

# Desenvolvimento de Matriz Aplicada a Produção de Absorvedores Piramidais de Radiações Eletromagnéticas

*Carlos Fernando Jung (PPGDR/FACCAT)*

*Fabiano Philippsen da Rosa (EP/FACCAT)*

*Carla Schwengber ten Caten(PPGEP/UFRGS)*

## Resumo

*Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa experimental que teve por finalidade desenvolver uma matriz para produção de absorvedores piramidais para radiações eletromagnéticas. O estudo proposto contempla a fase inicial do desenvolvimento de um novo produto – Absorvedor Piramidal – a ser produzido a partir do uso de resíduos de indústrias alimentícias e moveleiras. O método baseia-se na análise de estudos e experimentos anteriores realizados para obtenção absorvedores piramidais a partir da elaboração de compósitos de materiais.*

*Palavras chave: Matriz, Absorvedor Piramidal, Radiações, RFID, Sistemas de Produção*

## 1 Introdução

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 Brundtland, 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 (Jung *et al.*, 2009).

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 (Araújo, 2011).

Jung *et al.* (2009) afirma que 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..

No Polo de Inovação Tecnológica do Paranhana e Encosta da Serra foram desenvolvidos dois projetos apoiados pelo Programa de Polos da Secretaria da Ciência, Inovação e Desenvolvimento Tecnológico do RS que tiveram por o 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”, desenvolveu 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”, teve 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.

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).

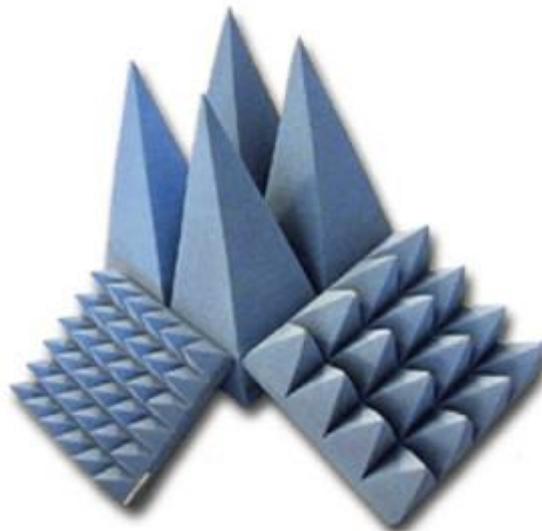
Foi analisada a possibilidade de ser ampliado e aprofundado o estudo acerca destes fenômenos físicos relativos a radiação eletromagnética e, também, viabilizar às empresas industriais e comerciais que utilizam ou venham a utilizar a Tecnologia RFID nos sistemas de produção e distribuição através da colocação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

Para a obtenção deste benefício às empresas, foi concebida a ideia de ser implantada uma Câmara Anecóica. 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 Anecoica 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 Anecoicas para atenuar a reflexão de sinais eletromagnéticos gerados nos ensaios, ver Figura 1.

**Figura 1:** Absorvedores piramidais de radiação eletromagnética

Fonte: Compliance Engineering (2014)

Migliano, Reis de Freitas e Melo (2002) 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 (Chung e Chua, 2004).

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa experimental que teve por finalidade desenvolver uma matriz para produção de absorvedores piramidais para radiações eletromagnéticas. O estudo proposto contempla a fase inicial do desenvolvimento de um novo produto – Absorvedor Piramidal – a ser produzido a partir do uso de resíduos de indústrias alimentícias e moveleiras. O método baseia-se na análise de estudos e experimentos anteriores realizados para obtenção absorvedores piramidais a partir da elaboração de compósitos de materiais. A matriz consiste em um importante componente para a produção do novo material. O trabalho possui a seguinte estrutura: na seção 2 é apresentado o referencial teórico, na seção 3 o estudo aplicado, na seção 4 os resultados e a seção 5 traz as conclusões do estudo.

## 2 Referencial Teórico

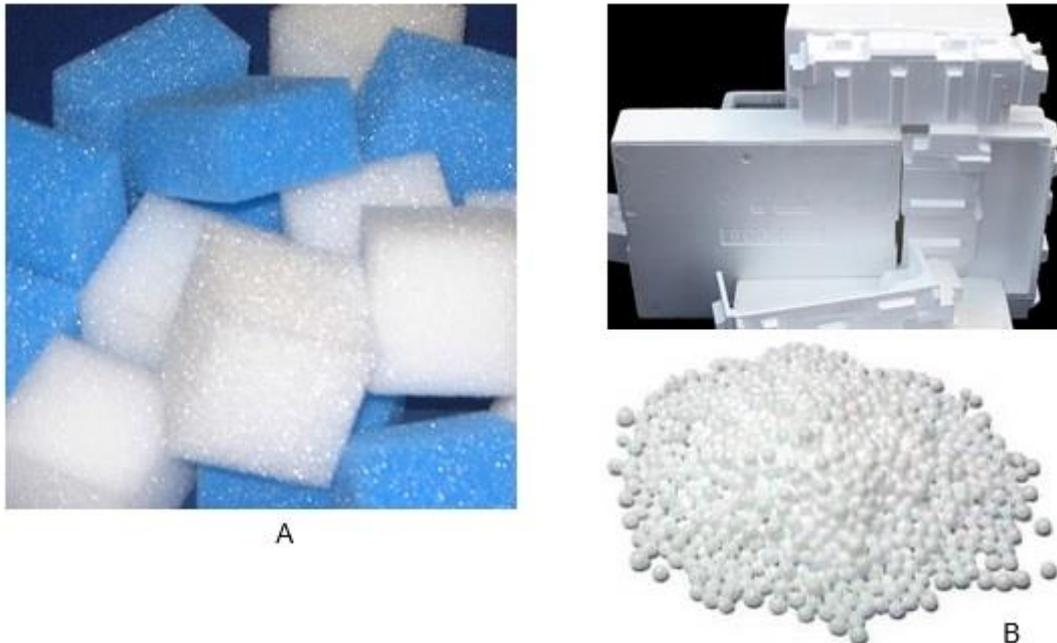
### 2.1 Absorvedores de Radiação Eletromagnética

As aplicações dos absorvedores de radiação eletromagnéticas 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 (Migliano, Freitas e Melo, 2002).

Os mecanismos para atenuar a energia de uma onda eletromagnética, que existem em um material absorvedor, são muitos e complexos. 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 (Folgueras e Rezende, 2006). 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 (Schleher, 1999).

Atualmente, existem muitos tipos de absorvedores de radiofrequência no mercado. Segundo Malek *et al.* (2011) 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 2. Estes são os mais populares materiais utilizados para a fabricação de absorventes piramidais para radiofrequências.

**Figura 2:** Espuma produzida com poliuretano (A) e Isopor produzido com poliestireno expandido (B)



## 2.2 Estudos Correlatos

Recentes estudos propostos por Nornikman *et al.* (2011) “Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks”, Malek *et al.* (2011) “Rubber Tire Dust-Rice Husk Pyramidal Microwave Absorber” e, Nornikman *et al.* (2010) “Parametric Studies of the Pyramidal Microwave Absorber Using Rice Husk” apresentam resultados obtidos a partir da utilização de resíduos para a construção de absorvedores de radiações eletromagnéticas.

Nornikman *et al.* (2011) 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. A casca de arroz tem sido investigada como um material para ser utilizado na construção de absorvedores piramidais para RF.

Estes autores utilizaram uma mistura de casca de arroz e resíduos de poliéster. 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).

O experimento realizado por Nornikman *et al.* (2011), 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.* (2011) utilizaram resíduos de borracha de pneus e casca de pó de arroz, ver Figura 3, 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 que 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 3:** Pó de borracha de pneus (A) e pó obtido a partir de cascas de arroz (B)



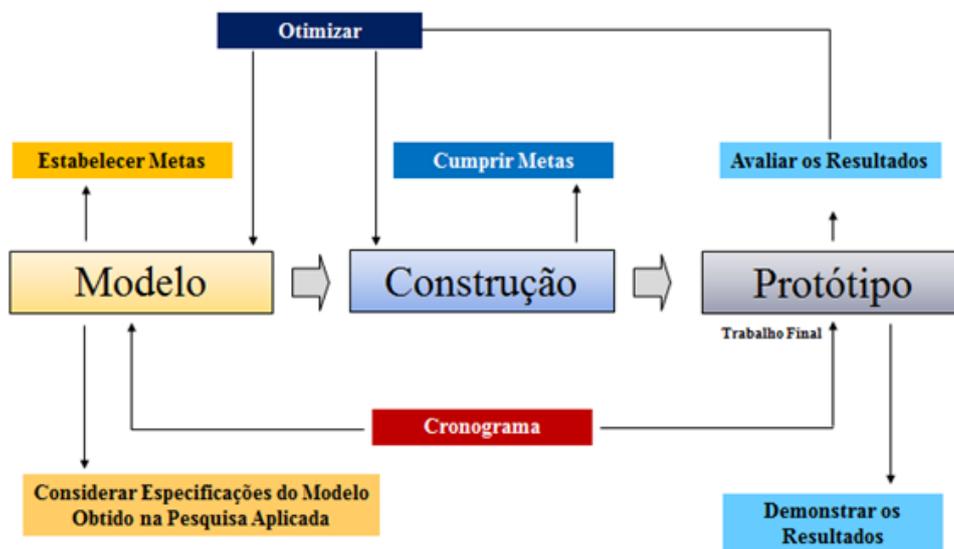
Fonte: Adaptado de Malek *et al.* (2011)

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.

### 3 Estudo Aplicado

Na Figura 4 é apresentado o diagrama da primeira fase metodológica da pesquisa e objeto deste artigo que teve por finalidade desenvolver uma matriz para ser utilizada como “forma” para a produção do absorvedor piramidal.

**Figura 4:** Diagrama metodológico para obtenção da Matriz



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 da pesquisa determinou o modelo conceitual do absorvedor e a correspondente matriz para a obtenção do sistema físico real (protótipo).

Os materiais selecionados para a construção do absorvedor piramidal foram a casca de arroz e os resíduos de MDF (*Medium-Density Fiberboard*) que é fabricado através da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas e outros aditivos. Os resíduos de MDF representam um importante problema quando do descarte e destinação pelas indústrias moveleiras do Vale do Paranhana onde se localiza o Polo de Inovação.

A rota metodológica proposta para desenvolvimento do protótipo do Absorvedor Piramidal de Radiações Eletromagnéticas foi baseada nos procedimentos e resultados de Nornikman *et al.* (2011), Liyana *et al.* (2012) e Farhany *et al.* (2012).

A faixa de frequências selecionada para as radiações eletromagnéticas serem atenuadas pelo absorvedor piramidal em desenvolvimento foi de 800 MHz a 6 GHz. Esta faixa foi determinada em função da ampla aplicação da tecnologia RFID (*Radio Frequency Identificaton*) em sistemas de produção que utilizam a faixa de UHF (*Ultra Higt Frequency*), com frequência central em 915 MHz.

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.

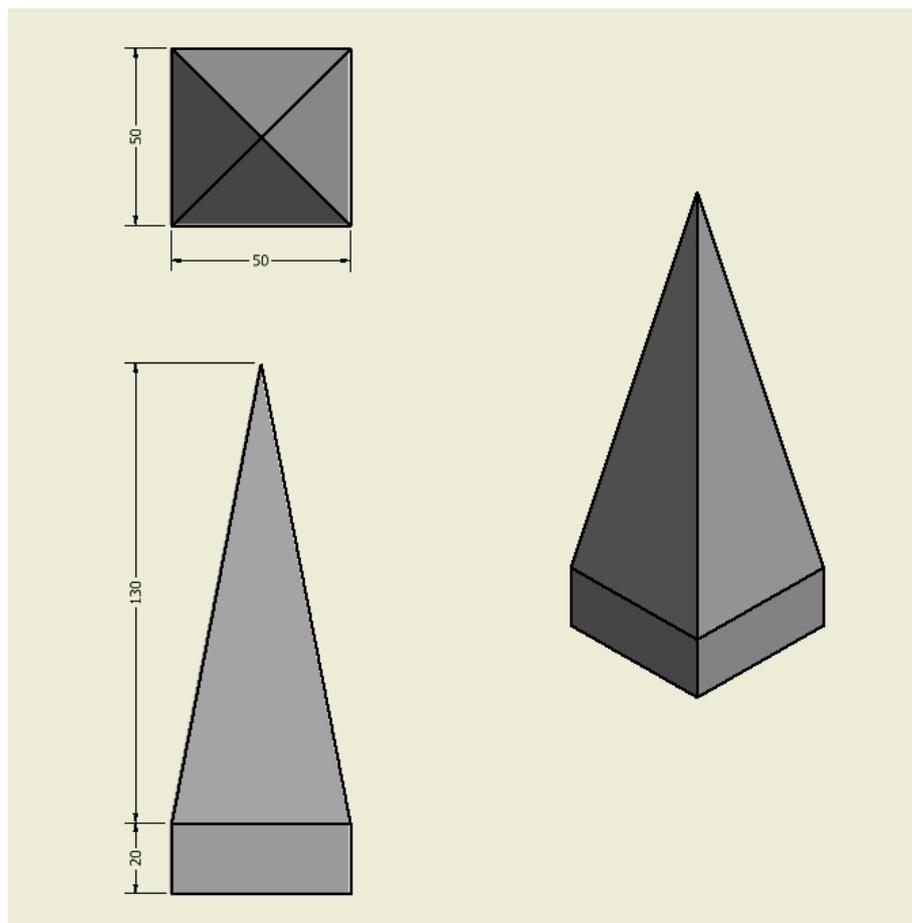
Na indústria é utilizada, por exemplo, como meio de identificação de componentes, permitindo o rastreamento completo de toda cadeia produtiva de um determinado produto, da linha de produção ao ponto de venda.

## 4 Resultados

Na sequência são apresentados o modelo icônico tridimensional e o protótipo desenvolvidos para a construção da matriz para obtenção dos absorvedores piramidais de radiações eletromagnéticas

Em virtude do absorvedor piramidal em desenvolvimento ser essencialmente experimental devido as características físico-químicas e elétricas materiais resultantes deste composto, obtido a partir de cascas de arroz e resíduos de MDF, ainda não serem conhecidas, as dimensões do modelo para a construção do protótipo da matriz foi baseado nos estudos de Nornikman *et al.* (2010), Nornikman *et al.* (2011), Malek *et al.* (2011), Liyana *et al.* (2012), e Farhany *et al.* (2012). O modelo icônico tridimensional proposto para construção da matriz pode ser observado na Figura 5.

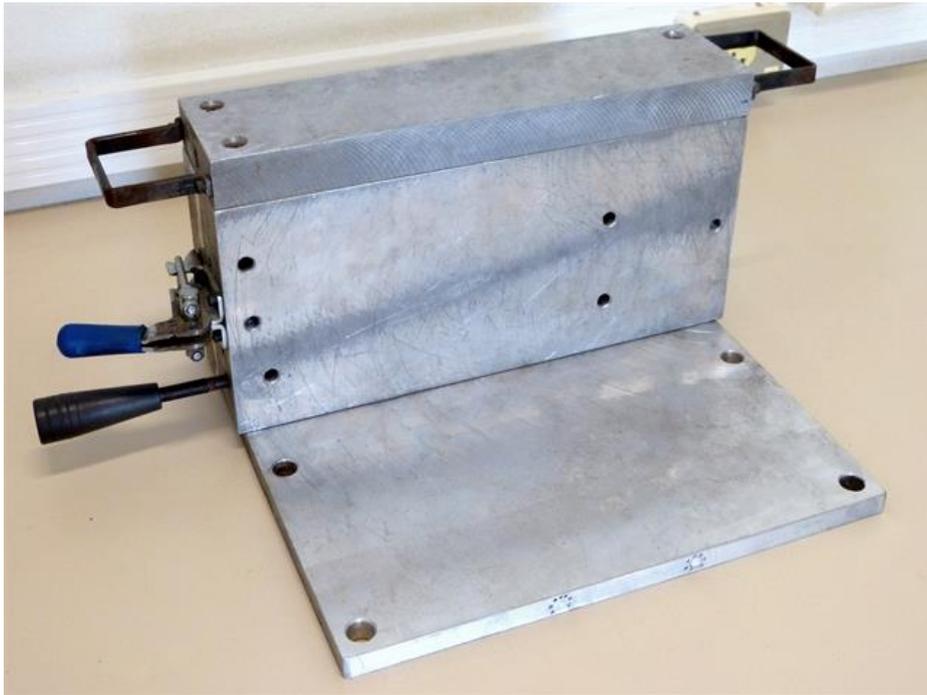
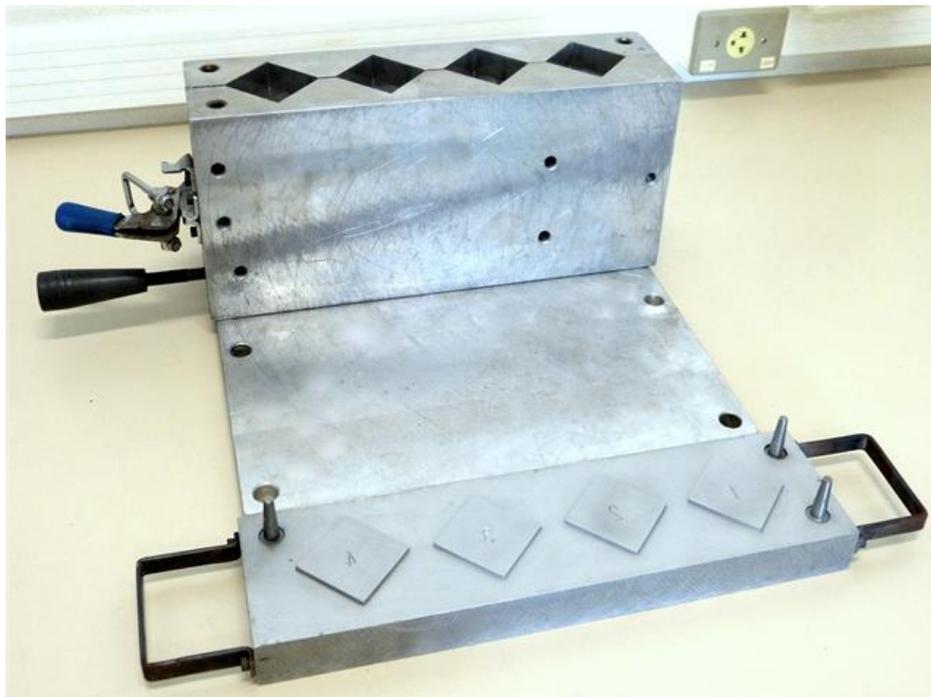
**Figura 5:** Modelo icônico tridimensional para construção da matriz



O material utilizado para a construção mecânica da matriz foi o Duralumínio que consiste em um conjunto de ligas metálicas de forja de alumínio, cobre (4,5%-1,5%) e magnésio (0,45%-1,5%), assim como manganês (0,6%-0,8%) e silício (0,5%-0,8%) como elementos secundários.

Os duralumínios apresentam uma elevada resistência mecânica a temperatura ambiente, entretanto, sua resistência a oxidação, soldabilidade e aptitude para a anodização são baixas. São utilizados na indústria aeronáutica e automobilística. Este tipo de material é amplamente utilizado em materiais para a fabricação de equipamentos aplicados em atividades de montanhismo tais quais mosquetoes, freios, etc..

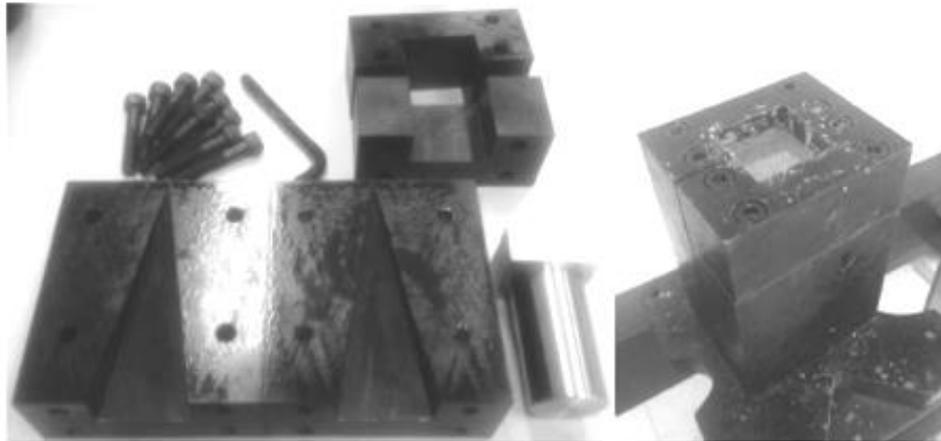
Nas Figuras 6 e 7 pode ser verificado o protótipo da matriz desenvolvida.

**Figura 6:** Vista frontal da Matriz com a tampa superior fechada**Figura 7:** Vista frontal da Matriz com a tampa superior retirada do conjunto

Observa-se na Figura 7 que a matriz foi desenvolvida com 4 cavidades para ser possível a modelagem de 4 absorvedores piramidais em cada operação realizada. Esta configuração planejada aumentou a capacidade de produção da matriz em relação àquela desenvolvida por Nornikman *et al.* (2011) que possui apenas 1 cavidade.

A matriz utilizada para a produção dos absorvedores piramidais por Nornikman *et al.* (2011) além de possuir uma cavidade necessita que em cada operação sejam colocados e retirados parafusos para a abertura e fechamento da matriz, ver Figura 8.

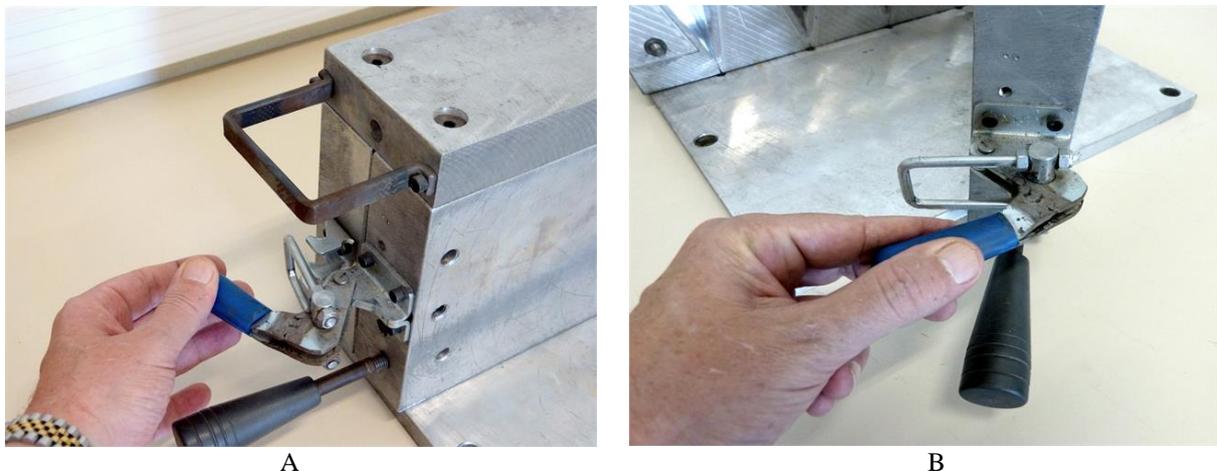
**Figura 8:** Matriz para o processo de prensagem do material do absorvedor piramidal



Fonte: Nornikman *et al.* (2011)

O projeto da matriz também levou em conta os aspectos ergonômicos para facilitar a operação de abertura e fechamento da matriz, ver Figura 9.

**Figura 9:** Processo de liberação da trava para abertura e fechamento da Matriz (A), abertura da parte frontal da Matriz após liberação da trava (B)



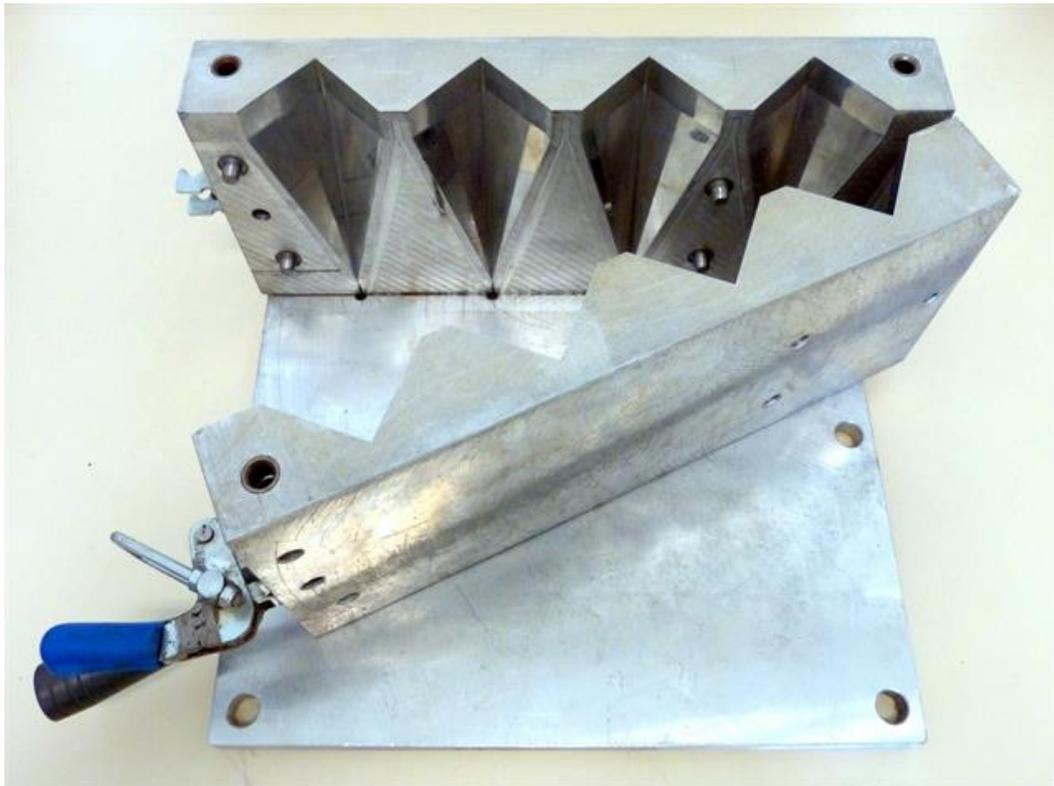
Foi implantado um dispositivo (alavanca com trava) na parte lateral esquerda da matriz para realizar o travamento do sistema quando fechada a matriz. Na parte lateral direita foi colocada uma dobradiça para facilitar amovimentação e sustentação da parte frontal quando da abertura da matriz.

A eficiência e precisão do processo de abertura e fechamento da matriz torna-se importante devido a cavidade que moldará o absorvedor piramidal necessitar uma uniformidade entre as duas partes.

A cavidade possui em sua parte inferior um canal para escoamento do líquido resultante da compressão do material compósito em seu interior. A água em estado líquido será utilizada na mistura dos materiais, casca de arroz e resíduos de MDF, além do amido que será empregado como elemento agregante (pasta visco-elástica).

Na Figura 10 pode-se observar o aspecto do protótipo da matriz desenvolvida.

**Figura 10:** Vista superior do protótipo da matriz desenvolvida para obtenção dos absorvedores piramidais



## 5 Conclusões

Este artigo apresentou os resultados de uma pesquisa experimental que teve por finalidade desenvolver uma matriz para produção de absorvedores piramidais para radiações eletromagnéticas.

O estudo contemplou a fase inicial do desenvolvimento de um novo produto – Absorvedor Piramidal – a ser produzido a partir do uso de resíduos de indústrias alimentícias e moveleiras.

O método foi baseado nos princípios metodológicos, na análise de estudos e experimentos anteriores realizados para obtenção absorvedores piramidais a partir da elaboração de compósitos de materiais realizados por Nornikman *et al.* (2010), Nornikman *et al.* (2011), Malek *et al.* (2011), Liyana *et al.* (2012), e Farhany *et al.* (2012).

O estudo mostrou que a otimização proposta pela implantação de um dispositivo (alavanca com trava) na parte lateral esquerda da matriz para realizar o travamento do sistema quando ocorre o fechamento da matriz, e na parte lateral direita pela colocação de uma dobradiça facilitou a movimentação e sustentação da parte frontal quando da abertura e fechamento da matriz. Este dispositivo representa um importante diferencial ergonômico que reduz o esforço humano durante as operações.

A matriz desenvolvida com quatro cavidades para a modelagem dos absorvedores piramidais aumentou a capacidade de produção da matriz por operação realizada em relação a estudos experimentais anteriores.

A abertura realizada na parte inferior da cavidade para escoamento do líquido resultante do processo de prensagem do material compósito na matriz mostrou ser eficiente e pode reduzir o tempo de secagem externa do absorvedor piramidal.

## Referências Bibliográficas

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

COMPLIANCE ENGINEERING. 2014. Pyramidal RF Absorber - SA version. Disponível em: [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) Acesso em: 08 Abr. 2014.

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

FARHANY, Z.S., MALEK, F., NORNIKMAN, H., AFFENDI, N.A.M, MOHAMED, L., SAUDIN, A.A.A. 2012. Potential od Dried Banana Leaves for Pyramidal Microwave Absorber Design. IEEE Symposium on Wireless and Applications (ISWTA), September 23-26, Bandung, Indonesia.

FOLGUERAS, L.C.; REZENDE, M.C. 2006. 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, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

JUNG, C.F., CATEN, C.S.T., ECHEVESTE, M.E.S.,RIBEIRO, J.L.D. 2009. 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.

LIYANA, Z., MALEK, F., NORNIKMAN, H., AFFENDI, N.A.M, MOHAMED, L., SAUDIN, A.A.A. 2012. Investigation of Sugar Cane Bagasse as Alternative Material for Pyramidal Microwave Absorber Design. IEEE Symposium on Wireless and Applications (ISWTA), September 23-26, Bandung, Indonesia.

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. 2011. Rubber Tire Dust-Rice Husk Pyramidal Microwave Absorber. Progress In Electromagnetics Research, Vol. 117, 449-477.

MIGLIANO, A.C.C.; REIS DE FREITAS, C.A; MELO, F.C.L. 2002. 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.

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

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

SCHLEHER, D.C. 1999. Electronic Warfare in the Information Age. London: Artech House.

---

Acceder a : <http://creativecommons.org/choose/> para generar este registro al final del documento.



La importancia de la re-manufactura para la sustentabilidad del Mercosur por [Alphonsus de Guimaraens](#) se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#). Basada en una obra en <http://bdigital.uncu.edu.ar/seprosul>.