

CORROSÃO DE FIXADORES METÁLICOS EMBUTIDOS EM MADEIRA TRATADA – UMA REVISÃO

Kelly Bossardi Dias¹, Ricardo Marques Barreiros²

RESUMO: A corrosão de metais em contato com a madeira tem sido estudada a mais de 80 anos. No entanto, a durabilidade dos componentes metálicos fixados em madeira tratada com preservantes tornou-se uma preocupação. A taxa e a quantidade de corrosão dependem do metal, da condutividade da madeira, da duração das condições úmidas e do tipo de preservante utilizado. Estudos sobre a corrosividade dos preservantes para madeira em componentes de fixação metálicos são limitados e levam em consideração somente os preservativos comerciais mais comuns como Arsenato de Cobre Cromado (CCA), Arseniato de cobre amoniacal (ACA), Quaternário Alcalino de Cobre (ACQ), o Creosoto e o borato de cobre cromatado (CCB).

PALAVRAS-CHAVE: Corrosão. Preservante. Madeira. Metais.

CORROSION OF METAL FASTENERS EMBEDDED IN TREATED WOOD - A REVIEW

ABSTRACT: Corrosion of metals in contact with wood has been studied for more than 80 years. However, the durability of metal components fixed on preservative-treated wood has become a concern. The rate and amount of corrosion depends on the metal, the conductivity of the wood, the duration of the wet conditions and the type of preservative used. Studies on the corrosivity of wood preservatives in metal fasteners are limited and take into account only the most common commercial preservatives such as CCA, Ammonium Copper Arsenate (ACA), Alkaline Copper Quaternary (ACQ) the Creosote and the chromated copper borate (CCB).

KEY WORDS: Corrosion. Preservative. Wood. Metals.

¹ Doutora em Engenharia Mecânica. Pós-Doutoranda da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Itapeva. E-mail: kbossardi@gmail.com.

² Doutor em Recursos Florestais. Professor da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Itapeva. E-mail: rmbarreiros@itapeva.unesp.br.

1. INTRODUÇÃO

Muitas espécies de madeiras são naturalmente resistentes à ação dos organismos que as degradam, possui compostos fenólicos formados durante a transformação do alburno em cerne, tornando-a naturalmente mais resistente aos organismos xilófagos. Entretanto, as espécies com esta resistência natural não conseguem cobrir a demanda por produtos de madeira e à base de madeira, que vem crescendo ano a ano (COSTA *et al.*, 2005).

Assim sendo, houve a necessidade de serem usadas espécies de crescimento rápido, cultivadas através de florestas implantadas, cuja madeira geralmente apresenta maior quantidade de alburno e que aliado ao crescimento rápido apresentam menor durabilidade natural. Para que o uso destas espécies seja viável, é necessário impregnar a madeira com substâncias tóxicas aos organismos xilófagos, com o objetivo de aumentar a sua durabilidade e consequentemente a sua vida útil. Essa técnica é chamada de tratamento preservativo da madeira ou preservação da madeira (CAVALCANTE, 1976).

Em geral, as espécies de madeira de rápido crescimento possuem substâncias corrosivas, por natureza, e pode ser mais corrosiva através do tratamento que lhe é dado.

Madeira e metal são compatíveis na maioria dos usos de construção e móveis e ocorrem poucos problemas de corrosão. No entanto, se houver umidade suficiente na interface madeira-metal, pode-se esperar uma certa corrosão com metais susceptíveis. A corrosão do metal em contato com a madeira úmida é um processo eletroquímico. A taxa e a quantidade de corrosão dependem do metal, da condutividade da madeira e da duração das condições úmidas (BAKER, 1987). Os fatores que podem aumentar a taxa de corrosão do metal na madeira incluem espécies de madeira, presença de contaminantes corrosivos externos e tratamento preservante da madeira (SUGIYANTO & SUDIKA, 2010).

A corrosão de fixadores em madeira tratada é geralmente uma reação eletroquímica resultante da formação de células galvânicas entre metais diferentes na madeira. E a taxa de corrosão é acelerada por: maior teor de umidade e presença de solução solúvel eletrólitos; disponibilidade de oxigênio e variações no conteúdo de oxigênio; presença de metais diferentes.

A taxa de corrosão dos componentes metálicos fixados na madeira varia muito dependendo do preservativo usado para tratar a madeira. A madeira que foi tratada com

conservantes à base de óleo sofre menos corrosão do que aquela com conservantes à base de água. Os conservantes de madeira à base de óleo pesado não só preservam a madeira, mas também cobrem a superfície dos fechos metálicos, o que consequentemente reduz as taxas de corrosão. Por outro lado, os conservantes à base de água que contêm principalmente elementos metálicos, em particular o cobre, reforçam o processo eletroquímico da corrosão do metal porque os íons de cobre que penetram nas células da madeira e depois se tornam saturados no interior infligem o potencial diferencial do íon eletronegativo dentro dos fechos (BAKER, 1992).

E, em geral a rigidez e firmeza da construção em madeira e dos móveis que são unidos por parafusos metálicos dependem da taxa de corrosão desses metais e o uso de componentes metálicos muitas vezes cria problemas devido à corrosão, já que os metais corroídos perdem em força e quebram facilmente quando usados na marcenaria.

Investigações sobre a corrosão de fixadores metálicos em madeira tratada com preservantes são limitados e levam em consideração somente os preservativos comerciais mais comuns como Arsenato de Cobre Cromado (CCA), Arseniato de cobre amoniacal (ACA), Quaternário Alcalino de Cobre (ACQ) e o borato de cobre cromatado (CCB). A determinação da corrosividade de um produto químico a metais pode ser em nível de laboratório ou em condições de serviços em contato com a madeira tratada. Os testes de laboratório podem fornecer importantes informações sobre a interação entre líquidos preservativos e equipamentos da planta de preservação de madeira, como também sobre o efeito da madeira tratada em metais empregados para sua fixação. O grau de corrosão causada a metais em contato com a madeira é dependente das condições de uso da madeira (WILKINSON, 1979).

Portanto, embora existam testes acelerados para estimar a corrosividade dos novos conservantes da madeira atualmente, não há como relacionar os resultados desses testes com o desempenho em serviço.

Ressalta-se que os próprios produtos da corrosão dos elementos metálicos ficados na madeira podem, entre outros fatores, estimular o desenvolvimento de fungos xilófagos através da liberação de nutrientes ou da alteração do pH, e aumentar assim a taxa de biodeterioração da madeira.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 CORROSIVIDADE DA MADEIRA

Glarke & Longhurst (1961) foram os primeiros a investigar a corrosão em componentes metálicos ocasionada pelos vapores de ácido acético liberados por espécies de madeiras ácidas.

Em geral, o principal constituinte da madeira é a celulose, que é um polissacarídeo, isto é, um polímero feito de moléculas de açúcar unidas em cadeias longas. Cada unidade de açúcar contém radicais hidroxilo ligeiramente básicos, uma proporção dos quais é combinada com radicais de ácido acético (acetilados) na forma de grupos éster (sal orgânico). Esses agrupamentos podem combinar-se com água, ou seja, hidrolisar, para formar radicais hidroxila livres e ácido acético. O ácido acético torna a madeira ligeiramente ácida.

Portanto, a maioria das madeiras é ligeiramente ácida, com um pH de 3 a 6. Em algumas espécies, o ácido acético gerado a partir de grupos acetil é responsável pelo baixo pH, mas outros ácidos orgânicos também causam condições ácidas. A corrosão de componentes metálicos fixados na madeira é acelerada nessas condições ácidas. Além disso, O ácido acético, é volátil e, em um espaço mal ventilado, a madeira pode causar corrosão de metal nas proximidades (BAKER, 1987).

Outro fator que acelera o processo corrosivo dos componentes metálicos fixados é o teor de umidade da madeira. Se o teor de umidade for inferior a cerca de 18% a taxa de corrosão dos metais é muito baixa. E, conforme o teor de umidade aumenta a taxa de corrosão dos componentes metálicos em contato também aumenta. A taxa e a quantidade de corrosão dependem do metal, da condutividade da madeira e da duração das condições úmidas (BAKER, 1980). Em geral, se um eletrólito estiver presente, como a água, um metal irá formar um circuito elétrico com um metal diferente e a corrosão galvânica pode ocorrer.

Nappi *et al.* (2013) estudaram o fenômeno da corrosão na interface metal/madeira, englobando parafusos de aço carbono e aço galvanizado embutidos em três espécies de madeira, a citar: *Hymenolobium petraeum*, *Pinus elioti* e *Eucalipto grandis*. Os resultados obtidos mostraram que o os parafusos embutidos no *Eucalipto grandis* apresentou maior

taxa de corrosão, mostrando ser mais agressivo comparando com as outras duas espécies de madeira estudados.

Os estudos apresentados mostram que o alto teor de umidade e a presença dos vapores ácidos presentes na madeira aceleram, significativamente, o processo corrosivo dos metais.

2.2 CORROSIVIDADE DE PRESERVANTES PARA MADEIRA

Em geral, a taxa de corrosão dos componentes metálicos fixados na madeira tratada varia. A madeira que foi tratada com preservantes à base de óleo sofre menos corrosão do que aquela com preservantes à base de água (Baker, 1992). Os preservantes de madeira à base de óleo pesado não só preservam a madeira, mas também cobrem a superfície dos componentes metálicos, o que consequentemente reduz as taxas de corrosão. Por outro lado, os preservantes à base de água que contêm principalmente elementos metálicos, em particular o cobre, reforçam o processo eletroquímico da corrosão do metal porque os íons de cobre que penetram nas células da madeira e depois se tornam saturados no interior conferem uma diferença de potencial nos componentes metálicos.

O estudo mais antigo encontrado foi de Baechler (1934) que estudou a corrosão das garras de arame em madeira tratada com cloreto de zinco e exposta a condições moderadamente úmidas em Madison. Ele declarou que a corrosão das garras de arame na madeira tratada com cloreto de zinco era significativa, e alguns esforços para proteger a madeira, como pintura e adição de clorato de sódio, eram ineficazes para reduzir as taxas de corrosão.

Após algumas décadas, Baker (1980) propôs mecanismo de corrosão de metais em contato com madeira tratada com conservante. Os conservantes da madeira que Baker estudou continham íons cúpricos que são termodinamicamente instáveis na presença do aço e do aço galvanizado. O mecanismo envolve o transporte dos íons cúpricos através da madeira para a superfície metálica onde são reduzidos. Além disso, o mecanismo era aquoso, uma vez que a taxa de corrosão dependia fortemente do teor de umidade da madeira.

Em geral, o zinco é um dos metais mais utilizados nos componentes de fixação, seja por revestimento à fogo ou eletrodepositado. Quando o zinco e o cobre estão em contato

elétrico uns com os outros, o cobre terá a tendência de extrair elétrons do zinco altamente reativo a uma taxa maior, portanto, a corrosão ocorrerá a uma taxa maior.

Alguns anos depois Baker (1987) publicou um estudo sobre a corrosão de garras de diferentes metais em contato com madeira tratada com arseniato de cobre cromado (CCA) e com arseniato de cobre amoniacal (ACA). Os tipos de garras eram de aço inoxidável tipos AISI 316 e 304, bronze de silício tipo B, cobre ETP, aço galvanizado a quente, alumínio 5056, aço zincado revestido eletronicamente, aço revestido de cádmio e aço revestido de estanho-cádmio. Os resultados obtidos mostraram que, quando se desejar uma longa vida útil, os metais que são catódicos para cobre na série galvânica devem ser escolhidos para uso em contato com madeira tratada com ACA e CCA em condições úmidas, ou seja, as garras de aço inoxidável, bronze de silício, cobre e aço inoxidável tipo 304 e 316 são adequadas para essas condições.

Conforme Graham (2009) desde 2004, os preservadores de madeira buscam remover a madeira tratada com arseniato de cobre cromado (CCA) do mercado, citando as preocupações com o arsênio e o cromo contidos em CCA. Os preservadores de madeira introduziram uma série de substitutos do tratamento conservante, incluindo o de cobre alcalino tipo C (ACQ-C), o carbonato de tipo D de cobre alcalino (carbonato de ACQ-D), o quantum de cobre micronizado (MCQ), o azole de cobre (CuAz), arseniato de cobre e zinco amonio (ACZA), tetracloreto de octaborato de sódio borato de sódio (SBX / DOT) e borato de zinco, sendo estes os de uso comercial atualmente.

Os estudos publicados indicam que a maioria dos tratamentos preservantes são, em geral, mais corrosivos do que CCA. Por exemplo, o carbonato ACQ-D, CuAz e ACZA mostraram mais de duas vezes a corrosividade da CCA (ZELINKA & RAMMER, 2005). Os tratamentos com SBX / DOT e borato de zinco mostraram ser um pouco menos corrosivos do que CCA (GRAHAM, 2009).

Dos tratamentos alternativos para CCA dois dos mais utilizados são azole de cobre (CuAz) e quaternário de cobre acrilado (ACQ) (GOODWIN, 2007). O uso aumentado de quaternário de cobre alcalino (ACQ) e azole de cobre (CuAz) como conservantes de madeira, em substituição ao arseniato de cobre cromado (CCA), para construção residencial despertou preocupações com o desempenho de corrosão dos elementos de fixação. A informação sobre os efeitos destes conservantes na taxa de corrosão é limitada, embora Simpson Strong Tie (2006) tenha publicado um boletim técnico que

indique que ACQ e CuAz são aproximadamente duas vezes mais corrosivos CCA. Conforme Zelinka & Rammer (2005) acredita-se que ACQ e CuAz são mais corrosivos do que CCA devido à maior porcentagem de cobre nestes conservantes e ausência de cromo e arsênico; ambos são conhecidos como inibidores de corrosão.

Goodwin (2007) avaliou as taxas de corrosão de galvanizado e galvanizado revestido de chapas em várias formulações de madeira tratada a pressão. Um teste acelerado, usando pulverização diária com água deionizada em um gabinete de umidade saturada de 49 ° C, foi utilizado para fazer esta avaliação. Os tratamentos preservativos utilizados para esta avaliação foram CCA, CuAz e o ACQ. Os resultados obtidos mostraram que, independente do metal exposto, a madeira tratada com formulações de CuAz e ACQ apresentou maiores taxas de corrosão. Este resultado vem de encontro com os obtidos por Zelinka & Rammer (2005).

Lin *et al.* (2009) também estudaram a corrosão de elementos de fixação em preservativos para madeira a base de cobre. Os conservantes à base de cobre foram formulados como substituições ao (CCA), mas podem não fornecer uma solução permanente para todos os problemas relacionados, incluindo a contaminação por cobre dos ambientes aquáticos e a corrosão dos elementos de fixação de aço e de aço galvanizado. As alternativas ao CCA estudadas foram ACQ e CuAz. Os resultados mostraram que o aço galvanizado apresentou maior resistência à corrosão tanto para o ACQ quanto para o CuAz, em comparação com o aço.

Zelinka & Stone (2011) comparam dois métodos de medir a corrosão do aço e do aço galvanizado em madeira: um teste de exposição a longo prazo em madeira maciça e um método de teste rápido onde os fixadores são polarizados eletroquimicamente em extratos de madeira tratados com cinco tratamentos diferentes. Os cinco tratamentos utilizados para este estudo foram arseniato de cobre cromado (CCA), quaternário de cobre alcalino (ACQ), azole de cobre (CuAz), o quaternário de cobre micronizado (MCQ) e carbonato de didecildimetilamônio (DDAC); e ainda a amostra de madeira não tratada foi usado como um controle. Os resultados obtidos dos testes de exposição a longo prazo mostraram que o aço e o aço galvanizado expostos aos tratamentos CCA, ACQ e CuAz possuem taxas de corrosão semelhantes. Já, comparando a madeira não tratada e a tratada com DDAC, o extrato da madeira não tratada é muito mais corrosivo. Os elementos de fixação de aço não corroem no extrato MCQ. No teste rápido verificaram que se o

potencial de circuito aberto do metal a ser testado estiver acima da linha de estabilidade de íons cúpricos, o método de teste de extrato eletroquímico não funcionará. Os parafusos galvanizados no extrato MCQ apresentaram uma taxa de corrosão muito maior do que os fixadores expostos aos extratos ACQ e CuAz, o que foi atribuído ao menor pH do extrato MCQ.

Cooper & Ung (2008) avaliaram as variáveis que afetam a corrosão de parafusos em madeira tratada com preservativo. Foram comparados três sistemas de preservação: CCA, ACQ base cloreto e ACQ base carbonato; e diversos tipos de parafusos comerciais foram comparados quanto à extensão da corrosão. Os resultados que obtiveram mostraram que a corrosão dos parafusos é maior na madeira tratada com os ACQ do que na madeira tratada com CCA; e a madeira tratada com ACQ base de carbonato resulta em menos corrosão do que a tratada com o ACQ base cloreto.

Em virtude do aumento do uso de ACQ) e CuAz como preservantes para madeira, a preocupação com o desempenho de corrosão de fixadores é iminente. Conforme os estudos abordados acreditam-se que ACQ e CuAz são mais corrosivos do que CCA devido à maior porcentagem de cobre nestes conservantes e ausência de cromo e arsênico; ambos são conhecidos como inibidores de corrosão. E, embora existam testes acelerados para estimar a corrosividade dos novos conservantes da madeira, atualmente não há consenso sobre como relacionar os resultados desses testes com o desempenho no serviço. Com base nestas informações, Zelinka & Rammer (2007) relataram considerações que precisam ser feitas ao escolher produtos de preservação para madeira, além de aço inoxidável, para minimizar a corrosão dos metais em contato com a madeira tratada. Com tantos produtos alternativos "resistentes à corrosão" no mercado, é importante conhecer os princípios fundamentais da proteção contra corrosão para tomar decisões informadas ao projetar a estrutura.

A corrosividade dos preservantes à base de boro foram estudados por Morris (2010), Sugiyanto & Sudika (2010) e Gerenge *et al.* (2014). Em geral, os conservantes de madeira à base de boro foram propostos como alternativas ecológicas aos conservantes à base de cobre, pois possuem toxicidade relativamente baixa, e não contêm metais pesados potencialmente nocivos, sendo sua manipulação mais segura.

Morris (2010) verificou que os compostos de boro são menos corrosivos que os compostos de cobre. Com base nessas considerações, a madeira preservada com boro não

apresenta maior risco de corrosão para fixadores de aço que os conservantes à base de cobre e existe uma expectativa razoável de que a taxa de corrosão a longo prazo será menor.

Sugiyanto & Sudika (2010) examinaram a percentagem de perda de peso de parafusos metálicos utilizados em amostras de madeira que foram tratadas com conservante aquoso a base de boro e investigaram simultaneamente o efeito do líquido de freio na prevenção da corrosão do metal. O fluido de freio é um fluido hidráulico típico usado no sistema de freio hidráulico em motocicletas e automóveis. Os fluidos de freio referem-se a soluções higroscópicas à base de éter de glicol que são capazes de absorver a umidade e, portanto, reduzir a taxa de corrosão. Os autores constataram que os parafusos de metal que foram inseridos em amostras de madeira de eucaliptos sofreram uma corrosão metálica mais severa do que aquelas em amostras de madeira de acácias, ambas tratadas com boro. E, adicionalmente verificaram que ocorreram corrosões metálicas menos severas em parafusos metálicos pré-mergulhados no fluido de freio.

Gerenge *et al.* (2014) obtiveram resultados interessantes que revelaram que o CCB apresenta propriedades inibidoras, comportando-se predominantemente como um inibidor ligeiramente anódico. Os autores estudaram o mecanismo de corrosão de fixadores de aço St37 usados em madeira tratada com borato de cobre cromatado (CCB) e não tratada. O CCB é uma das melhores alternativas ao CCA como preservante para madeira.

O creosoto vegetal, em virtude de seu caráter fenólico, é eficiente contra fungos e insetos xilófagos. É um produto obtido de fonte renovável, mas que atualmente não é utilizado para o tratamento de madeiras, principalmente por falta de pesquisas que visem melhorias nas suas características preservativas (PAES *et al.*, 2002a). De acordo com Wilkinson (1979), o creosoto vegetal é utilizado apenas em países com deficiências no suprimento de creosoto mineral, pois como preservativo para madeiras ele é um produto de pequena importância. Mesmo assim, as características preservativas do creosoto vegetal, em virtude do alto teor de fenóis, têm sido objeto de estudos constantes. Por isso, estudos quanto a corrosividade de elementos de fixação metálicos causada por soluções de creosoto vegetal devem ser realizados.

Neste contexto, Paes *et al.* (2002b) avaliaram a corrosão de parafusos auto rosqueáveis fixados à madeira tratada com soluções preservativas preparadas com

creosoto vegetal, em condições de campo. As soluções de creosoto vegetal foram utilizadas puras ou enriquecidas com várias substâncias químicas, visando obter as soluções preservativas; assim, foram obtidas 16 soluções preservativas, sendo 14 enriquecidas (sete com creosoto vegetal bruto e sete com creosoto vegetal purificado), as quais foram testadas e comparadas a duas testemunhas: uma com madeira tratada com creosoto mineral e outra com madeira de sem tratamento preservativo. Verificaram que o efeito da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal foram menos corrosivos que as soluções similares preparadas com creosoto vegetal bruto. Portanto, podem-se obter produtos derivados do creosoto vegetal com boas características para serem utilizados no tratamento da madeira.

Ainda Jermer & Andersson (2005) avaliaram a corrosão dos metais comuns de fixação em uso (aço macio, aço revestido de zinco, alumínio e aço revestido com Sanbond Z) após dois anos de exposição ao ar livre em hastes de madeira *Picea abies* não tratados e tratados termicamente. Os resultados mostraram que a corrosão de fixadores em madeira tratada termicamente é mais severa do que na madeira não tratada.

Jermer *et al.* (2017) investigaram o efeito da madeira furfurilada em diferentes tipos de fixadores metálicos em comparação com a madeira não tratada. A madeira furfurilada é a impregnação da madeira com álcool furfurílico que conduz a uma diminuição da umidade de equilíbrio e a um aumento da estabilidade dimensional da madeira, sendo este aumento proporcional ao aumento de massa. A madeira furfurilada é muito resistente aos xilófagos marinhos o que não acontece com outros tipos de madeira modificada, provavelmente devido à sua elevada densidade. Os resultados obtidos mostraram que a corrosão de fixadores em madeira furfurilada é consideravelmente mais severa do que em madeira não tratada e muito semelhante à corrosão causada por madeira modificada termicamente.

Com base nos diversos estudos abordados, pode-se afirmar que os preservantes para madeira, o ACQ e o CuAz, apresentados como alternativas ao CCA são, até 2 vezes, mais corrosivos que o CCA devido à maior porcentagem de cobre nestes conservantes e ausência de cromo e arsênico; ambos são conhecidos como inibidores de corrosão. Já o CCB e o creosoto vegetal purificado ou enriquecido são menos corrosivos que o CCA. E, ainda, as madeiras tratadas termicamente e furfurilada são, significativamente, mais corrosivas em comparação com as madeiras não tratadas.

A corrosão dos elementos de fixação em madeira tratada pode limitar as aplicações, reduzir a satisfação do consumidor e gerar rendimentos dispendiosos ou aumentar os custos de fixação se o aço inoxidável ou outros dispositivos de fixação custosos forem especificados para evitar futuros problemas. Isso poderia baixar a madeira do mercado para algumas aplicações.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Investigações sobre a corrosão de fixadores metálicos em madeira tratada com preservantes são limitados e levam em consideração somente os preservativos comerciais mais comuns.

Os fatores que podem aumentar a taxa de a corrosão do metal na madeira incluem espécies de madeira, presença de contaminantes corrosivos externos e o tratamento preservante da madeira.

Em geral os resultados obtidos mostraram que os preservantes (CCA, ACA, ACQ e CA) aceleram o processo corrosivo em fixadores metálicos, sendo as alternativas comerciais ao CCA muito mais corrosivos.

Os compostos de boro apresentam propriedades inibidoras à corrosão, sendo o preservante para madeira menos agressivo aos componentes de fixação metálicos; porém seu uso é limitado por ser facilmente lixiviável.

E, adicionalmente, a corrosão em componentes metálicos fixados em madeira tratada termicamente e furfurilada é mais severa em comparação com a madeira não tratada.

REFERÊNCIAS

BAKER, A. J. Corrosion of metal in wood products, in: Durability of Building Materials and Components. **ASTM STP 691, American Society for Testing and Materials**, p. 981–993, 1980.

BAKER, A. J. Corrosion of metals in preservative-treated wood. **Forest Products Research Society**, p. 99-101, 1987.

BAKER, A.J. Corrosion of nails in CCA and ACA treated wood in two environments. **Forest Products Journal**, v. 42, n. 9, p. 39-41, 1992.

BAECHLE, R.H. Corrosion of metal fastenings in zinc-chloride-treated wood. **Industrial Engineering Chemistry**, v. 26, n.12, p.1336-1338, 1934.

CAVALCANTE, M. S. Corrosão em metais causada por preservativos de madeira. **Preservação de Madeiras**, v. 6, n. 1, p. 21-8, 1976.

COOPER, P. A.; UNG, T. Investigation of factors affecting corrosion of fasteners in preservative treated wood. **Canadian Wood Preservation Association**, p. 124-137, 2008. Disponível em: <http://www.cwpa.ca/downloads/publications/29/cooper29.pdf>

GERENGI, H.; TASCIOGLU, C.; AKCAY, C.; KURTAY, M. Impact of copper chrome boron (CCB) wood preservative on the corrosion of St37 steel. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 53, p. 19192–19198, 2014.

GLARKE, S. G.; LONGHURS, E. E. The corrosion of metals by acid vapours from wood. **Journal of Applied Chemistry**, v. 11, 1961.

GOODWIN, F. E. Corrosion performance of galvanized articles contact with pressure treated wood. **Canadian Wood Preservation Association**. p. 46-55, 2007. Disponível em: <http://www.cwpa.ca/downloads/publications/28/fgoodwin28.pdf>.

GRAHAM, M.S. Fastener corrosion and treated wood. 2009. Disponível em: <http://docserver.nrcan.net/technical/9340.pdf>.

JERMER J.; ANDERSSON, B-L. Corrosion of fasteners in heat-treated wood – progress report after two years' exposure outdoors. **Anais...** 36th Annual Meeting, 2005.

LIN, L-D.; CHEN, Y-F.; WANG, S-Y.; TSAI, M-J. Leachability, metal corrosion, and termite resistance of wood treated with copper-based preservative. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 63, p. 533-538, 2009.

MORRIS, J. Effect of borate wood preservatives on corrosion of steel fasteners. **Opus**. Disponível em: <http://www.stepupgroup.co.nz/wp-content/uploads/2011/09/52041.pdf>

NAPPI, M. M.; NAPPI, S. C. B.; VALLE, A. Corrosão na interface metal/madeira – análise de elementos metálicos embutidos em diferentes espécies de madeira. **Anais...IX Congresso Internacional sobre Patologia y Recuperación de Estructuras**. João Pessoa – PB, 2013.

PAES, J. B.; VITAL, B. R.; LUCIA, R. M. D.; LUCIA, T. M. C. D. Efeitos da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal na preservação da madeira de *Eucalyptus grandis*, após 48 meses de instalação do ensaio de campo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 475-484, 2002a

PAES, J. B.; VITAL, B. R.; LUCIA, R. M. D.; LUCIA, T. M. C. D. Corrosão de parafusos fixados à madeira tratada com soluções de creosoto vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 357-361, 2002b.

SIMPSON STRONG TIE. Corrosion Fact Sheet. **Boletim Técnico**. T-PTWOOD06. 2006. Disponível em: www.strongtie.com/ftp/bulletins/T-PTWOOD06.pdf.

SUGIYANTO, K.; SUDIKA, D. A. Metal corrosion in waterborne preservative treated wood. **Journal of Forestry Research**, v. 7, n. 2, p. 91-99, 2010.

WILKINSON, J. G. **Industrial timber preservation**. London: The Rentokil Library/Associated Business-Press, 532 p., 1979.

ZELINKA, S. L.; RAMMER, D. R. Review of test methods used to determine the corrosion rate of metals in contact with treated wood, Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-156.

Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 23 p. 2005.

ZELINKA, S. L.; RAMMER, D. R. Corrosion Avoidance with New Wood Preservatives. **Structure Magazine**. P. 48 – 49, 2007.

ZELINKA, S. L.; STONE, D. S. Corrosion of metals in wood: Comparing the results of a rapid test method with long-term exposure tests across six wood treatments. **Corrosion Science**. v. 53, p. 1708–1714, 2011.