



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CONFIDENCIAL

ENSAIOS DE DURABILIDADE NATURAL E ADQUIRIDA DE MADEIRA DE CRIPTOMÉRIA CONTRA TÉRMITAS DE MADEIRA SECA

Caracterização da madeira de criptoméria açoriana

RELATÓRIO 227/2015 – DE/NCE



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CONFIDENCIAL

ENSAIOS DE DURABILIDADE NATURAL E ADQUIRIDA DE MADEIRA DE CRIPTOMÉRIA CONTRA TÉRMITAS DE MADEIRA SECA

Caracterização da madeira de criptoméria açoriana

AZORINA – Sociedade de Gestão Ambiental e Conservação
da Natureza, SA

Lisboa • abril de 2015

I&D ESTRUTURAS

RELATÓRIO 227/2015 – DE/NCE

Título

ENSAIOS DE DURABILIDADE NATURAL E ADQUIRIDA DE MADEIRA DE CRIPTOMÉRIA CONTRA TÉRMITAS DE MADEIRA SECA

Caracterização da madeira de criptoméria açoriana

Autoria

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

Lina Nunes

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Comportamento de Estruturas

Marta Duarte

Bolseira de Experimentação, Núcleo de Comportamento de Estruturas

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 227/2015

Proc. 0302/121/19301

ENSAIOS DE DURABILIDADE NATURAL E ADQUIRIDA DE MADEIRA DE CRIPTOMÉRIA CONTRA TÉRMITAS DE MADEIRA SECA

Caracterização da madeira de criptoméria açoriana

Resumo

O presente relatório apresenta os resultados de ensaios de durabilidade natural e com tratamento de madeira de *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don ao ataque por térmitas de madeira seca, *Cryptotermes brevis*. (Walker). A amostragem das peças foi realizada pela AZORINA de acordo com o protocolo estabelecido na Nota Técnica 1/2014 – DE/NCE, a preparação dos provetes foi realizada no LNEC e os ensaios com térmitas foram realizados pela ACDA (Associação de Ciência e Desenvolvimento dos Açores) na Universidade dos Açores.

Este documento foi elaborado no âmbito do projeto estabelecido com a AZORINA, Sociedade de Gestão Ambiental e Conservação da Natureza, SA.

Palavras-chave: Açores / Criptoméria / *Cryptotermes brevis*.

TESTS OF NATURAL AND ACQUIRED DURABILITY OF SUGI TIMBER AGAINST DRY WOOD TERMITES

Characterization of azorian sugi timber

Abstract

The current report presents the natural durability and with treatment from timber pieces from *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don to dry wood termites *Cryptotermes brevis* (Walker) attack. The sampling of the pieces was done by AZORINA according to the sampling plan established in the Technical Report 1/2014-DE/NCE, sample preparation was conducted by LNEC and termite testing was done by ACDA (Associação de Ciência e Desenvolvimento dos Açores) at University of the Azores.

This document was produced within a project settled with AZORINA, Sociedade de Gestão Ambiental e Conservação da Natureza, SA.

Keywords: Azores / Sugi / *Cryptotermes brevis*

Índice

1	Introdução	1
	1.1 Objectivos	1
	1.2 Térmitas de madeira seca	1
2	Material e Métodos.....	2
	2.1 Avaliação da durabilidade natural contra as térmitas de madeira seca	2
	2.2 Avaliação da durabilidade adquirida contra as térmitas de madeira seca	3
3	Resultados	4
4	Discussão e Conclusão.....	5
	Referências Bibliográficas	7
	ANEXO Relatório final da ACDA.....	9

Índice de quadros

Quadro 2.1 – Valores médios de absorção dos produtos preservadores utilizados para o tratamento da criptoméria	3
--	---

1 | Introdução

1.1 Objectivos

O contrato estabelecido com a AZORINA, Sociedade de Gestão Ambiental e Conservação da Natureza, SA., pelo Ajuste Direto nº 36/AZORINA/2012, abrange a aquisição de serviços para elaboração do projeto de norma de classificação visual de madeira de criptoméria para fins estruturais, de acordo com a normalização europeia, e a avaliação da sua durabilidade após ser sujeita a aplicação de diferentes tratamentos de proteção contra térmitas subterrâneas (*Reticulitermes grassei*) e da madeira seca (*Cryptotermes brevis*),

O presente relatório respeita à avaliação da durabilidade da madeira de criptoméria, com e sem tratamentos, ao ataque por térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). O estudo engloba madeira de criptoméria das ilhas de S. Miguel e da Terceira fornecida pela Azorina – Sociedade de Gestão Ambiental e Conservação da Natureza, S.A.. A amostragem do material foi efetuada pela AZORINA de acordo com os princípios definidos na Nota Técnica 1/2014 – DE/NCE [1]. A preparação dos provetes foi realizada no LNEC e os ensaios com térmitas foram realizados pela ACDA (Associação de Ciência e Desenvolvimento dos Açores) na Universidade dos Açores.

1.2 Térmitas de madeira seca

As térmitas de madeira seca incluem-se no grupo dos insectos sociais, mas ao contrário das térmitas subterrâneas, mais comuns em Portugal Continental, vivem no interior dos elementos de madeira que ocupam sem necessidade de contacto com o meio exterior. Esta característica facilita a sua dispersão, sendo facilmente transportadas pela deslocação de materiais infestados. Uma vez introduzidas em ambientes adequados, as colónias podem sobreviver e instalar-se.

Cryptotermes brevis (Walker), constitui a espécie de térmitas que tem sofrido mais introduções e é a térmita de madeira seca mais importante com estatuto de praga. *C. brevis* tem um ciclo de vida com divisão de castas, característico dos insectos sociais (ver anexo). Nesta espécie, a colonização de uma estrutura num edifício começa quando uma fêmea fecundada põe os primeiros ovos. Destes ovos, vão-se desenvolver as primeiras ninfas que têm a capacidade de dar origem a qualquer das castas, (falsas obreiras ou segregadas, soldados e reprodutores). Quando a colónia atinge uma dimensão adequada e em determinadas alturas, durante o Verão, formam-se novos reprodutores que têm a função de procurar outros locais para fundar novas colónias.

Apresenta-se mais informação sobre as térmitas de madeira seca no anexo deste relatório.

2 | Material e Métodos

2.1 Avaliação da durabilidade natural contra as térmitas de madeira seca

A durabilidade natural da madeira de criptoméria açoriana foi avaliada em laboratório por um procedimento adaptado de um método de ensaio desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas de São Paulo (IPT) [2].

Térmitas

Para a realização destes ensaios foram utilizadas térmitas da espécie *Cryptotermes brevis* (Isoptera: Kalotermitidae).

Os ensaios foram realizados na Universidade dos Açores, em Angra do Heroísmo e as térmitas foram recolhidas localmente a partir de madeira de construção (*Eucalyptus globulus* Labill) infestada.

Madeira

Todos os ensaios foram realizados com cerne de Criptoméria (*Cryptomeria japonica* (L. F.) D. Don var. *sinensis* Sieb). Na maioria dos ensaios usou-se criptoméria “rosa” proveniente de dois locais diferentes: ilhas Terceira e S. Miguel nos Açores. De cada uma das ilhas, foram ensaiados provetes de cerne de madeira proveniente de três árvores, cortadas em dois locais diferentes. Foi ainda ensaiada madeira de criptoméria “negra” proveniente da ilha de S. Miguel mas com origem exata desconhecida. Foram ensaiadas 3 réplicas por árvore amostrada de criptoméria “rosa” e 10 réplicas de criptoméria “negra”.

Foram realizados ainda ensaios de controlo da capacidade de infestação das térmitas utilizando para esse efeito o borne de uma madeira de reconhecida susceptibilidade, o pinho bravo (*Pinus pinaster* Aiton) sem qualquer tratamento (3 réplicas).

Todos os provetes, que tinham as dimensões aproximadas de 70 mm x 25 mm x 10 mm, foram preparados no LNEC, em Lisboa, e enviados para a Universidade dos Açores para ensaio com térmitas. Antes do início dos ensaios foi calculado o teor de água inicial médio num conjunto de cinco provetes seguindo os procedimentos descritos na NP EN 13183-1:2013 [3].

Método

Os detalhes de aplicação do método podem ser consultados no relatório da ACDA em anexo.

2.2 Avaliação da durabilidade adquirida contra as térmitas de madeira seca

Térmitas

Para a realização destes ensaios foram utilizadas térmitas da espécie *Cryptotermes brevis* (Isoptera: Kalotermitidae) recolhidas como descrito anteriormente.

Madeira

Para a avaliação da eficácia dos tratamentos usaram-se amostras de criptoméria “rosa” escolhidos aleatoriamente de entre os provetes das árvores seleccionadas anteriormente.

Método

No LNEC, foram tratados provetes de cerne com as dimensões aproximadas de 70 mm x 25 mm x 10 mm. Usaram-se nos tratamentos dois produtos preservadores de madeira comerciais designados por Xz e Xy. Os produtos têm as matérias ativas constantes do quadro 2.1 em solvente orgânico. Provetes de criptoméria tratados apenas com o solvente (white spirit) foram usados como controlo dos tratamentos. Para cada um dos produtos (incluindo solvente) foram ensaiadas 3 réplicas de madeira proveniente da ilha de S. Miguel e 3 da ilha Terceira.

Os provetes foram tratados por pincelagem em três demãos conforme instruções do fabricante e a absorção calculada por variação de massa antes e depois do tratamento. Apresentam-se os valores médios de absorção no quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Valores médios de absorção dos produtos preservadores utilizados para o tratamento da criptoméria

Produto de tratamento	Matérias ativas	Média e desvio padrão da absorção (g/m ²)		
		1ª demão	2ª demão	3ª demão
Xz	Propiconazol: 0.15%; Cipermetrina: 0.07%; Tebuconazol: 0.05%; IPBC: 0.05%	254,28 (65,21)	130,43 (39,34)	116,43 (26,56)
Xy	Propiconazol – 0.6%; Diclofluanida: 0.54%; Cipermetrina: 0.05%	223,28 (54,21)	120,86 (25,34)	141,43 (26,48)
White spirit	-	296,46 (87,99)	111,14 (37,82)	120,00 (62,56)

Após um período conveniente de secagem (aproximadamente 4 semanas) os provetes foram embalados e expedidos para a Universidade dos Açores para o ensaio com térmitas.

A resistência ao ataque por térmitas de madeira seca dos provetes tratados foi avaliada igualmente segundo o método de ensaio desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas de São Paulo (IPT) [2]. Os detalhes de aplicação do método podem ser consultados no relatório da ACDA em anexo.

3 | Resultados

Os resultados da avaliação da durabilidade natural e adquirida ao ataque por térmitas de madeira seca constam do relatório da ACDA em anexo.

4 | Discussão e Conclusão

Com base nos resultados obtidos verificou-se que:

- Existem diferenças significativas na sobrevivência das térmitas no final do ensaio entre a criptoméria de São Miguel (em particular para a variedade “negra”) e a da Terceira. No caso da criptoméria da Terceira, a taxa de sobrevivência não é significativamente diferente da sobrevivência no controlo de pinho bravo (figura 4 no anexo). Em qualquer dos casos, a taxa média de sobrevivência para a madeira de São Miguel (“rosa” e “negra”) é cerca de 42% e para a madeira da Terceira e o controlo cerca de 57 e 63%, respetivamente.
- As térmitas morreram significativamente mais depressa na madeira de São Miguel do que na madeira de Terceira;
- Provavelmente em consequência do ponto anterior, os danos provocados nos provetes de criptoméria “rosa” foram significativamente menos importantes na madeira de São Miguel do que na da Terceira mas mesmo assim relevantes e equivalentes aos obtidos com o controlo de pinho bravo e a criptoméria negra (figura 5 no anexo).
- O número de dias em que as térmitas estiveram vivas foi significativamente mais elevado no controlo do que na madeira de São Miguel, em particular na variedade “negra”.

Assim, nas condições do presente ensaio parecem existir diferenças significativas entre a madeira de *Cryptomeria japonica* originária da ilha de São Miguel e a originária da ilha Terceira. Estes resultados conferem à madeira de São Miguel, e em particular a variedade “negra” algumas potencialidades de resistência relativa à térmita de madeira seca que merecem uma análise mais desenvolvida.

Relativamente à durabilidade adquirida, os dois produtos ensaiados, para os níveis de absorção usados, conferiram protecção total à madeira de cerne de criptoméria. Todas as térmitas morreram até ao final do quinto dia do ensaio. Considera-se, no entanto, que seria interessante no futuro comprovar a eficácia após a aplicação de provas de envelhecimento artificial (evaporação e deslavagem).

Lisboa, LNEC, abril de 2015

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Comportamento de
Estruturas



Helena Cruz

AUTORIA

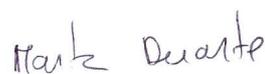


Lina Nunes
Investigador Auxiliar

 O Diretor do Departamento de Estruturas



José Manuel Catarino



Marta Duarte
Mestre em Qualidade e Gestão do Ambiente

Referências Bibliográficas

- [1] MACHADO, J.S.; NUNES, L.. 2014. **Protocolo de amostragem – Madeira de criptoméria para ensaio**. Nota Técnica 1/2014 - DE/NCE. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- [2] Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). 1980. **Métodos de ensaio e análise em preservação de madeira: ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do género Cryptotermes (Fam. Kalotermitidae)**. Publicação IPT 1157, São Paulo.
- [3] NP EN 13183-1:2013. **Teor de água de um provete de madeira serrada. Parte 1: Determinação pelo método de secagem**. European Committee for Standardization (CEN), Brussels.

ANEXO
Relatório final da ACDA

ACDA – Associação de Ciência e Desenvolvimento dos Açores

Direcção: Centro Juvenil Beato João Batista Machado
Canada da Penha de França, Pico da Urze, São Pedro
9700-149 Angra do Heroísmo, Terceira, Açores

NIF: 510455018

www.acda.pt

E-mail: acda@acda.pt

Telefones: 295 333 329; 925 286 332

PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE “**Ensaios de durabilidade natural e adquirida
de madeira de Criptoméria contra térmitas de madeira seca (*Cryptotermes
brevis*)**”

Coordenador Científico: Orlando Guerreiro

Requerente: **Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)**

RELATÓRIO FINAL

Angra do Heroísmo, Abril de 2015

Ensaio de durabilidade natural e adquirida de madeira de Criptoméria contra térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis*)

Orlando Guerreiro, Sophie Wallon & Paulo A. V. Borges

cE3c – Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes / Azorean Biodiversity Group and
Universidade dos Açores - Departamento de Ciências Agrárias, Rua Capitão João d'Ávila, São Pedro,
9700-042 Angra do Heroísmo, Terceira, Azores, Portugal

Sumário Executivo

Neste trabalho testou-se a viabilidade da térmita de madeira seca *Cryptotermes brevis* em diferentes tipos de madeira. Utilizou-se um método desenvolvido pelo IPT (Instituto de Pesquisas de São Paulo, 1980 - Durabilidade natural e adquirida". Em particular, avaliou-se: a) a durabilidade natural da madeira de *Cryptomeria japonica* proveniente de duas origens (São Miguel e Terceira); b) a eficácia de tratamentos preservadores (três produtos) contra *C. brevis*.

Com base nos resultados obtidos podemos afirmar que existem claras diferenças entre a madeira de *Cryptomeria japonica* originária da ilha de São Miguel e da originária da ilha Terceira, apresentando a variedade "Negra" e a madeira de São Miguel uma quantidade de sobreviventes significativamente menor do que o controlo. Por outro lado os danos provocados na madeira foram significativamente menos importantes na madeira de São Miguel do que na da Terceira, e as térmitas morreram significativamente mais rápido na madeira de São Miguel do que na madeira de Terceira; o número de dias em que as térmitas estiveram vivas foi significativamente mais elevada no controlo do que na madeira de São Miguel e na variedade "Negra".

No que diz respeito ao teste com os produtos Xz (Propicomazol - 0.15% ; Cipermetrina – 0.07% ; Tebucomazol – 0.05% ; IPBC – 0.05%) e Xy (Propicomazol – 0.6% ; Diclofluanida – 0.54% ; Cipermetrina – 0.05%) estes mostraram uma grande eficácia, não havendo térmitas vivas ao final do quinto dia da experiência.

1. Introdução

Existem três tipos de térmitas no arquipélago dos Açores: térmitas subterrâneas; de madeira húmida; e, de madeira seca. Algumas espécies causam elevados prejuízos nas habitações humanas, atacando móveis e esculturas, mas também partes estruturais, como soalhos e tectos.

As espécies de térmita existentes no arquipélago são as seguintes:

- *Cryptotermes brevis* (Walker, 1953)
- *Kaloterme flavicollis* (Fabricius, 1793)
- *Reticulitermes flavipes* (Kollar, 1837)
- *Reticulitermes grassei* (Cléments, 1978)

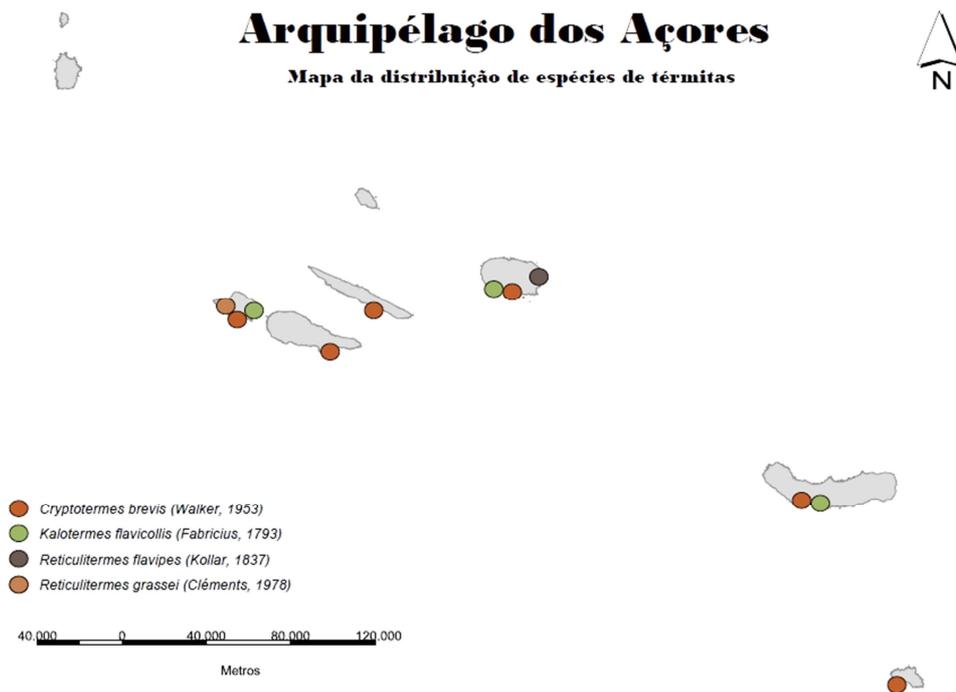


Figura 1: Mapa o arquipélago, indicando a ocorrência das várias espécies de térmitas.

Tratando-se de insectos sociais, possuem um ciclo de vida complexo e com várias castas, como é o caso da *Cryptotermes brevis*, espécie de madeira seca. Nesta espécie, normalmente uma fêmea e um macho colonizam uma estrutura, colocando ovos dos quais nascem ninfas totipotentes, ou seja, que possuem a capacidade de se tornarem em qualquer uma das castas (obreiras ou segregadas, soldados, reprodutoras). Numa fase intermédia do desenvolvimento formam-se as pseudo-obreiras e os soldados. As **pseudo-obreiras** são caracterizadas por executarem todas as funções de rotina, tais como obtenção de alimento, alimentação de indivíduos de outras castas, inclusive o rei (pai) e a rainha (mãe), eliminação de indivíduos doentes ou mortos, cuidados com os ovos. As pseudo-obreiras são mantidas como escravas porque a mãe (rainha) as impede de se desenvolverem para reprodutoras ao morder-lhes nas zonas de formação das asas. As segregadas digerem a celulose com a ajuda de protozoários simbiotes e regurgitam a celulose pré-digerida para que as outras castas se alimentem. A casta dos **soldados**, por sua vez, tem a função da guarda do ninho e protecção das segregadas durante a busca de alimentos. Todas as obreiras e soldados são cegos, comunicando através de compostos químicos. Em determinadas alturas, durante o Verão, formam-se **reprodutores** que têm a função de procurar outros locais para fundar novas colónias. Em algumas situações como a morte da rainha podem mesmo formar-se reprodutores secundários a partir de obreiras.

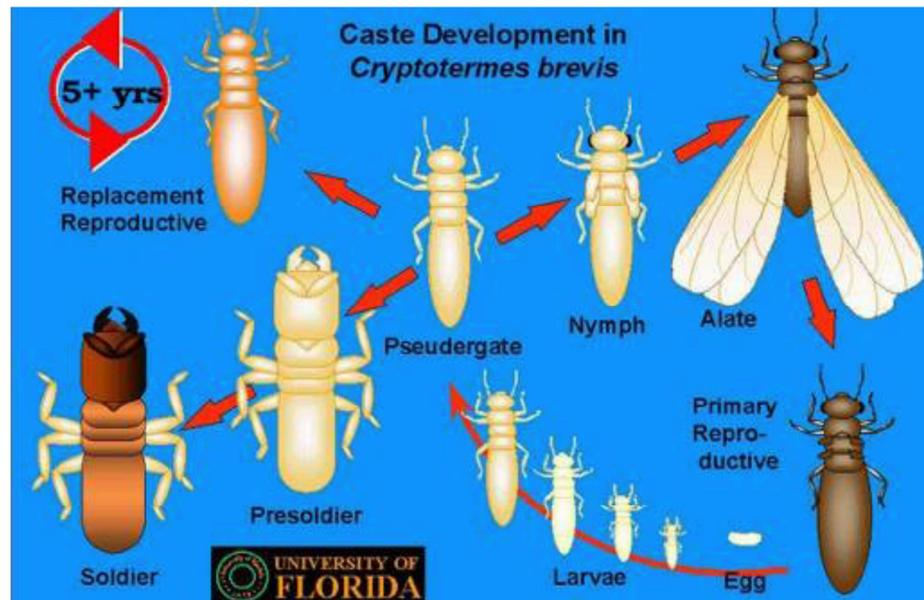


Figura 2: Ciclo de vida de *Cryptotermes brevis* (Walker, 1953) (térmita de madeira seca das Índias Ocidentais).

Uma forma prática de detectar a presença de uma colonização recente por térmitas é através do visionamento de asas soltas nos soalhos ou cortinas e janelas, já que antes de colonizarem um novo local, os alados libertam-se das suas asas. Os dejectos libertados são também uma forma de detectar a presença deste insecto.

2. Objectivos

- Avaliar a durabilidade natural da madeira de *Cryptomeria japonica* proveniente de duas origens (São Miguel e Terceira) contra térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis*)
- Avaliação da eficácia de tratamentos preservadores (três produtos) contra *C. brevis*

3. Materiais e Métodos

A fim de testar a viabilidade de *Cryptotermes brevis* em diferentes tipos de madeira, um método do IPT foi usado (Instituto de Pesquisas de São Paulo, 1980) - Durabilidade natural e adquirida".

Uma amostra para ensaio consistiu em duas amostras de cerne (70 x 25 x 6 mm cada um) fixadas lateralmente por um adesivo.

A madeira testada foi *Cryptomeria japonica*.

Provetes para durabilidade natural (ver Quadro 1 para mais detalhes)

SM – São Miguel, 3 árvores (201, 217 e 240)

T – Terceira, 3 árvores (22,23, 80)

N – tábuas de criptoméria “negra” de São Miguel (árvore desconhecida)

C – Provetes de casquinha (*Pinus sylvestris*)

Quadro 1. Detalhes sobre os provetes utilizados para análise de durabilidade natural

Código	Nº provetes enviados	Para ensaio com térmitas	Para saber o teor de água inicial (**)	Provetes extra
SM 217	4	3	1	
SM 201	4	3	1	
SM 240	4	3		1
N	12	10	1	
T 80	4	3	1	
T 23	4	3	1	
T 22	4	3		1
C (pinho)	7	3 a 6 (*)	1	

(*) conforme a disponibilidade de térmitas

(**) imediatamente antes da montagem do ensaio pesaram-se todos os provetes. Secaram-se estes 6 provetes (24h) a 103°C e pesaram-se novamente para obter a massa seca. Seguidamente foram mantidos no laboratório nas mesmas condições dos provetes em ensaio.

Perda de massa: No final dos 45 dias de exposição foram pesados novamente todos os provetes (obtendo-se a “massa húmida após o ensaio”), levando-se de seguida à estufa a 103°C (24h) para obter a “massa seca após o ensaio”.

Num dos lados da peça de madeira, um tubo de PVC (altura 4 centímetros, 4 centímetros de diâmetro) foi fixado com cera na madeira. Em seguida, no interior do tubo de PVC (em contato direto com a madeira) foram colocadas 30 térmitas da casta dominante, **pseudo-obreiras** (Figura 3).



Figura 3: Estabelecimento da experiência.

As pseudo-obreiras de *Cryptotermes brevis* tiveram origem da Ilha Terceira (Açores), tendo sido extraídas de feixes de eucalipto.

Procedeu-se à contagem diária dos indivíduos de pseudo-obreiras, para identificar os indivíduos mortos e vivos. Foi igualmente realizada uma contagem semanal dos excrementos durante 45 dias.

Numa experiência adicional foi testado o uso duas combinações de insecticidas comerciais (ver Quadro 2) aplicadas em 3 demãos conforme instruções do fabricante presentes no rótulo:

Xz : Propicomazol - 0.15% ; Cipermetrina – 0.07% ; Tebucomazol – 0.05% ; IPBC – 0.05%

Xy : Propicomazol – 0.6% ; Diclofluanida – 0.54% ; Cipermetrina – 0.05%

Ag : White Spirit (usado como “controlo”)

Quadro 2. Detalhes sobre os provetes utilizados para testar duas combinações de insecticidas.

Código	Nº provetes enviados	Para ensaio com térmitas			Provetes extra		
		Produto Xz	Produto Xy	Produto Ag	Produto Xz	Produto Xy	Produto Ag
SM217	3	1	1	1	0	0	0
SM240	3	1	1	1	0	0	0
SM201	3	1	1	1	0	0	0
T80	3	0	2	0	0	1	0
T23	4	1	1	1	1	0	0
T22	4	2	0	2	0	0	0

Análise de dados

a) Análise da durabilidade natural

Para comparar o efeito de diferentes variedades de madeira sobre a sobrevivência das térmitas, a quantidade média de térmitas vivas após 45 dias foi analisada de acordo com a origem da madeira.

Para analisar a extensão dos danos, um número foi atribuído a cada dia para cada peça de madeira (0 = Sem nenhum dano; 1 = dano superficial; 3 = danos moderados; 4 = dano profundo). No final, os valores de todos os danos durante 45 dias eram somados para cada pedaço de madeira, a fim de realizar um one-way ANOVA e pós-hoc teste.

Para avaliar o efeito da madeira sobre a taxa de mortalidade, foram analisadas os declives correspondentes às taxas de mortalidade. Para melhor compreensão da dinâmica de mortalidade das térmitas, estimou-se e/ou extrapolou-se o dia em que 50% da população morreu.

Para avaliar o efeito da madeira sobre a taxa de fezes, analisaram-se os declives correspondentes às taxas de excrementos.

Todas as análises estatísticas foram executadas com R Core Team (2014) e Microsoft Excel.

b) Análise da durabilidade com o tratamento por insecticidas

Para avaliar o efeito do tratamento por insecticidas sobre a diferente taxa de mortalidade, foram analisadas os declives correspondentes às taxas de mortalidade. Para melhor compreensão da dinâmica de mortalidade das térmitas, estimou-se e/ou extrapolou-se o dia em que 50% da população morreu.

Para comparar o efeito dos diferentes tratamentos sobre a sobrevivência das pseudo-obreiras de *Cryptotermes brevis*, foi investigada a taxa de mortalidade no quinto, décimo quinto e 30 dias, e finalmente no último dia (45 dias). Utilizou-se uma ANOVA não paramétrica (teste Kruskal-Wallis), realizando-se o teste Wilcoxon para comparação entre pares de amostras.

Para analisar a extensão dos danos, um número foi atribuído a cada dia para cada peça de madeira (0 = Sem nenhum dano; 1 = dano superficial; 3 = danos moderados; 4 = dano profundo). No final, os valores de todos os danos durante 45 dias eram somados para cada pedaço de madeira, a fim de realizar uma ANOVA não paramétrica (teste Kruskal-Wallis).

Todas as análises estatísticas foram executadas com R Core Team (2014) e Microsoft Excel.

4. Resultados

a) Análise da durabilidade natural

Uma one-way ANOVA foi realizada para comparar o efeito de diferentes variedades de madeira sobre a sobrevivência do térmitas *Cryptotermes brevis* (Figura 4).

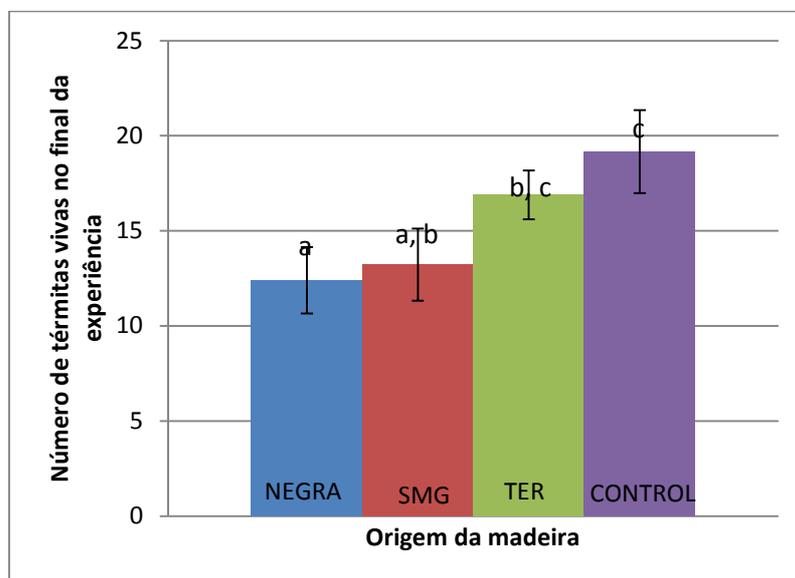


Figura 4. Número médio de térmitas (*Cryptotermes brevis*) vivas no final da experiência de acordo com a variedade de madeira. One-way Anova [$F_{3,30}=27.144$, $p=0.002$]; Post hoc Tukey HSD ($p_{\text{Negra-SMG}}=0.957$; $p_{\text{Negra-TER}}=0.045$; $p_{\text{Negra-Control}}=0.004$; $p_{\text{SMG-TER}}=0.145$; $p_{\text{SMG-Control}}=0.016$; $p_{\text{TER-Control}}=0.617$).

Houve um efeito significativo da madeira no nível $p < 0,05$ para todas as variedades de madeira [$F_{3,30}=27.144$, $p=0.002$]. Comparações post-hoc indicaram que o número de sobreviventes da variedade "Negra" foi significativamente menor que na madeira da ilha Terceira (Tukey HSD ; $p=0.045$) e que no Controlo (Tukey HSD ; $p=0.004$). A Madeira de São Miguel (SMG) apresenta também uma quantidade de sobreviventes significativamente menor do que o Controlo (Tukey HSD ; $p=0.016$). No entanto, não houve diferença significativa observada para o número de sobreviventes entre a madeira de SMG e a variedade Negra (Tukey HSD ; $p=0.957$), entre a madeira de SMG e Terceira (Tukey HSD ; $p=0.145$) e entre a madeira de Terceira e o Controlo (Tukey HSD ; $p=1$).

A análise da extensão dos danos mostrou diferenças significativas entre origem da madeira [$F_{3,30} = 3.406$, $p = 0.030$] (Figura 5).

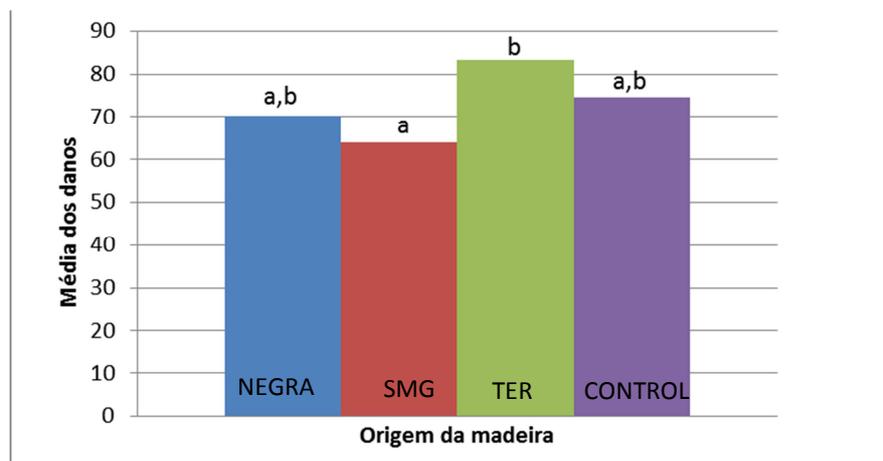


Figura 5. Média dos danos feitos em 45 dias por *Cryptotermes brevis* em função da madeira. One-way Anova [$F_{3,30} = 3.406$, $p = 0.030$]; Post hoc Tukey HSD ($p_{\text{Negra-SMG}}=0.720$; $p_{\text{Negra-TER}}=0.591$; $p_{\text{Negra-Controlo}}=0.927$; $p_{\text{SMG-TER}}=0.020$; $p_{\text{SMG-Controlo}}= 0.439$; $p_{\text{TER-Controlo}}=0.163$).

Os danos foram significativamente mais importantes na madeira de Terceira do que na de SMG (Tukey HSD; $p=0.020$). Não foram observadas diferenças significativas entre os danos na madeira de SMG, do Controlo e da variedade "Negra" (Tukey HSD; $p_{\text{SMG-Controlo}}=0.439$, $p_{\text{SMG-Negra}}=0.720$, $p_{\text{Negra-Controlo}}=0.927$); não foram observadas diferenças significativas entre a madeira de ilha Terceira, do Controlo e da variedade "Negra" (Tukey HSD ; $p_{\text{Terceira-Controlo}}=0.163$, $p_{\text{Terceira-Negra}}=0.591$).

A fim de analisar quão rapidamente as térmitas estavam a morrer, os declives da taxa de morte foram comparados (Figura 6). Há uma diferença significativa entre elas [$F_{3,30} = 3.319$, $p = 0.033$]. As térmitas estavam a morrer significativamente mais rápido na madeira de SMG do que na madeira de Terceira (Tukey HSD; $p=0.022$). Não houve diferença significativa entre os declives das taxas de morte por térmitas de madeira de SMG e na variedade "Negra" e no Controlo (Tukey HSD; $p_{\text{SMG-Negra}}=0.777$, $p_{\text{SMG-Controlo}}=0.643$, $p_{\text{Negra-Controlo}}=0.984$).

Da mesma forma não houve diferenças significativas entre os declives das taxas de morte por

térmitas de madeira de Terceira, da variedade "Negra" e do Controlo (Tukey HSD; $p_{\text{Terceira-Negra}}=0.147$, $p_{\text{Terceira-Controlo}}=0.413$).

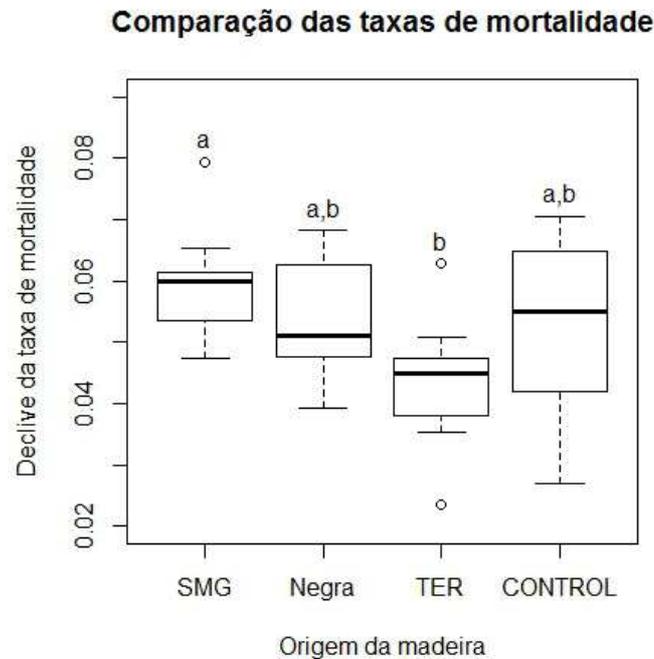


Figura 6: Comparação do declive das taxas de mortalidade de *Cryptotermes brevis*. One-way Anova [$F_{3,30} = 3.319$, $p = 0.033$]; Post hoc Tukey HSD ($p_{\text{Negra-SMG}}=0.777$; $p_{\text{Negra-TER}}=0.146$; $p_{\text{Negra-Control}}=0.983$; $p_{\text{SMG-TER}}=0.022$; $p_{\text{SMG-Control}}= 0.643$; $p_{\text{TER-Control}}=0.413$)

Estimou-se e/ou extrapolou-se o dia em que 50% da população morreu (Figura 7) A). O resultado da análise mostrou diferenças significativas [$F_{3,30} = 4.813$, $p = 0.00747$]; B). O Controlo é aquele com a melhor sobrevivência (mediana = 47,5 dias). O número de dias vivos é significativamente mais elevada do que na madeira de SMG (Tukey HSD; $p = 0.040$; mediana = 40 dias) e da variedade "Negra" (Tukey HSD; $p=0.009$; mediana = 35 dias). Não existe diferença significativa na mortalidade entre a madeira da Terceira (mediana = 44 dias) e o Controlo (Tukey HSD; $p=0.547$). Além disso, não houve diferença significativa entre as térmitas da madeira da Terceira, de SMG e da madeira da variedade "Negra" (Tukey HSD; $p_{\text{SMG-Negra}}=0.924$, $p_{\text{SMG-Terceira}}=0.368$, $p_{\text{Negra-Terceira}}=0.117$).

Não houve diferenças na análise dos dejectos de térmitas que vivem em madeiras diferentes [$F_{1,32}= 1.48$, $p = 0.233$] (Figura 8).

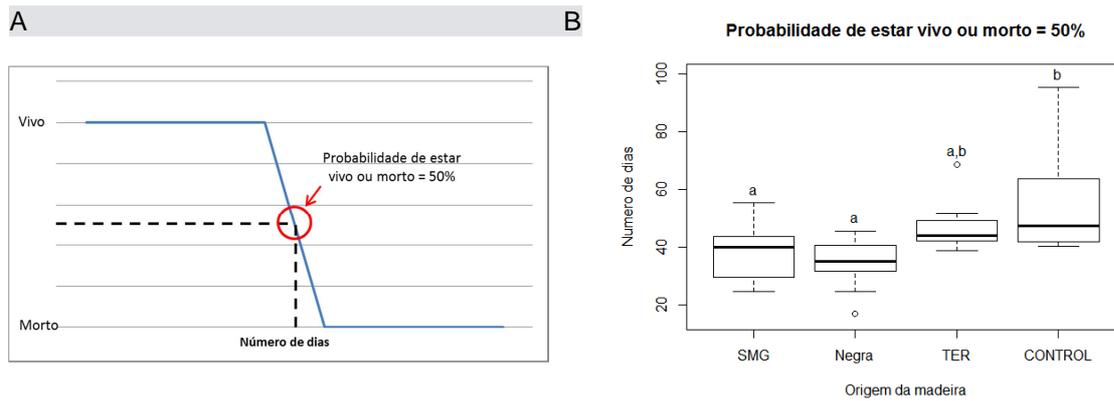


Figura 7: Estimativa e/ou extrapolação do diaquando 50% da população de *Cryptotermes brevis* morreu, em função da madeira. [$F_{3,30} = 4.813$, $p = 0.00747$]; Post hoc Tukey HSD ($p_{\text{Negra-SMG}}=0.924$; $p_{\text{Negra-TER}}=0.117$; $p_{\text{Negra-Control}}=0.009$; $p_{\text{SMG-TER}}=0.367$; $p_{\text{SMG-Control}}= 0.040$; $p_{\text{TER-Control}}=0.547$).

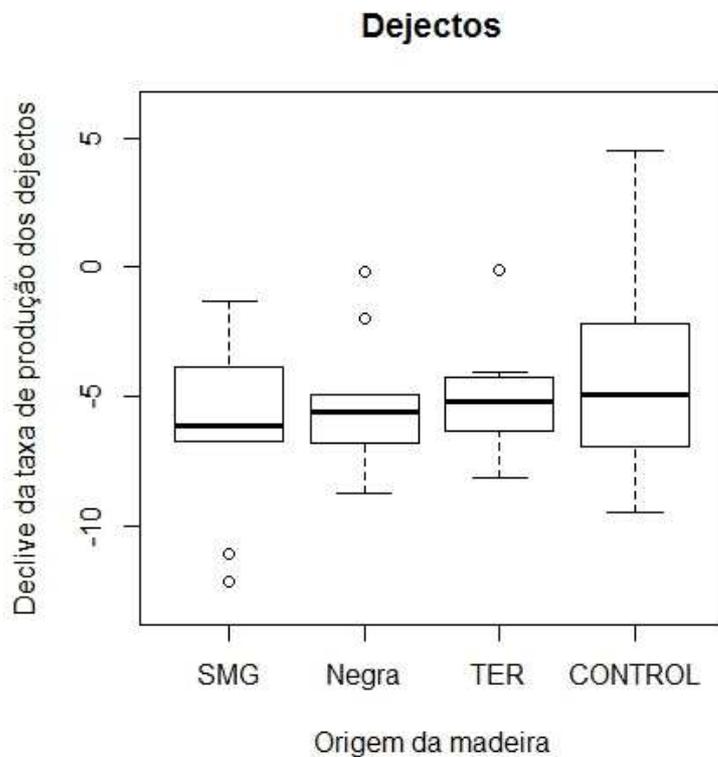


Figura 8: Comparação dos declives da taxa de produção dos dejectos de *Cryptotermes brevis* em função da madeira. One-way ANOVA [$F_{1,32} = 1.48$, $p = 0.233$].

b) Análise da durabilidade com o tratamento por insecticidas

Estimou-se e/ou extrapolou-se o dia em que 50% da população morreu e o resultado da análise mostrou diferenças significativas [$F_{2,15} = 37.75$, $p < 0.0001$] (Fig. 9). O controlo Ag foi aquele com a melhor taxa de sobrevivência de *Cryptotermes brevis* (mediana = 54,3 dias). O número de dias foi significativamente mais elevado para as térmitas no controlo Ag do que na madeira tratada com o

produto Xy (HSD de Tukey; $p_{xy-Ag} = 0,0000077$; mediana = 1,9 dias) e com o produto Xz (Tukey HSD ; $p = 0.0000036$; mediana = 2 dias). Não se observaram diferenças significativas na mortalidade de *Cryptotermes brevis* nos tratamento de madeira com Xz e Zy (Tukey HSD; $p_{xy-Xz} = 0,8858573$).

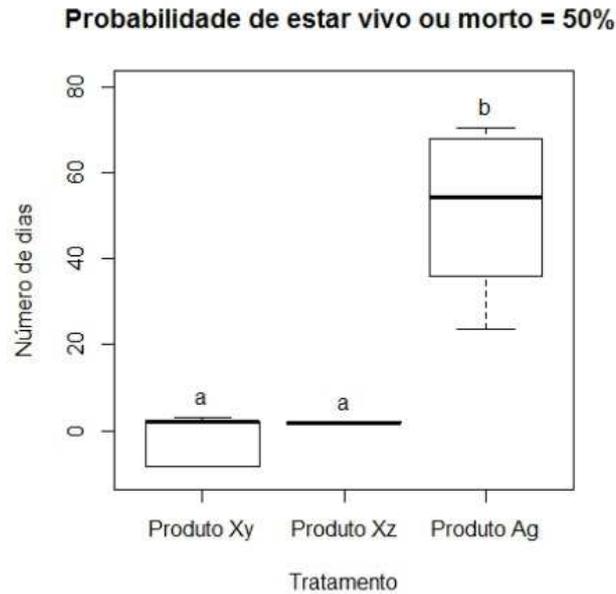


Figura 9: Estimativa e/ou extrapolação do dia, quando 50% da população de *Cryptotermes brevis* morreu em função do tratamento. [$F_{2,15} = 37.75$, $p < 0.0001$] ; Post hoc Tukey HSD ($p_{xy-Xz} = 0.8858573$; $p_{Xz-Ag} = 0.0000036$; $p_{xy-Ag} = 0.0000077$) ; Mediana : Xz =2 ; Xy = 1.9 ; Ag = 54.3.

Um teste de Kruskal-Wallis foi realizado para comparar o efeito de diferentes tratamentos sobre a sobrevivência das térmitas *Cryptotermes brevis* ao longo da experiência (aos 5, 15, 30 e 45 dias) (Fig. 10).

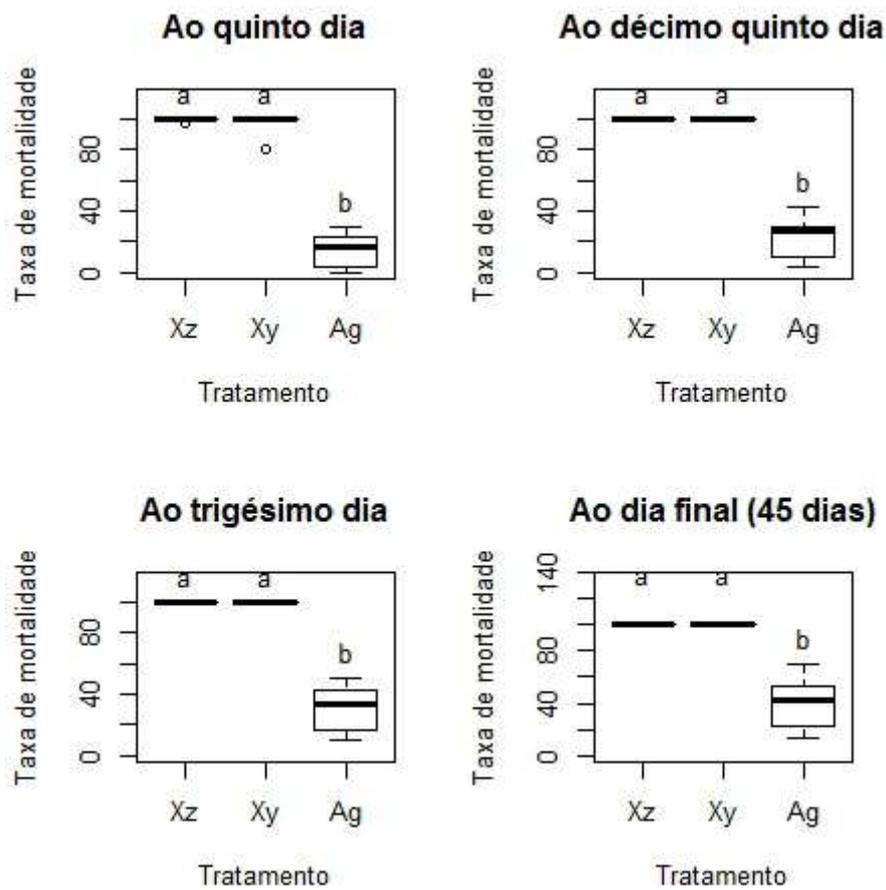


Figura 10: Taxa de mortalidade de *Cryptotermes brevis* ao quinto dia, ao décimo quinto, ao trigésimo e ao dia final (45 dias) em função do tratamento.

Ao quinto dia: Kruskal-Wallis : [$X^2 = 13.7221$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.001048$] ; Wilcoxon rank sum test: $P_{Xz-Xy}=1.000$; $P_{Xz-Ag}=0.011$; $P_{Xy-Ag}=0.011$

Ao décimo quinto dia: Kruskal-Wallis : [$X^2 = 16.1525$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.0003108$] Wilcoxon rank sum test: $P_{Xz-Xy}=1.000$; $P_{Xz-Ag}=0.0054$; $P_{Xy-Ag}=0.0054$

Ao trigésimo dia: Kruskal-Wallis: [$X^2 = 16.1288$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.0003145$] Wilcoxon rank sum test: $P_{Xz-Xy}=1.000$; $P_{Xz-Ag}=0.0056$; $P_{Xy-Ag}=0.0056$

Ao dia final (45 dias): Kruskal-Wallis : [$X^2 = 16.1288$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.0003145$] Wilcoxon rank sum test: $P_{Xz-Xy}=1.000$; $P_{Xz-Ag}=0.0056$; $P_{Xy-Ag}=0.0056$

Houve um efeito significativo ao longo de toda a experimentação (aos 5, 15, 30 e 45 dias) a partir do tratamento de madeira ($p < 0,005$) sobre a sobrevivência das térmitas (Kruskal-Wallis Ao quinto dia: [$X^2 = 13,7221$, $df = 2$, $p = 0.001048$]; Kruskal-Wallis ao décimo quinto dia: [$X^2 = 16,1525$, $df = 2$, $p = 0,0003108$]; Kruskal-Wallis ao trigésimo dia: [$X^2 = 16,1288$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.0003145$]; Kruskal-Wallis no final (45 dias): [$X^2 = 16,1288$, $df = 2$, $p = 0,0003145$]).

Ao final do quinto dia, 100% das térmitas da madeira tratada com os produtos Xy e Xz estavam mortas (mediana Xy aos 5 dias = 100%; mediana Xz aos 5 dias = 100%). Apenas as pseudo-obreiras

da madeira tratada com o solvente (controlo Ag) sobreviveram até o final da experiência, apresentando a taxa de mortalidade mais baixa do que os demais tratamentos (mediana_{Ag} aos 5 dias = 7%; mediana_{Ag} aos 15 dias = 26,5%; mediana_{Ag} em 30 dias = 33,5%; mediana_{Ag} de 45 dias = 42%).

As comparações emparalhadas entre tratamentos (Wilcoxon rank sum test) mostraram que ao longo de toda a experiência se observaram diferenças estatisticamente significativas entre as térmitas do controlo Ag e as dos produtos Xy e Xz (ao quinto dia : $P_{Xz-Ag}=0.011$; $P_{Xy-Ag}=0.011$ / ao décimo quinto dia : $P_{Xz-Ag}=0.0054$; $P_{Xy-Ag}=0.0054$ / ao trigésimo dia : $P_{Xz-Ag}=0.0056$; $P_{Xy-Ag}=0.0056$ / ao dia final (45 dias): $P_{Xz-Ag}=0.0056$; $P_{Xy-Ag}=0.0056$). Não houve diferenças significativas para a taxa de mortalidade das térmitas nos produtos Xy e Xz (ao quinto dia : $P_{Xz-Xy}=1.000$ / ao décimo quinto dia : $P_{Xz-Xy}=1.000$ / ao trigésimo dia : $P_{Xz-Xy}=1.000$ / ao dia final (45 dias): $P_{Xz-Xy}=1.000$).

A Figura 11 representa a análise dos danos provocados pelas térmitas. O estudo foi realizado com um teste de Kruskal-Wallis e mostrou um efeito significativo do tratamento sobre os danos (Kruskal-Wallis: $[X^2 = 6,7335, df = 2, p = 0,0345]$). No entanto, porque o poder do teste é limitado, não se observou um valor de p significativo para as comparações pareadas (Comparações pareadas usando o teste de Wilcoxon: $P_{XZ-Xy} = 1,000$; $P_{XZ-Ag} = 0,15$; $p_{xy-Ag} = 0,15$). No entanto, a mediana dos danos observados sobre a madeira tratada com o produto Xy e Xz é 0. Isto mostra que absolutamente nenhum dano foi feito em madeira tratada com estes dois produtos. Em comparação, a mediana dos danos observados no controlo Ag é 1. Isto corresponde a "danos superficiais". De fato, durante a experimentação, sobre os 6 pedaços de madeira controlo Ag, 3 deles começaram a ser superficialmente danificadas por *C. brevis*. Dois pedaços de madeira eram da Ilha Terceira (T223-4 começaram a ser superficialmente danificadas desde o dia 29 e T221-2 começaram a ser superficialmente danificadas desde o dia 43), e um de S. Miguel (SM2011-2 começou a ser superficialmente danificadas desde o dia 42). Para cada pedaço de madeira danificada, o dano se resumiu a um pequeno furo (1 mm de diâmetro e 1 mm de profundidade máxima).

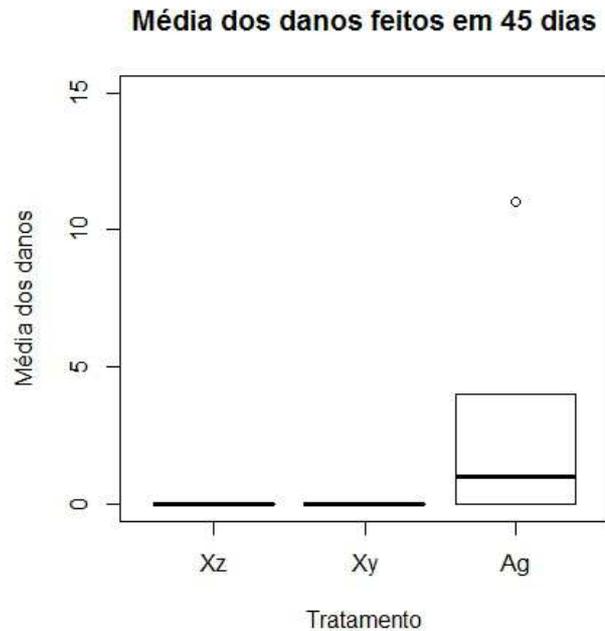


Figura 11: Média dos danos feitos em 45 dias pelos termitas *Cryptotermes brevis* em função do tratamento. Kruskal-Wallis: [$X^2 = 6.7335$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.0345$]; Wilcoxon rank sum test : $P_{Xz-xy} = 1.000$; $P_{Xz-Ag} = 0.15$; $P_{Xy-Ag} = 0.15$.

A análise das partículas fecais não foi possível já que todas térmitas nas madeiras tratadas com os produtos Xz e Xy morreram extremamente rápido, havendo igualmente uma menor produção das partículas fecais no controlo Ag do que seria de esperar.

5. Conclusões

Com base nos resultados obtidos podemos afirmar que existem claras diferenças entre a madeira de *Cryptomeria japonica* originária da ilha de São Miguel e da originária da ilha Terceira.

De facto:

- 1) O número de térmitas sobreviventes da variedade "Negra" de São Miguel foi significativamente menor que na madeira da ilha Terceira e que o controlo. A Madeira de São Miguel (SMG) apresentou também uma quantidade de sobreviventes significativamente menor do que o Controlo, não havendo diferença significativa observada para o número de sobreviventes entre a madeira de SMG e a variedade Negra. Estes resultados conferem à madeira de São Miguel, e em particular a variedade "Negra" algumas potencialidades de resistência com a térmita de madeira seca.
- 2) Os danos provocados na madeira foram significativamente menos importantes na madeira de São Miguel do que na da Terceira;
- 3) As térmitas morreram significativamente mais rápido na madeira de SMG do que na madeira de Terceira;

- 4) O número de dias em que as térmitas estiveram vivas foi significativamente mais elevada no controlo do que na madeira de SMG e na variedade "Negra".

No que diz respeito ao teste com os produtos Xz (Propicomazol - 0.15% ; Cipermetrina – 0.07% ; Tebucomazol – 0.05% ; IPBC – 0.05%) e Xy (Propicomazol – 0.6% ; Diclofluanida – 0.54% ; Cipermetrina – 0.05%) estes mostraram uma grande eficácia, não havendo térmitas vivas ao final do quinto dia da experiência.

6. Referências

R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL : <http://www.R-project.org/>.

