

	<p style="text-align: center;"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</b> <b><u>Pesquisa</u></b></p> <p style="text-align: center;">Método para Mapeamento de Fontes Emissoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p style="text-align: center;">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p style="text-align: center;">RELATÓRIO Nº 01 MARÇO 2005</p>
---	--	--

## 1 INTRODUÇÃO

O presente relatório refere-se as atividades de pesquisa desenvolvidas no período de 01 de janeiro de 2005 até 31 de março de 2005.

Inicialmente apresenta-se neste relatório uma proposta de modernização para a representação dos resultados da pesquisa que consiste na veiculação do mapa de forma digital ao invés de apenas gráfica. Por exemplo, segunda a meta prevista:

2. *Pesquisa de campo para identificação, classificação e mapeamento de fontes emissoras de interferência eletromagnéticas – EMI, no município de Taquara.*

*Comprovação da meta: Para a prestação de contas técnica, deverá ser elaborado um mapa com a identificação e classificação das fontes emissoras de interferência eletromagnéticas no município piloto.*

Para tanto será desenvolvido um *site* para esta pesquisa com a finalidade de facilitar o acesso às informações pela comunidade e Secretaria da Ciência e Tecnologia, durante a execução dos trabalhos. Neste local constarão todas as informações, conhecimentos gerados e um *link* com um mapa digital. Toda e qualquer pessoa poderá acessar livremente as informações e acompanhar o desenvolvimento da tecnologia através da internet, bem como, participar enviando sugestões e comentários a equipe de pesquisadores. As empresas que necessitarem dos dados sobre as fontes de campos eletromagnéticos existentes no município piloto poderão acessar as informações de qualquer parte do país ou mundo, para fins de estudos de planejamento industrial.

Este portal será desenvolvido através de uma ferramenta livre (*Software Livre*), denominada Xoops (disponível em <http://xoops total.com.br>). Este sistema Xoops coopera de forma extraordinária para o desenvolvimento de Portais *Web*. Utiliza somente linguagens livres e padronizadas (HTML, PHP e JavaScript), tornando o portal dinâmico e com ótimo design e funcionalidades modernas.

	<p style="text-align: center;"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p style="text-align: center;">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra <b><u>Pesquisa</u></b></p> <p>Método para Mapeamento de Fontes Emisoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p style="text-align: center;">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p style="text-align: center;">RELATÓRIO Nº 01 MARÇO 2005</p>
---	--	--

## 2 ESTUDOS REALIZADOS

A partir da metodologia a ser utilizada na pesquisa iniciou-se os estudos previstos correspondentes a seguinte etapa:

### ***ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL***

*Compatibilidade Eletromagnética;*

*Interferência Eletromagnética – EMI;*

*Linhas de Transmissão de Energia Elétrica;*

*Legislação e Normas Técnicas Aplicáveis;*

*Efeitos Resultantes da Exposição Humana a Campos Eletromagnéticos;*

*Influência da EMI em Equipamentos e Máquinas*

Em especial refere-se que está sendo efetuado uma análise da legislação existente sobre as Diretrizes para Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos Variáveis no Tempo (Até 300 GHz) utilizada pela ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações, elaborada pela Comissão Internacional de Proteção contra Radiações Não-Ionizantes.

Com base nestas diretrizes ressalta-se parte fundamental que utilizar-se-á no estabelecimento dos parâmetros de medida e coleta de dados. Cita-se por exemplo o fator de acoplamento entre os campos e corpo humano como ponto indispensável a ser considerado neste processo experimental.

Desta forma incluí-se neste relatório as bases científicas pesquisadas sobre a questão do acoplamento:

### **MECANISMOS DE ACOPLAMENTO ENTRE CAMPOS E O CORPO HUMANO**

Há três mecanismos básicos de acoplamento, bem estabelecidos, através dos quais campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo interagem diretamente com matéria viva (UNEP/WHO/IRPA, 1993):

	<p style="text-align: center;"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p style="text-align: center;">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra <b>Pesquisa</b></p> <p style="text-align: center;">Método para Mapeamento de Fontes Emissoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p style="text-align: center;">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p style="text-align: center;">RELATÓRIO Nº 01 MARÇO 2005</p>
---	--	--

- a) acoplamento a campos elétricos de baixa frequência;
- b) acoplamento a campos magnéticos de baixa frequência; e
- c) absorção de energia de campos eletromagnéticos.

#### **Acoplamento a campos elétricos de baixa frequência.**

A interação de campos elétricos variáveis no tempo, com o corpo humano, resulta num fluxo de cargas elétricas (corrente elétrica), na polarização de cargas ligadas (formação de dipolos elétricos), e na reorientação dos dipolos elétricos já presentes no tecido. As amplitudes relativas destes diferentes efeitos dependem das propriedades elétricas do corpo, isto é, da condutividade elétrica (que rege o fluxo da corrente elétrica) e da permissividade (que rege a amplitude dos efeitos de polarização). A condutividade elétrica e a permissividade variam com o tipo do tecido do corpo e também dependem da frequência do campo aplicado. Os campos elétricos externos ao corpo, induzem no mesmo uma carga superficial; daí resultando correntes induzidas no corpo, cuja distribuição depende das condições de exposição, do tamanho e forma do corpo, e da posição deste no campo.

#### **Acoplamento a campos magnéticos de baixa frequência**

A interação física de campos magnéticos variáveis no tempo, com o corpo humano, resulta na indução de campos elétricos induzidos e correntes elétricas circulantes. As amplitudes dos campos induzidos e a densidade da corrente são proporcionais ao laço (caminho fechado) escolhido, à condutividade elétrica do tecido, à taxa de variação e à amplitude da densidade do fluxo magnético. Para uma dada amplitude e frequência do campo magnético, os campos elétricos mais intensos são induzidos onde as dimensões do laço são maiores; sendo que o caminho exato e a amplitude da corrente induzida em qualquer parte do corpo, dependerão da condutividade elétrica do tecido.

O corpo não é eletricamente homogêneo; entretanto as densidades de correntes induzidas podem ser calculadas, usando modelos que representam de maneira realísti-

	<p><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p><b>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</b> <b><u>Pesquisa</u></b></p> <p>Método para Mapeamento de Fontes Emissoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p>DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p>RELATÓRIO Nº 01 MARÇO 2005</p>
---	--	--

ca as propriedades anatômicas e elétricas do corpo e recorrendo a métodos computacionais que têm grau elevado de resolução anatômica.

### **Absorção da energia de campos eletromagnéticos**

A exposição a campos elétricos e magnéticos de frequência baixa resulta normalmente em uma absorção de energia desprezível, sem elevação mensurável da temperatura do corpo. Entretanto, a exposição a campos eletromagnéticos de frequências acima de aproximadamente 100 kHz, pode conduzir a uma absorção significativa de energia e a um aumento de temperatura. Em geral, a exposição a um campo eletromagnético uniforme (onda plana) resulta em uma deposição e distribuição de energia altamente não uniforme dentro do corpo, que precisa ser avaliada por medidas dosimétricas e por cálculos.

Com respeito à absorção da energia pelo corpo humano, os campos eletromagnéticos podem ser divididos em quatro faixas (DURNEY et al. 1985):

- a) frequências de aproximadamente 100 kHz a 20 MHz, nas quais a absorção no tronco decresce rapidamente com a frequência decrescente e pode ocorrer uma absorção significativa no pescoço e nas pernas;
- b) frequências de aproximadamente 20 MHz a 300 MHz, nas quais pode ocorrer uma absorção relativamente alta no corpo todo, e até mesmo valores mais altos, se forem consideradas ressonâncias em partes do corpo (p. ex.: na cabeça);
- c) frequências de aproximadamente 300 MHz a vários GHz, nas quais ocorre absorção local significativa e não uniforme; e
- d) frequências acima de 10 GHz, nas quais a absorção de energia ocorre principalmente na superfície do corpo.

	<p><b>PROGRAMA DE APOIO AOS</b>  <b>PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p><b>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</b>  <u><b>Pesquisa</b></u>  Método para Mapeamento de Fontes Emissoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p>DIVISÃO DE  PÓLOS  TECNOLÓGICOS</p> <p>RELATÓRIO Nº 01  MARÇO 2005</p>
---	---	---

Em tecidos, a SAR é proporcional ao quadrado da intensidade do campo elétrico interno. A SAR média e a distribuição da SAR, podem ser computadas ou estimadas a partir de medidas em laboratório. Os valores da SAR dependem dos seguintes fatores:

- a) parâmetros do campo incidente, i.e., freqüência, intensidade, polarização, e a configuração fonte-objeto (campo próximo ou distante);
- b) características do corpo exposto, i.e., seu tamanho e geometria interna e externa, e as propriedades dielétricas dos vários tecidos; e
- c) efeitos de aterramento e reflexão de outros objetos no campo próximo ao corpo exposto.

Quando o eixo maior do corpo humano é paralelo ao vetor do campo elétrico, e sob condições de exposição de onda plana (i.e. exposição no campo distante), a SAR de corpo inteiro alcança valores máximos. A quantidade de energia absorvida depende de vários fatores, incluindo o tamanho do corpo exposto. O "Homem Padrão de Referência" (ICRP 1994), se não for aterrado, tem uma freqüência ressonante de absorção perto de 70 MHz. Para indivíduos mais altos, a freqüência ressonante de absorção é algo inferior, e para adultos mais baixos, crianças, bebês, e indivíduos sentados, pode ser superior a 100 MHz.

O valores dos níveis de referência do campo elétrico, são baseados na dependência da absorção humana com a freqüência; nos indivíduos aterrados, as freqüências ressonantes são cerca de 2 vezes mais baixas.

Para alguns dispositivos que operam em freqüências acima de 10 MHz (p. ex. aquecedores dielétricos, telefones móveis), a exposição humana pode ocorrer sob condições de campo próximo. A dependência da absorção de energia com a freqüência, nestas condições, é muito diferente daquela descrita para as condições de campo distante. Campos magnéticos podem ser dominantes para alguns dispositivos, como telefones móveis, sob certas condições de exposição.

	<p><b>PROGRAMA DE APOIO AOS</b>  <b>PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b>  Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra  <u>Pesquisa</u>  Método para Mapeamento de Fontes Emissoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p>DIVISÃO DE  PÓLOS  TECNOLÓGICOS  RELATÓRIO Nº 01  MARÇO 2005</p>
---	---	---

A modelagem numérica, bem como as medidas de correntes induzidas no corpo e da intensidade de campo em tecidos, para a avaliação da exposição em campos próximos, têm sido úteis no caso de telefones móveis, "walkie-talkies", torres de radiodifusão, equipamento de comunicação a bordo de navios, e aquecedores dielétricos (KUSTER e BALZANO 1992; DIMBYLOW e MANN 1994; JOKELA et al. 1995). A importância destes estudos reside no fato de terem demonstrado que a exposição na região de campo próximo pode resultar em valor elevado de SAR local (p.ex. na cabeça, nos pulsos e tornozelos) e que a SAR de corpo inteiro e local dependem consideravelmente da distância entre a fonte de alta frequência e o corpo. Finalmente, dados de SAR obtidos por medição, são consistentes com os dados obtidos a partir dos modelos numéricos. A SAR média para o corpo inteiro e a SAR local, são grandezas convenientes para a comparação de efeitos observados sob várias condições de exposição. Uma discussão detalhada sobre a SAR pode ser encontrada nas referências (UNEP/WHO/IRPA, 1993). Nas frequências maiores que 10 GHz, a profundidade de penetração do campo dentro de tecidos é pequena e a SAR não é uma boa medida para avaliar a energia absorvida. Neste caso, a densidade de potência do campo incidente (em  $W.m^{-2}$ ) é uma grandeza dosimétrica mais apropriada.

### **MECANISMOS DE ACOPLAMENTO INDIRETO**

Há dois mecanismos de acoplamento indireto:

- a) correntes de contato, que resultam do contato do corpo humano com um objeto de potencial elétrico diferente (i.e., quando o corpo ou o objeto estão carregados por um CEM); e
- b) acoplamento do CEM a aparelhos médicos usados por indivíduos ou implantados nos mesmos.

	<p style="text-align: center;"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p style="text-align: center;">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra <u>Pesquisa</u></p> <p>Método para Mapeamento de Fontes Emisoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p style="text-align: center;">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p style="text-align: center;">RELATÓRIO Nº 01 MARÇO 2005</p>
---	---	--

O carregamento de um objeto condutor por CEM, causa correntes elétricas que circulam através do corpo humano em contato com o objeto (TENFORDE e KAUNE 1987; UNEP/WHO/IRPA, 1993). A amplitude e a distribuição espacial de tais correntes, dependem da frequência, do tamanho do objeto, do tamanho da pessoa e da área de contato. Podem ocorrer descargas transitórias faíscas quando se aproximam um indivíduo e um objeto condutor, expostos a um campo intenso.

### 3 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A partir da análise das informações científicas referentes a exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos a que o corpo humano está sujeito, considerando-se que a interação de campos elétricos variáveis no tempo, com o corpo humano, resulta num fluxo de cargas elétricas (corrente elétrica), na polarização de cargas ligadas (formação de dipolos elétricos) e na reorientação dos dipolos elétricos já presentes no tecido, determinou-se que será utilizada como antena receptora o dipolo de meia-onda, como padrão para as medidas experimentais. Desta forma, serão utilizados diversos dipolos de meia-onda, ou seja, para cada frequência que será medida experimentalmente será utilizado o dipolo de meia-onda correspondente a esta.

Para viabilizar-se este procedimento foi adotada a idéia de construir-se um sistema (antena) que fosse ajustável conforme a frequência, ou seja, proporcionasse o comprimento físico de meia-onda para cada frequência a ser mensurada. O sistema proposto é construído a partir do conceito de uma antena ajustável “telescópica”.

Como o estudo das frequências envolvidas ou grupo de frequências na experimentação ainda não foi delimitado, optou-se em construir experimentalmente uma das antenas que serão utilizadas no levantamento experimental.

	<p style="text-align: center;"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p style="text-align: center;">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra <b><u>Pesquisa</u></b></p> <p style="text-align: center;">Método para Mapeamento de Fontes Emisoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p style="text-align: center;">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p style="text-align: center;">RELATÓRIO Nº 01 MARÇO 2005</p>
---	--	--

Na figura 1, pode-se verificar a antena construída para o levantamento que constitui-se em um dipolo ajustável.



Figura 1 – Antena dipolo ajustável

O sistema ajustável proposto proporciona neste primeiro protótipo desenvolvido medições na faixa de freqüências de 129,75 a 652,17 MHz. Isto significa que poderá ser utilizado o sistema para serem medidas freqüências não inferiores a 129,75 MHz e não superiores a 652,17 MHz. Necessita-se desta forma que outros sistemas sejam construídos para serem viabilizadas outras faixas de medida. Delimitando-se o espectro de freqüências a ser estudado em uma faixa de 100 MHz a 1 GHz seria necessário um sistema que possibilitasse o ajuste mecânico do comprimento do dipolo desde um mínimo de 7,5 cm (cada lado) até um máximo de 75 cm (cada lado).

 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra <u>Pesquisa</u></p> <p>Método para Mapeamento de Fontes Emissoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO Nº 01 MARÇO 2005</p>
---	--	--

Na figura 2, verifica-se a possibilidade da utilização da antena construída para ensaios com polarização vertical e, a proporção em relação ao corpo humano nas frequências de 129,75 MHz e 652,17 MHz.



Figura 2 – Antena dipolo ajustável desenvolvido, na polarização vertical, em relação ao corpo humano

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra <b><u>Pesquisa</u></b></p> <p>Método para Mapeamento de Fontes Emissoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO Nº 01 MARÇO 2005</p>
---	---	--

O sistema desenvolvido possui um dispositivo (conector tipo BNC) que permite a retirada do sinal da antena dipolo através da conexão de um cabo coaxial, com 75 Ohms de impedância, que deverá ser conectado ao equipamento de medida (analisador de espectro).

Na figura 3, verifica-se o cabo coaxial conectado a antena tornando o sistema apto a utilização para os levantamentos experimentais.



Figura 3 – Antena dipolo ajustável com cabo coaxial conectado

	<p style="text-align: center;"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra <u>Pesquisa</u></b></p> <p>Método para Mapeamento de Fontes Emissoras de Campos Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental</p>	<p style="text-align: center;">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p style="text-align: center;">RELATÓRIO Nº 01 MARÇO 2005</p>
---	---	--

Até a presente data os trabalhos de pesquisa desenvolveram-se dentro do cronograma oficial. Os equipamentos de medição previstos ainda não foram adquiridos devido a uma possível atualização tecnológica necessária. Assim, será solicitada autorização a Secretaria da Ciência e Tecnologia para readequação dos equipamentos a serem adquiridos, não se ultrapassando os valores financeiros já recebidos.

---

Prof. Carlos Fernando Jung

Mestre em Engenharia de Produção

Coordenador e Pesquisador do Projeto

---

Profa. Zênia Heller

Mestre em Biologia

Pesquisadora do Projeto

Taquara, 05 de Abril de 2005



SECRETARIA  
DA CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA

**PROGRAMA DE APOIO AOS  
PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA**

**Pólo de Inovação Tecnológica Parahana/Encosta da Serra  
Pesquisa**

Método para Mapeamento de Fontes Emissoras de Campos  
Eletromagnéticos Aplicado a Processos de Gestão Ambiental

DIVISÃO DE  
PÓLOS  
TECNOLÓGICOS

RELATÓRIO Nº 01  
MARÇO 2005