



**Edital N ° 15/2008 – MCT/CNPq/FNDCT/CAPES/
FAPEMIG/ FAPERJ/FAPESP
INSTITUTOS NACIONAIS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
(Tema: Tecnologias da Informação e Comunicação)**

**Atividades do GAPTEM / UFMG
2009-2010**



Grupo de Antenas, Propagação e Teoria Eletromagnética (GAPTEM)
Departamento de Engenharia Eletrônica (DELT)
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

1 A Apresentação do GAPTEM (Grupo de Antenas, Propagação e Teoria Eletromagnética) da UFMG

O GAPTEM conta com a participação de professores do Departamento de Engenharia Eletrônica (DELT), de alunos de Graduação do Curso de Engenharia Elétrica e de alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFMG. As atividades do GAPTEM são voltadas para o ensino, pesquisa e extensão nas áreas de Telecomunicações e Eletromagnetismo Aplicado, visando a solução de problemas de engenharia envolvendo síntese e análise de antenas e de dispositivos de microondas, caracterização da propagação radioelétrica e do canal rádio, previsão de desempenho de sistemas de comunicação sem fio, e a criação de ferramental teórico e numérico dedicado à solução de tais problemas.

As atividades de pesquisa desenvolvidas pelo GAPTEM levaram ao estabelecimento de parcerias e projetos com outros grupos de pesquisa no Brasil. Entre os projetos de pesquisa estabelecidos destacam-se: Chamada Pública MC/MCT/FUNTTTEL/FINEP nº 01/2004 referente ao Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD), Carta-Convite MC/MCT/FUNTTTEL nº 15/2004, para a caracterização do Canal de RF (em parceria com o CETUC/PUC-Rio); CAPES (PROCAD 0377058) – Modelagem de Antenas e do Canal de Rádio para Comunicações Celulares (em parceria com o CETUC/PUC-Rio); CAPES (EDITAL RH – TVD No 01/2007) – Pesquisa e Ensino de Antenas e Propagação de Ondas de Rádio Aplicados a Sistemas de TV Digital (em parceria com o CETUC/PUC-Rio e a UFPA); e o atual INCT CSF, em parceria com o CETUC/PUC-Rio, a UFPA e a UFRN.

O GAPTEM/UFMG atualmente conta com 2 professores (ambos Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq) e 11 alunos de Pós-Graduação (6 deles Doutorandos). Durante o biênio 2009-2010, foram defendidas e aprovadas 2 Teses de Doutorado e 4 Dissertações de Mestrado. Durante o mesmo biênio foram publicados ou aceitos para publicação 8 artigos em periódicos e 19 artigos em congressos. Um dos alunos de Mestrado do GAPTEM (Williams Lara de Nicomedes) recebeu o prêmio “Emerald COMPEL award to a young researcher for the best paper presented at IGTE'10”.



Prof. Cássio Gonçalves do Rego



Prof. Fernando José da Silva Moreira



Laboratório de análises numéricas do GAPTEM/UFMG

2 Atividades de Pesquisa Realizadas pelo GAPTEM/UFMG

Durante o biênio 2009-2010, o GAPTEM/UFMG realizou as seguintes atividades de pesquisa:

2.1 - Medidas em ondas médias, VHF e UHF para aplicações na implementação de sistemas de rádio digital no Brasil

A campanha de medição para avaliação do sistema DRM+ foi realizada na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, envolvendo duas estações de radiodifusão FM: Rádio UFMG Educativa e Rádio Itatiaia Ltda. A Rádio UFMG é uma emissora de caráter educativo da UFMG, com estação transmissora localizada no município de Contagem. A emissora opera em baixa potência, trabalhando com 1,5 kW na frequência de 104,5 MHz. A Rádio Itatiaia possui transmissor localizado em Belo Horizonte e constitui-se numa das emissoras mais tradicionais do estado de Minas Gerais. A potência de transmissão utilizada é de 30 kW, sintonizada em 95,7 MHz.

Os testes ocorreram em etapas distintas, de acordo com o seguinte cronograma:

- Etapa 1: Rádio UFMG

Instalação dos equipamentos DRM+ e testes iniciais: 29/01 a 05/02/2010

Início das medições: 07/02/2010

Fim das medições: 05/03/2010

- Etapa 2: Rádio Itatiaia

Instalação dos equipamentos DRM+ e testes iniciais: 09/04 a 14/04/2010

Início das medições: 17/04/2010

Fim das medições: 12/05/2010

Para a transmissão simultânea DRM+ digital e FM analógico, instalou-se nas estações transmissoras um conjunto antena-transmissor específico para o sinal digital. O modelo e a posição da antena foram escolhidos na tentativa de equiparar a cobertura digital com a analógica existente. Os parâmetros para a irradiação do sinal combinado foram: espaçamento $\Delta F = 200$ kHz para ambas as emissoras, relação de proteção $\Delta P = 13,7$ dB para a Rádio UFMG e $\Delta P = 19,8$ dB para a Rádio Itatiaia. O resumo das características das estações é exibido na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros das estações transmissoras.

Rádio UFMG Educativa		
Localização	Latitude: 19° 55' 11" S	Longitude: 44° 0' 48 W
	Sistema Analógico	Sistema Digital
Frequência central [MHz]	104,5	104,3
Potência EIRP [W]	793	34
Altura da Antena [m]	25	19
Rádio Itatiaia FM		
Localização	Latitude: 19° 58' 14" S	Longitude: 43° 55' 41" W
	Sistema Analógico	Sistema Digital
Frequência central [MHz]	95,7	95,5
Potência EIRP [W]	22.165,0	228,5
Altura da Antena [m]	19	9,6

A Figura 1 exibe o diagrama dos principais equipamentos das estações transmissoras. O sinal de áudio gerado pela emissora é enviado para ambos os transmissores analógico e digital, e as antenas possuem alturas H_a (sinal analógico) e H_d (sinal digital). Dessa forma, através desse setup é possível comparar as performances de ambos os sinais irradiados bem como a interferência entre eles. A Tabela 2 detalha os equipamentos utilizados.

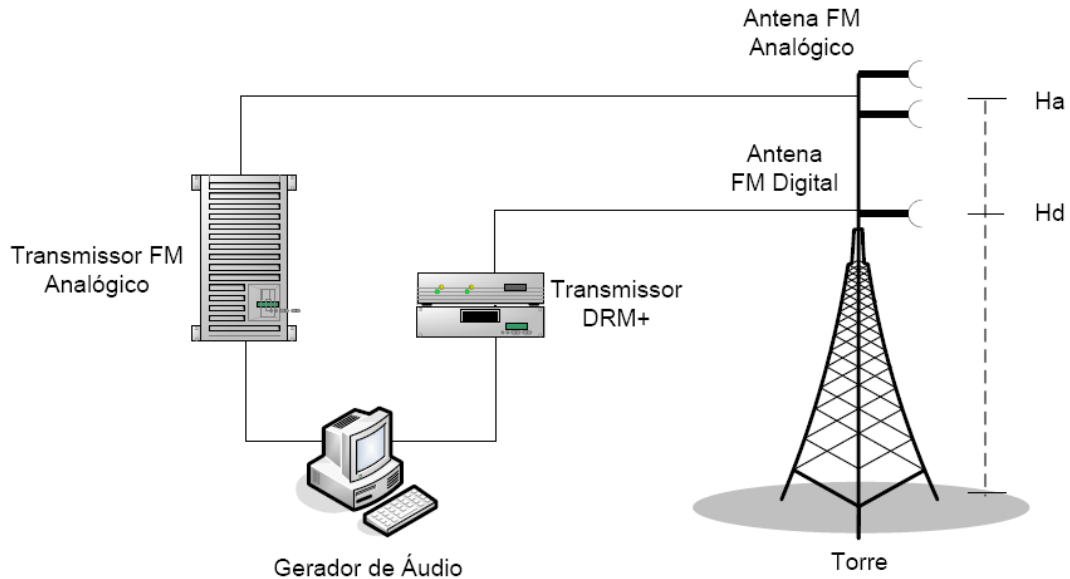


Figura 1: Diagrama do *setup* utilizado nas estações transmissoras FM.

Tabela 2: Principais equipamentos nas estações transmissoras.

Rádio UFMG Educativa	
Item	Descrição
Antena FM Analógico	Fabricante: Trans-Tel, Modelo TTFM3A (2 elementos), tipo: Anel FM, ganho: 0 dBi
Antena FM Digital	Fabricante: Ideal, Modelo FA1RS (1 elemento), tipo: Anel FM, ganho: -1,3 dBi
Transmissor FM Analógico	Fabricante: Lys Electronic, Modelo LT-2,5kW-FMV, Potência: 1,5 kW
Transmissor FM Digital	Amplificador Nautel, Potência: 70 W Modulador Consórcio DRM+
Rádio Itatiaia FM	
Item	Descrição
Antena FM Analógico	Fabricante: Electronics Research (ERI), Modelo: SHPX-2AC (2 elementos), tipo: dipolo dobrado, ganho: 2,13 dBi
Antena FM Digital	Fabricante: Mectrônica, Modelo: MT-FMC2 (2 elementos), tipo: ciclóide FM, ganho: 1,24 dBi
Transmissor FM Analógico	Fabricante: Broadcast Electronics, Modelo FM-30, Potência: 19,9 kW
Transmissor FM Digital	Transmissor Nautel NV-10, Potência: 500 W Modulador Consórcio DRM+

As medidas foram coletadas utilizando unidade móvel de medição cedida pela EBC e equipada em conjunto pelas diversas entidades envolvidas na campanha de medição. A viatura, uma van Sprinter Mercedes Benz, foi adaptada para a alocação de diversos aparelhos, preparada para a medição de parâmetros de radiofrequência (amplitude de campo elétrico, largura de banda, modulação) e gravação de conteúdo de áudio. A Figura 2 mostra o diagrama dos equipamentos utilizados na unidade móvel de medição.

O sistema é composto por duas antenas para a medição RF: antena monopolo Kathrein e antena bicônica Rohde & Schwarz. Ambas podem ser ligadas no analisador de espectro para gravação da forma de onda do sinal ou conectadas no receptor DRM+ para demodulação e armazenamento do conteúdo digital. O áudio digital é gravado e analisado por *software* fornecido pelo consórcio DRM no *notebook* 01 com interface para sistema GPS (*Global Positioning System*). A recepção do áudio analógico é realizada por *receiver* FM analógico e armazenado no *notebook* 02. Todos os dados coletados são gravados num disco rígido (*HD*) externo. A Tabela 3 exibe a descrição dos equipamentos envolvidos.

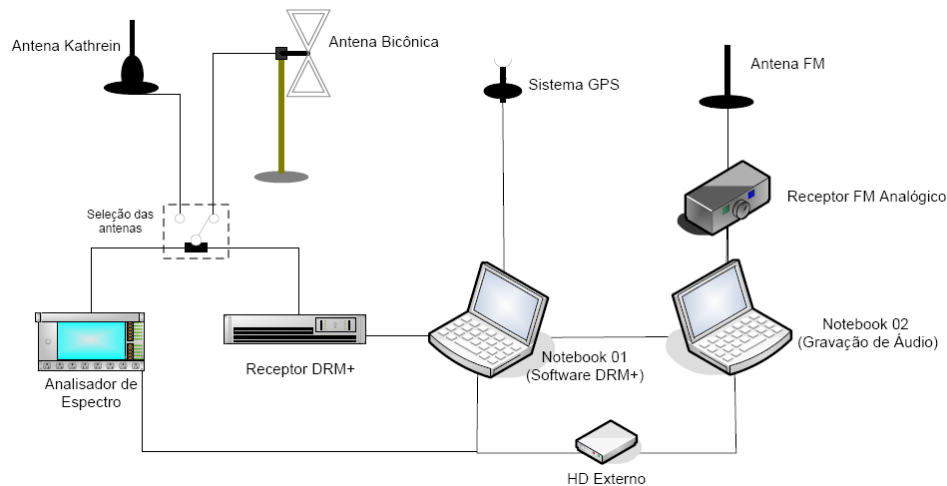


Figura 2: Diagrama do *setup* utilizado na unidade móvel de medição .

Tabela 3: Principais equipamentos utilizados na Unidade Móvel

Item	Descrição
Antena Kathrein	Fabricante: Kathrein, Modelo K51164, tipo: monopolo, faixa de frequência: 58 a 300 MHz, ganho: 1,85 dBi
Antena Bicônica	Fabricante: Rohde & Schwarz, Modelo: HK116, tipo: bicônica, faixa de frequência: 20 a 300 MHz, ganho: 1,2 dBi
Antena FM	Antena automotiva de recepção para rádio FM
Sistema GPS	Fabricante: Navilock, Modelo: NL302U
Analisador de espectro	Fabricante: Anritsu Company, Modelo: Spectrum Master MS2711D, Faixa de Operação: 100 KHz A 3 GHz
Receptor DRM+	Fabricante: Consórcio DRM+
Notebook 01 (Software DRM+)	Fabricante: MSI, Processador: Intel Atom N270 a 1,6 Gz, Windows XP
Notebook 2 (Gravação de áudio)	Fabricante: Lenovo, Processador: Intel Core 2 Duo a 2.20GHz Linux Ubuntu
Receptor FM Analógico	Fabricante: Rolls Corporation, Modelo: RS79
HD Externo	Fabricante: Western digital, Modelo: WD1600XMS de 160 Gb

O planejamento dos percursos para o deslocamento da unidade móvel considerou dois tipos de rotas: circular (circuito aproximadamente circular fechado) e radial (deslocamento contínuo num dado sentido). Foram definidos pontos fixos de referência em cada rota e também mediu-se ao longo dos deslocamentos entre tais pontos. As rotas para cada emissora são listadas a seguir com suas respectivas extensões.

Rádio UFMG

Radial 1 (R1): Rota Sudoeste = 20,5 km
Radial 2 (R2): Rota Sul = 19 km
Radial 3 (R3): Rota Nordeste = 24 km
Radial 4 (R4): Rota Noroeste = 27,3 km
Circular 1 (C1): Rota Urbana 1 = 14,1 km
Circular 2 (C2): Rota UFMG = 7,9 km
Circular 3 (C3): Rota Industrial = 6,8 km
Circular 4 (C4): Rota Urbana 2 = 9 km

Rádio Itatiaia

Radial 1 (R1): Rota Nordeste = 68 km
Radial 2 (R2): Rota Sul = 50,5 km
Radial 3 (R3): Rota Sudeste = 31,2 km
Radial 4 (R4): Rota Norte = 59,9 km
Radial 5 (R5): Rota Oeste = 56,8 km
Circular 1 (C1): Rota Urbana 1 = 14,1 km
Circular 2 (C2): Rota UFMG = 7,9 km
Circular 3 (C3): Rota Industrial = 6,8 km
Circular 4 (C4): Rota Urbana 2 = 9 km
Circular 5 (C5): Rota Urbana 3 = 7 km

As Figuras 3 e 4 exibem, respectivamente, as rotas para a Rádio UFMG e Rádio Itatiaia. Dessa maneira, a etapa de testes com a Rádio UFMG obteve 31 pontos fixos com distâncias de 2 a 22 km do transmissor. No caso da Rádio Itatiaia coletou-se 41 pontos fixos de medições com distâncias até o transmissor variando de 2 a 51 km. Ressalta-se que as medições durante os deslocamentos deverão ser processadas para eliminação do desvanecimento rápido e obtenção da potência média recebida.

As rotas estabelecidas englobam diversos terrenos e ambientes, propiciando diferentes cenários de propagação. As medidas foram coletadas em ambiente urbano denso, sub-urbano, rural, rural aberto com vegetação, terrenos acidentados e locais com múltiplos obstáculos (túneis, pontes, edifícios, linhas de transmissão de energia elétrica, etc). Para maior detalhamento dos percursos, os eventos e obstáculos pertinentes são anotados em planilha de ocorrência durante toda a campanha. A verificação das funcionalidades dos equipamentos foi realizada todos os dias através de medidas realizadas num ponto de referência fixo.

Para avaliação do sistema DRM+, utilizou-se os dois diferentes esquemas de modulação de canal MSC disponíveis: QAM-4 e QAM-16. Assim, em todos os pontos considerados registrou-se os parâmetros RF e o conteúdo de áudio para as duas modulações citadas. O sinal de radiofrequência é amostrado durante cinco minutos em cada ponto fixo e a média temporal é armazenada pelo analisador de espectro. Além disso, durante esse intervalo, gravou-se os conteúdos de áudio analógico e digital e o *software* DRM+ analisa parâmetros de qualidade do áudio digital. Durante as medições em movimento, a gravação da forma de onda RF foi realizada num intervalo de 200 ms, e o conteúdo de áudio gravado em todo o percurso.

Assim, após o processamento das medidas de todas as rotas, pode-se extrair informações como intensidade de campo, largura de banda, relação de amplitude analógico/digital, relação sinal ruído do áudio analógico e digital, e comportamento dos sistemas em situações de recepção móvel.

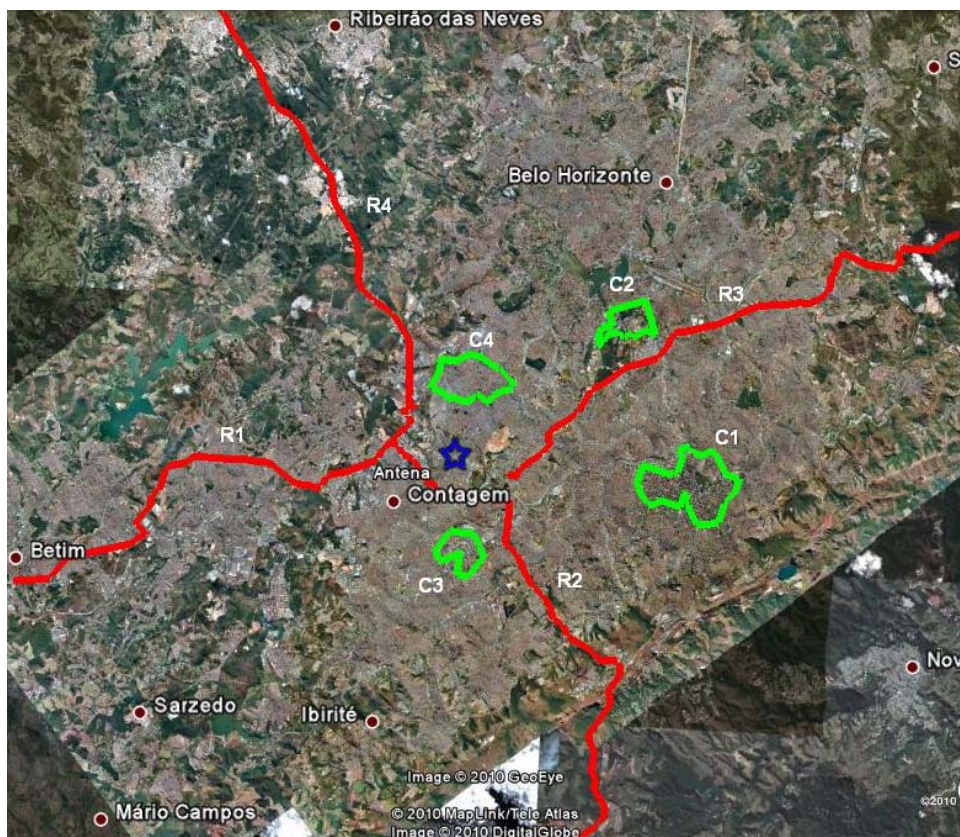


Figura 3: Rotas das medições realizadas para etapa da Rádio UFMG Educativa.

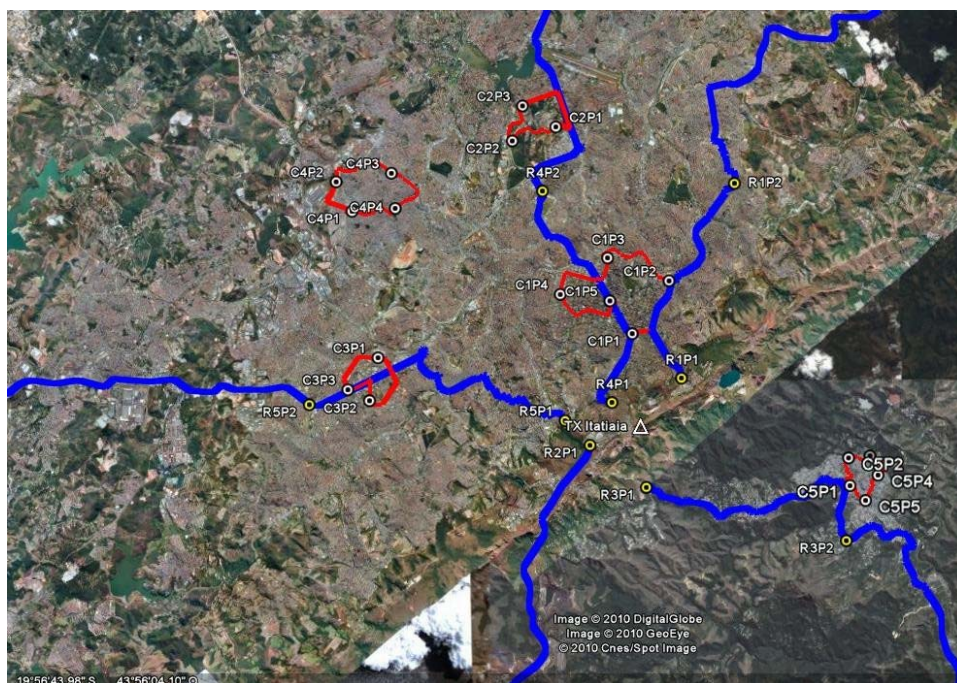
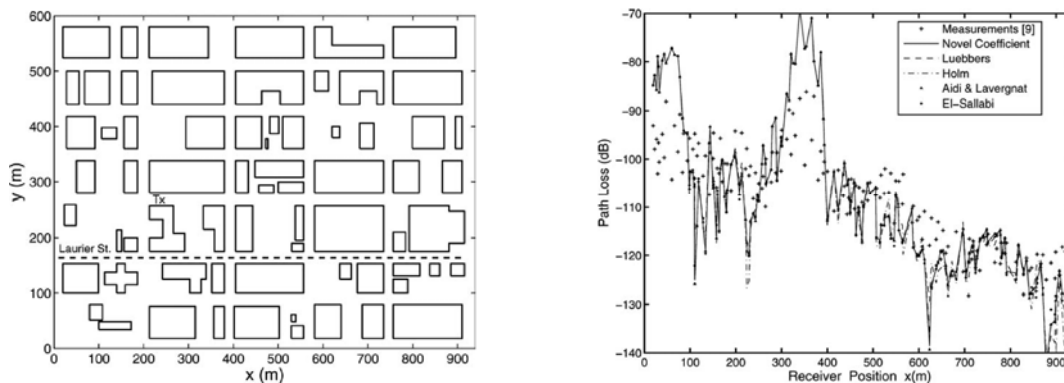


Figura 4: Rotas das medições realizadas para etapa da Rádio Itatiaia FM.

2.2 - Desenvolvimento de modelos para previsão da perda de propagação e perfil de retardos nas faixas de VHF e UHF

Estão sendo desenvolvidos modelos computacionais baseados em técnicas assintóticas (traçado de raios em conjunto com a Teoria Uniforme da Difração) e equações integrais para a simulação da propagação radioelétrica em ambientes urbanos e rurais. Tais modelos visam o desenvolvimento de ferramental teórico e numérico para a aplicação do eletromagnetismo em sistemas de rádio, com o intuito de caracterizá-los de forma eficiente, inclusive no domínio do tempo (caracterização banda larga). Com isso, a formação de profissionais e pesquisadores mais capacitados será favorecida, auxiliando não só no atendimento da crescente e exigente demanda do mercado por mão-de-obra altamente qualificada como também ao interesse das empresas de telecomunicações em fornecer melhores serviços aos seus usuários.



Desenvolvimento de técnicas de traçado-de-raios para caracterização de canais de rádio urbanos: (a) ambiente simulado, (b) comparação com medidas. Fonte: D. Schettino, F. Moreira, and C. Rego, "Heuristic UTD coefficients for electromagnetic scattering by lossy conducting wedges," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 52, no. 12, pp. 2657—2662, Dec. 2010.

Como consequência da pesquisa, foram publicados os seguintes trabalhos:

a) Daniela N. Schettino, Fernando J. S. Moreira, and Cássio G. Rego, "Heuristic UTD coefficients for electromagnetic scattering by lossy conducting wedges," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 52, no. 12, pp. 2657—2662, Dec. 2010.

Abstract: In this study, heuristic uniform theory of diffraction coefficients are suited to account for scattering by lossy conducting wedges. The novel heuristic solution is determined from other previously developed heuristic coefficients, combining their characteristics to improve the estimation of radiowave propagation in urban scenarios. Slope diffraction is also considered to account for double-diffracted fields in consecutive wedges. Maliuzhinets' coefficients provide base solutions to validate the novel formulation. The novel solution is then applied to the wave propagation in a typical urban scenario, and results are compared against measurements provided in the literature.

b) Cláudio G. Batista, Danielle M. Okamoto e Cássio G. Rego, "SPrad - Sistema de Predição de Cobertura Radioelétrica," MOMAG 2010 (14o. Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica & 9o. Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo), Vila Velha, ES, pp. 260—265, Agosto 2010.

Foram concluídas, ou estão em andamento, as seguintes Teses e Dissertações:

- a) Daniela Naufel Schettino, “Métodos assintóticos para predição banda larga da cobertura radioelétrica em ambientes urbanos,” Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Fernando José da Silva Moreira. Co-orientador: Cássio Gonçalves do Rego. 2009.
- b) Danielle Mendonça Okamoto, “Solução numérica e assintótica de propagadores para a faixa de HF,” Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Cássio Gonçalves do Rego. 2010.
- c) João Renato Aguiar Soares, “Modelo e predição de cobertura radioelétrica na faixa de VHF para ambientes de propagação em regiões cobertas por densa vegetação,” Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Cássio Gonçalves do Rego. Em andamento.
- d) Cláudio Garcia Batista, “Métodos de previsão de cobertura e propagadores temporais para terrenos mistos,” Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Cássio Gonçalves do Rego. Em andamento.
- e) Marcos Pacheco, “Estudo de funções de base características para a solução do problema do espalhamento eletromagnético sobre terrenos rugosos,” Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Cássio Gonçalves do Rego. Em andamento.
- f) William Eustáquio da Silva, “Métodos para aceleração da solução numérica de equações integrais aplicadas à solução do problema do espalhamento eletromagnético sobre terrenos mistos,” Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Cássio Gonçalves do Rego. Em andamento.

2.3 - Desenvolvimento de técnicas de análise de microfita cilíndricas utilizando método dos momentos

No GAPTEM/UFMG, em parceria com o Prof. Odilon Maroja C. Pereira Filho (UFPE), foram desenvolvidas técnicas de análise de antenas de microfita cilíndricas através do Método dos Momentos. Essas antenas são constituídas de um condutor cilíndrico dentro do qual se constrói uma cavidade cilíndrico-setorial preenchida por dielétricos. Uma antena cilíndrica é impressa na interface entre dielétricos, e é alimentada por um cabo coaxial do interior do condutor. Esta geometria tem o potencial de minimizar o acoplamento mútuo entre elementos de conjuntos de antenas de microfita cilíndricas, e, portanto, de possibilitar a síntese dos mesmos de forma mais precisa. Dentre as principais propriedades de antenas de microfita destaca-se sua capacidade de se conformar a superfícies curvas. Esta geometria evita a geração de ondas de superfície nos dielétricos de comprimento infinito, e o acoplamento entre elementos de um conjunto de antenas, dela decorrentes.

Como consequência da pesquisa, foram publicados os seguintes trabalhos:

- a) Odilon Maroja C. Pereira Filho, Tiago Braga Ventura, Cássio Gonçalves do Rego, Alexis Tinoco e José Carlos Lacava, “Cavity-backed cylindrical wraparound antennas”, Capítulo de Livro aceito para publicação pela editora IntechWrap.
- b) Odilon M. C. Pereira-Filho, Leonardo A. Costa e Fernando J. S. Moreira, “Conjuntos de Antenas de Microfita Esférico-Trapezoidais,” MOMAG 2010 (14o. Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica & 9o. Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo), Vila Velha, ES, pp. 392—395, Agosto 2010.

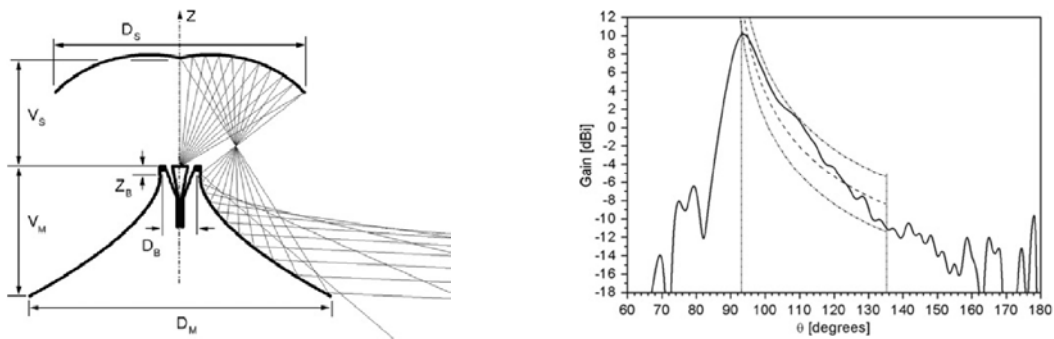
c) Tiago B. Ventura, Odilon M. C. Pereira Filho, and Cássio G. Rego, "Cavity-backed Cylindrical Wraparound Antennas," 2009 International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC 09), Belém, PA, Brazil, pp. 57—60, November 2009.

Foi concluída a seguinte Dissertação:

a) Tiago Braga Ventura, "Antenas de microfita anulares cilíndricas embutidas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Odilon Maroja C. Pereira Filho (atualmente na UFPE). Co-orientador: Cássio G. Rego. 2009.

2.4 - Desenvolvimento de técnica de síntese e análise de antenas omnidirecionais para cobertura uniforme

No GAPTEM/UFMG, em parceria com o CETUC/PUC-Rio, estão sendo conduzidas pesquisas para o desenvolvimento de técnicas de análise (tanto numéricas como assintóticas) para a síntese e análise de antenas refletoras omnidirecionais, onde o controle do diagrama de radiação no plano vertical é obtido pela modelagem da superfície refletora. Estão sendo focadas técnicas baseadas na Óptica Física e no Método dos Momentos. Também estão sendo pesquisadas técnicas sem malha (*mesh free*) visando futura aplicação na análise de antenas refletoras. Estas antenas possuem características banda-largas e podem ser usadas em sistemas WiMAX e LMDS.



Antena omnidirecional ADE modelada para cobertura uniforme: (a) geratrizes dos refletores, (b) diagrama de radiação no plano vertical. Fonte: J. Bergmann and F. Moreira, "Omnidirectional ADE antenna with GO shaped main reflector for arbitrary far-field pattern in the elevation plane," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 3, no. 5, pp. 1028—1035, Oct. 2009.

Como consequência da pesquisa, foram publicados ou aceitos para publicação os seguintes trabalhos:

a) Fernando J. S. Moreira and José R. Bergmann, "Shaping Axis-Symmetric Dual-Reflector Antennas by Combining Conic Sections," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, aceito para publicação.

Abstract: A simple procedure for the shaping of axisymmetric dual-reflector antennas is described. The shaping procedure is based on the consecutive concatenation of local conic sections suited to provide, under geometrical optics (GO) principles, an aperture field with uniform phase, together with a prescribed amplitude distribution. The procedure has fast numerical convergence and is valid for any circularly symmetric dual-reflector configuration. To illustrate the

procedure two representative configurations are investigated. The GO shaping results are validated using accurate method-of-moments analysis.

b) Úrsula C. Resende, Fernando J. S. Moreira, and Odilon M. C. Pereira Filho, "EMFIE and MEFIE Formulations for the Analysis of Scattering from Dielectric and Composite Bodies of Revolution," *Microwave and Optical Technology Letters*, aceito para publicação.

Abstract: In this paper the electromagnetic scattering from dielectric and composite bodies of revolution are analyzed by the electric-magnetic field integral equation (EMFIE) and the magnetic-electric field integral equation (MEFIE), which are customarily overlooked in the literature. A standard method-of-moments (MoM) technique is applied for the numerical solution of the surface integral equations. Several dielectric and composite geometries are analyzed through the bandwidth and results are compared to those of well-established Müller and PMCWHT integral equation formulations. Investigated case studies indicate that the MoM Z matrices yielded by the EMFIE and MEFIE are as well-conditioned as those provided by the Müller and PMCWHT formulations.

c) Williams L. Nicomedes, Renato C. Mesquita, and Fernando J. S. Moreira, "An integral meshless-based approach in electromagnetic scattering," *The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering (COMPEL)*, aceito para publicação.

d) Williams L. Nicomedes, Renato C. Mesquita, and Fernando J. S. Moreira, "2-D scattering integral field equation solution through an IMLS meshless-based approach," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 46, no. 8, pp. 2783—2786, Aug. 2010.

Abstract: In this work, we apply a meshless-based method to a set of integral equations arising in electromagnetic wave propagation and scattering. The objective is not only to solve these equations through a meshless-based method, but also to find a way to build shape functions that could work for any cross-sectional geometry. We have found that the Moving Least Squares (MLS) approximation is not able to provide useful shape functions in every situation. This technique relies on matrix inversions and, according to the geometry, singular matrices can occur. In order to avoid this problem, we have taken the ImprovedMoving Least Squares (IMLS) approximation, that does not depend upon matrix inversions and then applied it to a number of cross-sectional geometries.

e) José R. Bergmann and Fernando J. S. Moreira, "Omnidirectional ADE antenna with GO shaped main reflector for arbitrary far-field pattern in the elevation plane," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 3, no. 5, pp. 1028—1035, Oct. 2009.

Abstract: This work presents a formulation for shaping the main reflector of a dual-reflector antenna designed to offer an omnidirectional coverage with an arbitrary radiation pattern in the vertical plane. The subreflector is generated by an axis-displaced ellipse and the main reflector is shaped to achieve a prescribed far-field radiation pattern. The shaping procedure is based on geometrical optics (GO) principles. Two distinct far-field ray structures are investigated. The GO-shaping results are validated by an analysis using the accurate method of moments technique.

f) José R. Bergmann and Fernando J. S. Moreira, "Bandwidth behavior of omnidirectional dual-reflector antennas synthesized for uniform coverage," *Journal of Microwaves, Optoelectronics, and Electromagnetic Applications*, vol. 8, no. 1, pp. S1—S8, June 2009.

- g) Fernando J. S. Moreira and José R. Bergmann, "Omnidirectional Dual-Reflector Shaping by Concatenating Conic Sections," 4th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2010), Barcelona, Spain, April 2010.
- h) Williams L. Nicomedes, Renato C. Mesquita, and Fernando J. S. Moreira, "Meshless Local Petrov Galerkin (MLPG) Methods in Quantum Mechanics," 14th International IGTE Symposium on Numerical Field Calculation in Electrical Engineering (IGTE'10), Graz, Austria, Sept. 2010. Artigo premiado (Emerald COMPEL award to a young researcher for the best paper presented at IGTE'10).
- i) Williams L. Nicomedes, Renato C. Mesquita, and Fernando J. S. Moreira, "A Meshless Local Boundary Integral Equation Method for Three Dimensional Scalar Problems," 14th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC 2010), Chicago, USA, May 2010.
- j) Úrsula C. Resende and Fernando J. S. Moreira, "Numerical Convergence of Method of Moments in the Analysis of Bodies of Revolution" 17th International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (COMPUMAG 2009), Florianópolis, SC, Brazil, pp. 817—818, November 2009.
- k) Williams L. Nicomedes, Renato C. Mesquita, and Fernando J. S. Moreira, "2D Scattering Integral Field Equation Solution through a IMLS Meshless-Based Approach" 17th International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (COMPUMAG 2009), Florianópolis, SC, Brazil, pp. 350—351, November 2009.
- l) Fernando J. S. Moreira and José R. Bergmann, "Shaping Axis-Symmetric Dual-Reflector Antennas by Consecutively Concatenating Conic Sections," 2009 International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC 09), Belém, PA, Brazil, pp. 359—362, November 2009.
- m) Úrsula C. Resende, Fernando J. S. Moreira, and José R. Bergmann, "Analysis of Omnidirectional Antennas with Radome Operating in LMDS Band for Signals of Digital TV," 2009 International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC 09), Belém, PA, Brazil, pp. 83—86, November 2009.
- n) Williams L. Nicomedes, Renato C. Mesquita, and Fernando J. S. Moreira, "The Unimoment Method and a Meshless Local Boundary Integral Equation (LBIE) Approach in 2D Electromagnetic Wave Scattering," 2009 International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC 09), Belém, PA, Brazil, pp. 514—518, November 2009.
- o) Williams L. Nicomedes, Renato C. Mesquita, and Fernando J. S. Moreira, "2D Scattering Analysis through Meshless Methods: A Comparison Between Two Different Shape Function Schemes," 2009 International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC 09), Belém, PA, Brazil, pp. 368—372, November 2009.
- p) Williams L. Nicomedes, Renato C. Mesquita, and Fernando J. S. Moreira, "A Local Boundary Integral Equation (LBIE) Method in 2D Electromagnetic Wave Scattering, and a Meshless Discretization Approach," 2009 International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC 09), Belém, PA, Brazil, pp. 133—137, November 2009.
- q) Williams L. Nicomedes, Renato C. Mesquita, and Fernando J. S. Moreira, "Electromagnetic Scattering Problem Solving by an Integral Meshless-Based Approach," 8th International Symposium on Electric and Magnetic Fields (EMF 2009), Mondovi, Italy, 2009.
- r) Sandro R. Zang, José R. Bergmann, and Fernando J. S. Moreira, "Omnidirectional Dual-reflector Antenna with a GO Shaped Main Reflector for an Arbitrary Far-Field Pattern in the Elevation Plane," 3rd European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2009), Berlin, Germany, pp. 3047—3050, March 2009.

Foram concluídas, ou estão em andamento, as seguintes Teses e Dissertações:

- a) Rafael Abrantes Penchel, "Modelagem Geométrica de Antenas Duplo-Refletoras para Cobertura Omnidirecional," Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade

Federal de Minas Gerais. Orientador: Fernando José da Silva Moreira. Co-orientador: José Ricardo Bergmann (PUC-Rio). 2009.

b) Williams Lara de Nicomedes, “Técnicas Sem Malha na Análise de Espalhamento Eletromagnético,” Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Fernando José da Silva Moreira. Co-orientador: Renato C. Mesquita (UFMG). Em andamento.

c) Ramon Dornelas Soares, “Aplicação de Técnicas Sem Malha em Espalhamento Eletromagnético. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Fernando José da Silva Moreira. Co-orientador: Renato C. Mesquita (UFMG). Em andamento.

d) Arnaldo Avidago Geraldo, “Aplicação de Técnicas Sem Malha a Antenas Refletoras Omnidirecionais. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Fernando José da Silva Moreira. Co-orientador: Úrsula do Carmo Resende (CEFET-MG). Em andamento.

2.5 - Desenvolvimento de técnicas assintóticas e numéricas de análise eletromagnética no domínio do tempo com aplicação na análise de transiente de antenas

Estão sendo desenvolvidas técnicas para a análise de antenas UWB (*Ultra Wide Band*) no domínio do tempo. O interesse na análise de transientes de fenômenos ondulatórios tem aumentado com os avanços recentes no desenvolvimento de radares de pulsos estreitos, sistemas de transmissão de dados em altas taxas e suas antenas associadas, com aplicações em sensoriamento remoto, identificação de alvos e sistemas de comunicação sem fio UWB e radiodifusão digital.

Como consequência da pesquisa, foram publicados os seguintes trabalhos:

a) Cássio G. Rego, Sandro T. M. Gonçalves, and Fernando J. S. Moreira, “High-frequency asymptotic formulation for prompt response of parabolic reflector antennas,” *AEÜ - International Journal of Electronics and Communications*, vol. 64, no. 1, pp. 36—46, Jan. 2010.

Abstract: This work presents some important concepts for the temporal characterization of reflector antennas based on the determination of the transient antenna response together with a useful definition of the early-time antenna radiation pattern. The concepts are useful in the analysis and design of reflector antennas intended for high resolution radars and for high capacity digital, and UWB communication systems.

b) Cássio G. Rego, “Operadores integrais para a determinação da resposta completa de antenas refletoras parabólicas,” MOMAG 2010 (14º Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica e 9º Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo), Vila Velha, ES, pp. 534—539, Agosto 2010.

c) Cássio G. Rego, “Closed-form solution for integral operators applied to the calculation of radiated fields from parabolic reflector antennas,” 2009 International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC 09), Belém, PA, Brazil, pp. 441—446, November 2009.

Foram concluídas, ou estão em andamento, as seguintes Teses e Dissertações:

a) Sandro Trindade Mordente Gonçalves, “Caracterização Unificada de Antenas nos Domínios do Tempo e Frequência,” Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Cássio G. Rego. 2010.

b) Virgílio Ribeiro Mota, “Técnicas de caracterização de antenas em microfita via FDTD e extração de ressonâncias naturais,” Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Cássio G. Rego. 2010.

c) Weber Costa Pinto dos Anjos, “Aplicação do Método de Expansão de Singularidades para a caracterização de antenas filamentosas banda-larga,” Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Cássio G. Rego. Em andamento.

d) Gláucio Lopes Ramos, “Antenas impressas para aplicações MIMO e UWB,” Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Cássio G. Rego. Em andamento.

e) Emanuel Fonseca dos Santos, “Análise de Transientes em Antenas Duplo-Refletores Omnidirecionais,” Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Fernando J. S. Moreira. Co-orientador: Cássio G. Rego. Em andamento.