



SECCIONAL  
BRASIL S/A

EMS

Wireless do Brasil

info-mail  
número  
**15**  
info-mail

*Informativo de Tecnologia - info-mail* 2º Semestre 2004

# Radomes em Antenas Paineis de Estações Rádio-base e Camuflagem

---

# Radomes em Antenas Painel f de Estações Rádio-base e Camuflagem

Nota Técnica 2004-2

**SUMÁRIO:** Um sistema irradiante desprovido de um radome adequado constitui um embaraço ao sucesso de um sistema rádio móvel celular visto que compromete a longevidade do desempenho operacional pleno de suas antenas e que restringe sua aplicabilidade em projetos onde há apreço pela aparência visual.

## POSICIONAMENTO

As primitivas coberturas de curvatura côncava e contínua (i.e., abóbadas) usadas para abrigar as antenas de radar originaram a palavra inglesa “radome” na contração de duas outras, “radar” e “dome” (Figura I [1]). O *The Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) define radome como um invólucro agregado à antena visando, geralmente, proteger seu desempenho eletromagnético da degradação oferecida pelos efeitos do ambiente físico onde se expõem [2]. Dos pontos de vista comercial e logístico, há de se considerar que um radome apropriadamente desenvolvido pode vir a contribuir para minimizar os riscos de danos nos processos de embalagem, armazenamento, transporte, manuseio e instalação das antenas. Afora as questões operacionais, os requerimentos estéticos e ambientais impostos pela sociedade agregam compromissos de formato, pintura e camuflagem ao radome.

## ELEMENTOS TÉCNICOS SOBRE RADOMES

Os radomes são confinantes de antenas. Sua missão é cobrir e proteger as antenas de um sistema interferindo o mínimo possível em sua irradiação. A concepção padrão consiste em modelar uma casca dielétrica oca. Reforços de sustentação podem ser providos por estruturas metálicas ou pela adição de partes metálicas perfuradas à casca.

FIGURA I

RADOME ABÓBADA TÍPICO DE UMA ESTAÇÃO RADAR



O projeto de um radome tem por base os fatores ambientais estimados e as condições operacionais da antena de rádio-frequência (RF). Os fatores ambientais podem incluir vento, chuva, granizo, neve, gelo, areia, descargas atmosféricas, calor, maresia, erosão e luz solar ultravioleta (UV). Em termos operacionais, a preocupação para com o desempenho das antenas consiste no fato do radome não ser completamente transparente a sua irradiação.

Alguns dos efeitos são: deflexão do feixe, perda de transmissão, reflexão de potência, despolarização e ruído.

Afora as questões eletrônicas, as mecânicas também se impõem. Por exemplo, no projeto da estação terrestre de um sistema de comunicação via satélite, as enormes antenas refletoras empregadas requerem radomes de contorno esférico que, principalmente, reduzam a carga de vento sobre as mesmas. No caso de uma aeronave, a redução do arrasto aerodinâmico é fundamental e, por isso, os radomes frontais assumem uma forma pontiaguda (Figura II [3]).

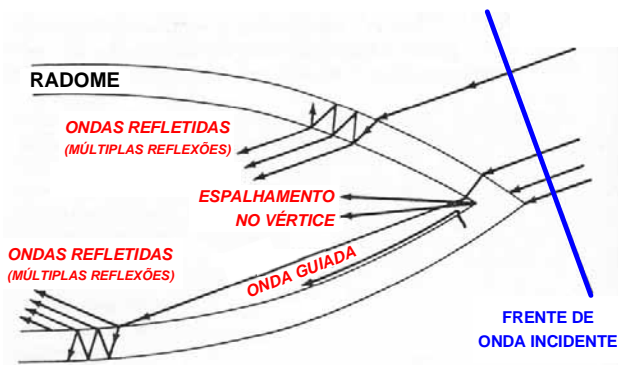
Uma das variáveis de projeto mais importantes de um radome é a configuração geométrica-material de sua parede. Em forma elementar, as paredes consistem de uma ou mais camadas homogêneas de materiais dielétricos. As constantes dielétricas e as espessuras dos materiais que podem ser usados para fabricação são restringidas pelas características próprias de temperatura e dureza. A produção de camadas com pequenas variações locais da espessura ou com afinamentos graduais desta são alguns beneficiamentos que podem melhorar o desempenho de um radome. Materiais com configurações anisotrópicas também vêm sendo aplicados em radomes. Nesse caso os objetivos são aumentar a largura de faixa de frequência e reduzir os efeitos produzidos pelas variações de polarização da onda. Nas grandes estruturas, é tecnicamente aconselhada a inclusão de partes metálicas nos radomes visando proteção contra descargas atmosféricas e eletricidade estática [4].

FIGURA II  
RADOME FRONTAL  
DE UMA AERONAVE



FIGURA III

ECOS DA ONDA INCIDENTE PRODUZIDOS EM UM RADOME



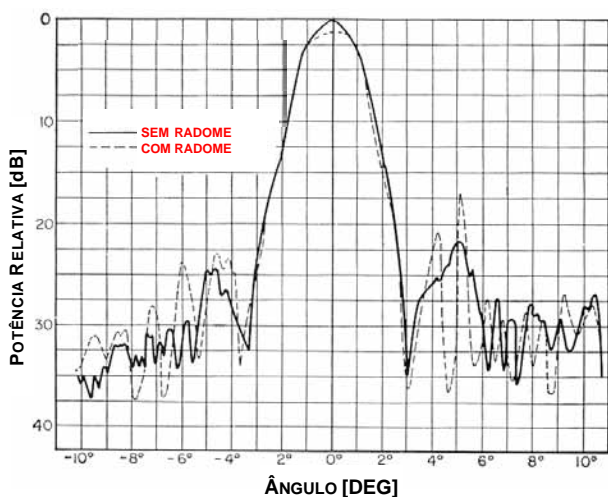
**PARÂMETROS DE DESEMPENHO ELETROMAGNÉTICO**

Apesar de desempenhar uma função necessária, a utilização de um radome pode comprometer a eficácia eletrônica do sistema integrado pela antena enclausurada. Por exemplo, o fato das ondas eletromagnéticas incidentes em um radome sofrerem reflexão e atenuação faz com que o alcance do sistema seja prejudicado. Além disso, eles também causam erros na direção de apontamento do feixe, seja em transmissão ou em recepção. Outra característica indesejável é a geração de ecos do sinal de RF em consequência das reflexões em sua estrutura, com mecanismo análogo ao da propagação por múltiplos percursos (Figura III [4]). A existência desses efeitos sobre o sistema institui o desempenho eletromagnético do radome. Sua grandeza é mensurada através dos parâmetros transmitância de potência, erro de apontamento e sua taxa, além de diagramas de irradiação em campo distante [5].

A influência do radome sobre o espalhamento eletromagnético de uma antena pode ser inferida através dos diagramas de irradiação do conjugado antena-radome. O procedimento dessas medidas com radome em nada difere das sem radome, valendo a mesma configuração de equipamentos e os mesmos procedimentos de teste, desde que o conjugado seja fixado adequadamente. A Figura IV ilustra os efeitos típicos do radome em um diagrama [6].

FIGURA IV

EFEITOS TÍPICOS DO RADOME EM UM DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO



A transparência do radome à passagem da irradiação e, por conseguinte, sua influência sobre o ganho da antena, pode ser avaliada de posse de sua transmitância de potência ( $T_p$ ). Matematicamente, trata-se da razão entre as intensidades de pico recebidas pela antena em teste (AUT) com e sem o radome. O modo mais acurado de se efetuar essa medida é deslocar o radome sobre o eixo da AUT enclausurada, mantendo-a imóvel em uma posição de onde recebe a energia oriunda de um transmissor distante. O cálculo se efetua sobre os dados armazenados continuamente durante o movimento do radome. A Figura V apresenta os dados de intensidade pertinentes a essa medida para o radome ilustrado na Figura III. As franjas visualizadas resultam da interferência entre as múltiplas ondas refratadas e refletidas no corpo do radome. A intensidade das franjas mostra que a magnitude do campo refletido é bastante alta. A distribuição de fase também sofre perturbação [4].

O desvio angular que o radome ocasiona na direção de máximo do diagrama é descrito pelo erro de apontamento ( $\delta\beta$ ), medido em processo semelhante ao da transmitância de potência. A Figura VI ilustra  $\delta\beta$  para o radome da Figura III. Nessa, o Plano E é o plano que contém o campo elétrico e a normal à antena. Conforme se pode observar, o erro de apontamento depende da orientação da polarização relativa da direção de varredura da antena. Resultados experimentais sugerem que esse parâmetro também é influenciado pelo tamanho da antena [4].

A taxa com que  $\delta\beta$  varia tem importância em sistemas adaptativos (e.g., *smart antennas*, radares, etc). Nos casos onde  $\delta\beta$  é fixo ou varia segundo uma taxa não randômica, é possível corrigir o problema mediante a inclusão de tabelas de calibração (com fatores levantados com medidas) na rotina do subsistema de processamento de sinais. Caso contrário, é necessário um sistema dedicado que de tempos em tempos realize medidas e atualize a tabela de calibração.

**ASPECTOS GERAIS DO PROJETO TEÓRICO**

O projeto teórico de um radome é um processo de análise e não de síntese, envolvendo muitas variáveis. A análise é interativa e parte de um protótipo “candidato” cuja configuração e composição são estimadas pela experiência de um projetista.

FIGURA V

MEDIDA DA TRANSMITÂNCIA DE POTÊNCIA DE UM RADOME

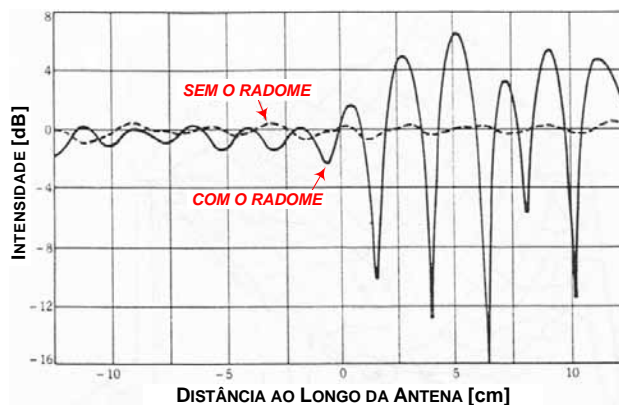
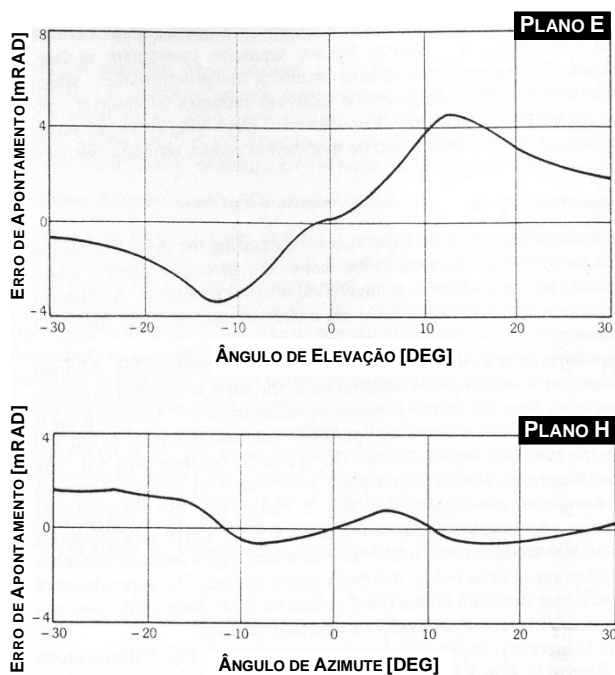


FIGURA VI

MEDIDA DO ERRO DE APONTAMENTO DE UM RADOME



Os parâmetros de desempenho do radome são avaliados por métodos teóricos e numéricos mediante o cômputo dos diagramas de difração da antena enclausurada. Esses cômputos são demorados já que cada diagrama vale apenas para uma especificação de frequência, polarização e orientação relativa da antena para com o radome.

O modelamento básico é em termos da propagação de uma onda plana (TEM) e sua incidência sobre painéis dielétricos planos, averiguando reflexão, refração e difração. Os radomes com perfil curvo são analisados considerando sua superfície localmente plana em cada ponto (de acordo com a óptica geométrica). Da teoria eletromagnética sabe-se que as propriedades de transmissão da placa dielétrica variam para com a frequência, o ângulo de incidência e a polarização da onda incidente.

O ambiente operacional é o fator primário no projeto de um radome, especialmente na escolha do material. Atentando que a absorção de água pelo radome aumenta a constante dielétrica ( $\epsilon_r$ ) e a tangente de perdas ( $\delta_p$ ) de sua parede, em locais úmidos, devem-se destinar materiais que não absorvam água com rapidez ou então que tenham sofrido tratamento e estejam revestidos. Chuvas constantes provocam uma espécie de erosão que se manifesta sobre a superfície do radome através de furos e micro-ranhas; a falha operacional proporcionada ao sistema pode ser catastrófica. Temperaturas elevadas normalmente alteram (para maior ou menor) os valores de  $\epsilon_r$  e de  $\delta_p$ . Mudanças no desempenho de  $\delta\beta$  são esperadas considerando a ocorrência física de aquecimento não uniforme do radome. Cargas de vento estabelecem tensões mecânicas (*stresses*) sobre o radome que, em excesso, podem vir a fraturá-lo [6]. A eletrização estática de radomes pelo movimento do ar pode representar um sério risco de eletrocução.

CONSIDERAÇÕES SOBRE MATERIAIS

Muitos materiais polímeros, em especial os termoplásticos, são convenientes para a fabricação de radomes. Os cerâmicos também têm aplicação. Quimicamente, os termoplásticos são materiais polímeros (orgânicos) que amolecem ao serem aquecidos e que endurecem ao serem resfriados. Por sua vez, os cerâmicos tratam-se de determinados materiais inorgânicos (e.g., porcelana) constituídos, por exemplo, por silicatos ou por óxidos metálicos, sendo preparados a altas temperaturas, apresentando composição variável (dentro de certos limites) e de estrutura complexa.

Os materiais termoplásticos têm sua aplicação limitada aos casos envolvendo aumentos não exagerados de temperatura, apesar de que laminados comuns usando resinas de poli-benzimidazol ( $C_7H_6N_2$ ) e de poliamida ( $H_2N-$ ) podem suportar temperaturas próximas de 400°C. Em temperaturas extremamente elevadas, os materiais cerâmicos são uma solução. Nesses, os parâmetros elétricos dependem da densidade do material. Um exemplo é o óxido de Berílio (BeO), dentre outros silicatos. No caso dos materiais orgânicos, os parâmetros elétricos são função não apenas da densidade do material, mas também do conteúdo de resina. Os Duroides 5650 e 5870, por exemplo, têm sido escolhidos como os de melhor desempenho em aplicações supersônicas pluviais [6],[7].

ANTENAS EM ESTAÇÕES RÁDIO-BASE E CAMUFLAGEM

A cobertura de um sistema de telefonia móvel celular é assegurada mediante a instalação de um conjunto de estações rádio-base (ERBs) em posições específicas. Essas estações estabelecem o elo entre o usuário e o sistema através de ondas de rádio, as quais são emitidas e captadas por intermédio de um sistema irradiante. Tipicamente, esse sistema é instalado no alto de uma estrutura de sustentação (e.g., torres, postes, etc.) visando uma melhor rádio-iluminação, sendo interconectado aos demais equipamentos da ERB via linhas de transmissão. A Figura VII ilustra o caso de um poste treliçado [8].

A organização típica de uma ERB submete o sistema irradiante diretamente às ações da Natureza. Esses agentes meteorológicos atuam negativamente sobre o sistema, promovendo a degradação de seu desempenho operacional. Uma manifestação típica dessa exposição climática ao longo do tempo é o aparecimento de fungos nos corpos das antenas. Outra notoriedade é a corrosão. Essa arquitetura ainda expõe às antenas ao contato com animais (e.g., aves, insetos, etc.) e seus dejetos, o que também é prejudicial.

FIGURA VII  
ANTENAS  
EM UMA ERB



A deterioração material sofrida pelas antenas impacta de forma global no sistema. Por exemplo, o óxido metálico que se forma na superfície dos metais expostos à umidade promove alterações nos valores de impedância, aumentando o coeficiente de reflexão nas portas da antena. Isso reduz sua eficiência de casamento e, por conseguinte, a potência aceita pela antena para irradiar (o análogo vale na recepção). Outro exemplo é a amarfanhada sofrida por um elemento irradiador em virtude do pouso de um urubu. Essa alteração física da configuração irradiante modifica geometricamente a distribuição de corrente de RF excitadora da antena, desfigurando seu diagrama de irradiação e, portanto, mudando a cobertura do sistema. Considerando um terceiro exemplo, seja o aquecimento provocado pela incidência de irradiação UV solar. A dilatação térmica sofrida pelas partes promove irregularidades superficiais nos contatos metálicos, gerando produtos de intermodulação passiva (PIM) que degradam a qualidade do sinal e poluem o espectro eletromagnético.

Existem outras características operacionais as quais deve-se atender. Uma importantíssima em sítios compartilhados é a carga de vento sobre as antenas. Ela pode ser reduzida com radomes adequadamente modelados e evitar abalos na estrutura de sustentação original. Uma espécie de cobertura comum a todas as antenas também serviria, porém é interessante que o topo das estruturas de sustentação permaneça livre e desobstruído para facilitar o trabalho das equipes de instalação e de manutenção das antenas. Por conseguinte, a solução técnica indicada é o uso de antenas com radomes integrados (radants).

A estética é outra característica que se tornou relevante com as imposições ambientais. Técnicas de camuflagem vêm sendo exploradas com intensidade principalmente em ambientes internos (e.g., clínicas, escritórios, restaurantes, shoppings, etc.) e regiões arborizadas. Soluções simples são alcançadas com a pintura do radome (Figura VIII [9]). Imagens de tijolos, azulejos, pisos, madeira, folhas de árvores e até de nuvens podem ser reproduzidas sobre a face externa do radome sem comprometer seu desempenho eletromagnético. Em especial, o produto AcCELLerator™ da EMS Wireless do Brasil facilita camuflagens personalizadas, como na cruz de uma igreja ilustrada na

Figura IX [9], provendo cobertura total no plano azimutal. Uma solução engenhosa de ampla aplicação é a “Eco Antena”, uma camuflagem integrada entre antenas EMS Wireless do Brasil e estruturas Seccional Brasil [8]. A união entre uma estrutura monotubular e um AcCELLerator™ estabelece um perfil visual bem reduzido (cobrindo 360° em azimute).

FIGURA VIII

PINTURAS SOBRE RADOMES  
PARA CAMUFLAGEM



FIGURA IX  
CAMUFLAGEM NA CRUZ DE UMA IGREJA



FIGURA X

“ECO ANTENA” – SOLUÇÃO INTEGRADA ENTRE  
EMS WIRELESS DO BRASIL E SECCIONAL BRASIL



## A VISÃO DA EMS WIRELESS DO BRASIL

O exercício profissional certifica que as antenas para ERBs sofrem em desempenho pela deterioração material ocasionada por sua exposição ambiental ininterrupta. Os prejuízos técnicos advindos desse sofrimento comprometem o desempenho operacional de todo o sistema celular, causando prejuízos às operadoras e arriscando o cumprimento das metas sociais. Esse fracasso, indiscutivelmente, contrapõe o compromisso da *EMS Wireless do Brasil*, formalmente estabelecido em sua Missão, de atender às necessidades de seus clientes [10].

A realidade funcional demanda o uso de uma técnica para aumentar a longevidade do desempenho operacional das antenas em campo, justificando investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para a obtenção de uma solução diligente de alta performance e baixo custo.

Na procura por soluções, fica claro que prover uma proteção física para aumentar a longevidade operacional de uma antena é mais que protegê-la das ações da Natureza. Há de se pensar em sua instalação na ERB. O processo de subida das antenas para o topo da estrutura geralmente promove abalroamentos e arrastos das antenas. O próprio acondicionamento da antena para a subida pode gerar danos. Em solo, não é nenhum espanto ver os instaladores empilharem as antenas umas sobre as outras para servir de assento enquanto fazem suas refeições. Nesse último caso, a exceção de uma embalagem deveras resistente, o risco de estragos às antenas é bastante elevado.

Examinando os processos anteriores à instalação, verifica-se que o transporte e o armazenamento também oferecem um alto risco à integridade das antenas. No transporte têm-se as trepidações provocadas pelo péssimo estado das estradas de rodagem, os tombos pela falta de fixadores e outros. No armazenamento, tem-se a superposição excessiva de antenas em prateleiras, exposição à irradiação solar UV, umidade, manuseio desqualificado, ação de roedores, produtos químicos de limpeza e outros.

Em síntese, para prolongar a longevidade do desempenho operacional de uma antena precisa-se prover uma proteção logística em adição à ambiental. Tecnicamente, a solução para esse problema é alcançada mediante a seleção criteriosa de um material robusto para o modelamento de um radome a ser integrado ao corpo da antena.

Estudando o comportamento eletromagnético de um radant, os ensaios laboratoriais mostram que a mudança mais significativa nos diagramas de irradiação, em virtude da presença do radome, ocorre na região dos lóbulos laterais. De forma sutil, também é verificada uma inclinação do feixe principal e uma redução do valor de máximo.

Quanto aos agentes externos, quem mais atua sobre o radome revertendo negativamente sobre o desempenho eletromagnético do radant é a água. Ela reduz a transmitância e causa reflexões que elevam os níveis dos lóbulos laterais. Nos enlaces de comunicações, ela aumenta a temperatura de ruído. Uma atenção especial deve ser dada à superfície externa do radome, uma vez que sua rugosidade pode implicar em acúmulo localizado de água.

Nas aplicações costeiras, a maresia representa um problema particular. Ela cobre o sistema irradiante com uma fina película de água que, além de produzir os efeitos significativos próprios da água, vem a atacar as partes metálicas do corpo da antena. Esse efeito corrosivo aumenta o PIM da antena (degradando seu desempenho).

A *EMS Wireless do Brasil* tem o compromisso público de garantir o desempenho operacional de seus produtos por cinco anos. Consciente disso, a Engenharia identificou os comportamentos específicos que o material de fabricação do radome deve demonstrar. A saber, o material deve apresentar resistências química, abrasiva e a impactos, ter uma boa resiliência e ser estável em formato, prover retardo de fogo e permitir pintura. Nesse contexto, é lúcido decidir pelos termoplásticos mais resistentes disponíveis.

## OS MATERIAIS DO RADOME EMS WIRELESS DO BRASIL

O material dos radomes integrados às antenas painel da *EMS Wireless do Brasil* para atuação em ERBs é de dupla composição, dispondo de um corpo elementar revestido por uma camada rígida. Revendo os tipos de termoplásticos que podem atender aos requisitos funcionais, dois tipos se destacam como mais indicados. Nas partes do radome por onde flui a irradiação, o sensato é uma liga de acrílico-PVC (policloreto de vinila). Para as demais partes, o PVC rígido. Ambos com proteção para UV.

O juízo por esses termoplásticos baseia-se em suas características inerentes. Eles oferecem uma alta resistência a impactos (mesmo em temperaturas ínfimas) que reverte em proteção contra amasso, rachaduras e rompimentos. Os altos graus de resiliência e de tenacidade proporcionados permitem que (em temperatura ambiente) o radome possa ser estirado até o dobro de seu tamanho original sem quebrar. A baixa absorção de água e o coeficiente de expansão térmica relativamente baixo incorrem em uma estabilidade corpórea. Isso evita que o radome venha se deformar com o tempo, o que causaria quebra das juntas e abriria fendas que permitiriam o acesso de água, insetos e outros agentes externos ao interior da antena. A resistência abrasiva confirmada em testes assegurou um acabamento de alta qualidade por um tempo superior ao da vida útil do produto. Sob ataque de agentes químicos, do ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) ao tetracloreto de carbono ( $CCl_4$ ), esses materiais são os que melhor se defendem. Por conseguinte, a superfície do radome pode ser limpa com removedores sem ser afetada. Outra capacidade é a de se permitir expor à irradiação solar UV, por um período superior a dez anos, apresentado apenas uma sutil alteração de sua coloração. O retardo de fogo é outro ponto forte. As ligas de acrílico-PVC atendem aos padrões industriais norte-americanos para uso em equipamentos elétricos, aeronaves e transportes de massa. Particularmente, o grupo ao qual integra a *EMS Wireless do Brasil* preocupou-se em testar seu radome no *Underwrites's Laboratories, Inc.* em conformidade a UL STD 94, obtendo classificação 94 V-O [11]. Por fim, a espessura do radome tem sua uniformidade obtida em produção sem muitas dificuldades, assim como sua coloração. O material permite a execução de pinturas estéticas de camuflagem. A Tabela I quantifica alguns dados típicos desses materiais.

TABELA I

VALORES TÍPICOS PARA OS MATERIAIS DOS RADOMES DA EMS WIRELESS DO BRASIL

PROPRIEDADE E MÉTODO DE TESTE		ACRÍLICO-PVC	PVC
<i>resistência à tração</i>	ASTM D-628	$6 \times 10^3$ psi	$5,8 \times 10^3$ psi
<i>resistência à impacto</i>	ASTM D-256	12,5 ft-lbs/in	16 ft-lbs/in
<i>dureza (escoramento D)</i>	ASTM D-2240	77	82
<i>resistência à flexão</i>	ASTM D-790	9,3	11
<i>gravidade específica</i>	ASTM D-792	1,35	1,4
<i>absorção de água (após 24h)</i>	ASTM D-570	0,06%	0,05%
<i>elongação (na quebra)</i>	N/A	154%	150%

### SOLUÇÃO CONSTRUTIVA PATENTEADA DO RADOME EMS WIRELESS DO BRASIL

O projeto do radome de uma antena painel deve considerar a carga de vento sobre a mesma uma vez que apresenta uma área de exposição eólica relativamente grande estabelecida por sua bandeja metálica retangular onde é instalado o circuito de RF. Considerando que, necessariamente, a bandeja metálica não requer proteção ambiental e que a carga de vento na retaguarda da antena é minimizada pela própria estrutura de sustentação, é apropriada ao radome uma formatação segundo uma geometria hemisférica. O contorno exato deve ser determinado em função da geometria dos elementos irradiantes encobertos pelo radome.

A concepção radant das antenas painel implica em ter o radome integrado à antena, formando um só corpo. A maior dificuldade nesse caso é unir o radome à bandeja, já que termicamente é preciso conciliar os diferentes coeficientes de dilatação do metal e do PVC para se evitar abalos mecânicos na antena. A técnica vulgarmente aplicada de rebitar o radome na bandeja é uma péssima abordagem, pois as tensões mecânicas pertinentes excitam abalos no PVC que comprometem a vida útil da antena. Além disso, não há uma boa vedação. Investindo em pesquisa, o grupo ao qual integra a *EMS Wireless do Brasil* desenvolveu e patenteou uma solução engenhosa para unir o radome à bandeja [12]. O projeto recopilado do radome é ilustrado na Figura XI [9].

O radome inventado trata-se de um conjunto de peças que enclausura o circuito de RF da antena através de uma conexão não rígida e deslizante para com a bandeja de alumínio ao longo do comprimento do conjunto. Essa conexão fornece uma vedação que não se degrada ou se danifica mediante as contrações e expansões térmicas dos diferentes materiais unidos. Especificamente, a bandeja contém uma fenda guia modelada em cada lado, ao longo de seu comprimento, na qual encaixa-se e faz-se deslizar os trilhos modelados nas laterais do radome. A concepção lembra a colocação de uma cortina com rodízios suíços ao trilho fixado no teto (os rodízios suíços estão para a fenda guia na bandeja assim como o trilho da cortina está para o do radome). O fechamento do conjunto é estabelecido com duas tampas, uma inferior atada somente ao radome e outra superior que efetiva a única conexão rígida entre a bandeja e o radome. A tampa inferior encaixa-se por entre o radome e a bandeja, ao passo que a superior sobrepõe ambas. Dessa forma, o projeto previne a intrusão direta de água. Adindo, a tampa inferior possui buracos para permitir o escape da condensação do interior da antena.

O diferencial e a grande vantagem da solução patenteada do radome das antenas painel fabricadas pela *EMS Wireless do Brasil* é o fato de não haverem conexões rígidas juntando a bandeja metálica e o radome polimérico, ao longo do comprimento do conjunto, o que previne contra o stress mecânico e os abalos que resultam dos diferentes coeficientes térmicos dos materiais empregados.

FIGURA XI  
RADOME DA  
EMS WIRELESS DO BRASIL



## MEDIDAS EM FÁBRICA

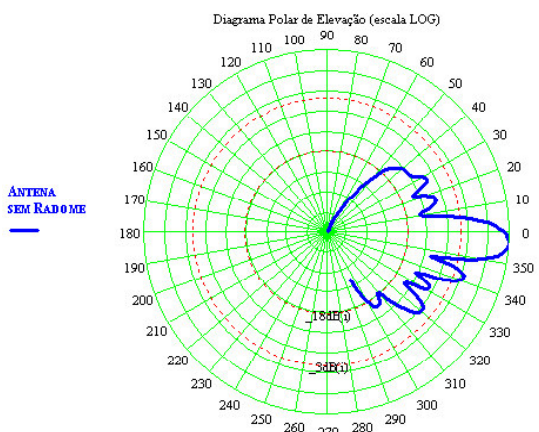
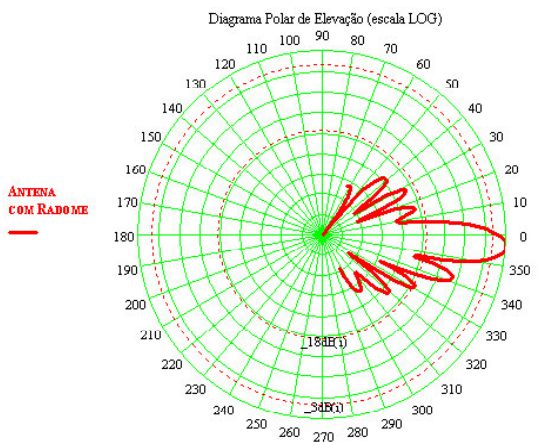
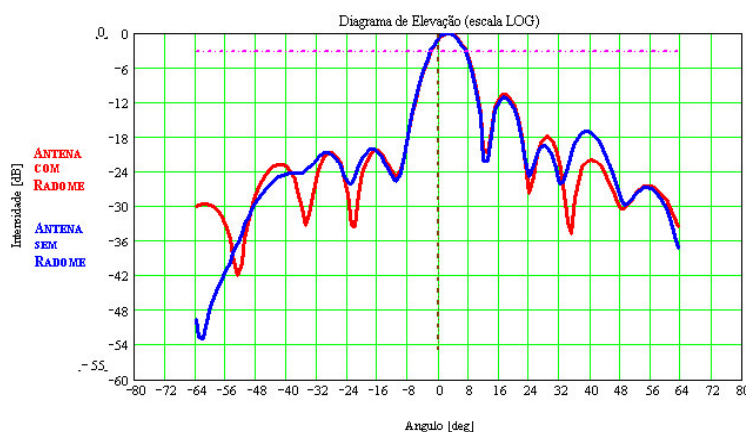
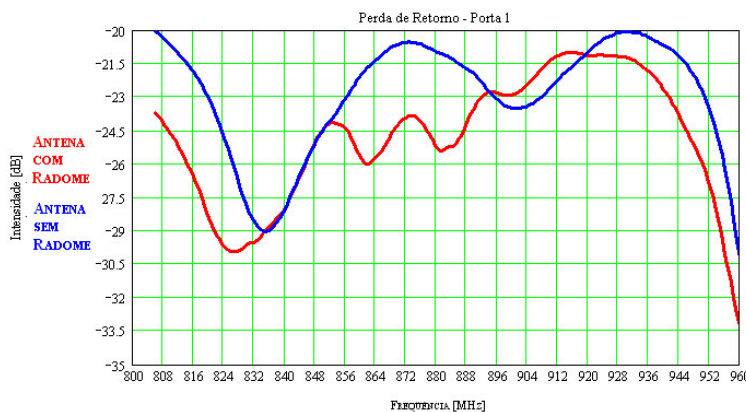
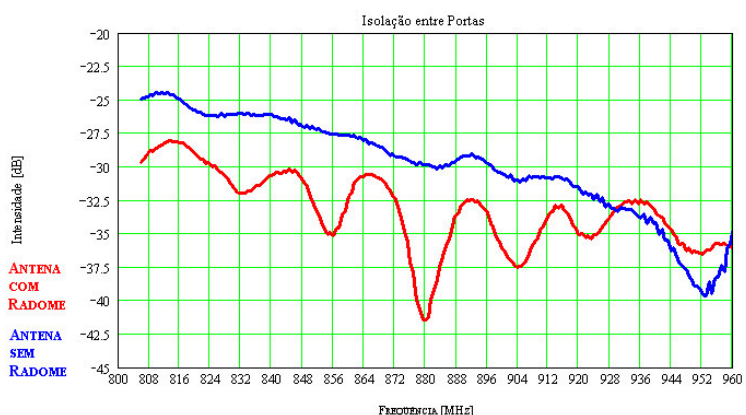
Absolutamente todas as unidades de antenas produzidas pela *EMS Wireless do Brasil* são testadas em fábrica para aprovação de desempenho eletromagnético antes de serem encaminhadas a um cliente. Considerando que cada produto é um radant, os testes são realizados com o radome integrado à antena e, por conseguinte, os valores de desempenho declarados têm incluso os efeitos do radome.

A Figura XII apresenta os resultados dos testes realizados em fábrica para uma antena modelo RR651503DBL2, por exemplo. Os dados competem à porta 1 e os diagramas de elevação são traçados na frequência de 860 MHz. Os gráficos para perda de retorno e para isolamento entre portas são apresentados para todo o espectro operacional do modelo.

Os procedimentos de sintonia e de isolamento efetuados nas estações metrológicas em fábrica atentam à perda de energia provocada pelo radome, sendo a AUT ajustada para alcançar suas especificações de desempenho na inclusão do radome. Por inspeção, os gráficos respectivos certificam que esses parâmetros apresentam melhores resultados com o radome, globalmente.

Os produtos comercializados têm o diagrama de elevação levantado em fábrica com o radome integrado à antena, contudo a Figura XII também apresenta um ensaio efetuado sem o radome para fins de comparação. Os gráficos mostram que a intensidade dos lóbulos laterais aumenta para com o máximo do diagrama quando da ausência do radome. Ainda, que esses lóbulos têm um delineamento mais expressivo no diagrama levantado com o radome. Esses resultados retratam os fenômenos de interferência construtiva e destrutiva entre os raios refletidos e refratados no radome. Particularmente, não se verifica mudança no apontamento do feixe.

FIGURA XII  
MEDIDAS EM FÁBRICA





## FECHO

O repertório de entrada (*background*) necessário para diligentemente poder-se avaliar as influências de um radome sobre a irradiação de uma antena é disponibilizado nesta Nota Técnica. Características de desempenho eletromagnético foram abordadas em consonância com as questões operacionais, logísticas e estéticas, incluso camuflagem. Em especial, verifica-se que o radome utilizado pela *EMS Wireless do Brasil* consiste na solução de melhor desempenho já alcançada para antenas painéis de ERBs, proporcionando uma condição única livre de stress mecânico. Adindo, são apresentados resultados reais de medidas efetuadas em fábrica com uma antena comercial para constatação da influência prática do radome. Soluções em camuflagem são tratadas e exemplificadas.

**A Engenharia da EMS Wireless do Brasil agradece toda e qualquer contribuição à melhoria de suas Notas Técnicas, encorajando seus leitores a apresentarem comentários, sugestões, atualizações, correções, dúvidas ou a requisitar informações suplementares.**

## REFERÊNCIAS

- [1] [http://www.radomes.org/museum/documents/BakerAFSOR hoops.html](http://www.radomes.org/museum/documents/BakerAFSOR%20hoops.html); em 20/JUL/2004, 18:00h.
- [2] BODNAR, D. G. (chair). **IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas: IEEE Std 145-1993**. Estados Unidos da América: IEEE, 1993. 36 p.
- [3] [http://www.mi-technologies.com/Automated\\_Test\\_Equipment/Radome/Radome.htm](http://www.mi-technologies.com/Automated_Test_Equipment/Radome/Radome.htm); em 20/JUL/2004, 18:10h.
- [4] TRICOLES, G. P. **Radome Electromagnetic Design**. Capítulo 31 em **Antenna Handbook: Theory, Applications, and Design – Part D: Related Topics**. Estados Unidos da América: Van Nostrand Reinhold Company, Inc., 1988. 31 p.
- [5] KUMMER, W. H. (chair). **Measurement of the Electrical Properties of Radomes**. Capítulo 14 em **IEEE Standard Test Procedures for Antennas: IEEE Std 149-1979**. Estados Unidos da América: IEEE, 1979. 4 p.
- [6] HUDDLESTON, G. K. & BASSETT, H. L. **Radomes**. Capítulo 44 em **Antenna Engineering Handbook, 3th ed. – Part 4: Topics Associated With Antennas**. Estados Unidos da América: McGraw-Hill, Inc., 1993. 25 p.
- [7] [http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib\\_query?1980sems.symp....7B](http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib_query?1980sems.symp....7B); em 23/JUL/2004, 13:50h.
- [8] <http://www.seccional.com.br>; em 23/JUL/2004, 14:30h.
- [9] ABREU JR., P. A. **Soluções Construtivas EMS Wireless**, Brasil: Slides da Apresentação no Seminário Nacional de Performance em Antenas, EMS Wireless do Brasil Ltda., Auditório da Seccional Brasil S.A., Curitiba, PR, jun. 2004.
- [10] <http://www.ems-t.com/aboutEMS/mission.asp>; em 26/JUL/2004, 12:00h.
- [11] <http://www.ul.com/fire/>; em 28/JUL/2004, 11:50h.
- [12] BELL, T. E. and KIESLING, D. J. and SWANBURG, A. (inventors), Electromagnetic Sciences, Inc. (Assignee). **Antenna Enclosure With a Stress-Free Connection Along the Length of the Radome**. U.S. Patent Number 5,844,529. Estados Unidos da América: 01/DEZ/1998. 12 p.