuste','Medidas');
    axis([0.3 15 50 180]);
    title('Modelo OKUMURA-HATA');
    xlabel('Distância [Km]');
    ylabel('Atenuação (dB)');
    figure;

```



```

semilogx(distparsons,LparsonsE,'r');
hold on;
semilogx(distparsons,LparsonsSE,'g');
semilogx(dist1,y,'b');
plot(distancia,a,'.b');
legend('Empirico','Semi-Empirico','Ajuste','Medidas');
axis([0.3 15 50 180]);
title('Modelo IBRAHIM-PARSONS');
xlabel('Distância [Km]');
ylabel('Atenuação (dB)');
figure;
semilogx(distwal,LWeB,'r');
hold;
semilogx(dist1,y,'b');
plot(distancia,a,'.b');
legend('Modelo','Ajuste','Medidas');
axis([0.3 15 50 180]);
title('Modelo WALFISH & BERTONI');
xlabel('Distância [Km]');
ylabel('Atenuação (dB)');
figure;
plot(media,campolivre,'.b');
title('Comparação com o Modelo Espaço Livre');
xlabel('Campo Medido (dBuV/m)');
ylabel('Campo Calculado (dBuV/m)');
axis([0 100 0 100]);
figure;
plot(media,campohata,'.b');
title('Comparação com o Modelo Okumura-Hata');
xlabel('Campo Medido (dBuV/m)');
ylabel('Campo Calculado (dBuV/m)');
axis([0 100 0 100]);
figure;
plot(media,campoparsonsE,'.b');
title('Comparação com o Modelo Ibrahim-Parsons Empirico');
xlabel('Campo Medido (dBuV/m)');
ylabel('Campo Calculado (dBuV/m)');
axis([0 100 00 100]);
figure;
plot(media,campoparsonsSE,'.b');
title('Comparação com o Modelo Ibrahim-Parsons Semi-empirico');
xlabel('Campo Medido (dBuV/m)');
ylabel('Campo Calculado (dBuV/m)');
axis([0 100 0 100]);
figure;
plot(media,campoWal,'.b');
title('Comparação com o Modelo Walfisch & Bertoni');
xlabel('Campo Medido (dBuV/m)');
ylabel('Campo Calculado (dBuV/m)');
axis([0 100 0 100]);
VX=[distparsons;LparsonsSE;LparsonsE];
fid = fopen('resultadofinal.txt','w');
fprintf(fid,'%12.8f %12.8f %12.8f\n',VX);
fclose(fid);
clear VX;

pemp=polyfit(log10(distparsons),LparsonsE,1)
pSemiemp=polyfit(log10(distparsons),LparsonsSE,1)\

end

```

Apêndice B

Programa para obtenção das funções densidade de probabilidade e cumulativa da distribuição de probabilidade

Código fonte do programa para obtenção das funções densidade de probabilidade e cumulativa da distribuição de probabilidade de todos os pontos medidos.

```
function Ricepratica

clear
clc

origem = 'C:\Matlab\MedidasTv';
diret = dir(origem)
for d = 3:length(diret)
    arq = dir([origem,'\',diret(d).name]);
    if length(arq)>2
        for a = 3:length(arq)
            load([origem,'\',diret(d).name,'\',arq(a).name])

desvio=std(dados);
mediadbm=mean(dados);
potencia=dados;
x=1:1:length(dados);
tamanho=length(potencia);
media=mean(potencia);
potnormalizada=potencia-mediadbm;
ord=sort(potnormalizada,'ascend');
minimo=ord(1);
maximo=ord(tamanho);

N=25;
passo=(max(potnormalizada)-min(potnormalizada))/N;
vetx=min(potnormalizada):passo:max(potnormalizada);

cont=0;
cont1=0;
ref=minimo;
j=1;
w=1;
for i=1:tamanho,
    if ord(i)<=ref,
        cont=cont+1;
        cont1=cont1+1;
    else
        auxy2(1,j)=(cont1/tamanho)/passo;%densidade de probabilidade
        cont1=0;
        auxy(1,j)=cont/tamanho;%cumulativa
        auxx(1,j)=ref;
```

```
        cont1=cont1+1;
        cont=cont+1;
        ref=ref+passo;
        j=j+1;
    end
end

VX=[auxx;auxy];
novo= ['cum',arq(a).name(1:end-3),'txt']
fid = fopen(novo,'w');
    fprintf(fid,'%12.8f %12.8f\n',VX);
    fclose(fid);
clear VX;

VX=[auxx;auxy2];
novo2=['den',arq(a).name(1:end-3),'txt']
fid = fopen(novo2,'w');
    fprintf(fid,'%12.8f %12.8f\n',VX);
    fclose(fid);
clear VX;

    end
end
end
```