



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
**SECRETARIA DA CIÊNCIA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA RS TECNÓPOLE**

Revisão 2011

Programa:

Programa de Apoio aos Polos de Inovação Tecnológica do RS

Projeto:

Desenvolvimento de Absorvedor Piramidal de Radiações Eletromagnéticas para Câmaras Anecóicas com a Utilização de Resíduos de Indústrias Alimentícias e Moveleiras



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
**SECRETARIA DA CIÊNCIA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA RS TECNÓPOLE**

Revisão 2011

**1. DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA PARA O ENCAMINHAMENTO DOS PROJETOS**  
**1.1 INSTRUÇÃO NORMATIVA CAGE 01/2006**

- a) Certidão de registro no Cartório de Registro Civil de Pessoas Jurídicas – para entidade privada; ou cópia do Diário Oficial – para entidade pública.
- b) Cópia da Ata de posse ou ato de designação do titular da mantenedora, quando for o caso.
- c) Cópia de exemplar do estatuto, regulamentos ou compromissos da mantenedora.
- d) Comprovação de funcionamento regular da mantenedora, atestada pela Prefeitura Municipal.
- e) Certidão de utilidade pública, se for o caso.
- f) Certidão de regularidade do Centro de Pesquisa, Universidade ou mantenedora, com as Fazendas Federal, Estadual e Municipal, *dentro do prazo de validade*.
- g) CND junto ao INSS, *dentro do prazo de validade*.
- h) Certificado do FGTS, *dentro do prazo de validade*.
- i) Cópia do CNPJ.

**1.2 OUTROS DOCUMENTOS PERTINENTES PARA O ENCAMINHAMENTO DOS PROJETOS**

Cópia do documento de identidade e CPF do Reitor da Universidade e do titular da Mantenedora ou do Presidente do Centro de Pesquisa.

Certidão de registro na Secretaria do Trabalho e do Desenvolvimento Social, *dentro do prazo de validade*.

Certidão do registro de imóveis. Em caso de comodato, terá que vir o contrato. Em caso de hipoteca terá que vir a Declaração do Reitor informando que o pagamento está em dia e que terá previsão orçamentária para pagar o restante, quando o objeto do convênio incluir obras.

Declaração da Universidade ou Centro de Pesquisa de que há previsão orçamentária para as despesas de contrapartida.



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
**SECRETARIA DA CIÊNCIA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA RS TECNÓPOLE**

Revisão 2011

## 2. IDENTIFICAÇÃO

### 2.1 NOME DO POLO: Pólo de Inovação Tecnológica do Vale do Paranhana / Encosta da Serra

Gestor: Prof. Dr. Carlos Fernando Jung

Instituição: Faculdades Integradas de Taquara - FACCAT

Endereço para correspondência: Avenida Oscar Martins Rangel, 4.500

Cidade: Taquara

CEP: 95600-000

End. Eletrônico: [carlosfernandojung@gmail.com](mailto:carlosfernandojung@gmail.com)

Fone: (51) 3541.6648/6693

FAX:

### 2.2 NOME DA REGIÃO DO COREDE: Paranhana / Encosta da Serra

Presidente: Prof. Delmar Henrique Backes

Endereço para correspondência: Avenida Oscar Martins Rangel, 4.500

Cidade: Taquara

CEP: 95600-000

End. Eletrônico: [direcao@faccat.br](mailto:direcao@faccat.br)

Fone: (51) 3541.6679

FAX:

### 2.3 NOME DA UNIDADE EXECUTORA (Universidade/Campus/Centro de Pesquisa):

**Faculdades Integradas de Taquara - FACCAT**

Diretor Geral: Prof. Delmar Henrique Backes

Endereço para correspondência: Avenida Oscar Martins Rangel, 4.500

Cidade: Taquara

CEP: 95600-000

End. Eletrônico: [direcao@faccat.br](mailto:direcao@faccat.br)

Fone: (51) 3541.6679

FAX:

### 2.4 NOME DA MANTENEDORA:

**Fundação Educacional Encosta Inferior do Nordes – FEEIN**

Presidente: Adv. Nicolau Rodrigues da Silveira

Endereço para correspondência: Avenida Oscar Martins Rangel, 4.500

Cidade: Taquara

CEP: 95600-000

End. Eletrônico: [feein@faccat.br](mailto:feein@faccat.br)

Fone: (51) 3541.6600

FAX:

### 2.5 NOME DO PROJETO: Desenvolvimento de Absorvedor Piramidal de Radiações Eletromagnéticas para Câmaras Anecóicas com a Utilização de Resíduos de Indústrias Alimentícias e Moveleiras

Coordenador: Prof. Dr. Carlos Fernando Jung

Endereço para correspondência: Rua Rio Branco, 1378, Ap.48

Cidade: Taquara

CEP: 95600-000

End. Eletrônico: [carlosfernandojung@gmail.com](mailto:carlosfernandojung@gmail.com)

Fone: (51) 9972.3926

FAX:



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
**SECRETARIA DA CIÊNCIA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA RS TECNÓPOLE**

Revisão 2011

**3. JUSTIFICATIVA:** (Formular o problema e justificar o Projeto, indicando sua contribuição para o desenvolvimento da região/Estado, sua relação com programas nacionais, regionais e setoriais de desenvolvimento; sua relação com projetos semelhantes do Estado, do País e do Exterior; sua relação com os planos diretores da Unidade Executora, Polo Tecnológico, Plano Estratégico do COREDE, salientar os aspectos que serão desenvolvidos e as inovações do projeto).

Produtos desenvolvidos com materiais sustentáveis podem contribuir para promover alterações conscientes no entorno social, de forma a atender as necessidades de empresas e do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

Essa ideia encontra-se de acordo com o conceito de sustentabilidade proposto pelo relatório Bruntland, da ONU, que lançou as bases da economia sustentável a partir do axioma: Desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações em satisfazer suas próprias necessidades.<sup>1</sup>

Um dos mercados de maior potencial é o de produtos sustentáveis voltados ao consumidor e as empresas. Esse é um mercado ainda pouco ou quase nada explorado no Brasil e América do Sul, embora já seja uma realidade na União Europeia e Oceania (Austrália e Nova Zelândia), onde a consciência ambiental dos consumidores já faz parte da cidadania. Um produto ecológico ou sustentável é todo aquele que artesanal ou industrializado, de uso pessoal, alimentar, residencial, comercial, agrícola e industrial, seja não poluente, não tóxico, notadamente benéfico ao meio ambiente e à saúde, contribuindo para o desenvolvimento de um modelo econômico e social sustentável.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> JUNG, C. F. ; CATEN, C. S. T. ; ECHEVESTE, M. E. S.; RIBEIRO, J. L. D. . *Características lineares e sistêmicas no processo de desenvolvimento de produtos*. In: Lia Buarque Macedo de Guimarães. (Org.). Design: Desenvolvimento de Produto: Conceitos, Definições e Modelos. 1 ed. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2009.

<sup>2</sup> ARAÚJO, M. A. Produtos ecológicos para uma sociedade sustentável. Disponível em: <<http://idhea.com.br/pdf/sociedade.pdf> > Acesso em: 23 Out 2011.

O uso de matérias-primas naturais renováveis, obtidas de maneira sustentável ou por reciclagem de matérias-primas por processos tecnológicos limpos (sem a emissão de poluentes) permitem atualmente uma ampla gama de opções, a saber: alimentos orgânicos, roupas de algodão orgânico, couro vegetal, produtos de limpeza biológicos, inseticidas biológicos, roupas de PET reciclado, adesivos à base de óleos vegetais, tintas à base de silicato de potássio, plásticos biodegradáveis, chapas de plástico reciclado, telhas recicladas, combustível vegetal (biodiesel), biogás, etc..<sup>3</sup>

Atualmente, no Polo de Inovação Tecnológica do Paranhana e Encosta da Serra estão sendo desenvolvidos dois projetos apoiados pelo Programa de Polos da Secretaria da Ciência, Inovação e Desenvolvimento Tecnológico do RS que possuem foco no aproveitamento de resíduos de agroindústrias e na utilização da Tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) aplicada a sistemas de produção.

O primeiro, “Processo Biotecnológico para Obtenção do Adoçante Xilitol a partir de Resíduos de Agroindústrias”, destina-se a desenvolver um processo biotecnológico de maior produtividade para obtenção do adoçante Xilitol, a partir de resíduos provenientes de agroindústrias, visando ainda obter um produto comercialmente viável.

O segundo projeto, “Sistema de Controle e Monitoramento On-Line Aplicado a Otimização de Linhas de Produção do Setor Calçadista”, tem por finalidade desenvolver, implementar e difundir um sistema inteligente apoiado por *software* capaz de detectar gargalos em linhas de produção, combinando os métodos e técnicas da engenharia de produção com os da computação em desenvolvimento de *software* e tecnologia RFID capazes de supervisionar, controlar e gerar informações para a tomada de decisões em *real-time*.

Durante a execução destes dois projetos, foi identificada a possibilidade de serem aproveitados os conhecimentos resultantes do processo de obtenção e aproveitamento de resíduos industriais, como também, àqueles gerados pelos vários ensaios e testes experimentais em materiais que envolveram a Tecnologia RFID.

---

<sup>3</sup> JUNG, C.F.; CATEN, C. S. T.; ECHEVESTE, M. E. S.; RIBEIRO, J. L. D. *Características lineares e sistêmicas no processo de desenvolvimento de produtos*. In: Lia Buarque Macedo de Guimarães. (Org.). Design: Desenvolvimento de Produto: Conceitos, Definições e Modelos. 1 ed. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2009.

Uma demanda que surgiu durante os testes do sistema proposto no projeto “Sistema de Controle e Monitoramento On-Line Aplicado a Otimização de Linhas de Produção do Setor Calçadista”, foi conhecer as diversas características e efeitos resultantes da interação pela proximidade dos materiais que compõem os recipientes para movimentação de componentes na indústria e/ou embalagens de produtos e, as Etiquetas (RFID Tags) que são fixadas nestes. Foi observado e verificado, de forma experimental “em campo aberto – ambiente externo livre de reflexões e reforços de sinais”, que estas interações geram efeitos que podem variar em função dos diversos tipos de materiais e afetar a qualidade de recepção e transmissão de sinais entre as Etiquetas RFID e o sistema Leitor (RFID).

Foi analisada a possibilidade de ser ampliado e aprofundado o estudo acerca destes fenômenos físicos relativos a radiação eletromagnética e, também, viabilizar às empresas industriais e comerciais que utilizam ou venham a utilizar a Tecnologia RFID nos sistemas de produção e distribuição através da colocação de Etiquetas RFID nas embalagens, um meio para a realização de ensaios de eficiência, a baixo custo, do conjunto Embalagem (material) – Etiqueta RFID – Leitor RFID.

Para a obtenção deste benefício às empresas, foi concebida a ideia de ser implantada uma Câmara Anecóica, ver Figura 1, para realização destes ensaios.



Figura 1 – Câmara Anecóica para ensaios que utilizam sinais de radiofrequências (RF)<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> <http://electronicapascual.com/blog/?p=189>

Uma Câmara Anecóica é composta por uma sala de alvenaria blindada com materiais metálicos que devem impedir e/ou atenuar a entrada de sinais eletromagnéticos externos na faixa de radiofrequências (RF). Esta sala, na parte interior, é parcialmente ou totalmente revestida com materiais absorventes de radiações eletromagnéticas (MARE) que devem atenuar a reflexão dos sinais emitidos dentro deste ambiente quando da realização de um ensaio. Esta câmara possui um amplo espectro de aplicações e é utilizada para executar vários tipos de testes e medições.

No entanto, o simples fato de implantar uma Câmara Anecóica para a realização de ensaios (aplicação de técnicas) por si só não consistiria em uma inovação, mas, possibilitou a geração de uma nova ideia para a obtenção de um produto inovador, passível de obter-se uma patente, e a geração de novos conhecimentos científicos.

Assim, foi proposta a pesquisa e o desenvolvimento de um novo produto a partir do aproveitamento de resíduos de indústrias alimentícias e moveleiras a ser obtido por meio de um compósito. Este novo produto, consiste em um “Absorvedor Piramidal de Radiação Eletromagnética” que é amplamente utilizado para revestir o interior de Câmaras Anecóicas para atenuar a reflexão de sinais eletromagnéticos gerados nos ensaios, ver Figura 2.

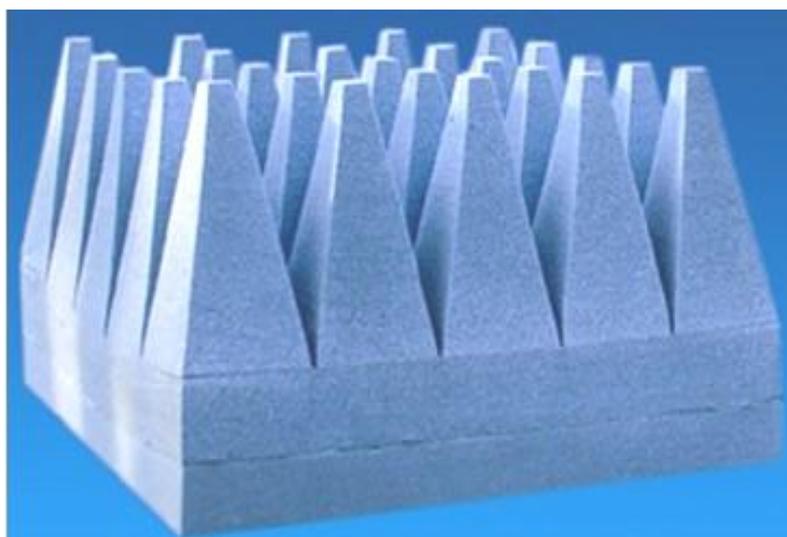


Figura 2 – Absorvedores piramidais de radiação eletromagnética<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> [http://www.compeng.com.au/document\\_library/pyramidal\\_rf\\_absorber\\_sa\\_version.aspx](http://www.compeng.com.au/document_library/pyramidal_rf_absorber_sa_version.aspx)

Migliano, Reis de Freitas e Melo<sup>6</sup> afirmam que o projeto de um material absorvedor de radiação eletromagnética é focalizado, principalmente, sobre a composição e síntese dos materiais construtivos, com o arranjo dos materiais dielétrico e magnético que proporcionam um dado perfil de impedância de onda para uma determinada onda eletromagnética incidente. Desta forma, a evolução da tecnologia de produção desses materiais absorvedores está relacionada diretamente com o estudo dos materiais, e exploração de técnicas para obtenção de revestimentos com qualidades de absorção da radiação eletromagnética, para uma faixa cada vez mais ampla do espectro.<sup>7</sup>

As aplicações desses materiais concentram-se no setor industrial através da possibilidade de se obter: (i) novos revestimentos para Câmaras Anecóicas para ensaios eletromagnéticos; (ii) blindagem de ambientes sujeitos a fontes intensas de RF danosas ao tecido humano; (iii) novas antenas de alto desempenho; (iv) controle de interferência eletromagnética; (v) redução de *radar-cross-section* de aeronaves e artefatos; e (vi) blindagens de fornos de microondas.<sup>8</sup>

Os mecanismos para atenuar a energia de uma onda eletromagnética, que existem em um material absorvedor, são muitos e complexos.<sup>9</sup> Pode-se dizer que os materiais absorvedores de radiação eletromagnética promovem a troca de energia da radiação eletromagnética pela energia térmica, devido às características intrínsecas de determinados componentes.<sup>10</sup> Esses materiais, quando atingidos por uma onda eletromagnética, têm a estrutura molecular excitada e a energia incidente é convertida em calor, proporcionando uma baixa reflexão da onda incidente.<sup>11</sup>

---

<sup>6</sup> MIGLIANO, A.C.C.; REIS DE FREITAS, C.A; MELO, F.C.L. Características de Absorção da Radiação Eletromagnética em Revestimentos Planos à Base de Ferritas de Mg-Mn. *Revista Científica Periódica – Telecomunicações*. Volume 05 - Número 02 - Dezembro de 2002.

<sup>7</sup> CHUNG, B.K.; CHUA, H.T. Design and construction of a multipurpose wideband anechoic chamber," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*. Vol. 45, No. 6, 41-47, 2004.

<sup>8</sup> MIGLIANO, A.C.C.; REIS DE FREITAS, C.A; MELO, F.C.L. Características de Absorção da Radiação Eletromagnética em Revestimentos Planos à Base de Ferritas de Mg-Mn. *Revista Científica Periódica – Telecomunicações*. Volume 05 - Número 02 - Dezembro de 2002.

<sup>9</sup> SILVA, F.S., REZENDE, M.C. Estudo, desenvolvimento e caracterização de materiais absorvedores de radiação microondas para uso aeronáutico e de telecomunicações. *Anais SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROONDAS OPTOELETRÔNICA*, 9., João Pessoa, PB, 2000.

<sup>10</sup> FOLGUERAS, L.C.; REZENDE, M.C. Material Absorvedor de Radiação Eletromagnética Multicamadas Processado a partir de Não Tecidos Poliméricos e Polímero Condutor. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

<sup>11</sup> SCHLEHER, D.C. *Electronic Warfare in the Information Age*. London: Artech House, 1999.

Atualmente, existem muitos tipos de absorvedores de radiofrequência no mercado. Segundo Malek *et al.*<sup>12</sup> as tecnologias disponíveis no mercado devem ainda ser em muito melhoradas. No mercado comercial, os absorventes são tipicamente fabricados pela adição de carbono em um meio de espuma de plástico poliuretano e poliestireno, ver Figura 3. Estes são os mais populares materiais utilizados para a fabricação de absorventes piramidais para radiofrequências.



Figura 3 – Espuma produzida com poliuretano (a) e Isopor produzido com poliestireno expandido (b)

Recentes estudos propostos por Nornikman *et al.*<sup>13</sup> “Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks”, Malek *et al.*<sup>14</sup> “Rubber Tire Dust-Rice Husk Pyramidal Microwave Absorber” e, Nornikman *et al.*<sup>15</sup> “Parametric Studies of the Pyramidal Microwave Absorber Using Rice Husk” apresentam resultados obtidos a

<sup>12</sup> MALEK, F.; CHENG, E.M.; NADIAH, O.; NORNIKMAN, H.; AHMED, M.Z.A.; ABD AZIZ, M.Z.A. AZREMI, A.R.; OSMAN, P.J.; SOH, P.J.; AZREMI, A.A.H.; HASNAIN, A.; TAIB, M.N. Rubber Tire Dust-Rice Husk Pyramidal Microwave Absorber. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 117, 449-477, 2011.

<sup>13</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. Setup and Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141-161, 2011.

<sup>14</sup> MALEK, F.; CHENG, E.M.; NADIAH, O.; NORNIKMAN, H.; AHMED, M.Z.A.; ABD AZIZ, M.Z.A. AZREMI, A.R.; OSMAN, P.J.; SOH, P.J.; AZREMI, A.A.H.; HASNAIN, A.; TAIB, M.N. Rubber Tire Dust-Rice Husk Pyramidal Microwave Absorber. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 117, 449-477, 2011.

<sup>15</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; SOH, P.J.; AZREMI, A.A.H.; WEE, F.H.; HASNAIN, A. Parametric Studies of the Pyramidal Microwave Absorber Using Rice Husk. *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 104, 145-166, 2010.

partir da utilização de resíduos para a construção de absorvedores de radiações eletromagnéticas.

Nornikman *et al.*<sup>16</sup> afirmam que os resíduos agrícolas não são considerados muitas vezes úteis e são comumente descartados ou queimados após a colheita das culturas. Cascas resultantes do arroz são exemplos de resíduos agrícolas, ver Figura 4. A casca de arroz tem sido investigada como um material para ser utilizado na construção de absorvedores piramidais para RF.



Figura 4 – Cascas de arroz

Estes autores utilizaram uma mistura de casca de arroz e resíduos de poliéster, ver Figura 5. Os experimentos mostraram que a perda de reflexão “*reflection loss*” obtida pelo uso do compósito proposto foi significativo, sendo melhor que -10 dB (que é o limite para os absorvedores de radiofrequência para micro-ondas).



Figura 5 – Resíduos de fios produzidos com poliéster

---

<sup>16</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. SETUP AND Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141{161, 2011.

O experimento realizado por Nornikman *et al.*<sup>17</sup>, mostrou a necessidade de serem realizadas novas pesquisas para investigar o desempenho de cascas de arroz para a construção de absorvedores devido a influência da temperatura, umidade e outros parâmetros ambientais. Estes autores referem que isto é importante para garantir a viabilidade e robustez deste compósito para atender várias normas internacionais antes comercialização. Os resultados desta pesquisa mostram que a casca de arroz tem grande potencial para ser usada como material para a construção de absorventes piramidais para radiofrequências.

Malek *et al.*<sup>18</sup> utilizaram resíduos de borracha de pneus e casca de pó de arroz, ver Figura 6, como materiais alternativos para desenvolver absorvedores piramidais. Estes autores também investigaram e determinaram refletividade e o desempenho da perda de reflexão (*reflection loss*) a partir da elaboração deste compósito. Os resultados indicaram o pó de borracha de pneu tem potencial para ser usado como um material alternativo na concepção de absorvedores piramidais. A perda de reflexão obtida para o pó de borracha de pneus misturados com cascas de arroz foram considerados importantes e, também, apresentou resultado melhor que -10 dB.



Figura 6 – Pó de borracha de pneus (a) e pó obtido a partir de cascas de arroz (b)

<sup>17</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. SETUP AND Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141-161, 2011.

<sup>18</sup> MALEK, F.; CHENG, E.M.; NADIAH, O.; NORNIKMAN, H.; AHMED, M.Z.A.; ABD AZIZ, M.Z.A. AZREMI, A.R.; OSMAN, P.J.; SOH, P.J.; AZREMI, A.A.H.; HASNAIN, A.; TAIB, M.N. Rubber Tire Dust-Rice Husk Pyramidal Microwave Absorber. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 117, 449-477, 2011.

No entanto, em ambos os estudos foram utilizados resíduos de materiais sintéticos para elaboração dos compósitos. Um material sintético é a composição usada na fabricação de um determinado produto artificialmente, ou seja, que contém elementos químicos desenvolvidos em laboratório e por processos industriais. O acrílico, polietileno, nylon, poliestireno e a borracha sintética são exemplos destes materiais.

Assim, um dos diferenciais do projeto proposto é a utilização apenas de resíduos de materiais naturais, portanto, não sintéticos. Esta proposta visa reduzir a possibilidade do contato e permanência de materiais em ambientes internos (câmaras anecóicas) que possam representar qualquer risco de toxicidade ao homem.

Outro importante diferencial consiste em ser desenvolvido o absorvedor piramidal de radiação eletromagnética para o uso em câmaras anecóicas que se destinam a ensaios de sistemas RFID – Identificação por Radiofrequência (*Radio Frequency Identification*), tendo por referência o espectro de frequências compreendido entre 800 MHz a 6 GHz. A proposta visa atender as demandas de ensaios e testes para desenvolvimento de sistemas RFID, atualmente com amplas aplicações industriais e comerciais, na faixa de 868 MHz a 5,8 GHz (ver Figura 7).

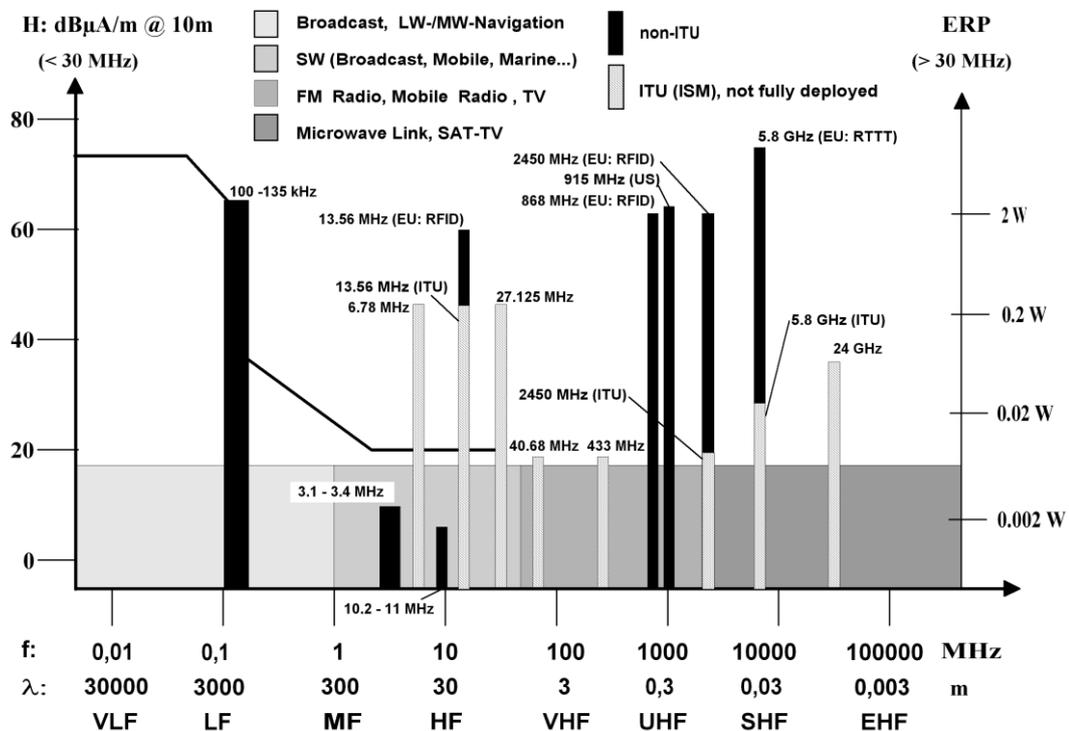


Figura 7 – Espectro de frequências segundo padrões internacionais para aplicações RFID

No cenário internacional, a tecnologia RFID é objeto de várias pesquisas e investimentos por parte da indústria e comunidade científica, com taxas de crescimento contínuas no uso destes dispositivos nos últimos anos. Incentivados por regulamentações federais, alguns países, como os EUA, e mais recentemente o Brasil, passaram a utilizar etiquetas RFID para identificação de passaportes, dando grande visibilidade e ampliando o uso da tecnologia.

Na indústria é utilizada, por exemplo, como meio de identificação de componentes, permitindo o rastreamento completo de toda cadeia produtiva de um determinado produto, da linha de produção ao ponto de venda.

Em outro exemplo, uma das maiores redes varejo do mundo, o Wal-Mart em conjunto com 100 dos seus maiores fornecedores, está empenhado em uma iniciativa de transição para a etiquetagem com RFID de todas as caixas e paletes destinados aos centros de distribuição de produtos e materiais<sup>19</sup>.

A RFID Systems<sup>20</sup> afirma que uma das aplicações mais consagradas para a RFID é o controle de pedágios. Automóveis em diversos países já utilizam a tecnologia RFID - passivas ou semiativas – para agilizar o processo de pagamento pelo uso das rodovias, ver Figura 8.

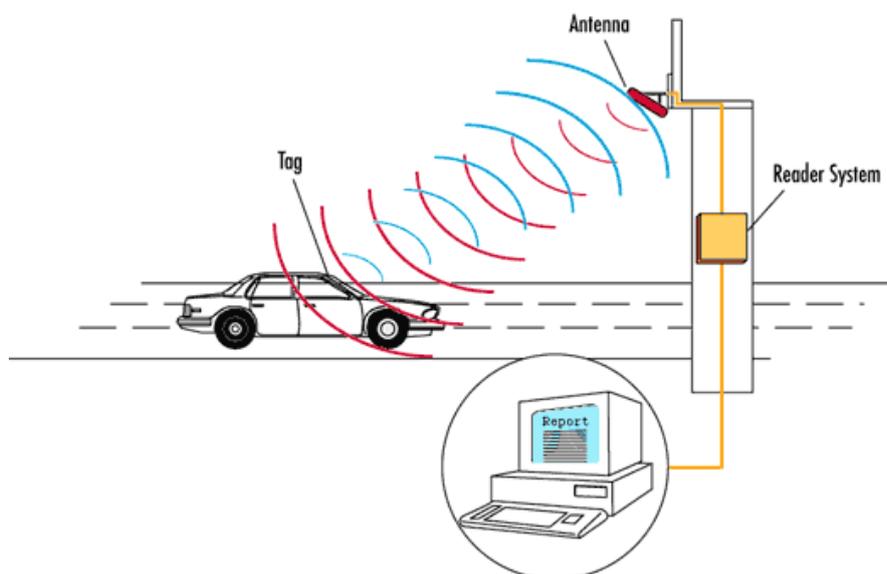


Figura 8 – Funcionamento do sistema RFID aplicado a pedágios

<sup>19</sup> COMPUTERWORLD. Empresas de TI lançam no Brasil supply chain colaborativo. Disponível em: <http://computerworld.uol.com.br/gestao/2011/03/23/empresas-de-ti-lancam-no-brasil-supply-chain-colaborativo/>, Acesso em: 10 Abr. 2011.

<sup>20</sup> RFID Aesthetics. Disponível em: <http://pingmag.jp/2008/06/23/rfid-aesthetics/> Acesso em: 10 Set 2011.

Centros governamentais e não governamentais de distribuição e, empresas que necessitam eficiência na gestão da cadeia de suprimentos têm gerado um aumento exponencial na implantação desta tecnologia, em especial, após o surgimento do EPC (*Electronic Product Code*). Portais de leitura podem gerenciar a movimentação de empilhadeiras em tempo real, enviando as informações via redes para os servidores da empresa, ver Figura 9.

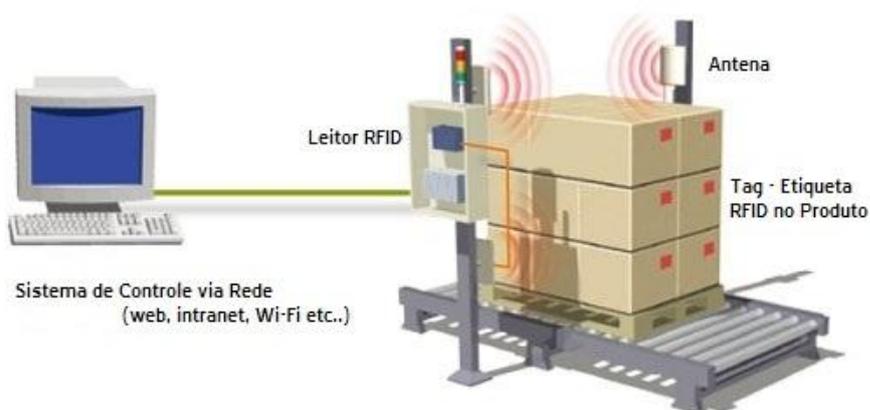


Figura 9 - Sistema com tecnologia RFID para controle da movimentação de produtos

A comunidade científica dedicada à pesquisa em RFID tem trabalhado em busca de soluções que possibilitem realizar a simulação de ambientes e testes experimentais de equipamentos que utilizam esta tecnologia.

Estes procedimentos, para serem completos, necessitam simular o funcionamento de protocolos anti-colisão, mas também precisam simular o canal de comunicação RF do sistema (Etiqueta RFID – Leitor RFID). Dispositivos RFID são afetados por interferências no sinal de RF, tais como: (i) os tipos de materiais nos quais as etiquetas podem estar fixadas, (ii) barreiras físicas entre os dispositivos, (iii) ruídos do ambiente, e (iv) reflexões.<sup>21</sup>

No caso da tecnologia RFID ainda existe a particularidade da baixa potência do sinal que é emitido (ou, mais precisamente: refletido) pelas etiquetas UHF do tipo passivas, aumentando a dificuldade da comunicação e a necessidade da realização de inúmeros ensaios em laboratório utilizando câmaras anecóicas e, em campo.

---

<sup>21</sup> XIAOLIN, J; FENG, Q.; MA, C. An Efficient Anti-Collision Protocol for RFID Tag Identification. *IEEE Communications Letters*. 2010, v. 14, n. 11, pp. 1014–1016.

Assim, a produção de absorvedores piramidais de radiação eletromagnética a partir de resíduos de indústrias alimentícias e moveleiras pode representar uma importante redução de custo frente aos absorvedores comerciais atualmente produzidos com materiais sintéticos, contribuindo para facilitar a aquisição destes materiais por parte de engenheiros e técnicos que poderão construir “mini câmaras anecóicas” para a realização de testes e ensaios experimentais com sistemas RFID.

O projeto também prevê a construção de uma câmara anecóica, ver Figura 10, com os materiais desenvolvidos, podendo ser utilizada após o término do projeto, para a realização de ensaios às empresas da região interessadas em testar a eficiência do sistema RFID em suas embalagens e dispositivos para armazenagem de materiais e produtos.



Figura 10 – Câmara anecóica para ensaios de embalagens para análise da influência de diversos tipos de materiais em relação a eficiência da leitura de Etiquetas (TAG) RFID quando fixadas na parte externa da embalagem e internamente nos produtos acondicionados.

Os ensaios possibilitarão um maior entendimento sobre a forma adequada da utilização de Etiquetas RFID quando fixadas e colocadas em contato com diversos tipos de materiais que são utilizados para a fabricação das embalagens.

A infraestrutura tecnológica implantada para a pesquisa oportunizará as empresas e profissionais: (i) Avaliar as características físicas (eletromagnéticas) de materiais e o desempenho de Leitores e Antenas; (ii) Medir o desempenho das Etiquetas (TAGs) RFID permitindo uma adequada escolha em função das embalagens para acondicionamento dos produtos; (iii) Analisar e verificar a melhor posição para colocação da Etiqueta RFID na embalagem em função do material que foi construída; (iv) testar a viabilidade de soluções RFID; e (v) prototipagem de soluções RFID antes da sua implantação em ambientes e sistemas de produção.



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
**SECRETARIA DA CIÊNCIA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA RS TECNÓPOLE**

Revisão 2011

**4.OBJETIVOS:** (Definir claramente o objetivo geral em que o projeto se enquadra, para atender as demandas do Pólo, e específicos que o projeto pretende atender).

#### **4.1 Geral**

Desenvolver um Absorvedor Piramidal de Radiações Eletromagnéticas para câmaras anecóicas a partir da utilização de resíduos de materiais provenientes de indústrias alimentícias e moveleiras.

#### **4.2 Específicos**

1. Desenvolver um material absorvedor de radiação eletromagnética aplicado a faixa de frequências de 800 MHz a 6 GHz a partir de resíduos de materiais não sintéticos;
2. Contribuir para sustentabilidade através do aproveitamento de resíduos industriais como matéria-prima destinada ao desenvolvimento de um novo produto;
3. Difundir a tecnologia desenvolvida para produção de absorvedores de radiação eletromagnética à profissionais de engenharia, bem como, oportunizar o surgimento de novas empresas industriais interessadas na fabricação e comercialização deste novo produto;
4. Construir uma Mini Câmara Anecóica para viabilizar a realização de ensaios e testes experimentais às empresas industriais e comerciais interessadas em analisar a eficiência da utilização do Sistema RFID nas embalagens e meios de acondicionamento de seus produtos e materiais.



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
**SECRETARIA DA CIÊNCIA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA RS TECNÓPOLE**

Revisão 2011

**5.METAS:** (Quantificar as metas que possibilitarão alcançar os objetivos propostos. Segundo a Lei 8.666 as metas são tratadas como se fossem o objeto a ser executado pelo convênio. As metas devem ser alcançadas durante a vigência do convênio e são consideradas no cálculo da relação benefício x custo do projeto. Devem ser formuladas de modo claro, preciso e quantificado, como por exemplo: “Desenvolver uma bebida láctea, a partir do soro do leite”. Cada objetivo específico corresponderá uma ou mais metas).

**META 1**

Desenvolver um Absorvedor Piramidal de Radiações Eletromagnéticas para câmaras anecóicas a partir da utilização de resíduos de materiais provenientes de indústrias alimentícias e moveleiras.

**META 2**

Realizar uma palestra destinada a profissionais dos setores industrial, comercial e de serviços, sobre o processo de fabricação de novos materiais a partir de resíduos industriais, abordando a temática: Sustentabilidade de Produtos e Processos (duração 3 horas).

**META 3**

Realizar uma palestra destinada a profissionais e estudantes de engenharia, sobre o processo de absorção de radiação eletromagnética e a utilização de instrumentação aplicada, equipamentos de medida em câmara anecóica e em espaço livre (duração 3 horas).

**META 4**

Ministrar um curso destinado a profissionais do setor industrial sobre a tecnologia desenvolvida para a produção de absorvedores de radiação eletromagnética a partir de resíduos industriais (duração 20 horas).

**META 5**

Elaborar e publicar um artigo científico em periódico ou capítulo em livro para disseminar os resultados da pesquisa e desenvolvimento obtidos.

**META 6**

Elaborar e publicar um artigo científico em um congresso e/ou evento nacional ou internacional para disseminar os resultados da pesquisa e desenvolvimento obtidos.



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
**SECRETARIA DA CIÊNCIA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA RS TECNÓPOLE**

Revisão 2011

**6. RESULTADOS ESPERADOS:** (Indicar os benefícios previstos, no caso de ser alcançado o sucesso do projeto. Citar o público alvo e/ou setor a ser beneficiado).

Com o término do projeto espera-se que:

- a) A tecnologia para produção de absorvedores de radiação eletromagnética viabilize a implantação na região de novas empresas industriais interessadas em fabricar este novo produto e, comercializar em nível nacional e internacional;
- b) Seja obtida uma patente de invenção ou modelo de utilidade a partir do novo material desenvolvido para a aplicação proposta;
- c) Profissionais da área tecnológica tenham acesso a um produto sustentável e de baixo custo que permita a utilização em montagens de câmaras anecóicas destinadas a ensaios experimentais da tecnologia RFID, oportunizando por consequência melhorar a eficiência dos sistemas e a qualidade dos serviços prestados às empresas;
- d) Sejam produzidos novos conhecimentos científicos resultantes do processo de pesquisa e desenvolvimento deste novo material e, difundidos por meio de publicações científicas à comunidade internacional;
- e) Melhore o controle dos processos industriais e de distribuição de produtos e materiais de empresas pela disponibilização e uso da infraestrutura para ensaios e testes implantada para a realização do projeto (Equipamentos e Mini Câmara Anecóica).



Para tanto, após um processo de geração de ideias foi concebida a proposta de ser desenvolvido um *Absorvedor Piramidal de Radiações Eletromagnéticas* para câmaras anecóicas a partir da utilização destes resíduos de materiais. A ideia se sustentou pela possibilidade de: (i) desenvolver uma tecnologia para produção de absorvedores de radiação eletromagnética viabilize a implantação na região de novas empresas industriais interessadas em fabricar este novo produto e comercializar em nível nacional e interacional, (ii) oportunizar o acesso de profissionais da área tecnológica a um produto sustentável e de baixo custo que permita a utilização em montagens de câmaras anecóicas destinadas a ensaios experimentais da tecnologia RFID, oportunizando por consequência melhorar a eficiência dos sistemas e a qualidade dos serviços prestados às empresas, (iii) obter uma patente de invenção ou modelo de utilidade a partir do novo material desenvolvido para a aplicação proposta, e (iv) produzir novos conhecimentos científicos resultantes do processo de pesquisa e desenvolvimento deste novo material por meio de publicações científicas a comunidade internacional.

No entanto, o problema de pesquisa consistiu em propor rotas metodológicas para atender as necessidades e demandas identificadas.

Um dos problemas a serem solucionados residiu no fato de ser desenvolvido um novo produto apenas com resíduos de materiais não sintéticos, já que atualmente no mercado comercial, os absorvedores são tipicamente fabricados pela adição de carbono em um meio de espuma de plástico poliuretano e poliestireno. Estes são os mais populares materiais utilizados para a fabricação de absorventes piramidais para radiações eletromagnéticas.

Além disto, os atuais estudos já realizados com aproveitamento de resíduos naturais, como a casaca do arroz, ainda utilizaram a adição de resíduos de materiais sintéticos para elaboração dos compósitos. Um material sintético é a composição usada na fabricação de um determinado produto artificialmente, ou seja, que contem elementos químicos desenvolvidos em laboratório e por processos industriais. O acrílico, polietileno, nylon, poliestireno e a borracha sintética são exemplos destes materiais.

Desta forma, a primeira fase desta pesquisa que engloba este projeto determinou a proposição de um modelo conceitual para a solução deste problema descrito. Na Figura 12 é apresentado o diagrama da primeira fase metodológica da pesquisa.

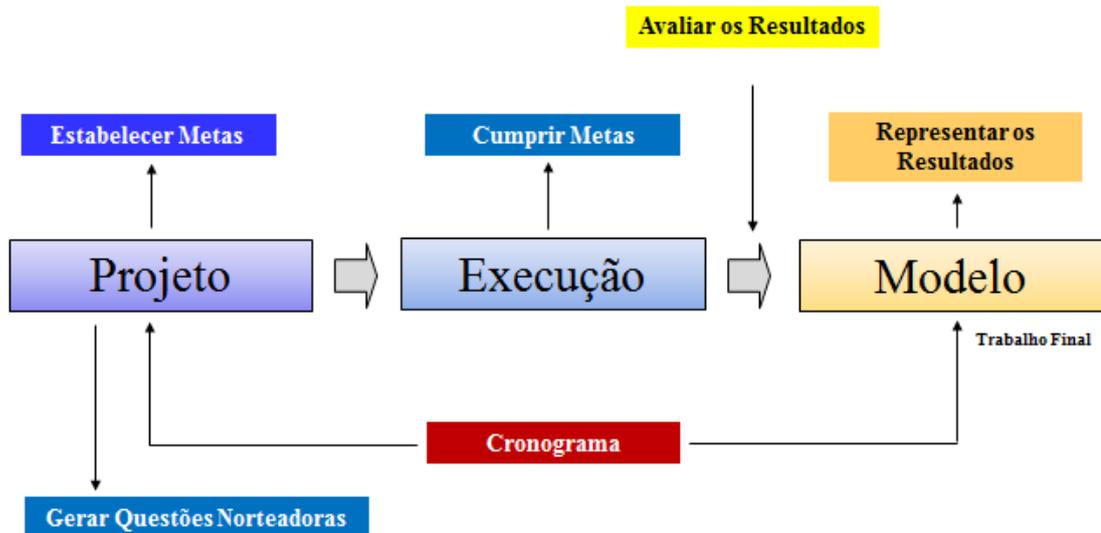


Figura 12 – Diagrama metodológico da primeira fase da pesquisa

Estas etapas metodológicas resultaram em um Modelo Conceitual para a elaboração de um novo material obtido a partir de um compósito, a ser testado experimentalmente com o auxílio de adequados equipamentos para ensaios em laboratório.

O Modelo Conceitual prevê a utilização de resíduos de materiais para a obtenção do novo compósito a partir de elementos como: (i) a celulose, (ii) o amido, (iii) a água, e (iv) um ácido graxo. A base para obtenção do compósito pode ser observada na Figura 13.

**Observação:** *\*Devido a reserva necessária à obtenção de patente junto ao INPI não será apresentado o modelo completo para composição do novo produto, apenas os elementos básicos são mostrados para a compreensão da proposta.*

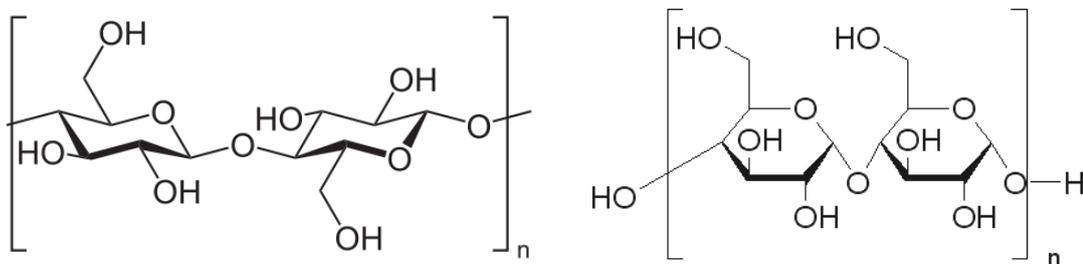


Figura 13 – Elementos básicos (Celulose e Amido) para elaboração do compósito

A celulose é formada por microfibrilas, que se reúnem em feixes maiores (fibrilas).<sup>23</sup> As microfibrilas são sintetizadas por enzimas que se encontram na membrana plasmática.<sup>24</sup> A celulose está associada a outros polissacarídeos, principalmente hemiceluloses (xiloglicanos e xilanos) e compostos pécnicos (galacturonanos).<sup>25</sup> A polpa de celulose é obtida a partir da madeira de árvores como o pinho, o eucalipto ou o abeto, e em menor proporção de plantas herbáceas com grande quantidade de celulose no talo, como a cana-de-açúcar, diversas gramíneas e juncos, e é usada pelas indústrias que produzem o papel e papelão. Além da madeira, que possui diferentes proporções de celulose dependendo do tipo e tratamento, a indústria têxtil usa fibras vegetais naturais, como o algodão (formado em 99,8% de celulose), a juta, o cânhamo, o rami e o linho, que também possuem grande proporção desse polissacarídeo.<sup>26</sup>

O amido é um polissacarídeo sintetizado pelos vegetais, ver Figura 14. O amido é uma mistura de dois polissacarídeos, *amilose* e *amilopectina*, polímeros de glicose formados através de síntese por desidratação (a cada ligação de duas glicoses, no caso, há a "liberação" uma molécula de água).<sup>27</sup>



Figura 14 - Amido

<sup>23</sup> PERISSOTO, D. O.; NASCIMENTO, E. A.; MORAIS, S. A. L. O. *Papel*. 8, 69, 2000.

<sup>24</sup> SJÖSTRÖM, J.; ALÉN, R. *Analytical Methods in Wood Chemistry Pulping and Papermaking*. New York: Springer, 1999.

<sup>25</sup> ÖRSA, F.; HOLMBOM, B. J. *Pulp Paper Sci.* 12, 361, 1994.

<sup>26</sup> NISHIYAMA, Y.; LANGAN, P.; CHANZY, H. Crystal Structure and Hydrogen-Bonding System in Cellulose I $\beta$  from Synchrotron X-ray and Neutron Fiber Diffraction. *J. Am. Chem. Soc.*, 2002, 124 (31), pp 9074–9082.

<sup>27</sup> JANE, J.; CHEN, Y. Y.; LEE, L. F.; McPHERSON, A. E.; WONG, K. S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAN, T. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chemistry*, Paul, v. 76, n. 5, p. 629-637, 1999

A amilose é uma macromolécula constituída de 250 a 300 resíduos de D-glicopirranose, ligadas por pontes glicosídicas  $\alpha$ -1,4, que conferem à molécula uma estrutura helicoidal. A amilopectina é uma macromolécula menos hidrossolúvel que a amilose, constituída de aproximadamente 1400 resíduos de  $\alpha$ -glicose ligadas por pontes glicosídicas  $\alpha$ -1,4, ocorrendo também ligações  $\alpha$ -1,6, que dão a ela uma estrutura ramificada. A amilopectina constitui, aproximadamente, 80% dos polissacarídeos existentes no grão de amido.<sup>28</sup>

O outro elemento que será utilizado apenas na fase do processo de produção do novo produto é um ácido graxo. Estes ácidos são monocarboxílicos de cadeia normal que apresentam o grupo carboxila ligado a uma longa cadeia alquílica, saturada ou insaturada. Como nas células vivas dos animais e vegetais os ácidos graxos são produzidos a partir da combinação de acetilcoenzima A, a estrutura destas moléculas contém números pares de átomos de carbono.<sup>29</sup>

A segunda fase metodológica da pesquisa (que será realizada após aprovação do projeto) constitui-se basicamente pelo processo de fabricação do protótipo a partir das especificações do modelo proposto e pelos testes experimentais para verificação e otimização tanto do projeto (modelo) como do protótipo (material), ver Figura 15.

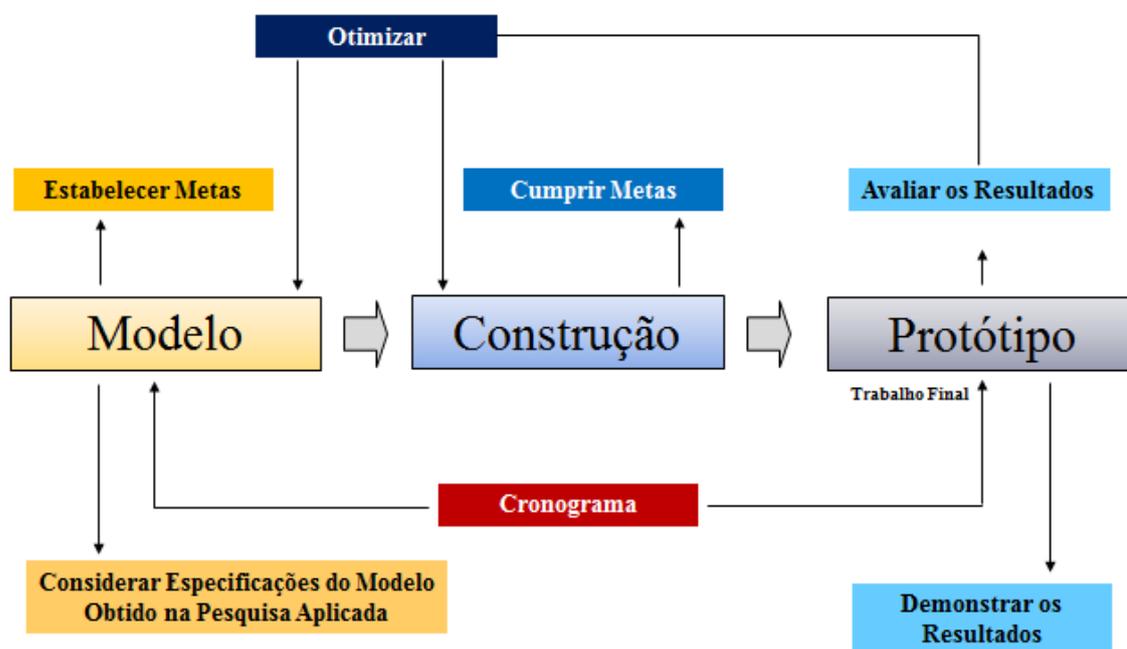


Figura 15 – Diagrama metodológico da segunda fase da pesquisa

<sup>28</sup> ELLIS, R. P.; COCHRANE, M. P.; DALE, M. F. B.; DUFFUS, C. M.; LYNN, A.; MORRISON, I. M.; PRENTICE, R. D. M.; SWANSTON, J. S.; TILLER, S. A. Starch production and industrial use (Review). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Sussex, v. 77, n. 3, p. 289-311, 1998.

<sup>29</sup> IUPAC. Compendium of Chemical Terminology. Electronic version, Definição de ácido graxo. Disponível em: <<http://goldbook.iupac.org/F02330.html>> Acesso em: 30 Out. 2011.

## 7.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA O DESENVOLVIMENTO

A rota metodológica proposta para desenvolvimento do material e construção do protótipo do Absorvedor Piramidal de Radiações Eletromagnéticas é baseada nos procedimentos e resultados de Nornikman *et al.*<sup>30</sup> Também foram planejados novos procedimentos que serão utilizados no processo para obtenção do protótipo a partir da Gelatinização e Retrogradação do amido.

Segundo Lobo e Silva<sup>31</sup> a gelatinização refere-se à formação de uma pasta visco-elástica túrbida ou, em concentrações suficientemente altas, de um gel elástico opaco. Com o tempo e diminuição da temperatura (na refrigeração ou congelamento), as cadeias de amido tendem a interagir mais fortemente entre si, obrigando a água a sair.

O fenômeno de dilatação dos grânulos de amido quando submetidos à água aquecida, ocasiona um aumento de volume. Isso ocorre porque o amido é hidrófilo e a membrana que o envolve torna-se permeável com o aquecimento, o que provoca mudanças na sua estrutura, envolvendo a ruptura das pontes de hidrogênio entre as cadeias de amilose e amilopectina estabilizadoras da estrutura cristalina interna do grânulo.<sup>32</sup>

A retrogradação ocorre quando, em repouso, a rede do amido pode começar a contrair-se o que provoca a expulsão de grande parte de água e endurecimento do produto final. Esta reversão do amido à sua insolubilidade em água fria consiste no fenômeno de retrogradação.<sup>33</sup>

Souza e Andrade<sup>34</sup> afirmam que o conhecimento de algumas propriedades características do amido e de seu comportamento durante o processamento têm-se mostrado de muita importância para o desenvolvimento de novos produtos.<sup>35</sup> Ao contrário dos polímeros sintéticos, o amido é obtido a partir de fontes renováveis,

---

<sup>30</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. Setup and Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141-161, 2011.

<sup>31</sup> LOBO, A.R.; SILVA, G.M.L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. *Rev. Nutr.* vol.16 no.2 Campinas April/June 2003.

<sup>32</sup> UFMG. Experiência com amido. Disponível em:

<<http://nutrio2009.blogspot.com/2009/11/experiencia-com-amido.html>> Acesso em: 30 Out 2011.

<sup>33</sup> UFMG. Experiência com amido. Disponível em:

<<http://nutrio2009.blogspot.com/2009/11/experiencia-com-amido.html>> Acesso em: 30 Out 2011.

<sup>34</sup> SOUZA, R.C.R.; ANDRADE, C.T. Investigação dos Processos de Gelatinização e Extrusão de Amido de Milho. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 10, nº 1, p. 24-30, 2000.

<sup>35</sup> ARÉVALO-NINO, K.; SANDOVAL, C.F.; GALAN, L.J.; IMAN, S.H.; GORDON, S.H.; GREENE, R.V. *Biodegradation*, 7, p.231, 1996.

sendo biossintetizado e estocado pelas plantas na forma de grânulos de tamanhos variáveis, que dependem da fonte.<sup>36</sup>

O amido é um polissacarídeo que, dentro das inúmeras aplicações, apresenta propriedades físico-químicas para viabilizar várias aplicações. Por exemplo, pode ser utilizado em agentes adesivos, ligantes e formadores.<sup>37</sup>

**Observação:** *\*Devido a reserva necessária à obtenção de patente junto ao INPI não serão apresentados os procedimentos adicionais planejados para o processo de produção de forma completa, apenas serão relatados os procedimentos utilizados por Nornikman et al.<sup>42</sup> para a compreensão da rota metodológica adotada.*

O método proposto para a produção do protótipo consiste inicialmente na aquisição dos resíduos de materiais advindos de processos industriais.

A celulose será obtida de resíduos provenientes de: (i) cavacos de serrarias, (ii) serragem, (iii) cavaco de florestas, e (iv) cavaco de reciclagem. Ver Quadro 1.

Tipo de Resíduo	Tipo de Madeira	Origem	Umidade	Densidade
<b>Cavaco de Serraria</b>	Pinus, Eucalipto	Resíduos grossos de serraria	45%	380 kg / m <sup>3</sup>
<b>Serragem</b>	Pinus, Eucalipto	Resíduos finos, gerados no ato de serrar	45%	350 kg / m <sup>3</sup>
<b>Cavaco de Florestas</b>	Pinus, Eucalipto	Resíduos do manejo (galhadas e ponteiras)	30%	330 kg / m <sup>3</sup>
<b>Cavaco de Reciclagem</b>	Diversos tipos	Descarte de madeira (pallets, embalagens, etc.)	20%	230 kg / m <sup>3</sup>

Quadro 1 – Características dos resíduos para obtenção da celulose  
Fonte: Adaptado de Opção Verde Resíduos Florestais<sup>38</sup>

A utilização de resíduos madeireiros e florestais não é novidade no Brasil. Por outro lado o aproveitamento dos rejeitos industriais no beneficiamento e corte da madeira não alcança grande proporção, motivada ainda pela abundância da matéria-prima em algumas regiões. O que fica evidente é que o uso de resíduos no Brasil é subestimado.<sup>39</sup> Na Figura 16 pode ser observada a morfologia e tipologia dos resíduos de madeira a serem utilizados para a elaboração do compósito proposto.

<sup>36</sup> REIS, R.L.; CUNHA, A.M.; ALLAN, P.S.; BEVIS, M.J. Adv. Polym. Technol., 16, p.263, 1997.

<sup>37</sup> ZOBEL, H. F.; STEPHEN, A. M. *Starch: structure, analysis and application*. In: STEPHEN, A. M. Food polysaccharides and their application. New York: Marcel Dekker, 1995.

<sup>38</sup> OPÇÃO VERDE RESÍDUOS FLORESTAIS. Disponível em: <<http://www.opcaoverde.com.br/>> Acesso em: 30 Out 2011.

<sup>39</sup> [http://www.revistareferencia.com.br/index2.php?principal=ver\\_conteudo.php&uid=237&edicao2=47](http://www.revistareferencia.com.br/index2.php?principal=ver_conteudo.php&uid=237&edicao2=47)



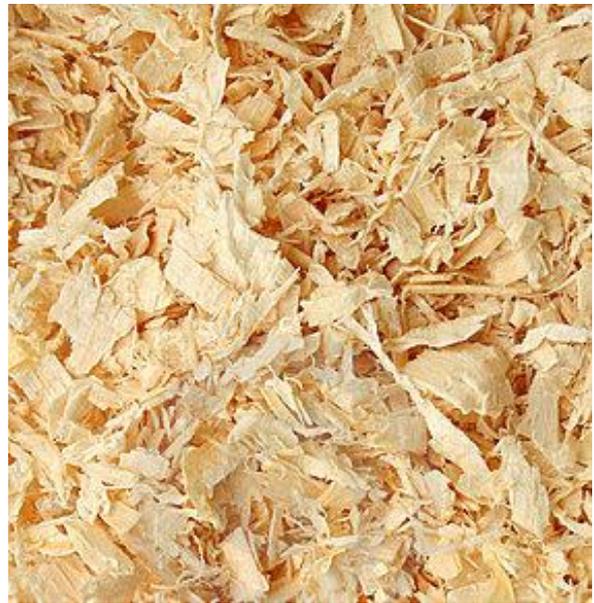
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 16 – Morfologia e tipologia dos resíduos de madeira: (a) cavacos de reciclagem, (b) cavacos de serraria, (c) cavacos de florestas, e (d) serragem

Quanto ao contexto social, econômico e ambiental o uso dos resíduos depende da disponibilidade do material, facilidade de preparação para o uso pretendido, questões ambientais relativas à aplicação de resíduos que sem uso causam sérios problemas ambientais e quando usados tem grande apelo pela minimização dos impactos na região onde são gerados. Nas questões econômicas, o que pesa é o aumento do preço de matérias-primas tradicionais, e o ingresso de novas alternativas de uso de resíduos que impulsiona o mercado e agrega valor a materiais antes desvalorizados.<sup>40</sup>

Outro resíduo natural, de origem florestal, que será utilizado na elaboração do compósito será o fruto e as folhas do *Pinus elliottii*, ver Figura 17. Esta espécie de pinheiro é composta de duas variedades distintas: *Pinus elliottii* var. *elliottii* e *Pinus elliottii* var. *densa*. Existem muitas áreas de reflorestamento com esse tipo de *Pinus* na América do Sul, especialmente no sul do Brasil. Nas regiões do Vale do Paranhana e Encosta da Serra atualmente já é expressivo o uso desta espécie para reflorestamento.



Figura 17 - *Pinus elliottii*

O aproveitamento como matéria-prima para o compósito será feito a partir das folhas, denominadas de acículas, que são muito finas, em formato de agulha, resistentes e firmes, possuindo uma coloração verde-brilhante e com a margem finamente serrilhada, o comprimento situa-se entre 18 cm e 24 cm, em ramos de grupos de dois ou três.

---

<sup>40</sup> [http://www.revistareferencia.com.br/index2.php?principal=ver\\_conteudo.php&uid=237&edicao2=47](http://www.revistareferencia.com.br/index2.php?principal=ver_conteudo.php&uid=237&edicao2=47)

Também será aproveitado o fruto de formato cônico, também denominado como pinha ou pinhão, de coloração castanha escura, lustroso. A pinha pesa em média 46,6 g, com dimensões de 12,5 cm x 4,5 cm, com uma produção média de 10 gramas de sementes.

Estas partes do *Pinus* quando descartadas naturalmente pela árvore depositam-se no solo tornando-se importantes resíduos que podem ser aproveitados, ver Figura 18.



Figura 18 – Folhas e frutos descartados naturalmente por *Pinus elliotii*

O projeto prevê, também, a utilização de resíduos provenientes de indústrias alimentícias. Por exemplo, no beneficiamento do arroz, a casca corresponde a aproximadamente 20% do peso do grão com casca.<sup>414243</sup>

No Brasil, período entre 2006 e 2007, a produção de grãos foi de 127 milhões de toneladas, esta produção deverá atingir 161 milhões de toneladas em 2017 e 2018.<sup>44</sup>

A velocidade do crescimento no setor traz consigo um aumento expressivo no volume gerado de resíduos que são, em sua maioria, depositados no meio ambiente.

---

<sup>41</sup> BOSE, M. L. V.; MARTINS FILHO, J. G. O papel dos resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 10(119): 3-7, nov. 1984.

<sup>42</sup> CANTO, W. L. *et al.* Óleo de abacate: extração, usos e seus mercados atuais no Brasil e na Europa. Campinas, ITAL, 1980. 141p. *Estudos Econômicos, Alimentos Processados*, 23.

<sup>43</sup> FONSECA, H. *Tecnologia de transformação*. Arroz: produção, preprocessamento e transformação agroindustrial. São Paulo, SICCT-CIC, 1988. v.2, p.37-170

<sup>44</sup> MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO: Mundial e Brasil - 2006/07 a 2017/18*. Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília, 2008.

Porém atualmente, com o grande fluxo de informações, a alta competitividade empresarial e o crescimento cada vez maior da consciência sustentável, além de legislações ambientais cada vez mais severas, surgem por parte das organizações a adoção de uma nova mentalidade com mudanças nos atuais procedimentos e comportamentos, sinalizando uma valorização pelo reprocessamento dos materiais que antes seriam descartados, na maioria das vezes de maneira inadequada.

Neste sentido, a utilização dos resíduos agroindustriais e alimentícios como, por exemplo, cascas de aveia, arroz, cebola, pinhão, e palhas de milho (ver Figura 19) podem minimizar o impacto da disposição destes no meio ambiente, além disso, podem servir de matéria prima para produção de novos produtos de excelente valor agregado.



Figura 19 – Resíduos de alimentos: (a) palha de milho, (b) casca do pinhão. (c) casca da cebola, (d) casca do arroz, e (e) casca da aveia

Na sequência, os resíduos serão processados<sup>45</sup>, misturados<sup>46</sup> com os demais elementos (propostos no modelo conceitual) e novamente processados<sup>47</sup> obtendo-se, então, o compósito.

Paralelamente, a este processamento, será realizado o projeto e construção de uma matriz moldada com as dimensões do absorvedor piramidal, ver Figura 20.

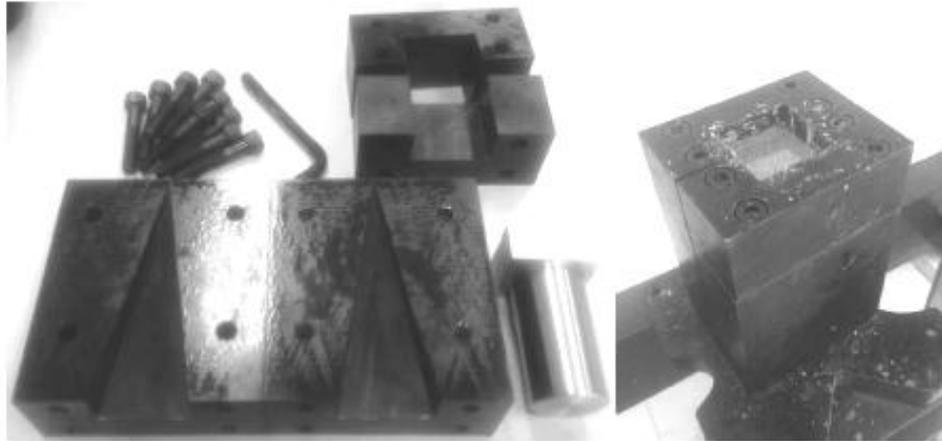


Figura 20 – Matriz para o processo de prensagem do material do absorvedor piramidal  
Fonte: Adaptado de Nornikman *et al.*<sup>48</sup>

A próxima etapa, também realizada por Nornikman *et al.*<sup>49</sup>, consiste em prensar o material colocado na matriz, ver Figura 21.

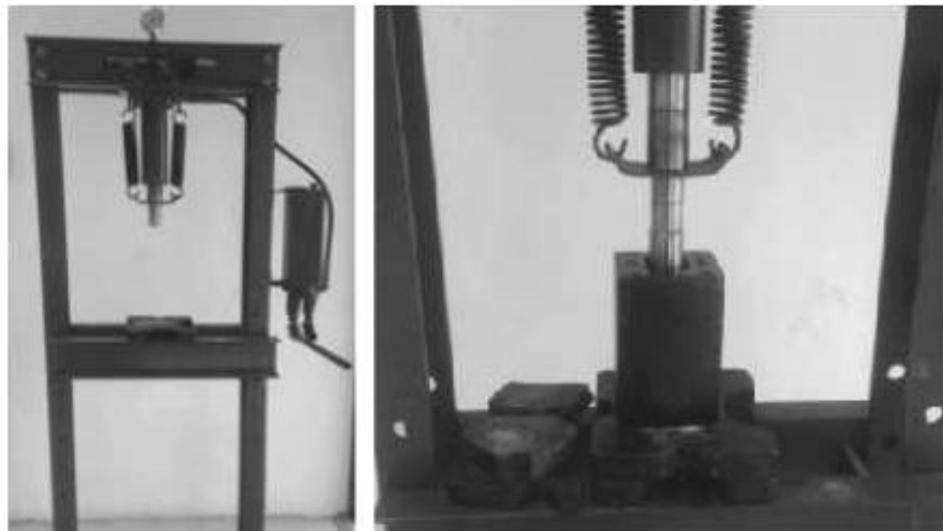


Figura 21 – Processo de prensagem do material para obtenção do absorvedor piramidal  
Fonte: Adaptado de Nornikman *et al.*<sup>60</sup>

<sup>45</sup> Processo reservado para fins de obtenção de patente.

<sup>46</sup> Processo reservado para fins de obtenção de patente

<sup>47</sup> Processo reservado para fins de obtenção de patente

<sup>48</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. Setup and Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141-161, 2011.

<sup>49</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. Setup and Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141-161, 2011.

A matriz permitirá a produção unitária do absorvedor, posteriormente, será possível a construção de um conjunto de absorvedores, ver Figura 22, que poderão ser multiplicados em função das necessidades de cobertura da área a ser revestida em uma Câmara Anecóica.

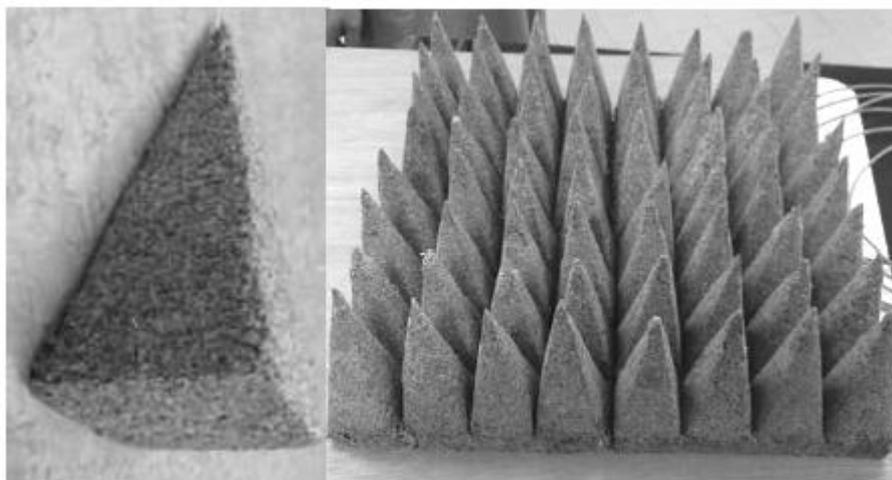


Figura 22 – Absorvedor piramidal resultante do processo e, conjunto de absorvedores piramidais  
Fonte: Adaptado de Nornikman *et al*<sup>44</sup>

Como experimento adicional, também será construída uma placa plana com o compósito obtido. Este procedimento foi realizado no estudo proposto por Nornikman *et al.*<sup>51</sup> que obteve como resultado uma placa plana feita com um compósito elaborado a partir de cascas de arroz, ver Figura 23.



Figura 23 – Absorvedor elaborado a partir de cascas de arroz em forma de placa plana  
Fonte: Nornikman *et al.*<sup>52</sup>

---

<sup>50</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. Setup and Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141-161, 2011.

<sup>51</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; SOH, P.J.; AZREMI, A.A.H.; WEE, F.H.; HASNAIN, A. Parametric Studies of the Pyramidal Microwave Absorber Using Rice Husk. *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 104, 145-166, 2010.

<sup>52</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; SOH, P.J.; AZREMI, A.A.H.; WEE, F.H.; HASNAIN, A. Parametric Studies of the Pyramidal Microwave Absorber Using Rice Husk. *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 104, 145-166, 2010.

## 7.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ANÁLISE – PUBLICAÇÕES DE REFERÊNCIA

Após a obtenção dos absorvedores piramidais e planos, torna-se necessária uma série de ensaios e testes experimentais destinados a analisar as características destes materiais em relação à absorção de radiações eletromagnéticas. A morfologia de um absorvedor piramidal contribui para a existência de múltiplas variáveis que podem influenciar os resultados, ver Figura 24.

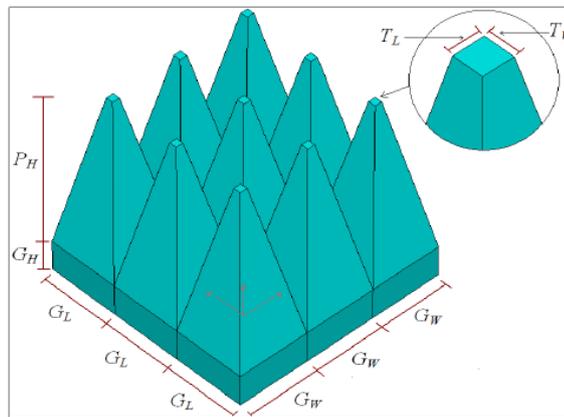


Figura 24 – Superfícies e dimensões envolvidas na análise de absorvedores piramidais  
Fonte: Nornikman *et al.*<sup>53</sup>

Na pesquisa realizada por Nornikman *et al.*<sup>54</sup> os autores consideraram vários pontos a serem analisados em um conjunto formado por 64 peças de absorvedores piramidais, ver a Figura 25.

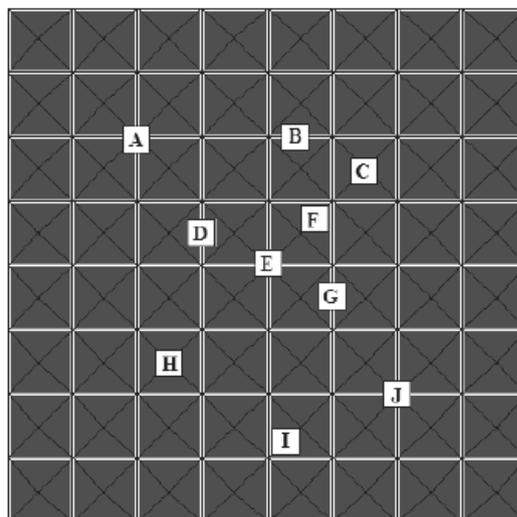


Figura 25 – Localização dos diferentes pontos que foram analisados no conjunto formado por 64 absorvedores piramidais (vista superior) Fonte: Nornikman *et al.*<sup>48</sup>

<sup>53</sup> NORNIKMAN, P.J.; SOH, A.A.H.; AZREMI, H.M.R.; NURUL, H.M.R. Parametric study of a piramidal microwave absorber design. *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 104, 145-166, 2010.

<sup>54</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. Setup and Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141-161, 2011.

O ensaio proposto por Nornikman *et al.*<sup>48</sup> para determinação dos resultados da “*Reflection loss*” dos absorvedores fabricados foi realizado apenas em um conjunto de 64 absorvedores, não sendo analisados em uma câmara fechada tendo estes como revestimento interno em todas as superfícies, ver Figura 26.

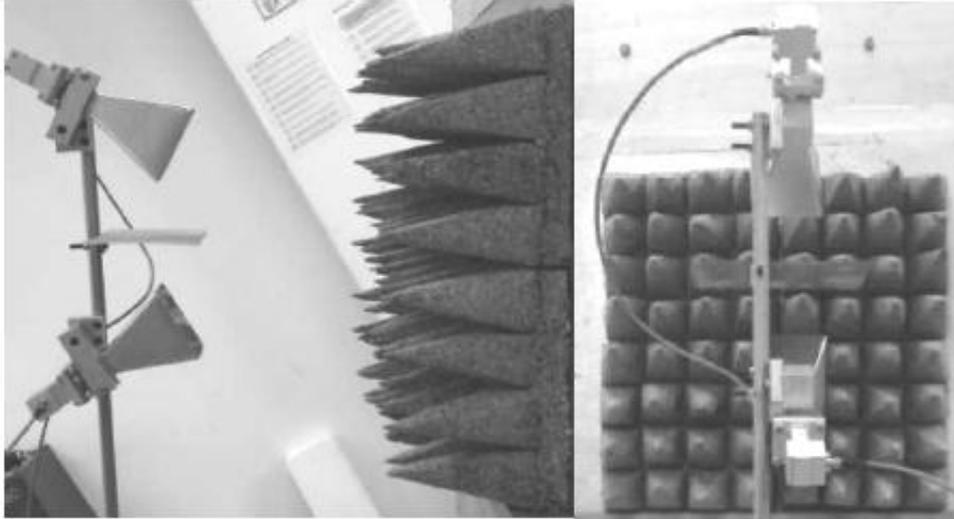


Figura 26 – Aspectos do sistema de antenas para medições e o posicionamento em relação ao conjunto de 64 absorvedores piramidais. Fonte: Nornikman *et al.*<sup>48</sup>

Na Figura 27, pode ser verificado mais detalhadamente o posicionamento das antenas de transmissão e recepção sobre o conjunto de absorvedores piramidais desenvolvidos por Nornikman *et al.*<sup>55</sup> para analisar cada ponto considerado.

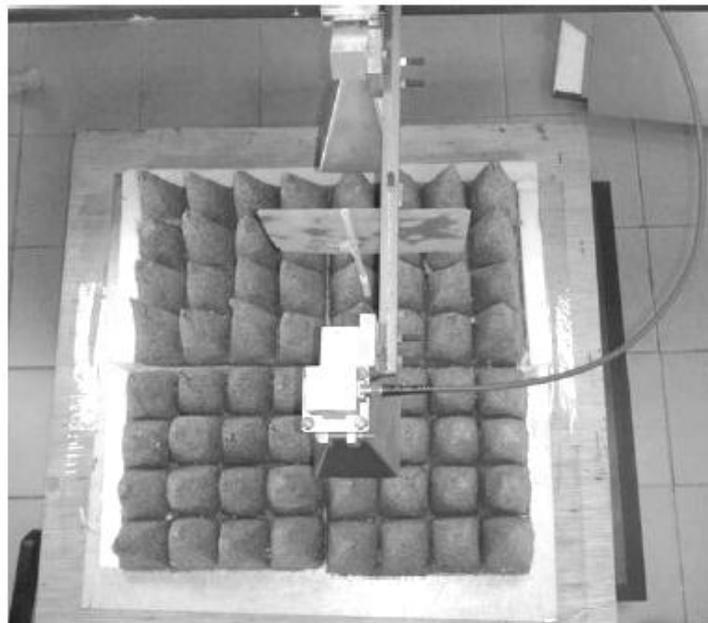


Figura 27 – Vista superior que mostra detalhadamente o posicionamento das antenas de teste sobre os pontos analisados no conjunto de absorvedores piramidais. Fonte: Nornikman *et al.*<sup>49</sup>

<sup>55</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. Setup and Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141-161, 2011.

Na sequência, na Figura 28, é apresentada configuração do sistema utilizado no estudo realizado por Nornikman *et al.*<sup>56</sup> para analisar uma placa plana absorvedora desenvolvida com resíduos de casca de arroz.

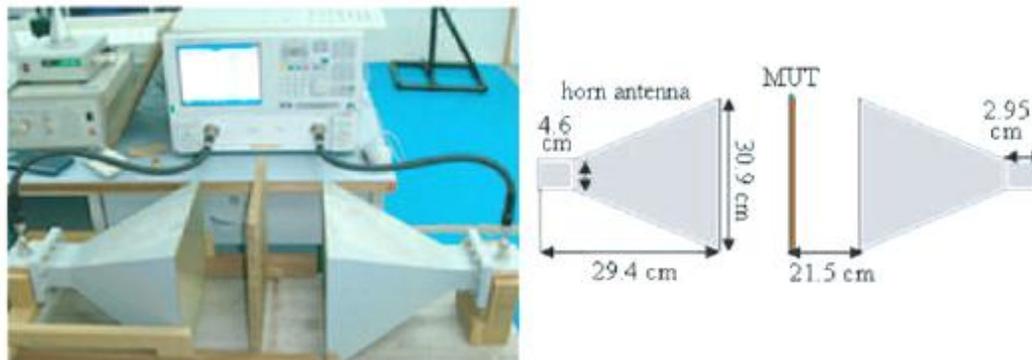


Figura 28 – Configuração do sistema para ensaios da placa plana absorvedora desenvolvida com resíduos de casca de arroz. Fonte: Nornikman *et al.*<sup>50</sup>

### 7.1.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ANÁLISE – PADRÕES DE REFERÊNCIA

Os métodos de medição para qualquer análise de novos materiais dependem da natureza (composição) que determina suas características tanto físicas como elétrica e magnética, a frequência de interesse, e o grau de precisão exigido.

Apesar do fato de que diferentes tipos de instrumentos podem ser utilizados, instrumentos de medição e procedimentos que podem fornecer testes e verificações confiáveis das propriedades eletromagnéticas, que envolvem o material desconhecido na frequência faixa de interesse, devem ser considerados.<sup>57</sup>

Os mecanismos de interação entre os polissacarídeos como o amido e a celulose com adição de água são complexos e seus efeitos sobre o comportamento dielétrico são de particular interesse, principalmente, devido ao motivo de que a interação destes componentes pode explicar o comportamento de um composto quando submetido a campos eletromagnéticos. A análise deste comportamento é importante para a concepção, formulação funcional e desenvolvimento de novos produtos, e validação dos métodos e processos utilizados.<sup>58</sup>

Quando radiações eletromagnéticas são direcionadas para um material, parte da energia é refletida, parte é transmitida através da superfície, e desta última quantidade, parte dela é absorvida, ver Figura 29.

<sup>56</sup> NORNIKMAN, P.J.; SOH, A.A.H.; AZREMI, H.M.R.; NURUL, H.M.R. Parametric study of a pyramidal microwave absorber design. *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 104, 145-166, 2010.

<sup>57</sup> NELSON, S.O.; FORBUS, W.R.; LAWRENCE, K.C. Microwave permittivities of fresh fruits and vegetables from 0.2 to 20 GHz. *Transactions of ASAE* 37(1):183-189, 1994.

<sup>58</sup> KINNG, R.J. On-line moisture and density measurement of foods with microwave sensors. *Applied Engineering in Agriculture*. 13(3): 361-371, 1997.

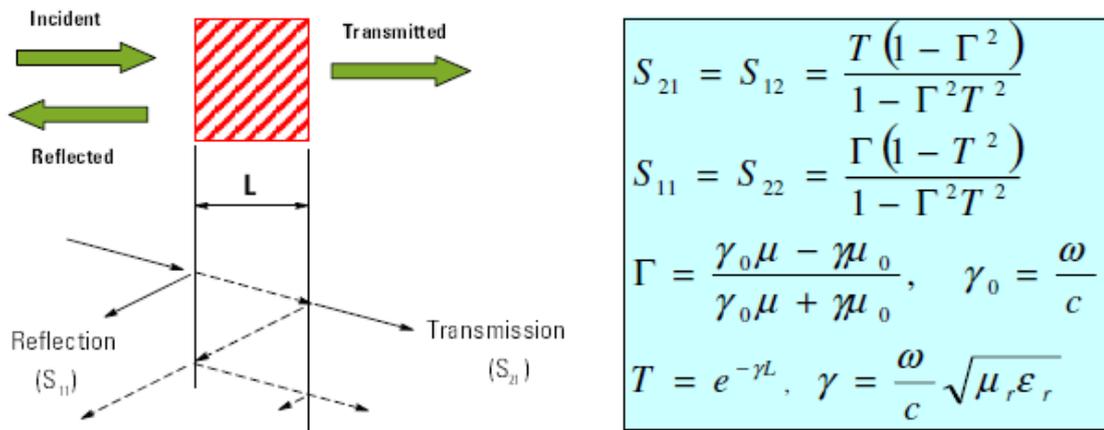


Figura 29 – Relação entre S-parameters e as propriedades do material<sup>59</sup>

Assim, pode-se dizer que os efeitos resultantes da incidência de uma onda eletromagnética dependem da interação entre o campo eletromagnético e as propriedades do material (MUT), ver Figura 30.

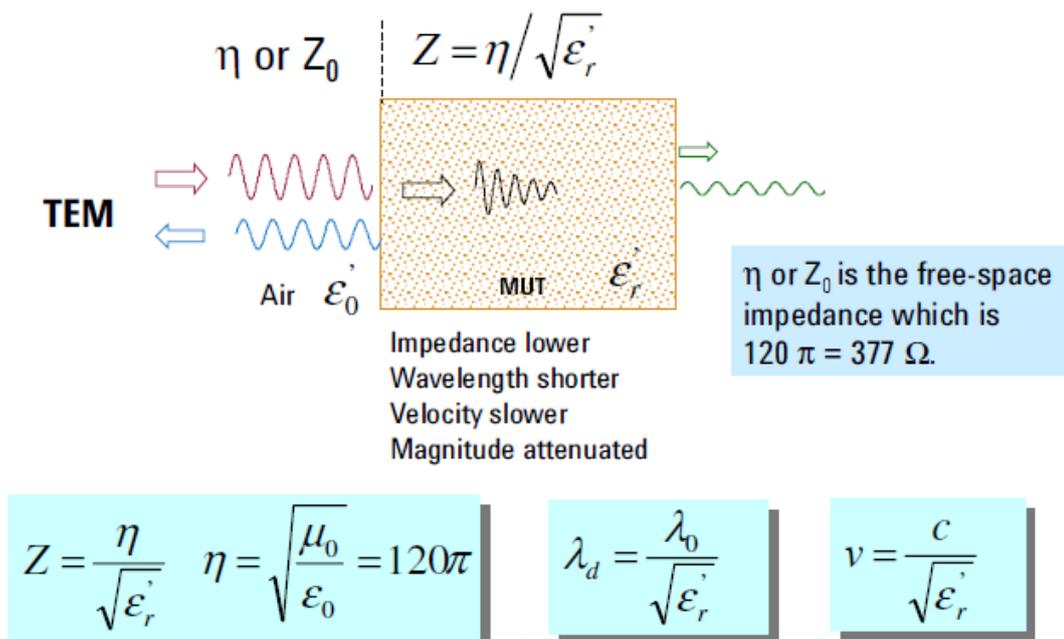


Figura 30 – Interações do campo eletromagnético<sup>60</sup>

O desenvolvimento de novos materiais para a construção de absorvedores implica no conhecimento de algumas características físicas, a saber: permissividade elétrica ( $\epsilon$ ) e permeabilidade magnética ( $\mu$ ) em função da frequência. A partir destes parâmetros é possível inferir sobre as propriedades de absorção, além de possibilitar variar a formulação do material para se obter maiores ou menores valores da

<sup>59</sup> AGILENT TECHNOLOGIES. *Free Space Materials Measurement Seminar*. Manual. June, 2005.

<sup>60</sup> AGILENT TECHNOLOGIES. *Free Space Materials Measurement Seminar*. Manual. June, 2005.

constante dielétrica ( $\epsilon$ ). O valor de ( $\epsilon$ ) é utilizado para quantificar o comportamento de um material quando este é submetido a um campo eletromagnético.<sup>61</sup> Materiais, que não contenham componentes magnéticos, respondem apenas ao campo elétrico, devendo a análise levar em conta a permissividade elétrica ( $\epsilon$ ).<sup>62</sup>

Quando uma onda plana atinge o material, uma parte da radiação é refletida, ver Equação 1, e a outra absorvida, ver Equação 2, respectivamente. Uma parte desprezível do sinal é perdida por multireflexão interna. A atenuação total da radiação da onda plana (SE) é a soma das contribuições das radiações refletida (r) e absorvida (A), ver Equação 3. Onde:  $\rho$  é a resistividade volumétrica da amostra (ohm.cm),  $\mu$  é a permeabilidade magnética relativa da amostra (geralmente 1,0),  $f$  é a frequência da radiação (Hz) e  $L$  é a espessura da amostra (cm).<sup>63</sup>

$$r = 108,2 + 10 \log (1,7 / \rho \mu f) \quad (1)$$

$$A = 0,00168 L(\mu f / \rho)^{1/2} \quad (2)$$

$$SE = r + A \quad (3)$$

O Quadro 2 mostra a relação entre a atenuação da radiação (refletividade) e a porcentagem de energia absorvida.

Atenuação de Refletividade em dB	% da Energia Absorvida
0	0
-3	50
-10	90
-15	96,9
-20	99
-30	99,9
-40	99,99

Quadro 2 - Relação entre atenuação da radiação (refletividade) e porcentagem de energia absorvida<sup>64</sup>

Segundo Venkatesh e Raghavan<sup>65</sup> existem vários sistemas para medição dos parâmetros de permissividade elétrica e permeabilidade magnética de materiais. Um comparativo é apresentado na Tabela 1, com as respectivas características.

<sup>61</sup> FAEZ, R. et al. Polímeros condutores para blindagem eletromagnética. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 10, nº 3, p. 130-137, 2000.

<sup>62</sup> VENKATESH, M.S.; RAGHAVAN G.S.V. An overview of dielectric properties measuring techniques. *Canadian Biosystems Engineering*. Vol. 47, 2005.

<sup>63</sup> FAEZ, R. et al. Polímeros condutores para blindagem eletromagnética. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 10, nº 3, p. 130-137, 2000.

<sup>64</sup> International Encyclopedia of Composites, vol. 6, VHC Publishers, New York, 1991.

Tabela 1 – Comparativo entre os sistemas para medição

Technical Features	Measurement Systems					
	Slotted line reflection system	Guided wave transmission system	Free space transmission system	Filled cavity resonance system	Partially filled cavity resonance system	Probe reflection system
Frequency	broad band	banded	banded	single	single	broad band
Sample size	moderate	moderate	large	large	very small	small
Temperature monitoring/control	difficult	difficult	very easy	very easy	very easy	easy
Accuracy for: Low-loss material High-loss material	very low low	moderate moderate	moderate moderate	very high does not work	high low	low high
Sample preparation	easy	difficult	easy	very difficult	very difficult	easy
Most suitable test material	solids, semisolids	solids	large flat sheets	solids, semisolids, liquids	solids	solids, semisolids, liquids
Measured parameter (permittivity, and/or permeability)	permittivity	permittivity and permeability	permittivity and permeability	permittivity and permeability	permittivity and permeability	permittivity
To test material	destructive	destructive	non-destructive	destructive	destructive	non-destructive
Commercial vendors	no	yes	yes	no	no	yes

Fonte: Adaptado de Venkatesh e Raghavan<sup>66</sup>

O sistema escolhido e proposto para as análises foi o *Free Space Transmission System*. A opção levou em conta os seguintes critérios: (i) as aplicações deste tipo de sistema já realizadas por Nornikman *et al.*<sup>67</sup>, Malek *et al.*<sup>68</sup> e Nornikman *et al.*<sup>69</sup>; e (ii) o resultado comparativo entre as características dos sistemas descritas por Venkatesh e Raghavan<sup>70</sup>.

<sup>65</sup> VENKATESH, M.S.; RAGHAVAN G.S.V. An overview of dielectric properties measuring techniques. *Canadian Biosystems Engineering*. Vol. 47, 2005.

<sup>66</sup> VENKATESH, M.S.; RAGHAVAN G.S.V. An overview of dielectric properties measuring techniques. *Canadian Biosystems Engineering*. Vol. 47, 2005.

<sup>67</sup> NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. Setup and Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141-161, 2011.

<sup>68</sup> MALEK, F.; CHENG, E.M.; NADIAH, O.; NORNIKMAN, H.; AHMED, M.Z.A.; ABD AZIZ, M.Z.A. AZREMI, A.R.; OSMAN, P.J.; SOH, P.J.; AZREMI, A.A.H.; HASNAIN, A.; TAIB, M.N. Rubber Tire Dust-Rice Husk Pyramidal Microwave Absorber. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 117, 449-477, 2011.

<sup>69</sup> NORNIKMAN, P.J.; SOH, A.A.H.; AZREMI, H.M.R.; NURUL, H.M.R. Parametric study of a pyramidal microwave absorber design. *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 104, 145-166, 2010.

<sup>70</sup> VENKATESH, M.S.; RAGHAVAN G.S.V. An overview of dielectric properties measuring techniques. *Canadian Biosystems Engineering*. Vol. 47, 2005.

Na Figura 31 é apresentado um modelo que mostra os componentes e equipamentos para aplicação do Método *Free-Space X-Band System*, baseado no *Free Space Transmission System*.

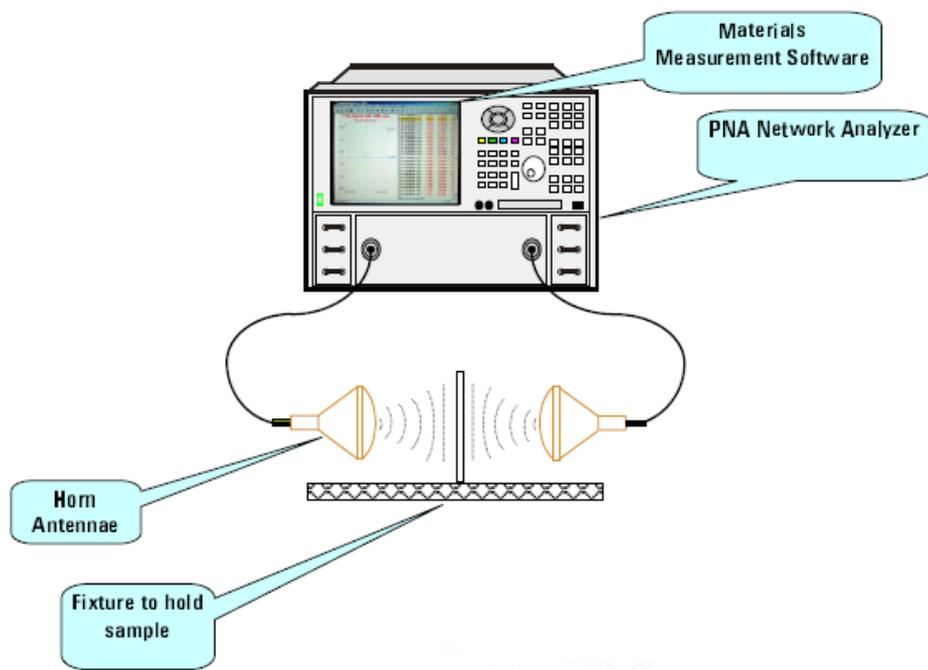


Figura 31 – Modelo para aplicação do método *Free-Space X-Band System*.  
Fonte: Adaptado de Agilent Technologies<sup>71</sup>

Na Figura 32 pode ser observada uma estrutura física montada com os equipamentos necessários para utilização do Método *Free-Space X-Band System*.



Figura 32 – Estrutura para *Free-Space X-Band System* (8,2 to 12,4 GHz) – Agilent Technologies<sup>72</sup>

<sup>71</sup> AGILENT TECHNOLOGIES. *Free Space Materials Measurement Seminar*. Manual. June, 2005.

Outro método que será utilizado para a análise da refletividade do absorvedor piramidal de radiações eletromagnéticas a ser desenvolvido é o *NRL Arch*. Este método também é baseado no *Free Space Transmission System*, ver Figura 33.

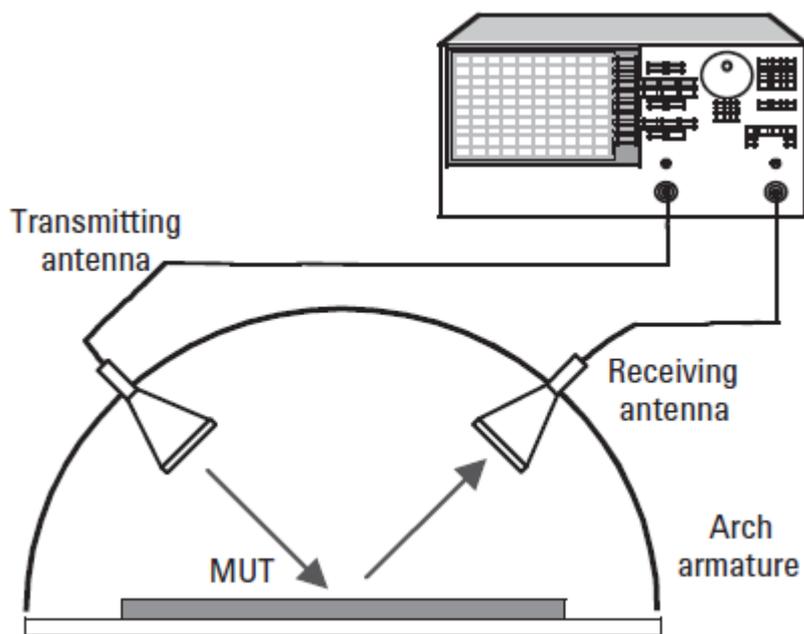


Figura 33 – Método *NRL Arch* para medição de refletividade de materiais. Fonte: Faez *et al.*<sup>73</sup>

O Método do Arco NRL foi concebido no Laboratório de Pesquisa Naval dos Estados Unidos (*NRL - Naval Research Laboratories*). O arco consiste de uma estrutura que permite fixar um par de antenas para serem ajustadas possibilitando variar o ângulo para emissão e recepção de sinais.

As antenas, normalmente do tipo corneta - direcional, podem ser deslocadas ao longo deste arco. A amostra do material (MUT) a ser ensaiada é posicionada sobre um pequeno pedestal no centro da curvatura do arco. A estrutura do arco é projetada de modo a manter as antenas fiquem apontadas para o centro do corpo-de-prova (MUT) em teste. O transmissor e o receptor podem ficar próximos, contanto que, seja colocado um material absorvedor entre eles, de modo a reduzir as interferências entre a antena transmissora - TX e a antena receptora – RX.<sup>74</sup>

<sup>72</sup> AGILENT TECHNOLOGIES. *Free Space Materials Measurement Seminar*. Manual. June, 2005.

<sup>73</sup> FAEZ, R. et al. Polímeros condutores para blindagem eletromagnética. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 10, nº 3, p. 130-137, 2000.

<sup>74</sup> FAEZ, R. et al. Polímeros condutores para blindagem eletromagnética. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 10, nº 3, p. 130-137, 2000.

Os procedimentos metodológicos para a construção e testes da mini câmara anecóica, que será revestida com os absorvedores piramidais desenvolvidos, serão baseados nos resultados obtidos por Shastry, Nagesh, e Binu<sup>75</sup>; Chung, Chuah e Bredow<sup>76</sup>; DeLyser *et al.*<sup>77</sup>; Icheln, Ollikainen e Vainikainen<sup>78</sup>; e Chung e Chuah<sup>79</sup>.

O projeto prevê a construção de uma mini câmara anecóica para que seja possível realizar ensaios e testes experimentais com os absorvedores colocados em todas as superfícies do ambiente. A eficiência deste revestimento será analisada pela refletividade existente no interior da câmara, em relação a várias direções e superfícies.

O Método escolhido para este tipo de ensaio consiste na aplicação da *Swept-Frequency Vector Measurement Technique*, ver Figura 34.

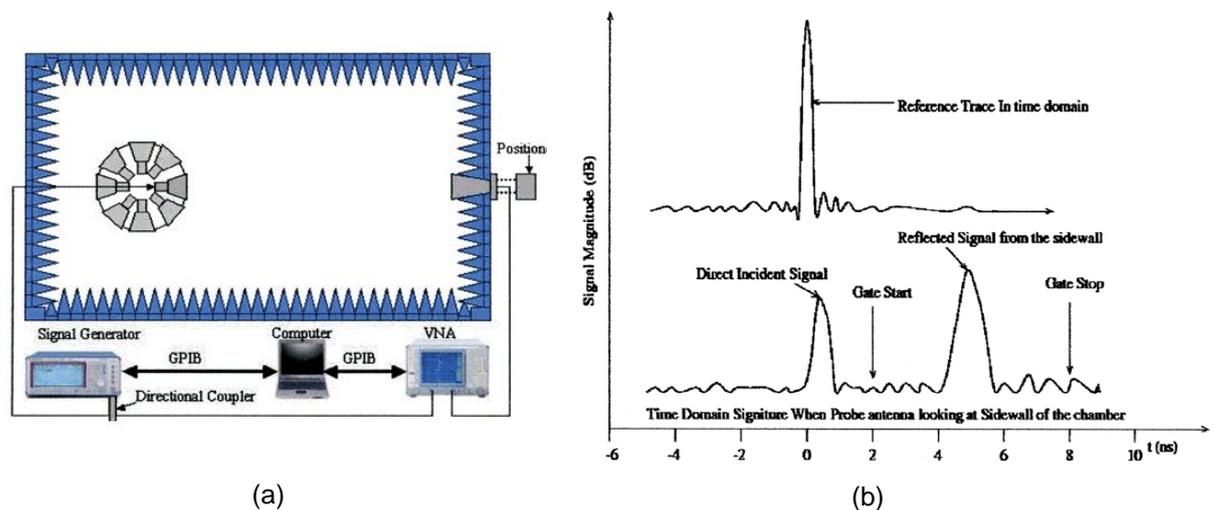


Figura 34 - *Swept-frequency vector measurement technique*, (a) modelo da configuração das antenas no interior da câmara anecóica e diagrama do fluxo de sinais e interligação dos equipamentos para análise, (b) gráfico com a representação dos sinais a serem obtidos para análise

<sup>75</sup> SHASTRY, S.V.K.; NAGESH, S.K.; BINU, D. Reflectivity level of RF shielded anechoic chamber. In. *Electromagnetic Compatibility*, 1995. Symposium Record. 1995 IEEE International Symposium on

<sup>76</sup> CHUNG, B.K.; CHUAH, H.T.; BREDOW, J.W. A microwave anechoic chamber for radar-cross section measurement. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, V. 39, 1997.

<sup>77</sup> DELYSER, R.R. et al. Figure of merit for low frequency anechoic chambers based on absorber reflection coefficients. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*. V. 38, 1996.

<sup>78</sup> ICHELN, C.; OLLIKAINEN, J.; VAINIKAINEN, P. Effects of RF absorbers on measurements of small antennas in small anechoic chambers. *IEEE Aerospace and Electronics Systems Magazine*. V. 16, 2001.

<sup>79</sup> CHUNG, B.K.; CHUAH, H.T. Design and construction of a multipurpose wideband anechoic chamber. *Antennas and Propagation Magazine*, IEEE, V. 45, 2003.





**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
**SECRETARIA DA CIÊNCIA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA RS TECNÓPOLE**

Revisão 2011

20. ASSINATURA E CARIMBO DOS RESPONSÁVEIS:

ASSINATURA

NOME

Prof. Delmar Henrique Backes  
**Reitor da Universidade**

ASSINATURA

NOME

Adv. Nicolau Rodrigues da Silveira  
**Presidente da Mantenedora**

ASSINATURA

NOME

Prof. Dr. Carlos Fernando Jung  
**Gestor ou Secretário Executivo do Polo**

ASSINATURA

NOME

Prof. Dr. Carlos Fernando Jung  
**Coordenador do Projeto**

ASSINATURA

NOME

Prof. Delmar Henrique Backes  
**Presidente do COREDE**