

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO PRESERVATIVO COM CCA-C NO USO DE RFID EM DORMENTES DE MADEIRA

Maria José de A.C. MIRANDA¹, Alessandro S. SANTOS¹, Gisleine A. da SILVA¹, Matheus JACON¹, Sergio BRAZOLIN¹, Leandro AVANÇO¹, Sergio Matias PEREIRA JR.¹ ;
Veltan E. MARTINELLI Jr²

1 - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, São Paulo, SP, Brasil

2 - Companhia Paulista de Trens Metropolitanos – CPTM, São Paulo, SP, Brasil

Resumo: A identificação por rádio frequência (RFID) de dormentes de madeira pode permitir o controle de toda a sua cadeia de distribuição, uso e descarte. Esta identificação se dá pela fixação de uma “etiqueta inteligente” (*tag*) nos dormentes, que se comunicam com antenas e leitores por radiofrequência. Para obter o rastreamento de toda cadeia, é importante notar que o dormente de madeira passa por diversos tipos de manipulação, tratamento e processamento até ser descartado. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de *tags* encapsuladas, a serem colocadas em dormentes de madeira, quando submetidas à imersão de produto preservativo e ao tratamento sob pressão em autoclave com o produto preservativo hidrossolúvel CCA-C. Os resultados dos testes mostraram a comparação do comportamento do sinal de resposta das *tags*, com encapsulamento de policarbonato, poliéster, ABS e *nylon*. A partir resultados obtidos é possível afirmar que há evidências de desempenho adequado da tecnologia de RFID em dormentes de madeira.

Palavras-chave: madeira, dormentes, tratamento preservativo, identificação por rádio frequência, RFID, CCA.

Abstract: The radio frequency identification (RFID) of wooden sleepers can allow control of your entire supply chain, use and disposal. This identification is by setting a "smart tag" (*tag*) in crossties, that communicate with antennas and radio frequency readers. For tracking entire chain, it is important to note that the wooden sleeper goes through several types of manipulation, handling and processing to be discarded. This study aims to evaluate the performance of encapsulated tags, to be placed on crossties, when submitted to product immersion and pressure treatment in an autoclave with CCA-C preservative product. The test results show the comparison of the response signal behavior of the tags with encapsulation polycarbonate, polyester, ABS and nylon. From results we can say that there is evidence of proper performance of RFID technology in crossties.

Keywords: wood, crossties, wood treatment, RFID, radio frequency identification, CCA.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de novas tecnologias podem incorporar melhoramentos no controle de distribuição de bens e produtos em toda cadeia de suprimentos. Uma destas novas tecnologias é a identificação por Rádio Frequência (RFID), que permite identificar um produto com a fixação de uma “etiqueta inteligente” (*tag*) que pode ser lida por meio de ondas



eletromagnéticas, informando um código que é uma espécie de registro geral do produto. Desta forma, a rastreabilidade de produtos pode ser realizada em toda linha de produção, armazenamento e despacho. Esta solução já vêm sendo utilizada com frequência na indústria de bens de consumo em grandes centros de distribuição (SHEN e WANG, 2010).

A aplicação da tecnologia de RFID em dormentes de madeira é um estudo de caso importante para a área logística, em especial, automação e controle de estoque de entrada e saída fato este que pode trazer benefícios significativos, como maior flexibilidade e minimização de falhas, além de um planejamento mais preciso de substituições e disposição (MARTINELLI, 2013). A utilização de RFID em dormentes de madeira estabelece uma série de desafios (SANTOS, MIRANDA, et al., 2014). Para obter o rastreamento de toda cadeia, é importante notar que a madeira passa por diversos tipos de manipulação, tratamento e processamento até ser descartado.

O tratamento preservativo pode causar danos e interferências no material da *tag* de RFID, pesquisar quais são as *tags* mais adequadas e qual o nível de interferência que esse processo pode causar na eficiência das leituras de informação da *tag* é fundamental para o sucesso de sua aplicação.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de *tags* encapsuladas, a serem colocadas em dormentes de madeira, quando submetidas a imersão de produto preservativo e ao tratamento sob pressão em autoclave com o produto preservativo hidrossolúvel CCA-C.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ciclo de vida de dormentes de madeira

Todos os estágios do ciclo de vida dos dormentes de madeira (Figura 1) podem ser monitorados considerando-se desde o abate da árvore, o processamento na serraria, armazenamento, instalação e finalmente o seu descarte.



Figura 1. Ciclo de vida de dormentes. Adaptado de (SANTOS, MIRANDA, et al., 2014)

Cabe salientar que o processo pode-se iniciar com a identificação da tora (OHNIMUS, HABERLAND, et al., 2010) na etapa de abate na floresta, no entanto, para este estudo considera-se apenas a partir do processo de fabricação do dormente na serraria, momento este que pode ser inserida a *tag* de RFID.

2.2 Identificação por Radio frequência

Os sistemas de RFID (Figura 2), de forma geral, são constituídos de etiquetas (*tags*), que contém um código identificador, que é transferido para um leitor, por meio de radiofrequência captada pela antena, que processa as informações e encaminha via redes de computador para um software middleware, responsável pela integração com sistemas de gerenciamento.

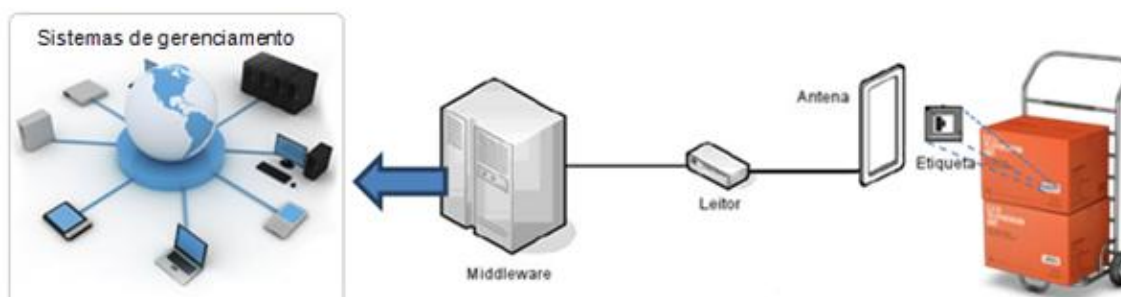
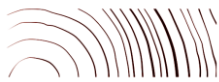


Figura 2. Componentes de sistemas de RFID



Os componentes básicos de um sistema RFID são:

- A *tag* é constituída de antena, impressa sobre um *inlay*, e um microchip responsável por armazenar as informações e comandos, além de enviar e receber estes comandos. A *tag* pode possuir alimentação por bateria, sendo denominada ativa ou semi-passiva, ou sem alimentação, sendo denominada passiva. A *tag* pode ser encapsulada em diversos materiais, conforme a necessidade da aplicação. Este encapsulamento tem como objetivo proteger os dispositivos eletrônicos, garantindo sua integridade;
- As antenas, conectadas ao leitor, são responsáveis por enviar e receber o sinal de radiofrequência para a *tag*;
- O leitor é o equipamento responsável por enviar comandos para a *tag*, e processar a resposta enviada com a informação;
- O software middleware é responsável por receber as informações coletadas pelo leitor e encaminhar às aplicações legadas da empresa.

Importante salientar que para cada tipo de produto e condições de utilização deve-se escolher ou adaptar a *tag* e os equipamentos de sua leitura e gravação, ou leitores RFID. Isso se deve ao fato de que cada material presente nas proximidades da *tag* afeta de forma diferente as ondas eletromagnéticas utilizadas pelos leitores RFID, podendo dificultar ou até mesmo impedir a sua leitura (CUGNASCA e PINTO, 2015).

Assim, dentre os diversos fatores físicos que interferem no alcance do sinal refletido pela antena da *tag*, temos:

- o tipo de superfície de aplicação da *tag*: superfícies de natureza metálica podem diminuir o alcance da leitura;
- os obstáculos presentes entre a *tag* e a antena da leitora: alguns materiais dificultam ou impedem a passagem das ondas eletromagnéticas, como água, metais, líquidos, pessoas, animais, madeira, etc.
- o material usado no encapsulamento da *tag*;
- a posição relativa das antenas: da *tag* em relação à da leitora.

Cada tipo de frequência utilizada nas *tags* (LF, HF, UHF) apresenta comportamento característico frente aos diversos tipos e materiais, e também possibilitam, em geral, a leitura a distâncias menores (LF) ou maiores (UHF). No Brasil, segundo a ANATEL, o RFID pode operar nas frequências de 125 kHz, 13,56 MHz, 902 a 907 MHz, 915 a 928 MHz (UHF), 2,45 GHz e 5,8 GHz. Sendo que as *tags* mais utilizadas e empregadas na identificação de produtos utilizam a faixa de frequência em UHF padronizada conforme modelo EPC Gen-2.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostras

Foram ensaiadas 20 amostras de quatro modelos de *tags* de RFID do tipo UHF padrão EPC-Gen2, conforme características apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das *tags* - amostras de ensaio

| Modelo | Tipo encapsulamento | Quantidade | Comprimento | Largura | Espessura |
|--------|---------------------|------------|-------------|---------|-----------|
| 1 | Policarbonato | 6 | 12cm | 2,10cm | 0,10cm |
| 2 | Poliéster | 6 | 12cm | 1,40cm | 0,05cm |
| 3 | Nylon | 4 | 3,7cm | 1,10cm | 0,30cm |
| 4 | ABS | 4 | 11cm | 1,30cm | 1,40cm |

3.2 Procedimentos

O ensaio foi dividido em dois procedimentos: (I) - Imersão em Solução Preservativa de arseniato de cobre cromatado (CCA-C); e (II) submetidas ao Processo de Tratamento Preservativo sob pressão em autoclave piloto, com a mesma solução de CCA-C. Foi então necessário dividir as amostras recebidas em dois novos lotes iguais, um para cada procedimento, tendo cada lote uma mesma quantidade de amostras dos modelos 1, 2, 3 e 4 (Tabela 2).

Tabela 2. *Tags* - amostras e procedimentos

| Procedimento | Identificação das <i>tags</i> | | | | TOTAL |
|--------------|-------------------------------|------------------|------------|------------|-------|
| | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | |
| I | #T04, #T5, #T06 | #T10, #T11, #T12 | #T18, #T19 | #T13, #T14 | 10 |
| II | #T01, #T2, #T03 | #T07, #T08, #T09 | #T15, #T16 | #T22, #T23 | 10 |
| TOTAL | 6 amostras | 6 amostras | 4 amostras | 4 amostras | |

3.2.1. Procedimento I: Imersão em Solução Preservativa

As dez *tags* escolhidas para este procedimento foram inseridas no interior de uma cuba de vidro tipo manteigueira (Figura 3). Um volume de aproximadamente 500 ml de solução preservativa (CCA-C, 3% de ingredientes ativos ou IA) foi vertido no interior do recipiente contendo as *tags*, a concentração de CCA-C utilizada é representativa de uma solução de trabalho em usinas de preservação de madeiras - UPM's para tratamento de madeira.

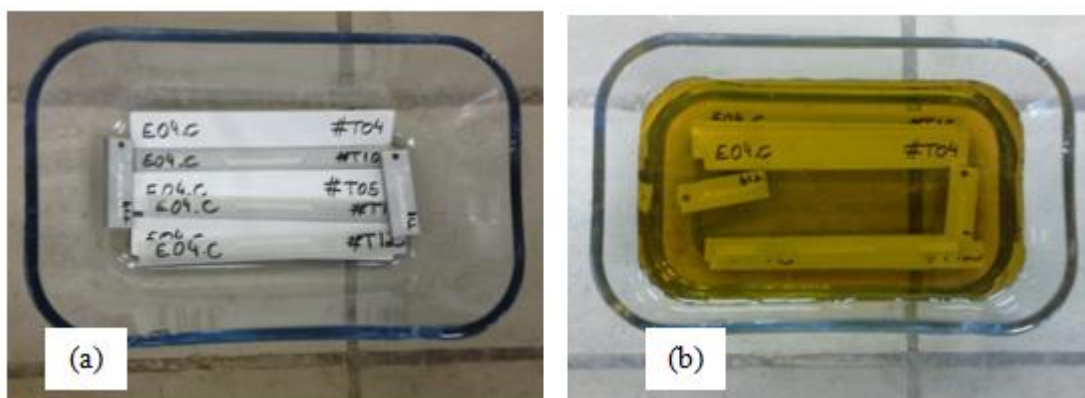


Figura 3. *Tags* inseridas em: (a) em cuba de vidro tipo manteigueira; (b) Recipiente preenchido pela solução preservativa (CCA-C, 3% de IA).

O ensaio foi concluído após 15 dias de imersão das *tags* em solução preservativa efetuando-se leituras do sinal a cada três dias.

3.2.2. Procedimento II: Processo de Tratamento Preservativo

O tratamento preservativo das *tags* foi realizado em usina piloto, que reproduz todas as condições de uma unidade de tratamento industrial.

As dez *tags* escolhidas para este procedimento foram envolvidas por uma malha de fibra sintética com suas extremidades lacradas com lacre plástico (Figura 4). Esse invólucro foi desenvolvido para garantir que as *tags* tivessem pouca ou nenhuma mobilidade no interior da autoclave durante os ciclos de vácuo e pressão.

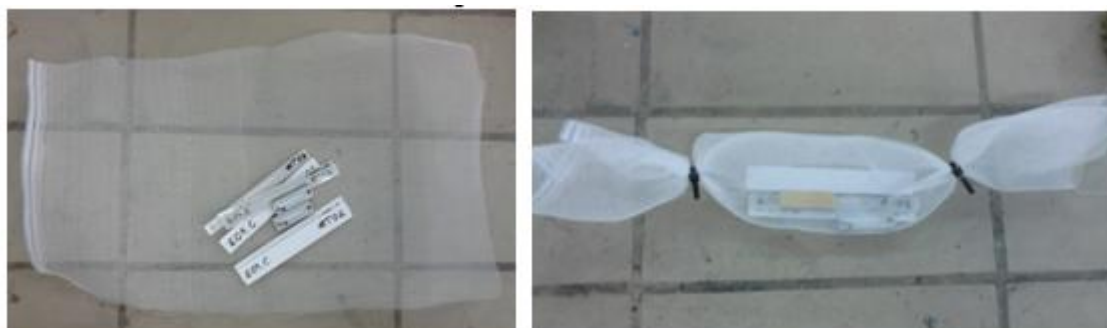


Figura 4. Preparação do invólucro contendo as *tags*

O invólucro lacrado contendo as dez *tags* foi inserido no interior de uma autoclave-piloto. A autoclave foi fechada e a bomba de vácuo acionada, permanecendo em operação por aproximadamente 20 minutos a 650 mm de Hg. Em seguida, a autoclave foi alimentada com a solução preservativa (CCA-C, 3% de IA) e a bomba de recalque acionada, permanecendo em operação por aproximadamente duas (2) horas a 12,0 kgf.cm² garantindo-se a pressão no interior da autoclave.

Transcorrido o tempo de duas horas, a solução preservativa contida no interior da autoclave foi removida e a bomba de vácuo acionada, permanecendo em operação por alguns minutos a 650 mm de Hg para remoção do excesso de solução preservativa. Por fim a bomba de vácuo foi desligada e a autoclave aberta para retirada do material ensaiado.

A usina piloto utilizada no processo de tratamento preservativo é apresentada na Figura 5.

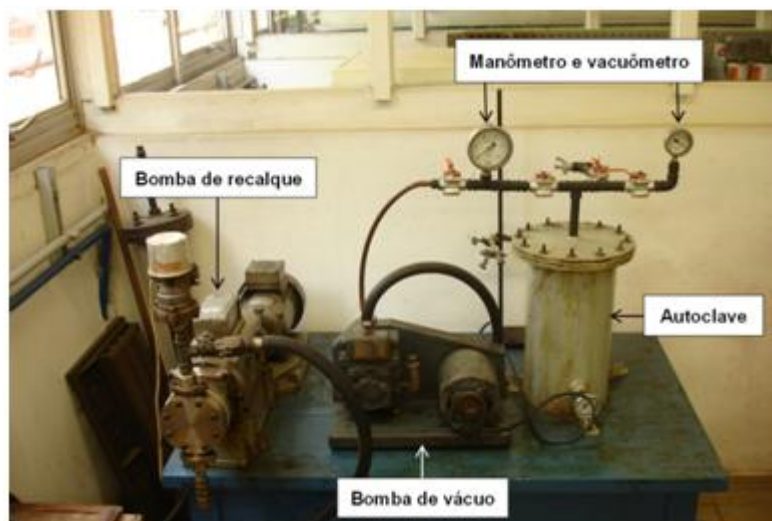


Figura 5. Usina piloto

3.3 Equipamento

As leituras do sinal das *tags* foram realizadas com um reader RFID Impinji Speedway modelo R420 e com antena RFID Laird modelo S9028PC com polarização circular e 8 dBi de ganho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 e a Figura 6 apresentam os resultados da potência de resposta da *tag* antes/ após a imersão em produto preservativo.

Tabela 3. Leitura das *tags* submetidas à imersão em solução de CCA-C

| Etiqueta | Material | Potência de resposta <i>tag</i> (dBm) | | Ganho |
|----------|---------------|---------------------------------------|-------------------|-------|
| | | Antes do tratamento | Após o tratamento | |
| T4 | Policarbonato | -52 | -50 | +2 |
| T5 | Policarbonato | -50 | -49 | +1 |
| T6 | Policarbonato | -50 | -48 | +2 |
| T10 | Poliéster | -49 | -48 | +1 |
| T11 | Poliéster | -49 | -48 | +1 |
| T12 | Poliéster | -50 | -49 | +1 |
| T13 | ABS | -46 | -45 | +1 |
| T14 | ABS | -46 | -45 | +1 |
| T18 | Nylon | -69 | -89 | -20 |
| T19 | Nylon | -69 | -88 | -19 |

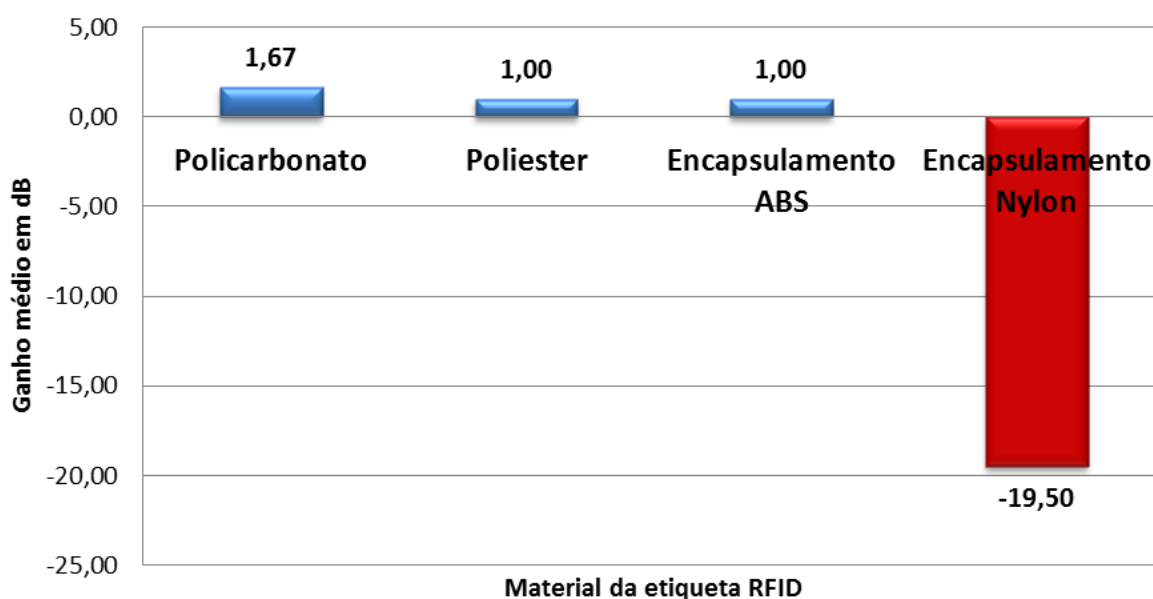


Figura 6. Efeito na leitura da *tags* imersas em solução de CCA-C

A Tabela 4 e Figura 7 apresentam os resultados referentes à potência de resposta das *tags* antes e após o tratamento preservativo em autoclave-piloto.

Tabela 4. Leitura das *tags* submetidas ao tratamento preservativo em autoclave-piloto

| Etiqueta | Material | Potência de resposta <i>tag</i> (dBm) | | Ganho (dB) |
|----------|---------------|---------------------------------------|-------------------|------------|
| | | Antes do tratamento | Após o tratamento | |
| T01 | Policarbonato | -50 | -48 | +2 |
| T02 | Policarbonato | -52 | -50 | +2 |
| T03 | Policarbonato | -50 | -49 | +1 |
| T07 | Poliéster | -50 | -48 | +2 |
| T08 | Poliéster | -51 | -48 | +3 |
| T09 | Poliéster | -49 | -48 | +1 |
| T16 | Nylon | -63 | -69 | -6 |
| T17 | Nylon | -63 | -69 | -6 |
| T22 | ABS | -46 | -50* | -4 |
| T23 | ABS | -46 | -54* | -4 |

*As *tags* encapsuladas com ABS apresentaram infiltração de produto preservativo após o tratamento.

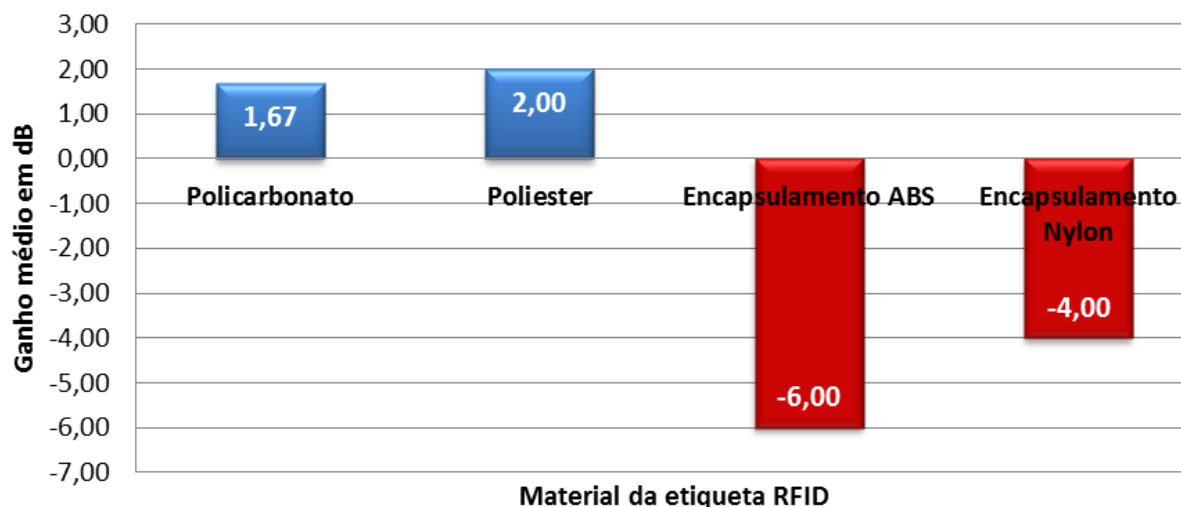


Figura 7. Efeito na leitura do tratamento preservativo

A potência de resposta da *tag* mostrada nas Tabelas 3 e 4 indica o nível de potência do sinal de resposta enviado pela *tag*, recebido pelo leitor RFID. Os valores apresentados nas tabelas estão de acordo com o especificado pelo fabricante das *tags*, considerando a distância de leitura.

O valor do ganho indica o aumento ou a diminuição deste nível de potência. A unidade de potência (dBm) facilita a interpretação dos resultados. A variação de 3 dB no sinal, para o caso de aumento, indica que sua intensidade foi dobrada e para o caso de redução, que sua intensidade foi reduzida pela metade.

As *tags* com encapsulamento de policarbonato e poliéster mantiveram suas características de resposta inalterada antes e depois dos processos de tratamento preservativo e imersão no produto preservativo, além disso, visualmente elas não sofreram distorções estruturais e não apresentaram indícios de absorção do líquido.

As *tags* encapsulados com ABS, T22 e T23, sofreram infiltração de produto preservativo durante o processo do tratamento, o que causou uma perda de 4dB na *tag* T22 e 8dB na *tag* T23, quando comparamos com a potência de resposta destas antes do processo. Esta *tag* tem como característica um encapsulamento com espaço “oco”, característica importante para aumentar a eficiência de resposta da *tag*, no entanto, esta característica permitiu infiltração gerando um repositório de produtos químicos do tratamento, o que a longo prazo pode danificar permanentemente os circuitos eletrônicos da *tag*.

As *tags* com encapsulamento em *nylon* para utilização em metal, T18 e T19, apresentaram perda na potência de resposta tanto após o ensaio tratamento preservativo, quanto após o processo de imersão na solução preservativa, pois absorveram o líquido. Esta *tag* é projetada para a utilização em superfícies metálicas e seu projeto não prevê utilização em ambientes com alta umidade.



5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos é possível concluir que as *tags* Modelos 1 e 2 apresentaram desempenho satisfatório nos procedimentos de imersão em solução e do processo de tratamento preservativo, portanto, sua aplicação é possível tanto antes como após o ciclo de tratamento das peças. Entretanto, as *tags* Modelo 4 encapsuladas com ABS não são recomendadas se a aplicação na peça acontecer antes do tratamento preservativo.

Para as *tags* do Modelo 3 observou-se perda da potência de resposta antes do tratamento, ou seja, em condições de elevada umidade da madeira, sendo nessa condição seu uso não recomendado.

Assim, com base na análise dos resultados obtidos é possível afirmar que há evidências de desempenho adequado da tecnologia RFID em dormentes de madeira, porém, o sucesso da implementação desta tecnologia, depende do conhecimento de todos os aspectos relacionados ao material, processo e ciclo de vida para que se possa garantir a integridade da *tag* aplicada e o respectivo sinal de leitura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUGNASCA, C. E.; PINTO, J. K. C. Segundo Relatório Técnico de P&D - Estado da arte de rfid em madeiras. Tecnologia e Engenharia de Micro Onda Ltda. São Paulo, 15p. 2015.

MARTINELLI JR, V. E. Controle do Processos Logístico de Dormente de Madeira com a Adoção de Tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (RFID) Uma Condição Prévia Para Uma Política Ambiental. (2013). 22p. Trabalho de conclusão de curso (CELOG T-13) Fundação Vanzolini. São Paulo.

OHNIMUS, F. et al. Design and characterization of a small encapsulated UHF RFID tag for wood log monitoring. LOUGHBOROUGH ANTENNAS AND PROPAGATION CONFERENCE (LAPC). Loughborough, UK: [s.n.]. 2010. p.265-268.

SANTOS, A. S. et al. Challenges to the use of RFID in wood crossies. IEEE Brasil RFID 2014. São Paulo: [s.n.]. 2014. p.23-24.

SHEN, S.; WANG, D. Research on Warehouses Management Based on RFID and WSN Technology. In: 2nd INTERNATIONAL WORKSHOP ON DATABASE TECHNOLOGY AND APPLICATIONS. [S.I.: s.n.]. 2010. p.1-4.