



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

PEDRO LÍCIO LOIOLA

EFEITOS DE SOLUÇÕES SALINAS NA ESTABILIDADE
DIMENSIONAL DA MADEIRA DE EUCALIPTO E NA
CORROSIVIDADE DE CHAPAS DE AÇO CARBONO

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2012

PEDRO LÍCIO LOIOLA

EFEITOS DE SOLUÇÕES SALINAS NA ESTABILIDADE
DIMENSIONAL DA MADEIRA DE EUCALIPTO E NA
CORROSIVIDADE DE CHAPAS DE AÇO CARBONO

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Orientador: Prof. D.Sc.
Juarez Benigno Paes

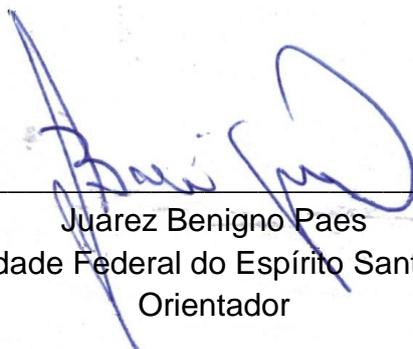
JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2012

EFEITOS DE SOLUÇÕES SALINAS NA ESTABILIDADE
DIMENSIONAL DA MADEIRA DE EUCALIPTO E NA
CORROSIVIDADE DE CHAPAS DE AÇO CARBONO

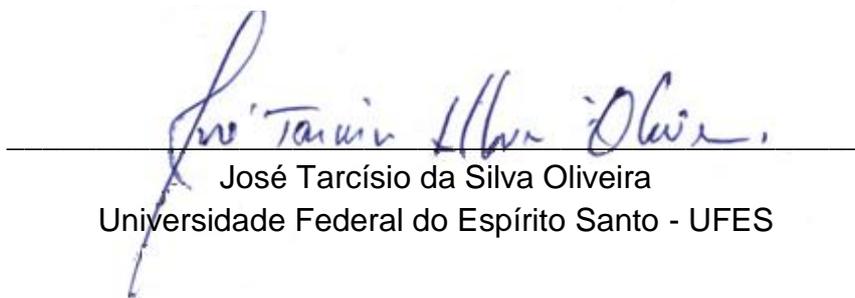
Monografia apresentado ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção de Título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovada em 25 de outubro de 2012.

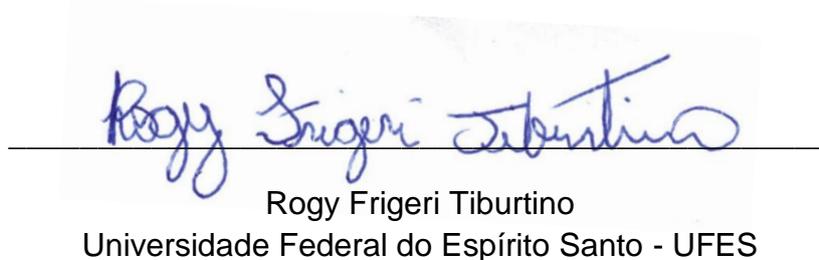
COMISSÃO EXAMINADORA



Juarez Benigno Paes
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Orientador



José Tarcísio da Silva Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES



Rogy Frigeri Tiburtino
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

Dedico este trabalho aos meus pais, Aylton da Silva Loiola e Izaura José Monteiro, aos meus avós Luiz José Monteiro e Maria França Pires Monteiro, pelo apoio, incentivo, carinho, amor e por ter acreditado no meu potencial e mesmo em momentos difíceis permitiram que eu continuasse a estudar.

"Sucesso é o resultado da prática constante de fundamentos e ações vencedoras. Não há nada de milagroso no processo, nem sorte envolvida. Amadores aspiram, profissionais trabalham."

Bill Russel

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Espírito Santo e aos professores que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Aos meus pais Aylton da Silva Loiola e Izaura José Monteiro, por acreditarem em mim e dado suporte aos meus estudos.

Aos meus avós Luiz José Monteiro e Maria França Pires Monteiro, por todo o apoio e as sábias palavras professadas nos momentos mais oportunos;

Aos meus tios Francisco José Monteiro Neto e Anderson José Monteiro pela educação, amizade, apoio e exemplo de vida.

A Ligia Oliveira, minha namorada, por sempre ter estado ao meu lado apoiando, incentivando e auxiliando.

Ao meu orientador, professor Juarez Benigno Paes, pela amizade, orientação, incentivo e dedicação empregada neste trabalho de conclusão de curso.

Ao professor Marcos Oliveira de Paula, pela amizade, dedicação e por ter me iniciado nas pesquisas de Tecnologia da Madeira.

Aos professores do Departamento de Engenharia Rural e Departamento de Ciências Florestais e da Madeira pelos ensinamentos ao longo do curso.

A todos os amigos do curso Engenharia Industrial Madeireira e demais cursos, pelo agradável convívio.

A todos que contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito Obrigado!

RESUMO

Neste trabalho foi realizada a análise da influência de diferentes soluções salinas na melhoria da estabilidade dimensional das madeiras de *Corymbia tollariana* e *Eucalyptus cloeziana* e avaliada a corrosividade das soluções em placas de aço carbono (Sociedade Automotiva de Engenheiros - SAE 1006), antes e após seu contato com as madeiras ensaiadas. As amostras de madeira foram impregnadas com cloreto de sódio, cloreto de lítio, carbonato de sódio, sulfato de magnésio, sulfato de zinco ou sulfato cúprico. Foram empregadas soluções de 5% de concentração dos sais para a impregnação das amostras. As madeiras foram provenientes de pranchões existentes no Laboratório de Usinagem e Beneficiamento da Madeira, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, localizado em Jerônimo Monteiro - ES, oriundas de árvores com idade de aproximadamente 15 anos, provenientes da região do Vale do Aço, Estado de Minas Gerais. Foi avaliada a melhoria da estabilidade dimensional da madeira e a corrosividade das soluções, antes e após a impregnação das madeiras. A impregnação das madeiras (*C. tollariana* e *E. cloeziana*) com as soluções salinas, promoveram a melhoria na estabilidade dimensional das madeiras, tendo cada espécie comportamento distinta diante de cada solução salina empregada. A madeira de *C. tollariana* impregnada com a solução de cloreto de lítio apresentou o melhor fator anisotrópico, enquanto para a madeira de *E. cloeziana*, as soluções de sulfato de cobre II e cloreto de sódio, proporcionaram o menor fator anisotrópico. Porém a solução de sulfato de cobre ocasionou a maior perda de massa em placas de aço SAE 1006, sendo, portanto, não recomendado seu emprego, para situações em que houver contato com superfícies metálicas.

Palavras-chave: Madeira tratada. Sais. Anisotropia. Ensaio de corrosão.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O Problema e sua importância.....	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo geral.....	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 O gênero <i>Eucalyptus</i>	4
2.1.1 <i>Corymbia torelliana</i> K.D.Hill & L.A.S. Johnson	4
2.1.2 <i>Eucalyptus cloeziana</i> F. Muell	5
2.2 Extrativos da madeira	6
2.3 Anisotropia dimensional da madeira	6
2.3.1 Relação entre a variação volumétrica e a densidade da madeira	7
2.3.2 Variação volumétrica nos sentidos anatômicos da madeira	7
2.3.2.1 Diferença entre a variação longitudinal e a transversal	8
2.3.2.2 Diferença entre a variação tangencial e a radial.....	9
2.4 Influência de sais na estabilidade dimensional da madeira	10
2.5 Aplicações práticas da variação dimensional da madeira.....	11
2.6 Corrosividade dos sais em chapas de aço.....	11
3 METODOLOGIA.....	14
3.1. Obtenção da madeira e confecção das amostras.....	14
3.2. Tratamento de impregnação das amostras.....	14
3.3. Ensaio de corrosividade das soluções.....	15

3.4. Análise e avaliação dos resultados	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1 Densidade básica e anidra das madeiras	17
4.2 Estabilidade dimensional das madeiras	18
4.2.1 Inchamento da madeira	18
4.2.2 Retratibilidade da madeira	31
5. CONCLUSÕES	48
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Densidades básica e anidra das espécies de <i>C. torelliana</i> e <i>E. cloeziana</i>	15
Tabela 2 - Análise de variância para a densidade básica (g.cm^{-3}) das madeiras de <i>C. torelliana</i> e <i>E. cloeziana</i> em função dos tratamentos de impregnação pelas soluções salinas	16
Tabela 3 - Inchamento tangencial, radial e volumétrico máximo para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto lítio e carbonato de sódio	19
Tabela 4 - Inchamentos tangencial, radial e volumétrico máximos para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II	22
Tabela 5 - Inchamentos tangencial, radial e volumétrico máximos para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	26
Tabela 6 - Inchamentos tangencial, radial e volumétrico máximos para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II	29
Tabela 7 - Retratibilidade tangencial, radial e volumétrica máxima para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto lítio e carbonato de sódio	31
Tabela 8 - Retratibilidade tangencial, radial e volumétrica máxima para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II	35

Tabela 9 - Retratibilidade tangencial, radial e volumétrica máxima para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	37
Tabela 10 - Retratibilidade tangencial, radial e volumétrica máxima para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II	40
Tabela 11 - Fator anisotrópico das madeiras de <i>Corymbia torelliana</i> e <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturadas com as diferentes soluções salinas	41
Tabela 12 - Análise de variância da corrosividade causada pelas soluções salinas em placa de aço carbono (SAE 1006). Dados transformados em arcsen [raiz(perda de massa/100)]	42
Tabela 13 - Perda de massa (%) provocada pelas soluções salinas nas chapas de aço carbono (SAE 1006)	43
Tabela 14 - Análise de variância da corrosividade causada pelas soluções salinas sob o efeito de extrativos em placa de aço carbono (SAE 1006). Dados transformados em arcsen [raiz(perda de massa/100)]	44
Tabela 15 - Perda de massa (%) provocada pelas madeiras de <i>C. torelliana</i> e <i>E. cloeziana</i> e pelas soluções salinas em função da temperatura em placa de aço carbono (SAE 1006)	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Inchamento tangencial para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	17
Figura 2 - Inchamento radial para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	17
Figura 3 - Inchamento volumétrico para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	18
Figura 4 - Inchamento tangencial para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II ..	20
Figura 5 - Inchamento radial para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II	21
Figura 6 - Inchamento volumétrico para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II ..	21
Figura 7 - Inchamento tangencial para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	23
Figura 8 - Inchamento radial para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	24
Figura 9 - Inchamento volumétrico para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	24

Figura 10 - Inchamento tangencial para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II ..	26
Figura 11 - Inchamento radial para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II	27
Figura 12 - Inchamento volumétrico para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II ..	27
Figura 13 - Retração tangencial para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	30
Figura 14 - Retração radial para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	30
Figura 15 - Retração volumétrica para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	31
Figura 16 - Retração tangencial para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II	32
Figura 17 - Retração radial para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II	33
Figura 18 - Retração volumétrica para a madeira de <i>Corymbia torelliana</i> com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II	34
Figura 19 - Retração tangencial para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	35
Figura 20 - Retração radial para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i>	

	saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	36
Figura 21 -	Retração volumétrica para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio	37
Figura 22 -	Retração tangencial para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturadas com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II ..	39
Figura 23 -	Retração radial para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II	39
Figura 24 -	Retração volumétrica para a madeira de <i>Eucalyptus cloeziana</i> saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II ..	40

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas as legislações sobre os recursos naturais, principalmente os florestais, tornaram-se mais rígidas, sendo a exploração das florestas nativas fiscalizada de forma mais severa. Diante do fato, a utilização de madeiras provenientes de reflorestamentos teve, nas últimas décadas, um crescimento e tornou-se um importante segmento na economia nacional.

No Brasil, a implantação de florestas de produção se iniciou com a introdução do eucalipto no início do século XX. Até 1960 existiam aproximadamente 500 mil hectares de florestas plantadas no País. Houve um incremento dos plantios com a introdução da lei dos incentivos fiscais, atingindo valores superiores a 6 milhões de hectares. Com o fim dos incentivos, houve uma queda inicial da área plantada por um período de 20 anos, voltando a se expandir com a melhoria da qualidade do sistema de melhoramento genético, análise real dos custos e maior adequação às exigências ambientais e de controle de qualidade (CARMO, 2010).

A utilização de madeiras para a produção de produtos sólidos impulsionou os reflorestamentos de grandes maciços florestais de rápido crescimento, principalmente do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*. Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2009), a evolução genética do eucalipto possibilitou avanço no setor madeireiro, tanto que no ano de 2008, o Brasil contabilizou 4.259.000 (ha) de eucalipto plantados. Em média 70% do volume total de madeira maciça utilizada na indústria moveleira são provenientes de *Pinus* e *Eucalyptus*.

Porém, uma das desvantagens da madeira de eucalipto é sua acentuada instabilidade dimensional, por causa de sua natureza higroscópica, a madeira sofre contração ou inchamento de acordo com a umidade relativa. A variação dimensional das madeiras pode se tornar um fator de inviabilidade técnica e econômica para determinados usos, sendo necessário que se obtenha uma boa estabilidade dimensional por parte da matéria prima.

As espécies selecionadas para realização deste trabalho foram o *Corymbia torelliana* e o *Eucalyptus cloeziana*, tomando como base a relevância

dessas espécies e sua utilização com produtos serrados e de usos múltiplos e em função de suas propriedades físico-mecânicas.

1.1 O Problema e sua importância

A madeira de eucalipto por apresentar defeitos de secagem, como empenos e rachaduras, causados pelo seu rápido crescimento e de sua baixa estabilidade dimensional, necessita de tratamentos que venham melhorar a estabilidade da mesma.

A melhoria da estabilidade dimensional da madeira pode ser obtida pela redução da higroscopicidade, por meio da degradação térmica de seus constituintes mais hidrófilos (hemiceluloses), ruptura dos polímeros da lignina e celulose, criação de novas ligações químicas (reticulação) e pela impregnação dos lumes celulares da madeira com soluções salinas. Com a degradação térmica ocorre a perda de massa e decréscimo na resistência mecânica da madeira tratada.

Assim, há a necessidade da realização de estudos específicos com novas técnicas para a melhoria da estabilidade dimensional da madeira de *Eucalyptus* para a produção de produtos sólidos com melhores características nas suas propriedades físicas e resistentes a agentes xilófagos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Verificar os efeitos de soluções salina na estabilidade dimensional da madeira de *Eucalyptus* sp. e avaliar a corrosividade das soluções em placas de aço carbono (Sociedade Automotiva de Engenheiros - SAE 1006), antes e após seu contato com as madeiras ensaiadas.

1.2.2 Objetivos específicos

Avaliar o efeito da impregnação com soluções de cloreto de lítio, cloreto de sódio, carbonato de sódio, sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de

cobre II, nas madeiras de *Corymbia torelliana* e *Eucalyptus cloeziana*, na melhoria de sua estabilidade dimensional;

 Analisar o efeito das soluções empregadas na corrosividade de aço carbono (SAE 1006), antes e após seu contato com as madeiras ensaiadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O gênero *Eucalyptus*

As espécies de eucalipto são originárias da Austrália, pertence à família Mirtaceae e possui 670 espécies identificadas. O nome, *Eucalyptus*, deriva do grego e se refere à estrutura globular arredondada de seu fruto; eu = bem, kaliptus = cobrir (OLIVEIRA, 2006).

Na América Latina, o Chile foi o primeiro país a introduzir o eucalipto, no ano de 1823. No Brasil, não há uma data precisa, mas se acredita que o plantio das primeiras mudas ocorreu em 1825, no Rio de Janeiro por intermédio do Imperador D. Pedro I (ANDRADE, 1960; VIANA 2005).

A madeira de eucalipto segundo a Food and Agriculture Organization - FAO (1981) foi inicialmente usado para finalidades decorativas. Deve-se à Companhia Paulista de Estradas de Ferro e a Edmundo Navarro de Andrade, entre 1905 - 1915, a expansão e sistematização da cultura do eucalipto no País. Passando progressivamente a assumir importância no suprimento de energia para fornos de carvão e de lenha e posteriormente, como responsável pelo abastecimento da maior parte do setor industrial de base florestal do Brasil (SANTOS, 2002).

A rotação das culturas está relacionada à finalidade do uso da madeira. Para a produção de celulose e papel, por exemplo, a madeira é retirada com 5 a 7 anos e para produção de madeira serrada, a rotação é maior, geralmente a partir de 12 anos. Ainda segundo Scanavaca Júnior e Garcia (2003), as pressões ecológicas do uso de madeiras nativas fizeram com que este gênero tivesse papel cada vez mais importante nos produtos sólidos de madeira.

2.1.1 *Corymbia torelliana* K.D.Hill & L.A.S. Johnson

O *Corymbia torelliana*, outrora denominado *Eucalyptus torelliana*, teve sua classificação mudada por suas características, que a diferiam dos demais subgêneros do gênero *Eucalyptus*, pelo fato de não ocorrer hibridação entre eles, pois pareciam estar isolados geneticamente (PRYOR, 1971; GUERRA, 2010).

Pertencente ao subgênero *Corymbia*, natural de Queensland, na região de Atherton, na Austrália, com altitudes variando de 100 até 1.000 m e precipitação anual média de 1.000 a 1.500 mm. O período seco não ultrapassa três meses, embora as chuvas se concentrem no verão. A temperatura máxima gira em torno de 29 °C e mínima varia de 10 a 16 °C.

Por estar relacionada à boa drenagem e a solos medianamente férteis, é uma das poucas espécies que se associa a floresta tropical. Sua madeira é levemente pesada e apresenta boa permeabilidade, tendo ainda, cerne e alborno distintos, a madeira é sem brilho e cheiro, quando seca ao ar, é propensa a rachaduras na superfície além de leves empenos. No Brasil tem sido plantada de forma intensiva, porém poucos são os trabalhos realizados com a espécie (REMADE, 2001).

2.1.2 *Eucalyptus cloeziana* F. Muell

Pertencente ao subgênero *Idiogenes*, o *Eucalyptus cloeziana* F. Muell é natural do leste de Queensland, na Austrália, em altitudes variando de 70 a 380 m próximo à costa ou 900 m nas chapadas de Atherton, mas é no distrito de Gympie que ele apresenta o seu melhor desenvolvimento, chegando a 55 m de altura e diâmetro à altura do peito (DAP) de até dois metros (HALL et. al., citados por MOURA et al., 1993 e GUERRA, 2010).

Sua trabalhabilidade é dificultada pela massa específica elevada e pela presença de fibras reversas. Sua usinabilidade apresenta dificuldades por causa da dureza do material, que em operações inadequadas, pode ocasionar queima de sua superfície pela ferramenta de corte e até mesmo, arrancamento de fibras. Uma peculiaridade desse processo, é que o cheiro desprendido da madeira no ato do processamento mecânico que é típico, e por vezes, pode causar alergias (GUERRA, 2010).

Apresenta características desejáveis como matéria prima para a indústria moveleira, fabricação de pisos e produtos de maior valor agregado. Pode ser empregada também como postes, mourões e dormentes em função de suas propriedades de dureza e flexão serem elevadas, porém, necessita de tratamentos mais específicos (ALMEIDA, 2006).

Apresenta características desejáveis para produção de tábuas, postes, mourões e empregos na construção civil, segundo Boland et. al., citados por Almeida (2006).

2.2 Extrativos da madeira

Em adição aos seus componentes majoritários (celulose, hemiceluloses e lignina), a madeira contém produtos extraíveis em água e, ou solventes orgânicos, denominados extrativos, além dos chamados componentes estranhos (proteínas e substâncias pécticas) que são insolúveis e encontrados principalmente nas cinzas da madeira (ROWELL, 1984; LEPAGE et. al., 1986).

Sobre esses compostos, poucas generalizações podem ser feitas, mas sua importância advém da influência que tem sobre algumas propriedades da madeira em que ocorrem. São encontrados principalmente no cerne de todas as espécies, embora pequenas quantidades possam ocorrer no alburno.

A cor da madeira, bem como sua durabilidade natural são propriedades que dependem da presença de extrativos. Em muitas espécies, as maiores quantidades de extrativos são encontradas no cerne, em sua região fronteira com o alburno, diminuindo em direção à medula. Este é um dos fatores que contribui para a discrepância dos resultados de ensaios sobre a durabilidade natural da madeira, principalmente quando a amostragem é negligenciada (FINDLAY, 1985).

2.3 Anisotropia dimensional da madeira

A madeira por ser um material higroscópico sofre alterações em suas dimensões caracterizando a adsorção ou a desorção da água higroscópica localizada nas paredes celulares. Praticamente toda a alteração dimensional da madeira ocorre entre a umidade de saturação ao ar e 0% de umidade (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985). Sendo considerada uma das propriedades físicas mais importantes, afetando e limitando de forma considerável o emprego e utilização de espécies de madeiras em aplicações onde a estabilidade dimensional seja fator importante. Galvão e Jankowisk (1985)

citaram que o aumento do volume é proporcional à variação de umidade (0% até a USF), como também, diretamente relacionada à massa específica da madeira. No entanto, espécies que contenham grandes quantidades de resinas, de extrativos e de lignina são menos susceptíveis a estas alterações volumétricas.

O fenômeno de adsorção (inchamento) ocorre principalmente pela inclusão de moléculas de água nos espaços submicroscópicos, entre as micelas, que são feixes formados por moléculas de celulose, e nas regiões amorfas de celulose e hemiceluloses, afastando-as, ocasionando assim, a alteração volumétrica da madeira. Desta mesma forma, o fenômeno de desorção (contração) é caracterizado pela excreção de água dos espaços submicroscópicos mencionados, ocasionando a aproximação das micelas e das moléculas que as constituem, conseqüentemente ocorrendo alteração volumétrica da madeira (SKAAR, 1988; GOMES et al., 2006).

2.3.1 Relação entre a variação volumétrica e a densidade da madeira

Stamm (1964) afirmou que existe correlação entre a variação volumétrica da madeira com a sua densidade básica. No entanto, Marques (2008), citou que esta relação pode ser inadequada para espécies que apresentam quantidades elevadas de extrativos, no qual, ficam impregnados nos espaços da parede celular, reduzindo as alterações dimensionais da madeira. Outra forma de alterar esta relação são as variações ocorridas nas fibrilas e na espessura relativa das várias camadas que compõem a parede celular (MARQUES, 2008).

A massa específica é a característica mais utilizada para prever a contração volumétrica e as características de secagem das madeiras.

2.3.2 Variação volumétrica nos planos anatômicos da madeira

A madeira incha ou contrai de forma desigual nos diferentes planos anatômicos. De forma geral, a alteração volumétrica ocorre em maiores proporções na direção estrutural tangencial, do que na direção radial e longitudinal, sendo esta, considerada de menos significância (GALVÃO;

JANKOWSKY, 1985). A grande diferença nas grandezas de contração e inchamento da madeira, nos seus três sentidos anatômicos, deve-se às estruturas microscópicas e submicroscópicas da parede celular (GOMES et al., 2006).

A variação dimensional da madeira nos sentidos tangencial, radial e axial, expressa à variação total ocorrida na alteração higroscópica da madeira, no entanto, as variações lineares as quais ocorrem ao longo dos planos de orientação da madeira, são na maioria das vezes as mais importantes. Isso ocorre por serem diferentes, tornando a madeira um material anisotrópico, principalmente em se tratando da variação dimensional no sentido tangencial e radial (sentido transversal da madeira), em que há um desequilíbrio entre os valores da retratibilidade. Este desbalanceamento entre as contrações é denominado de fator anisotrópico, ou a relação entre a razão da retratibilidade na direção tangencial pela retratibilidade na direção radial (OLIVEIRA et al., 2010).

O fator ideal de anisotropia da madeira seria quando as alterações de dimensões do sentido anatômico tangencial e radial forem equivalentes, o que indicaria inexistência de alteração nas dimensões da madeira. No entanto, isto não pode ser observado para a madeira. Quanto maior o desvio entre as variações dimensionais nos sentidos anatômicos, tangencial e radial, maior será o fator de anisotropia e, conseqüentemente, pior será o comportamento da madeira durante a secagem (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985; LEPAGE et. al., 1986; SIAU, 1995).

Por causa do fenômeno da anisotropia, ocorre o desenvolvimento de defeitos na madeira durante a fase de secagem ou de acondicionamento, como rachaduras, torções, empenamentos e abaulamentos.

A diferença de variação volumétrica observada nos três planos anatômicos da madeira (tangencial, radial e longitudinal) é considerada por Gomes et al., (2006) na ordem de 16 a 20: 10: 1, respectivamente.

2.3.2.1 Diferença entre a variação longitudinal e a transversal

Esta diferença é decorrente das variações do ângulo que as microfibrilas fazem com a direção axial da célula, juntamente com o fato de a água

adsorvida ou desorvida entre as moléculas de celulose, nas regiões amorfas, causarem a expansão ou retração das microfibrilas perpendicularmente ao eixo das células (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985, GOMES et al., 2006).

A parede celular é subdividida em camadas S_1 , S_2 e S_3 , tendo, às microfibrilas apresentado angulação diferente em relação ao eixo longitudinal da célula. O ângulo formado pelas microfibrilas da camada S_2 e o eixo longitudinal são menores que 20° e, em S_1 e S_3 , próximos a 90° (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985; GOMES et al., 2006). A camada S_2 tem de 5 a 100 vezes a espessura das outras paredes (S_1 e S_3), portanto, há predominância do ângulo de 20° , sendo a componente normal ao eixo maior que a componente paralela, no qual, resulta em maior variação transversal que longitudinal (PANSIN; De ZEEUW, 1970; GALVÃO; JANKOWSKY, 1985, GOMES et al., 2006).

Durlo e Marchiori (1992) citaram que, a alteração no sentido longitudinal pode ser considerada desprezível em relação às demais. Isto ocorre por causa da maioria dos elementos que constituem a madeira estarem organizados verticalmente, fazendo com que o número de paredes celulares por unidade de distância seja bem menor neste sentido. O fenômeno de inchamento e contração da madeira é ocasionado pela adsorção e desorção de água das paredes celulares, contudo, o menor número de paredes celulares no sentido longitudinal por unidade de distância torna este fenômeno praticamente negligenciável.

2.3.2.2 Diferença entre a variação tangencial e a radial

Para explicar a diferença entre as variações volumétricas ocorridas no sentido transversal da madeira (tangencial e radial) existem diversas teorias que tentam explicar o motivo desta diferença (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985, GOMES et al., 2006).

Para madeira de folhosas, acredita-se que as maiores diferenças entre a retratibilidade tangencial em relação à radial são atribuídas às características anatômicas. Principalmente o volume do raio, quanto maior for o número de células que constituírem tanto na sua altura como em sua largura, maior a contribuição em termos da restrição da variação dimensional na direção radial

(MASSERAN; MARIAUX, 1985). Galvão e Jankowsky (1985) afirmaram que as células dos raios, orientadas radialmente, contraem menos nesta direção do que as outras células da madeira. Para que isso ocorra, leva-se em consideração que as células do raio têm as microfibrilas dispostas como nas células das fibras, vasos e traqueídeos, sendo assim, na madeira como um todo, os raios impõem uma restrição à movimentação higroscópica na direção radial.

Além do mais, outros fatores como, as dimensões radiais das fibras e a diferenciação na constituição química das paredes celulares tanto para os sentidos radiais e tangenciais podem ser fatores decisivos na anisotropia de retratibilidade das madeiras (MASSERAN; MARIAUX, 1985).

Outra teoria descrita por Galvão e Jankowsky (1985), tem como base o fato de que a maioria das pontoações ocorre nos tecidos da madeira no sentido radial. O desvio de orientação das microfibrilas ao contornarem as pontoações reduziria a contração radial em relação à contração tangencial.

A alteração entre os lenhos inicial e tardio na madeira também é considerada uma forma de explicar o motivo desta diferença. No qual, na madeira de lenho tardio, as paredes celulares são mais espessas do que a madeira de lenho inicial, apresentando assim, maior movimentação higroscópica. Como o sentido radial possui menos lenho tardio por unidade de comprimento, essa direção apresenta menor retratibilidade que o tangencial (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985; GOMES et al., 2006). Gomes et al., (2006) citaram que a direção radial apresenta maior ângulo microfibrilar, favorecendo a variação volumétrica na direção tangencial. Assim, é importante salientar, que uma teoria isoladamente não explica esta diferença entre os valores tangenciais e radiais para todas as espécies.

2.4 Influência de sais na estabilidade dimensional da madeira

Existe uma forte influência do emprego de soluções alcalinas com o inchamento da madeira, assim como, soluções ácidas promovem um inchamento da madeira menor que a água.

Kollmann (1959) lista uma sucessão crescente de aumento de inchamento produzido por soluções saturadas de uma series de cátions

(K < NH₄ < Na < Ba < Mn < Mg < Ca < Li < Zn) e ânions alcalinos (ClO₃ < SO₄ < NO₃ < Cl < Br < CrO₄ < I < SCN) na madeira.

A estabilidade da madeira tratada com sais ocorre por causa da reação destes compostos com os constituintes da parede celular, formando um complexo, impedindo a madeira de adsorver água, uma vez que sua estrutura já se encontra saturada com os sais (efeito “bulking”).

2.5 Aplicações práticas da variação dimensional da madeira

A análise das características da variação dimensional da madeira possibilita o seu emprego de forma adequada e satisfatória em produtos de maior valor agregado (PMVA) que requerem maior estabilidade dimensional por parte da matéria prima. A exemplo, dos produtos laminados e de madeira sólida oriundos de serrarias e que forem submetidos aos processos de secagem, usinagem e acabamentos.

2.6 Corrosividade dos sais em chapas de aço

A corrosão em metais é a destruição ou deterioração de um material por causa de reações químicas e eletroquímicas, levando as ligas metálicas ao retorno de seu estado natural ou um composto muito similar ao minério correspondente. Normalmente o material metálico isolado está num estado de energia muito mais elevado do que no minério correspondente. A corrosão é, portanto, um regresso a estados mais baixos de energia (energia de Gibbs), pelas reações com o meio ambiente, tendendo para formas combinadas como óxidos, hidróxidos, carbonatos, silicatos, sulfetos e sulfatos (FELIÚ; MORCILLO, 1982; MUNGER, 1999).

A corrosão por reação pode ocorrer pelo contato com vapores ou gases, sem a presença de líquidos, normalmente, este tipo de corrosão está associada às altas temperaturas. Já uma reação eletroquímica, ocorre em ambientes onde existem líquidos, por meio pulverizados ou imersos (MUNGER, 1999).

Contudo, neste estudo a ênfase está voltada aos processos de corrosão eletroquímica, que são mais frequentes na natureza e se caracterizam basicamente, pela presença de água no estado líquido e temperaturas abaixo do ponto de orvalho da água. Sendo a grande maioria na temperatura ambiente e formação de uma pilha ou célula de corrosão, com a circulação de elétrons na superfície metálica.

Os processos de corrosão são espontâneos, contínuos e capazes de liberar energia, sendo consideradas reações químicas heterogêneas ou eletroquímicas que ocorrem geralmente na interface entre o metal e o meio corrosivo (FELIÚ; MORCILLO, 1982).

Portanto, ao se considerar o emprego de materiais na construção de equipamentos ou instalações é necessário que estes resistam à ação do meio corrosivo, além de apresentar propriedades mecânicas suficientes e características de fabricação adequadas. A corrosão pode incidir sobre diversos tipos de materiais, sejam metálicos como os aços ou as ligas de cobre, por exemplo, ou não metálicos, como plásticos, cerâmico ou concreto.

A madeira atua como corrosivo frente a outros produtos e materiais de construção, mas somente em condições específicas. A madeira em seu estado úmido possui a capacidade de causar a corrosão de pregos e parafusos. Porém a corrosão se agrava com o tempo e a tenacidade da união pode até aumentar por causa da ferrugem (KOLLMANN; CÔTÉ JUNIOR, 1968).

Kollmann (1959), afirmou que a madeira impregnada com soluções salinas promove a corrosão mais intensamente na maioria dos casos, quando comparado com madeiras que não sofreram algum tipo de tratamento. A impregnação com sulfocianeto amônico (SCNNH_4), sulfato de cobre ($\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e cloreto de mercúrio (Cl_2Hg) são soluções salinas de grande corrosividade, enquanto que soluções de cloreto de zinco (Cl_2Zn), fluorsulfato de zinco ($\text{F}_6\text{SiZn} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) e dinitrofenol [$(\text{NO}_2)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH}$] se comportam de forma menos maléfica, tendo a velocidade de formação de ferrugem em metais em reduzida com o tempo.

Paes et al. (2002a e 2002b) citaram que a determinação da corrosividade de um produto químico a metais pode ser em nível laboratorial ou em ensaios de campo. Os testes de laboratório podem fornecer importantes informações sobre a interação entre as soluções salinas e equipamento de

plantas industriais madeireiras, 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. O teste de corrosão de metais, como pregos e parafusos, em contato com a madeira impregnada com tais soluções envolve o tratamento de blocos com as soluções a serem testadas. Após estocagem por períodos de tempos determinados, a várias temperaturas e umidades relativas, a ocorrência de corrosão é determinada (CAVALCANTE, 1976, PAES et. al., 2002a; 2002b). Para a indústria de construção civil, usinas de tratamento da madeira e câmaras de secagem de madeiras a proteção contra corrosão é de grande importância técnica e econômica.

3 METODOLOGIA

3.1. Obtenção da madeira e confecção das amostras

As madeiras empregadas na pesquisa (*Corymbia torelliana* e *Eucalyptus cloeziana*) encontravam-se na forma de pranchões existentes no Laboratório de Usinagem e Beneficiamento da Madeira (LUMber), Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizado em Jerônimo Monteiro - ES, com 15 anos de idade, provenientes da região do Vale do Aço no Estado de Minas Gerais.

Dos pranchões sorteados (em função de seu aspecto fitossanitário) foi obtido um bloco de 50 cm de comprimento que foi transformado em amostras de 2,0 x 3,0 x 5,0 cm (tangencial x radial x longitudinal), conforme recomendações da Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 7190 da Associação Brasileira de Normas Técnica - ABNT (1997).

3.2. Tratamento de impregnação das amostras

As amostras foram secas em estufa com circulação de ar, mantida a 103 ± 2 °C, até massa constante, pesadas em balança com precisão de 0,01 g e suas dimensões radiais e tangenciais foram tomadas com micrômetro digital (0,001 mm de precisão) e as longitudinais com paquímetro digital (0,01 mm de precisão). Posteriormente, impregnadas com os sais (cloreto de sódio, cloreto de lítio, carbonato de sódio, sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato cúprico = sulfato de cobre II) em um dessecador submetido a vácuo intermitente. Sendo tomadas as suas dimensões e massa a cada 24 horas até a completa saturação das mesmas.

Para a determinação do inchamento (tangencial, radial e axial) das madeiras (*C. torelliana* e *E. cloeziana*), foi realizado o somatório da variação dimensional em cada direção anatômica (tangencial, radial e axial) a cada 24 horas de impregnação com as soluções salinas empregadas em relação à dimensão inicial. Assim, o inchamento (tangencial, radial e axial) foi calculado

em relação às suas dimensões saturadas, conforme recomendações da NBR 7190 - ABNT (1997), Equação 1.

$$\text{Inchamento} = \left(\frac{\text{Dimensão saturada} - \text{Dimensão seca}}{\text{Dimensão seca}} \right) * 100 \quad (1)$$

Para a determinação da retratibilidade (tangencial, radial e axial) das madeiras (*C. torelliana* e *E. cloeziana*), foi realizado o somatório da variação dimensional em cada direção anatômica (tangencial, radial e volumétrica) a cada 24 horas de impregnação com as soluções salinas empregadas em relação à dimensão inicial. Assim, a retratibilidade (tangencial, radial e axial) foram calculados em relação às suas dimensões saturadas, conforme recomendações da NBR 7190 - ABNT (1997), Equação 2.

$$\text{Inchamento} = \left(\frac{\text{Dimensão saturada} - \text{Dimensão seca}}{\text{Dimensão saturada}} \right) * 100 \quad (2)$$

A variação volumétrica para a impregnação e saturação das madeiras, foi obtida a partir do volume das amostras, para as condições saturadas e secas.

Foram empregadas soluções de 5% de concentração dos sais para a impregnação das amostras. Depois de saturadas as amostras foram transferidas para uma estufa e mantida a 40, 60, 80, 103 ± 2 °C, por intervalos de 24 horas. Sendo aferidas suas dimensões e massa a cada 24 horas para avaliar o efeito das soluções testadas na estabilidade dimensional e da quantidade de sais absorvido pelas amostras.

Com as informações do inchamento (impregnação) e da retratibilidade (secagem) foram confeccionados gráficos para a análise da estabilidade dimensional provocada pelos sais nas madeiras ensaiadas.

3.3. Ensaio de corrosividade das soluções

Para testar a corrosividade, foram seguidas as recomendações da *American Society for Testing and Materials* - ASTM D -130 (1991), com uso de

aço carbono (Sociedade Automotiva de Engenheiros - SAE 1006), que é empregado na confecção das autoclaves das usinas de tratamento de madeira. O teste consiste em determinar a perda de massa de placas de cobre de 1,25 x 1,5 - 3,0 x 7,5 cm, (largura x espessura x comprimento) após 6 horas de imersão no produto a ser ensaiado, a temperaturas de 25, 45 e 100 °C. Foram empregadas, nesta pesquisa, placas de 1,0 mm de espessura.

3.4. Análise e avaliação dos resultados

Para a análise e avaliação dos resultados dos ensaios de estabilidade dimensional das amostras impregnadas com os sais e de corrosão das placas de metal, foi empregado um delineamento inteiramente casualizado com arranjo em fatorial.

Foram confeccionados gráficos de inchamento e retratibilidade para verificação do efeito de cada solução empregada na estabilidade dimensional apresentada pelas amostras impregnadas.

Na comparação da corrosividade das soluções salinas antes e após o contato com as madeiras ensaiadas analisaram-se os fatores: temperatura com (três) níveis, espécie com (dois) níveis; solução salina com (seis) níveis e a interação entre estes fatores.

Os dados da perda de massa em porcentagem das placas em virtude do efeito da corrosão, quando da necessidade para homogeneizar as variâncias, foram transformados em $\arcsen[\text{raiz}(\text{perda de massa}/100)]$, como recomendado Steel; Torrie (1988). Na análise e avaliação dos ensaios foi empregado o teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção constam as caracterizações físicas das madeiras de *Corymbia torelliana* e *Eucalyptus cloeziana* impregnadas com as soluções salinas (cloreto de sódio, cloreto de lítio, carbonato de sódio, sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato cúprico = sulfato de cobre II) e a corrosividade das soluções empregadas em placas de aço (SAE 1006), antes e após o contato com as madeiras ensaiadas.

4.1 Densidade básica e anidra das madeiras

Os valores (Tabela 1) indicam que a madeiras de *Corymbia torelliana* e *Eucalyptus cloeziana* são madeiras de média densidade, de acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (2012), que classifica as madeiras como leve (densidade básica < 0,50 g.cm⁻³), médias (densidade básica de 0,51 a 0,72 g.cm⁻³) e pesadas (densidade básica > 0,73 g.cm⁻³).

Tabela 1 - Densidades básica e anidra das espécies de *C. torelliana* e *E. cloeziana*

Espécie	Densidade Básica (g.cm ⁻³)	Densidade Anidra (g.cm ⁻³)
<i>Corymbia torelliana</i>	0,55 ± 0,02	0,67 ± 0,03
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	0,63 ± 0,02	0,81 ± 0,04

Os valores de densidade básica para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* estão em acordo com os encontrados por Sturion et al., (1987), para a madeira de 10 anos (0,68 g.cm⁻³) e por Oliveira (1998), para a madeira de 16 anos (0,69 g.cm⁻³). No entanto, inferiores aos obtidos por Vivian (2011), que obteve valores de densidade básica, para a madeira de 16 anos, de 0,80 g.cm⁻³.

Na Tabela 2 consta a análise de variância da influência da impregnação das soluções na densidade básica das madeiras avaliadas. Nota-se que a impregnação com as soluções de sais empregados não alterou a densidade

básica das madeiras ensaiadas, conforme firmado por Gomes et al. (2006) e Vivian (2011).

Tabela 2 - Análise de variância para a densidade básica (g.cm^{-3}) das madeiras de *C. torelliana* e *E. cloeziana* em função dos tratamentos de impregnação pelas soluções salinas

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Espécies	1	0,38378	0,38378	329,1988 **
Soluções	6	0,01448	0,00241	2,0699 ns
Espécies x Soluções	6	0,00275	0,00046	0,3927 ns
Resíduo	126	0,14689	0,00117	
Total	139	0,54789		

**significativo a de 1% de probabilidade; ns não significativo a 5% de significância.

Observa-se (Tabela 2) que os tratamentos de impregnação salina não apresentaram diferença estatística a 5% de significância para a densidade básica das madeiras de *C. torelliana* e *E. cloeziana*. Vivian (2011) ao impregnar as madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e *E. grandis*, pelo método de célula cheia com solução de arsênio de cobre cromatado (CCA) observou que o tratamento não influenciou a massa específica das espécies estudadas.

4.2 Estabilidade dimensional das madeiras

4.2.1 Inchamento da madeira

Os resultados dos inchamentos tangencial, radial e volumétrico para as amostras impregnadas com as soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio, confeccionadas com a madeira de *Corymbia torelliana*, constam nas Figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

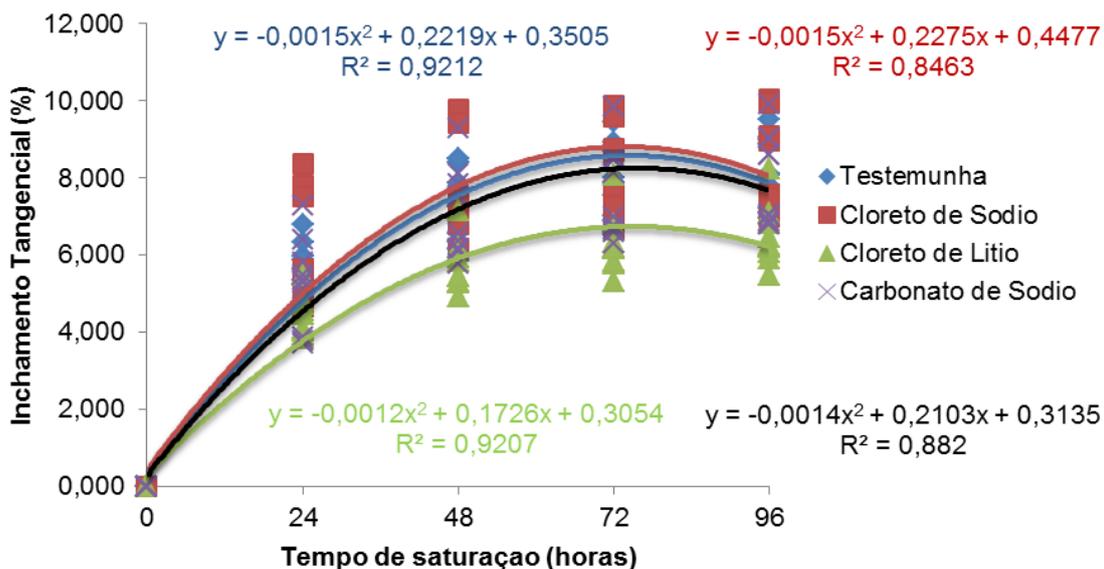


Figura 1 - Inchamento tangencial para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

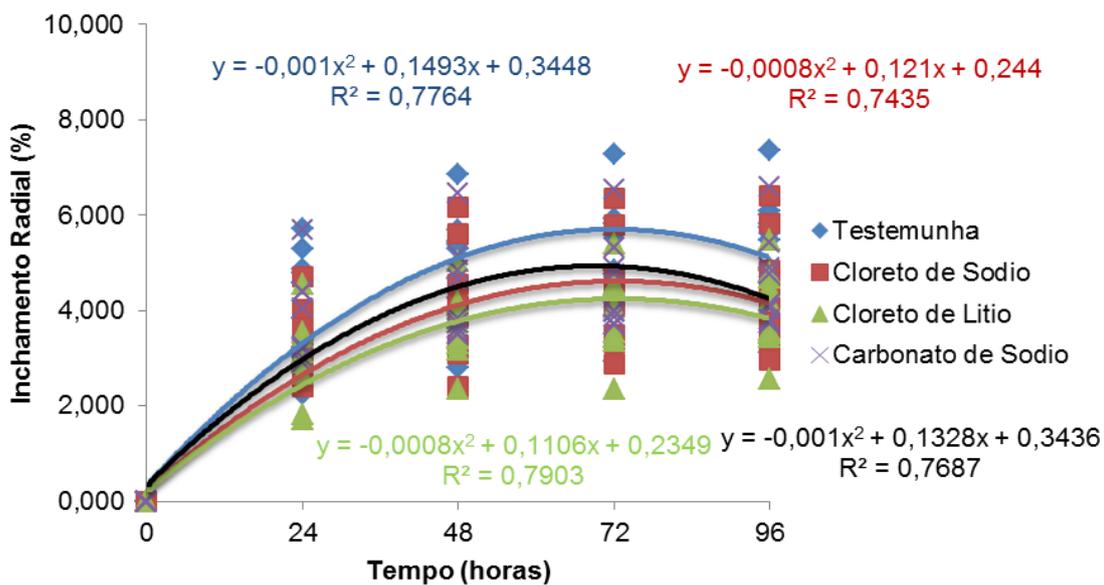


Figura 2 - Inchamento radial para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

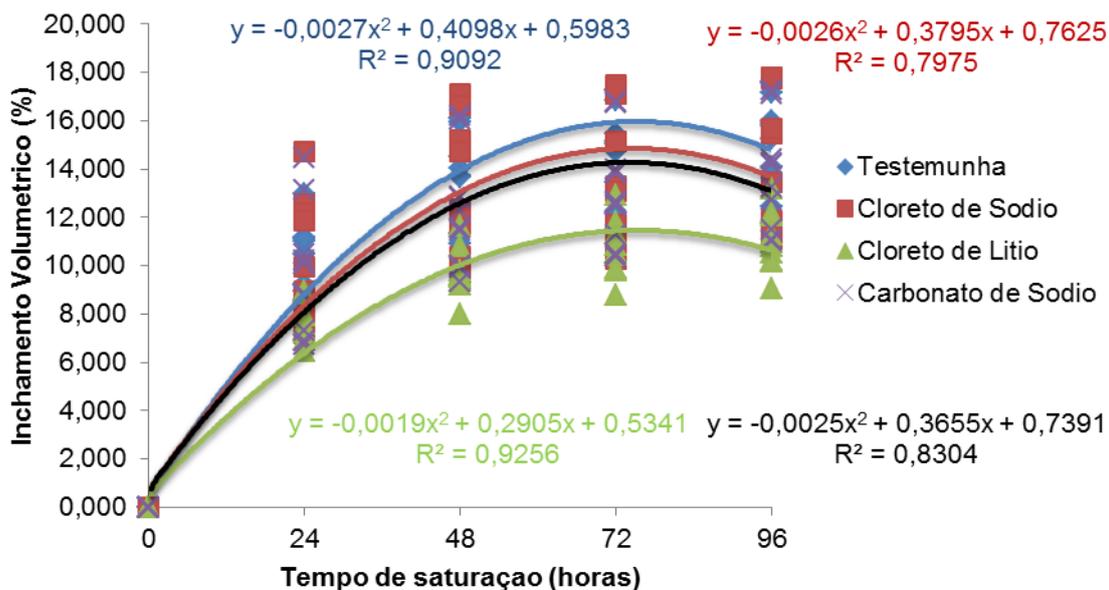


Figura 3 - Inchamento volumétrico para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

Para a seção tangencial (Figura 1, Tabela 3), obteve-se um inchamento de 8,41% para a madeira impregnada com a solução de cloreto de sódio, enquanto para aquelas saturadas com a solução de cloreto de lítio apresentaram um inchamento de 6,48%. Nota-se ainda, que as amostras impregnadas com as demais soluções (água destilada e carbonato de sódio) apresentaram inchamentos semelhantes às amostras que continham cloreto de sódio, mas com valores de inchamentos inferiores, atingindo valores de 8,17% e 7,98% respectivamente.

Para a seção radial observou-se um inchamento inferior em comparação com a seção tangencial, considerado normal para madeiras (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985; GOMES et al., 2006).

Observa-se na Figura 2 e Tabela 3, que houve homogeneidade no inchamento das amostras proporcionadas pelas soluções salinas, com exceção das amostras saturadas com água destilada, que apresentaram inchamento radial de 5,40%. Nota-se ainda, que as amostras impregnadas com solução de cloreto de lítio atingiram o menor valor de inchamento (4,02%). Observa-se que, as amostras impregnadas com as demais soluções (cloreto de sódio e carbonato de sódio) apresentaram inchamentos semelhantes às amostras que

continham cloreto de lítio, mas com valores superiores, sendo de 4,36 e 4,51%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Inchamento tangencial, radial e volumétrico máximo para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto lítio e carbonato de sódio

<i>Corymbia torelliana</i>	Inchamento Tangencial da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Inchamento Máximo (%)	8,17	8,41	6,48	7,98
Desvio Padrão (%)	0,91	1,32	0,76	1,17
Coefficiente de Variação (%)	11,11	15,65	11,76	14,70
<i>Corymbia torelliana</i>	Inchamento Radial da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Inchamento Máximo (%)	5,40	4,36	4,02	4,51
Desvio Padrão (%)	1,13	1,09	0,85	0,92
Coefficiente de Variação (%)	20,93	25,00	21,08	20,47
<i>Corymbia torelliana</i>	Inchamento Volumétrico da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Inchamento Máximo (%)	15,35	14,33	11,05	13,68
Desvio Padrão (%)	2,04	2,90	1,18	2,25
Coefficiente de Variação (%)	13,26	20,25	10,72	16,43

Para o inchamento volumétrico, observou-se que a solução de cloreto de lítio apresentou o melhor resultado com a maior estabilidade dimensional da madeira de *Corymbia torelliana*, com o valor de 11,05% de inchamento. Para a água destilada foi obtido o maior valor de inchamento (15,35%). Para as amostras impregnadas com cloreto de sódio e carbonato de sódio apresentaram comportamentos semelhantes, com valores de 14,3 e 13,68% respectivamente de inchamento volumétrico (Tabela 3).

Nos valores de inchamento volumétrico (Tabela 3), a variação longitudinal não foi considerada, conforme indicação de Kollmann e Côté Junior, (1968); Galvão e Jankowsky (1985); Durlo e Marchiori (1992); e Klitzke (2007).

A mudança de volume da madeira que ocorre por causa da desorção e adsorção de água é considerada uma das propriedades físicas mais importantes, afetando e limitando consideravelmente o seu uso industrial em produtos serrados.

Os resultados do inchamento tangencial, radial e volumétrico para as amostras impregnadas com soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco

e sulfato de cobre II, confeccionadas com a madeira de *Corymbia torelliana*, constam nas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente.

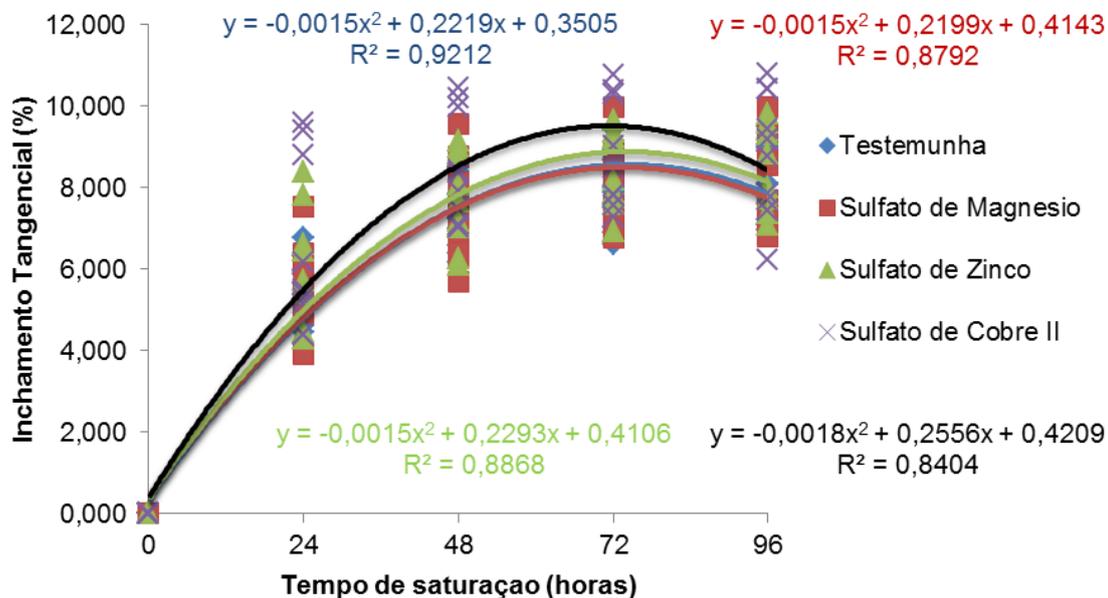


Figura 4 - Inchamento tangencial para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

Para o sentido tangencial, observou-se um inchamento de 7,98% para as amostras impregnadas com a solução de sulfato de magnésio, enquanto a solução de sulfato de cobre II apresentou um inchamento de 8,96% para a madeira de *C. torelliana*. Nota-se ainda, que as amostras impregnadas com as demais soluções (água destilada e sulfato de zinco) obtiveram inchamentos semelhantes (8,06 e 8,36%, respectivamente), mas com valores inferiores às amostras impregnadas com a solução de sulfato de cobre II (Figura 4).

Verificou-se na Figura 5 (inchamento radial) que houve mesma tendência de homogeneidade ocorrida para o inchamento tangencial, para as amostras impregnadas com sulfatos.

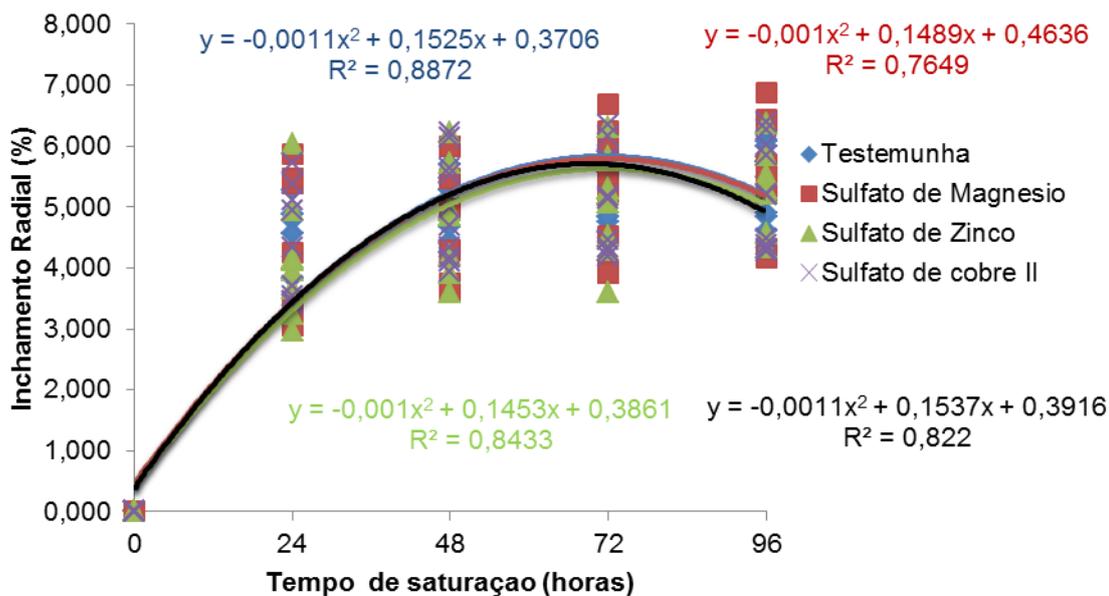


Figura 5 - Inchamento radial para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

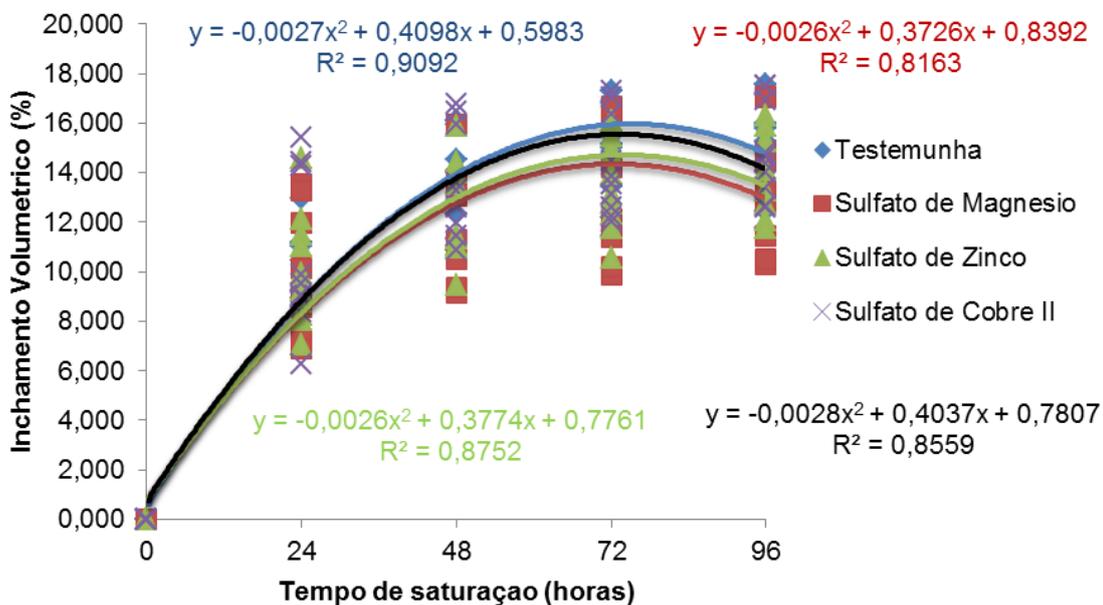


Figura 6 - Inchamento volumétrico para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

Para o inchamento volumétrico, observa-se que a solução de sulfato de magnésio proporcionou uma maior estabilidade dimensional da madeira de

Corymbia torelliana (13,66%), quando comparada com água destilada e demais sulfatos empregados. As amostras impregnadas com cloreto de lítio apresentaram resultados mais satisfatórios promovendo a melhor estabilidade dimensional da madeira de *Corymbia torelliana* com valor de inchamento de 11,05%. Já as amostras saturadas com água destilada apresentaram um valor de inchamento de 15,35%. As amostras impregnadas com sulfato de zinco e sulfato de cobre II apresentaram comportamentos semelhantes, tendo o sulfato de cobre II proporcionado um inchamento de 0,75% superior ao proporcionado pelo sulfato de zinco (Tabela 4).

Nota-se que o inchamento ocasionado pelas soluções salinas que apresentavam em sua constituição sulfato apresentaram os maiores valores, em comparação às amostras impregnadas com soluções de cloreto ou carbonato (Tabela 4).

Tabela 4 - Inchamentos tangencial, radial e volumétrico máximos para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II

<i>Corymbia torelliana</i>	Inchamento Tangencial da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Inchamento Máximo (%)	8,17	7,98	8,36	8,96
Desvio Padrão (%)	0,91	1,02	1,01	1,51
Coeficiente de Variação (%)	11,27	12,82	12,04	16,80
<i>Corymbia torelliana</i>	Inchamento Radial da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Inchamento Máximo (%)	5,40	4,36	4,02	4,51
Desvio Padrão (%)	1,13	1,09	0,85	0,92
Coeficiente de Variação (%)	20,93	25,00	21,08	20,47
<i>Corymbia torelliana</i>	Inchamento Volumétrico da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Inchamento Máximo (%)	15,35	13,66	14,09	14,84
Desvio Padrão (%)	2,04	2,44	1,60	1,87
Coeficiente de Variação (%)	13,26	17,83	11,37	12,63

Os resultados do inchamento tangencial, radial e volumétrico para as amostras impregnadas com as soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e

carbonato de sódio, confeccionadas com a madeira de *Eucalyptus cloeziana*, constam nas Figuras 7, 8 e 9, respectivamente.

Para o sentido tangencial (Figura 7), observa-se um inchamento de 12,13% para as amostras saturadas com água destilada, enquanto as amostras impregnadas com a solução de cloreto de lítio apresentou inchamento de 10,01%. As amostras impregnadas com as demais soluções (cloreto de sódio e carbonato de sódio) apresentaram inchamento de 11,39 e 10,54%, respectivamente.

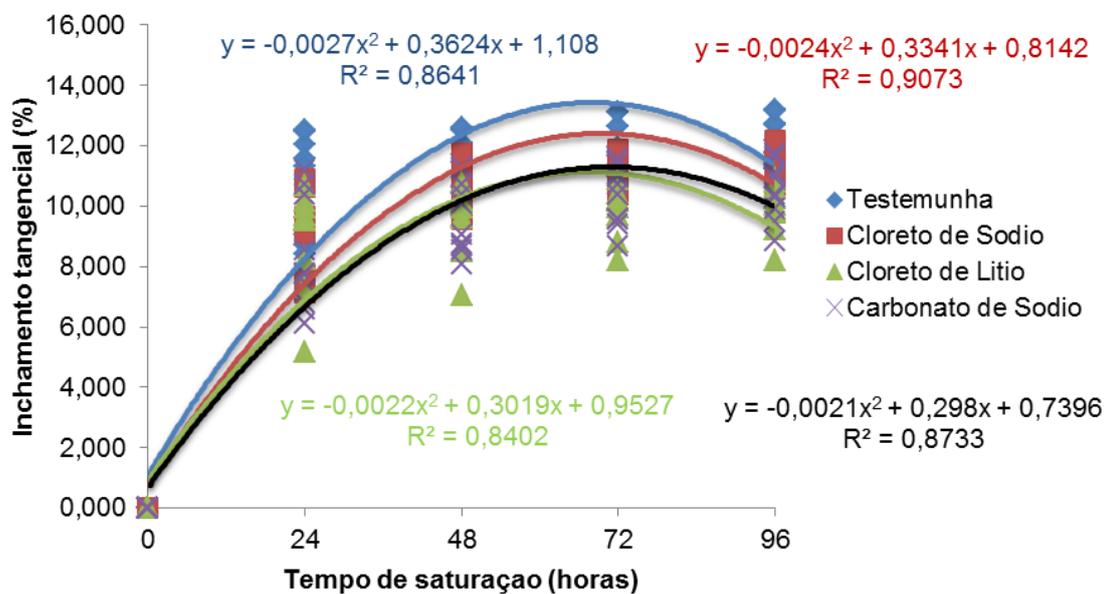


Figura 7 - Inchamento tangencial para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

O inchamento no sentido radial (Figura 8), proporcionado pelas soluções salinas para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* foi semelhante ao obtido para a madeira de *Corymbia torelliana*. Nota-se que a água destilada promoveu o maior inchamento radial da madeira de *E. cloeziana* com valor de 7,76%, enquanto a solução de cloreto de lítio apresentou inchamento para a madeira inferior em comparação às demais soluções testadas, com valor de 6,55%. As amostras impregnadas com as demais soluções (cloreto de sódio e carbonato de sódio) apresentaram inchamento de 7,14 e 7,38% respectivamente.

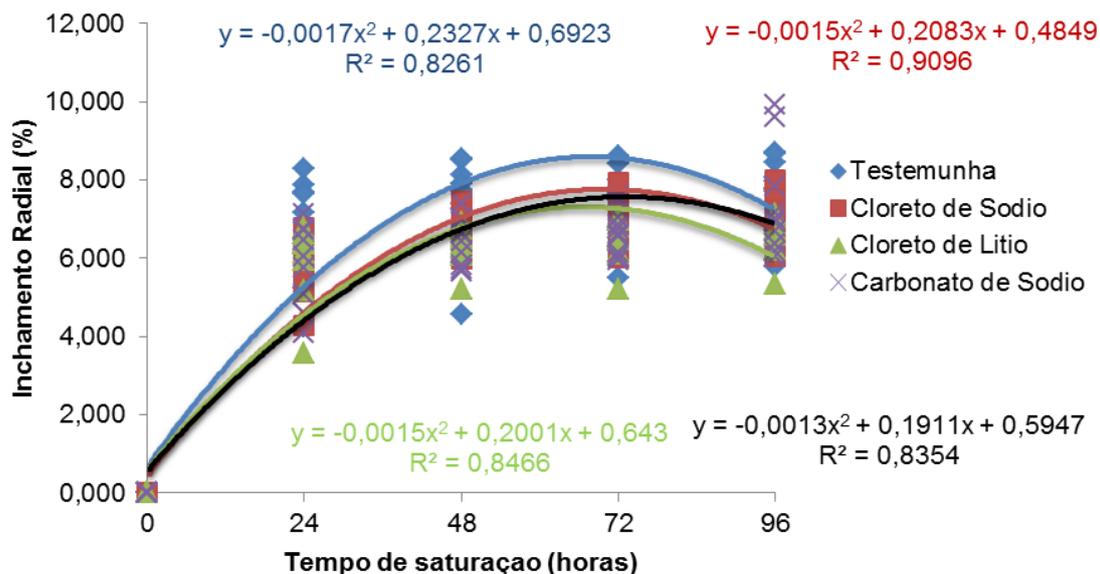


Figura 8 - Inchaço radial para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

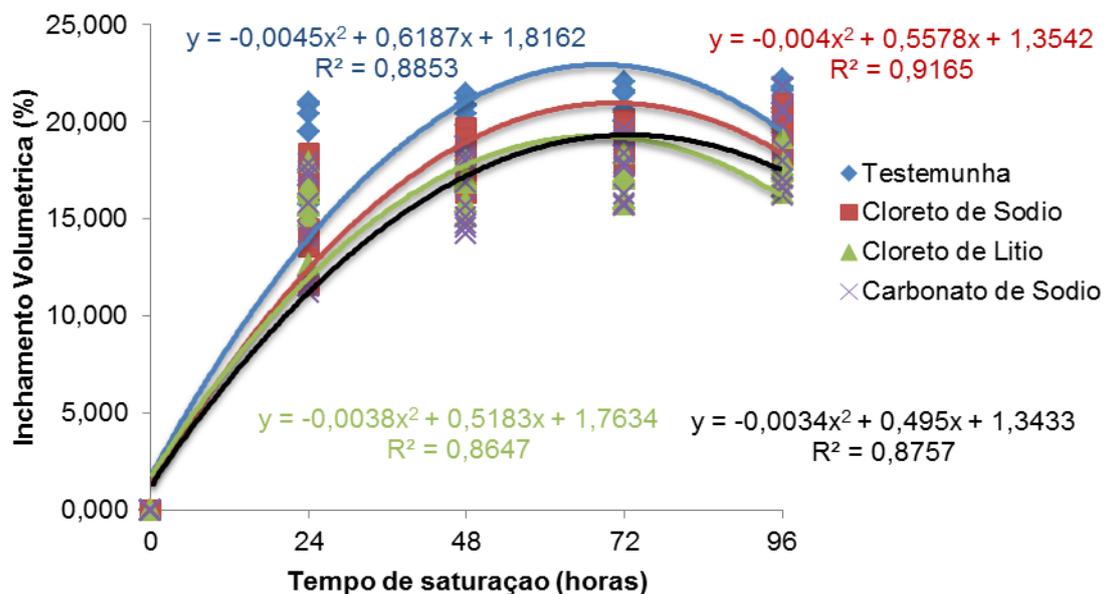


Figura 9 - Inchaço volumétrico para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

Para o inchaço volumétrico (Figura 9), observou-se que a solução de cloreto de lítio apresentou o melhor resultado, com maior estabilidade dimensional da madeira de *Eucalyptus cloeziana*, tendo atingido 17,50% de

inchamento. Essa solução também promoveu o menor inchamento total (tangencial, radial e axial) para a madeira de *Corymbia torelliana*. Nota-se ainda que a espécie de *C. torelliana* apresentou um comportamento mais satisfatório do que a madeira de *E. cloeziana* para o inchamento da madeira, obtendo menores valores de inchamento volumétrico.

Guerra (2010), em trabalho desenvolvido com as mesmas madeiras, obteve valores de extrativos solúveis em álcool:tolueno (2:1 v/v) 4,65 e 5,40% para as madeiras de *C. torelliana* e *E. cloeziana*, respectivamente. Madeiras com elevados teores de extrativos são mais estáveis, em função da cristalização dos extrativos nas paredes celulares (OLIVEIRA, 2006). Uma vez que a madeira de *E. cloeziana* apresentou maiores teores de extrativos que a de *C. torelliana*, esperava-se valores inferiores de inchamento para a madeira de *E. cloeziana*, no entanto, isto não foi observado. Tal fato pode ser explicado em função da madeira de *E. cloeziana* possuir maior densidade, portanto, apresentar mais compostos que formam a parede celular, e mais água de adesão. No entanto, a presença de extrativos pode mascarar esta relação, por diminuir a umidade de saturação das fibras.

Chafe (1987) estudou a influência dos constituintes químicos da parede celular no inchamento da madeira de eucalipto e concluiu haver relação positiva entre os polissacarídeos e inchamento da madeira e negativa entre os teores de lignina e de extrativos.

Como regra geral, uma grande quantidade de extrativos presentes na madeira contribuiria para redução do inchamento. A redução seria proporcional ao espaço ocupado pelos extrativos na parede das células. Por outro lado, a remoção de tais extrativos aumentaria o inchamento (BROWN et al., 1952; TSOUMIS, 1991).

As amostras que foram saturadas com água destilada apresentaram a maior instabilidade dimensional volumétrica, tendo valores de 20,91%, seguida das soluções de cloreto de sódio e carbonato de sódio que apresentaram valores de 19,51% e 18,58%, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 - Inchamentos tangencial, radial e volumétrico máximos para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio

<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Inchamento Tangencial da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Inchamento Máximo (%)	12,13	11,39	10,01	10,54
Desvio Padrão (%)	0,77	0,51	0,82	0,93
Coeficiente de Variação (%)	6,32	4,47	8,20	8,80

<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Inchamento Radial da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Inchamento Máximo (%)	7,76	7,74	6,55	7,38
Desvio Padrão (%)	0,90	0,55	0,52	1,37
Coeficiente de Variação (%)	11,55	7,69	7,94	18,53

<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Inchamento Volumétrico da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Inchamento Máximo (%)	20,91	19,51	17,50	18,58
Desvio Padrão (%)	0,92	0,93	0,84	1,99
Coeficiente de Variação (%)	4,41	4,77	4,79	10,71

Os resultados do inchamento tangencial, radial e volumétrico para as amostras saturadas com água destilada e com soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II, confeccionadas com a madeira de *Eucalyptus cloeziana*, constam nas Figuras 10, 11 e 12, respectivamente.

Para a seção tangencial (Figura 10) observou-se um inchamento de 12,13% para as amostras saturadas com água destilada, enquanto às demais soluções (sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II) apresentaram comportamento semelhantes entre si com discrepância de apenas 0,26% entre as amostras impregnadas com sulfato de cobre II e com àquelas impregnadas com sulfato de magnésio. Tendo esta amostra apresentado a maior diferença entre as três soluções avaliadas (sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II).

Para a influência das soluções salinas na seção radial das amostras de *E. cloeziana*, verificou-se um efeito homogêneo entre as soluções como demonstrado na Figura 11.

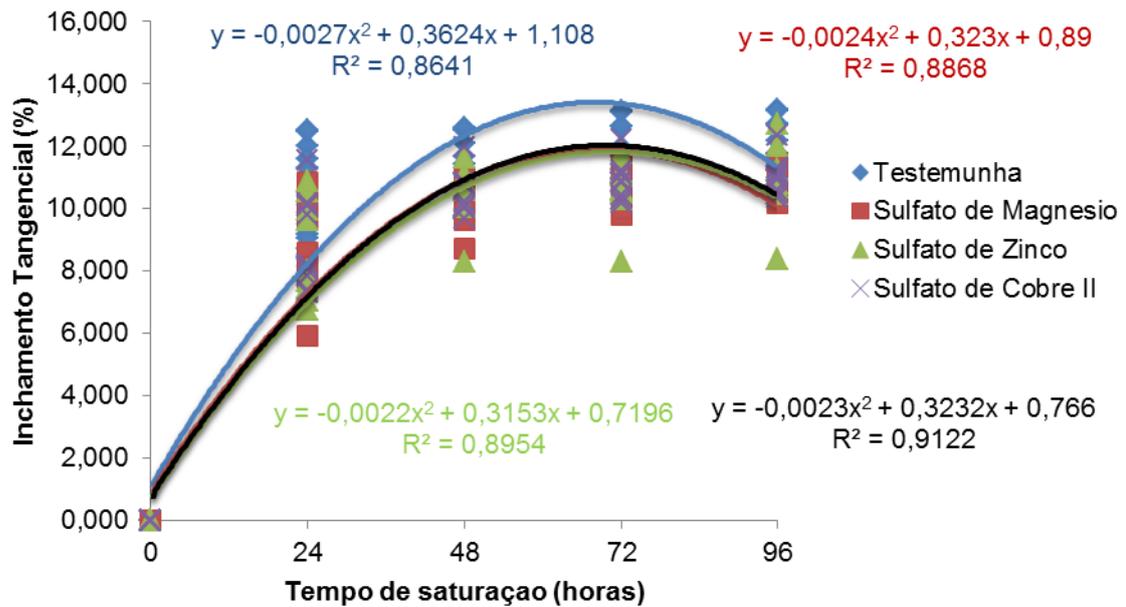


Figura 10 - Inchaço tangencial para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

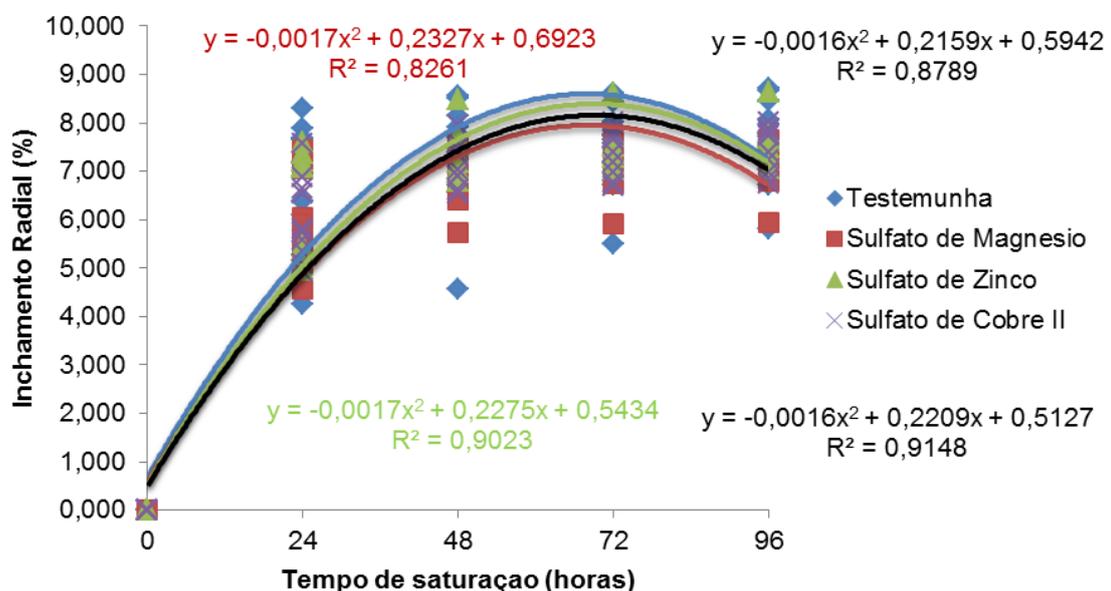


Figura 11 - Inchaço radial para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

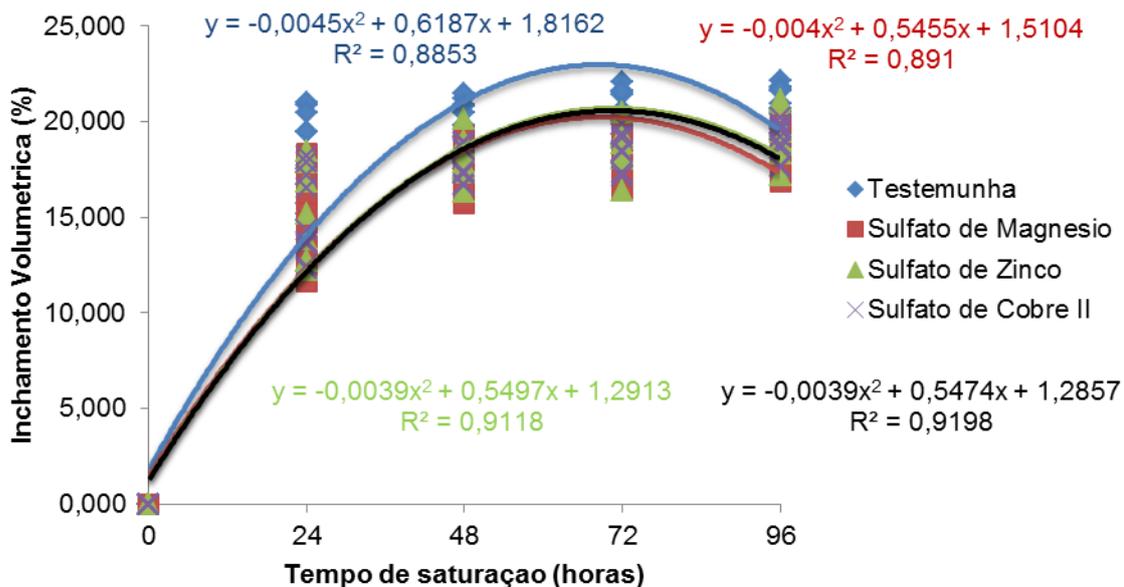


Figura 12 - Inchamento volumétrico para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

Para o inchamento volumétrico, observou-se que a solução de sulfato de magnésio proporcionou a melhor estabilidade dimensional para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* com valor de 18,52% de inchamento máximo (Figura 12).

Observou-se ainda que a espécie de *C. torelliana* apresentou menores valores de inchamento que a madeira de *E. cloeziana*. A água destilada proporcionou a maior variação dimensional da madeira de *E. cloeziana*, com valores de inchamento de 20,91%. As demais soluções (sulfato de zinco e sulfato de cobre II) apresentaram comportamento semelhante, compreendendo valores de inchamento ao final do período de saturação de 19,32 e 19,10%, respectivamente (Tabela 6).

A madeira de *Eucalyptus cloeziana* apresentou para todas as soluções empregadas valores superiores de inchamento que a madeira de *Corymbia torelliana*, fato este já esperado por causa de sua densidade ser superior. Basset (2004) afirmou que madeiras mais densas por terem maior concentração de células de paredes mais espessas, tendem a expandir mais do que àquelas de menor densidade.

Tabela 6 - Inchamentos tangencial, radial e volumétrico máximos para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II

<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Inchamento Tangencial da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Inchamento Máximo (%)	12,13	10,79	10,96	11,05
Desvio Padrão (%)	0,77	0,40	1,12	0,57
Coeficiente de Variação (%)	6,32	3,74	10,26	5,13
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Inchamento Radial da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Inchamento Máximo (%)	7,76	7,16	7,64	7,44
Desvio Padrão (%)	0,90	0,52	0,42	0,47
Coeficiente de Variação (%)	11,55	7,32	5,49	6,26
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Inchamento Volumétrico da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Inchamento Máximo (%)	20,91	18,52	19,32	19,10
Desvio Padrão (%)	0,92	0,96	1,16	0,91
Coeficiente de Variação (%)	4,41	5,18	6,03	4,74

4.2.2 Retratibilidade da madeira

Os resultados da retratibilidade tangencial, radial e volumétrica para as amostras saturadas com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio, confeccionadas com a madeira de *Corymbia torelliana*, constam nas Figuras 13, 14 e 15, respectivamente.

Para o sentido tangencial (Figura 13), observou-se uma retratibilidade de 26,36 e 21,55% para as amostras impregnadas com a soluções de carbonato de sódio e água destilada, respectivamente. Enquanto, as amostras saturadas com soluções de cloreto de sódio e cloreto de lítio apresentaram valores de retratibilidade de 20,37 e 20,55%, respectivamente.

Para o sentido radial, a madeira impregnada com a solução de carbonato de sódio apresentou valores de retratibilidade superior às demais soluções empregadas (15,99%). As amostras impregnadas com as demais soluções apresentaram valores de retratibilidade para a madeira de *C. torelliana* semelhantes entre si, sendo de 12,79; 11,83 e 11,29% para as

soluções de água destilada, cloreto de sódio e cloreto de lítio, respectivamente (Figura 14).

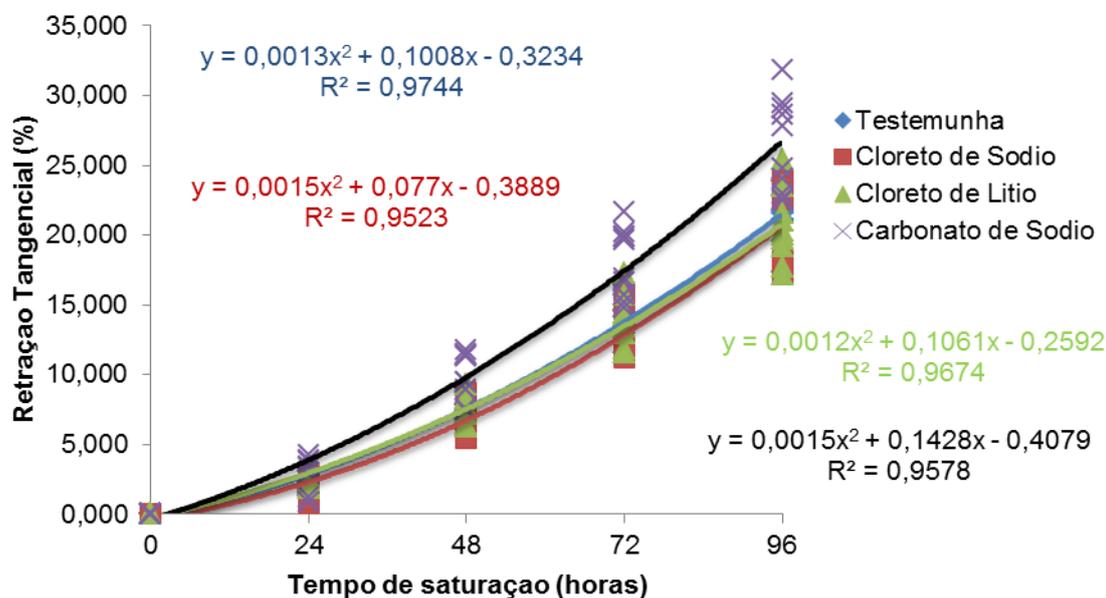


Figura 13 - Retração tangencial para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

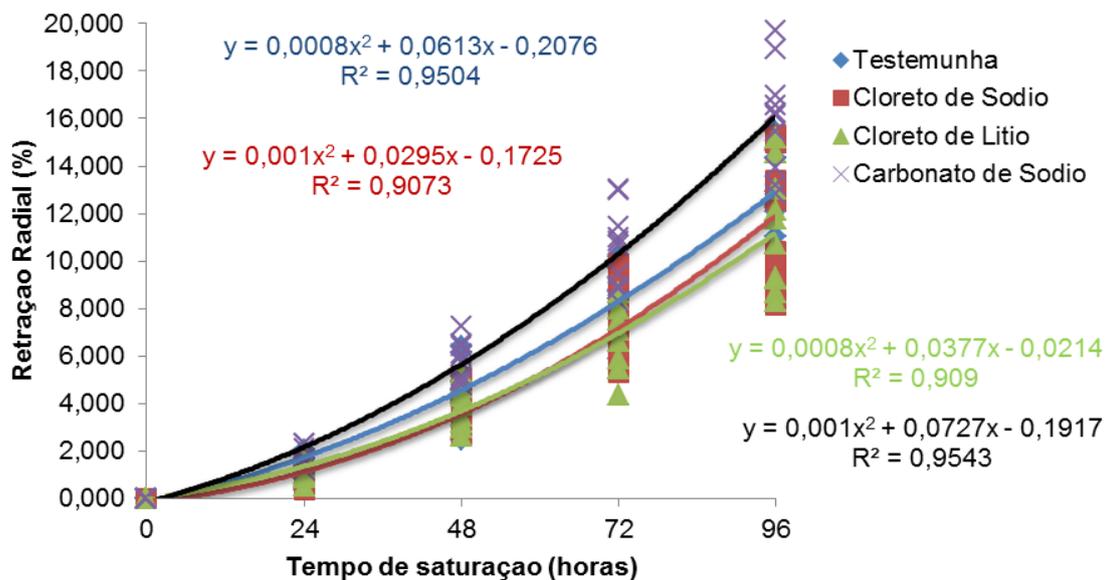


Figura 14 - Retração radial para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

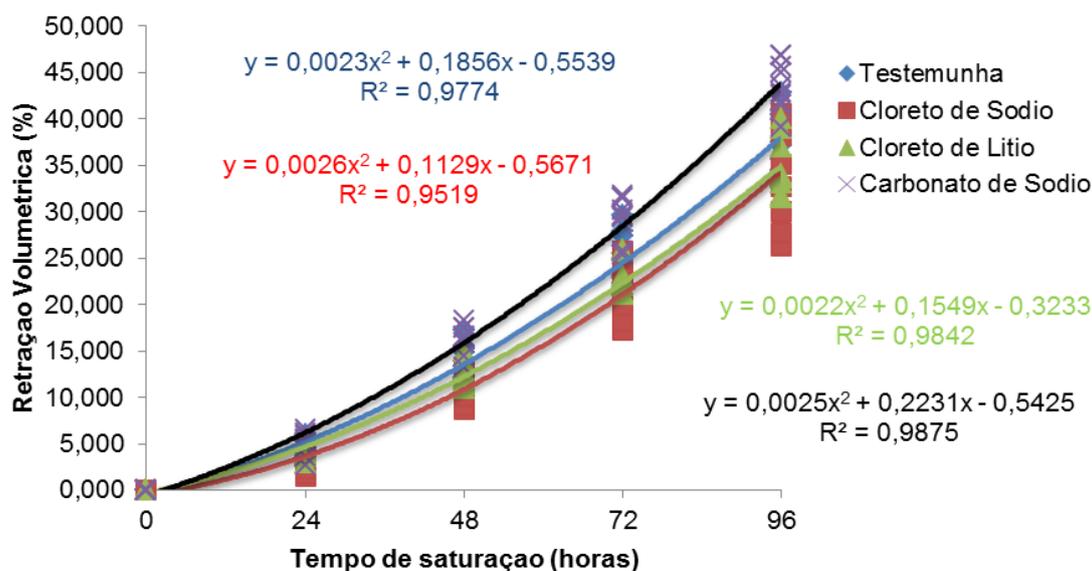


Figura 15 - Retração volumétrica para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

Tabela 7 - Retratabilidade tangencial, radial e volumétrica máxima para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto lítio e carbonato de sódio

<i>Corymbia torelliana</i>	Inchamento Tangencial da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Retração Máxima (%)	21,25	20,37	20,55	26,36
Desvio Padrão (%)	2,05	2,91	2,50	3,36
Coefficiente de Variação (%)	9,65	14,29	12,19	12,75
<i>Corymbia torelliana</i>	Inchamento Radial da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Retração Máxima (%)	12,79	11,83	11,29	15,99
Desvio Padrão (%)	1,61	2,80	2,45	2,26
Coefficiente de Variação (%)	12,63	23,71	21,73	14,17
<i>Corymbia torelliana</i>	Inchamento Volumétrico da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Retração Máxima (%)	37,61	33,91	34,74	43,56
Desvio Padrão (%)	3,32	5,26	2,92	2,48
Coefficiente de Variação (%)	8,81	15,52	8,41	5,70

Para a retratabilidade volumétrica da madeira, observa-se que as soluções de cloreto de sódio e cloreto de lítio proporcionaram a menor

retratibilidade da madeira de *Corymbia torelliana* com valores de 33,91 e 34,74%, respectivamente (Figura 15). Já as amostras impregnadas com as soluções de carbonato de sódio e água destilada apresentaram valores de 43,56 e 37,61% de retratibilidade, respectivamente, sendo superiores ao efeito das soluções de cloreto de sódio e de lítio (Tabela 7).

Os resultados da retratibilidade tangencial, radial e volumétrica para as amostras impregnadas com as soluções de sulfato de magnésio, sulfato de lítio e sulfato de cobre II, confeccionadas com a madeira de *Corymbia torelliana*, constam nas Figuras 16, 17 e 18, respectivamente.

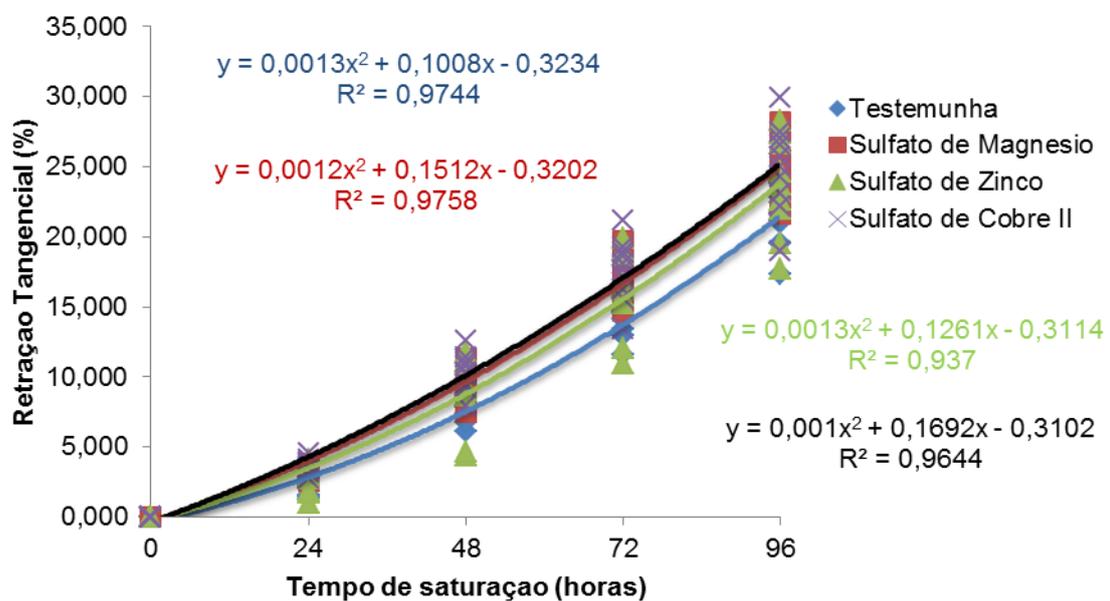


Figura 16 - Retração tangencial para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

Para o sentido tangencial, observou-se uma retratibilidade de 21,25% para as amostras saturadas com água destilada, seguida da madeira impregnada com sulfato de zinco que apresentou retratibilidade de 23,55%. As amostras impregnadas com as demais soluções (sulfato de magnésio e sulfato de cobre II) apresentaram valores de retração superior às saturadas com água destilada ou sulfato de zinco (24,77 e 25,01%), respectivamente (Figura 16).

Para as amostras retiradas no sentido radial, a solução de sulfato de cobre II proporcionou a maior retratibilidade da madeira de *C. torelliana* com

valores 15,28%. As demais soluções empregadas proporcionaram homogeneidade na retratibilidade da madeira de *C. torelliana*, com exceção das amostras saturadas com água destilada que apresentaram o menor valor (12,79%). Observou-se ainda que as amostras impregnadas com as demais soluções (sulfato de magnésio e sulfato de zinco) apresentaram retratibilidade semelhantes tendo valores de 14,70 e 14,33% respectivamente (Figura 17).

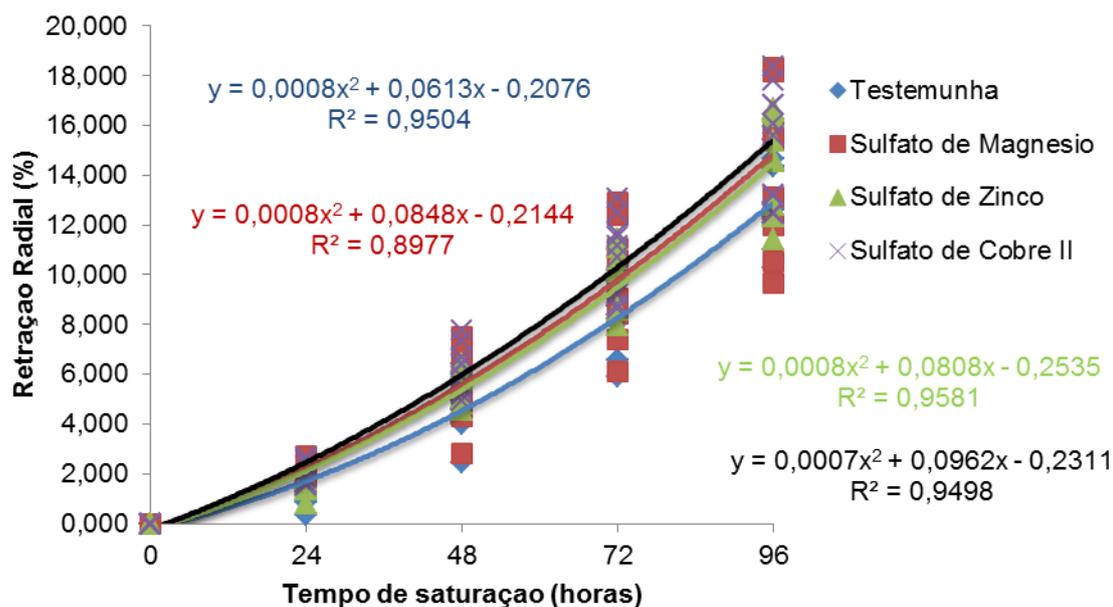


Figura 17 - Retração radial para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

Observa-se para a retratibilidade volumétrica (Figura 18) que a madeira saturada com água destilada e solução de sulfato de zinco apresentaram comportamentos satisfatórios, obtendo os menores valores de retração da madeira de *C. torelliana*, com valores de 37,61 e 39,02%, respectivamente. Nota-se que, para a impregnação das amostras com sulfato de cobre II e sulfato de magnésio os resultados de retratibilidade foram superiores às demais soluções (água destilada e sulfato de zinco) com valores de 42,05 e 41,02%, respectivamente (Tabela 8).

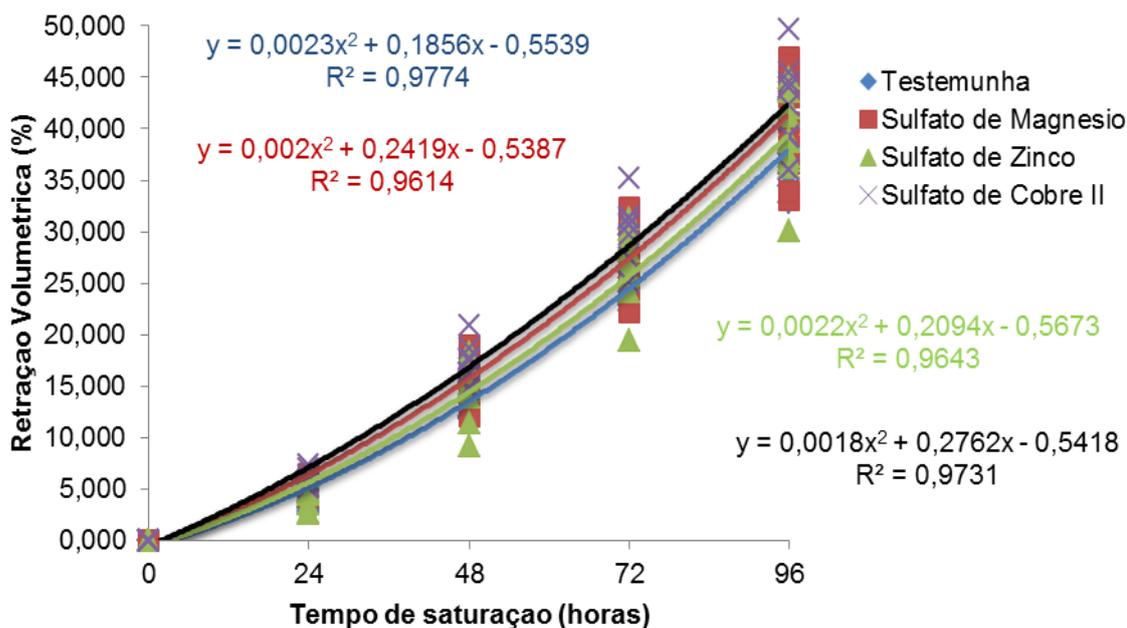


Figura 18 - Retração volumétrica para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

Esta elevada taxa de retratibilidade da madeira de *C. torelliana* para as amostras impregnadas com solução de sulfato de cobre II, pode ser justificada pelo efeito “bulking” da solução salina nas paredes celulares da madeira. Este efeito está relacionado ao termo "estabilização dimensional da madeira" e se refere a tratamentos químicos efetuados com a finalidade de reduzir a tendência da madeira à retração ou inchamento, quando ocorrem mudanças no seu teor de umidade (KOLLMANN; CÔTÉ JUNIOR, 1968). A variação de umidade da madeira ocasiona um inchamento da peça de madeira pela retenção de umidade pelos cristais de sais impregnados no interior das paredes celulares, assim, ocorre minimização do fenômeno de adsorção de molécula de água nos espaços submicroscópicos entre as micelas. Para as amostras impregnadas com sulfato de cobre II, observou-se, no processo de secagem, uma percolação de sal no sentido axial da madeira.

Observa-se que as amostras impregnadas com as soluções de sulfato apresentaram comportamento de retratibilidade para a madeira de *C. torelliana* superior ao das amostras saturadas com cloreto e carbonato.

Tabela 8 - Retratibilidade tangencial, radial e volumétrica máxima para a madeira de *Corymbia torelliana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II

<i>Corymbia torelliana</i>	Retração Tangencial da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Retração Máxima (%)	21,25	24,77	23,55	25,01
Desvio Padrão (%)	2,05	2,38	3,37	3,07
Coeficiente de Variação (%)	9,65	9,61	14,29	12,29

<i>Corymbia torelliana</i>	Retração Radial da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Retração Máxima (%)	12,79	14,70	14,33	15,28
Desvio Padrão (%)	1,61	3,21	1,95	2,25
Coeficiente de Variação (%)	12,63	21,87	13,64	14,73

<i>Corymbia torelliana</i>	Retração Volumétrico da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Retração Máxima (%)	37,61	41,02	39,02	42,05
Desvio Padrão (%)	3,32	5,29	4,27	4,40
Coeficiente de Variação (%)	8,81	12,90	10,95	10,46

Os resultados da retratibilidade tangencial, radial e volumétrica para as amostras saturadas com água destilada e com as soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio, confeccionadas com a madeira de *Eucalyptus cloeziana*, constam nas Figuras 19; 20 e 21, respectivamente.

Observou-se para o sentido tangencial, retração de 32,21 e 30,52% para a madeira impregnada com carbonato de sódio e água destilada respectivamente, sendo as soluções em que proporcionaram os maiores valores de retratibilidade tangencial para a madeira de *E. cloeziana*. Nota-se para as amostras impregnadas com as soluções de cloreto de sódio e cloreto de lítio (25,46 e 26,69%, respectivamente), apresentaram valores de retração inferiores para as amostras saturadas com água destilada e carbonato de sódio como demonstrado na Figura 19.

As amostras saturadas com carbonato de sódio para as madeiras de *C. torelliana* e *E. cloeziana* no sentido tangencial apresentaram os maiores valores de retratibilidade (26,36 e 32,21%, respectivamente).

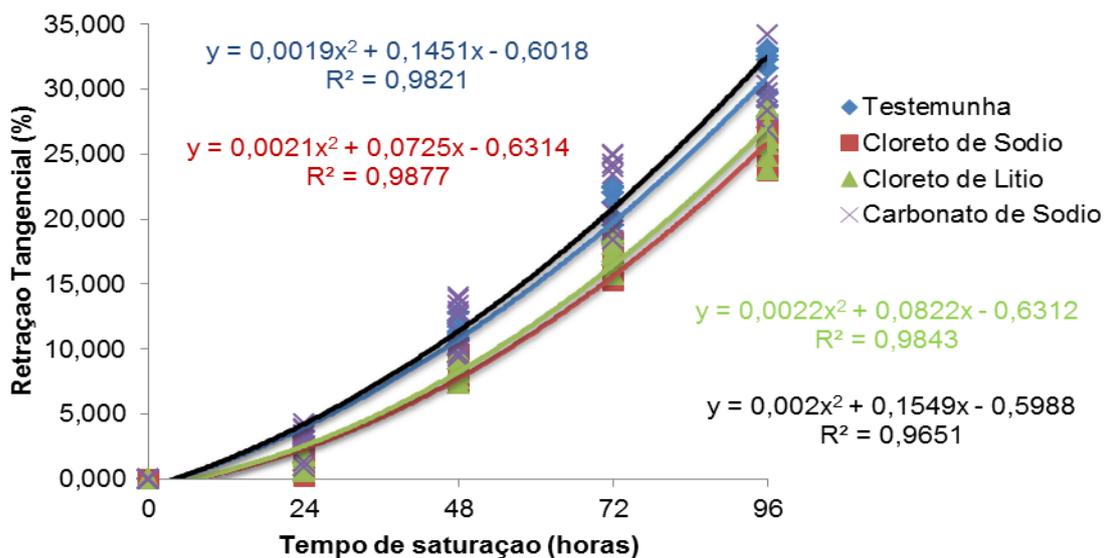


Figura 19 - Retração tangencial para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

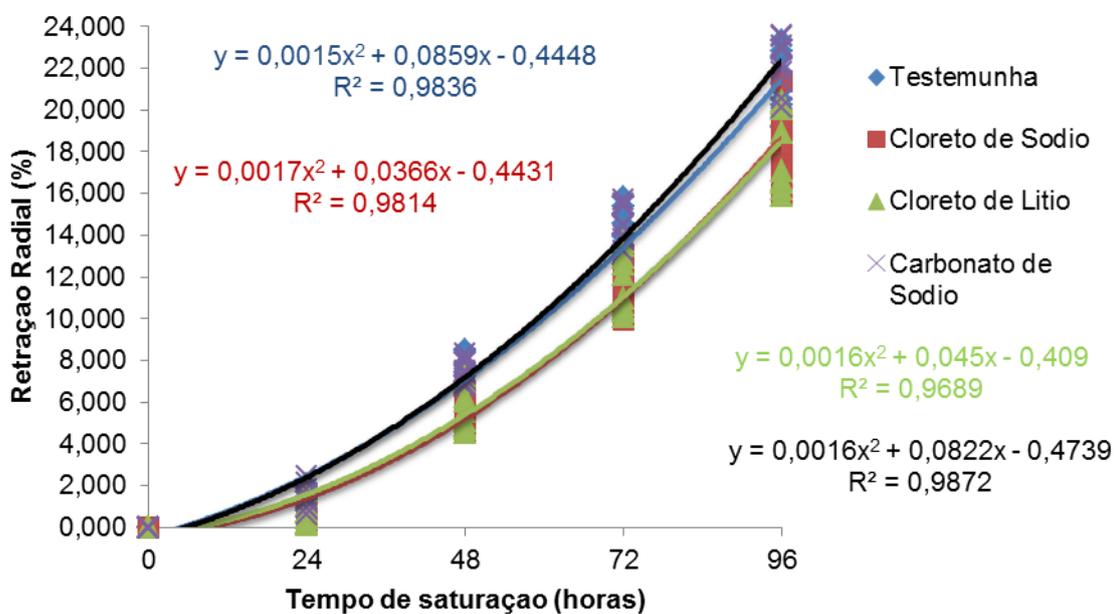


Figura 20 - Retração radial para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

Para as amostras obtidas na seção radial (Figura 20), as soluções de cloreto de lítio e cloreto de sódio promoveram a menor retratibilidade da madeira de *E. cloeziana* (18,22 e 18,42%, respectivamente). Nota-se que as amostras impregnadas com carbonato de sódio e água destilada apresentaram retração radial superior, com valores de retratibilidade de 22,11 e 21,17% respectivamente (Tabela 9).

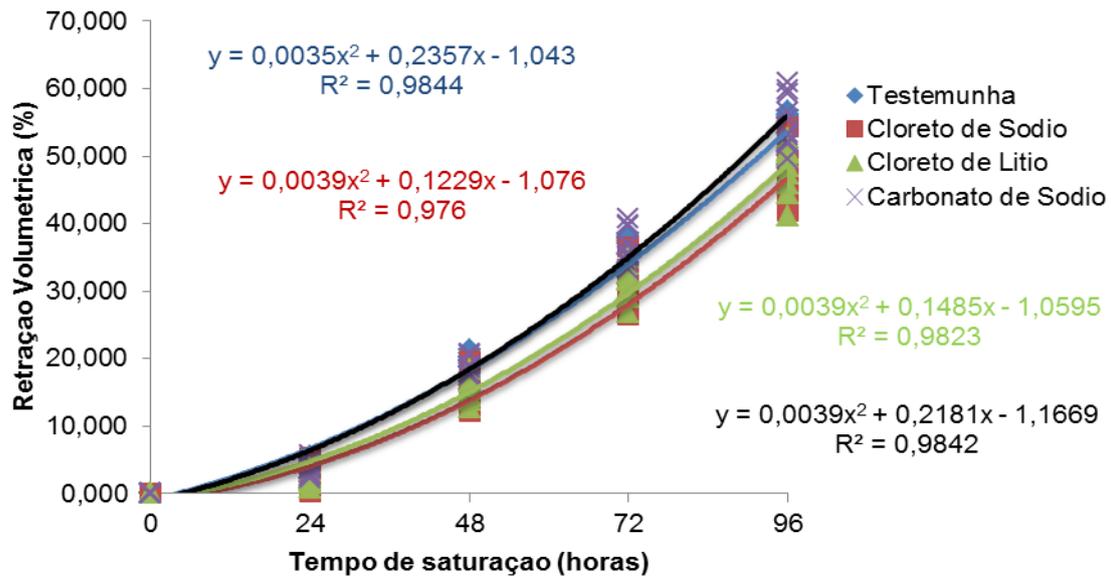


Figura 21 - Retração volumétrica para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio.

Para a retratibilidade volumétrica (Figura 21) observou-se que as soluções de carbonato de sódio e água destilada não apresentaram comportamento satisfatório para promover a menor retratibilidade da madeira de *E. cloeziana*, sendo os valores de retração na madeira de 55,18 e 52,94%, respectivamente. Nota-se que, as soluções de cloreto de sódio e cloreto de lítio foram àquelas que promoveram as menores retrações da madeira com valores de 46,08 e 47,94%, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9 - Retratabilidade tangencial, radial e volumétrica máxima para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de cloreto de sódio, cloreto de lítio e carbonato de sódio

<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Retração Tangencial da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Retração máxima (%)	30,52	25,46	26,69	32,21
Desvio Padrão (%)	2,21	0,93	1,62	3,66
Coefficiente de Variação (%)	7,23	3,66	6,07	11,37

<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Retração Radial da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Retração máxima (%)	21,17	18,42	18,22	22,11
Desvio Padrão (%)	1,44	1,47	1,92	1,19
Coefficiente de Variação (%)	6,80	7,95	10,52	5,38

<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Retração Volumétrica da Madeira			
	Água Destilada	Cloreto de Sódio	Cloreto de Lítio	Carbonato de Sódio
Retração máxima (%)	52,94	46,08	47,94	55,18
Desvio Padrão (%)	3,46	3,74	3,38	3,87
Coefficiente de Variação (%)	6,54	8,11	7,06	7,02

Os resultados da retratabilidade tangencial, radial e volumétrica para as amostras impregnadas com as soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II, confeccionadas com a madeira de *Eucalyptus cloeziana*, constam das Figuras 22, 23 e 24, respectivamente.

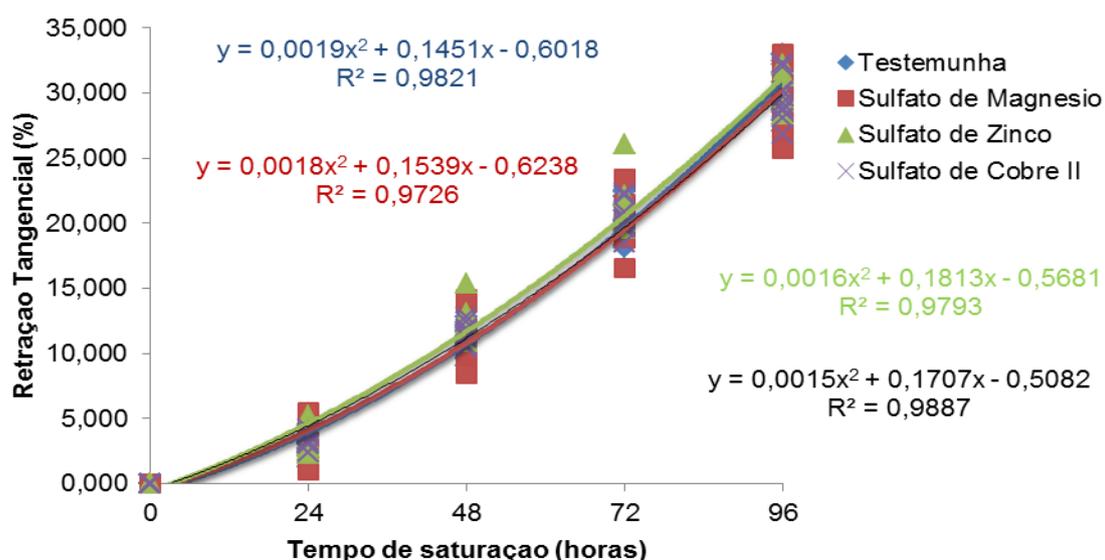


Figura 22 - Retração tangencial para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

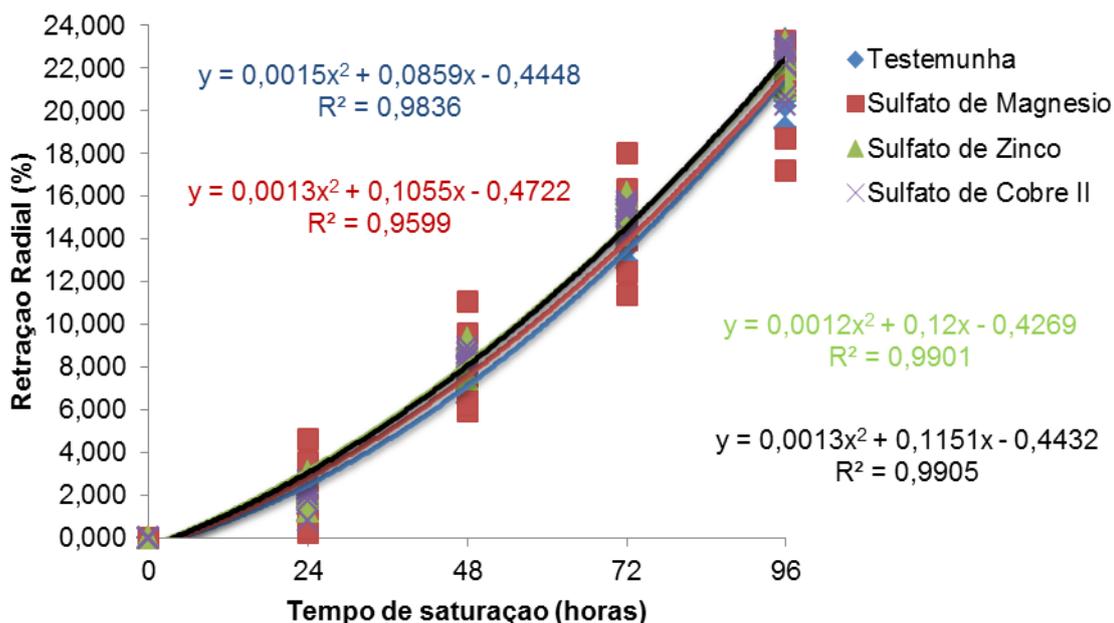


Figura 23 - Retração radial para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

Para as amostras obtidas no sentido tangencial, observa-se que todas as soluções (sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II) apresentaram comportamento semelhante para minimizar a retratibilidade da madeira de *E. cloeziana*, como demonstrado na Figura 22. Os valores de retratibilidade da madeira saturada com água destilada e com as soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II foram de 30,52; 29,80; 30,82 e 29,58%, respectivamente.

Observou-se para o sentido radial, que todas as amostras impregnadas com as soluções empregadas comportaram de forma homogênea, sendo os valores de 21,17% para a madeira saturada com água destilada e 21,39; 22,07 e 22,20% (Tabela 10), para as amostras impregnadas com as soluções salinas de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II, respectivamente (Figura 23).

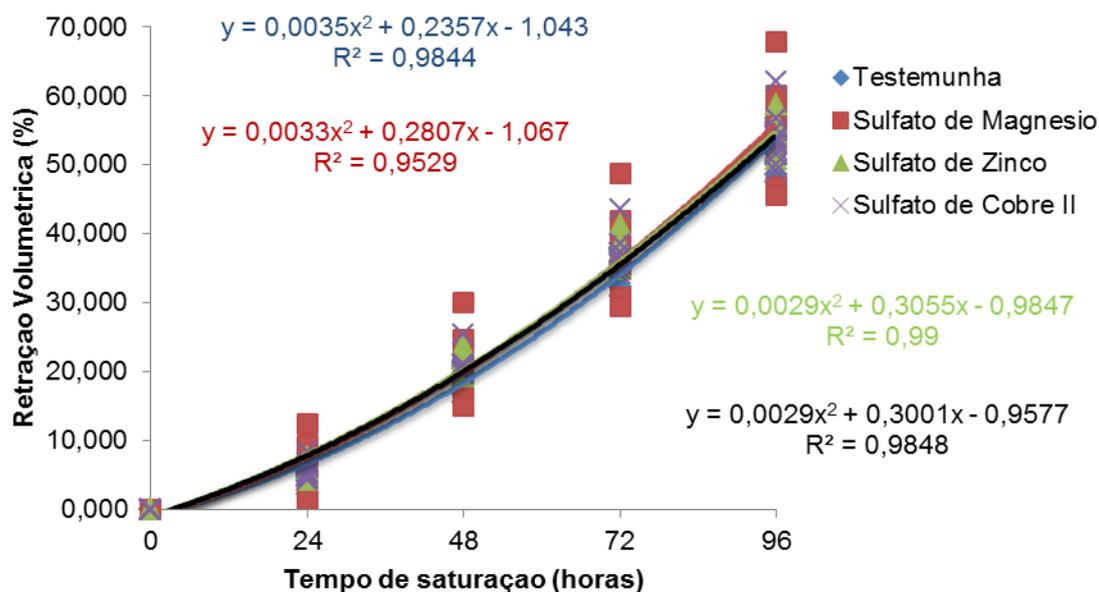


Figura 24 - Retração volumétrica para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II.

Tabela 10 - Retratabilidade tangencial, radial e volumétrica máxima para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* saturada com água destilada e soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II

<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Retração Tangencial da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Retração máxima (%)	30,52	29,80	30,82	29,58
Desvio Padrão (%)	2,21	2,33	2,42	1,69
Coeficiente de Variação (%)	7,23	7,81	7,87	5,71
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Retração Radial da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Retração máxima (%)	21,17	21,39	22,07	22,20
Desvio Padrão (%)	1,44	2,20	0,84	0,98
Coeficiente de Variação (%)	6,80	10,28	3,81	4,43
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Retração Volumétrica da Madeira			
	Água Destilada	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Sulfato de Cobre II
Retração máxima (%)	52,94	55,31	54,21	53,73
Desvio Padrão (%)	3,46	6,50	2,40	3,71
Coeficiente de Variação (%)	6,54	11,75	4,43	6,90

Diante dos resultados obtidos para o sentido transversal da madeira (tangencial e radial), a retratibilidade volumétrica das amostras impregnadas com as soluções comportaram de forma homogênea, como demonstrado na Figura 24. Os valores de retratibilidade da madeira de *E. cloeziana* saturadas com água destilada e impregnadas com as soluções de sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II, foram de 52,94; 55,31; 54,21 e 53,73%, respectivamente (Tabela 10).

Na Tabela 11 é apresentado o fator anisotrópico de retratibilidade para as madeiras de *C. torelliana* e *E. cloeziana* impregnadas com as soluções salinas. Nota-se que a madeira de *Eucalyptus cloeziana* apresentou maiores valores de retratibilidade para o sentido transversal da madeira (tangencial e radial), no entanto, os fatores anisotrópicos foram inferiores aos das madeiras de *Corymbia torelliana*, fato este, que pode ser explicado em função da maior densidade apresentada para a madeira de *E. cloeziana*.

Tabela 11 - Fator anisotrópico das madeiras de *Corymbia torelliana* e *Eucalyptus cloeziana* saturadas com as diferentes soluções salinas

Soluções	<i>Corymbia torelliana</i>			<i>Eucalyptus cloeziana</i>		
	Tangencial (%)	Radial (%)	Fator Anisotrópico	Tangencial (%)	Radial (%)	Fator Anisotrópico
Água Destilada	7,00	4,26	1,64	9,87	7,04	1,40
Cloreto de Sódio	6,94	4,46	1,56	8,93	6,78	1,32
Cloreto de Lítio	6,65	4,55	1,46	9,22	6,50	1,42
Carbonato de Sódio	8,33	5,44	1,53	10,38	7,45	1,39
Sulfato de magnésio	7,62	4,57	1,67	9,44	6,82	1,38
Sulfato de Zinco	7,48	4,46	1,68	9,45	6,91	1,37
Sulfato de Cobre II	7,44	4,64	1,61	9,18	7,03	1,31

Apesar de Kollmann e Cotê Junior (1968) afirmarem que, quanto mais elevada a densidade da madeira, maior a sua contração ou expansão, no entanto, principalmente para o gênero *Eucalyptus*, existem controvérsias para tal afirmação, tendo Oliveira et al., (2010) verificado valores inferiores de retratibilidade para as madeiras de eucalipto de mais altas densidades.

A madeira de *C. torelliana* impregnada com soluções de cloreto de lítio apresentou o menor fator anisotrópico (1,46) dentre as demais soluções empregadas (água destilada, cloreto de sódio, carbonato de sódio, sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II), que apresentaram valores de 1,64; 1,56; 1,53; 1,67; 1,68 e 1,61, respectivamente. A solução de sulfato de zinco, não apresentou comportamento satisfatório para promover a estabilidade dimensional da madeira de *C. torelliana*, sendo a solução que proporcionou maior fator anisotrópico à madeira (1,68).

Para a madeira de *E. cloeziana* impregnada com as soluções de sulfato de cobre II e cloreto de sódio observaram-se os menores fatores anisotrópicos (1,31 e 1,32, respectivamente). As demais soluções empregadas (água destilada, carbonato de sódio, sulfato de magnésio e sulfato de zinco) proporcionaram valores de fator anisotrópico superiores (1,40; 1,42; 1,39; 1,38 e 1,37, respectivamente).

4.2 Corrosividade das soluções salinas

A utilização das diferentes soluções salinas (cloreto de sódio, cloreto de lítio, carbonato de sódio, sulfato de magnésio, sulfato de zinco e sulfato de cobre II), pode provocar a corrosão de metais, seja no processo de impregnação da madeira e, ou, durante o emprego da madeira impregnada.

Foi verificada a corrosividade das diferentes soluções em placas de aço carbono (SAE 1006), e o efeito dos extrativos, obtidos pelo contato da madeira com as soluções salinas durante a impregnação das amostras, das espécies avaliadas (*C. torelliana* e *E. cloeziana*).

4.2.1 Corrosividade das soluções salinas puras

A análise de variância da perda de massa em porcentagem causada pela corrosividade das soluções de tratamento em placas de aço carbono (SAE 1006) em diferentes temperaturas acusou diferença significativa a 1% apenas entre as soluções salinas empregadas (Tabela 15). O efeito das soluções foi analisado e comparado pelo teste de Tukey a 5% de significância (Tabela 12).

Tabela 12 - Análise de variância da corrosividade causada pelas soluções salinas em placa de aço carbono (SAE 1006). Dados transformados em arcsen [raiz(perda de massa/100)]

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Soluções	4	0,3033	$0,76 \times 10^{-1}$	62,39 ^{**}
Temperatura	2	$0,59 \times 10^{-2}$	$0,29 \times 10^{-2}$	2,42 ^{ns}
Soluções x Temperatura	8	$0,18 \times 10^{-1}$	$0,22 \times 10^{-2}$	1,83 ^{ns}
Resíduo	60	$0,73 \times 10^{-1}$	$0,12 \times 10^{-2}$	
Total	74	0,3999		

**significativo a 1%; ns não significativo a 5%.

Dentre os efeitos corrosivos causados pelas soluções salinas, observa-se que apenas a solução de sulfato de cobre II, causou perda de massa, que a diferiu estatisticamente das demais soluções salinas empregadas (Tabela 13).

Tabela 13 - Perda de massa (%) provocada pelas soluções salinas nas chapas de aço carbono (SAE 1006)

Soluções Salinas	Perda de Massa (%)
Cloreto de Lítio	0,0065 b
Carbonato de Sódio	0,0021 b
Sulfato de Magnésio	0,0072 b
Sulfato de Zinco	0,0040 b
Sulfato de Cobre II	3,2974 a

As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey, $p \geq 0,05$).

4.2.2 Corrosividade das soluções salinas com extrativos

A análise de variância da corrosividade causada pelas soluções salinas sob o efeito dos extrativos em placa de aço carbono (SAE 1006), não foi observado diferença estatística para a interação temperatura, espécie e solução, assim como, para as interações, solução e espécie, e espécie e temperatura. Já para interação, solução e temperatura e os fatores solução, espécie e temperatura houve diferença significativa a 1% de significância (Tabela 14).

Tabela 14 - Análise de variância da corrosividade causada pelas soluções salinas sob o efeito de extrativos em placa de aço carbono (SAE 1006). Dados transformados em arcsen [raiz(perda de massa/100)]

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Solução	2	$0,17 \times 10^{-1}$	$0,83 \times 10^{-2}$	126,16**
Espécie	1	$0,22 \times 10^{-2}$	$0,22 \times 10^{-2}$	9,15**
Temperatura	2	$0,17 \times 10^{-1}$	$0,83 \times 10^{-2}$	34,11**
Solução x Espécie	5	$0,11 \times 10^{-2}$	$0,22 \times 10^{-3}$	0,88 ^{ns}
Solução x Temperatura	10	$0,36 \times 10^{-1}$	$0,36 \times 10^{-3}$	14,75**
Espécie x Temperatura	2	$0,12 \times 10^{-2}$	$0,59 \times 10^{-3}$	2,40 ^{ns}
TemperaturaxEspéciexSolução	10	$0,25 \times 10^{-2}$	$0,25 \times 10^{-3}$	1,02 ^{ns}
Resíduo	144	27,5552	0,1914	
Total	179	0,2489		

**significativo a de 1% de probabilidade; ns não significativo a 1% de probabilidade.

O efeito das espécies (*C. torelliana* e *E. cloeziana*) e a interação, solução e temperatura foi analisado e comparado pelo teste de Tukey a 5% de significância (Tabela 15).

Dentre os efeitos corrosivos causados pelas espécies, observou-se que a madeira de *E. cloeziana*, causou perda de massa, que a diferiu estatisticamente da madeira de *C. torelliana* (Tabela 15).

Dentre os fatores corrosivos causados pelas soluções salinas, observa-se que as soluções de sulfato de zinco e sulfato de cobre II causaram perda de massa em placa de aço carbono (SAE 1006) que as diferiram estatisticamente das demais soluções empregadas. Nota-se ainda que, para a temperatura de 45 °C o nível de corrosão do sulfato de zinco foi estatisticamente igual para as temperaturas de 25 e 100 °C (Tabela 15).

Para a temperatura de 25 °C observa-se que somente a solução de sulfato de cobre II causou perda de massa significativa pelo teste de médias. O mesmo pode ser observado para a temperatura de 45 °C.

Tabela 15 - Perda de massa (%) provocada pelas madeiras de *C. torelliana* e *E. cloeziana* e pelas soluções salinas em função da temperatura em placa de aço carbono (SAE 1006)

Espécie	<i>Corymbia torelliana</i>		<i>Eucalyptus cloeziana</i>
	0.1910 B		0.2302 A
Solução Salina	Temperatura (°C)		
	25	45	100
Água Destilada	0,0127 Ab	0,0217 Ab	0,0557 Abc
Cloreto de Lítio	0,0299 Ab	0,0351 Ab	0,0379 Abc
Carbonato de Sódio	0,0052 Ab	0,0043 Ab	0,0079 Ac
Sulfato de Magnésio	0,0094 Ab	0,0199 Ab	0,0446 Abc
Sulfato de Zinco	0,0130 Bb	0,0218 ABb	0,1011 Ab
Sulfato de Cobre II	0,4333 Ba	0,4911 Ba	2,4458 Aa

As médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal, ou minúscula na vertical, dentro de cada fator, não diferem entre si (Tukey, $p > 0,05$).

Para a temperatura de 100 °C observa-se que somente a solução de sulfato de cobre II causou perda de massa significativa, que a diferiu das demais soluções empregadas. Nota-se ainda que a solução controle (água destilada), não difere estatisticamente das soluções de cloreto de lítio, sulfato de magnésio e sulfato de zinco. Já a solução de carbonato de sódio, difere-se estatisticamente das soluções de sulfato de zinco e sulfato de cobre II como demonstrado na Tabela 15.

5. CONCLUSÕES

A impregnação das madeiras de *C. torelliana* e *E. cloeziana* com soluções salinas promovem a melhoria da estabilidade dimensional.

A solução de cloreto de lítio proporcionou para o inchamento, a maior estabilidade dimensional para as madeiras de *C. torelliana* e *E. cloeziana*.

A solução de sulfato de zinco proporcionou para a retratibilidade, a maior estabilidade dimensional da madeira de *C. torelliana*. Já para a madeira de *E. cloeziana*, as soluções salinas empregadas não tiveram comportamento satisfatório. Fato este que pode ser explicado pelo efeito “bulking”.

A madeira de *E. cloeziana* impregnada com as soluções de sulfato de cobre II e cloreto de sódio, apresentaram o menor fator anisotrópico.

Para a madeira de *C. torelliana*, a solução de cloreto de lítio, promoveu o menor fator anisotrópico.

A solução de sulfato de cobre II ocasionou a maior perda de massa em placas de aço (SAE 1006), sendo, portanto, não recomendado seu emprego, para situações em que houver contato com superfícies metálicas.

Das soluções empregadas, em função da redução da higroscopicidade e de do menor efeito corrosivo ao carbono SAE 1006, de modo geral, aquelas preparadas com cloreto de lítio ou de sódio, proporcionaram melhores resultados. Dentre estas, em função da facilidade de obtenção, a solução de cloreto de sódio é a mais recomendada.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. D. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia e miniestaquia.** 2006. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-130:** standard test method for detection of copper corrosion from petroleum products by the copper strip tarnish test. Annual Book of ASTM standards, Philadelphia, v.0501, p.79-84, 1991.

ANDRADE, E. N. **O eucalipto.** 2. ed. Rio Claro: CPEF, 1960. 667p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190:** projeto de estruturas de madeira. Anexo B – Determinação das propriedades das madeiras para projetos de estruturas. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de PRODUTORES de FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF (2009). **Anuário estatístico da ABRAF 2009:** ano base 2008. Brasília: ABRAF, 2009. 120p.

BASSET, G. Swelling, shrinkage and fire resistance. **Asian Timber**, v. 13, n. 10, p. 28 - 33, 1994.

BROWN, H. P.; PANSHIN, A. J.; FORSAITH, C. C. **Textbook of wood Technology.** New York: McGraw-Hill Book Company, v. 2, 1952, 783p.

CARMO, F. C. A. **Avaliação da desrama e seleção de árvores para produção de madeira de eucalipto para serraria.** 2010. 19f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

CAVALCANTE, M. S. Corrosão em metais causada por preservativos de madeira. **Preservação de Madeiras**, v. 6/7, n. 1, p. 21-8, 1976.

CHAFE, S. C. Collapse, volumetric shrinkage, specific gravity and extractives in *Eucalyptus* and other species. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 21, p. 27 - 41, 1987.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira**: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p.

FELIÚ, S.; MORCILLO, M. **Corrosión y protección de los metales en la atmósfera**. Madrid: Ediciones Bellaterra S. A., 1982, 246p.

FINDLAY, W. P. K. The nature and durability of wood. In: FINDLAY, W. P. K. (Ed.). **Preservation of timber in the tropics**. Dordrecht: M. Nijhoff; Dr. W. Junk, p. 1-13, 1985.

FOOD AND AGRICULTURAE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Eucalyptus for planting**. Roma, 1981, 677p.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 112p.

GOMES, D. F. F.; SILVA, J. R. M.; BIANCHI, M. L.; TRUGILHO, P. F. Avaliação da estabilidade dimensional da madeira acetilada de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p.125 - 130, 2006.

GUERRA, S. C. S. **Influência do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras a cupins xilófagos**. 2010. 72f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jeronimo Monteiro, 2010.

INSTITUO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/resultado.php?idioma=portugues>>. Acesso em: 20 set. 2012.

KLITZKE, R. J. Secagem da madeira. In: José Tarcísio da Silva Oliveira, Nilton César Fiedler, Marcelo Nogueira. (Org.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2007, v. 1, p. 271-366.

KOLLMANN, F. E. P. **Tecnologia de la madeira e sus aplicaciones**. Madrid: Gráficas Reunidas S.A., 1959, 675p.

KOLLMANN, F. E. P.; CÔTE JUNIOR, W. A. **Principles of wood science and technology**. New York: Springer-Verlag, 1968. 592p.

LEPAGE, E. S. et. al. Métodos de tratamento. In: LAPAGE, E.S. et al. (Coord.). **Manual de preservação de madeira**. São Paulo: IPT, v.2, p. 343-419, 1986.

MARQUES, M. H. B. **Agrupamento de 41 espécies de madeiras da Amazônia para secagem baseado em características anatômicas e físicas**. 2008. 125f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MASSERANN, C.; MARIAUX, A. Anisotropie de retrait et structure du bois. recherche de l'influence des caractères morphologiques transverses des fibres. **Bois et Forêts des Tropiques**, Nogent sur Marme, n. 209, p. 35 - 47, 1985.

MOURA, V. P. G.; MELO, J. T.; SILVA, M. A. Comportamento de procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell aos nove e meio anos de idade, em Planaltina, DF, área de cerrado. **Scientia Forestalis**, n. 46, p. 52-62. 1993.

MUNGER, C. G.; **Corrosion prevention by protective coatings**. 2. ed. Houston: National Association of Corrosion Engineers, 1999. 520p.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1998. 429 f. 2. v. Tese (Doutorado em engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, J. T. S. Qualidade da madeira de eucalipto para produtos sólidos. In: JESUS JUNIOR, W. C. et al. (Eds.). **Avanços tecnológicos em ciências agrárias**. Vitória: Suprema, 2006. p. 81-85.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p. 929 - 936. 2010.

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

PAES, J. B.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; DELLA LUCIA, T. M. C. Corrosividade causada por soluções produzidas com creosoto vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 621 – 627, 2002b.

PANSHIN, A. J.; De ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 2. ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970. 795p.

PRYOR, L. D. Aspectos da cultura do eucalipto no Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 2/3, p. 53-59. 1971.

REMADE. Espécies de eucalipto. n. 59, **Revista da madeira - REMADE**, set. 2001. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 25 set. 2011.

ROWELL, R. M. **Advances in the chemistry series**: the chemistry of solid wood. Washington: American Chemical Society, 1984, 614p.

SANTOS, G. R. V. **Otimização da secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* (hill ex maiden)**. 2002. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, 2003.

SIAU, J. F. **Wood**: influence of moisture on physical properties. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University. Department of Wood Science and Forest Products, 1995. 227p.

SKAAR, C. **Wood-water relation**. New York: Spring-Verlag. 1988. 283p.

STAMM, J. A. **Wood and cellulose science**. New York: The Ronald Press, 1964. 549p.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Biostatística**: princípios e procedimentos. México: McGraw-Hill, 1988. 622p.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; ALBINO, J. C.; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 14, p.28 - 38, 1987.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood**. Structure, properties, utilization. New York: Chapman & Hall, 1991. 494p.

VIANA, J. **História das florestas plantas, análise, demandas e potencial do setor florestal**. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/documentos/100anos/Palestra_Jorge_Viana.pdf>. Acesso em: 26 set. 2011.

VIVIAN, M. A. **Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* em ensaios de laboratório e campo.** 2011. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.