

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**TRATAMENTO DE BAMBU COM ÁCIDO PIROLENHOSO
CONTRA A DETERIORAÇÃO POR BROCAS**

RODOLFO GOMES DA SILVA

CAMPINAS

JULHO DE 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**TRATAMENTO DE BAMBU COM ÁCIDO PIROLENHOSO
CONTRA A DETERIORAÇÃO POR BROCAS**

Dissertação de Mestrado submetida à banca
examinadora para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola na área de concentração de
Construções Rurais e Ambiência.

RODOLFO GOMES DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo

CAMPINAS

JULHO DE 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Si38t

Silva, Rodolfo Gomes da

Tratamento de bambu com ácido pirolenhoso contra a
deterioração por brocas / Rodolfo Gomes da Silva. --
Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Antonio Ludovico Beraldo.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Biodegradação. 2. Materiais - Biodegradação. I.
Beraldo, Antonio Ludovico. II. Universidade Estadual
de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.
Título.

Título em Inglês: Pyroligneous acid treatment of bamboo against deterioration by
borers

Palavras-chave em Inglês: Biodegradation, Materials - Biodegradation

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiência

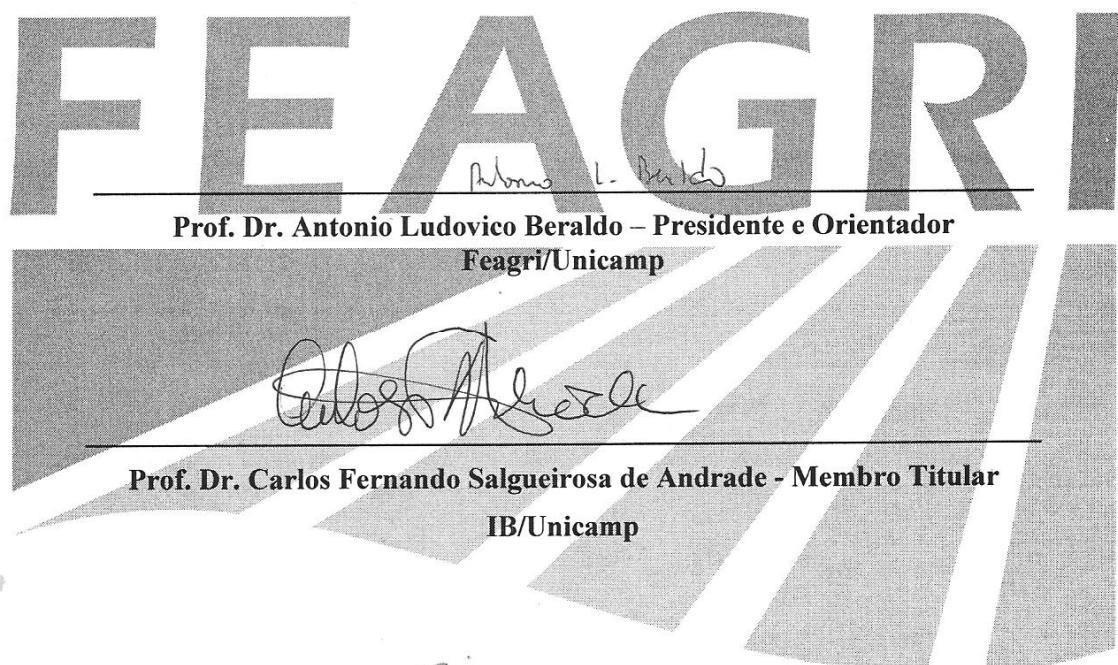
Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Carlos Fernando Salgueiro de Andrade, Julio Soriano

Data da defesa: 19-07-2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Rodolfo Gomes da Silva**, aprovado pela Comissão Julgadora em 19 de julho de 2011, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



~~Faculdade de~~
Prof. Dr. Julio Soriano – Membro Titular
~~Engenharia Agrícola~~ ~~Unicamp~~
Faculdade de
Engenharia Agrícola
Unicamp

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são.”

Aristóteles

“Na antiguidade, os primeiros arquitetos amassavam a terra com os pés, para preparar os tijolos. Arquitetos descalços pisando a terra, uma imagem distante de nossa realidade que se afasta cada vez mais da natureza.”

Johan Van Lengen

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Célia e Cícero, e aos meus irmãos, Júnior e Thiago, que sempre me apoiaram e torceram por mim.

A todos aqueles que fazem do bambu uma alternativa na busca de um mundo melhor.

A todos que de alguma forma fizeram-me questionar, pensar e trabalhar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e aos Orixás por mais esse passo em minha jornada.

Aos meus pais, Célia e Cícero, que me deixaram como maior patrimônio a vontade de saber mais e a coragem para escrever o meu destino.

Aos meus irmãos, Júnior e sua esposa Dani, e ao Thiago e sua família, Karla e Ana Beatriz, com quem dividi minhas derrotas e vitórias e com quem espero ainda dividir muitos momentos.

Ao Osmarzinho, pelo inestimável apoio e pelos sábios conselhos durante toda minha graduação e pós-graduação.

À Aline, minha companheira, pelo carinho, pela ajuda com o trabalho, pela compreensão e pelo sorriso em meu rosto.

Ao mestre e amigo Beraldo, sujeito de enorme inteligência e humildade, pela orientação e pelo aprendizado.

À Jéssica, grande amiga, companheira de mestrado com quem dividi alegrias, decepções, dúvidas e descobertas, pessoa a quem muito admiro e em quem procuro me espelhar.

Aos amigos do Clube de Samba Saudosa Clotilde do Brasil, Paulo Henrique, Leandro RP, Marcelo Campos, Pedro Rossi e Vanessa Costa, valeu rapaziada.

Aos amigos de perto e de longe, da época de graduação: Ronaldo ‘Tato’ Dalio e Jaque, George ‘Porcão’ Leandro, Luis ‘Felão’ Tuon, Mauricio ‘Cabelo’ Magnani, Tiago ‘Padre’ Mouzinho, Fernanda Pace, Cris Mobilon, Bell Mazi, Emerson ‘Creyto Mineiro’, Marco ‘Remédio’, Bruno ‘Rato’ Ruggiero, Andréia Gurgueira e tantos outros.

Aos amigos e parceiros musicais: Rafael ‘Macaco’, Thiago ‘Preto’ Caria, Waltinho Junior, Pedrinho ‘Abajur’ Rossi, João Vitor e Guima Fidélis.

À rapaziada do curso de Tecnologia em Construção Civil da FATEC, principalmente aos companheiros do Expresso 111.

Ao amigo e mestre Fernando, pelos ensinamentos sobre entomologia, blues e boemia.

Aos bambuzeiros: Edoardo ‘Dosão’ Aranha, pelo exemplo e pela força; Éder e Leandro ‘Lemão’ pela contribuição com minha criação de brocas; especialmente ao Nirmal, figura fantástica, pelas boas ideias, boa conversa e pelo apoio.

Ao pessoal do GPP, sobretudo ao professor Paulinho, figura sensacional, pela força e pelas histórias.

Ao professor Julio Soriano, pelas excelentes intervenções durante minha qualificação.

Aos funcionários da FEAGRI, sobretudo ao Waldir, João, Carlão, Seu Freire, Pequeno e Seu Clóvis.

Ao pessoal do Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas , principalmente à Gisleiva e à Michelle, sempre prontas para ajudar.

Ao pessoal do Laboratório de Pós-colheita, Rosa Helena, Rosália, Chico e Stela, por me ajudarem na ponte entre a biologia e a engenharia agrícola.

Ao pesquisador Jurandir Zullo Jr., do CEPAGRI, pela orientação no tratamento das imagens microscópicas da seção transversal do bambu.

Aos pesquisadores do Instituto Biológico: Laerte Machado, Antonio Batista Filho, Walmir e Sérgio Ide, este em especial pela determinação da espécie dos insetos que utilizei em meu projeto.

Ao pessoal da secretaria de graduação e pós-graduação: Alexandre, Marta, Célia, Nani, Socorro e Rosângela.

À Empresa Oré Brasil, pela doação dos corpos de prova e do ácido pirolenhoso.

À Associação Catarinense do Bambu (BAMBUSC), parceira no projeto.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

Agradeço, afinal, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a idealização e execução deste trabalho.

SUMÁRIO:

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE TABELAS.....	XVII
RESUMO.....	XX
ABSTRACT.....	XXI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Generalidades sobre os bambus.....	4
3.2. Usos do bambu.....	6
3.2.1. Usos tradicionais.....	6
3.2.2. Transformação e industrialização do bambu.....	7
3.2.3. Bambu laminado colado (BLC).....	8
3.2.4. Arquitetura com bambu.....	11
3.2.4.1. Projetos no Brasil.....	13
3.2.4.2. Certificação Verde.....	15
3.2.5. Celulose e papel de bambu.....	15
3.2.6. Carvão de bambu.....	16
3.2.7. Movelaria.....	17
3.2.8. Broto de bambu como alimento.....	18
3.3. Bambu e conservação ambiental.....	18
3.4. Anatomia do bambu.....	19
3.5. Deterioração do bambu.....	22
3.6. <i>Dinoderus minutus</i>	23
3.7. Tratamento preservativo para o bambu.....	28
3.7.1. Procedimentos tradicionais.....	29
3.7.1.1. Bambu ‘avinagrado’.....	30
3.7.1.2. Imersão em água.....	30
3.7.1.3. Banho quente-frio.....	31
3.7.1.4. Fogo.....	31

3.7.2. Procedimentos químicos e físico-químicos.....	31
3.7.2.1. Transpiração foliar.....	31
3.7.2.2. Pincelamento , aspersão ou pulverização....	31
3.7.2.3. Defumação.....	32
3.7.2.4. Autoclave.....	32
3.7.2.5. Substituição de seiva.....	32
3.7.2.6. Boucherie modificado.....	32
3.7.2.7. Banho quente-frio.....	33
3.8. Ácido pirolenhoso.....	33
3.9. Ultrassom.....	34
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
4.1. <i>Dinoderus minutus</i>.....	37
4.1.1. Determinação da espécie.....	37
4.1.2. Criação de insetos para os ensaios.....	38
4.1.3. Quantidade de insetos para os ensaios.....	39
4.1.4. Condições para criação e manejo dos insetos.....	40
4.1.5. Determinação da massa dos insetos.....	41
4.2. Bambu.....	41
4.2.1. Seleção dos corpos de prova.....	41
4.2.2. Obtenção de imagens para análise da porcentagem de fibras.....	42
4.2.3. Tratamento e preparação dos corpos de prova.....	43
4.2.4. Quantidade de corpos de prova.....	45
4.3. Bio-ensaios.....	46
4.3.1. Norma DIN EN 20-1.....	46
4.3.2. Dados iniciais dos corpos de prova.....	46
4.3.3. Caixa de deterioração.....	46
4.4. Ensaios laboratoriais.....	50
4.4.1. Ultrassom.....	51
4.4.2. Perda de massa.....	51
4.4.3. Mortalidade de <i>Dinoderus minutus</i>	51

4.5. Análise estatística.....	51
4.5.1. Análise de correlação de Pearson.....	52
4.5.1.1. Relação entre a umidade relativa do ar e a variação da massa e da VPU.....	52
4.5.1.2. Relação entre a porcentagem de fibras e a variação da massa	52
4.5.2. Procedimento de Tukey	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1. Avaliação visual.....	53
5.2. Criação das brocas-de-bambu.....	54
5.3. Proporção de fibras dos corpos de prova.....	55
5.4. Identificação de <i>Dinoderus minutus</i>	56
5.5. Determinação da massa dos insetos.....	56
5.6. Influência da umidade relativa do ar na massa dos corpos de prova	57
5.7. Variação da VPU nos corpos de prova	58
5.7.1. Entre as diferentes diluições	58
5.7.2. Entre os diferentes tempos de imersão	63
5.8. Variação da massa nos corpos de prova	66
5.8.1. Entre as diferentes diluições	66
5.8.2. Entre os diferentes tempos de imersão	69
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
6.1. Criação das brocas-de-bambu	73
6.2. Ensaios de deterioração.....	73
6.3. Avaliação visual.....	73
6.4. Avaliação da proporção de fibras nos corpos de prova.....	73
6.5. Avaliação da variação da VPU nos corpos de prova.....	74
6.6. Avaliação da variação da massa dos corpos de prova.....	75
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	76

8. ANEXOS.....	77
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Touceira de bambu gigante em Bom Jardim – RJ.....	7
Figura 2 Esquema de retirada das réguas para fabricação de BLC na UNESP Bauru – SP.....	10
Figura 3 Esquema de retirada de réguas para fabricação de bambu (Guadua) laminada colada na Colômbia	10
Figura 4 Parede de taipa em Nampula, Moçambique.....	13
Figura 5 Carvão de bambu.....	17
Figura 6 Touceiras de bambu gigante na FEAGRI – UNICAMP.....	20
Figura 7 Rizoma leptomorfo de bambu alastrante.....	21
Figura 8 Rizoma paquimorfo de bambu entouceirante.....	22
Figura 9 <i>Dinoderus minutus</i>	23
Figura 10 <i>D. minutus</i> . Setas apontando para depressões no pronoto.....	24
Figura 11 Detalhe das pontuações no élitro de <i>D. minutus</i>	24
Figura 12 Bambu armazenado em oficina de artesanato em Campinas – SP...	26
Figura 13 Bambu deteriorado por <i>D. minutus</i> . Detalhe do pergaminho solto da Peça devido à ação dos insetos	27
Figura 14 Nó de bambu gigante deteriorado por <i>D. minutus</i>	27
Figura 15 Bambu mossô deteriorado por <i>Chlorophorus annularis</i>	28
Figura 16 Corpo de prova deteriorado por <i>D. minutus</i>	35
Figura 17 <i>Dinoderus minutus</i> fixados conforme metodologia descrita por Gallo et al. (2002)	37
Figura 18 Caixa de criação com partes de colmos de bambu gigante.....	38
Figura 19 Corte transversal em bambu gigante. Célula parenquimática com grande quantidade de amido armazenado. Aumento de 1.500x	39
Figura 20 Face transversal de corpo de prova de bambu gigante.....	43
Figura 21 Imagem da face transversal de corpo de prova de bambu gigante trabalhada no software LEOWorks 3.0	43
Figura 22 Tratamento dos corpos de prova com solução de ácido pirolenhoso	44
Figura 23 Corpos de prova marcados para o correto posicionamento dos sensores	

	eletroacústicos	45
Figura 24	Caixa de deterioração e esquema ilustrando a organização dos corpos de prova	47
Figura 25	Vista superior da caixa de deterioração, ilustrando esquematicamente a disposição dos corpos de prova.....	47
Figura 26	Arames colocados entre os corpos de prova para possibilitar o acesso dos insetos.....	48
Figura 27	Distribuição dos elementos celulares através da parede do colmo de <i>Phyllostachys makinoi</i> (modificado)	56
Figura 28	Corpo de prova TI	78
Figura 29	Corpo de prova TII	78
Figura 30	Corpo de prova TIII.....	78
Figura 31	Corpo de prova TIV.....	78
Figura 32	Corpo de prova TV.....	78
Figura 33	Corpo de prova A15I.....	79
Figura 34	Corpo de prova A15II.....	79
Figura 35	Corpo de prova A15III.....	79
Figura 36	Corpo de prova A15IV.....	79
Figura 37	Corpo de prova A15V.....	79
Figura 38	Corpo de prova A30I.....	80
Figura 39	Corpo de prova A30II.....	80
Figura 40	Corpo de prova A30III.....	80
Figura 41	Corpo de prova A30IV.....	80
Figura 42	Corpo de prova A30V.....	80
Figura 43	Corpo de prova A60I.....	81
Figura 44	Corpo de prova A60II.....	81
Figura 45	Corpo de prova A60III.....	81
Figura 46	Corpo de prova A60IV.....	81
Figura 47	Corpo de prova A60V.....	81
Figura 48	Corpo de prova A120I.....	82
Figura 49	Corpo de prova A120II.....	82

Figura 50	Corpo de prova A120III.....	82
Figura 51	Corpo de prova A120IV.....	82
Figura 52	Corpo de prova A120V.....	82
Figura 53	Corpo de prova A180I.....	83
Figura 54	Corpo de prova A180II.....	83
Figura 55	Corpo de prova A180III.....	83
Figura 56	Corpo de prova A180IV.....	83
Figura 57	Corpo de prova A180V.....	83
Figura 58	Corpo de prova B15I.....	84
Figura 59	Corpo de prova B15II.....	84
Figura 60	Corpo de prova B15III.....	84
Figura 61	Corpo de prova B15IV.....	84
Figura 62	Corpo de prova B15V.....	84
Figura 63	Corpo de prova B30I.....	85
Figura 64	Corpo de prova B30II.....	85
Figura 65	Corpo de prova B30III.....	85
Figura 66	Corpo de prova B30IV.....	85
Figura 67	Corpo de prova B30V.....	85
Figura 68	Corpo de prova B60I.....	86
Figura 69	Corpo de prova B60II.....	86
Figura 70	Corpo de prova B60III.....	86
Figura 71	Corpo de prova B60IV.....	86
Figura 72	Corpo de prova B60V.....	86
Figura 73	Corpo de prova B120I.....	87
Figura 74	Corpo de prova B120II.....	87
Figura 75	Corpo de prova B120III.....	87
Figura 76	Corpo de prova B120IV.....	87
Figura 77	Corpo de prova B120V.....	87
Figura 78	Corpo de prova B180I.....	88
Figura 79	Corpo de prova B180II.....	88
Figura 80	Corpo de prova B180III.....	88

Figura 81	Corpo de prova B180IV.....	88
Figura 82	Corpo de prova B180V.....	88
Figura 83	Corpo de prova C15I.....	89
Figura 84	Corpo de prova C15II.....	89
Figura 85	Corpo de prova C15III.....	89
Figura 86	Corpo de prova C15IV.....	89
Figura 87	Corpo de prova C15V.....	89
Figura 88	Corpo de prova C30I.....	90
Figura 89	Corpo de prova C30II.....	90
Figura 90	Corpo de prova C30III.....	90
Figura 91	Corpo de prova C30IV.....	90
Figura 92	Corpo de prova C30V.....	90
Figura 93	Corpo de prova C60I.....	91
Figura 94	Corpo de prova C60II.....	91
Figura 95	Corpo de prova C60III.....	91
Figura 96	Corpo de prova C60IV.....	91
Figura 97	Corpo de prova C60V.....	91
Figura 98	Corpo de prova C120I.....	92
Figura 99	Corpo de prova C120II.....	92
Figura 100	Corpo de prova C120III.....	92
Figura 101	Corpo de prova C120IV.....	92
Figura 102	Corpo de prova C120V.....	92
Figura 103	Corpo de prova C180I.....	93
Figura 104	Corpo de prova C180II.....	93
Figura 105	Corpo de prova C180III.....	93
Figura 106	Corpo de prova C180IV.....	93
Figura 107	Corpo de prova C180V.....	93
Figura 108	Corpo de prova D15I.....	94
Figura 109	Corpo de prova D15II.....	94
Figura 110	Corpo de prova D15III.....	94
Figura 111	Corpo de prova D15IV.....	94

Figura 112	Corpo de prova D15V.....	94
Figura 113	Corpo de prova D30I.....	95
Figura 114	Corpo de prova D30II.....	95
Figura 115	Corpo de prova D30III.....	95
Figura 116	Corpo de prova D30IV.....	95
Figura 117	Corpo de prova D30V.....	95
Figura 118	Corpo de prova D60I.....	96
Figura 119	Corpo de prova D60II.....	96
Figura 120	Corpo de prova D60III.....	96
Figura 121	Corpo de prova D60IV.....	96
Figura 122	Corpo de prova D60V.....	96
Figura 123	Corpo de prova D120I.....	97
Figura 124	Corpo de prova D120II.....	97
Figura 125	Corpo de prova D120III.....	97
Figura 126	Corpo de prova D120IV.....	97
Figura 127	Corpo de prova D120V.....	97
Figura 128	Corpo de prova D180I.....	98
Figura 129	Corpo de prova D180II.....	98
Figura 130	Corpo de prova D180III.....	98
Figura 131	Corpo de prova D180IV.....	98
Figura 132	Corpo de prova D180V	98
Figura 133	Diagrama de dispersão entre a variação da massa e a porcentagem de fibras dos corpos de prova.....	99
Figura 134	Diagrama de dispersão entre a variação da massa e a porcentagem de fibras dos corpos de prova.....	100

LISTA DE TABELAS

	Página	
Tabela 1	Classificação da subfamília Bambusoideae.....	5
Tabela 2	Velocidade do pulso ultrassônico (VPU) média para a madeira e bambu secos em diversas posições.....	36
Tabela 3	Cálculo estatístico da quantidade de insetos para o ensaio.....	40
Tabela 4	Códigos para identificação dos corpos de prova.....	45
Tabela 5	Mapa do posicionamento dos corpos de prova.....	48
Tabela 6	Critérios utilizados na classificação dos corpos de prova na avaliação visual.....	53
Tabela 7	Dados sobre a quantidade de fibras, obtidos pela análise das imagens Dos corpos de prova pelo software Leoworks 3.0.....	55
Tabela 8	Massa dos insetos.....	57
Tabela 9	Umidade relativa do ar durante o período do ensaio.....	57
Tabela 10	Coeficiente de Correlação de Pearson entre a variação da VPU e a umidade relativa durante o período de ensaio para os diferentes corpos de prova.....	102
Tabela 11	Média dos Coeficientes de Correlação de Pearson entre a variação da massa e a umidade relativa durante o período de ensaio para os diferentes corpos de prova.....	102
Tabela 12	Média dos Coeficientes de Correlação de Pearson entre a variação da massa e a umidade relativa durante o período de ensaio para os diferentes corpos de prova.....	103
Tabela 13	Média dos Coeficientes de Correlação de Pearson entre a variação da VPU e a umidade relativa durante o período de ensaio para os diferentes corpos de prova.....	103
Tabela 14	Médias das variações da VPU entre as diferentes diluições (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido).....	59
Tabela 15	Médias das variações da VPU entre as diferentes diluições (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido) após padronização dos desvios-padrão.....	60

Tabela 16	Análise de variância das variações da VPU entre as diferentes Diluições.....	61
Tabela 17	Teste de Tukey (HSD) ao nível de confiança de 95%, comparando a variação da VPU entre as diferentes diluições do tratamento (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido).....	62
Tabela 18	Teste de Dunnett ao nível de confiança de 95%, comparando as médias de variação da VPU nas diferentes diluições do tratamento (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido) à média de variação da VPU nas testemunhas (T).....	63
Tabela 19	Médias das variações da VPU entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).....	64
Tabela 20	Análise de variância das variações da VPU entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).....	65
Tabela 21	Teste de Tukey (HSD) ao nível de confiança de 95%, comparando a variação da VPU entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).....	66
Tabela 22	Médias das variações de massa entre as diferentes diluições (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido).....	67
Tabela 23	Análise de variância das variações de massa entre as diferentes Diluições.....	68
Tabela 24	Teste de Tukey (HSD) ao nível de confiança de 95%, comparando a variação de massa entre as diferentes diluições do tratamento (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido).....	68
Tabela 25	Médias das variações de massa entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).....	69
Tabela 26	Médias das variações de massa entre os diferentes tempos de Imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos) após padronização dos desvios-padrão.....	70
Tabela 27	Análise de variância das variações de massa entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).....	71
Tabela 28	Teste de Tukey (HSD) ao nível de confiança de 95%, comparando a	

variação de massa entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).....	71
Tabela 29 Teste de Dunnett ao nível de confiança de 95%, comparando as médias de variação de massa nos diferentes tempos de imersão do tratamento (15, 30, 60, 120 e 180 minutos) à média de variação de massa nas testemunhas (T).....	72
Tabela 30 Avaliação visual dos corpos de prova após 20 semanas de ensaio	77
Tabela 31 Quantidade de fibras dos corpos de prova de acordo com a análise das imagens geradas pelo software Leoworks 3.0.....	100
Tabela 32 Dimensões e volume aparente dos corpos de prova.....	104
Tabela 33 Variação de massa dos corpos de prova.....	107
Tabela 34 Variação da VPU dos corpos de prova.....	116

RESUMO

A concentração da população mundial em grandes centros urbanos gera uma imensa demanda por madeira, o que tem levado à devastação das florestas tropicais, causando a extinção de várias espécies. O bambu é uma alternativa à madeira convencionalmente utilizada na movelearia, na construção, na produção de energia, na fabricação de papel e celulose e em outras atividades industriais. Apesar das numerosas vantagens econômicas e ambientais do bambu, seu uso esbarra na limitada durabilidade natural da maioria das espécies. A deterioração do bambu, causada por agentes físicos, químicos e biológicos, faz com que esse vegetal seja considerado um material de baixa qualidade, criando a falsa ideia de que o bambu somente deveria ser usado quando da falta de materiais mais apropriados para determinados fins. Os principais agentes deterioradores do bambu são os fungos e os insetos, dentre os quais se destaca a broca do bambu. A proteção do bambu pode ser feita por meio do uso de diversos produtos dentre os quais se destaca o ácido pirolenhoso, obtido a partir da pirólise de madeira e de outros materiais vegetais. No presente trabalho, buscou-se avaliar a eficácia do tratamento aplicado a taliscas de bambu por cozimento em ácido pirolenhoso em três diferentes diluições (10, 20 e 30%) durante cinco intervalos de tempo (15, 30, 60, 120 e 180 minutos), buscando-se a sua proteção contra a deterioração pela broca do bambu, avaliando-se o dano nas taliscas de bambu através das variações na massa e na velocidade do pulso ultrassônico (VPU) através dessas taliscas. Os experimentos de deterioração foram realizados durante 20 semanas. Os dados foram sujeitos a testes de correlação e interações entre as variáveis. O teste T pareado indicou haver diferença significativa entre as medidas de VPU e massa no início e depois de 20 semanas de ensaio. Em média, a VPU diminuiu e a massa aumentou, resultado este influenciado pela variação de umidade no período. Buscou-se, ainda, determinar a porcentagem de fibras em relação aos outros tecidos por meio de análise de imagens de cortes transversais dos corpos de prova. Por fim, buscou-se estabelecer um método eficiente de criação de *Dinoderus minutus* para ensaios de deterioração do bambu.

Palavras chave: Biodegradação, Materiais – Biodegradação.

ABSTRACT

The concentration of worldwide population in large urban centers creates huge demand for timber, which can lead to devastation of the rainforest, resulting in the extinction of several species. Bamboo is an alternative to wood commonly used on furniture, building, power generation, pulp and paper and other industrial purposes. Despite its many economic and environmental advantages, the bamboo utilization is hampered by the low natural durability of most species. The bamboo deterioration by physical, chemical and biological agents, makes it to be considered a low quality material, creating the misconception that it should only be used in the absence of appropriate materials for certain purposes. The major spoilage agents on the bamboo are the fungi and insects, among which stands out the powder-post beetle. The bamboo protection can be done through the use of various protective agents such as the pyroligneous acid, obtained by pyrolysis of wood and other plant materials. This study aimed to evaluate the efficacy of the treatment applied to bamboo splits cooked in pyroligneous acid at three different solutions (10, 20 and 30%) over five time intervals (15, 30, 60, 120 and 180 minutes) searching for the protection against the deterioration of the powder-post beetle by measuring the variation of the mass and the ultrasonic pulse velocity (UPV) across the strips. The deterioration assays were performed during 20 weeks. The data were subjected to correlation and interaction between variables tests. The two-sample pooled t-test indicated significant differences between the measures of UPV and mass at starting and after 20 weeks testing. On average, the UPV decreased and increased mass, a result influenced by the increasing relative moisture. The study also aimed to determine the fiber content by image analysis of transverse sections of the bamboo splits. Finally, the study sought to establish an efficient method of creating *Dinoderus minutus* for bamboo deterioration tests.

Keywords: Biodegradation, Materials – Biodegradation.

1. INTRODUÇÃO

Bambu ou taquara são nomes dados, no Brasil, às plantas pertencentes à família das gramíneas (Poaceae), subfamília Bambusoideae. Os nomes populares se referem, respectivamente, aos bambus grossos (bambus arbóreos, lenhosos ou ‘woody bamboo’) e às espécies de menor diâmetro (bambus arbustivos). Sua distribuição é global e seus usos são muito variados, destacando-se sua aplicação como material na construção civil, sobretudo em partes da América Latina e da Ásia.

O bambu é utilizado há muito tempo pelo homem em construções, em moveleira, artesanato, alimentação e outros fins. Por se tratar de um material abundante, de baixo custo, de fácil manejo, com alta flexibilidade e adequada resistência mecânica, o bambu se mostra como uma opção para várias construções, principalmente no meio rural. Sua versatilidade permite que seja empregado de inúmeras maneiras, na forma de colunas, vigas, telhas, forros, móveis e condução de água. Há ainda a possibilidade de aplicação do bambu associado a outros materiais, ditos convencionais. Seu uso na construção reduz os custos de produção, possibilitando a capacitação de profissionais e da própria comunidade por meio da participação da população nas construções.

O bambu permite aliviar a pressão exercida sobre as florestas nativas, podendo se mostrar uma alternativa às madeiras comumente utilizadas na construção civil e em moveleira, principalmente. Com efeito, o crescimento desordenado das cidades requer vastas quantidades de madeira, acentuando o cenário de devastação ao qual estão sujeitas as florestas tropicais.

Dentre as espécies apropriadas para uso na construção e em moveleira na região sudeste do Brasil, destacam-se o *Dendrocalamus giganteus* Munro, conhecido popularmente como bambu gigante ou bambu balde e o *Phyllostachys pubescens* Mazel, conhecido como bambu mossô. Apesar de todas as vantagens econômicas e ambientais, o uso do bambu esbarra na baixa durabilidade natural da maioria das espécies. O manejo inadequado dos colmos, desde o corte até sua utilização final, permite que seja desencadeado o ataque por agentes deterioradores, tais como fungos, bactérias e insetos. Dentre tais organismos, os mais importantes, em termos da degradação do bambu, são os coleópteros, por sua ampla distribuição e pelos graves prejuízos econômicos que causam ao material em armazenamento e nas edificações. O *Dinoderus minutus* (Coleoptera: Bostrichidae) é conhecido popularmente

como broca do bambu, sendo considerado como uma importante praga de madeiras secas e de grãos estocados.

No final da década de 1970, a chamada Revolução Verde prometia acabar com os insetos considerados como pragas, por meio do uso de inseticidas químicos. Os problemas ambientais foram acentuados pelo uso massivo de tais produtos e a proibição de seu uso obrigou a indústria a desenvolver novos inseticidas com menor impacto ambiental e a estudar novas estratégias para o controle de insetos, as quais fossem menos degradantes para o meioambiente. A preocupação ambiental levou à proposta de tratamento prévio da madeira para evitar a invasão de insetos e aumentar a vida útil das construções que se utilizam deste material. Dentre os preservativos para madeira, o ácido pirolenhoso se apresenta como opção viável pelos aspectos econômicos e ambientais. Produto da pirólise de matéria orgânica, o ácido pirolenhoso já foi utilizado tradicionalmente na proteção de culturas contra insetos praga, na cura de doenças e como corante na indústria têxtil. As pesquisas sobre métodos eficientes para efetuar-se o tratamento adequado do bambu contra o ataque de *D. minutus* são, desta forma, de extrema importância para aumentar a aceitação do uso deste material, agregando valor à sua utilização.

A aplicação em escala industrial de técnicas adequadas para o tratamento do bambu e, principalmente, a adoção de produtos que sejam mais adequados ambientalmente, aumentará sua durabilidade e contribuirá com sua inserção no mercado nacional da movelearia e da construção civil.

2. OBJETIVOS

O objetivo central do trabalho foi o de avaliar a eficácia do tratamento de taliscas de bambu usando o ácido pirolenhoso contra a deterioração pela broca do bambu (*D. minutus*). Foram analisadas as seguintes variáveis: um preservativo (ácido pirolenhoso) em três diluições diferentes (10%, 20% e 30%), tratados durante cinco diferentes intervalos de tempo (15, 30, 60, 120 e 180 minutos). Além disso, foram objetivos secundários:

- Estabelecer uma metodologia de criação das brocas do bambu para a realização de ensaios de deterioração;
- Avaliar a proporção de fibras em relação aos demais elementos que constituem o bambu por meio da análise de imagens das taliscas em corte transversal;
- Identificar as brocas de bambu no nível de espécie;
- Adaptar a norma técnica européia DIN EN 20-1, que se refere à eficácia do tratamento preservativo de madeira contra a deterioração por *Lyctus brunneus* Stephen (coleóptero da família Lyctidae, muito semelhante a *D. minutus*), ao tratamento de bambu contra a deterioração por *D. minutus*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Generalidades sobre os bambus

Os bambus pertencem à família das gramíneas (Poaceae), subfamília Bambusoideae, exercendo funções ecológicas semelhantes às das árvores de grande porte nos ecossistemas florestais, tais como o estabelecimento de micro-climas diferenciados, servindo como fonte de alimentos e abrigos para a fauna (REID et al., 2004), auxiliando na estabilização do solo devido ao seu sistema radicular e promovendo o sequestro de carbono em grandes quantidades (CASAGRANDE JUNIOR e UMEZAWA, 2005), dentre outras.

Desde o início do século passado, o número de espécies de bambu conhecidas e aceitas pela comunidade científica global quase triplicou, sendo difícil, no entanto, encontrar informações precisas sobre o número de representantes do grupo (OHRNBERGER e LANGWEID, 1999). Yang et al. (2004) sugeriram a existência de 1250 espécies divididas em 75 gêneros conhecidos; Camus (1913) apud Ohrnberger e Langweid (1999) compilou dados sobre 490 espécies, reunidas em 33 gêneros. A diferença entre tais estimativas retrata a dificuldade encontrada pelos sistemas para classificar os representantes do grupo. De fato, uma das características utilizadas na classificação - a floração, é um evento muito raro entre os bambus. Trabalhos recentes sugerem a existência de 1300 espécies distribuídas em 50 gêneros conhecidos, ocorrendo naturalmente dos trópicos às regiões temperadas, com maior incidência nas regiões quentes e de chuvas abundantes de América do Sul, África e Ásia (PEREIRA e BERALDO, 2008). Casagrande Junior e Umezawa (2005) catalogaram 137 espécies reunidas em 17 gêneros no Brasil, onde ocorre a maior diversidade e a maior quantidade de florestas endêmicas de bambus da América Latina. Para Vasconcellos (2006), entretanto, os números chegam a 230 espécies nativas de bambu do Brasil distribuídas em 34 gêneros. Destas, 174 seriam endêmicas da Mata Atlântica, ou seja, somente encontradas no território brasileiro. Ohrnberger e Langweid (1999) organizaram sistematicamente a subfamília Bambusoideae nas tribos de bambus lenhosos (Bambusae) e mais cinco tribos dos bambus herbáceos (Olyreae, Parianeae, Buergeriachloea, Pueliaeae e Guaduelleae), chegando a um número total de 1575 diferentes espécies. Na tabela 1 são organizados os gêneros, subtribos e tribos da subfamília Bambusoideae, seguidos, entre parênteses, pelo número de espécies de cada grupo.

Tabela 1: Classificação da subfamília Bambusoideae.

Tribo	Subtribo	Gêneros
BAMBUSEAE (1447)	ARUNDINARIINAE (249)	Acidosasa (22), Arundinaria (1), Bashania (6), Ferrocalamus (2), Gaoligongshania (1), Gelidocalamus (12), Indocalamus (35), Menstruocalamus (1), Metasasa (2), Oligostachyum (18), Pleioblastus (42), Polyanthus (1), Pseudosasa (36), Sasa (58), Sasaella (11), Vietnamocalamus (1)
	THAMNOCALAMINAE (226)	Ampelocalamus (11), Borinda (8), Chimonocalamus (16), Drepanostachyum (11), Fargesia (83), Himalayacalamus (9), Thamnocalamus (4), Yushania (84)
	RACEMOBAMBOSINAE (27)	Neomicrocalamus (7), Racemobambos (17), Vietnamosasa (3)
	SHIBATAEINAE (182)	Brachystachyum (1), Chimonobambusa (38), Hibonobambusa (1), Indosasa (27), Phyllostachys (76), Semiarundinana (6), Shibataea (9), Sinobambusa (24)
	BAMBUSINAE (297)	Bambusa (139), Bonia (5), Dendrocalamus (52), Dinochloa (27), Gigantochloa (37), Holtumochloa (3), Kinabaluchloa (2), Klemachloa (1), Maclurochloa (1), Melocalamus (9), Oreobambos (1), Oxytenanthera (1), Pseudobambusa (1), Pseudoxytenanthera (12), Soejatmia (1), Sphaerobambos (3), Thyrsostachys (2)
	MELOCANNINAE (87)	Cephalostachyum (16), Davidsea (1), Dendrochloa (1), Melocanna (2), Neohouzeaua (7), Ochlandra (11), Pseudostachyum (2), Schizostachyum (45), Teinostachyum (2)
	HICKELIINAE (37)	Decaryochloa (1), Greslania (4), Hickelia (4), Hitchcockella (1), Nastus (24), Perrierbambus (2), Temburongia (1)
	GUADUINAE (40)	Criciuma (1), Eremocaulon (1), Guadua (34), Olmeca (2), Otatea (2)
	CHUSQUEINAE (156)	Chusquea (135), Neurolepis (21)
	ARTHROSTYLDIINAE (146)	Actinocladium (1), Alvimia (3), Apoclada (3), Arthrostylidium (28), Athroostachys (1), Atractantha (5), Aulonemia (32), Colanthelia (7), Elytrostachys (2), Glaziophyton (1), Merostachys (34), Myriocladus (13), Rhipidocladum (16)
OLYREAE (76)		Agnesia (1), Arberella (7), Cryptochloa (9), Diandrolyra (2), Ekmanochloa (2), Froesiochloa (1), Uthachne (4), Maclumlyra (1), Mniochloa (1), Olyra (23), Parodiolyra (3), Piresia (4), Piresiella (1), Raddia (5), Raddiella (7), Rehia (1), Reitzia (1), Sucrea (3)
PARIANEAE (40)		Eremitis (1), Pariana (39)

Tribo	Gêneros
BUERGERSIOCHLOEAE (1)	Buergersiochloa(1)
PUELIEAE (5)	Puelia (5)
GUADUELLEAE (6)	Guaduella (6)

Fonte: Ohrnberger e Langweid (1999).

O bambu apresenta distribuição global, sendo tradicionalmente usado pelos habitantes das regiões tropicais da China e de vários países no continente asiático (YANG et al., 2004). Embaye (2000) relatou a existência de duas espécies de bambu nativas da Etiópia, endêmicas da África subsaariana, além de cerca de 40 espécies ocorrendo principalmente em Madagascar.

O uso do bambu como material de construção é muito comum na Costa Rica, Equador e Colômbia, onde se destaca o uso do *Guadua angustifolia* Kunth. No Brasil, apesar do grande déficit habitacional e da vasta quantidade de bambu disponível, o uso deste material na construção ainda é muito restrito. Tal fato deve-se, entre outros, à cultura ibérica, que privilegiou a construção em alvenaria.

As espécies de bambu mais difundidas no Brasil são *Bambusa tuldaoides* Munro, *B. vulgaris* Schrad, *B. vulgaris* Schrad var. *vittata*, *Dendrocalamus giganteus* Munro e algumas espécies do gênero *Phyllostachys* (ESPELHO, 2007), sendo que os dois últimos gêneros apresentam características físicas mais apropriadas para seu uso como material de construção e em movelearia do que os demais bambus mencionados.

Há ainda, no Brasil, uma extensa área de floresta aberta com bambu do gênero *Guadua*, conhecidos como “Pacales” no Peru e “Tabocais” no Acre. Muito embora não sejam comuns tais ocorrências, estas florestas cobrem extensas áreas no sudoeste da bacia amazônica, chegando a 180.000 km² de acordo com imagens obtidas pelo satélite Landsat (SILVEIRA, 2001). Estas reservas ainda não são utilizadas comercialmente e sua grande extensão deve-se provavelmente às características de colonização agressiva apresentada pela planta.

3.2. Usos do bambu

Relatar todas as aplicações do bambu seria demasiadamente pretensioso. Pretende-se, portanto, traçar apenas um panorama geral, mas não definitivo, dos principais usos do bambu para ter-se a ideia da grandeza e da multiplicidade de usos da planta.

3.2.1. Usos tradicionais

A versatilidade do bambu é notável. Yang et al. (2004) reportaram a vasta diversidade de usos do bambu pelos habitantes das províncias montanhosas de Yunnan, na China, explicando que a planta é utilizada na alimentação, na construção das casas, em vestimentas, em utensílios domésticos, no transporte, em ferramentas e em movelaria.

Nas regiões rurais, o bambu é plantado próximo às casas e vilas, nas margens dos rios, nos campos e na beira das estradas, agregando valor estético à paisagem. No Brasil, pode ser facilmente encontrado nas propriedades rurais, compondo a paisagem de maneira harmoniosa (Figura 1). Tal presença, segundo Pereira e Beraldo (2008), denota sua importância nas áreas rurais e o seu amplo leque de possibilidades de utilização.

Os povos indígenas brasileiros utilizavam o bambu na fabricação de diversos utensílios, tais como zarabatanas, facas, potes, prendedores de cabelo, flautas e instrumentos de percussão (RIBEIRO, 1988). Os usos tradicionais do bambu foram sendo esquecidos a partir da invasão cultural e devido à provável extinção de várias espécies nativas de bambu durante o processo de colonização do território brasileiro pelos europeus.



Figura 1: Touceira de bambu gigante em Bom Jardim - RJ.

Autor: Rodolfo Gomes da Silva

3.2.2. Transformação e industrialização do bambu

No Brasil, a adoção do Programa Nacional de Reflorestamento (Lei 5106/66), com incentivos aos empreendimentos florestais, sobretudo para a produção de espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, não foi o suficiente para suprir a demanda por madeira para a construção civil, movelearia, produção de papel e celulose, carvão e energia para fins industriais (MANHÃES, 2008), de modo que as florestas nativas continuam a ser devastadas.

O bambu, além de apresentar características apropriadas para a substituição da madeira para essas finalidades, apresenta elevadas taxas de crescimento, superiores às de qualquer outra planta.

Universidades, centros de pesquisa e indústrias procuram explorar a potencialidade do bambu e tem desenvolvido pesquisas no sentido de tornar seu uso industrialmente e comercialmente viável.

Picanço e Ghavami (2008) citaram a busca por materiais alternativos às fibras de amianto para a produção de fibrocimento e defenderam o uso de fibras vegetais como opção econômica, salubre e ecologicamente adequada. Estrada et al. (2010) confirmaram o potencial das fibras de bambu Guadua como reforço para compósitos, ressaltando suas características físicas e mecânicas superiores às das fibras de juta, linho, agave e cânhamo, reconhecidas por sua alta resistência e baixo peso.

No setor da construção civil, Martins (2002) desenvolveu técnica construtiva de placas para piso de argamassa reforçado com partículas de bambu. Ferreira (2002), por sua vez, apresentou a utilização de taliscas de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus* Munro) como armadura em elementos estruturais de concreto (vigas).

Na China, com a grande demanda por madeiras para construção, após a abertura política, deu-se o desenvolvimento da indústria de painéis de laminados colados de bambu, que podem ser usados na fabricação de painéis divisórios, forros, pisos, molduras, esquadrias, móveis e revestimento.

3.2.3. Bambu laminado colado (BLC)

O bambu laminado colado (BLC) é uma apropriação das tecnologias da madeira laminada que, há mais de um século, tem sido aplicada e desenvolvida nos Estados Unidos e Europa na construção civil, indústria, instalações desportivas e pontes para veículos (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2010).

O BLC tem sido pesquisado em universidades e vem sendo aplicado na indústria de móveis no Brasil, destacando-se as fábricas Bambu Revest, em Bertioga – SP e Oré Brasil em Campo Alegre – SC. Esta forma de trabalhar o bambu eleva muito sua aplicabilidade, pois reduz a influência das características físicas peculiares do bambu, permitindo efetuar-se a substituição da madeira em diversas aplicações. Pereira e Beraldo (2008) ressaltam que esta talvez seja a aplicação mais promissora do bambu pela possibilidade de agregar valor a grande quantidade de produtos comumente feitos de madeira. Os autores listam alguns dos produtos à base de bambu transformado que já vem sido produzidos comercialmente ou experimentalmente com a técnica, como componentes da construção civil, cabos de ferramentas manuais ou agrícolas, compensados, móveis, pisos, chapas, painéis, entre outros.

Na China é fabricada uma grande variedade de produtos à base de BLC que abastecem, inclusive, o mercado da Europa e Estados Unidos (QUISHENG E SHENXUE, 2001 apud PEREIRA e BERALDO, 2008).

O uso do BLC como componente estrutural na arquitetura, em substituição aos materiais convencionais, apresenta algumas vantagens, tanto nos aspectos ambientais quanto em relação à sua resistência mecânica. González, Correal e Yasmín (2010), pesquisando o comportamento de elementos estruturais de bambu Guadua laminado colado, classificaram o material como sendo altamente competitivo para este fim.

A técnica para fabricação do BLC e na usinagem do bambu requerem equipamentos e mão-de-obra apropriados. Porém, o que se vê no Brasil, geralmente, é a adaptação de ferramentas próprias para madeira sendo usadas na usinagem do bambu, resultando, muitas vezes, em desgaste excessivo do equipamento e nem sempre com bons resultados finais. O campus de Bauru (SP) da UNESP conta com equipamento adequado para a fabricação do BLC, que é produzido adotando-se o seguinte procedimento:

- O bambu é cortado e transformado em taliscas ou ripas, que podem ser submetidas a tratamentos, dependendo do uso que se pretende. Quando possível, os colmos são escolhidos de uma mesma espécie e com a mesma idade;
- As ripas são transformadas em réguas de tamanho determinado, retirando-se a camada mais interna (rica em amido) e externa do bambu (rica em fibras). Estas camadas apresentam baixa aderência ao aglomerante e tal procedimento facilita a posterior aplicação do adesivo (LAPO e BERALDO, 2008);

- As réguas são coladas umas às outras e prensadas. Dependendo do uso a que se destina o BLC, as réguas são lixadas e usinadas, garantindo padrão dimensional, se necessário.

Na fabricação do BLC, no campus de Bauru da UNESP, procura-se retirar as réguas o mais próximo possível da região da casca (Figura 2). Além de apresentar maior resistência mecânica devido à maior concentração de feixes de fibras nesta região, o BLC apresentará ainda maior resistência à deterioração pelo *Dinoderus minutus* (broca do bambu), uma vez que estas regiões não reúnem características favoráveis à infestação pelos insetos: o diâmetro dos vasos é relativamente pequeno e as células parenquimáticas são muito menos concentradas do que na camada interna do bambu.

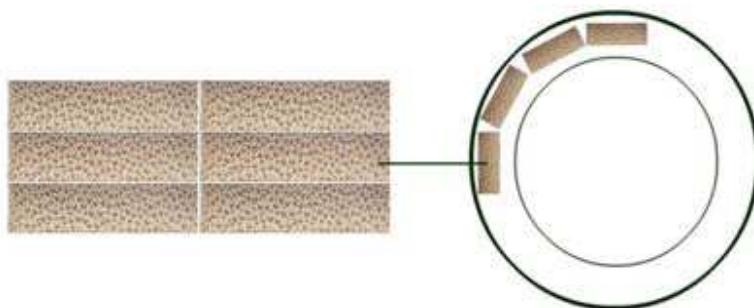


Figura 2: Esquema de retirada das réguas para fabricação de BLC na UNESP Bauru - SP

Fonte: Pereira e Beraldo (2008).

De forma semelhante, a metodologia adotada por Cortés et al. (2010) no projeto “Fabricación de elementos estructurales en bambú (Guadua) laminado prensado pegado”, na Colômbia, buscou aperfeiçoar a utilização do bambu por meio de um corte que garantisse a maior seção retangular possível (Figura 3).

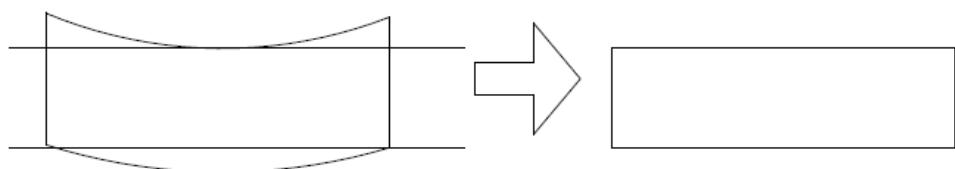


Figura 3: Esquema de retirada de réguas para fabricação de bambu (Guadua) laminada colada na Colômbia.

Fonte: Cortés et al. (2010).

Rivero e Beraldo (2003) realizaram testes físico-mecânicos com BLC confeccionado a partir de *D. giganteus* e *B. vulgaris* destacando o fato de que o material deve ser protegido para aumentar sua durabilidade.

Lapo e Beraldo (2008) conduziram ensaios para determinar as propriedades físicas e mecânicas e buscar aplicações práticas de BLC produzido a partir de *D. giganteus* colado com resina poliuretana à base de óleo de mamona. O material, submetido a testes de laboratório, mostrou grande potencial para aplicação na confecção de muletas, pisos e pranchas de surfe.

Na Colômbia, onde as pesquisas sobre o uso do bambu Guadua na construção tem avançado significativamente, realizou-se, em 2010, um importante simpósio. A capital colombiana recebeu pesquisadores, empresários, artesãos, comerciantes e diversos interessados no uso e difusão do BLC no I Simpósio de Bambu e Madeira Laminada, o que confirma o interesse despertado por essa nova possibilidade de aplicação do bambu.

3.2.4. Arquitetura com bambu

Os materiais de construção industrializados requerem produção centralizada, de alto custo econômico e ambiental, ao passo que os materiais naturais, dentre os quais, o bambu, consomem menos energia na produção, podendo ser produzidos no local em que serão utilizados, minimizando a poluição ambiental e contribuindo com a sustentabilidade. Além disso, o uso do bambu nas construções possibilita a redução dos seus custos e permite a capacitação de profissionais e da própria comunidade por meio de projetos participativos (CARDOSO JUNIOR, 2000; BARBOZA, BARBIRATO e SILVA 2008).

Como material de construção, o bambu pode ser empregado na estrutura do teto, na forma de telhas, em pisos decorados, em divisórias, em vigas, em forros, em esquadrias e em revestimentos (BERALDO e AZZINI, 2000; FERREIRA, 2002; YANG et al., 2004; PEREIRA e BERALDO, 2008).

O bambu é largamente utilizado na construção, principalmente no meio rural. Freire (1991) listou as principais aplicações do bambu na construção no Brasil:

- Esteiras para divisórias externas ou internas;
- Fôrmas de lajes, vigas, colunas ou pilares de concreto;
- Andaimes provisórios;
- Telhados (tesouras, armaduras secundárias e material de cobertura);

- Cúpulas, pórticos ou arcadas;
- Placas decorativas para piso e paredes;
- Chapas laminadas ou plastificadas;
- Pontes pênsseis e pontes rígidas;
- Diques para represamento de água;
- Aquedutos e poços artesianos;
- Escadas de degraus;
- Tanques, sanitários e lavatórios;
- Ripados;
- Cercas.

A versatilidade do bambu e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável foi percebida há tempos por comunidades tradicionais no sudeste asiático. Quando utilizado na estrutura de telhados cobertos por palha ou folhas, o bambu, apesar de ser altamente combustível, consegue retardar as chamas, graças a sua composição rica em sílica. Deste modo, muito embora os tetos das casas sejam altamente inflamáveis, a estrutura de bambu não é afetada como ocorreria com vários tipos de madeira (BARBARO, 2007).

Em Hong Kong, o material é comumente utilizado, principalmente na construção de andaimes e em pequenas estruturas temporárias, dentre as quais se destacam os teatros abertos construídos para a celebração de festivais tradicionais, levantados e desmontados em questão de dias (SLESSOR, 2001).

Utilizado como material de construção em diversas culturas, sobretudo na Ásia e parte da América, o bambu cumpre um importante papel na habitação de interesse social. Barboza, Barbirato e Silva (2008) avaliaram o uso do bambu como elemento de cobertura e na forma de painéis de vedação em habitação de interesse social construída em Maceió – AL, ressaltando a viabilidade do material e destacando os cuidados específicos que devem ser tomados para evitar-se a deterioração por agentes naturais.

Países da América Latina, como Colômbia, Equador e Costa Rica, utilizam-se do bambu normalmente como material de construção. No Equador existe um projeto de construção de casas populares em bambu, o “Viviendas Hogar de Cristo”. O bambu é utilizado na forma de esteiras (*esterillas*) para obtenção de painéis pré-moldados.

Os povos indígenas brasileiros utilizavam o bambu como um material secundário na construção das habitações e estruturas, não tendo desenvolvido técnicas específicas significativas para o trabalho com o material. Seu uso passou a ser intensificado após a chegada dos colonizadores europeus, como estrutura de paredes de barro, chamadas taipa ou pau-a-pique (VASCONCELLOS, 2006). Esta tecnologia, utilizando recursos locais e de fácil acesso, foi fundamental para a colonização do território no período colonial e até hoje é reproduzida na construção de habitações, com destaque para as áreas rurais e centros de difusão de técnicas sustentáveis de arquitetura no Brasil.

Em Moçambique, país localizado na costa oriental africana, o uso do bambu nas construções é uma solução de baixo custo e fácil aplicação. A taipa é utilizada tanto em habitações na área rural como em estabelecimentos comerciais nos centros urbanos (figura 4).

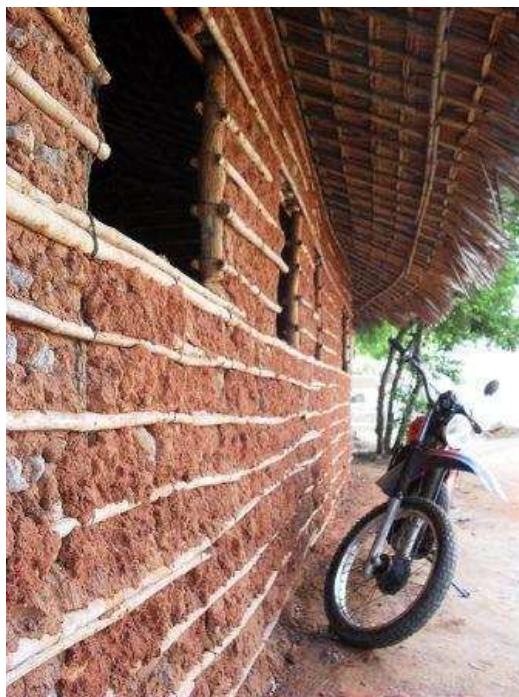


Figura 4: Parede de taipa em Nampula, Moçambique.

3.2.4.1. Projetos no Brasil

Várias iniciativas e pesquisas têm sido realizadas no Brasil para o uso do bambu como material de construção. Dentre elas, pode-se citar:

- INBAMBU – O Instituto do Bambu, criado em 2002 por meio de uma parceria entre UFAL, SEBRAE – nacional, SEBRAE – AL e Bambuzeria Cruzeiro do Sul (INBAMBU), desenvolveu um projeto de construção de casas populares com pré

moldados à base de raspas de pneus e bambu, que reduzem o custo de uma habitação popular em cerca de 40% (MANHÃES, 2008).

- INCOMUN – O Instituto de Desenvolvimento Comunitário Sustentável, criado em 2004 e sediado em Aracaju – SE, desenvolveu protótipos de habitação social de bambu em parceria com a Petrobrás e com a prefeitura de Aracaju. O objetivo foi o de disseminar uma tecnologia barata, eficiente e de fácil aplicação para construção de moradias, contribuindo para diminuir o déficit habitacional no Brasil (INCOMUN, 2010).
- CANTOAR/FAU-UnB – O Laboratório de Estudo e Aplicação de Fibras Naturais em Arquitetura, especialmente de bambus, realiza pesquisas sobre o uso de materiais naturais e técnicas construtivas tradicionais na região Central do Brasil.
- Protótipo de edificação em bambu na UNICAMP – Com base na tecnologia empregada na Costa Rica, foi construído em 1999 um protótipo de edificação em bambu no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP. Foram utilizadas quatro espécies de bambu (*Phyllostachys purpuratta* McClure, *Dendrocalamus giganteus* Munro, *Guadua angustifolia* Kunth e *Bambusa vulgaris* Schrad) em várias etapas da construção para atestar sua viabilidade e versatilidade. Após mais de dez anos de uso constante, como depósito de grãos, o protótipo encontra-se bem conservado e atesta a durabilidade deste tipo de construção.
- Casa de bambu em Bauru (SP) – Outro projeto atestando a durabilidade do bambu quando bem protegido pelo projeto arquitetônico encontra-se em Bauru. Painéis trançados de *Bambusa tuloides* Munro foram pré-moldados em camada dupla em um quadro de sarrafo, recebendo externamente uma camada de reboco e tinta e ficando expostos apenas internamente (PEREIRA e BERALDO, 2008). As paredes continuam em perfeito estado de conservação após mais de dez anos de uso.
- Projeto CasaEco – Desenvolvido como parte do programa de tecnologia de habitação – HABITARE, em dois anos foi construído o protótipo de Vila Ecológica na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus – AM. O conjunto conta com oito casas geminadas equipadas com estação ecológica de tratamento de esgoto residencial e sistema de captação de água da chuva e empregou o bambu como componente dos painéis pré-fabricados tanto na estrutura (ripas de *Bambusa vulgaris* Schrad) como no seu

preenchimento (barro-bambu). Além da área construída, o projeto incentivou o plantio de bambu para futuras construções (RIBEIRO e RIBEIRO, 2008)

3.2.4.2. Certificação Verde

A crescente preocupação com a sustentabilidade na construção civil é expressa pelo ritmo com que vem sendo criados sistemas de certificação que procuram encontrar critérios para definir a sustentabilidade de um projeto ou construção.

Segundo Brandão (2008), vários parâmetros foram transformados em conceitos norteadores, sendo que aqueles baseados nos “green buildings” - empreendimentos sustentáveis de alta tecnologia, que evitam o desperdício de materiais, água e energia na concepção do projeto, durante e depois da construção, reduzindo os impactos negativos no meio ambiente – são os mais conhecidos. Dentre esses sistemas, a Certificação LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*, desenvolvida pelo conselho Estadunidense de Construções Verdes (*United States Green Building Council – USGBC*) é o sistema de avaliação mais difundido no mundo, e tem como finalidade orientar clientes, incorporadores, construtores, arquitetos, projetistas e administradores, com posturas que garantam esta certificação em seus empreendimentos.

Este sistema funciona pela alocação de pontos, distribuídos de acordo com a redução dos impactos no meioambiente, no usuário final, na comunidade e nos trabalhadores envolvidos na construção (USGBC, 2008). O bambu pode contribuir em diferentes pontos para aumentar a sustentabilidade do edifício, de acordo com os critérios desta Certificação, a saber: sítios sustentáveis, eficiência no uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade do ambiente interno e inovação e processo de projeto.

3.2.5. Celulose e papel de bambu

A composição física e química do bambu é semelhante à das madeiras, podendo, portanto, ser utilizado na produção de celulose. Em algumas espécies do gênero *Schizostachyum* sp, as fibras chegam a alcançar 3,6 mm de comprimento. A maioria das espécies de bambu presentes em Yunnan, China, pode ser utilizada para este fim (YANG et al., 2004).

Estima-se que o potencial produtivo do bambu gigante (*D. giganteus* Munro) no Brasil, entre 70 e 80 t/ha, seja maior do que o das principais culturas agrícolas (VASCONCELLOS, 2006). Destacam-se no cenário nacional a fábrica Itapagé, no Maranhão, e a fábrica Portela, em

Pernambuco, que utilizam o bambu para a produção de papel Kraft para embalagens de produtos industriais (sacarias industriais). Embora disponha de uma área plantada de *B. vulgaris* Schrad de cerca de 40000 ha, o grupo industrial João Santos ainda compra bambu de produtores locais para suprir a demanda produtiva de 72.000 t/ano de papel (VASCONCELLOS, 2006). Segundo Relatório do Programa Nacional de Florestas (2005), esta é a maior plantação de bambu em escala comercial do mundo.

3.2.6. Carvão de bambu

Há tempos, no Brasil, atividades dependentes da utilização de lenha e carvão acabaram por devastar ainda mais as florestas nativas. Já no início da década de 1980, Ferreira (1989) demonstrou que o uso de madeira nativa para a produção de carvão vegetal atingia 82,3% contra 17,7% de madeira proveniente de florestas plantadas. Mais recentemente, Manhães (2008) ressaltou que a implementação de florestas com fins de obtenção de energia não foi capaz de suprir a demanda por madeira e a devastação florestal segue descontrolada.

Nesse cenário, o bambu surge como alternativa economicamente viável e ambientalmente correta. Yang et al. (2004) ressaltaram a potencialidade da produção de carvão de bambu no sudeste asiático. Varanda, Caraschi e Almeida Filho (2009) caracterizaram o poder calorífico de carvão produzido a partir do bambu gigante (*D. giganteus* Munro) e Guadua (*G. angustifolia* Kunth), comparando-o com o carvão de *Eucalyptus urograndis* e concluíram que as duas espécies de bambu apresentam potencial energético adequado para a substituição do eucalipto.

Além do uso energético, o carvão de bambu (Figura 5) tem sido estudado para uso como purificador de águas residuais, como catalisador, como controlador de umidade e purificador (ASADA et al., 2002; MIZUTA et al., 2004). Mizuta et al. (2004) demonstraram que a adsorção de nitrogênio-nitrito (concentração até 10 mg/L) da água potável (entre 10 °C e 20 °C) do carvão de bambu Mossô (*P. pubescens*) é superior àquela do carvão ativado comercial.



Figura 5: Carvão de bambu.

3.2.7. Movelaria

O bambu pode ser utilizado na fabricação de móveis tanto em sua forma natural como na forma de bambu laminado colado (BLC). A técnica em que o bambu é usinado em forma de lâminas e colado com resina permite que o bambu substitua a madeira em diversas aplicações, uma vez que por meio dela pode se obter placas muito semelhantes àquelas obtidas por usinagem de outros tipos de madeira. A empresa Oré Brasil, situada no município de Campo Alegre – SC, é pioneira na fabricação de móveis a partir de BLC. Situada em uma região onde predominam os móveis de *Pinus*, a empresa apostou no uso do bambu como matéria-prima ecologicamente correta e economicamente viável (ORÉ BRASIL, 2010).

Segundo Vasconcellos (2006), há inúmeras oficinas e fábricas de móveis de bambu que se utilizam da espécie conhecida como cana-da-índia (*P. aurea* Carr. ex A. & C. Rivière) no Brasil. Os móveis são produzidos em estilo rústico e os consumidores abrem mão de garantias de durabilidade ou da qualidade dos móveis pelo baixo preço que pagam pelos mesmos.

Manhães (2008) registrou o funcionamento de uma empresa familiar de móveis no município de Três Rios – RJ, que funciona sem plantio próprio ou sem efetuar a compra do bambu. O material é simplesmente coletado sem custo de fazendas da região, cujos proprietários, em contrapartida, se desfazem do bambu que para eles seria uma verdadeira praga.

Em Campinas – SP, a oficina Biobambu fabrica e comercializa móveis, painéis e pequenas estruturas de bambu, utilizando-se principalmente de bambu cana-da-índia, mossô e gigante.

3.2.8. Broto de bambu como alimento

Os imigrantes asiáticos trouxeram ao Brasil mudas de várias espécies de bambu para se abastecerem de material para construção, moveleira, artesanato e também como alimentação. Vasconcellos (2006) ressaltou a produção comercial de brotos nas regiões paulistas de Jacareí e Mogi das Cruzes, com destaque para o uso das espécies *Phyllostachys pubescens*, *Dendrocalamus latiflorus*, *Dendrocalamus asper* e *Dendrocalamus giganteus*.

Os brotos de bambu se desenvolvem a partir das gemas laterais do rizoma e representam a fase inicial do desenvolvimento dos colmos. O sabor e a textura dos brotos de bambu assemelham-se aos do palmito, produto muito apreciado na culinária nacional e cuja produção causa impactos nas florestas nativas, sobretudo devido à extração do palmito juçara (*Euterpe edulis*). Espelho (2007) mencionou que a quantidade de proteínas dos brotos de bambu (2,27% a 4,37%) é superior à do palmito (2,18%), sendo que a quantidade de açúcares totais é semelhante para bambus e palmito, excetuando-se o *Dendrocalamus asper*, para o qual os teores são mais elevados.

De modo semelhante às raízes de mandioca, que contém elevado teor de ácido cianídrico, o broto de bambu deve ser cozido em água para tornar-se palatável. Além das proteínas, o broto de bambu é fonte de fibras, cálcio, fósforo, vitaminas B1, B2 e C (MANHÃES, 2008), e seu consumo regula o aparelho digestório, a pressão sanguínea, diminui a gordura, previne o surgimento de doenças cardiovasculares e de células cancerígenas.

Muito utilizados no continente asiático, os brotos de bambu representam uma importante fonte de alimento e renda. Malab et al. (2009) estimaram em 300 – 400 brotos/ha/ano a produtividade de brotos de bambu da espécie *Bambusa blumeana* Schultes nas Filipinas, muito apreciados na culinária local, obtido por meio do manejo integrado para produção de brotos e colmos para fins, respectivamente, de alimentação e construção.

3.3. Bambu e conservação ambiental

O bambu se apresenta como sendo uma alternativa às madeiras normalmente utilizadas na construção civil e na fabricação de móveis, aliviando a pressão exercida sobre as espécies florestais, principalmente de espécies consagradas por suas características peculiares.

A devastação florestal pode levar à extinção de grupos inteiros de espécies, dada a complexidade de relações entre elas. A floresta tropical úmida é o ecossistema de maior

biodiversidade, apresentando, portanto, grandes dificuldades quanto ao seu entendimento e quanto à sua conservação genética (KAGEYAMA, 1987).

A escolha de determinadas madeiras de utilização consagrada, como pinheiro-do-paraná, peroba-rosa, cedro, marfim, garantã e ipê, aliadas à sua utilização intensiva, tornou-se um grave problema, principalmente no estado de São Paulo (BERALDO, 1991). De acordo com Embaye (2000), a escolha óbvia para a substituição dessas madeiras deveriam ser os bambus nativos, de rápido crescimento e mais adaptados tanto ao clima quanto ao solo da região. Naturalmente, a substituição depende do uso a que se destinam essas madeiras citadas, procurando estabelecer o equilíbrio entre o seu uso e o uso do bambu.

O IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), objetivando fomentar o setor florestal nacional, estabeleceu em 2002 o Programa Nacional de Florestas – PNF. A partir da proposta de agregar a cultura do bambu às políticas públicas do PNF, foi realizada, em maio de 2005, a primeira “Reunião de avaliação e perspectivas do uso sustentável do bambu no Brasil”, entre pesquisadores, técnicos, diretores de ONGs representantes de empresas ligadas ao tema e Ministério do Meio Ambiente com objetivo de criar o Programa Nacional do Bambu (VASCONCELLOS, 2006; MANHÃES, 2008).

3.4. Anatomia do bambu

O bambu é constituído basicamente por um sistema radicular fasciculado, e por rizomas e colmos, que constituem a parte aérea (Figura 6). Não raro, estes são considerados como indivíduos independentes, talvez em analogia à organização das árvores. Porém, uma touceira de bambu pode ser considerada como se fosse apenas um indivíduo, sendo os colmos conectados entre si pelos rizomas.

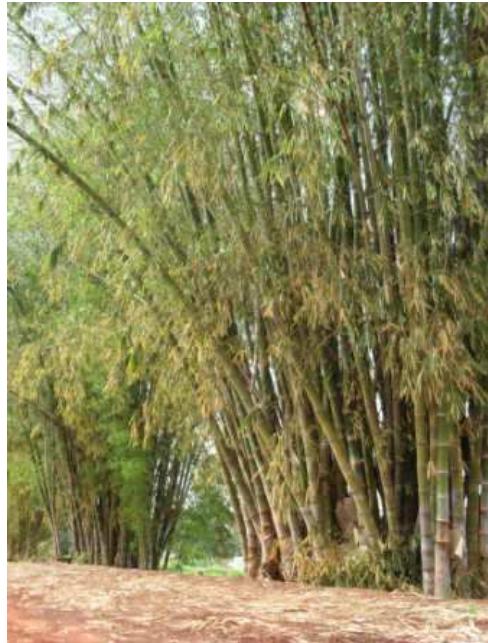


Figura 6: Touceiras de bambu gigante na FEAGRI – UNICAMP.

O rizoma, além de armazenar nutrientes, é também o responsável pela dispersão de algumas espécies de bambu. Conjuntos de células meristemáticas (gemas) nestes órgãos diferenciam-se para formar novos colmos e prolongar a estrutura do rizoma, conquistando, desta forma, novos territórios.

Conforme a maneira como o rizoma se ramifica, os bambus se classificam em leptomorfos ou paquimorfos. Pereira e Beraldo (2008) reuniram as principais características dos dois grupos:

- Leptomorfos, alastrantes ou monopodiais: São bambus resistentes a baixas temperaturas, podendo ser encontrados em regiões de clima temperado. Seu rizoma é delgado, longo, cilíndrico, interrompido por diafragmas a cada nó (Figura 7). Externamente, os nós apresentam conjuntos de células meristemáticas, chamados de gemas, que podem dar origem a novos colmos ou rizomas. Este tipo de rizoma pode crescer até 6 m por ano, formando uma teia subterrânea que pode alcançar de 50 a 100 km lineares por hectare. Os principais representantes deste grupo pertencem aos gêneros *Arundinaria* e *Phyllostachys*.



Figura 7: Rizoma leptomorfo de bambu alastrante.

- Paquimorfos, entouceirantes ou simpodiais: Bambus amplamente distribuídos nas regiões quentes e tropicais, sendo menos resistentes a baixas temperaturas. Os rizomas, curtos, sólidos e grossos, apresentam internós assimétricos (Figura 8). Das gemas laterais, assim como nos representantes do grupo leptomorfo, formam-se novos rizomas ao redor dos mais velhos. Esse tipo de crescimento ocasiona o agrupamento dos colmos em forma de touceira, que pode chegar a ter dezenas de colmos. O grupo reúne os gêneros *Bambusa*, *Guadua*, *Dendrocalamus* e *Gigantochloa*.



Figura 8: Rizoma paquimorfo de bambu entouceirante.

Alguns bambus são considerados lenhosos pelas características dos seus colmos. Seus elementos celulares, entretanto, se distribuem de maneira peculiar, muito diferente da madeira. Chama atenção a ausência de elementos anatômicos orientados na direção radial.

3.5. Deterioração do bambu

De acordo com Liese (2003), o bambu não produz substâncias tóxicas durante sua vida, diferentemente da maioria das árvores, o que favorece sua degradação por agentes biológicos. Os principais organismos responsáveis pela degradação da madeira são fungos, insetos, bactérias e crustáceos (HIGHLEY, 1999), destacando-se os xilófagos da ordem Coleoptera, que inclui as famílias Anobiidae, Buprestidae, Scolytidae, Cerambycidae, Platypodidae, Lyctidae e Bostrichidae.

Dentro da família dos bostriquídeos, destaca-se o gênero *Dinoderus*, que reúne insetos responsáveis por causar graves prejuízos econômicos às atividades agrícolas. Matoski (2005) relatou a importância de estudar-se a espécie *D. minutus* devido a sua intensa proliferação em lâminas de madeira estocadas provenientes de espécies tropicais, como sumaúma, copaíba e tauari. Sen-Sarma (1997), citado por Ahmed e Zulfiqr (2006), referiu-se ao inseto como sendo uma importante praga da madeira e do bambu em construções rurais na Índia. Plank (1947)

classificou a espécie como sendo a principal barreira para o desenvolvimento da cultura do bambu em Porto Rico, devido aos intensos ataques sofridos pelos colmos secos. No Brasil, o *Dinoderus minutus* é conhecido popularmente como broca do bambu ou caruncho-do-bambu, tamanha é sua associação com a planta. Trata-se de um coleóptero da família Bostrichidae, que inclui insetos de importância econômica, principalmente broqueadores de madeira, de onde algumas espécies têm migrado para grãos, leguminosas, raízes e tubérculos secos, constituindo-se em verdadeiras pragas (Figura 9).

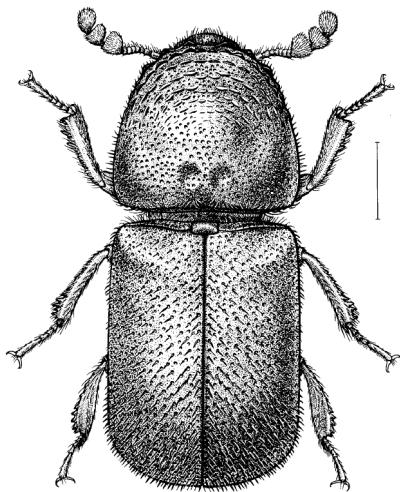


Figura 9: *Dinoderus minutus* (Fabricius, 1775) (Bostrichidae, Dinoderinae). Escala: 0,5 mm
Fonte: Bousquet (1990).

3.6. *Dinoderus minutus*

Materiais orgânicos armazenados estão sujeitos a sofrer ataque de insetos. Os danos geralmente estão relacionados com a escavação de galerias pelos insetos à procura de abrigo, de alimento ou de locais apropriados para realizar a oviposição. Os materiais atacados podem ser deteriorados ou contaminados pelos insetos, causando grandes prejuízos econômicos para as indústrias que lidam com estes materiais. Borror et al. (1989) estimaram uma perda anual de cerca U\$ 1 bilhão devida ao ataque de insetos em produtos armazenados nos Estados Unidos.

A Classe Insecta abrange todos os insetos, subdividindo-se em diversas Ordens. A mais abrangente é a Ordem Coleoptera, que representa cerca de 40% de todos os insetos conhecidos (BORROR et al., 1989). Com mais de 300.000 espécies descritas, pode-se afirmar que 30% dos animais conhecidos são besouros (LAWRENCE e BRITTON, 1991). Dentre os

coleópteros que causam danos à madeira estocada destacam-se os representantes das famílias Anobiidae, Bostrichidae, Cerambycidae, Lyctidae, Platypodidae e Scolytidae. Os representantes da família Bostrichidae, dentre eles o *D. minutus*, apresentam corpo alongado, como se fossem cilíndricos; a cabeça é curvada em direção ao ventre e dificilmente pode ser vista de cima, protegida que é pelo pronoto. As antenas são retas com três ou quatro segmentos proeminentes (BORROR et al., 1989).

D. minutus caracteriza-se por apresentar duas depressões evidentes na porção dorsal do pronoto, próxima ao abdômen (Figura 10). Além disso, o inseto apresenta uma pequena elevação no centro de cada uma das pontuações, particularmente evidentes na declividade apical dos élitros (SCHÄFER et al., 2000) (Figura 11).

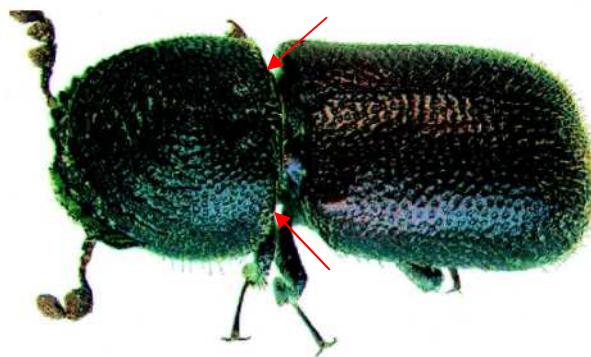


Figura 10: *D. minutus*. Setas apontando para depressões no pronoto.

Fonte: Schäffer et al. (2000).



Figura 11: Detalhe das pontuações no élitro de *D. minutus*.

Fonte: Schäffer et al. (2000).

D. minutus é considerado como sendo uma praga que ataca o bambu e outros tipos de madeira seca em armazenamento, causando sérios danos aos materiais e tornando-os inutilizáveis para vários fins (AHMED e ZULFIQR, 2006), com importantes reflexos econômicos na construção e em movelearia. A espécie é cosmopolita e se desenvolve frequentemente em bambu cortado (COSTA LIMA, 1953), representando um grande impacto na economia por degradar artesanatos, móveis e construções com bambu.

Apesar de seu importante papel na decomposição natural da matéria orgânica no ambiente florestal, a presença do inseto em depósitos de madeira é muito preocupante, resultando em grandes perdas nos estoques de indústrias de laminados, compensados e móveis de madeira no Brasil. A dispersão do inseto ao redor do mundo se deve, sobretudo, às suas características biológicas e às atividades econômicas desenvolvidas pelo ser humano, intensificadas com o desenvolvimento e a expansão do comércio ultramarino.

A sua grande capacidade de infestar grãos e madeiras secas permitiu que esse inseto se espalhasse pelo mundo por meio do comércio desses produtos entre os países. Os carregamentos de grãos transportados em navios com grande quantidade de madeiramento e a ausência quase total de iluminação durante longas viagens foram potencializadores da dispersão dos insetos.

Segundo Hill (1983), citado por Ahmed e Zulfiqr (2006), a broca do bambu ocorre na Índia, Filipinas, sul da China e em Bangladesh. Oliveira et al. (2002) relataram a ocorrência da broca do bambu em Gana, Zâmbia e Tanzânia. Também há relatos de sua ocorrência em outras partes do mundo, como Estados Unidos e Venezuela (BINDA e JOLY, 1991).

O clima favorável e as condições de armazenamento de madeira e grãos no Brasil tornam o inseto uma praga amplamente disseminada no território nacional. É comum, no Brasil, que o bambu seja armazenado em locais com pouca iluminação nas oficinas e ateliês em que se trabalha com este material (Figura 12). Esta prática é um dos fatores que favorecem o crescimento das populações de insetos broqueadores do bambu.



Figura 12: Bambu armazenado em oficina de artesanato em Campinas – SP.

D. minutus apresenta ciclo de vida, distribuição, hábitos alimentares, crescimento e desenvolvimento relacionados fortemente às condições ambientais prevalentes (GARCIA e MORRELL, 2009). Em condições adequadas para seu desenvolvimento, as populações de brocas do bambu causam graves danos ao bambu armazenado, visto que o seu ciclo de vida ocorre praticamente todo dentro desse material.

As brocas abrem galerias para oviposição e, logo depois, fecham as entradas com o próprio pó gerado durante as perfurações (MATOSKI e ROCHA, 2006). Segundo Garcia e Morrell (2009), os ovos são alongados ($180/220 \mu\text{m} \times 810 \mu\text{m}$) e são colocados principalmente no metaxilema, que são os vasos mais largos do bambu, localizados nas camadas internas das paredes dos colmos, havendo, portanto, espaço suficiente para eles. O menor diâmetro dos vasos em algumas espécies de bambu pode explicar a resistência natural delas à infestação pelas brocas.

Considerando as dimensões dos elementos celulares dos bambus, pode-se inferir que os elementos preservativos, dependendo de sua natureza, serão mais facilmente depositados nos vasos do metaxilema. Espelho (2007) verificou a distribuição desigual de elementos químicos ao longo dos constituintes anatômicos do bambu após efetuar o tratamento dos colmos pelo método de Boucherie Modificado, relatando a deposição do preservativo químico basicamente nos vasos. Tais dados apontam para a possibilidade de os tratamentos inviabilizarem a oviposição de *D. minutus* no bambu, preenchendo os vasos com elementos tóxicos ou

tornando-os impróprios pela toxicidade dos preservativos, interrompendo, desta forma, o ciclo de vida dos insetos.

Adultos de *D. minutus* apresentam hábitos crepusculares, sendo mais ativos em condições de baixa luminosidade (MATOSKI e ROCHA, 2006). A intensidade luminosa provoca mudanças fisiológicas nos insetos, fazendo-os procurar abrigos (WILLIANS e SINGH, 1951 apud SARLO, 2000). O fotoperíodo, portanto, é um fator determinante para a deterioração do bambu pelas brocas do bambu (Figuras 13 e 14), devendo ser considerado tal fato em projetos de controle biológico dos insetos e de preservação do bambu armazenado.



Figura 13: Bambu deteriorado por *D. minutus*. Detalhe do pergaminho solto da peça devido à ação dos insetos



Figura 14: Nô de bambu gigante deteriorado por *D. minutus*. As fibras soltas, na camada interna da peça, evidenciam a preferência dos insetos por esta região do bambu.

Outro inseto, da família Cerambycidae, apareceu recentemente no Brasil e está causando prejuízos para artesãos, construtores e moveleiros que utilizam o bambu em Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo. Conhecido como ‘tigre’, o coleóptero, assim como o *D. minutus*, ovipõe no bambu e suas larvas são as principais responsáveis pela deterioração (Figura 15). O inseto foi classificado no Laboratório de Entomologia do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal do Instituto Biológico, em São Paulo, pelo pesquisador Dr. Sérgio Ide, como pertencente à espécie *Chlorophorus annularis* (Fabricius, 1787). O estudo sobre a biologia do inseto é essencial para subsidiar trabalhos que visem seu controle.



Figura 15: Bambu mossô deteriorado por *Chlorophorus annularis*.

3.7. Tratamento preservativo para o bambu

O bambu tem grande potencialidade na construção civil, desde que seja bem utilizado em edifícios e desde que estes sejam projetados, construídos e mantidos de forma adequada. Entretanto, frequentemente algum desses aspectos é negligenciado na construção, permitindo a entrada e o desenvolvimento de agentes degradantes, como insetos e fungos (NUNES, NOBRE e SAPORITI, 2000). Dentre as inúmeras maneiras de aumentar a durabilidade das madeiras, destacam-se seu manejo adequado, do corte à destinação final, e o tratamento com soluções preservativas. Cardoso Junior (2000) afirmou que a resistência dos bambus ao ataque de fungos pode ser incrementada significativamente pela adoção de medidas, tais como a adequada manipulação do material desde o corte no campo até a montagem no local da

construção, além de um projeto arquitetônico adequado que propicie que o bambu esteja resguardado dos elementos naturais que possam vir a degradá-lo.

O tratamento preservativo deve ser adequado ao uso final que se pretende dar ao bambu, seja na construção, em movelearia ou em outras aplicações.

Diferentes procedimentos de tratamento da madeira foram citados por Ibach (1999), utilizando desde a alta pressão e vácuo, imersão, difusão, até a mistura de algumas dessas técnicas para aplicação do preservativo. Espelho (2007) ilustrou alguns desses procedimentos para aplicação no bambu, ressaltando as diferenças entre tratamentos tradicionais ou naturais e tratamentos químicos.

3.7.1. Procedimentos tradicionais

Alguns desses procedimentos consideram características tradicionalmente associadas à durabilidade do bambu, como a fase da lua e o mês do corte do colmo, sugerindo que a durabilidade do bambu seria influenciada por tais fatores. Sarlo (2000) pesquisou a influência das fases da lua e da época de corte de diferentes espécies de bambu em relação ao grau de ataque pelas brocas do bambu, refutando a hipótese da crença popular segundo a qual o bambu cortado nos meses sem ‘r’, que corresponde à estação fria no hemisfério sul, seria menos atacado por brocas. Os resultados obtidos apontaram para uma maior quantidade de furos de brocas do bambu nas amostras cortadas nos meses de julho e agosto do que nas amostras cortadas entre setembro e novembro. Os resultados também contrariaram a crença popular de que o bambu deve ser retirado nos três últimos dias da lua minguante ou nos três primeiros dias da lua nova. O bambu cortado na lua cheia foi menos atacado do que nas demais fases da lua. Tais dados apontam para a necessidade de realização de pesquisas aprofundadas para determinar a influência desses aspectos na durabilidade do bambu.

Outro fator tradicionalmente considerado na escolha dos colmos é a sua idade, sendo que, para fins estruturais, o bambu deveria ser colhido quando atinja seu máximo grau de maturação, grau este dependente da espécie considerada e das condições ambientais a que o colmo estiver exposto (qualidade do solo, pluviosidade, etc.).

Hidalgo-López (2003) concluiu não haver relação entre as fases da lua e o ataque por brocas do bambu, embora houvesse relação entre a idade dos colmos e a susceptibilidade do bambu Guadua ao ataque das brocas. O pesquisador relatou o corte de cerca de 850.000 colmos de 3 m de bambu Guadua (*G. angustifolia*) e uma variedade conhecida como ‘Guadua cebolla’

(ainda não identificada taxonomicamente), em 1987, na Colômbia. Os colmos escolhidos tinham mais de três anos e foram cortados sem se preocupar com as fases da lua, sendo todos tratados com uma solução de pentaclorofenol. Após seis meses no campo, sendo usados como estacas na produção de ‘pitahaya’ (uma fruta tropical), verificou-se que apenas 1% das estacas haviam sido atacadas por brocas do bambu.

A diversidade de espécies e do tipo de manejo para o corte do bambu torna importante a realização de novas pesquisas, com a intenção de elucidar a influência desses fatores popularmente relacionados à durabilidade do bambu.

3.7.1.1. Bambu ‘avinagrado’

A maturação no local da colheita é utilizada tradicionalmente na Colômbia e Equador, consistindo na fermentação dos grãos de amido na própria touceira da qual o colmo é retirado. Para tal, os colmos escolhidos devem ser cortados e deixados na touceira, apoiados nos colmos remanescentes. Hidalgo-López (2003) sugeriu que os colmos sejam separados do solo por uma pedra, e que os colmos sejam deixados por quatro semanas na touceira com seus ramos e folhas, creditando a tal tratamento o aumento da resistência contra brocas, mas não contra cupins e fungos. A hipótese é de que os grãos de amido sejam degradados, tornando-se impalatáveis para as brocas do bambu.

3.7.1.2. Imersão em água

Os colmos de bambus são amarrados e imersos em água, com auxílio de pedras ou madeiras para não flutuarem. O procedimento garantiria a lixiviação ou degradação do amido por bactérias. Espelho (2007) considerou a possibilidade de usar água quente, opção que aparentemente favoreceria a extração do amido. O autor citou ainda o tratamento efetuado com água salgada, realizado por um pesquisador cubano, de forma empírica, sugerindo que a preservação se daria pela ação do cloreto de sódio ou de sua combinação com outros componentes da água salgada. Li et al. (1987) apud Hidalgo-López (2003) relataram o tratamento de bambu e de madeira com sobrenadantes de água marinha contendo de 2% a 7% de sais, com soluções eletrolíticas contendo água e cloreto de sódio ou ainda com soluções contendo água do mar e ácidos. Ashaari e Mamat (2000) relataram a redução das quantidades de amido em três espécies de bambu (*Dendrocalamus asper* Backer, *Bambusa vulgaris* Schrad var. *striata* e *Gigantochloa wrayi* Gamble), tratados por imersão em água corrente na

Malásia. Resultado semelhante foi obtido por Garcia et al. (1997) após o tratamento do bambu em água corrente contra a deterioração por fungos e brocas do bambu.

3.7.1.3. Banho quente-frio

O bambu é imerso em um tanque com água aquecida a 90 °C por 30 min e depois é colocado em banho frio por algumas horas. Os grânulos de amido são decompostos termicamente e eliminados no processo; este procedimento é muito utilizado na produção de papel de bambu.

3.7.1.4. Fogo

Essa técnica é apropriada para bambus de pequeno diâmetro; o bambu é queimado com maçarico, gás de cozinha ou fogueira, sempre de uma extremidade a outra, seguindo o mesmo sentido, possibilitando a degradação térmica do amido. O colmo adquire uma coloração diferente no processo, além de ocorrer a impermeabilização do bambu devido ao derretimento da cera presente nas camadas externas do colmo. A técnica é utilizada tradicionalmente para confecção de varas de pescar. Vasconcellos (2006) citou a produção de cerca de 360.000 a 480.000 varas de pescar por mês, feitos com a espécie *Phyllostachys aurea* Carr. ex A.& C. Rivière, na região de Brotas, interior de São Paulo.

3.7.2. Procedimentos químicos e fisicoquímicos

Outro método usado para aumentar a durabilidade do bambu é a aplicação de preservativos químicos ou biológicos. A escolha do preservativo depende da propriedade que se pretende resguardar (física, mecânica ou estética) e a eficiência do tratamento está relacionada à capacidade de penetração e retenção do preservativo usado e às características próprias da madeira (ou do bambu). Vários podem ser os procedimentos e os produtos utilizados.

3.7.2.1. Transpiração foliar

Os estômatos são estruturas presentes nas folhas, responsáveis pela transpiração e pela sucção da seiva através das diferenças de pressão ao longo do corpo das plantas. Após o corte dos colmos de bambu, as folhas continuam cumprindo essas funções durante certo tempo. O tratamento consiste em colocar os bambus recém cortados em posição vertical em contêiner contendo a solução preservativa que será aspirada verticalmente pela ação dos estômatos.

3.7.2.2. Pincelamento, aspersão ou pulverização

Métodos de eficiência duvidosa, onde se utilizam pincéis, pulverizadores ou aspersores para aplicar o preservativo no bambu. O problema reside no fato de que os bambus apresentam uma epiderme praticamente impermeável na camada externa do colmo e um pergaminho na parte interna, de maneira que o preservativo somente entra nos colmos pelas extremidades cortadas (inclusive da região de onde foram retirados os ramos).

3.7.2.3. Defumação

Os colmos de bambu são perfurados e colocados em contêineres onde são queimados resíduos vegetais. A fumaça impregna os bambus interna e externamente por substâncias tóxicas. As temperaturas elevadas provocam a degradação dos grãos de amido, além de alterar a cor dos colmos, escurecendo-os.

3.7.2.4. Autoclave

Procedimento semelhante ao aplicado em madeiras, no entanto, necessitando de alguns cuidados adicionais. Os colmos devem ser perfurados em seus diafragmas para não estourarem no início do processo, quando o bambu é submetido ao vácuo. O bambu deve estar seco ao ar e, para tal, deve ser primeiramente protegido do ataque por brocas antes de ser colocado na autoclave. O tratamento é mais adequado quando os bambus encontram-se na forma de taliscas.

3.7.2.5. Substituição de seiva

Aplica-se a colmos recém cortados e consiste na substituição da seiva por preservativos químicos. Pode ser realizado com a pressão atmosférica, colocando-se o preservativo no topo do colmo e usando a parte interna do próprio colmo como reservatório, substituindo a seiva gradualmente. Em 1873, Boucherie propôs uma alteração no procedimento, com o uso de pressão, diminuindo, deste modo, o tempo necessário para se realizar o tratamento.

3.7.2.6. Boucherie modificado

Aplicado a bambus de paredes mais espessas (os de parede fina podem colapsar pelo uso da pressão elevada), o procedimento é uma variação da substituição de seiva. O preservativo é introduzido no bambu pela extremidade superior por meio de pressão hidrostática. O preservativo atinge principalmente os vasos, elementos celulares de maior diâmetro no bambu. A passagem para as fibras e células parenquimáticas (nestas se armazena o amido),

ocorre por difusão, através das perfurações existentes nos elementos celulares do bambu. A eficiência do tratamento depende fortemente das características do preservativo utilizado.

3.7.2.7. Banho quente-frio

Apropriado para preservativos oleossolúveis, o tratamento consiste na imersão dos colmos em solução preservativa aquecida à determinada temperatura, dependente do tipo de produto utilizado. Manalo e Acda (2009) realizaram tratamentos de três espécies de bambu (*Bambusa vulgaris* Schrad, *Bambusa blumeana* Schultes e *Dendrocalamus asper* Backer) com óleo virgem de coco a temperaturas entre 160 °C e 200 °C. Espelho (2007) citou temperaturas de 90 °C a 100 °C, ressaltando haver um limite superior de temperatura devido ao tipo de veículo oleoso empregado. Este aumento de temperatura diminui a viscosidade do óleo e causa a expansão das células do bambu abrindo seus poros. Após certo intervalo de tempo, os colmos são retirados e colocados em outro recipiente com a mesma solução, agora em temperatura ambiente, permitindo a absorção mais eficiente do preservativo. Após o tratamento, os colmos são deixados em posição vertical para que se possa recolher o excesso do produto.

3.8. Ácido Pirolenhoso

O preservativo escolhido para o tratamento do bambu ou madeira deve ser adequado ao uso final do material. Beraldo (1991) afirmou que os principais preservativos usados no tratamento da madeira são os óleos solúveis, como o creosoto e o carbolíneo, e os hidrossolúveis, como o arsenato de cromo-cobre (CCA), borato de cromo-cobre (CCB) e cloreto de zinco. Tais preservativos devem ser retidos pela peça tratada por longo tempo, devendo penetrar profundamente na madeira e não podem acarretar danos aos componentes metálicos que ficarem em contato com a mesma (ligações, arame farpado, pregos etc.). No caso de móveis ou estruturas que ficarão em contato direto com o usuário, deve-se optar por preservativos que não causem qualquer impacto em sua saúde. Em 2003, a *Environmental Protection Agency – USA* (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) restringiu algumas aplicações da madeira tratada com CCA nos Estados Unidos, decisão semelhante à tomada pelo *enHealth Council*, ligado ao Departamento de Saúde do governo australiano, que recomendou que madeiras tratadas com esse produto deixassem de ser utilizadas a partir de 2006 em estruturas tais como móveis de jardim, mesas de piquenique, brinquedos de parques

infantis, pátios internos, decks e corrimões (ENHEALTH COUNCIL, 2005). No Brasil, o pentaclorofenol apresenta restrições quanto à sua utilização desde 2006.

O ácido pirolenhoso é obtido por meio da decomposição térmica de matéria orgânica na ausência de oxigênio. Durante a queima de qualquer matéria orgânica, como madeira ou restos agrícolas, há a formação de três fases distintas: uma sólida – o carvão vegetal, uma gasosa e uma líquida, que é a fração pirolenhosa. Desde que sejam utilizados sistemas adequados para a coleta, podem ser aproveitados os gases não condensáveis e os condensados pirolenhosos.

Associado à produção de carvão vegetal, atividade comum nas propriedades rurais do Brasil, o ácido pirolenhoso tem diversas utilidades. No Japão, é utilizado há séculos como adubo, fortificante foliar e defensivo agrícola, sobretudo na produção de orgânicos. Na China, seu uso é relatado há milênios, enquanto que, na Índia, foi muito utilizado na cura de doenças. No início do século XIX o extrato pirolenhoso já era produzido industrialmente na Inglaterra, sendo utilizado na coloração do linho e atendendo à demanda do setor têxtil daquele país (CAMPOS, 2007). Atualmente, o Brasil figura entre os principais produtores, ao lado de Japão, China, Indonésia, Malásia, Chile e outros países do sudeste asiático e da América do Sul.

Segundo o agrônomo Shiro Miyasaka, em reportagem da revista Globo Rural, fundador da Associação dos Produtores de Agricultura Natural de São Paulo, tido como um dos maiores especialistas no uso do extrato pirolenhoso na agricultura, o extrato é composto por centenas de substâncias químicas. A diluição deve ser específica e adequada ao uso que se pretende fazer do ácido pirolenhoso. Na verdade, o extrato pirolenhoso bruto é composto pelo ácido pirolenhoso, óleos vegetais e alcatrão, fases que podem ser separadas por decantação ou destilação (GLASS, 2001).

A presença do alcatrão merece especial atenção devido a seu alto potencial poluente (FAO, 1987) e por apresentar compostos cancerígenos. As orientações técnicas devem ser rigorosamente seguidas durante a produção do ácido pirolenhoso, e pesquisas sobre sua diluição ideal se mostram essenciais para viabilizar sua utilização segura no tratamento do bambu para diversos fins.

3.9. Ultrassom

Os ensaios não destrutivos (END) têm sido utilizados como alternativa aos ensaios destrutivos clássicos para avaliação da deterioração de materiais expostos às intempéries. A princípio, acredita-se que o método de ultrassom seja suficientemente sensível para detectar alterações causadas pelo ataque de brocas do bambu. Tal método está baseado na propagação de ondas sonoras de alta frequência através do material em análise. A velocidade de tais ondas varia em função dos espaços vazios ou de descontinuidades, que podem indicar defeitos causados pela deterioração do concreto, por exemplo (LORENZI et al., 2003).

Dentre as vantagens do uso deste tipo de ensaio, está a possibilidade de se determinar as características do material sem necessariamente alterar as suas capacidades de uso final (OLIVEIRA et al., 2003). Supõe-se que as alterações estruturais causadas pela ação das brocas possam vir a ser mensuradas observando-se uma possível diferença na velocidade do pulso ultrassônico (VPU) obtida antes, durante e após a exposição dos corpos de prova à ação dos insetos (Figura 16).



Figura 16: Corpo de prova deteriorado por *D. minutus*.

De acordo com Espelho (2007), os valores médios da VPU através da madeira e do bambu variam de acordo com a tabela 2. Podem influenciar na magnitude da VPU, fatores como a presença de defeitos, nós, falhas naturais decorrentes do ataque de organismos xilófagos, dentre outros. Nestes casos, a descontinuidade das fibras (após a degradação), por onde as ondas passam preferencialmente, pode acarretar na diminuição da VPU medida.

Tabela 2: VPU média para a madeira e bambu secos em diversas posições.

VPU (m/s)		
Posição	Madeira seca	Bambu seco
Radial	2500	1000
Tangencial	1700	1000
Longitudinal	5000	5000

Fonte: Espelho (2007)

É importante mencionar que, no bambu, a posição radial é a que vai da camada externa à interna (pergaminho), uma vez que o bambu não apresenta raios, diferentemente da madeira. A posição tangencial, por sua vez, é aquela que acompanha uma linha tangente à circunferência formada pelo bambu, de modo semelhante às demais madeiras.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente projeto foi realizado no Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas e no Laboratório de Pós-Colheita, ambos pertencentes à Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

O ácido pirolenhoso e as taliscas de *Dendrocalamus giganteus* Munro foram cedidos pela empresa Oré Brasil, situada em Campo Alegre – SC, por meio de uma parceria com a Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Associação Catarinense do Bambu (BambuSC).

4.1. *Dinoderus minutus*

4.1.1. Determinação da espécie

Conforme metodologia proposta por Gallo et al. (2002) para determinação das espécies das brocas do bambu, trinta insetos foram coletados, e foram sacrificados em um frasco de vidro contendo algodão embebido em clorofórmio. Três deles foram fixados em alfinete entomológico pelo procedimento de dupla montagem. Cada um dos insetos foi colado com esmalte de unha incolor, na extremidade de um pequeno triângulo de cartolina. Estes foram transpassados no alfinete nas posições dorsal, ventral e lateral (figura 17). Além dos insetos para identificação foram ainda enviados, para o Laboratório de Entomologia do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal em São Paulo – SP, um diafragma e uma talisca de bambu gigante, ambos infestados, para auxiliar na compreensão dos hábitos dos insetos, ferramenta essencial para a determinação da espécie em alguns casos.



Figura 17: *Dinoderus minutus* fixados conforme metodologia descrita por Gallo et al. (2002)

4.1.2. Criação de insetos para os ensaios

Os insetos foram retirados de taliscas e de diafragmas obtidos de colmos de bambu gigante altamente infestados, retirados do Campo Experimental da FEAGRI. O bambu infestado foi mantido sem fotoperíodo em caixas plásticas com medidas nominais de 60 cm de comprimento x 38,5 cm de largura x 31,5 cm de altura, com alças de travamento e sem fechamento hermético, chamadas de caixas de criação (Figura 18). À tampa de cada caixa foi adaptada uma rede para impedir o trânsito de insetos entre as caixas.



Figura 18: Caixa de criação com partes de colmos de bambu gigante

As taliscas e diafragmas de bambu gigante secos fornecem os aminoácidos, amido e carboidratos simples, essenciais para o desenvolvimento dos insetos (HAOJIE, VARMA e TIANSEN, 1996 apud MATOSKI, 2005).

Os diafragmas do bambu gigante e sua parede interna apresentam as condições mais favoráveis à infestação por *D. minutus* por possuírem grande quantidade de células parenquimáticas, onde se armazena o amido (Figura 19).

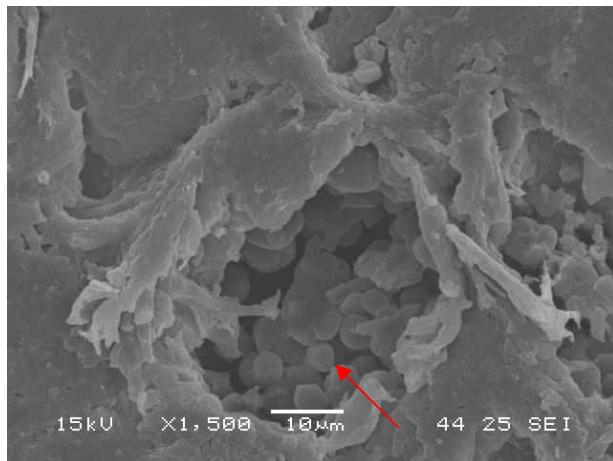


Figura 19: Corte transversal em bambu gigante. Célula parenquimática com grânulos de amido armazenado (seta). Aumento de 1.500x

Além disso, o manejo dos insetos é favorecido pela baixa proporção de fibras nessas regiões do bambu. Os feixes de fibras são muito resistentes ao ataque e dificultam o acesso das brocas. Portanto, a eliminação de tais regiões diminui o estresse dos insetos nos ensaios, diminuindo a influência deste fator nos resultados obtidos.

4.1.3. Quantidade de insetos para os ensaios

Novecentos adultos de *D. minutus* foram retirados da caixa de criação e colocados em contato com os corpos de prova na primeira semana do experimento. A norma técnica alemã DIN EN 20-1 (1992), que se refere ao *Lyctus brunneus*, determina que os corpos de prova sejam expostos à ação de oito insetos, sendo quatro fêmeas e quatro machos (MATOSKI, 2005). Tendo em vista que a determinação do sexo de *D. minutus* é extremamente complicada, pois tem de ser feita na fase larval, optou-se por adotar um número de insetos que garantisse estatisticamente a presença de quatro casais por corpo de prova nos ensaios de deterioração (Tabela 3). Para tal, foi utilizada a Distribuição Binomial, que retorna a probabilidade ‘p’ de existência de um número ‘x’ de sucessos a partir de um número ‘n’ de tentativas a partir da fórmula:

Equação da distribuição binomial

$$B(x, n, p) = \sum_{y=0}^x b(y, n, p)$$

- $X = 105$ (corpos de prova) $\times 4$ (pares de insetos) = 420 pares

- Para garantir a presença de 420 pares de insetos, foi calculado um ‘N’ em que a probabilidade de presença de 419 fêmeas ou menos (cumulativo) fosse estatisticamente improvável.
- Para efeito de cálculo estatístico adotou-se a distribuição igual entre os gêneros (probabilidade $S = 0,5$)

Tabela 3: Cálculo estatístico da quantidade de insetos para o ensaio

Supondo população de fêmeas = população de machos;			
Situações em que não haveria 420 pares:			
Fêmeas = {0,1,2,3...419}			
Machos = {0,1,2,3...419}			
Partindo do número mínimo de brocas (N = 840):			
Quantos insetos são necessários para garantir a presença de 420 pares de insetos?			
N	X	p (x) acumulado	p (%)
840	419	0,48623928	48,6%
850	419	0,352988303	35,3%
860	419	0,236977110	23,7%
870	419	0,146627270	14,7%
880	419	0,083450735	8,3%
890	419	0,043648492	4,4%
891	419	0,040719475	4,1%
892	419	0,037954904	3,8%
893	419	0,035348142	3,5%
894	419	0,032892617	3,3%
895	419	0,030581837	3,1%
896	419	0,028409414	2,8%
897	419	0,026369066	2,6%
898	419	0,024454640	2,4%
899	419	0,022660115	2,3%
900	419	0,020979617	2,1%

A partir de uma população de 898 brocas do bambu, a probabilidade de encontrar 419 (ou menos) insetos do mesmo sexo é de 2,4%, ou seja, estatisticamente improvável.

Os insetos foram, então, capturados com um pincel fino umedecido para evitar que fossem feridos com o uso da pinça. Foram descartados insetos pouco pigmentados, mórbidos ou accidentalmente feridos. Nas seis primeiras semanas, os insetos mortos foram substituídos para garantir a presença do número inicial de insetos inicialmente proposto para esse período.

4.1.4. Condições para criação e manejo dos insetos

Os ensaios foram realizados em câmera de crescimento de plantas com atmosfera e ambiente controlados (Conviron, modelo EF7), com controle de temperatura, que é um fator determinante no desenvolvimento das brocas (GARCIA e MORREL, 2009). O equipamento foi mantido à temperatura de 26 °C, com circulação de ar. O manejo, que consistiu na retirada e contagem dos insetos mortos e separação dos insetos vivos para aferir-se a massa e VPU dos corpos de prova, foi realizado em sala com controles de temperatura (20 ± 2 °C) e de umidade relativa do ar ($65\pm5\%$), bem ventilada, chamada de sala climatizada.

O fotoperíodo exerce influência sobre o comportamento das brocas-de-bambu, insetos de hábito crepuscular, mais ativos na ausência de luz. Para minimizar a influência deste fator, os insetos foram sujeitos ao fotoperíodo somente durante os trabalhos de manejo.

4.1.5. Determinação da massa dos insetos

A massa dos insetos é um dado importante, visto que seu ciclo de vida ocorre praticamente todo dentro do bambu e a variação de massa do corpo de prova é um parâmetro para avaliar a deterioração do material. Conforme metodologia adotada por Acda (2008), foram separados cinco grupos de dez insetos cada, cujas massas foram medidas em quatruplicata em balança analítica com sensibilidade de 0,0001g. A massa dos insetos foi estimada em $3,0 \pm 0,6$ mg.

4.2. Bambu

Os colmos de bambu gigante, adquiridos pela empresa Oré Brasil, provenientes de vários produtores rurais, foram armazenados ao abrigo das intempéries na fábrica em Campo Alegre – SC, onde foram usinados para confecção das taliscas seguindo as seguintes etapas:

- Os colmos foram divididos ao meio, na direção longitudinal (paralela às fibras);
- Das taliscas resultantes foram retiradas a camada mais interna (rica em amido) e a mais externa do bambu, formando réguas de tamanho determinado;
- Essas taliscas foram usinadas novamente para ajustarem-se às medidas exigidas pelo ensaio de deterioração. Para o uso na fabricação de móveis, as taliscas seriam coladas umas às outras e prensadas.

Os corpos de prova foram acondicionados em caixas de papelão e então foram enviados ao laboratório para a realização dos ensaios.

4.2.1. Seleção dos corpos de prova

No Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas, os corpos de prova foram selecionados seguindo os seguintes critérios:

- Ausência de falhas, cortes ou desgastes que pudessem influenciar na deterioração pelas brocas;
- Ausência de manchas profundas, indicando colonização preliminar por fungos;
- Tamanho proporcional às medidas previamente estabelecidas: 20 cm na direção longitudinal x 2 cm na direção transversal (paralela à casca) x 1,5 cm na direção ‘radial’ (transversal à casca).

As medidas mencionadas visam garantir um determinado comprimento para que a realização do ensaio não destrutivo por ultrassom seja viável. Considerando-se o valor da VPU média, através dos corpos de prova, na direção longitudinal, da ordem de 4000 a 5000 m/s, e a frequência de ressonância do equipamento utilizado (45 kHz), o comprimento mínimo dos corpos de prova deveria ser da ordem de 9 cm.

4.2.2. Obtenção de imagens para análise da quantidade de fibras

Os corpos de prova tiveram sua face transversal polida em politriz motorizada com jato d’água, de marca Panambra, modelo DP-10, para obtenção de imagens com câmera digital (Figura 20). As imagens foram trabalhadas no software LEOWorks 3.0 de modo que pudesse ser mensurada a proporção de fibras em relação aos demais elementos celulares do bambu (Figura 21). O software é originalmente utilizado para processamento (exibição, análise, melhoria e interpretação) de imagens de satélite. A sugestão é de que estes dados possam ajudar a relacionar a quantidade de fibras dos corpos de prova à sua resistência ao ataque das brocas de bambu. Segundo Liese (1998), nas paredes dos colmos de bambu, a quantidade de fibras decresce da extremidade externa em direção ao centro, ao contrário do que ocorre com o tecido parenquimatoso.



Figura 20: Face transversal de corpo de prova de bambu gigante. A parte superior da imagem apresenta uma maior concentração de feixes de fibras (manchas escuras) do que a parte inferior.



Figura 21: Imagem da face transversal de corpo de prova de bambu gigante trabalhada no software LEOWorks 3.0. Os feixes de fibras (em vermelho) representam 34,32% da área total.

4.2.3. Tratamento e preparação dos corpos de prova

As condições para o tratamento foram definidas a partir dos processos utilizados pela Empresa Oré Brasil, que utiliza uma solução aquosa de ácido pirolenhoso a 30% de concentração, aquecida a 100 °C por 3 h. O tratamento realizado pela empresa não se baseia em orientações técnicas, mas na prática empírica neste tipo de tratamento.

As variáveis observadas no tratamento foram:

- Tempo de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 min) e
- Diluição do ácido em água (0%, 10%, 20% e 30%).

Para o tratamento do bambu foi utilizado um fogão industrial de duas bocas. Os corpos de prova foram divididos aleatoriamente em grupos de 30 e acomodados em bêquer de 3 L, sobre

o qual foi adaptada uma grade para garantir que os corpos de prova estivessem submersos durante todo o tratamento (figura 22).



Figura 22: Tratamento dos corpos de prova com solução de ácido pirolenhoso.

Em outro bêquer, a solução de ácido pirolenhoso e água foi aquecida até 98 °C, temperatura em que entrava em ebulação, e então era cuidadosamente despejada sobre o bêquer contendo os corpos de prova. A cada intervalo de tempo predeterminado (15, 30, 60, 120 e 180 min), foram retirados 5 corpos de prova. Sempre que necessário, devido à evaporação, o bêquer era preenchido com solução de ácido pirolenhoso até cobrir totalmente os corpos de prova. Um dos tratamentos foi realizado somente com água em ebulação para verificar se havia influência do diluente no tratamento. Após serem retirados da solução, os corpos de prova foram deixados para secar em ambiente protegido durante 24 h e, depois, identificados com caneta para retroprojetor. Na identificação dos corpos de prova decorrentes dos diversos tratamentos, adotou-se a terminologia apresentada na tabela 4.

Tabela 4: Códigos para identificação dos corpos de prova.

Tratamento	Solução (% de ácido pirolenhoso)	Tempo de imersão durante o tratamento (min)	Repetição
T	Testemunha	15	I
A	0	30	II
B	10	60	III
C	20	120	IV
D	30	180	V

Da mesma maneira, os corpos de prova foram marcados, em sua face transversal, na porção mediana em relação à espessura e à largura (Figura 23), para facilitar o posicionamento dos sensores eletro-acústicos na medição do tempo de propagação do pulso ultrassônico.

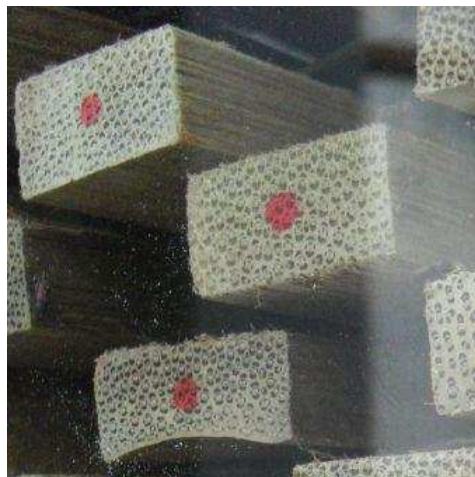


Figura 23: Corpos de prova marcados (pontos vermelhos) para o correto posicionamento dos sensores eletro-acústicos.

Os corpos de prova foram armazenados ao abrigo de intempéries e os insetos foram dispostos em caixas idênticas às de criação (descrita no item 4.1.2.). A solução de ácido pirolenhoso utilizada nos tratamentos foi armazenada em garrafas PET (Polietileno) para descarte apropriado.

4.2.4. Quantidade de corpos de prova

Foram utilizadas as seguintes quantidades de corpos de prova:

- 5 corpos de prova para cada diluição do ácido pirolenhoso;
- 5 corpos de prova usando somente o diluente (água);

- 5 corpos de prova como testemunhas (sem tratamento).

4.3. Bio-ensaios

4.3.1. Norma DIN EN 20-1

Os bio-ensaios de deterioração do bambu por brocas do bambu foram baseados, entre outros, na norma técnica européia DIN EN 20-1 (BEUTH VERLAG GMBH, 1992), que trata da eficiência de tratamentos preservativos de madeiras contra o ataque de *Lyctus brunneus* Stephen, coleóptero da família Lyctidae, que é ecologicamente muito semelhante ao *D. minutus*.

4.3.2. Dados iniciais dos corpos de prova

Os corpos de prova ficaram ambientados durante uma semana (entre 13/10/10 e 20/10/10) no equipamento Convirom (descrito no item 4.1.4), antes de ser iniciado o ensaio de degradação (primeira inoculação de insetos no dia 25/10/10). A massa dos corpos de prova foi obtida por meio da pesagem em balança analítica com sensibilidade de 0,0001 g. O volume aparente dos corpos de prova foi calculado efetuando-se o produto das medidas de suas faces tangencial, radial e longitudinal.

Para medição da velocidade do pulso ultrassônico (VPU) foi utilizado o equipamento Steinkamp BP-7, com transdutores de seção exponencial de 45 kHz de frequência de ressonância, por meio da obtenção do tempo de propagação (em μ s) das ondas. Os sensores eletro-acústicos foram posicionados na porção mediana em relação à espessura e à largura dos corpos de prova, conforme metodologia adotada por Espelho e Beraldo (2008).

4.3.3. Caixa de deterioração

Após ambientação no equipamento Conviron durante uma semana, os corpos de prova foram colocados em caixa de vidro transparente, com medidas nominais de 16 cm x 25 cm x 35 cm, chamada caixa de deterioração (Figura 24). À tampa da caixa foi adaptada uma malha para impedir a saída/entrada dos insetos.

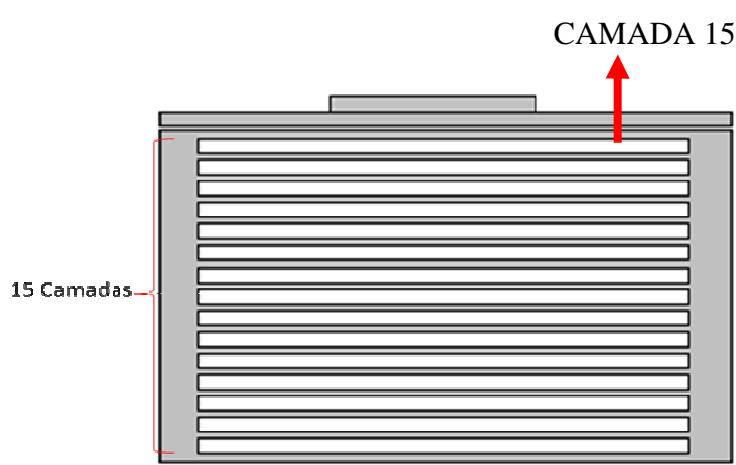
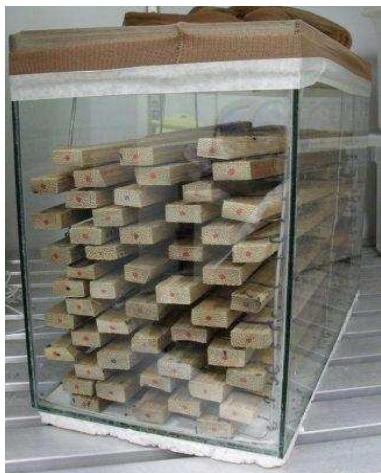


Figura 24: Caixa de deterioração (esquerda) e esquema ilustrando a organização dos corpos de prova (direita). As camadas foram numeradas de 1 a 15 em ordem crescente do fundo para a tampa da caixa.

Os corpos de prova foram dispostos em 15 camadas com 7 corpos de prova cada, colocados alternadamente para garantir igual superfície de contato para eles (figura 25).

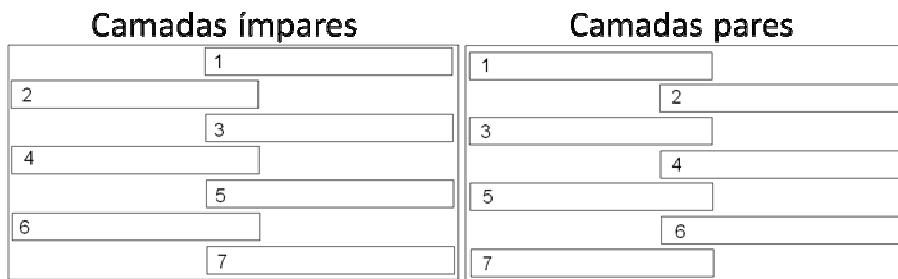


Figura 25: Vista superior da caixa de deterioração, ilustrando esquematicamente a disposição dos corpos de prova.

Os corpos de prova posteriormente foram apoiados sobre uma armação de arame de aço galvanizado nº 12, de modo a ficarem distantes 2 mm do fundo e das laterais da caixa de deterioração, possibilitando igual acesso das brocas. Entre os corpos de prova foram colocados fios de arame de aço recozido nº 18, deixando-os distantes 1,25 mm entre si (Figura 26) para possibilitar o igual acesso aos corpos de prova, eliminando a influência da posição dos corpos de prova nos resultados de ataque pelos insetos.



Figura 26: Arames colocados entre os corpos de prova para possibilitar o acesso dos insetos.

As posições dos corpos de prova foram determinadas aleatoriamente e alteradas a cada quatro semanas durante o ensaio, conforme a tabela 5.

Tabela 5: Mapa do posicionamento dos corpos de prova

Legenda: A = só diluente; B = ácido pirolenhoso a 10%; C = ácido pirolenhoso a 20%; D = ácido pirolenhoso a 30%; T = testemunhas; 15 = 15 minutos de imersão; 30 = 30 minutos de imersão; 60 = 60 minutos de imersão; 120 = 120 minutos de imersão; 180 = 180 minutos de imersão; I, II, III, IV e V = número da replicata.

Semanas 1 a 4:

posição	camada 1	camada 2	camada 3	camada 4	camada 5
1	A 15 I	C 30 I	T II	T IV	C 15 V
2	D 120 II	D 60 V	D 15 III	C 60 IV	C 60 III
3	D 60 I	B 120 II	C 60 I	B 60 II	D 180 I
4	A 180 V	A 15 II	T V	B 180 IV	B 15 V
5	B 180 I	B 180 II	D 60 III	A 15 V	B 180 III
6	T III	T I	C 30 IV	B 30 I	D 30 I
7	D 15 II	A 30 III	C 180 II	C 60 V	C 15 IV
	camada 6	camada 7	camada 8	camada 9	camada 10
1	C 15 III	C 180 III	B 15 IV	D 120 I	B 30 IV
2	B 30 II	A 30 I	A 180 I	D 60 IV	C 120 II
3	B 15 I	C 120 V	A 60 II	B 120 I	C 30 V
4	D 30 IV	C 120 III	C 120 I	D 30 III	D 180 III
5	A 180 IV	B 60 I	B 15 III	A 30 V	C 180 I
6	A 120 II	A 180 II	D 180 IV	A 60 IV	A 60 I
7	A 60 III	D 120 III	A 180 III	B 60 IV	A 60 V
	camada 11	camada 12	camada 13	camada 14	camada 15
1	B 60 III	B 120 V	C 180 IV	A 30 II	D 15 V
2	A 15 III	A 120 V	B 15 II	A 15 IV	A 30 IV

3	D 180 II	D 15 IV	A 120 III	D 120 V	C 120 IV
4	A 120 IV	C 15 I	B 60 V	C 30 III	B 180 V
5	C 60 II	D 30 II	D 60 II	D 30 V	C 30 II
6	A 120 I	B 120 III	D 120 IV	C 180 V	D 15 I
7	B 120 IV	B 30 V	C 15 II	D 180 V	B 30 III

Semanas 5 a 8:

posição	camada 1	camada 2	camada 3	camada 4	camada 5
1	A 120 V	B 60 V	A 120 III	C 15 V	A 15 V
2	D 30 II	A 60 I	C 180 III	D 180 II	A 30 IV
3	B 30 III	A 180 I	C 15 III	B 15 V	D 15 IV
4	C 120 III	B 180 I	B 60 III	B 30 IV	C 120 II
5	B 120 IV	C 15 IV	C 30 I	A 60 V	D 180 III
6	B 30 II	B 180 II	T I	B 60 IV	A 60 IV
7	C 30 III	C 60 V	D 120 II	D 120 I	B 30 V
	camada 6	camada 7	camada 8	camada 9	camada 10
1	A 180 V	D 15 III	T IV	B 120 I	B 60 II
2	A 30 I	D 15 I	A 60 II	B 15 II	A 30 III
3	C 120 IV	B 15 I	A 120 II	B 60 I	D 60 II
4	D 30 III	D 120 IV	B 120 III	C 30 IV	D 30 IV
5	C 120 V	A 15 I	D 180 IV	C 60 III	B 15 III
6	A 30 V	D 60 III	D 30 I	B 120 II	B 180 V
7	B 15 IV	D 60 I	C 30 II	T V	C 15 II
	camada 11	camada 12	camada 13	camada 14	camada 15
1	B 120 V	D 180 I	D 120 III	C 30 V	C 120 I
2	D 30 V	C 180 V	C 180 IV	C 60 IV	D 15 V
3	C 60 II	B 30 I	C 180 II	A 15 IV	C 60 I
4	B 180 IV	A 60 III	A 15 II	A 120 I	D 60 IV
5	T II	C 15 I	C 180 I	D 60 V	B 180 III
6	A 30 II	D 180 V	A 15 III	T III	D 120 V
7	A 180 II	D 15 II	A 180 IV	A 180 III	A 120 IV

Semanas 9 a 12:

posição	camada 1	camada 2	camada 3	camada 4	camada 5
1	C 60 IV	B 15 I	D 15 II	A 15 III	B 30 I
2	D 30 IV	A 180 I	D 60 II	B 120 IV	D 180 V
3	D 180 IV	B 180 III	B 30 V	A 120 IV	C 15 IV
4	C 60 II	A 30 I	D 60 V	B 120 II	A 60 IV
5	A 180 IV	C 15 I	D 120 V	B 180 I	D 120 IV
6	C 15 III	A 60 V	D 30 V	B 60 II	C 120 V
7	T III	C 60 III	B 30 III	D 15 III	C 30 II
	camada 6	camada 7	camada 8	camada 9	camada 10
1	B 180 II	C 180 IV	C 30 III	T IV	C 120 III
2	C 180 II	B 30 II	A 30 II	A 120 III	C 180 I
3	A 15 V	B 60 V	A 60 V	T V	A 15 IV
4	B 60 IV	C 30 V	A 30 III	A 180 III	B 60 III
5	A 60 I	B 120 V	B 15 V	A 180 V	A 15 I

6	B 15 IV	D 120 III	C 15 II	C 120 II	C 15 V
7	A 120 I	A 30 IV	D 180 III	A 60 III	C 180 V
	camada 11	camada 12	camada 13	camada 14	camada 15
1	B 120 I	D 120 I	B 15 III	A 120 V	D 30 III
2	B 180 IV	D 15 I	D 180 I	B 60 I	D 15 IV
3	D 120 II	B 120 III	C 120 I	B 30 II	T II
4	C 120 IV	D 30 I	A 30 V	D 180 II	B 60 IV
5	A 15 II	B 15 II	B 180 V	D 60 I	C 30 IV
6	D 60 III	A 60 II	T I	C 60 I	A 180 II
7	D 15 V	B 30 IV	C 180 III	C 30 I	A 120 II

Semanas 13 a 16:

posição	camada 1	camada 2	camada 3	camada 4	camada 5
1	D 60 V	A 30 IV	D 30 II	D 180 IV	A 180 I
2	B 180 IV	C 15 V	T I	C 120 IV	C 120 V
3	B 120 III	C 60 IV	D 180 II	D 120 I	B 15 III
4	D 60 III	B 30 IV	D 180 III	B 60 III	D 180 I
5	C 120 III	D 120 V	A 60 II	B 180 V	B 60 II
6	C 60 III	C 15 II	C 15 III	A 30 I	B 60 V
7	D 60 IV	A 60 IV	D 15 III	A 120 III	A 15 II
	camada 6	camada 7	camada 8	camada 9	camada 10
1	B 30 III	D 15 IV	C 30 II	A 180 III	B 60 I
2	A 60 III	D 30 I	T V	B 120 IV	D 15 II
3	A 120 II	C 15 I	B 180 III	D 60 I	B 15 I
4	B 180 I	A 180 IV	A 15 V	B 180 II	T IV
5	T III	A 15 IV	C 15 IV	D 180 V	A 180 V
6	C 180 II	D 30 IV	B 30 V	B 15 II	A 15 III
7	C 120 II	C 60 V	C 180 V	B 120 I	B 120 V
	camada 11	camada 12	camada 13	camada 14	camada 15
1	A 180 II	B 15 V	A 30 III	D 120 II	D 15 V
2	T II	D 30 III	C 60 II	B 120 II	D 120 III
3	D 60 II	B 15 IV	A 30 V	B 30 II	C 180 I
4	C 60 I	C 180 II	C 180 IV	A 120 V	A 30 II
5	C 30 I	A 60 I	C 120 I	A 120 IV	D 120 IV
6	D 30 V	A 120 I	B 60 IV	C 30 V	C 30 IV
7	A 15 I	B 30 I	C 30 III	D 15 I	A 60 V

4.4. Ensaios laboratoriais

Para verificar a eficiência dos tratamentos em diferentes diluições e diferentes tempos de imersão no ácido pirolenhoso, foram medidas as massas e a velocidade do pulso ultrassônico (VPU) no início dos bio-ensaios e, após quatro, oito, doze, dezesseis e vinte semanas.

Para obtenção dos dados, os corpos de prova foram analisados de acordo com os seguintes passos:

- Retirada dos corpos de prova da caixa de deterioração;

- Organização dos corpos de prova em embalagens plásticas fechadas (separados e ordenados de acordo com a camada que ocupavam na caixa);
- Contagem dos insetos mortos externos aos corpos de prova;
- Medição de massa dos corpos de prova e do tempo de propagação do pulso ultrassônico;
- Recolocação dos corpos de prova na caixa de deterioração;
- Reposição dos insetos mortos (seis primeiras semanas).

4.4.1. Ultrassom

A VPU foi obtida através da medida do comprimento dos corpos de prova e da medição do tempo de propagação do pulso ultrassônico na direção longitudinal do bambu (paralela às fibras). O equipamento utilizado foi descrito no item 4.3.2. A hipótese foi de que a ocorrência de defeitos nos corpos de prova por ação das brocas de bambu elevariam o tempo de propagação do pulso ultrassônico, diminuindo, assim, a VPU. Tais informações podem ser importantes para avaliar a deterioração dos corpos de prova devido à ação das brocas sem, contudo, ter de se destruir o material infestado.

4.4.2. Perda de massa

Os ensaios de pesagem foram realizados em balança analítica (sensibilidade de 0,0001 g) e buscaram comparar a diferença entre a massa inicial dos corpos de prova e após os períodos preestabelecidos. A hipótese foi de que haveria variação de massa pela ação das larvas, ou seja, da segunda geração de insetos utilizados nos bio-ensaios.

4.4.3. Mortalidade de *Dinoderus minutus*

Durante as seis primeiras semanas de ensaio as brocas mortas foram coletadas e substituídas por novos insetos obtidos diretamente das caixas de criação. A coleção de brocas mortas de cada semana foi separada em potes plásticos identificados e mantida no Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas para possibilitar possíveis análises posteriores.

4.5. Análise estatística

A pesquisa testou o tratamento com ácido pirolenhoso em três diferentes diluições (além do diluente puro) e cinco intervalos de tempo de imersão (1 x 4 x 5). Os experimentos foram, ainda, realizados em quintuplicata. Os dados obtidos durante os procedimentos experimentais

foram sujeitos a uma série de análises utilizando o Statistical Analisys System (SAS), software estatístico que permite o acesso, o gerenciamento, a análise estatística e a apresentação dos dados através de gráficos e relatórios.

4.5.1. Análise de correlação de Pearson

A fim de investigar a relação entre duas variáveis foi utilizada a análise de correlação de Pearson. O coeficiente de correlação de Pearson (p) varia entre -1,0 e 1,0, sendo que, quanto mais próximo de 0,0, menor a correlação. Quando p assume um valor negativo, as grandezas relacionadas são inversamente proporcionais.

4.5.1.1. Relação entre a umidade relativa do ar e a variação da massa e da VPU

É sabido que o bambu e a madeira são materiais higroscópicos, ou seja, absorvem e perdem umidade do meio com grande facilidade. A partir desta análise buscou-se avaliar a correlação entre a variação de massa dos corpos de prova e a umidade relativa no período de ensaios.

Para cada corpo de prova, portanto, foi feita a análise de correlação entre as medidas de massa e a umidade relativa na data em que essas medidas foram realizadas.

4.5.1.2. Relação entre a quantidade de fibras e a variação da massa

A quantidade de fibras pode ser um fator determinante na proteção natural do bambu contra a deterioração pelas brocas do bambu. A partir das imagens trabalhadas no software Leoworks 3.0 foi feita a análise de correlação entre a porcentagem de fibras e a variação de massa dos corpos de prova. O diagrama de dispersão apontou para uma variação de massa relativamente constante entre os corpos de prova.

4.5.2. Procedimento de Tukey

Para comparar o contraste entre duas médias de tratamentos na análise de variância utilizou-se o teste de Tukey, teste de comparação de médias mais utilizado em experimentação, em razão do seu rigor e de sua aplicabilidade. Foram realizadas análises comparando as variações médias de massa e da VPU nos corpos de prova com as diferentes diluições do ácido pirolenhoso em água (testemunha, 0%, 10%, 20% e 30%) e com os diferentes tempos de imersão durante o tratamento (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação visual

A tabela 30 do Anexo 1 mostra o resultado da avaliação visual dos corpos de prova no final do ensaio de deterioração. Os corpos de prova foram classificados a partir dos critérios apontados na tabela 6.

Tabela 6: Critérios utilizados na classificação dos corpos de prova na avaliação visual.

Classe	Número	Critério para classificação
Intacto	1	Ausência de marcas de ataque dos insetos.
Atacado	2	Marcas de ataque dos insetos, sem penetração dos mesmos.
Penetrado	3	Presença de insetos adultos no interior do corpo de prova.

Do total de corpos de prova (105), 46,67% (49) mantiveram-se em perfeito estado de conservação, sem apresentar sinais de penetração ou ataque dos insetos; 42,86% (45) apresentaram sinais de ataque e, apenas 10,48% (11) apresentaram sinais de penetração dos insetos.

Dentre as testemunhas (05), 40% (02) mantiveram-se intactas, 40% (02) foram atacadas e 10% (01) foram penetradas; Para os corpos de prova tratados somente com água, 36% (09) mantiveram-se intactos, 48% (12) foram atacados e 16% (04) foram penetrados; Para os corpos de prova tratados com ácido pirolenhoso a 10%, 48% (12) mantiveram-se intactos, 44% (11) foram atacados e 08% (02) foram penetrados; Para os corpos de prova tratados com ácido pirolenhoso a 20%, 48% (12) mantiveram-se intactos, 40% (10) foram atacados e 12% (03) foram penetrados; E dentre os corpos de prova tratados com ácido pirolenhoso a 30%, 48% (12) mantiveram-se intactos, 40% (11) foram atacados e 12% (03) foram penetrados;

A intensidade luminosa a qual os insetos foram submetidos durante o ensaio fez com que os mesmos procurassem por abrigo rapidamente, comportamento já descrito por Willians e Singh (1951), citados por Sarlo (2000). Visto que a abertura de galerias é feita por grupos de dois ou mais insetos, é razoável imaginar que as brocas do bambu tenham infestado preferencialmente os corpos de prova que já apresentavam cavidades, feitas por outras brocas. Os corpos de prova com sinais de ataque, porém sem penetração, poderiam indicar uma percepção por parte dos insetos da presença dos elementos preservativos nos corpos de prova tratados, porém, não houve diferença significativa quanto à magnitude dos ataques às testemunhas, aos corpos de prova tratados somente com água e aos demais corpos de prova.

Garcia e Morrel (2009) explicaram que os insetos penetram no bambu preferencialmente pela área do corte, por fissuras decorrentes do corte ou, ainda, pelas áreas de onde se retiram os ramos, sobre os nós. Nos ensaios, porém, situação em que todas as faces do bambu estavam igualmente expostas, a preferência dos insetos foi por penetrar pela região do nó. Tal fato deve-se, provavelmente, à maior disponibilidade de amido e à menor resistência nesta região em particular, assim como a menor concentração de fibras ou sua organização peculiar nestes pontos, sendo o único local do colmo onde ocorre a ligação transversal entre os distintos elementos anatômicos do bambu.

5.2. Criação das brocas-de-bambu

Alguns aspectos a respeito da criação das brocas do bambu são essenciais para facilitar o acesso a um número grande de insetos em curto período de tempo, dentre os quais se destacam:

- Temperatura – Garcia e Morrel (2009) apontaram para a temperatura crítica de 34 °C para os ovos de *D. minutus*, a partir da qual não ocorre eclosão. Apontaram também para o desenvolvimento dos insetos, de ovo a adulto, em 53,8 dias à temperatura constante de 30 °C. De fato, a temperatura influencia fortemente o desenvolvimento dos insetos e pode aumentar ou diminuir o seu ciclo de vida. Do mesmo modo, a temperatura pode inviabilizar o desenvolvimento de fases específicas do ciclo de vida da broca do bambu.
- Fotoperíodo – É outro fator de extrema importância no desenvolvimento dos insetos, dada a influência que este exerce na atividade das brocas do bambu. A ausência de fotoperíodo deixa os insetos, de hábitos crepusculares, mais ativos, o que também pode refletir na aceleração de seu ciclo de vida. Ensaios de deterioração, quando realizados sem fotoperíodo, podem ser concluídos mais rapidamente.
- Ciclo de vida natural – O manejo de *D. minutus* mostrou que o acesso aos insetos é muito facilitado com o aumento da temperatura ambiente, tanto pelo aumento da população quanto pelo comportamento natural de procura por parceiros sexuais e de busca de novas fontes de alimento e de locais para se abrigar.
- Manejo dos insetos – O bambu fornece aos insetos os nutrientes essenciais para seu desenvolvimento, sendo um substrato de fácil acesso. É conveniente que a criação de insetos seja mantida em mais de uma caixa, por motivos de precaução.

5.3. Proporção de fibras dos corpos de prova

No Anexo 2, encontram-se as imagens dos corpos de prova e a proporção de fibras em cada um deles. A análise a partir do software Leoworks 3.0. evidenciou graficamente a elevada proporção de fibras presente nos corpos de prova do presente ensaio. As amostras, porém, não eram homogêneas, como apontaram os dados de desvio-padrão e o coeficiente de variância (Tabela 7), fruto da etapa de processamento industrial.

Tabela 7: Dados sobre a quantidade de fibras, obtidos pela análise das imagens dos corpos de prova pelo software Leoworks 3.0.

Diluição	Média de fibras (%)	Desvio-padrão	Coeficiente de variação (%)
0%	38,22	9,08	23,75
10%	31,94	6,65	20,82
20%	31,87	6,82	21,41
30%	36,07	8,99	24,91
Test.	36,98	5,90	15,94
Total	34,64	8,21	23,69

Os dados sobre a quantidade de fibras nos corpos de prova são semelhantes aos encontrados por Liese (1998) em estudos sobre a distribuição dos elementos celulares no bambu. Segundo o autor, em um corte transversal, o teor de fibras decresce no sentido do terço externo ao terço interno (Figura 27). Os dados encontrados pela análise das imagens apontam para uma distribuição em torno de 35%, dados coerentes visto que na confecção dos corpos de prova foram retiradas as camadas interna (rica em tecido parenquimático) e externa (inapropriada para o uso do adesivo na fabricação do BLC) do bambu.

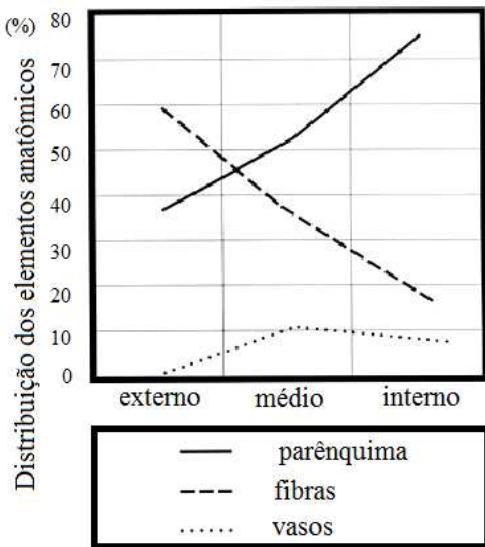


Figura 27: Distribuição dos elementos anatômicos ao longo da parede do colmo de *Phyllostachys makinoi*.

Fonte: Adaptado de Liese (1998).

Foi realizada a análise de Correlação de Pearson entre as quantidades de fibras e a variação da VPU e da massa dos corpos de prova. No anexo 2, o diagrama de dispersão da correlação entre a quantidade de fibras e a variação da massa (Figura 133) apontou para o aumento relativamente constante da massa dos corpos de prova, entre 0,5% e 1,5%, enquanto o diagrama de dispersão da correlação entre a quantidade de fibras e a variação da VPU (Figura 134) apontou para diminuição desta entre 0% e 4%, enquanto o teor de fibras variou de 20% a 55%. A análise dos diagramas de dispersão aponta para a variação da VPU e da massa dos corpos de prova independentemente do teor de fibras.

5.4. Identificação de *Dinoderus minutus*

Os insetos foram identificados como pertencentes à espécie *Dinoderus minutus* (Fabricius, 1775) (Bostrichidae, Dinoderinae). A identificação foi efetuada pelo pesquisador Dr. Sérgio Ide, curador da coleção entomológica “Adolph Hempel”, alojada no Laboratório de Entomologia do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal em São Paulo – SP.

5.5. Determinação da massa dos insetos

A massa dos insetos foi estimada para verificar se poderia influenciar nos dados a respeito da variação de massa dos corpos de prova. A tabela 8 mostra o cálculo da massa dos insetos com sua respectiva incerteza.

Tabela 8: Massa dos insetos

Grupos (n=50)	medida I	medida II	medida III	erro	média	incerteza (δM)
grupo I	0,1205	0,1098	0,1599	0,00005	0,13007	0,000154
grupo II	0,0956	0,1339	0,0989	0,00005	0,10947	0,000153
grupo III	0,1338	0,1393	0,1446	0,00005	0,13923	0,000150
grupo IV	0,1641	0,1741	0,1631	0,00005	0,16710	0,000150
				Média (g)	0,136467	0,000623
Média nos grupos = $\Sigma_{\text{med}} \pm \delta M$				Massa por inseto (g)	0,002729	
Média total = (136,5 ± 0,6) mg						
Massa por inseto = (3,0 ± 0,6) mg						

5.6. Influência da umidade relativa do ar na massa dos corpos de prova

É sabido que o bambu e a madeira são materiais higroscópicos, ou seja, absorvem e perdem umidade do meio ambiente com grande facilidade. O objetivo desta análise foi de verificar se as variações da massa e da VPU através dos corpos de prova estavam relacionadas à variação da umidade relativa do ar, que variou durante o período de ensaios (Tabela 9).

Tabela 9: Umidade relativa do ar durante o período do ensaio.

Mês	UR media mensal (%)
Outubro/2010	64,69
Novembro/2010	63,68
Dezembro/2010	67,94
Janeiro/2011	70,74
Fevereiro/2011	66,98
Março/2011	73,64

Fonte: CEPAGRI / UNICAMP

No Anexo 3, são apresentados os dados de Correlação de Pearson entre a umidade relativa e as variações da massa e da VPU dos corpos de prova. Foi realizada a análise de correlação entre a umidade relativa na data em que as medidas de VPU e de massa foram realizadas e a variação da massa (Tabela 10) e da VPU através de cada corpo de prova (Tabela 12). O

coeficiente de Correlação de Pearson apontou para forte relação entre a variação de massa e a umidade relativa (Tabela 11) ($p = 0,79$ em média), o que significa que a variação de massa é explicada fortemente pelo aumento da umidade relativa. A relação entre a variação da VPU e a umidade relativa foi pequena e inversamente proporcional (Tabela 13) ($p = -0,45$ em média).

5.7. Variação da VPU nos corpos de prova

5.7.1. Entre as diferentes diluições

Para determinar se ocorreu ou não a variação da VPU entre os diferentes tempos de imersão e diluições procedeu-se o Teste de Tukey a 95% de confiança. Inicialmente foram analisadas as médias (Tabela 14) entre as diferentes diluições (T, A, B, C e D) e os desvios-padrão foram homogeneizados para refinar a análise (Tabela 15), visto que os desvios-padrão iniciais eram excessivamente elevados.

Tabela 14: Médias das variações da VPU entre as diferentes diluições (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido).

compara a variação da vpu entre as diferentes diluições					
----- dil=0 -----					
The MEANS Procedure					
Analysis Variable : dvpu					
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum	
75	-81.2180000	61.3655176	-236.3600000	77.7000000	
----- dil=10 -----					
Analysis Variable : dvpu					
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum	
75	-119.6726667	109.5646188	-596.1200000	32.5300000	
----- dil=20 -----					
Analysis Variable : dvpu					
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum	
75	-92.1453333	57.5472108	-253.1000000	60.8900000	
----- dil=30 -----					
Analysis Variable : dvpu					
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum	
75	-88.1141333	53.7986330	-208.0300000	15.9900000	
----- dil=testemun -----					
The MEANS Procedure					
Analysis Variable : dvpu					
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum	
15	-79.2820000	74.5543793	-297.2300000	0	

Tabela 15: Médias das variações da VPU entre as diferentes diluições (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido) após padronização dos desvios-padrão.

compara a variação da vpu entre as diferentes diluições (desvios padrão padronizados)				
----- dil=0 -----				
The MEANS Procedure				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
75	-1.3235120	1.0000000	-3.8516745	1.2661834
----- dil=10 -----				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
75	-1.0922565	1.0000000	-5.4408075	0.2969024
----- dil=20 -----				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
75	-1.6012128	1.0000000	-4.3981280	1.0580878
----- dil=30 -----				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
75	-1.6378508	1.0000000	-3.8668269	0.2972194
----- dil=testemun -----				
The MEANS Procedure				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
15	-1.0634117	1.0000000	-3.9867544	0

Entre as diferentes diluições, o Teste de Tukey foi realizado considerando as testemunhas como um tratamento à parte devido à diferença de amostras ($N=15$, contra $N=75$ nos demais tratamentos). O baixo valor do R^2 (0,08) indica que o modelo explica apenas 8% da variabilidade total (Tabela 16).

Tabela 16: Análise de variância das variações da VPU entre as diferentes diluições.

compara a variação da vpu entre as diferentes diluições					
The GLM Procedure					
pendent Variable: dvpu					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	26.2679795	2.3879981	2.42	0.0069
Error	288	284.4968537	0.9878363		
Corrected Total	299	310.7648331			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	dvpu Mean	
	0.084527	-70.30444	0.993900	-1.413708	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
tempo i	4	6.66371207	1.66592802	1.69	0.1531
replica	4	4.83943430	1.20985858	1.22	0.3004
dil	3	14.76483308	4.92161103	4.98	0.0022
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
tempo i	4	6.66371207	1.66592802	1.69	0.1531
replica	4	4.83943430	1.20985858	1.22	0.3004
dil	3	14.76483308	4.92161103	4.98	0.0022

O teste de Tukey apontou diferenças entre os resultados encontrados para a diluição B (10%) e aqueles encontrados para as diluições C (20%) e D (30%). A diluição A (0%) não difere estatisticamente dos outros tratamentos. Os resultados, portanto, apontam para diferença significativa na variação da VPU entre a diluição B (10%) e as diluições C (20%) e D (30%) (Tabela 17).

Tabela 17: Teste de Tukey (HSD) ao nível de confiança de 95%, comparando a variação da VPU entre as diferentes diluições do tratamento (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido).

compara a variação da vpu entre as diferentes diluições			
The GLM Procedure			
Tukey's Studentized Range (HSD) Test for dvpu			
NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.			
Alpha Error Degrees of Freedom Error Mean Square Critical Value of Studentized Range Minimum Significant Difference			
0.05 288 0.987836 3.65450 0.4194			
Means with the same letter are not significantly different.			
Tukey Grouping	Mean	N	dil
A	-1.0923	75	10
B A	-1.3235	75	0
B	-1.6012	75	20
B	-1.6379	75	30

Procedeu-se o teste de Dunnett, que compara as médias com uma média padrão ou controle, para comparar a variação da VPU entre as diferentes diluições e as testemunhas (T). O resultado do Teste de Dunnett não apontou diferenças significativas entre a variação da VPU para as diferentes diluições e a variação da VPU nas testemunhas (Tabela 18).

Tabela 18: Teste de Dunnett ao nível de confiança de 95%, comparando as médias de variação da VPU nas diferentes diluições do tratamento (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido) à média de variação da VPU nas testemunhas (T).

compara as médias de vpu para as diferentes diluições com a média de vpu para as testemunhas					
The GLM Procedure					
Dunnett's t Tests for dvpu					
NOTE: This test controls the Type I experimentwise error for comparisons of all treatments against a control.					
Alpha			0.05		
Error Degrees of Freedom			302		
Error Mean Square			0.990778		
Critical Value of Dunnett's t			2.30951		
Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.					
dil	Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
10	- testemun	-0.0288	-0.6791	0.6214	
0	- testemun	-0.2601	-0.9103	0.3901	
20	- testemun	-0.5378	-1.1880	0.1124	
30	- testemun	-0.5744	-1.2246	0.0758	

5.7.2. Entre os diferentes tempos de imersão

A Tabela 19 mostra as médias de variação da VPU entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos). O teste de Tukey foi realizado para comparar as variações da VPU entre os diferentes tempos de imersão. A análise de variância apontou para um baixo valor do R² (0,08), indicando que o modelo explica apenas 8% da variabilidade total (Tabela 20). O Teste de Tukey indicou não haver diferença entre os diferentes tempos de imersão no que diz respeito à variação da VPU apresentada pelos corpos de prova (Tabela 21).

Tabela 19: Médias das variações da VPU entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).

Compara as variações da vpu entre os diferentes tempos de imersão				
tempo i=15				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	-1.2105474	0.8277526	-3.1917168	0.8229377
tempo i=30				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	-1.2584768	0.9753310	-4.3981280	0.2969024
tempo i=60				
The MEANS Procedure				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	-1.5002022	0.9720300	-3.8668269	0.5082783
tempo i=120				
The MEANS Procedure				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	-1.5746110	1.3259135	-5.4408075	1.2661834
tempo i=180				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	-1.5247029	0.9027305	-3.8516745	0.2638626
tempo i=testemun				
Analysis Variable : dvpu				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
15	-1.0634117	1.0000000	-3.9867544	0

Tabela 20: Análise de variância das variações da VPU entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).

compara a variação da vpu entre os diferentes tempos de imersão						
The GLM Procedure						
Dependent Variable: dvpu						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	12	27.3027759	2.2752313	2.30	0.0082	
Error	302	299.2150218	0.9907782			
Corrected Total	314	326.5177976				
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	dvpu Mean		
	0.083618	-71.24975	0.995378	-1.397027		
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
dil	4	16.51779760	4.12944940	4.17	0.0027	
replica	4	4.12126619	1.03031655	1.04	0.3868	
tempoi	4	6.66371207	1.66592802	1.68	0.1542	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
dil	3	14.76483308	4.92161103	4.97	0.0022	
replica	4	4.12126619	1.03031655	1.04	0.3868	
tempoi	4	6.66371207	1.66592802	1.68	0.1542	

Tabela 21: Teste de Tukey (HSD) ao nível de confiança de 95%, comparando a variação da VPU entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).

compara a variação da vpu entre os diferentes tempos de imersão				
The GLM Procedure				
Tukey's Studentized Range (HSD) Test for dvpu				
NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate.				
Alpha	0.05			
Error Degrees of Freedom	302			
Error Mean Square	0.990778			
Critical Value of Studentized Range	4.05613			
Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.				
tempo i Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
testemun - 15	0.1471	-0.6770	0.9713	
testemun - 30	0.1951	-0.6291	1.0192	
testemun - 60	0.4368	-0.3873	1.2609	
testemun - 180	0.4613	-0.3628	1.2854	
testemun - 120	0.5112	-0.3129	1.3353	
15 - testemun	-0.1471	-0.9713	0.6770	
15 - 30	0.0479	-0.4733	0.5692	
15 - 60	0.2897	-0.2316	0.8109	
15 - 180	0.3142	-0.2071	0.8354	
15 - 120	0.3641	-0.1572	0.8853	
30 - testemun	-0.1951	-1.0192	0.6291	
30 - 15	-0.0479	-0.5692	0.4733	
30 - 60	0.2417	-0.2795	0.7629	
30 - 180	0.2662	-0.2550	0.7874	
30 - 120	0.3161	-0.2051	0.8374	
60 - testemun	-0.4368	-1.2609	0.3873	
60 - 15	-0.2897	-0.8109	0.2316	
60 - 30	-0.2417	-0.7629	0.2795	
60 - 180	0.0245	-0.4967	0.5457	
60 - 120	0.0744	-0.4468	0.5956	
180 - testemun	-0.4613	-1.2854	0.3628	
180 - 15	-0.3142	-0.8354	0.2071	
180 - 30	-0.2662	-0.7874	0.2550	
180 - 60	-0.0245	-0.5457	0.4967	
180 - 120	0.0499	-0.4713	0.5711	
120 - testemun	-0.5112	-1.3353	0.3129	
120 - 15	-0.3641	-0.8853	0.1572	
120 - 30	-0.3161	-0.8374	0.2051	
120 - 60	-0.0744	-0.5956	0.4468	
120 - 180	-0.0499	-0.5711	0.4713	

5.8. Variação da massa dos corpos de prova

5.8.1. Entre as diferentes diluições

Para determinar a variação da massa entre os diferentes tempos de imersão e as diferentes diluições procedeu-se o Teste de Tukey a 95% de confiança. A tabela 22 mostra as médias de variação de massa entre as diferentes diluições (T, A, B, C e D).

Tabela 22: Médias das variações de massa entre as diferentes diluições (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido).

compara a variação da massa entre as diferentes diluições				
----- dil=0 -----				
The MEANS Procedure				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
75	1.1046667	0.2843881	0.4000000	1.4600000
----- dil=10 -----				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
75	1.0724000	0.3419730	-0.2600000	1.5400000
----- dil=20 -----				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
75	0.7874667	0.5588842	-0.9100000	1.5400000
----- dil=30 -----				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
75	0.9898667	0.2363203	0.5200000	1.5100000
compara a variação da massa entre as diferentes diluições				
----- dil=testemun -----				
The MEANS Procedure				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
15	1.0720000	0.1900451	0.7500000	1.3100000

O valor do R² (0,28) explica que 28% da variabilidade total são explicados pelo modelo adotado (Tabela 23). O Teste de Tukey apontou diferenças entre os resultados encontrados para a diluição C (20%) e as demais diluições (A, B e D) e testemunhas (T). A variação de massa não diferiu estatisticamente para as testemunhas e diluições A (0%), B (10%) e D (30%) (Tabela 24).

Tabela 23: Análise de variância das variações de massa entre as diferentes diluições.

compara a variação da massa entre as diferentes diluições						
The GLM Procedure						
Dependent Variable: dmassa						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	12	13.01952349	1.08496029	9.63	<.0001	
Error	302	34.04229365	0.11272283			
Corrected Total	314	47.06181714				
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	dmassa Mean		
	0.276647	33.82550	0.335742	0.992571		
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
tempo i	5	5.83623048	1.16724610	10.36	<.0001	
replica	4	2.61203302	0.65300825	5.79	0.0002	
dil	3	4.57126000	1.52375333	13.52	<.0001	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
tempo i	4	5.73686533	1.43421633	12.72	<.0001	
replica	4	2.61203302	0.65300825	5.79	0.0002	
dil	3	4.57126000	1.52375333	13.52	<.0001	

Tabela 24: Teste de Tukey (HSD) ao nível de confiança de 95%, comparando a variação de massa entre as diferentes diluições do tratamento (0% de ácido, 10% de ácido, 20% de ácido e 30% de ácido).

The GLM Procedure						
Tukey's Studentized Range (HSD) Test for dmassa						
NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate						
Alpha		0.05				
Error Degrees of Freedom		302				
Error Mean Square		0.112723				
Critical Value of Studentized Range		3.88108				
Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***						
dil		Difference Between Means		Simultaneous 95% Confidence Limits		
Comparison						
0	- 10	0.03227		-0.11820	0.18273	
0	- testemun	0.03267		-0.22794	0.29328	
0	- 30	0.11480		-0.03566	0.26526	
0	- 20	0.31720		0.16674	0.46766	***
10	- 0	-0.03227		-0.18273	0.11820	
10	- testemun	0.00040		-0.26021	0.26101	
10	- 30	0.08253		-0.06793	0.23300	
10	- 20	0.28493		0.13447	0.43540	***
testemun	- 0	-0.03267		-0.29328	0.22794	
testemun	- 10	-0.00040		-0.26101	0.26021	
testemun	- 30	0.08213		-0.17848	0.34274	
testemun	- 20	0.28453		0.02392	0.54514	***
30	- 0	-0.11480		-0.26526	0.03566	
30	- 10	-0.08253		-0.23300	0.06793	
30	- testemun	-0.08213		-0.34274	0.17848	
30	- 20	0.20240		0.05194	0.35286	***
20	- 0	-0.31720		-0.46766	-0.16674	***
20	- 10	-0.28493		-0.43540	-0.13447	***
20	- testemun	-0.28453		-0.54514	-0.02392	***
20	- 30	-0.20240		-0.35286	-0.05194	***

5.8.2. Entre os diferentes tempos de imersão

A tabela 25 mostra as médias de variação de massa entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos). Devido à grande diferença entre os desvios-padrão, procedeu-se sua padronização como meio de refinamento estatístico (Tabela 26).

Tabela 25: Médias das variações de massa entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).

compara a variação da massa entre os diferentes tempos de imersão				
----- tempo i=15 -----				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	0.9181667	0.5317942	-0.9100000	1.5300000
----- tempo i=30 -----				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	1.0725000	0.2420647	0.6600000	1.4800000
----- tempo i=60 -----				
The MEANS Procedure				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	1.1685000	0.2641124	0.4800000	1.5400000
----- tempo i=120 -----				
The MEANS Procedure				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	1.0195000	0.2747907	0.2100000	1.5100000
----- tempo i=180 -----				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	0.7643333	0.4511130	-0.5300000	1.3200000
----- tempo i=testemun -----				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
15	1.0720000	0.1900451	0.7500000	1.3100000

Tabela 26: Médias das variações de massa entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos) após padronização dos desvios-padrão.

compara a variação da massa entre os diferentes tempos de imersão (desvios padrão padronizados)				
----- tempo i=15 -----				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	1.7265451	1.0000000	-1.7111883	2.8770528
----- tempo i=30 -----				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	4.4306336	1.0000002	2.7265438	6.1140679
----- tempo i=60 -----				
The MEANS Procedure				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	4.4242527	0.9999999	1.8174080	5.8308508
----- tempo i=120 -----				
The MEANS Procedure				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	3.7100964	0.9999999	0.7642180	5.4950914
----- tempo i=180 -----				
Analysis Variable : dmassa				
N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	1.6943279	1.0000000	-1.1748719	2.9260961

O R² (0,68) apontado pela análise de variância indicou que o modelo explica 68% da variabilidade total (Tabela 27). O Teste de Tukey ao nível de 95% de confiança agrupou os diferentes tempos de imersão em três grupos estatisticamente distintos (Tabela 28). Os tratamentos de 30 e 60 minutos de imersão foram agrupados, assim como os tratamentos de 15 e 180 minutos. O terceiro grupo consistiu no tratamento de 120 minutos.

Tabela 27: Análise de variância das variações de massa entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).

compara a variação da massa entre os diferentes tempos de imersão						
The GLM Procedure						
Dependent Variable: dmassa						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	11	513.9269241	46.7206295	55.20	<.0001	
Error	288	243.7648692	0.8464058			
Corrected Total	299	757.6917933				
R-Square	Coeff Var	Root MSE	dmassa Mean			
0.678280	28.77554	0.920003	3.197171			
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
dil	3	26.6009335	8.8669778	10.48	<.0001	
replica	4	24.6341859	6.1585465	7.28	<.0001	
tempo i	4	462.6918047	115.6729512	136.66	<.0001	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
dil	3	26.6009335	8.8669778	10.48	<.0001	
replica	4	24.6341859	6.1585465	7.28	<.0001	
tempo i	4	462.6918047	115.6729512	136.66	<.0001	

Tabela 28: Teste de Tukey (HSD) ao nível de confiança de 95%, comparando a variação de massa entre os diferentes tempos de imersão (15, 30, 60, 120 e 180 minutos).

compara a variação da massa entre os diferentes tempos de imersão						
The GLM Procedure						
Tukey's Studentized Range (HSD) Test for dmassa						
NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.						
Alpha		0.05				
Error Degrees of Freedom		288				
Error Mean Square		0.846406				
Critical Value of Studentized Range		3.88223				
Minimum Significant Difference		0.4611				
Means with the same letter are not significantly different.						
Tukey Grouping	Mean	N	tempo i			
A	4.4306	60	30			
A	4.4243	60	60			
B	3.7101	60	120			
C	1.7265	60	15			
C	1.6943	60	180			

Para comparar os dados de variação de massa entre os diferentes tempos de imersão e as testemunhas, procedeu-se o teste de Dunnett. O Teste de Dunnett apontou diferenças significativas entre as médias de variação da massa das testemunhas (T) e do tempo de imersão 180 minutos (Tabela 29).

Tabela 29: Teste de Dunnett ao nível de confiança de 95%, comparando as médias de variação de massa nos diferentes tempos de imersão do tratamento (15, 30, 60, 120 e 180 minutos) à média de variação de massa nas testemunhas (T).

compara a variação de massa entre os diferentes tempos de imersão					
The GLM Procedure					
Dunnett's t Tests for dmassa					
NOTE: This test controls the Type I experimentwise error for comparisons of all treatments against a control.					
Alpha			0.05		
Error Degrees of Freedom			302		
Error Mean Square			0.112723		
Critical Value of Dunnett's t			2.38469		
Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.					
tempo i	Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
60	- testemun	0.09650	-0.13462	0.32762	
30	- testemun	0.00050	-0.23062	0.23162	
120	- testemun	-0.05250	-0.28362	0.17862	
15	- testemun	-0.15383	-0.38496	0.07729	
180	- testemun	-0.30767	-0.53879	-0.07654	***

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Criação das brocas-de-bambu

A metodologia de criação das brocas do bambu mostrou-se eficaz para a realização dos ensaios propostos pelo projeto. Não houve dificuldades de coletar a quantidade apropriada de insetos, embora esse tenha sido um fator apontado como limitante por Matoski (2005) em projeto envolvendo ensaios de deterioração com *Dinoderus minutus*.

6.2. Ensaios de deterioração

São necessárias algumas adaptações para a realização dos ensaios, sobretudo no que diz respeito ao controle da umidade relativa, fator determinante para a variação de massa dos corpos de prova de bambu que, assim como a madeira, trata-se de material higroscópico. Outro fator determinante é o conhecimento da matéria-prima a partir da qual foram fabricados os corpos de prova. Espécie, idade do colmo, região do colmo, data do corte e outros fatores podem exercer grande influência no ataque dos insetos e na eficácia do tratamento.

6.3. Avaliação visual

A grande proporção de corpos de prova intactos (46,67%) e a pequena proporção de corpos de prova com sinais de penetração das brocas-de-bambu (10,48%) apontam para uma efetiva proteção dos corpos de prova independentemente do procedimento adotado. Desse modo, o período de 20 semanas em que o ensaio de deterioração foi realizado não permite inferir dados a respeito da durabilidade do tratamento do bambu com ácido pirolenhoso.

Dos 11 corpos de prova com sinais de penetração dos insetos, 10 foram atacados na região do nó, evidenciando a preferência dos insetos por estas regiões ricas em amido e que são menos resistentes por conta da organização peculiar dos tecidos nessas regiões. Essa informação pode ser importante para a indústria de BLC para a fabricação de móveis que sejam menos susceptíveis ao ataque de *Dinoderus minutus* e para efetuar o controle de infestações dos insetos na fábrica ou em locais de armazenamento de bambu.

6.4. Avaliação da proporção de fibras nos corpos de prova

A resistência dos corpos de prova à deterioração por *Dinoderus minutus* pode ser explicada em partes pelas características do material usado na fabricação do BLC. São retiradas do bambu, durante a usinagem, a camada interna, rica em células parenquimáticas e amido, e a camada

externa, mais resistente, porém inapropriada para a aplicação do adesivo devido à sua baixa aderência. A parte do bambu utilizada na fabricação do BLC deve ser considerada como um material diferente do bambu em seu estado natural, podendo inclusive descrevê-lo como “bambu melhorado mecanicamente”.

A metodologia adotada para estimar a proporção de fibras nos corpos de prova mostrou-se coerente com os dados apresentados por Liese (1998) em estudos sobre a distribuição dos elementos celulares no bambu, além de ilustrar graficamente o teor de fibras (34,64%) presente nos corpos de prova em questão. Tais valores se mostram muito superiores àqueles descritos por Liese (1998), o que pode explicar a resistência das taliscas tratadas ao ataque do caruncho.

6.5. Avaliação da variação da VPU nos corpos de prova

Ao final da vigésima semana compararam-se os valores iniciais e finais da VPU, mostrando que esta teve uma discreta queda (1,70%). As análises estatísticas não evidenciaram diferenças significativas na variação da VPU para os diferentes tempos de imersão. A VPU através dos corpos de prova de diluição a 10% (tratamento B) mostrou uma queda menos pronunciada do que os corpos de prova tratados somente com diluente (tratamento A, ácido pirolenhoso a 0%), diluição a 20% (tratamento C) e diluição a 30% (tratamento D), porém, nenhuma delas foi estatisticamente diferente do grupo testemunha (T).

A influência da umidade na variação da VPU, entretanto, foi expressivamente menor ($p = -0,45$) e apontou para diminuição da VPU conforme aumentou a umidade, de maneira semelhante ao que ocorre com a madeira – o aumento do teor de umidade faz diminuir a VPU até um valor constante referente ao ponto de saturação das fibras (em torno de 30%).

O uso da VPU, com os sensores eletroacústicos posicionados nas faces transversais dos corpos de prova, aparentemente não se mostrou eficaz para verificar a deterioração por alterações na estrutura no período adotado para os ensaios (20 semanas), sendo a diminuição da VPU demasiadamente discreta. Além da influência do teor de umidade, os dados de VPU podem estar sendo influenciados pela estrutura celular do bambu. A sugestão é de que o pulso esteja passando preferencialmente pelos feixes de fibras, que seriam caminhos de menor resistência à passagem do pulso ultrassônico. Desta maneira, a deterioração somente seria perceptível a partir do momento em que este feixe de fibras fosse degradado, embora a periferia (células parenquimáticas) venha a ser degradada mais rapidamente.

6.6. Avaliação da variação da massa dos corpos de prova

A avaliação da variação da massa dos corpos de prova apontou para um discreto aumento desta (0,99%). A relação entre a variação de massa dos corpos de prova e a umidade relativa foi fortemente evidenciada pelo coeficiente de Correlação de Pearson ($p = 0,79$). O Teste de Tukey apontou para um aumento menor dos corpos de prova tratados com uma diluição de 10% de ácido pirolenhoso em água (tratamento C), mas o modelo não explicava fortemente a variação ($R^2 = 0,28$).

Uma das hipóteses que explicaria a relativa resistência dos corpos de prova é a de que o tempo do ensaio não foi suficientemente longo para que se perfizesse uma geração de *Dinoderus minutus*, o que provavelmente resultaria em uma queda da massa inicial. Outra hipótese é de que os adultos que efetivamente conseguiram penetrar nos corpos de prova tenham sido prejudicados pelo ácido pirolenhoso, quer seja pela sua toxicidade, quer seja pela presença deste preservativo nos vasos, elementos do bambu em que as fêmeas realizam a oviposição. Os insetos poderiam também encontrar dificuldades de realizar a oviposição pelas pequenas dimensões dos vasos encontrados, uma vez que, segundo Garcia e Morrel (2009), os insetos geralmente colocam os ovos nos vasos do metaxilema, sendo os maiores deles ausentes nos corpos de prova usinados. A escassez de alimento é outro fator que pode estar relacionado à resistência dos corpos de prova – uma vez que o tratamento foi feito por cozimento, parte do amido pode ter sido lixiviado ou degradado, diminuindo a oferta de alimento para os insetos.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- No manejo dos insetos convém utilizar um pincel fino com a ponta umedecida para transferi-los de um lugar a outro. As dimensões reduzidas das brocas do bambu tornam a pinça entomológica muito agressiva. Seu uso, não raro, desloca os éritros dos insetos, inviabilizando seu uso nos ensaios de deterioração.
- O planejamento do trabalho deve levar em consideração o ciclo de vida natural dos insetos. Existe uma tendência de que os insetos se reproduzam mais intensamente com o aumento da temperatura, ou seja, espera-se que haja uma ocorrência naturalmente maior de brocas do bambu a partir do início da primavera e até o final do verão. Neste período é maior a possibilidade de encontrar insetos em fase reprodutiva, o que também é importante para os ensaios de deterioração do bambu, da madeira, dos grãos e outros materiais secos.
- A temperatura, sendo um fator determinante para o desenvolvimento dos insetos, podendo inclusive acelerar ou interromper seu ciclo de vida, deve ser vista com atenção. O mais apropriado é estabelecer a temperatura com base no período disponível para realização dos ensaios e na infra-estrutura disponível.
- A umidade relativa deve ser cuidadosamente controlada caso se pretenda verificar a deterioração por variações da massa, uma vez que a madeira e o bambu são materiais higroscópicos. A perda de massa do corpo de prova pode ser mascarada pelo acréscimo de massa devido à higroscopicidade do bambu.
- A homogeneidade dos corpos de prova é um fator importante para eliminar possíveis influências de fatores que não se pretendem pesquisar. Dentre os fatores mais importantes destacam-se a idade do colmo, região de onde o corpo de prova foi retirado, origem, espécie, dimensões, presença de nós, dentre outros.
- Podem ser realizados bioensaios para determinar a toxicidade do ácido pirolenhoso para o *Dinoderus minutus*, assim como pode-se comparar sua eficácia com a de outros preservativos no que diz respeito à proteção contra a deterioração pelos insetos.

8. ANEXOS

ANEXO 1

Tabela 30: Avaliação visual dos corpos de prova após 20 semanas de ensaio. Classes de deterioração: Intacto (1); Atacado (2); Penetrado (3).

Legenda: A = só diluente; B = ácido pirolenhoso a 10%; C = ácido pirolenhoso a 20%; D = ácido pirolenhoso a 30%; T = testemunhas; 15 = 15 minutos de imersão; 30 = 30 minutos de imersão; 60 = 60 minutos de imersão; 120 = 120 minutos de imersão; 180 = 180 minutos de imersão; I, II, III, IV e V = número da replicata.

id	classe	id	classe	Id	classe	id	classe	id	classe
A15I	3	B15I	2	C15I	2	D15I	2	TI	2
A15II	2	B15II	1	C15II	3	D15II	1	TII	2
A15III	1	B15III	2	C15III	2	D15III	1	TIII	1
A15IV	2	B15IV	1	C15IV	2	D15IV	1	TIV	1
A15V	3	B15V	1	C15V	1	D15V	3	TV	3
A30I	3	B30I	2	C30I	1	D30I	1		
A30II	2	B30II	1	C30II	1	D30II	1		
A30III	1	B30III	2	C30III	1	D30III	1		
A30IV	2	B30IV	2	C30IV	1	D30IV	2		
A30V	1	B30V	1	C30V	3	D30V	1		
A60I	1	B60I	1	C60I	1	D60I	3		
A60II	1	B60II	2	C60II	1	D60II	2		
A60III	2	B60III	1	C60III	1	D60III	2		
A60IV	3	B60IV	2	C60IV	1	D60IV	2		
A60V	2	B60V	1	C60V	1	D60V	2		
A120I	1	B120I	2	C120I	1	D120I	1		
A120II	1	B120II	1	C120II	1	D120II	1		
A120III	2	B120III	1	C120III	2	D120III	1		
A120IV	2	B120IV	1	C120IV	2	D120IV	1		
A120V	2	B120V	1	C120V	2	D120V	2		
A180I	1	B180I	2	C180I	2	D180I	2		
A180II	1	B180II	2	C180II	2	D180II	3		
A180III	2	B180III	3	C180III	3	D180III	1		
A180IV	2	B180IV	2	C180IV	2	D180IV	2		
A180V	2	B180V	3	C180V	2	D180V	2		
Classe	corpos de prova		Porcentagem						
1	49		46,67%						
2	45		42,86%						
3	11		10,48%						
total	105		100%						

ANEXO 2. Imagens dos corpos de prova obtidas através do software Leoworks

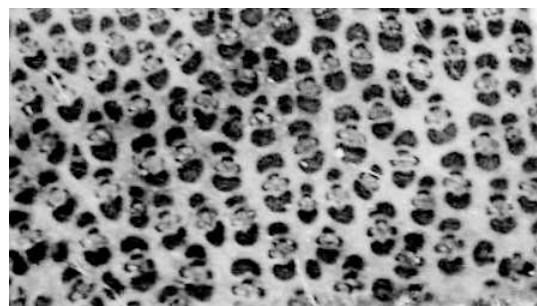
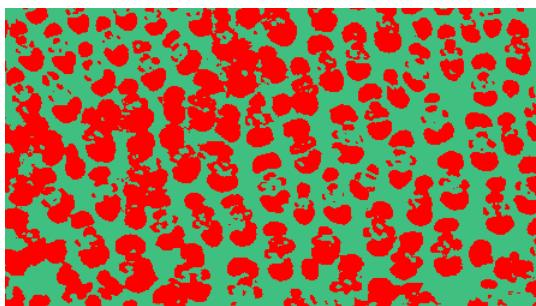


Figura 28: Corpo de prova TI.

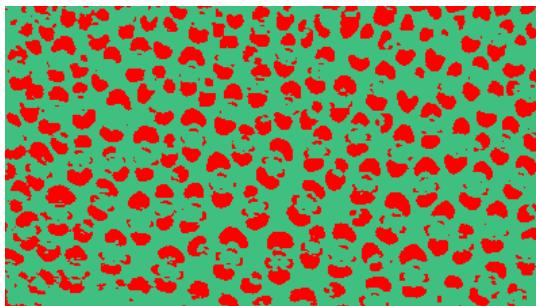


Figura 29: Corpo de prova TII



Figura 30: Corpo de prova TIII.

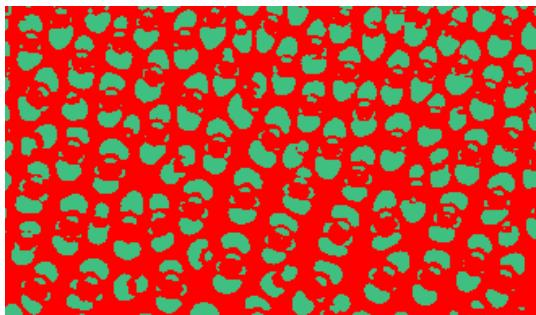


Figura 31: Corpo de prova TIV.

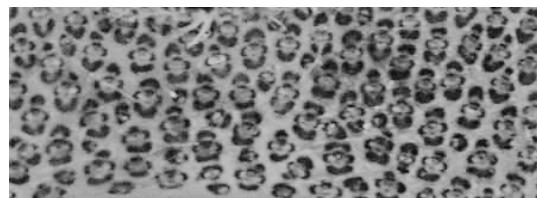


Figura 32: Corpo de prova TV.

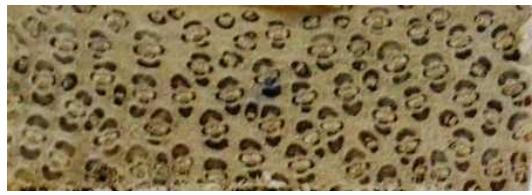


Figura 33: Corpo de prova A15I

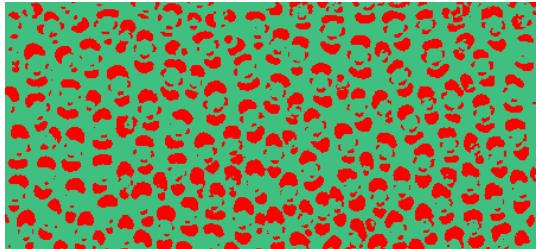


Figura 34: Corpo de prova A15II

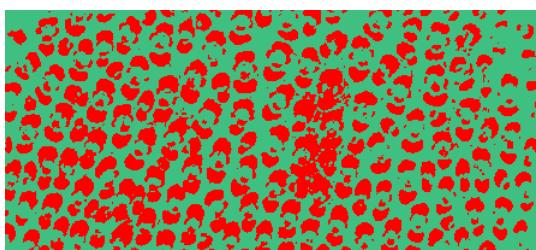


Figura 35: Corpo de prova A15III

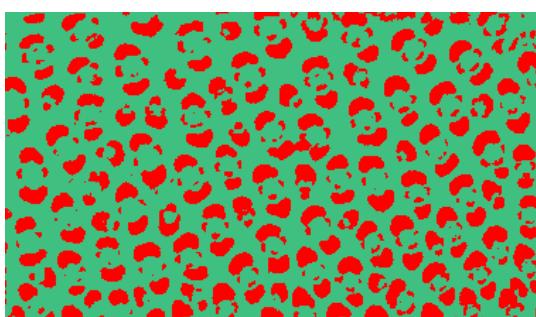


Figura 36: Corpo de prova A15IV

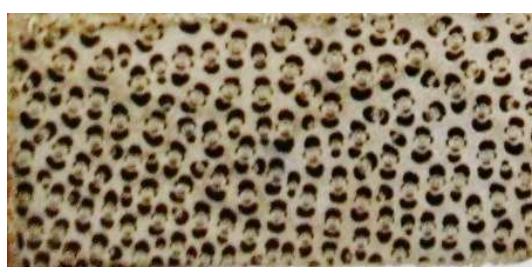
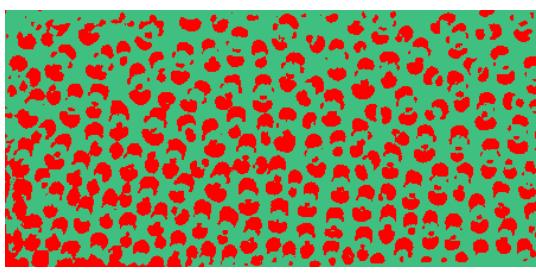


Figura 37: Corpo de prova A15V

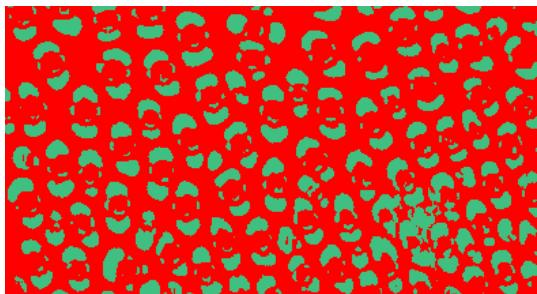


Figura 38: Corpo de prova A30I

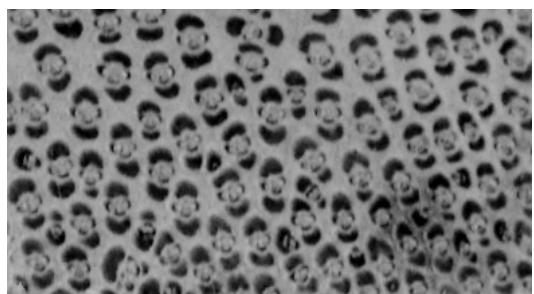


Figura 39: Corpo de prova A30II

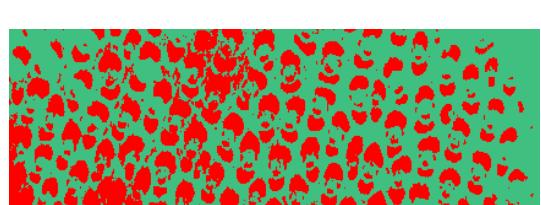


Figura 40: Corpo de prova A30III



Figura 41: Corpo de prova A30IV

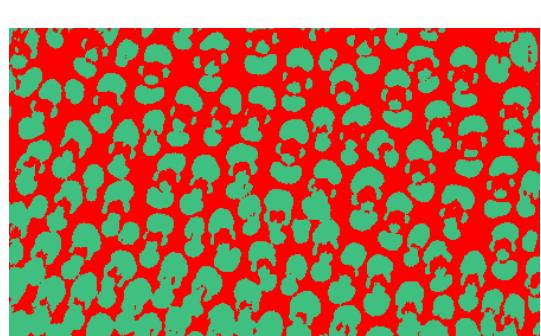


Figura 42: Corpo de prova A30V



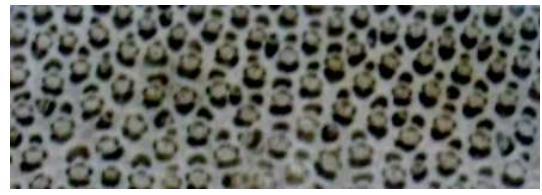
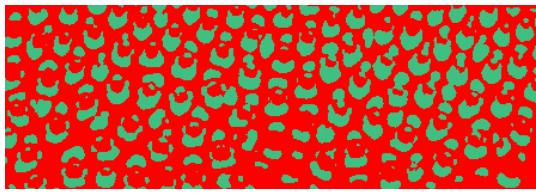


Figura 43: Corpo de prova A60I

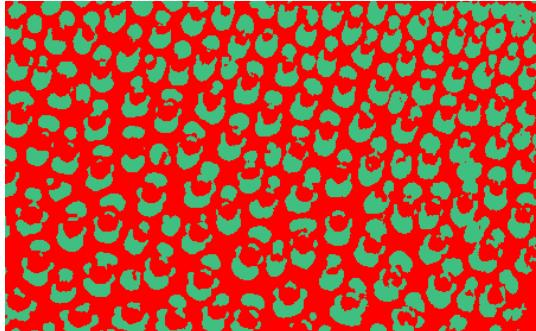


Figura 44: Corpo de prova A60II

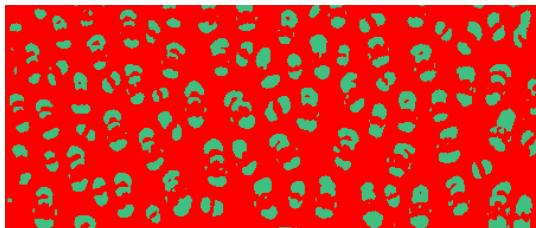


Figura 45: Corpo de prova A60III

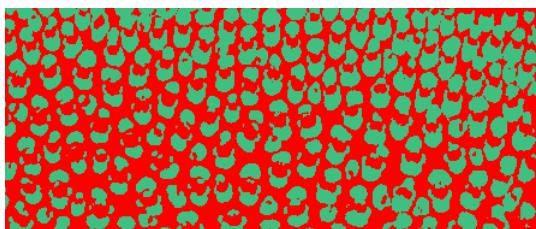


Figura 46: Corpo de prova A60IV

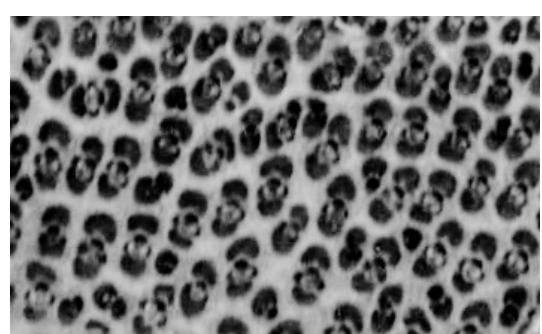
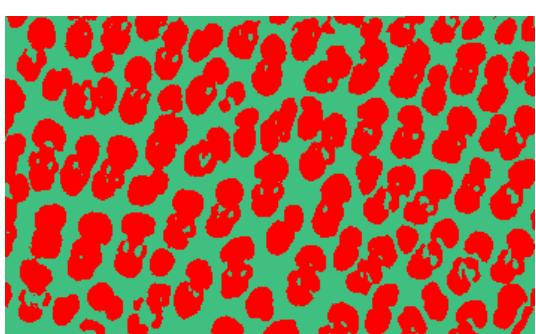


Figura 47: Corpo de prova A60V

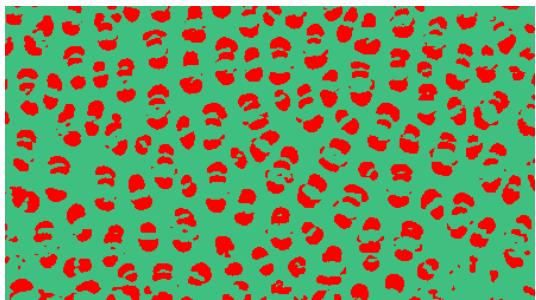


Figura 48: Corpo de prova A120I

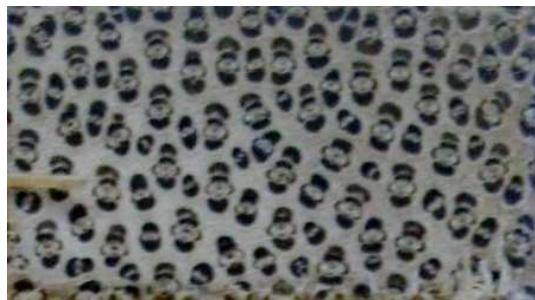


Figura 49: Corpo de prova A120II

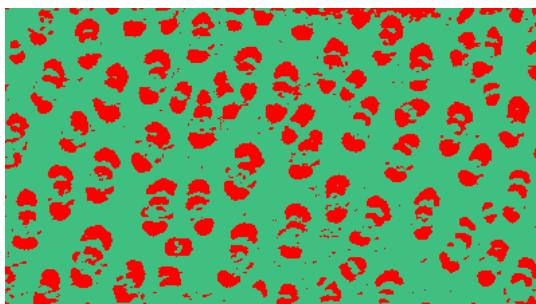


Figura 50: Corpo de prova A120III

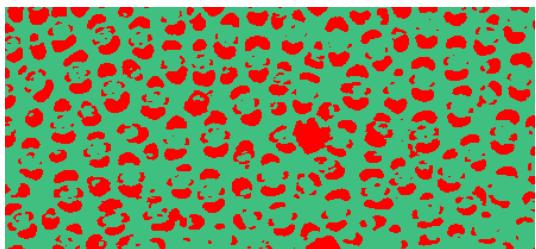
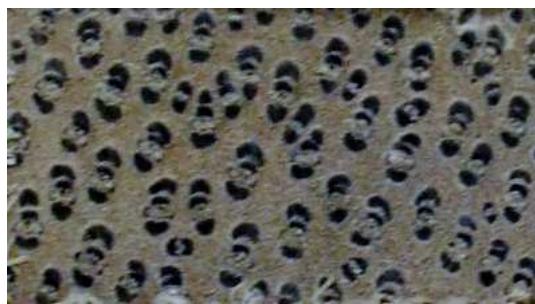


Figura 51: Corpo de prova A120IV



Figura 52: Corpo de prova A120V

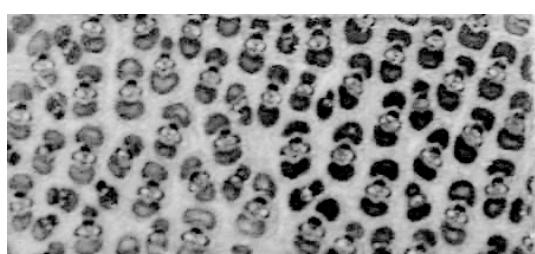




Figura 53: Corpo de prova A180I

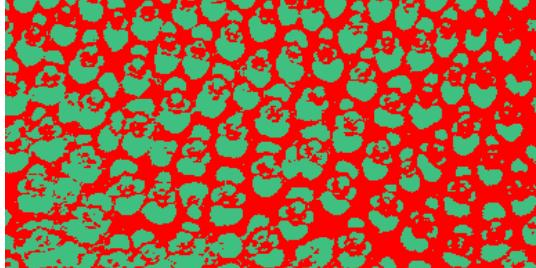


Figura 54: Corpo de prova A180II

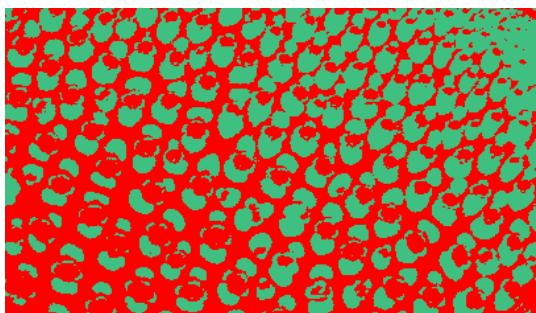


Figura 55: Corpo de prova A180III

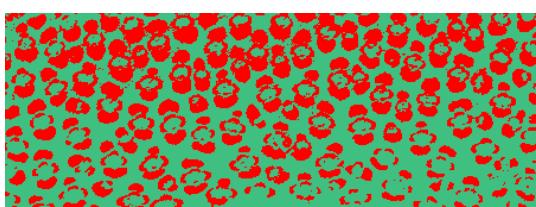


Figura 56: Corpo de prova A180IV

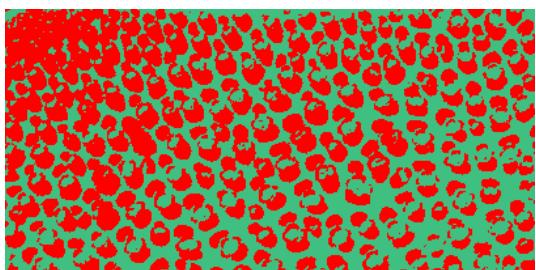


Figura 57: Corpo de prova A180V



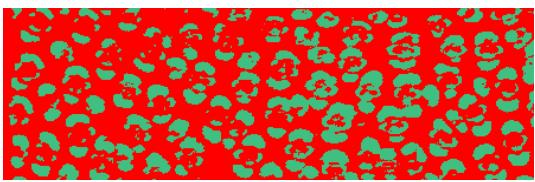


Figura 58: Corpo de prova B15I

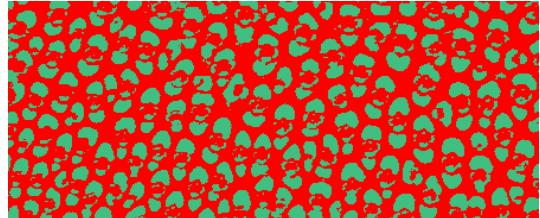


Figura 59: Corpo de prova B15II

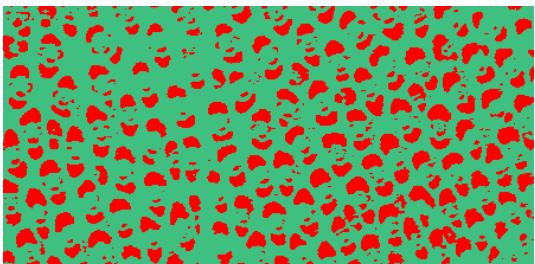


Figura 60: Corpo de prova B15III

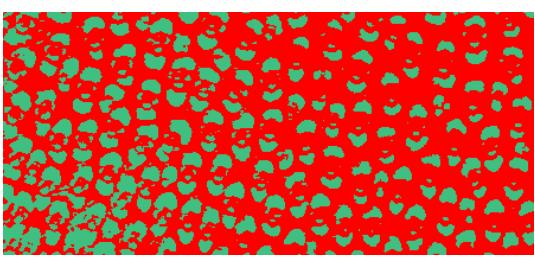


Figura 61: Corpo de prova B15IV

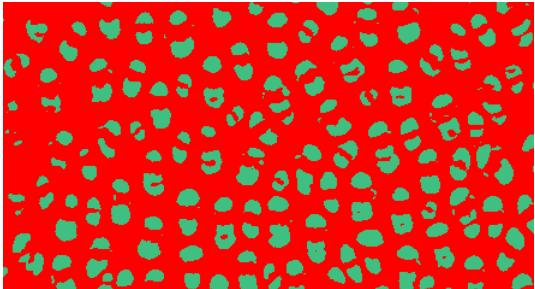
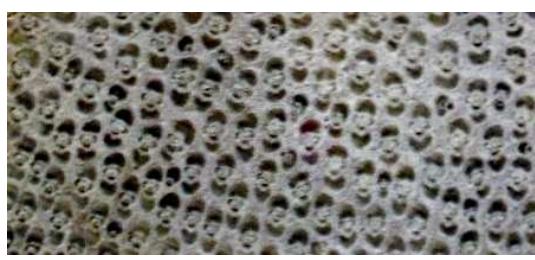
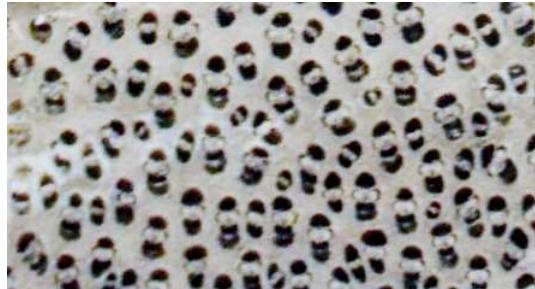


Figura 62: Corpo de prova B15V



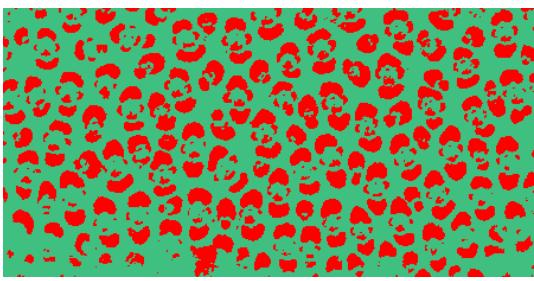


Figura 63: Corpo de prova B30I

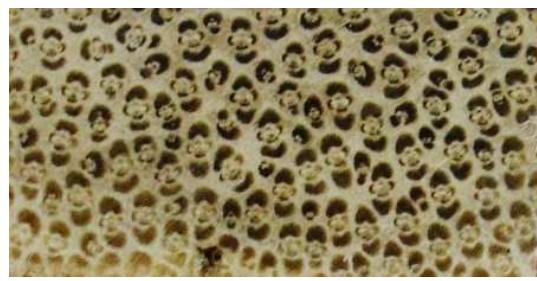


Figura 64: Corpo de prova B30II

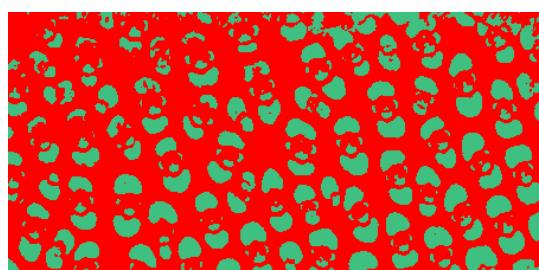


Figura 65: Corpo de prova B30III

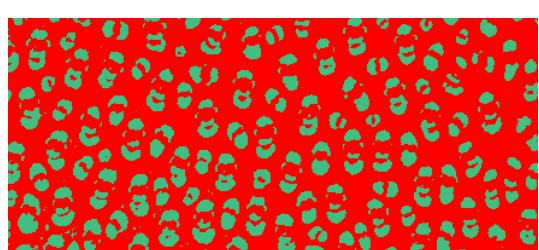


Figura 66: Corpo de prova B30IV

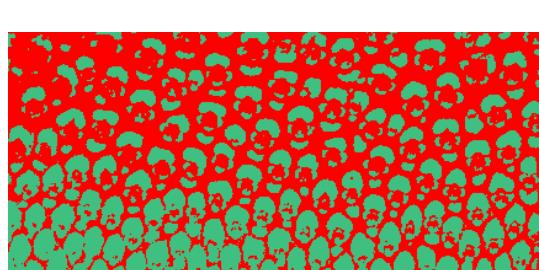


Figura 67: Corpo de prova B30V



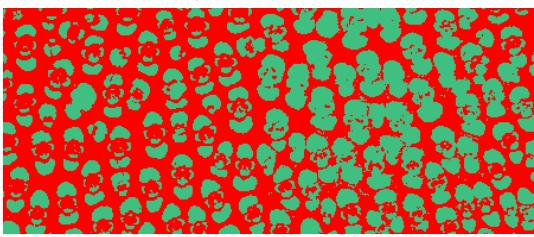


Figura 68: Corpo de prova B60I

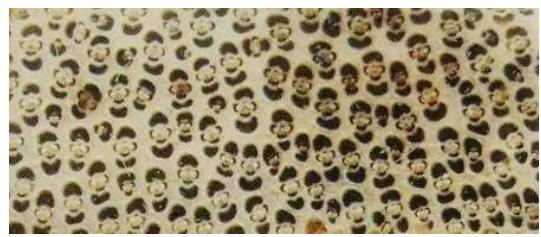


Figura 68: Corpo de prova B60I



Figura 69: Corpo de prova B60II

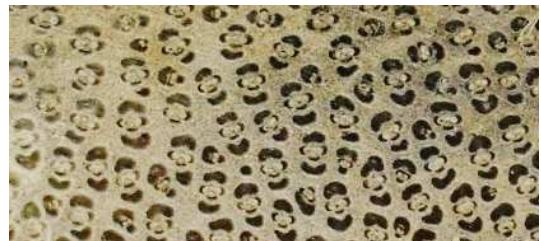


Figura 69: Corpo de prova B60II

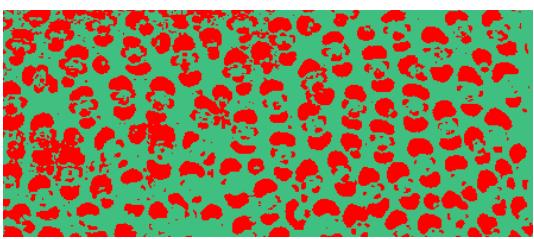


Figura 70: Corpo de prova B60III

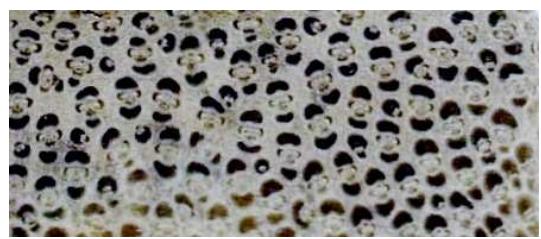


Figura 70: Corpo de prova B60III

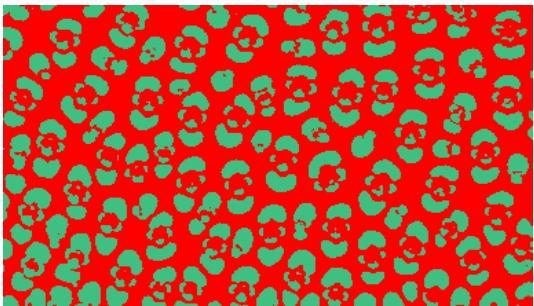


Figura 71: Corpo de prova B60IV

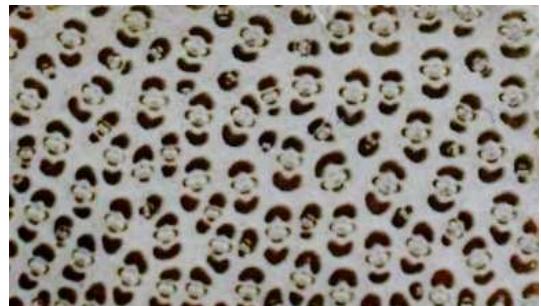


Figura 71: Corpo de prova B60IV



Figura 72: Corpo de prova B60V



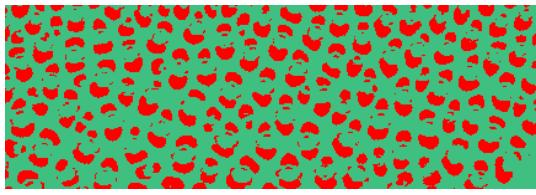


Figura 73: Corpo de prova B120I



Figura 74: Corpo de prova B120II



Figura 75: Corpo de prova B120III

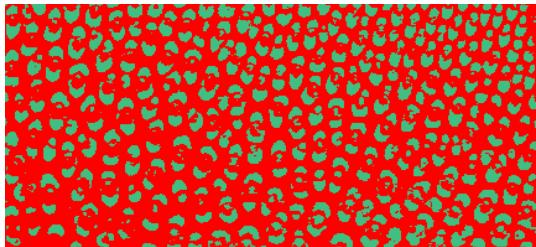


Figura 76: Corpo de prova B120IV

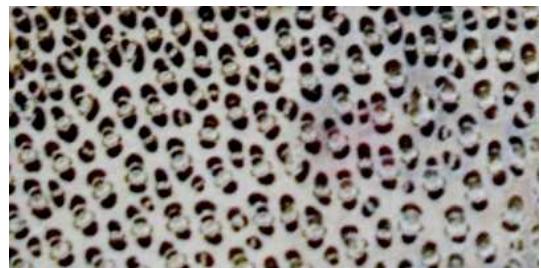
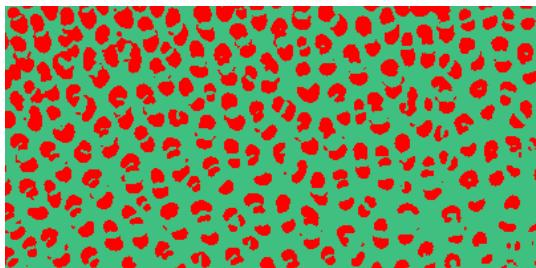


Figura 77: Corpo de prova B120V

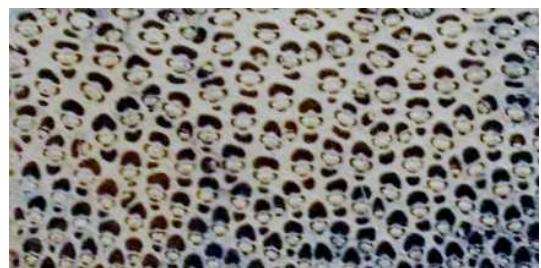
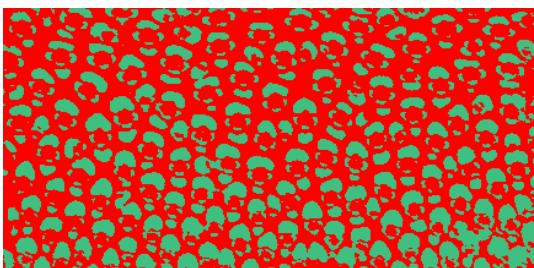


Figura 78: Corpo de prova B180I

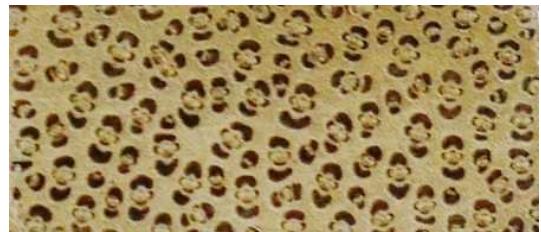


Figura 79: Corpo de prova B180II



Figura 80: Corpo de prova B180III



Figura 81: Corpo de prova B180IV

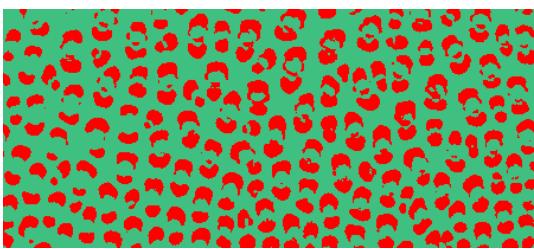


Figura 82: Corpo de prova B180V

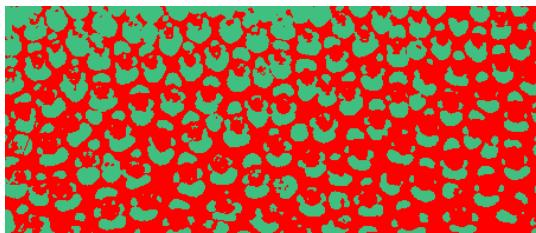


Figura 83: Corpo de prova C15I



Figura 84: Corpo de prova C15II



Figura 85: Corpo de prova C15III



Figura 86: Corpo de prova C15IV

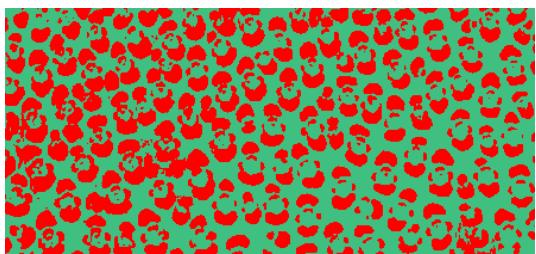


Figura 87: Corpo de prova C15V





Figura 88: Corpo de prova C30I



Figura 89: Corpo de prova C30II

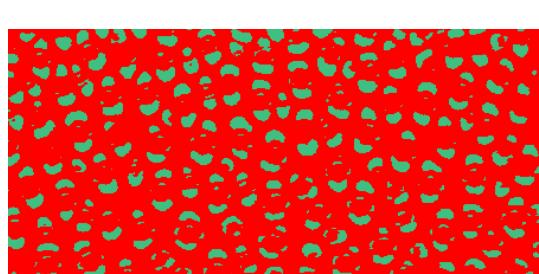


Figura 90: Corpo de prova C30III

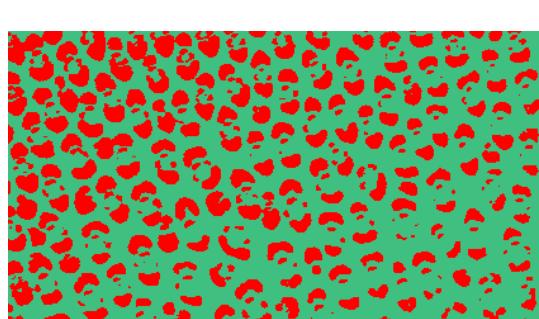


Figura 91: Corpo de prova C30IV



Figura 92: Corpo de prova C30V

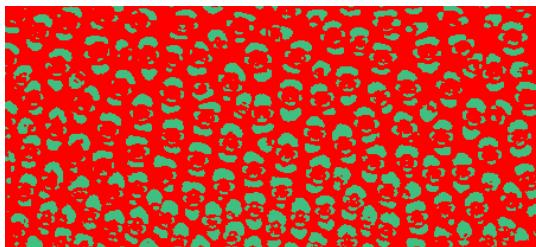


Figura 93: Corpo de prova C60I



Figura 94: Corpo de prova C60II

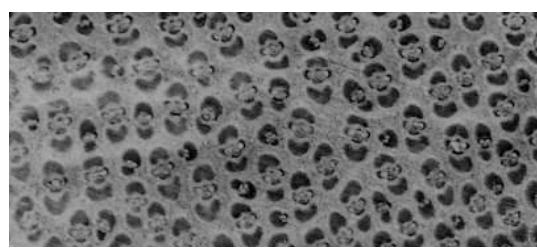


Figura 95: Corpo de prova C60III

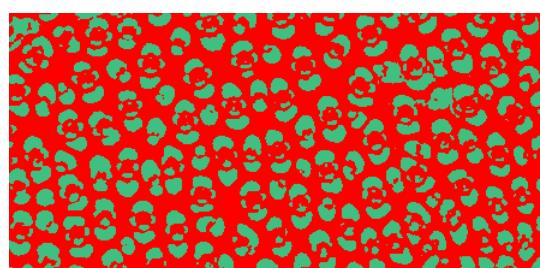


Figura 96: Corpo de prova C60IV

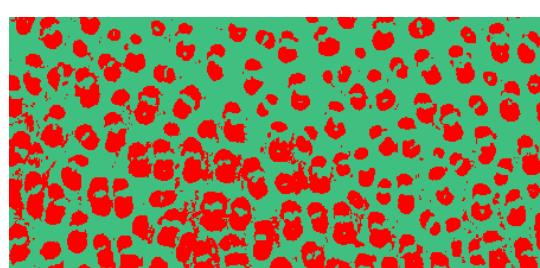


Figura 97: Corpo de prova C60V



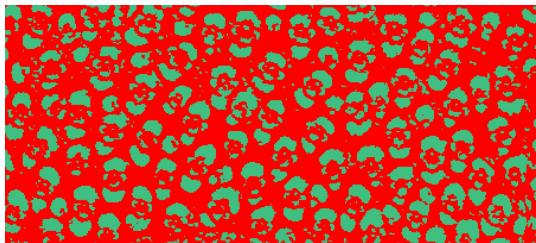


Figura 98: Corpo de prova C120I



Figura 99: Corpo de prova C120II



Figura 100: Corpo de prova C120III

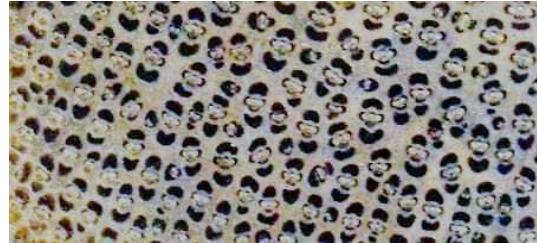


Figura 101: Corpo de prova C120IV



Figura 102: Corpo de prova C120V



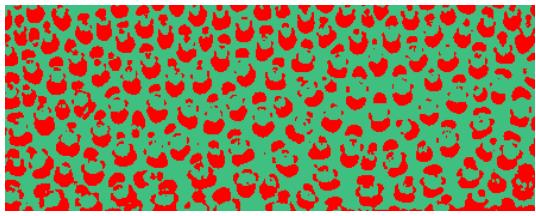


Figura 103: Corpo de prova C180I



Figura 104: Corpo de prova C180II

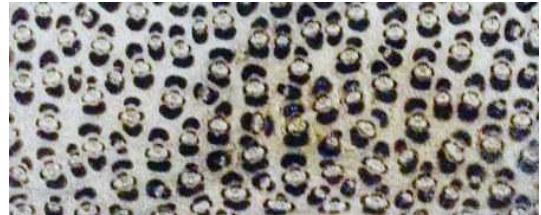


Figura 105: Corpo de prova C180III

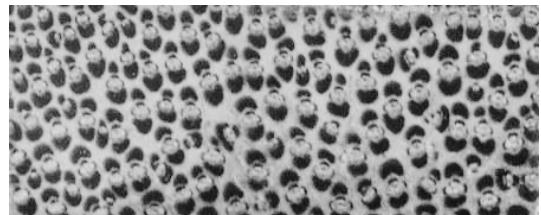
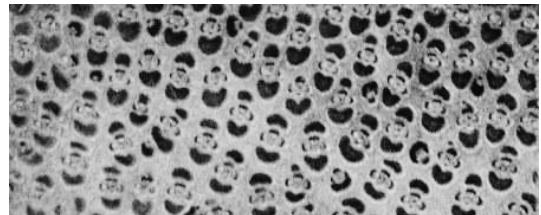


Figura 106: Corpo de prova C180IV



Figura 107: Corpo de prova C180V



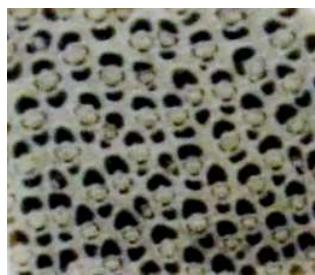
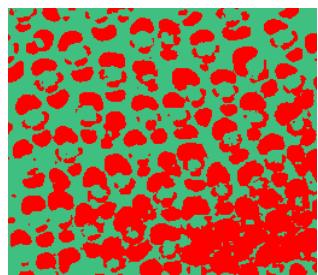


Figura 108: Corpo de prova D15I

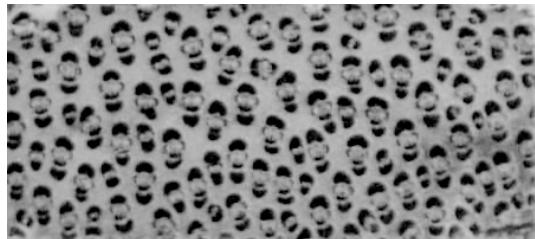
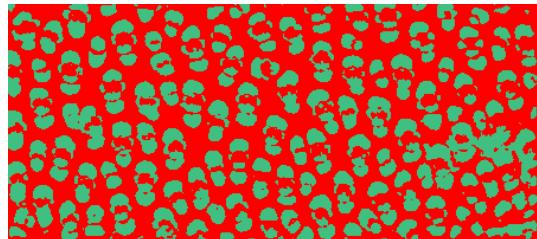


Figura 109: Corpo de prova D15II

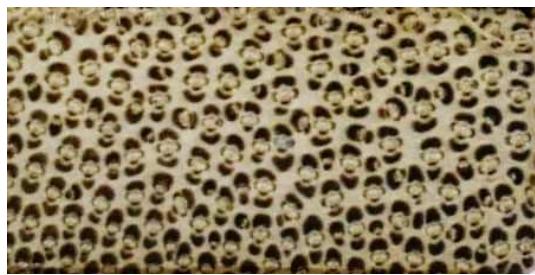
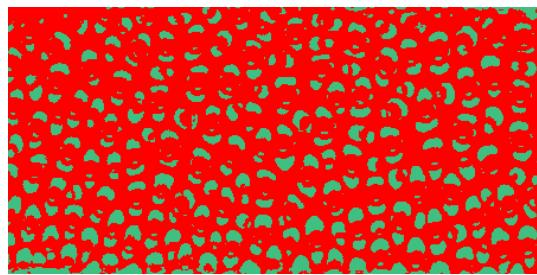


Figura 110: Corpo de prova D15III

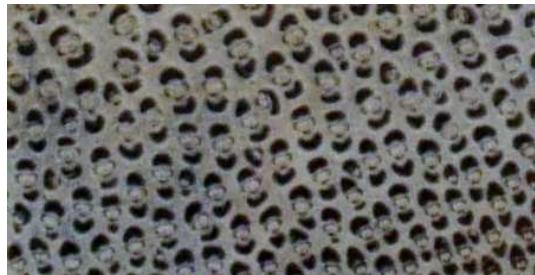
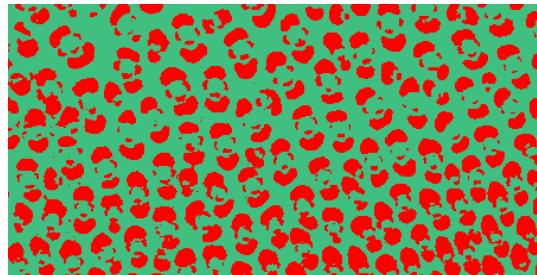


Figura 111: Corpo de prova D15IV



Figura 112: Corpo de prova D15V

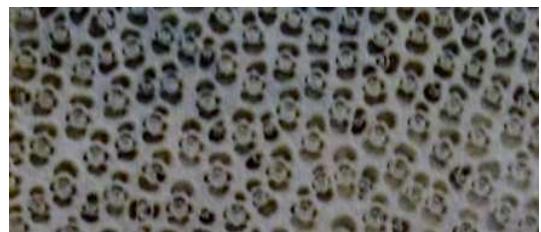
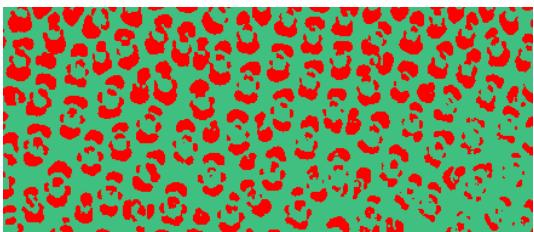


Figura 113: Corpo de prova D30I

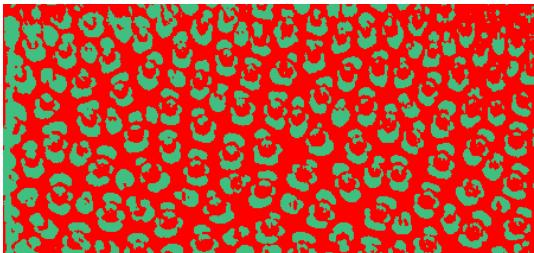


Figura 114: Corpo de prova D30II

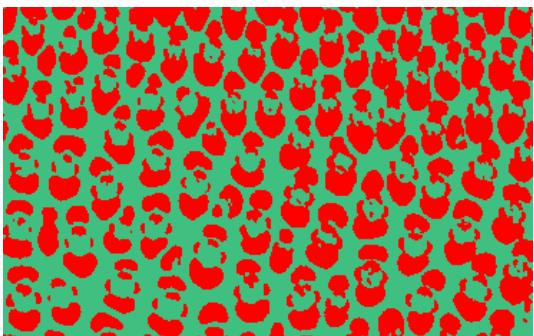


Figura 115: Corpo de prova D30III

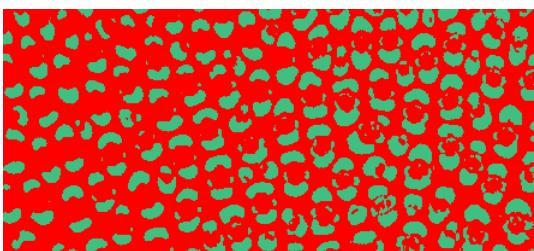


Figura 116: Corpo de prova D30IV

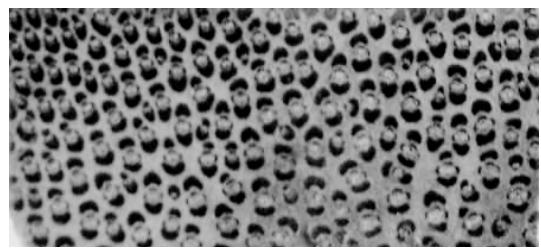
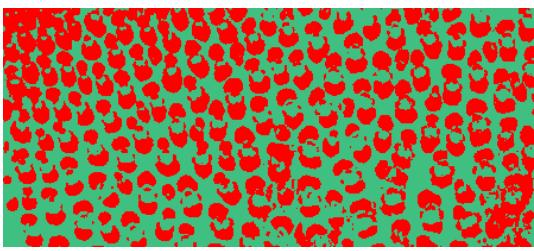


Figura 117: Corpo de prova D30V

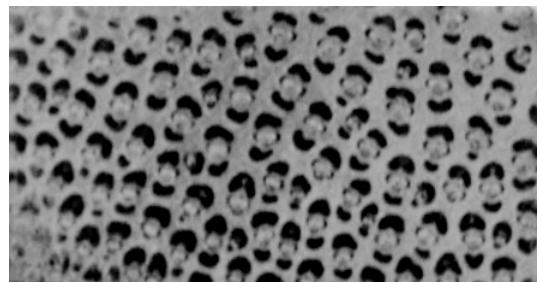
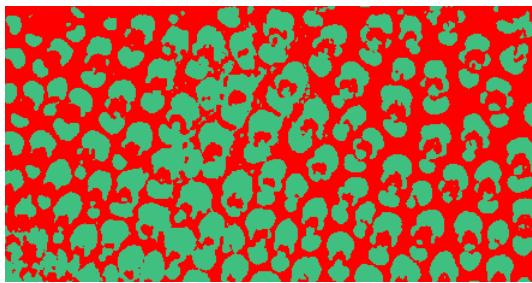


Figura 118: Corpo de prova D60I

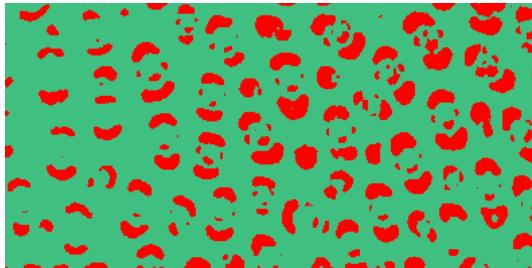


Figura 119: Corpo de prova D60II

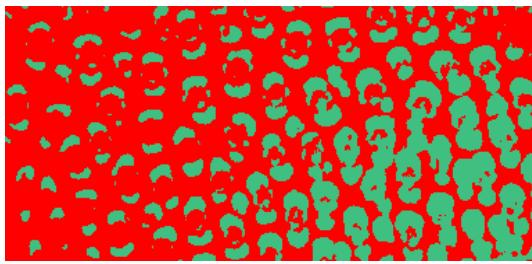


Figura 120: Corpo de prova D60III

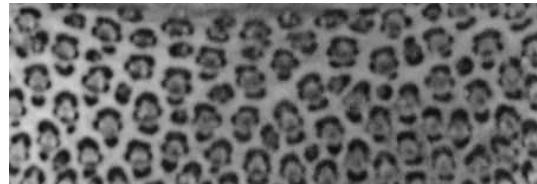
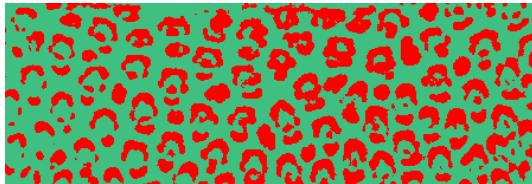


Figura 121: Corpo de prova D60IV

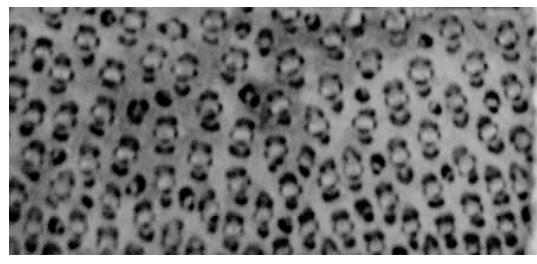
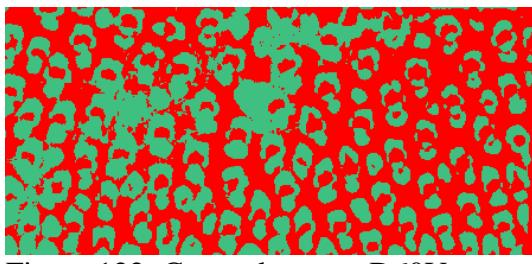


Figura 122: Corpo de prova D60V

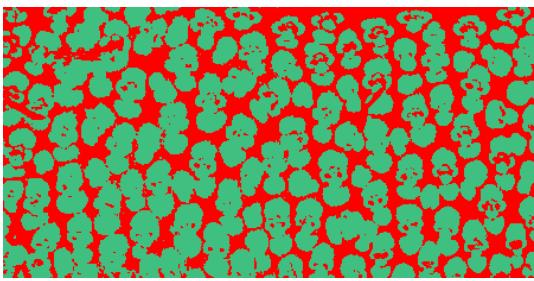


Figura 123: Corpo de prova D120I



Figura 124: Corpo de prova D120II



Figura 125: Corpo de prova D120III

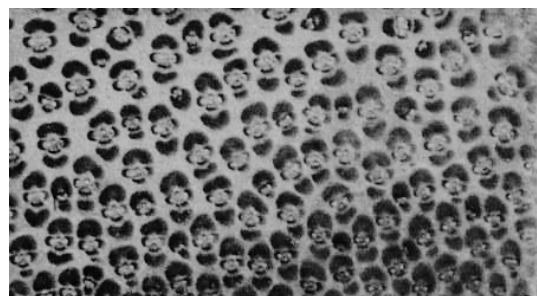
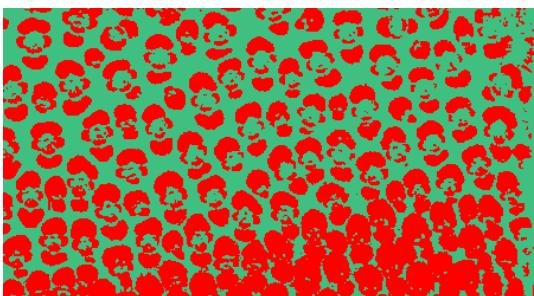


Figura 126: Corpo de prova D120IV



Figura 127: Corpo de prova D120V

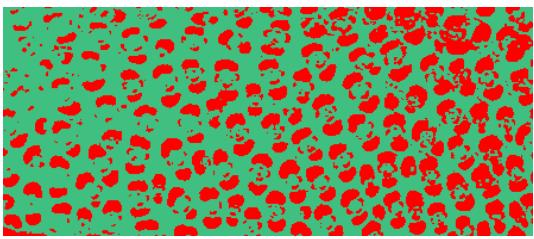


Figura 128: Corpo de prova D180I

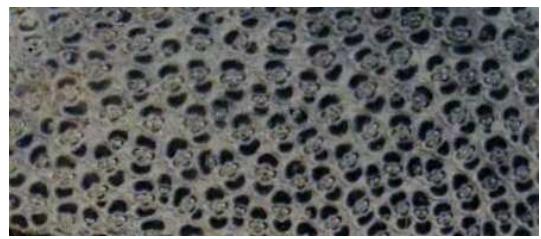


Figura 129: Corpo de prova D180II

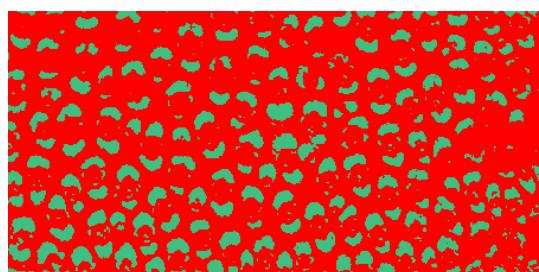


Figura 130: Corpo de prova D180III

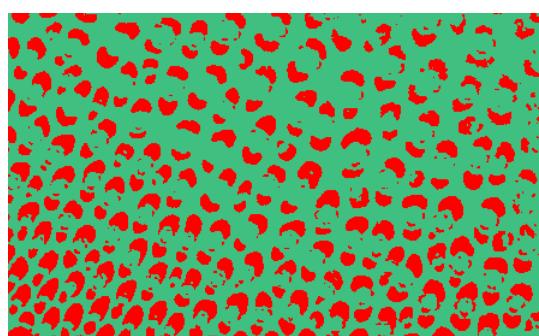
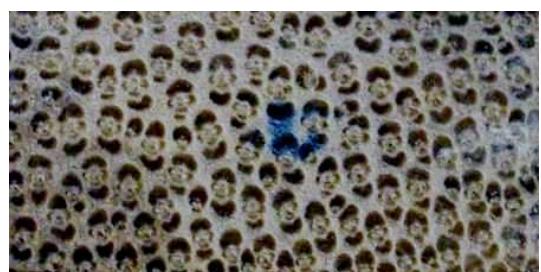


Figura 131: Corpo de prova D180IV



Figura 132: Corpo de prova D180V



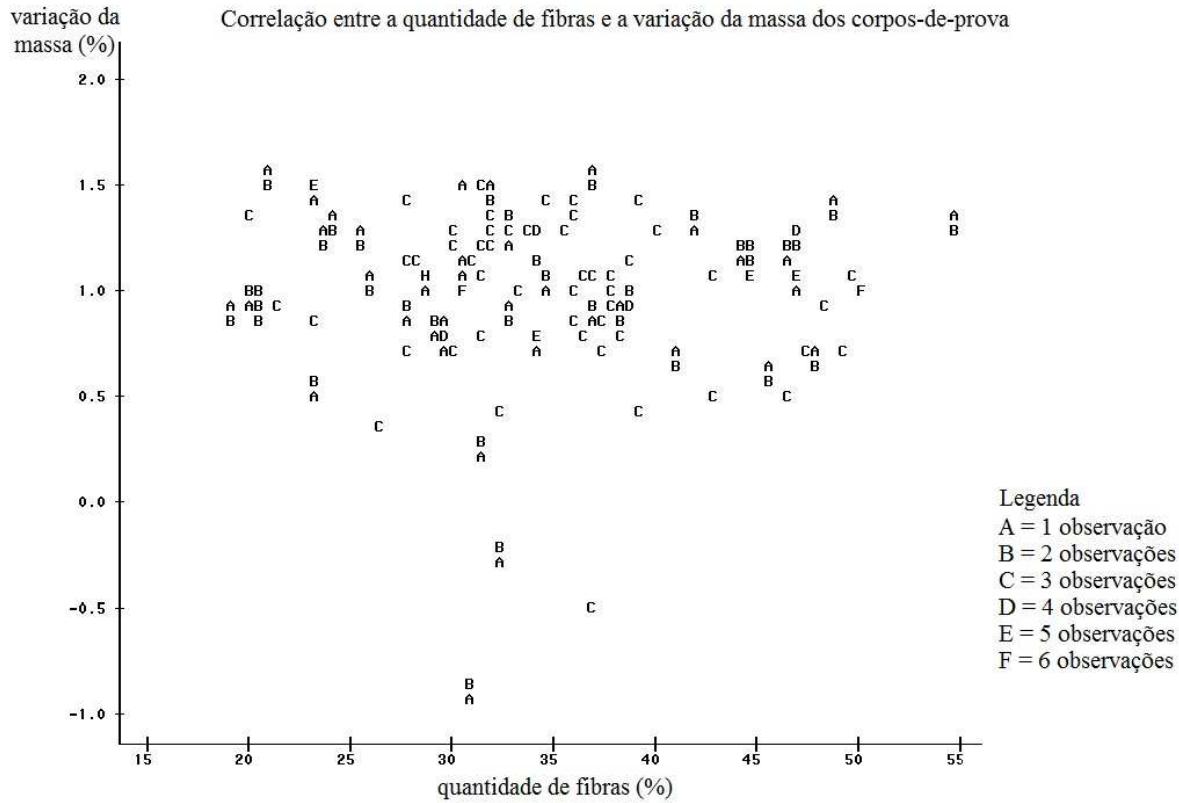


Figura 133: Diagrama de dispersão entre a variação da massa e a quantidade de fibras dos corpos de prova. A variação da massa é independente da quantidade de fibras. A análise do diagrama aponta para uma pequena variação da massa dos corpos de prova, não influenciada pela variação na porcentagem de fibras dos mesmos, significativamente maior.

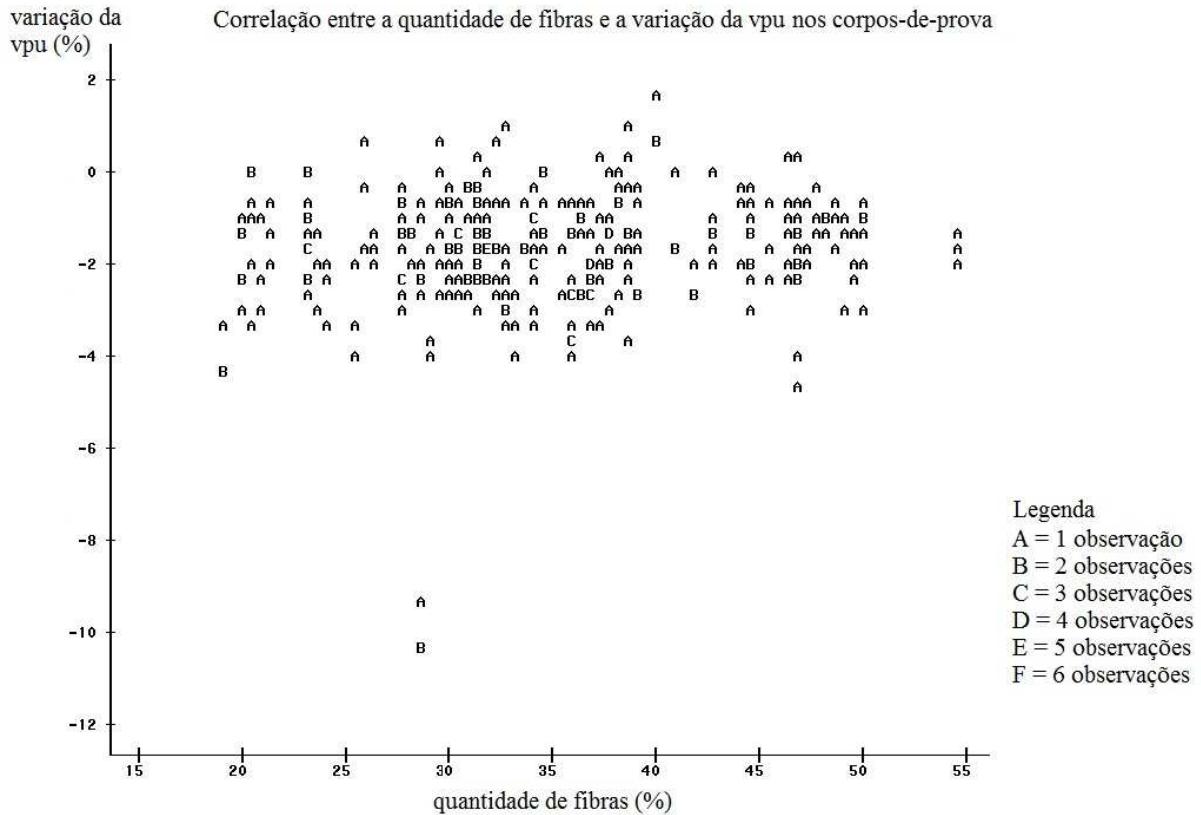


Figura 134: Diagrama de dispersão entre a variação da VPU e a quantidade de fibras dos corpos de prova. A variação da VPU é independente da quantidade de fibras. A análise do diagrama aponta para uma pequena variação da VPU através dos corpos de prova, não influenciada pela variação na porcentagem de fibras dos mesmos, significativamente maior.

Tabela 31: Quantidade de fibras dos corpos de prova de acordo com a análise das imagens geradas pelo software Leoworks 3.0

id	Fibras (%)	id	Fibras (%)						
A15I	34,59	B15I	31,90	C15I	40,96	D15I	49,03	TI	46,90
A15II	30,24	B15II	38,12	C15II	30,73	D15II	37,46	TII	31,96
A15III	38,68	B15III	27,79	C15III	27,56	D15III	23,76	TIII	34,32
A15IV	30,78	B15IV	31,46	C15IV	26,48	D15IV	36,56	TIV	34,15
A15V	35,74	B15V	23,16	C15V	41,73	D15V	23,22	TV	37,55
A30I	27,78	B30I	33,22	C30I	23,36	D30I	32,62		
A30II	37,95	B30II	35,94	C30II	31,25	D30II	36,77		
A30III	38,25	B30III	30,09	C30III	19,25	D30III	47,83		
A30IV	46,70	B30IV	25,79	C30IV	31,91	D30IV	31,30		
A30V	48,61	B30V	43,99	C30V	21,58	D30V	47,23		
A60I	34,09	B60I	44,38	C60I	28,49	D60I	47,96		

A60II	39,03	B60II	24,29	C60II	27,75	D60II	20,31
A60III	19,95	B60III	38,60	C60III	29,45	D60III	32,54
A60IV	46,51	B60IV	35,55	C60IV	34,25	D60IV	35,73
A60V	54,51	B60V	21,05	C60V	36,97	D60V	44,51
A120I	25,30	B120I	29,72	C120I	32,59	D120I	37,64
A120II	46,35	B120II	28,52	C120II	42,81	D120II	30,60
A120III	23,64	B120III	20,57	C120III	31,37	D120III	36,95
A120IV	29,02	B120IV	31,28	C120IV	38,86	D120IV	49,86
A120V	39,88	B120V	31,72	C120V	42,74	D120V	33,65
A180I	46,86	B180I	35,93	C180I	37,31	D180I	33,92
A180II	46,82	B180II	30,63	C180II	32,37	D180II	50,07
A180III	45,56	B180III	28,15	C180III	37,00	D180III	23,35
A180IV	39,01	B180IV	44,47	C180IV	29,80	D180IV	28,81
A180V	49,53	B180V	32,28	C180V	20,16	D180V	30,11

ANEXO 3

Tabela 10: Coeficiente de Correlação de Pearson entre a variação da massa e a umidade relativa durante o período de ensaio para os diferentes corpos de prova.

id	Coef. p	id	Coef. p						
A15I	0,90	B15I	0,55	C15I	0,82	D15I	0,92	TI	0,82
A15II	0,91	B15II	0,77	C15II	-0,68	D15II	0,85	TII	0,86
A15III	0,79	B15III	0,87	C15III	0,87	D15III	0,82	TIII	0,77
A15IV	0,87	B15IV	0,77	C15IV	0,81	D15IV	0,88	TIV	0,86
A15V	0,78	B15V	0,83	C15V	0,82	D15V	0,83	TV	0,90
A30I	0,76	B30I	0,86	C30I	0,88	D30I	0,86		
A30II	0,91	B30II	0,88	C30II	0,87	D30II	0,88		
A30III	0,88	B30III	0,76	C30III	0,88	D30III	0,90		
A30IV	0,85	B30IV	0,82	C30IV	0,84	D30IV	0,87		
A30V	0,81	B30V	0,83	C30V	0,89	D30V	0,80		
A60I	0,74	B60I	0,88	C60I	0,85	D60I	0,87		
A60II	0,83	B60II	0,86	C60II	0,89	D60II	0,81		
A60III	0,82	B60III	0,84	C60III	0,85	D60III	0,44		
A60IV	0,89	B60IV	0,78	C60IV	0,76	D60IV	0,90		
A60V	0,77	B60V	0,78	C60V	0,77	D60V	0,87		
A120I	0,78	B120I	0,80	C120I	0,83	D120I	0,88		
A120II	0,86	B120II	0,82	C120II	0,78	D120II	0,90		
A120III	0,86	B120III	0,91	C120III	0,32	D120III	0,90		
A120IV	0,88	B120IV	0,83	C120IV	0,90	D120IV	0,88		
A120V	0,78	B120V	0,83	C120V	0,85	D120V	0,83		
A180I	0,84	B180I	0,80	C180I	0,94	D180I	0,88		
A180II	0,86	B180II	0,82	C180II	0,87	D180II	0,89		
A180III	0,90	B180III	0,81	C180III	-0,43	D180III	0,84		
A180IV	0,84	B180IV	0,89	C180IV	0,87	D180IV	0,88		
A180V	0,87	B180V	-0,51	C180V	0,85	D180V	0,84		

Tabela 11: Média dos Coeficientes de Correlação de Pearson entre a variação da massa e a umidade relativa durante o período de ensaio para os diferentes corpos de prova.

diluição	média dos coeficientes p
A (0%)	0,84
B (10%)	0,82
C (20%)	0,72
D (30%)	0,85
Test.	0,84
total	0,79

Tabela 12: Coeficiente de Correlação de Pearson entre a variação da VPU e a umidade relativa durante o período de ensaio para os diferentes corpos de prova.

id	coeficiente p	id	coeficiente p						
A15I	-0,65	B15I	-0,68	C15I	-0,39	D15I	-0,56	TI	-0,35
A15II	-0,58	B15II	-0,57	C15II	0,18	D15II	-0,32	TII	-0,19
A15III	-0,14	B15III	-0,33	C15III	-0,41	D15III	-0,67	TIII	0,15
A15IV	-0,62	B15IV	-0,53	C15IV	-0,49	D15IV	-0,37	TIV	-0,52
A15V	-0,40	B15V	-0,45	C15V	-0,71	D15V	-0,24	TV	-0,16
A30I	-0,50	B30I	-0,75	C30I	-0,55	D30I	-0,43		
A30II	-0,05	B30II	-0,77	C30II	-0,40	D30II	-0,67		
A30III	-0,29	B30III	-0,58	C30III	-0,60	D30III	-0,24		
A30IV	-0,21	B30IV	-0,22	C30IV	-0,65	D30IV	-0,41		
A30V	-0,51	B30V	-0,09	C30V	-0,52	D30V	-0,36		
A60I	-0,50	B60I	-0,43	C60I	-0,15	D60I	-0,39		
A60II	-0,71	B60II	-0,51	C60II	-0,65	D60II	0,03		
A60III	-0,31	B60III	-0,71	C60III	-0,14	D60III	-0,61		
A60IV	-0,61	B60IV	-0,45	C60IV	-0,47	D60IV	-0,57		
A60V	-0,29	B60V	-0,50	C60V	-0,60	D60V	-0,49		
A120I	-0,37	B120I	-0,62	C120I	-0,10	D120I	-0,25		
A120II	-0,52	B120II	-0,81	C120II	-0,24	D120II	-0,70		
A120III	-0,55	B120III	-0,51	C120III	-0,68	D120III	-0,68		
A120IV	-0,50	B120IV	-0,59	C120IV	-0,62	D120IV	0,04		
A120V	-0,01	B120V	-0,41	C120V	-0,42	D120V	-0,38		
A180I	-0,65	B180I	-0,68	C180I	-0,71	D180I	-0,52		
A180II	-0,53	B180II	-0,42	C180II	-0,39	D180II	-0,43		
A180III	-0,40	B180III	-0,73	C180III	-0,54	D180III	-0,42		
A180IV	-0,43	B180IV	-0,44	C180IV	-0,44	D180IV	-0,68		
A180V	-0,68	B180V	-0,16	C180V	-0,52	D180V	-0,27		

Tabela 13: Média dos Coeficientes de Correlação de Pearson entre a variação da VPU e a umidade relativa durante o período de ensaio para os diferentes corpos de prova.

diluição	média dos coeficientes p
A (0%)	-0,44
B (10%)	-0,52
C (20%)	-0,45
D (30%)	-0,42
Test.	-0,21
total	-0,45

ANEXO 4

Tabela 32: Dimensões e volume aparente dos corpos de prova

Dimensões dos corpos de prova (mm)				
Id	Longitudinal	Tangencial	Radial	volume aparente (mm³)
TI	198,52	18,77	10,10	37634,83
TII	186,75	17,12	9,74	31140,34
TIII	200,45	20,19	10,07	40754,15
TIV	197,20	18,51	9,28	33873,60
TV	199,32	18,63	7,18	26661,72
A15I	200,74	19,31	6,80	26358,77
A15II	195,11	19,98	9,72	37891,45
A15III	197,43	19,27	9,75	37093,64
A15IV	193,34	17,43	9,81	33058,88
A15V	196,63	19,67	9,73	37632,84
A30I	197,03	17,80	9,69	33984,13
A30II	186,98	18,48	9,52	32895,32
A30III	197,63	18,89	9,95	37145,65
A30IV	196,94	20,18	10,07	40020,69
A30V	200,30	16,25	9,90	32223,26
A60I	187,35	19,63	10,08	37071,02
A60II	195,39	15,70	10,17	31197,73
A60III	197,39	19,80	9,47	37011,81
A60IV	198,07	20,01	9,57	37929,55
A60V	195,28	16,48	9,63	30991,40
A120I	197,29	15,88	9,64	30201,78
A120II	198,09	17,81	9,32	32880,80
A120III	197,24	16,53	9,05	29506,41
A120IV	197,81	20,02	9,59	37977,90
A120V	196,95	20,35	10,12	40560,28
A180I	197,47	17,98	9,40	33374,80
A180II	197,32	19,34	9,76	37245,81
A180III	197,34	16,30	9,22	29657,44
A180IV	198,11	19,97	7,50	29671,93
A180V	196,75	19,27	9,16	34728,97
B15I	199,83	19,23	10,33	39695,41
B15II	197,96	19,63	9,65	37499,46
B15III	198,01	19,29	10,13	38692,68
B15IV	197,61	19,91	10,24	40288,41
B15V	198,04	15,96	9,69	30627,36

B30I	198,07	18,43	10,27	37489,92
B30II	197,43	18,33	9,68	35030,87
B30III	196,72	20,09	10,10	39916,26
B30IV	196,96	19,91	9,79	38391,23
B30V	196,95	18,70	9,70	35724,76
B60I	197,18	19,61	9,55	36926,98
B60II	197,31	20,38	10,33	41538,77
B60III	201,46	18,24	9,56	35129,47
B60IV	197,10	18,04	10,15	36090,19
B60V	193,64	16,41	8,88	28217,38
B120I	197,08	20,11	8,25	32697,05
B120II	197,95	19,52	10,78	41653,75
B120III	196,72	19,29	9,29	35253,03
B120IV	197,94	20,56	10,63	43260,34
B120V	197,95	19,88	9,75	38368,65
B180I	200,99	20,37	11,01	45076,77
B180II	197,85	18,85	8,69	32409,12
B180III	197,97	17,85	10,48	37033,85
B180IV	195,70	19,75	9,45	36524,96
B180V	194,73	19,07	9,41	34944,05
C15I	197,79	19,69	9,64	37542,84
C15II	197,42	19,95	9,60	37809,88
C15III	197,29	19,67	9,75	37836,77
C15IV	198,17	20,19	9,79	39170,30
C15V	198,02	19,59	9,84	38171,44
C30I	196,82	19,96	10,01	39324,56
C30II	196,22	19,91	9,66	37739,11
C30III	198,13	19,18	9,70	36861,29
C30IV	195,89	20,17	10,55	41684,12
C30V	197,91	19,38	8,18	31374,36
C60I	197,56	19,80	10,45	40877,14
C60II	197,35	19,94	10,02	39430,29
C60III	198,06	18,15	9,97	35840,05
C60IV	197,75	19,49	10,45	40275,84
C60V	197,57	19,95	9,80	38626,91
C120I	200,57	14,99	6,02	18099,40
C120II	194,09	14,70	4,53	12924,65
C120III	199,68	14,82	5,03	14885,07
C120IV	197,75	19,60	5,11	19805,85

C120V	197,07	20,21	10,12	40305,78
C180I	196,55	19,80	8,51	33118,28
C180II	194,61	18,57	8,10	29272,65
C180III	181,44	19,00	8,70	29992,03
C180IV	200,65	18,99	9,18	34978,95
C180V	200,87	19,90	9,94	39733,29
D15I	198,45	13,46	9,88	26390,83
D15II	194,26	20,10	9,90	38655,80
D15III	196,36	19,64	9,80	37793,80
D15IV	196,60	17,97	10,01	35364,35
D15V	195,48	18,42	9,79	35251,26
D30I	196,86	20,15	10,41	41293,65
D30II	194,23	19,82	9,96	38342,40
D30III	196,05	15,11	9,45	27993,88
D30IV	190,98	18,76	9,14	32746,65
D30V	197,69	19,83	9,83	38535,49
D60I	196,46	17,74	9,76	34015,56
D60II	192,85	17,48	10,45	35227,14
D60III	197,08	18,65	9,28	34109,03
D60IV	200,13	18,70	9,75	36488,70
D60V	197,95	19,01	9,57	36012,19
D120I	195,54	17,52	9,31	31894,76
D120II	192,69	19,38	9,37	34990,69
D120III	196,11	19,80	9,60	37276,59
D120IV	194,89	15,76	9,60	29486,08
D120V	198,52	18,49	10,18	37367,06
D180I	201,86	20,12	10,29	41792,04
D180II	197,18	20,05	10,03	39653,19
D180III	197,13	17,83	10,36	36413,62
D180IV	198,28	14,59	9,83	28437,26
D180V	197,26	20,17	9,92	39469,04

ANEXO 5

Tabela 33: Variação de massa dos corpos de prova. As medições foram realizadas em triplicata (medida 1, 2 e 3).

		massa (g)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
TI	1	19,4295	19,4890	19,5274	19,5957	19,6286	19,6801	1,29%	
TI	2	19,4304	19,4906	19,5268	19,6006	19,6330	19,6808	1,29%	
TI	3	19,4246	19,4944	19,5292	19,6060	19,6341	19,6789	1,31%	
TII	1	19,0027	19,0357	19,1209	19,1276	19,1713	19,2400	1,25%	
TII	2	19,0053	19,0368	19,1219	19,1279	19,1714	19,2342	1,20%	
TII	3	19,0008	19,0355	19,1148	19,1407	19,1679	19,2404	1,26%	
TIII	1	22,3482	22,4169	22,4461	22,5090	22,5606	22,5753	1,02%	
TIII	2	22,3453	22,4110	22,4986	22,5106	22,5609	22,5806	1,05%	
TIII	3	22,3486	22,4190	22,5011	22,5119	22,5600	22,5839	1,05%	
TIV	1	28,0380	28,0017	28,1578	28,1895	28,2004	28,2600	0,79%	
TIV	2	28,0324	27,9990	28,1601	28,1806	28,1967	28,2581	0,81%	
TIV	3	28,0434	28,0000	28,1558	28,1757	28,1980	28,2550	0,75%	
TV	1	19,0714	19,0451	19,1602	19,1904	19,2039	19,2577	0,98%	
TV	2	19,0712	19,0502	19,1600	19,1929	19,2080	19,2634	1,01%	
TV	3	19,0672	19,0686	19,1618	19,1915	19,2037	19,2621	1,02%	
							média	1,07%	
		massa (g)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
A15I	1	13,7456	13,7605	13,8222	13,8328	13,8516	13,9386	1,40%	
A15I	2	13,7441	13,7612	13,8226	13,8336	13,8533	13,9371	1,40%	
A15I	3	13,7448	13,7594	13,8180	13,8282	13,8536	13,9396	1,42%	
A15II	1	25,7963	25,8236	25,9223	25,9591	25,9713	26,0566	1,01%	
A15II	2	25,8017	25,8235	25,9236	25,9637	25,9736	26,0593	1,00%	
A15II	3	25,8049	25,8281	25,9232	25,9628	25,9723	26,0597	0,99%	
A15III	1	23,1142	23,1690	23,2482	23,2469	23,3134	23,3418	0,98%	
A15III	2	23,1121	23,1714	23,2478	23,2594	23,3102	23,3399	0,99%	
A15III	3	23,1214	23,1755	23,2519	23,2630	23,3129	23,3391	0,94%	
A15IV	1	19,0013	19,0447	19,1340	19,1636	19,1697	19,2239	1,17%	
A15IV	2	19,0027	19,0458	19,1282	19,1723	19,1727	19,2231	1,16%	
A15IV	3	19,0019	19,0448	19,1370	19,1715	19,1766	19,2219	1,16%	
A15V	1	21,6396	21,7601	21,8374	21,8546	21,8876	21,9352	1,37%	
A15V	2	21,6401	21,7650	21,8278	21,8597	21,8846	21,9378	1,38%	
A15V	3	21,6424	21,7655	21,8349	21,8594	21,8881	21,9390	1,37%	
							média	1,18%	

		massa (g)							
Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
A30I	1	16,9216	16,9850	17,0731	17,0892	17,1182	17,1679	1,46%	
A30I	2	16,9274	16,9853	17,0791	17,0894	17,1237	17,1689	1,43%	
A30I	3	16,9238	17,0850	17,0742	17,0914	17,1239	17,1677	1,44%	
A30II	1	19,3181	19,3307	19,3858	19,4512	19,4430	19,4968	0,93%	
A30II	2	19,3203	19,3298	19,3817	19,4515	19,4442	19,5003	0,93%	
A30II	3	19,3174	19,3325	19,3878	19,4518	19,4428	19,5022	0,96%	
A30III	1	22,0465	22,0766	22,1569	22,1950	22,1966	22,2426	0,89%	
A30III	2	22,0465	22,0781	22,1573	22,1932	22,2046	22,2402	0,88%	
A30III	3	22,0436	22,0734	22,1550	22,2002	22,1997	22,2427	0,90%	
A30IV	1	19,8718	19,9055	20,0159	20,0454	20,0670	20,1134	1,22%	
A30IV	2	19,8717	19,9147	20,0171	20,0501	20,0741	20,1130	1,21%	
A30IV	3	19,8695	19,9120	20,0204	20,0483	20,0709	20,1186	1,25%	
A30V	1	18,0867	18,1266	18,2392	18,2818	18,2958	18,3379	1,39%	
A30V	2	18,0878	18,1838	18,2323	18,2771	18,3018	18,3365	1,37%	
A30V	3	18,0827	18,1837	18,2325	18,2783	18,3031	18,3396	1,42%	

média **1,18%**

		massa (g)							
Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
A60I	1	19,0046	19,1227	19,1511	19,1889	19,2291	19,2548	1,32%	
A60I	2	19,0321	19,1284	19,1525	19,2003	19,2289	19,2532	1,16%	
A60I	3	19,0319	19,1255	19,1554	19,1967	19,2331	19,2517	1,15%	
A60II	1	16,5023	16,5793	16,6287	16,6689	16,6848	16,7393	1,44%	
A60II	2	16,5054	16,5791	16,6251	16,6658	16,6905	16,7424	1,44%	
A60II	3	16,5025	16,5790	16,6269	16,6683	16,6953	16,7415	1,45%	
A60III	1	19,8629	19,9593	20,0088	20,0438	20,0610	20,1303	1,35%	
A60III	2	19,8618	19,9619	20,0106	20,0406	20,0595	20,1326	1,36%	
A60III	3	19,8583	19,9645	20,0156	20,0415	20,0607	20,1302	1,37%	
A60IV	1	31,9525	31,9003	31,9817	32,0252	32,0451	32,1074	0,48%	
A60IV	2	31,9564	31,8930	31,9945	32,0284	32,0425	32,1187	0,51%	
A60IV	3	31,9616	31,9118	32,0040	32,0193	32,0490	32,1199	0,50%	
A60V	1	16,0522	16,1439	16,1850	16,2138	16,2381	16,2626	1,31%	
A60V	2	16,0539	16,1375	16,1824	16,2148	16,2389	16,2665	1,32%	
A60V	3	16,0556	16,1359	16,1856	16,2113	16,2395	16,2693	1,33%	

média **1,17%**

		massa (g)							
Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
A120I	1	17,5970	17,6696	17,7282	17,7320	17,7747	17,8123	1,22%	

A120I	2	17,5943	17,6770	17,7181	17,7321	17,7723	17,8132	1,24%
A120I	3	17,5939	17,6685	17,7219	17,7344	17,7754	17,8135	1,25%
A120II	1	18,7593	18,7993	18,8613	18,8903	18,9119	18,9829	1,19%
A120II	2	18,7586	18,8001	18,8660	18,8806	18,9184	18,9787	1,17%
A120II	3	18,7549	18,8002	18,8620	18,8848	18,9202	18,9820	1,21%
A120III	1	15,7992	15,8432	15,9090	15,9422	15,9567	15,9936	1,23%
A120III	2	15,8013	15,8376	15,9048	15,9426	15,9572	15,9953	1,23%
A120III	3	15,7976	15,8348	15,9084	15,9424	15,9571	15,9954	1,25%
A120IV	1	24,2264	24,2070	24,3364	24,3344	24,3698	24,4224	0,81%
A120IV	2	24,2226	24,2032	24,3305	24,3393	24,3689	24,4229	0,83%
A120IV	3	24,2229	24,2042	24,3298	24,3385	24,3673	24,4272	0,84%
A120V	1	18,2210	18,2951	18,3500	18,3801	18,4295	18,4555	1,29%
A120V	2	18,2251	18,2938	18,3467	18,3821	18,4312	18,4592	1,28%
A120V	3	18,2232	18,2982	18,3496	18,3774	18,4290	18,4590	1,29%

média **1,16%**

		massa (g)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
A180I	1	20,6175	20,6242	20,7256	20,7193	20,7826	20,8354	1,06%	
A180I	2	20,6150	20,6171	20,7249	20,7244	20,7809	20,8348	1,07%	
A180I	3	20,6160	20,6151	20,7239	20,7206	20,7811	20,8362	1,07%	
A180II	1	20,7489	20,7770	20,8451	20,8730	20,9127	20,9705	1,07%	
A180II	2	20,7480	20,7836	20,8351	20,8796	20,9115	20,9670	1,06%	
A180II	3	20,7549	20,7778	20,8431	20,8806	20,9127	20,9679	1,03%	
A180III	1	29,5354	29,4905	29,6105	29,6310	29,6528	29,7192	0,62%	
A180III	2	29,5375	29,4953	29,5878	29,6386	29,6537	29,7155	0,60%	
A180III	3	29,5426	29,4893	29,5853	29,6422	29,6532	29,7179	0,59%	
A180IV	1	26,6666	26,6036	26,6701	26,6846	26,7165	26,7738	0,40%	
A180IV	2	26,6629	26,6054	26,6666	26,6856	26,7132	26,7727	0,41%	
A180IV	3	26,6665	26,6075	26,6797	26,6884	26,7201	26,7750	0,41%	
A180V	1	24,4961	24,5185	24,6700	24,6837	24,7059	24,7665	1,10%	
A180V	2	24,5031	24,5265	24,6717	24,6802	24,7032	24,7653	1,07%	
A180V	3	24,5020	24,4670	24,6679	24,6793	24,7097	24,7601	1,05%	

média **0,84%**

		massa (g)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
B15I	1	18,8655	18,9403	19,0477	19,0349	19,1030	19,1271	1,39%	
B15I	2	18,8667	18,9441	19,0436	19,0426	19,1019	19,1280	1,38%	
B15I	3	18,8679	19,1871	19,0451	19,0437	19,1002	19,1265	1,37%	
B15II	1	27,9146	27,9042	28,0389	28,0726	28,0804	28,1305	0,77%	

B15II	2	27,9161	27,9080	28,0318	28,0705	28,0795	28,1349	0,78%
B15II	3	27,9124	28,1007	28,0387	28,0835	28,0813	28,1324	0,79%
B15III	1	20,7351	20,7805	20,8736	20,9182	20,9207	20,9756	1,16%
B15III	2	20,7318	20,7807	20,8773	20,9239	20,9228	20,9735	1,17%
B15III	3	20,7397	20,7830	20,8746	20,9140	20,9241	20,9751	1,14%
B15IV	1	18,9476	19,0394	19,1081	19,1392	19,1816	19,2259	1,47%
B15IV	2	18,9478	19,0970	19,1103	19,1392	19,1855	19,2298	1,49%
B15IV	3	18,9472	19,0403	19,1117	19,1439	19,1835	19,2290	1,49%
B15V	1	17,4917	17,5819	17,6544	17,6781	17,6948	17,7595	1,53%
B15V	2	17,4920	17,5847	17,6491	17,6790	17,6899	17,7583	1,52%
B15V	3	17,4957	17,5825	17,6481	17,6793	17,6943	17,7543	1,48%
								média
								1,26%

		massa (g)							
Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
B30I	1	20,1211	20,1583	20,2344	20,2676	20,2784	20,3247	1,01%	
B30I	2	20,1203	20,1563	20,2343	20,2571	20,2796	20,3241	1,01%	
B30I	3	20,1275	20,1591	20,2386	20,2468	20,2749	20,3219	0,97%	
B30II	1	21,1176	21,1422	21,2256	21,2447	21,2686	21,3300	1,01%	
B30II	2	21,1161	21,1446	21,2234	21,2487	21,2676	21,3289	1,01%	
B30II	3	21,1168	21,1414	21,2255	21,2468	21,2675	21,3271	1,00%	
B30III	1	18,8421	18,9347	18,9570	18,9615	19,0056	19,0635	1,18%	
B30III	2	18,8439	18,9274	18,9617	18,9608	19,0112	19,0684	1,19%	
B30III	3	18,8393	18,9343	18,9655	18,9637	19,0071	19,0654	1,20%	
B30IV	1	19,4149	19,4467	19,5141	19,5534	19,5864	19,6109	1,01%	
B30IV	2	19,4098	19,4470	19,5139	19,5491	19,5868	19,6127	1,05%	
B30IV	3	19,4140	19,4541	19,5168	19,5504	19,5844	19,6086	1,00%	
B30V	1	19,3051	19,3674	19,4290	19,4474	19,4814	19,5406	1,22%	
B30V	2	19,3036	19,3716	19,4326	19,4484	19,4827	19,5400	1,22%	
B30V	3	19,3135	19,3690	19,4314	19,4510	19,4845	19,5404	1,17%	
								média	
								1,08%	

		massa (g)							
Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
B60I	1	22,4665	22,5192	22,5900	22,6215	22,6402	22,7085	1,08%	
B60I	2	22,4701	22,5135	22,5878	22,6208	22,6329	22,7080	1,06%	
B60I	3	22,4679	22,5158	22,5945	22,6205	22,6401	22,7072	1,07%	
B60II	1	19,4289	19,4889	19,5634	19,5932	19,6215	19,6813	1,30%	
B60II	2	19,4253	19,4720	19,5589	19,5948	19,6240	19,6815	1,32%	
B60II	3	19,4213	19,4410	19,5565	19,5955	19,6162	19,6808	1,34%	
B60III	1	20,5795	20,6013	20,6912	20,7267	20,7496	20,7719	0,93%	

B60III	2	20,5808	20,6050	20,6912	20,7286	20,7550	20,7715	0,93%
B60III	3	20,5837	20,6078	20,6895	20,7255	20,7494	20,7740	0,92%
B60IV	1	21,2229	21,3067	21,3928	21,3907	21,4551	21,4944	1,28%
B60IV	2	21,2235	21,3030	21,3874	21,3897	21,4569	21,4942	1,28%
B60IV	3	21,2256	21,3041	21,3873	21,3974	21,4553	21,4975	1,28%
B60V	1	13,2110	13,3044	13,3223	13,3567	13,3714	13,4146	1,54%
B60V	2	13,2130	13,3031	13,3215	13,3609	13,3702	13,4113	1,50%
B60V	3	13,2125	13,3000	13,3266	13,3584	13,3715	13,4101	1,50%
						média	1,22%	

		massa (g)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
B120I	1	25,1843	25,1725	25,3281	25,3404	25,3725	25,3794	0,77%	
B120I	2	25,1904	25,1742	25,3275	25,3360	25,3796	25,3784	0,75%	
B120I	3	25,1927	25,1709	25,3237	25,3407	25,3751	25,3742	0,72%	
B120II	1	19,2657	19,3088	19,3837	19,4098	19,4419	19,4632	1,03%	
B120II	2	19,2672	19,3076	19,3795	19,4060	19,4505	19,4722	1,06%	
B120II	3	19,2669	19,3032	19,3819	19,4144	19,4457	19,4719	1,06%	
B120III	1	19,4567	19,4822	19,5360	19,5693	19,5655	19,6310	0,90%	
B120III	2	19,4610	19,5069	19,5382	19,5723	19,5736	19,6320	0,88%	
B120III	3	19,4603	19,4783	19,5406	19,5755	19,5713	19,6298	0,87%	
B120IV	1	21,4824	21,5723	21,6175	21,6374	21,6603	21,7412	1,20%	
B120IV	2	21,4834	21,5743	21,6209	21,6399	21,6609	21,7422	1,20%	
B120IV	3	21,4781	21,5697	21,6198	21,6333	21,6627	21,7448	1,24%	
B120V	1	24,7882	24,8733	24,9802	25,0098	25,0356	25,0973	1,25%	
B120V	2	24,7904	24,8723	24,9816	25,0135	25,0421	25,0874	1,20%	
B120V	3	24,7920	24,8585	24,9867	25,0137	25,0467	25,0962	1,23%	
						média	1,02%		

id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)
B180I	1	27,5085	27,5748	27,6475	27,6804	27,7270	27,7510	0,88%
B180I	2	27,5084	27,5741	27,6438	27,6855	27,7243	27,7483	0,87%
B180I	3	27,5058	27,5695	27,6411	27,6839	27,7222	27,7511	0,89%
B180II	1	18,9890	19,0507	19,0727	19,1267	19,1430	19,1762	0,99%
B180II	2	18,9910	19,0491	19,0783	19,1241	19,1452	19,1772	0,98%
B180II	3	18,9919	19,0454	19,0773	19,1268	19,1423	19,1769	0,97%
B180III	1	17,8698	17,9231	18,0096	18,0076	18,0441	18,0737	1,14%
B180III	2	17,8731	17,9229	18,0071	18,0080	18,0402	18,0768	1,14%
B180III	3	17,8707	17,9235	18,0021	18,0078	18,0440	18,0770	1,15%
B180IV	1	20,9012	20,9529	21,0033	21,0551	21,0635	21,1300	1,09%
B180IV	2	20,9003	20,9443	21,0099	21,0474	21,0592	21,1325	1,11%

B180IV	3	20,9038	20,9456	21,0077	21,0485	21,0578	21,1302	1,08%
B180V	1	21,8255	21,8605	21,6940	21,7203	21,7250	21,7744	-0,23%
B180V	2	21,8302	21,8586	21,6935	21,7177	21,7246	21,7774	-0,24%
B180V	3	21,8367	21,8641	21,6907	21,7158	21,7242	21,7797	-0,26%

média **0,77%**

massa (g)								
Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)
C15I	1	20,6022	20,5865	20,6547	20,6715	20,7194	20,7448	0,69%
C15I	2	20,6092	20,5915	20,6504	20,6790	20,7195	20,7371	0,62%
C15I	3	20,6124	20,5896	20,6540	20,6771	20,7194	20,7458	0,65%
C15II	1	26,3083	26,2186	26,2278	26,0671	26,0499	26,0695	-0,91%
C15II	2	26,3067	26,2150	26,2200	26,0640	26,0443	26,0772	-0,87%
C15II	3	26,3059	26,2174	26,2250	26,0628	26,0419	26,0747	-0,88%
C15III	1	20,8014	20,7550	20,8759	20,8656	20,8910	20,9509	0,72%
C15III	2	20,7967	20,7465	20,8723	20,8684	20,8947	20,9493	0,73%
C15III	3	20,8052	20,7487	20,8775	20,8644	20,8979	20,9505	0,70%
C15IV	1	30,8142	30,7410	30,7916	30,8504	30,8680	30,9237	0,36%
C15IV	2	30,8147	30,7314	30,7899	30,8471	30,8784	30,9246	0,36%
C15IV	3	30,8179	30,7354	30,7878	30,8615	30,8737	30,9281	0,36%
C15V	1	21,3643	21,4380	21,5324	21,5707	21,6010	21,6478	1,33%
C15V	2	21,3682	21,4308	21,5300	21,5618	21,6112	21,6563	1,35%
C15V	3	21,3686	21,4396	21,5361	21,5637	21,6051	21,6493	1,31%

média **0,43%**

massa (g)								
Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)
C30I	1	16,3692	16,4209	16,4919	16,5304	16,5380	16,6096	1,47%
C30I	2	16,3716	16,4233	16,4905	16,5283	16,5443	16,6058	1,43%
C30I	3	16,3709	16,4259	16,4934	16,5291	16,5423	16,6109	1,47%
C30II	1	19,0849	19,1036	19,1616	19,1823	19,2189	19,2944	1,10%
C30II	2	19,0878	19,1028	19,1598	19,1821	19,2187	19,2907	1,06%
C30II	3	19,0856	19,0989	19,1625	19,1796	19,2157	19,2906	1,07%
C30III	1	20,1907	20,1890	20,2441	20,3130	20,3269	20,3665	0,87%
C30III	2	20,1859	20,1860	20,2422	20,3117	20,3256	20,3671	0,90%
C30III	3	20,1895	20,1845	20,2389	20,3141	20,3211	20,3654	0,87%
C30IV	1	18,8364	18,9044	18,9694	19,0070	19,0530	19,1145	1,48%
C30IV	2	18,8359	18,9036	18,9694	19,0078	19,0501	19,1114	1,46%
C30IV	3	18,8447	18,9035	18,9706	19,0114	19,0474	19,1110	1,41%
C30V	1	20,0907	20,1230	20,2034	20,2315	20,2370	20,2839	0,96%
C30V	2	20,0966	20,1164	20,2010	20,2347	20,2346	20,2871	0,95%

C30V	3	20,0921	20,1179	20,2016	20,2328	20,2373	20,2834	0,95%
							média	1,16%
massa (g)								
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)
C60I	1	20,6682	20,7164	20,7964	20,8277	20,8539	20,8870	1,06%
C60I	2	20,6777	20,7106	20,8002	20,8306	20,8579	20,8943	1,05%
C60I	3	20,6755	20,7138	20,7979	20,8326	20,8522	20,8930	1,05%
C60II	1	20,7177	20,7188	20,8138	20,8135	20,8324	20,9023	0,89%
C60II	2	20,7163	20,7396	20,8112	20,8102	20,8351	20,9108	0,94%
C60II	3	20,7166	20,7222	20,8088	20,8060	20,8325	20,9034	0,90%
C60III	1	21,3296	21,3159	21,4203	21,4261	21,4669	21,5078	0,84%
C60III	2	21,3335	21,3166	21,4261	21,4251	21,4658	21,4976	0,77%
C60III	3	21,3342	21,3140	21,4253	21,4283	21,4618	21,4938	0,75%
C60IV	1	19,6302	19,6980	19,7972	19,7629	19,8397	19,8845	1,30%
C60IV	2	19,6320	19,7007	19,7970	19,7642	19,8419	19,8865	1,30%
C60IV	3	19,6287	19,6973	19,7976	19,7686	19,8331	19,8781	1,27%
C60V	1	20,9814	21,1366	21,1482	21,2218	21,2346	21,3030	1,53%
C60V	2	20,9796	21,1339	21,1509	21,2226	21,2409	21,3034	1,54%
C60V	3	20,9842	21,1358	21,1386	21,2242	21,2411	21,3053	1,53%
							média	1,11%
massa (g)								
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)
C120I	1	19,2042	19,2302	19,2844	19,3266	19,3517	19,3734	0,88%
C120I	2	19,2066	19,2303	19,2803	19,3318	19,3549	19,3797	0,90%
C120I	3	19,2089	19,2309	19,2825	19,3281	19,3591	19,3738	0,86%
C120II	1	22,2147	22,1431	22,2330	22,2611	22,3134	22,3208	0,48%
C120II	2	22,2140	22,1484	22,2350	22,2668	22,3081	22,3265	0,51%
C120II	3	22,2143	22,1500	22,2410	22,2698	22,3129	22,3281	0,51%
C120III	1	27,2998	27,1546	27,2128	27,2586	27,2911	27,3687	0,25%
C120III	2	27,3136	17,1513	27,2095	27,2692	27,2839	27,3711	0,21%
C120III	3	27,3110	27,1482	27,2079	27,2664	27,2830	27,3783	0,25%
C120IV	1	21,4238	21,4443	21,5244	21,5549	21,5739	21,6645	1,12%
C120IV	2	21,4200	21,4440	21,5180	21,5604	21,5781	21,6637	1,14%
C120IV	3	21,4164	21,4436	21,5205	21,5567	21,5776	21,6641	1,16%
C120V	1	18,9339	18,9712	19,0550	19,0665	19,0960	19,1406	1,09%
C120V	2	18,9363	18,9650	19,0480	19,0654	19,0988	19,1436	1,09%
C120V	3	18,9351	18,9681	19,0553	19,0608	19,0975	19,1381	1,07%
							média	0,77%
massa (g)								

Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)
C180I	1	26,4419	26,3761	26,4976	26,5347	26,5241	26,6285	0,71%
C180I	2	26,4334	26,3823	26,4932	26,5291	26,5305	26,6207	0,71%
C180I	3	26,4374	26,3795	26,4895	26,5307	26,5297	26,6254	0,71%
C180II	1	22,5528	22,4997	22,5758	22,6012	22,6070	22,6455	0,41%
C180II	2	22,5458	22,4731	22,5679	22,6012	22,6118	22,6453	0,44%
C180II	3	22,5488	22,4809	22,5629	22,6020	22,6052	22,6447	0,43%
C180III	1	24,2057	24,0860	24,0015	23,9414	23,9961	24,0782	-0,53%
C180III	2	24,2061	24,0948	23,9967	23,9391	23,9942	24,0827	-0,51%
C180III	3	24,2067	24,0925	23,9939	23,9482	23,9896	24,0802	-0,52%
C180IV	1	24,5206	24,4508	24,5369	24,5441	24,5718	24,6900	0,69%
C180IV	2	24,5205	24,4518	24,5446	24,5472	24,5772	24,6869	0,68%
C180IV	3	24,5141	24,4511	24,5438	24,5443	24,5792	24,6909	0,72%
C180V	1	20,6367	20,6736	20,7455	20,7588	20,7836	20,8359	0,97%
C180V	2	20,6363	20,6755	20,7391	20,7599	20,7881	20,8386	0,98%
C180V	3	20,6387	20,6788	20,7399	20,7553	20,7877	20,8361	0,96%

média **0,46%**

massa (g)								
Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)
D15I	1	20,3741	20,3414	20,4304	20,4578	20,4633	20,5185	0,71%
D15I	2	20,3747	20,3448	20,4258	20,4584	20,4622	20,5218	0,72%
D15I	3	20,3765	20,3383	20,4274	20,4566	20,4666	20,5178	0,69%
D15II	1	21,0246	21,0488	21,1196	21,1462	21,1768	21,2061	0,86%
D15II	2	21,0268	21,0442	21,1225	21,1470	21,1736	21,2019	0,83%
D15II	3	21,0281	21,0461	21,1237	21,1439	21,1747	21,2069	0,85%
D15III	1	23,9355	23,9652	24,1054	24,1149	24,1595	24,1924	1,07%
D15III	2	23,9368	23,9904	24,1028	24,1117	24,1620	24,1952	1,08%
D15III	3	23,9434	23,9763	24,1021	24,1245	24,1624	24,1990	1,07%
D15IV	1	25,8107	25,8149	25,9262	25,9449	25,9693	26,0220	0,82%
D15IV	2	25,8117	25,8120	25,9277	25,9485	25,9736	26,0222	0,82%
D15IV	3	25,8168	25,8163	25,9313	25,9462	25,9717	26,0187	0,78%
D15V	1	22,9615	22,9213	22,9711	22,9661	22,9900	23,0864	0,54%
D15V	2	22,9683	22,9213	22,9701	22,9662	22,9885	23,0876	0,52%
D15V	3	22,9642	22,9210	22,9760	22,9660	22,9867	23,0874	0,54%

média **0,79%**

massa (g)								
Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)
D30I	1	19,4424	19,4712	19,5544	19,5922	19,6322	19,6899	1,27%
D30I	2	19,4387	19,4680	19,5573	19,5882	19,6305	19,6874	1,28%

D30I	3	19,4446	19,4682	19,5553	19,5875	19,6266	19,6857	1,24%
D30II	1	20,9077	20,9152	20,9941	20,9985	21,0333	21,1029	0,93%
D30II	2	20,9083	20,8981	20,9933	20,9955	21,0367	21,1057	0,94%
D30II	3	20,9099	20,8989	20,9930	21,0025	21,0353	21,0845	0,84%
D30III	1	21,9096	21,8894	21,9657	21,9722	21,9963	22,0545	0,66%
D30III	2	21,9081	21,8832	21,9549	21,9788	21,9969	22,0585	0,69%
D30III	3	21,9077	21,8893	21,9539	21,9727	21,9993	22,0531	0,66%
D30IV	1	24,2464	24,1376	24,3123	24,2817	24,3173	24,4276	0,75%
D30IV	2	24,2409	24,1452	24,3090	24,2844	24,3198	24,4312	0,79%
D30IV	3	24,2479	24,1498	24,3108	24,2941	24,3132	24,4314	0,76%
D30V	1	24,7782	24,7661	24,8933	24,8903	24,9441	24,9579	0,73%
D30V	2	24,7808	24,7662	24,9007	24,8878	24,9454	24,9624	0,73%
D30V	3	24,7850	24,7650	24,8965	24,8850	24,9402	24,9592	0,70%

média **0,86%**

		massa (g)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
D60I	1	21,0794	21,0847	21,1780	21,1803	21,2237	21,2746	0,93%	
D60I	2	21,0841	21,0987	21,1765	21,1888	21,2197	21,2823	0,94%	
D60I	3	21,0792	21,0924	21,1733	21,1839	21,2232	21,2816	0,96%	
D60II	1	16,9895	17,0222	17,0831	17,1100	17,1423	17,1528	0,96%	
D60II	2	16,9898	17,0222	17,0872	17,1067	17,1356	17,1543	0,97%	
D60II	3	16,9879	17,0227	17,0840	17,1055	17,1353	17,1591	1,01%	
D60III	1	18,1980	18,2528	18,3126	18,3413	18,3756	18,4414	1,34%	
D60III	2	18,2007	18,2438	18,9097	18,3402	18,3732	18,4458	1,35%	
D60III	3	18,2051	18,2489	18,3060	18,3411	18,3707	18,4431	1,31%	
D60IV	1	17,0846	17,0801	17,1879	17,2152	17,2465	17,3287	1,43%	
D60IV	2	17,0874	17,0824	17,1830	17,2128	17,2442	17,3309	1,43%	
D60IV	3	17,0891	17,0834	17,1895	17,2182	17,2460	17,3280	1,40%	
D60V	1	20,9799	21,0073	21,1319	21,1420	21,1691	21,2303	1,19%	
D60V	2	20,9825	21,0104	21,1347	21,1451	21,1696	21,2325	1,19%	
D60V	3	20,9843	21,0097	21,1361	21,1431	21,1727	21,2281	1,16%	

média **1,17%**

		massa (g)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)	
D120I	1	18,4727	18,4808	18,5532	18,5928	18,6172	18,6711	1,07%	
D120I	2	18,4758	18,4809	18,5547	18,5957	18,6213	18,6744	1,07%	
D120I	3	18,4737	18,4749	18,5537	18,5916	18,6208	18,6753	1,09%	
D120II	1	18,8799	18,8868	18,9622	18,9980	19,0021	19,0953	1,14%	
D120II	2	18,8952	18,8917	18,9609	19,0036	19,0114	19,0923	1,04%	

D120II	3	18,8086	18,8876	18,9603	19,0078	19,0021	19,0926	1,51%
D120III	1	22,5595	22,5265	22,6224	22,6643	22,7001	22,7960	1,05%
D120III	2	22,5571	22,5366	22,6251	22,6676	22,6975	22,7931	1,05%
D120III	3	22,5560	22,5393	22,6331	22,6636	22,7063	22,7944	1,06%
D120IV	1	16,0806	16,0910	16,1461	16,1729	16,1949	16,2434	1,01%
D120IV	2	16,0822	16,0961	16,1493	16,1751	16,1981	16,2484	1,03%
D120IV	3	16,0815	16,0908	16,1487	16,1755	16,1979	16,2450	1,02%
D120V	1	19,5197	19,5575	19,6636	19,6741	19,7255	19,7633	1,25%
D120V	2	19,5175	19,5630	19,6609	19,6809	19,7275	19,7698	1,29%
D120V	3	19,5164	19,5632	19,6641	19,6740	19,7243	19,7671	1,28%
							média	1,13%
massa (g)								
Id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δm (%)
D180I	1	20,2941	20,3085	20,3779	20,4108	20,4185	20,4480	0,76%
D180I	2	20,2981	20,2915	20,3713	20,4159	20,4172	20,4507	0,75%
D180I	3	20,2989	20,3046	20,3726	20,4117	20,4175	20,4480	0,73%
D180II	1	23,1762	23,0912	23,2527	23,2461	23,2920	23,4060	0,99%
D180II	2	23,1714	23,0918	23,2512	23,2603	23,2943	23,4013	0,99%
D180II	3	23,1793	23,0943	23,2524	23,2607	23,2962	23,4066	0,98%
D180III	1	18,4980	18,4589	18,5349	18,5512	18,6007	18,6528	0,84%
D180III	2	18,4927	18,4598	18,5282	18,5533	18,6013	18,6513	0,86%
D180III	3	18,4940	18,4636	18,5279	18,5539	18,5981	18,6500	0,84%
D180IV	1	22,0016	21,9823	22,0868	22,0826	22,1203	22,2384	1,08%
D180IV	2	22,0050	21,9769	22,0416	22,0794	22,1273	22,2385	1,06%
D180IV	3	22,0085	21,9783	22,0840	22,0792	22,1287	22,2412	1,06%
D180V	1	18,6679	18,7442	18,8099	18,8394	18,8610	18,9147	1,32%
D180V	2	18,6719	18,7407	18,8136	18,8424	18,8546	18,9110	1,28%
D180V	3	18,6722	18,7444	18,8067	18,8395	18,8587	18,9156	1,30%
							média	0,99%

Tabela 34: Variação da VPU dos corpos de prova. As medições foram realizadas em triplicata (medida 1, 2 e 3).

		VPU (m/s)						
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)
TI	1	6015,76	5979,52	5943,71	5908,33	5908,33	5979,52	-0,01
TI	2	6052,44	5979,52	5754,20	5890,80	5890,80	5943,71	-0,02
TI	3	6223,20	6015,76	5737,57	5873,37	5873,37	5925,97	-0,05
TII	1	5872,64	5928,57	5872,64	5835,94	5799,69	5817,76	-0,01
TII	2	5872,64	5835,94	5835,94	5781,73	5693,60	5872,64	0,00
TII	3	5854,23	5799,69	5817,76	5872,64	5799,69	5781,73	-0,01
TIII	1	6148,77	6055,89	6092,71	6037,65	5948,07	6111,28	-0,01

TIII	2	6148,77	6111,28	6055,89	6148,77	5983,58	6148,77	0,00
TIII	3	6148,77	6092,71	6055,89	6092,71	6092,71	6148,77	0,00
TIV	1	5358,70	5315,36	5315,36	5286,86	5315,36	5258,67	-0,02
TIV	2	5373,30	5286,86	5258,67	5315,36	5258,67	5272,73	-0,02
TIV	3	5373,30	5358,70	5286,86	5258,67	5230,77	5301,08	-0,01
TV	1	5008,04	4849,64	4909,36	4909,36	4861,46	4945,91	-0,01
TV	2	5033,33	4909,36	4885,29	4897,30	4826,15	4885,29	-0,03
TV	3	5020,65	4909,36	4814,49	4885,29	4837,86	4921,48	-0,02
						média		-0,01

		VPU (m/s)						
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)
A15I	1	5069,19	5094,92	5018,50	4981,14	4993,53	4981,14	-0,02
A15I	2	5082,03	5031,08	4944,33	4956,54	4956,54	5005,99	-0,01
A15I	3	5082,03	5094,92	5005,99	4993,53	5005,99	5005,99	-0,01
A15II	1	5316,35	5419,72	5330,87	5316,35	5287,53	5287,53	-0,01
A15II	2	5404,71	5389,78	5230,83	5360,16	5330,87	5316,35	-0,02
A15II	3	5374,93	5419,72	5259,03	5330,87	5316,35	5273,24	-0,02
A15III	1	5739,24	5772,81	5689,63	5673,28	5722,61	5789,74	0,01
A15III	2	5755,98	5858,46	5640,86	5689,63	5739,24	5739,24	0,00
A15III	3	5772,81	5673,28	5706,07	5689,63	5806,76	5789,74	0,00
A15IV	1	5430,90	5326,17	5253,80	5268,12	5311,54	5311,54	-0,02
A15IV	2	5415,69	5370,56	5239,57	5253,80	5282,51	5268,12	-0,03
A15IV	3	5430,90	5370,56	5268,12	5239,57	5296,99	5311,54	-0,02
A15V	1	5507,84	5507,84	5431,77	5416,80	5416,80	5461,94	-0,01
A15V	2	5570,25	5507,84	5431,77	5492,46	5401,92	5492,46	-0,01
A15V	3	5523,31	5507,84	5461,94	5461,94	5416,80	5446,81	-0,01
						média		-0,01

		VPU (m/s)						
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)
A30I	1	5226,26	5254,13	5157,85	5212,43	5198,68	5198,68	-0,01
A30I	2	5268,18	5240,16	5104,40	5185,00	5185,00	5198,68	-0,01
A30I	3	5310,78	5254,13	5185,00	5144,39	5157,85	5185,00	-0,02
A30II	1	6070,78	6012,22	6012,22	5973,80	5843,13	5954,78	-0,02
A30II	2	6090,55	5954,78	5954,78	5992,95	5861,44	6012,22	-0,01
A30II	3	6090,55	5954,78	5992,95	5954,78	5806,83	6031,61	-0,01
A30III	1	5489,72	5535,85	5489,72	5474,52	5474,52	5474,52	0,00
A30III	2	5505,01	5520,39	5520,39	5535,85	5489,72	5474,52	-0,01
A30III	3	5505,01	5489,72	5459,39	5459,39	5444,35	5505,01	0,00
A30IV	1	5594,89	5594,89	5455,40	5501,12	5547,61	5610,83	0,00
A30IV	2	5691,91	5610,83	5485,79	5501,12	5579,04	5610,83	-0,01
A30IV	3	5642,98	5579,04	5532,02	5563,28	5516,53	5594,89	-0,01
A30V	1	5610,64	5579,39	5472,68	5472,68	5533,15	5548,48	-0,01
A30V	2	5610,64	5594,97	5548,48	5502,75	5548,48	5579,39	-0,01
A30V	3	5626,40	5563,89	5517,91	5457,77	5517,91	5533,15	-0,02
						média		-0,01
	VPU							

		(m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
A60I	1	5800,31	5854,69	5746,93	5800,31	5694,53	5782,41	0,00	
A60I	2	5891,51	5873,04	5854,69	5800,31	5782,41	5764,62	-0,02	
A60I	3	5910,09	5947,62	5818,32	5800,31	5764,62	5818,32	-0,02	
A60II	1	5867,57	5903,02	5850,00	5729,91	5746,76	5763,72	-0,02	
A60II	2	5938,91	5938,91	5850,00	5746,76	5713,16	5780,77	-0,03	
A60II	3	5920,91	5938,91	5885,24	5797,92	5763,72	5763,72	-0,03	
A60III	1	5208,18	5180,84	5087,37	5127,01	5167,28	5153,79	-0,01	
A60III	2	5221,96	5140,36	5087,37	5153,79	5194,47	5153,79	-0,01	
A60III	3	5277,81	5153,79	5180,84	5180,84	5113,73	5153,79	-0,02	
A60IV	1	4902,72	4902,72	4842,79	4866,58	4878,57	4854,66	-0,01	
A60IV	2	4914,89	4927,11	4866,58	4842,79	4842,79	4854,66	-0,01	
A60IV	3	4951,75	4878,57	4878,57	4902,72	4830,98	4830,98	-0,02	
A60V	1	5611,49	5485,39	5439,55	5470,03	5454,75	5500,85	-0,02	
A60V	2	5595,42	5532,01	5532,01	5470,03	5485,39	5500,85	-0,02	
A60V	3	5595,42	5454,75	5485,39	5409,42	5409,42	5516,38	-0,01	
								média	
								-0,02	
		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
A120I	1	5889,25	5751,90	5669,25	5768,71	5802,65	5653,01	-0,04	
A120I	2	5802,65	5669,25	5718,55	5768,71	5785,63	5685,59	-0,02	
A120I	3	5889,25	5735,17	5702,02	5819,76	5669,25	5702,02	-0,03	
A120II	1	5427,12	5472,10	5353,78	5353,78	5339,35	5325,00	-0,02	
A120II	2	5397,55	5442,03	5325,00	5339,35	5325,00	5412,30	0,00	
A120II	3	5412,30	5427,12	5325,00	5382,88	5353,78	5368,29	-0,01	
A120III	1	5302,15	5287,94	5149,87	5176,90	5109,84	5136,46	-0,03	
A120III	2	5287,94	5217,99	5176,90	5176,90	5149,87	5190,53	-0,02	
A120III	3	5231,83	5217,99	5231,83	5176,90	5123,12	5163,35	-0,01	
A120IV	1	5111,37	5046,17	5085,09	5007,85	4932,92	4920,65	-0,04	
A120IV	2	5085,09	5020,56	4995,20	5007,85	4896,29	4884,20	-0,04	
A120IV	3	5033,33	4995,20	4957,64	5033,33	4908,44	4945,25	-0,02	
A120V	1	5011,45	5128,91	4973,48	5024,23	5011,45	5089,15	0,02	
A120V	2	5062,98	5102,33	4998,73	4998,73	4986,08	5089,15	0,01	
A120V	3	5062,98	5076,03	5024,23	5050,00	5011,45	5089,15	0,01	
								média	
								-0,02	

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
A180I	1	5790,91	5790,91	5658,17	5757,14	5773,98	5707,23	-0,01	
A180I	2	5807,94	5773,98	5690,78	5723,77	5707,23	5674,43	-0,02	
A180I	3	5773,98	5740,41	5658,17	5723,77	5740,41	5658,17	-0,02	
A180II	1	6034,25	5961,33	5907,78	5855,19	5890,15	5907,78	-0,02	
A180II	2	6034,25	5925,53	5979,39	5890,15	5907,78	5890,15	-0,02	
A180II	3	6108,98	5925,53	5943,37	5890,15	5803,53	5872,62	-0,04	
A180III	1	5139,06	5086,08	5086,08	5021,37	5021,37	5060,00	-0,02	

A180III	2	5139,06	5125,71	5086,08	5047,06	5021,37	5112,44	-0,01
A180III	3	5206,86	5086,08	5139,06	5008,63	5047,06	5086,08	-0,02
A180IV	1	5015,44	5040,97	4965,16	4965,16	4977,64	4990,18	-0,01
A180IV	2	5028,17	5002,78	4903,71	4965,16	4940,40	4965,16	-0,01
A180IV	3	5015,44	5015,44	4940,40	5002,78	4965,16	4977,64	-0,01
A180V	1	5589,49	5653,74	5495,81	5450,14	5511,20	5480,50	-0,02
A180V	2	5589,49	5589,49	5557,91	5495,81	5450,14	5511,20	-0,01
A180V	3	5637,54	5557,91	5511,20	5465,28	5480,50	5511,20	-0,02
							média	-0,02

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
B15I	1	4946,29	4983,29	4909,83	4909,83	4850,24	4862,04	-0,02	
B15I	2	4995,75	4946,29	4934,07	4897,79	4885,82	4885,82	-0,02	
B15I	3	4958,56	4946,29	4862,04	4909,83	4862,04	4850,24	-0,02	
B15II	1	5672,21	5721,39	5529,61	5529,61	5529,61	5576,34	-0,02	
B15II	2	5672,21	5754,65	5545,10	5545,10	5545,10	5639,89	-0,01	
B15II	3	5737,97	5688,51	5592,09	5529,61	5498,89	5576,34	-0,03	
B15III	1	5789,77	5722,83	5706,34	5706,34	5706,34	5722,83	-0,01	
B15III	2	5789,77	5789,77	5673,64	5739,42	5673,64	5772,89	0,00	
B15III	3	5893,15	5823,82	5722,83	5756,10	5641,31	5722,83	-0,03	
B15IV	1	5566,48	5519,83	5399,18	5443,80	5458,84	5443,80	-0,02	
B15IV	2	5582,20	5519,83	5458,84	5473,96	5443,80	5473,96	-0,02	
B15IV	3	5519,83	5519,83	5535,29	5489,17	5473,96	5489,17	-0,01	
B15V	1	5824,71	5790,64	5674,50	5740,29	5707,20	5790,64	-0,01	
B15V	2	5824,71	5824,71	5740,29	5740,29	5658,29	5740,29	-0,01	
B15V	3	5807,62	5824,71	5773,76	5773,76	5740,29	5707,20	-0,02	
							média	-0,02	

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
B30I	1	5894,94	5912,54	5774,64	5741,16	5708,07	5741,16	-0,03	
B30I	2	5912,54	5877,45	5791,52	5791,52	5741,16	5724,57	-0,03	
B30I	3	5948,05	5860,06	5877,45	5825,59	5791,52	5708,07	-0,04	
B30II	1	5468,98	5423,90	5335,95	5350,41	5350,41	5278,88	-0,03	
B30II	2	5514,80	5394,26	5307,26	5350,41	5335,95	5307,26	-0,04	
B30II	3	5468,98	5409,04	5350,41	5364,95	5321,56	5264,80	-0,04	
B30III	1	5541,41	5557,06	5464,44	5419,28	5464,44	5479,67	-0,01	
B30III	2	5572,80	5494,97	5494,97	5449,31	5449,31	5464,44	-0,02	
B30III	3	5479,67	5557,06	5434,25	5541,41	5494,97	5434,25	-0,01	
B30IV	1	5563,84	5595,45	5548,17	5501,68	5548,17	5548,17	0,00	
B30IV	2	5659,77	5579,60	5501,68	5563,84	5579,60	5563,84	-0,02	
B30IV	3	5643,55	5595,45	5517,09	5517,09	5563,84	5676,08	0,01	
B30V	1	5792,65	5675,79	5627,14	5708,70	5611,11	5675,79	-0,02	
B30V	2	5792,65	5708,70	5587,23	5741,98	5659,48	5758,77	-0,01	
B30V	3	5775,66	5792,65	5659,48	5675,79	5627,14	5758,77	0,00	
							média	-0,02	

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
B60I	1	5272,19	5329,19	5300,54	5161,78	5244,15	5244,15	-0,01	
B60I	2	5286,33	5244,15	5372,75	5230,24	5188,95	5216,40	-0,01	
B60I	3	5314,82	5286,33	5372,75	5258,13	5188,95	5188,95	-0,02	
B60II	1	5405,75	5480,83	5304,03	5376,29	5347,15	5304,03	-0,02	
B60II	2	5435,54	5390,98	5261,60	5347,15	5304,03	5247,61	-0,03	
B60II	3	5480,83	5376,29	5206,07	5376,29	5318,33	5361,68	-0,02	
B60III	1	6237,15	6123,40	6068,07	5978,04	5995,83	6013,73	-0,04	
B60III	2	6142,07	6123,40	6104,85	6031,74	6104,85	6049,85	-0,02	
B60III	3	6123,40	6142,07	6049,85	6031,74	6031,74	6031,74	-0,01	
B60IV	1	5341,46	5298,39	5186,84	5200,53	5214,29	5200,53	-0,03	
B60IV	2	5312,67	5242,02	5159,69	5228,12	5186,84	5228,12	-0,02	
B60IV	3	5270,05	5284,18	5132,81	5173,23	5159,69	5242,02	-0,01	
B60V	1	5334,44	5276,29	5191,42	5109,23	5136,34	5177,54	-0,03	
B60V	2	5276,29	5276,29	5191,42	5163,73	5095,79	5219,41	-0,01	
B60V	3	5319,78	5261,96	5233,51	5247,70	5150,00	5191,42	-0,02	

média

-0,02

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
B120I	1	5646,99	5598,86	5520,45	5520,45	5505,03	5505,03	-0,03	
B120I	2	5598,86	5567,23	5551,55	5505,03	5459,28	5520,45	-0,01	
B120I	3	5646,99	5598,86	5583,00	5520,45	5520,45	5535,96	-0,02	
B120II	1	5737,68	5688,22	5607,65	5591,81	5483,38	5141,56	-0,10	
B120II	2	5671,92	5639,60	5623,58	5576,06	5576,06	5088,69	-0,10	
B120II	3	5688,22	5607,65	5671,92	5576,06	5576,06	5154,95	-0,09	
B120III	1	5907,51	5889,82	5752,05	5702,03	5669,16	5718,60	-0,03	
B120III	2	5872,24	5854,76	5652,87	5752,05	5685,55	5752,05	-0,02	
B120III	3	5802,95	5837,39	5702,03	5735,28	5652,87	5768,91	-0,01	
B120IV	1	5787,72	5770,85	5623,30	5704,32	5655,43	5607,37	-0,03	
B120IV	2	5787,72	5770,85	5623,30	5671,63	5671,63	5655,43	-0,02	
B120IV	3	5787,72	5770,85	5560,11	5704,32	5639,32	5687,93	-0,02	
B120V	1	5483,38	5438,19	5364,50	5438,19	5408,47	5438,19	-0,01	
B120V	2	5498,61	5529,33	5364,50	5453,17	5408,47	5408,47	-0,02	
B120V	3	5483,38	5468,23	5364,50	5468,23	5423,29	5408,47	-0,01	

média

-0,04

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
B180I	1	6053,92	6017,66	5928,91	5911,47	5876,90	5894,13	-0,03	
B180I	2	6090,61	6090,61	5981,85	5981,85	5928,91	5946,45	-0,02	
B180I	3	6090,61	6072,21	6035,74	5999,70	5946,45	5928,91	-0,03	
B180II	1	5206,58	5165,80	5060,10	5073,08	5060,10	5086,12	-0,02	
B180II	2	5138,96	5086,12	5099,23	5099,23	5086,12	5073,08	-0,01	
B180II	3	5179,32	5152,34	4958,65	5073,08	5073,08	5112,40	-0,01	

B180III	1	5409,02	5409,02	5365,04	5379,62	5321,77	5307,51	-0,02
B180III	2	5438,74	5453,72	5350,54	5365,04	5409,02	5365,04	-0,01
B180III	3	5409,02	5394,28	5379,62	5336,12	5350,54	5336,12	-0,01
B180IV	1	5772,86	5772,86	5607,45	5705,54	5591,43	5656,07	-0,02
B180IV	2	5739,00	5841,79	5705,54	5672,46	5623,56	5722,22	0,00
B180IV	3	5841,79	5772,86	5705,54	5688,95	5559,66	5672,46	-0,03
B180V	1	5335,07	5291,58	5277,24	5305,99	5277,24	5305,99	-0,01
B180V	2	5291,58	5305,99	5305,99	5291,58	5305,99	5320,49	0,01
B180V	3	5364,46	5320,49	5291,58	5335,07	5277,24	5277,24	-0,02
							média	-0,02

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δ VPU (%)	
C15I	1	5939,64	5921,86	5700,00	5800,29	5800,29	5834,51	-0,02	
C15I	2	5886,61	5904,18	5800,29	5800,29	5886,61	5783,33	-0,02	
C15I	3	5834,51	5800,29	5716,47	5851,78	5851,78	5834,51	0,00	
C15II	1	5114,51	5036,22	4997,97	5062,05	5023,41	5062,05	-0,01	
C15II	2	5101,29	5010,66	5062,05	5062,05	5062,05	5088,14	0,00	
C15II	3	5075,06	5036,22	5036,22	5075,06	5062,05	5062,05	0,00	
C15III	1	5768,71	5836,98	5702,02	5653,01	5573,16	5735,17	-0,01	
C15III	2	5785,63	5836,98	5702,02	5718,55	5557,46	5702,02	-0,01	
C15III	3	5819,76	5802,65	5735,17	5751,90	5620,80	5669,25	-0,03	
C15IV	1	5228,76	5174,15	5147,27	5160,68	5147,27	5147,27	-0,02	
C15IV	2	5256,50	5242,59	5160,68	5201,31	5147,27	5147,27	-0,02	
C15IV	3	5201,31	5215,00	5187,70	5215,00	5094,34	5133,94	-0,01	
C15V	1	5380,98	5337,47	5252,52	5224,80	5266,49	5238,62	-0,03	
C15V	2	5380,98	5337,47	5252,52	5252,52	5280,53	5266,49	-0,02	
C15V	3	5380,98	5308,85	5224,80	5308,85	5280,53	5238,62	-0,03	
							média	-0,01	

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	Δ VPU (%)	
C30I	1	5262,57	5276,68	5165,88	5193,14	5193,14	5206,88	-0,01	
C30I	2	5206,88	5319,46	5085,79	5179,47	5179,47	5206,88	0,00	
C30I	3	5262,57	5276,68	5152,36	5138,90	5220,69	5179,47	-0,02	
C30II	1	5928,10	5892,49	5771,18	5805,33	5805,33	5839,88	-0,01	
C30II	2	5857,31	5857,31	5771,18	5788,20	5788,20	5839,88	0,00	
C30II	3	5839,88	5874,85	5822,55	5805,33	5737,43	5805,33	-0,01	
C30III	1	5742,90	5709,80	5518,94	5596,89	5428,22	5549,86	-0,03	
C30III	2	5776,38	5693,39	5565,45	5581,13	5458,13	5534,36	-0,04	
C30III	3	5726,30	5693,39	5612,75	5596,89	5503,61	5473,20	-0,04	
C30IV	1	5280,05	5265,86	5155,00	5196,02	5209,84	5196,02	-0,02	
C30IV	2	5265,86	5265,86	5114,62	5182,28	5155,00	5182,28	-0,02	
C30IV	3	5251,74	5265,86	5155,00	5155,00	5209,84	5168,60	-0,02	
C30V	1	5377,99	5320,16	5291,71	5334,50	5363,41	5263,56	-0,02	
C30V	2	5377,99	5348,92	5320,16	5377,99	5348,92	5305,90	-0,01	
C30V	3	5377,99	5407,38	5305,90	5334,50	5291,71	5334,50	-0,01	

		média							-0,02
		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
C60I	1	5472,58	5383,11	5397,81	5353,93	5212,66	5353,93	-0,02	
C60I	2	5427,47	5383,11	5353,93	5442,42	5268,27	5325,07	-0,02	
C60I	3	5412,60	5383,11	5397,81	5383,11	5282,35	5383,11	-0,01	
C60II	1	5512,57	5512,57	5436,64	5451,66	5377,38	5377,38	-0,02	
C60II	2	5497,21	5543,54	5481,94	5392,08	5333,78	5406,85	-0,02	
C60II	3	5543,54	5543,54	5436,64	5451,66	5406,85	5421,70	-0,02	
C60III	1	5367,48	5411,48	5352,97	5295,72	5295,72	5367,48	0,00	
C60III	2	5426,30	5367,48	5324,19	5295,72	5309,92	5396,73	-0,01	
C60III	3	5367,48	5411,48	5309,92	5382,07	5281,60	5396,73	0,01	
C60IV	1	5417,81	5417,81	5315,86	5330,19	5287,43	5359,08	-0,01	
C60IV	2	5447,66	5344,59	5315,86	5344,59	5273,33	5287,43	-0,03	
C60IV	3	5477,84	5373,64	5344,59	5388,28	5287,43	5301,61	-0,03	
C60V	1	5518,72	5503,34	5412,88	5412,88	5398,09	5442,70	-0,01	
C60V	2	5549,72	5457,73	5368,75	5368,75	5383,38	5398,09	-0,03	
C60V	3	5549,72	5549,72	5398,09	5427,75	5457,73	5442,70	-0,02	

média

-0,02

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
C120I	1	5618,21	5586,91	5391,67	5555,96	5495,07	5525,34	-0,02	
C120I	2	5681,87	5571,39	5495,07	5555,96	5510,16	5555,96	-0,02	
C120I	3	5495,07	5465,12	5586,91	5525,34	5555,96	5555,96	0,01	
C120II	1	5881,52	5846,08	5625,80	5776,49	5742,31	5776,49	-0,02	
C120II	2	5899,39	5846,08	5642,15	5793,73	5776,49	5811,08	-0,01	
C120II	3	5846,08	5846,08	5691,79	5811,08	5793,73	5846,08	0,00	
C120III	1	5546,67	5593,28	5470,68	5426,09	5440,87	5440,87	-0,02	
C120III	2	5500,83	5608,99	5516,02	5411,38	5440,87	5485,71	0,00	
C120III	3	5531,30	5562,12	5500,83	5411,38	5396,76	5440,87	-0,02	
C120IV	1	5523,74	5554,78	5417,81	5447,66	5432,69	5417,81	-0,02	
C120IV	2	5554,78	5462,71	5388,28	5403,01	5493,06	5432,69	-0,02	
C120IV	3	5554,78	5570,42	5359,08	5447,66	5477,84	5462,71	-0,02	
C120V	1	5745,48	5614,53	5535,67	5646,70	5582,72	5630,57	-0,02	
C120V	2	5646,70	5679,25	5598,58	5630,57	5598,58	5582,72	-0,01	
C120V	3	5695,66	5712,17	5630,57	5646,70	5598,58	5614,53	-0,01	

média

-0,01

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
C180I	1	5384,93	5283,60	5213,53	5241,33	5241,33	5199,74	-0,03	
C180I	2	5341,03	5297,84	5255,35	5241,33	5255,35	5213,53	-0,02	
C180I	3	5341,03	5326,56	5172,37	5186,02	5241,33	5241,33	-0,02	
C180II	1	5640,87	5560,29	5451,26	5481,97	5451,26	5481,97	-0,03	
C180II	2	5640,87	5513,03	5390,86	5528,69	5513,03	5513,03	-0,02	

C180II	3	5576,22	5528,69	5451,26	5560,29	5497,46		5481,97	-0,02
C180III	1	5274,42	5259,13	5198,85	5169,23	5169,23		5169,23	-0,02
C180III	2	5259,13	5213,79	5110,99	5184,00	5139,94		5125,42	-0,03
C180III	3	5213,79	5274,42	5082,35	5213,79	5169,23		5184,00	-0,01
C180IV	1	5294,20	5252,62	5131,71	5238,90	5144,87		5158,10	-0,03
C180IV	2	5280,26	5198,19	5171,39	5198,19	5184,75		5198,19	-0,02
C180IV	3	5294,20	5238,90	5198,19	5198,19	5184,75		5211,69	-0,02
C180V	1	6086,97	6014,07	5890,62	5942,90	6014,07		5996,12	-0,01
C180V	2	6161,66	6032,13	5856,27	5890,62	5978,27		5978,27	-0,03
C180V	3	6068,58	6050,30	5907,94	5996,12	5942,90		5925,37	-0,02
								média	-0,02

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
D15I	1	5871,30	5853,98	5785,71	5702,59	5719,02		5802,63	-0,01
D15I	2	5853,98	5923,88	5768,90	5752,17	5702,59		5802,63	-0,01
D15I	3	5923,88	5941,62	5819,65	5702,59	5670,00		5752,17	-0,03
D15II	1	5647,09	5582,18	5472,11	5566,19	5550,29		5550,29	-0,02
D15II	2	5566,19	5630,72	5503,12	5550,29	5534,47		5582,18	0,00
D15II	3	5630,72	5598,27	5441,46	5518,75	5518,75		5566,19	-0,01
D15III	1	5675,14	5708,14	5562,61	5500,28	5546,89		5531,27	-0,03
D15III	2	5626,36	5642,53	5546,89	5562,61	5531,27		5578,41	-0,01
D15III	3	5691,59	5642,53	5546,89	5531,27	5500,28		5546,89	-0,03
D15IV	1	5299,19	5201,06	5201,06	5214,85	5214,85		5242,67	-0,01
D15IV	2	5270,78	5313,51	5173,68	5228,72	5242,67		5228,72	-0,01
D15IV	3	5313,51	5270,78	5173,68	5242,67	5256,68		5242,67	-0,01
D15V	1	5414,96	5311,96	5254,84	5311,96	5254,84		5297,56	-0,02
D15V	2	5385,12	5269,00	5240,75	5326,43	5297,56		5326,43	-0,01
D15V	3	5414,96	5297,56	5297,56	5297,56	5283,24		5283,24	-0,02
								média	-0,01

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
D30I	1	5722,67	5656,90	5790,00	5592,61	5624,57		5576,77	-0,03
D30I	2	5722,67	5592,61	5656,90	5576,77	5576,77		5608,55	-0,02
D30I	3	5656,90	5689,60	5592,61	5561,02	5561,02		5624,57	-0,01
D30II	1	5679,24	5850,30	5502,27	5581,32	5581,32		5533,62	-0,03
D30II	2	5695,89	5712,65	5549,43	5581,32	5565,33		5581,32	-0,02
D30II	3	5679,24	5712,65	5517,90	5629,86	5597,41		5565,33	-0,02
D30III	1	5715,74	5585,47	5569,60	5553,82	5617,48		5633,62	-0,01
D30III	2	5682,61	5601,43	5569,60	5585,47	5633,62		5666,18	0,00
D30III	3	5732,46	5682,61	5553,82	5538,14	5601,43		5666,18	-0,01
D30IV	1	5487,93	5487,93	5394,92	5334,64	5349,58		5425,57	-0,01
D30IV	2	5472,21	5425,57	5410,20	5364,61	5394,92		5487,93	0,00
D30IV	3	5472,21	5487,93	5394,92	5379,72	5379,72		5394,92	-0,01
D30V	1	5328,57	5328,57	5271,73	5216,09	5202,37		5216,09	-0,02
D30V	2	5285,83	5271,73	5271,73	5216,09	5175,13		5257,71	-0,01

D30V	3	5314,25	5202,37	5216,09	5216,09	5134,81	5229,89	-0,02
média							-0,01	

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
D60I	1	5565,44	5518,54	5549,72	5442,11	5427,07	5503,08	-0,01	
D60I	2	5597,15	5581,25	5457,22	5427,07	5397,25	5518,54	-0,01	
D60I	3	5549,72	5518,54	5581,25	5442,11	5442,11	5487,71	-0,01	
D60II	1	5573,70	5478,69	5525,79	5432,39	5478,69	5525,79	-0,01	
D60II	2	5557,64	5541,67	5478,69	5478,69	5417,13	5557,64	0,00	
D60II	3	5589,86	5478,69	5478,69	5463,17	5432,39	5589,86	0,00	
D60III	1	5729,07	5630,86	5630,86	5567,23	5583,00	5551,55	-0,03	
D60III	2	5762,57	5663,22	5598,86	5551,55	5551,55	5583,00	-0,03	
D60III	3	5745,77	5598,86	5598,86	5630,86	5551,55	5551,55	-0,03	
D60IV	1	5053,79	4953,71	4917,20	4929,31	4834,06	4845,76	-0,04	
D60IV	2	5053,79	4978,36	4905,15	4929,31	4857,52	4869,34	-0,04	
D60IV	3	5028,39	4966,00	4929,31	4953,71	4845,76	4893,15	-0,03	
D60V	1	5350,00	5306,97	5321,24	5264,63	5236,77	5250,66	-0,02	
D60V	2	5335,58	5321,24	5236,77	5236,77	5222,96	5278,67	-0,01	
D60V	3	5321,24	5306,97	5209,21	5264,63	5209,21	5250,66	-0,01	
média							-0,02		

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
D120I	1	5667,83	5684,30	5635,16	5586,86	5586,86	5586,86	-0,01	
D120I	2	5635,16	5717,54	5667,83	5635,16	5555,11	5635,16	0,00	
D120I	3	5684,30	5570,94	5602,87	5667,83	5508,17	5602,87	-0,01	
D120II	1	5786,49	5769,16	5617,78	5634,21	5634,21	5634,21	-0,03	
D120II	2	5751,94	5786,49	5634,21	5634,21	5634,21	5650,73	-0,02	
D120II	3	5769,16	5786,49	5650,73	5684,07	5667,35	5684,07	-0,01	
D120III	1	5402,48	5387,64	5314,63	5300,27	5271,77	5271,77	-0,02	
D120III	2	5432,41	5387,64	5314,63	5329,08	5243,58	5300,27	-0,02	
D120III	3	5447,50	5387,64	5329,08	5329,08	5285,98	5271,77	-0,03	
D120IV	1	5536,65	5474,44	5505,37	5474,44	5048,96	5459,10	-0,01	
D120IV	2	5552,42	5536,65	5474,44	5489,86	5075,26	5443,85	-0,02	
D120IV	3	5520,96	5443,85	5489,86	5505,37	5062,08	5489,86	-0,01	
D120V	1	5279,79	5251,85	5169,79	5210,50	5143,01	5196,86	-0,02	
D120V	2	5251,85	5279,79	5156,36	5156,36	5169,79	5224,21	-0,01	
D120V	3	5279,79	5169,79	5143,01	5143,01	5156,36	5196,86	-0,02	
média							-0,02		

		VPU (m/s)							
id	medida	inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas	16 semanas	20 semanas	ΔVPU (%)	
D180I	1	5902,34	5885,13	5851,01	5851,01	5902,34	5851,01	-0,01	
D180I	2	5954,57	5919,65	5868,02	5800,57	5851,01	5902,34	-0,01	
D180I	3	5919,65	6025,67	5734,66	5919,65	5902,34	5783,95	-0,02	
D180II	1	5782,40	5731,98	5698,84	5585,84	5617,66	5617,66	-0,03	
média							-0,02		

D180II	2	5698,84	5731,98	5666,09	5666,09	5570,06	5649,86	-0,01
D180II	3	5731,98	5666,09	5649,86	5715,36	5585,84	5666,09	-0,01
D180III	1	5648,42	5568,64	5537,36	5584,42	5552,96	5491,09	-0,03
D180III	2	5648,42	5584,42	5584,42	5552,96	5521,85	5552,96	-0,02
D180III	3	5584,42	5616,24	5584,42	5568,64	5475,83	5584,42	0,00
D180IV	1	5417,49	5417,49	5358,92	5344,47	5287,47	5287,47	-0,02
D180IV	2	5462,26	5447,25	5373,44	5388,04	5301,60	5315,82	-0,03
D180IV	3	5388,04	5432,33	5344,47	5301,60	5301,60	5330,11	-0,01
D180V	1	5494,71	5404,38	5316,98	5345,80	5374,93	5374,93	-0,02
D180V	2	5434,16	5404,38	5331,35	5360,33	5345,80	5419,23	0,00
D180V	3	5434,16	5419,23	5345,80	5345,80	5260,27	5404,38	-0,01
média							-0,02	

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACDA, M. N. Insecticidal activity of thiamethoxam against the bamboo powder post beetle *Dinoderus minutus* Fabr. (Coleoptera: Bostrichidae), **Journal of Pest Science**. Ed. 81, p. 109 – 113, 2008.
- AHMED, K. N.; ZULFIQR, C. M. Observation on powder-post beetle, *Dinoderus minutus* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) infesting dry bamboo and wooden materials in Bangladesh. Rajshahi: BCSIR Laboratories, Short Communication, **Journal of Bioscience**. Ed. 14, p. 131-132, 2006.
- ASADA, T.; ISHIHARA, S.; YAMANE, T.; TOBA, A.; YAMADA, A.; OIKAWA, K. Science of bamboo charcoal: study in carbonizing temperature of bamboo charcoal and removal capability of harmful gases. **Journal of Health Science**. v. 48, n. 6, p. 473 – 479, ago./2002.
- ASHAARI, N.; MAMAT, N. Traditional treatment of Malaysian bamboos: resistance towards white rot fungus and durability in service. **Pakistan Journal of Biological Sciences**. v. 3, n. 9, p. 1453 – 1458. 2000.
- BARBARO, G. Transformación e industrialización del bambú. **Arquitectura del paisaje**. Barcelona, n. 155, p. 8 – 15, mai./2007.
- BARBOZA, A. S. R.; BARBIRATO, J. C. C.; SILVA, M. M. C. P. Avaliação do uso do bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 115 – 129, jan./mar. 2008.
- BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Protótipo de edificação com o uso de diferentes espécies de bambu**. 2000. Campinas, 8p., nov./2000.
- BERALDO, A. L. Madeiras. In: BERALDO, A. L., NÄÄS, I. A., FREIRE, W. J. **Materiais para construções rurais**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1991. Capítulo 2, p. 7 – 62.

BEUTH VERLAG GMBH. **DS DS/EN 20-1.** Wood preservatives; determination of the effectiveness against *Lyctus brunneus* (Stephens); part 1: application by surface treatment (laboratory method). Germany, 1992.

BINDA, F.; JOLY, L. J. Los Bostrichidae (Coleoptera) de Venezuela. **Boletim de Entomologia da Venezuela.** Museo del Instituto de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, 1991. Disponível em: <<http://www.redpav.avepagro.org.ve/entomol/v06-2/v0602a03.html>>. Acesso em 22.mar.2008.

BORROR, D. J.; TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. (1907). **An introduction to the study of the insects.** 6th edition. Fort Worth. Harcourt College Publishers, March 8, 1989. 800 p.

BOUSQUET, Y. **Beetles associated with stored products in Canada: An identification guide.** Ottawa, Canada: Agriculture and agri-food Canada, 1990. 214 p.

BRANDÃO, C. M. R. **O uso do bambu como componente construtivo em arquitetura sustentável.** 2008. 75 p. Monografia (Curso de Pós-Graduação em Conforto e Edificações Sustentáveis) – Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 2008.

CAMPOS, A. D. **Técnicas para produção de extrato pirolenhoso para uso agrícola.** Pelotas: EMBRAPA, 2007. 8 p. (Circular técnica 65).

CARDOSO JUNIOR, R. **Arquitetura com bambu.** 2000. 109 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal / Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2000.

CASAGRANDE JUNIOR, E. F.; UMEZAWA, H. A. Arranjo Produtivo Local Sustentável (APLS) em torno do bamboo: inclusão social, geração de renda e benefício ambiental. **Cadernos Temáticos**, Secretaria de educação profissional e tecnológica, v. 1, n. 3, p. 45 – 46. Jan./2005.

CORTÉS, J. C.; GONZÁLEZ, D.; HACKMAYER, L. C.; LOZANO, J.; LUNA, P.; RODRÍGUEZ, N.; RUSINQUE, M.; PINILLA, J. J.; TAKEUCHI, C.; ALVARADO, C.;

MORENO, J. I. Fabricación de elementos estructurales en bambú (Guadua) laminado prensado pegado. In: PRIMER SIMPOSIO DE BAMBÚ Y MADERA LAMINADA, 1, 2010, Bogotá, Colômbia. **SIMPOSIO DE BAMBÚ Y MADERA LAMINADA**. Bogotá, Colômbia: Universidad Nacional de Colombia, 2010. 13 p.

COSTA LIMA, A. **Insetos do Brasil**. Escola Nacional de Agronomia, Série didática n. 10, Rio de Janeiro, p. 210-211, 1953.

EMBAYE, K. The indigenous bamboo forests of Ethiopia: an overview. Swedish: Allen Press, **AMBIO**. Vol. 29, No. 28, p. 518 – 521, Dec. 2000.

ENHEALTH COUNCIL. Enhealth Council position on copper chrome arsenate (CCA) treated timber products. Jul. 2005. Disponível em: <http://www.dhs.vic.gov.au/nphp/enhealth/council/pubs/pdf/position_cca_timber.pdf>. Acesso em: 03/04/10

ESPELHO, J. C. C.; BERALDO, A. L. Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.** Campina Grande, v. 12, n. 6, Dec. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662008000600012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21/12/2009.

ESPELHO, J. C. C. **Tratamento químico de colmos de bambu pelo método de Boucherie modificado**. Fev. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 2007.

ESTRADA, M.; RAMIREZ, F.; MALDONADO, A.; CORREAL, J. F. Caracterización mecánica de las fibras del bambú colombiano, *Guadua angustifolia*. In: PRIMER SIMPOSIO DE BAMBÚ Y MADERA LAMINADA, 1, 2010, Bogotá, Colômbia. **SIMPOSIO DE BAMBÚ Y MADERA LAMINADA**. Bogotá, Colômbia: Universidad Nacional de Colombia, 2010. 10 p.

FAO Forestry Department. **Recovery of by-products from hardwood carbonization**. Roma, 1987. (FAO FORESTRY PAPER 41). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X5328E/X5328E00.htm>>. Acesso em: 22/01/2010.

FERREIRA, M. A situação florestal brasileira e o papel da silvicultura intensiva. **Documentos florestais**. Piracicaba, n.2, p. 1 – 9. Set./1989.

FERREIRA, G. C. S. **Vigas de concreto armadas com bambu**. Fev. 2002. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 2002.

FREIRE, W. J. Materiais alternativos de construção. In: BERALDO, A. L., NÄÄS, I. A., FREIRE, W. J. **Materiais para construções rurais**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1991. Capítulo 4, p. 105 – 161.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; PEREIRA, R. Coleta, montagem e conservação de insetos. In: GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; PEREIRA, R. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba – SP: Editora FEALQ, 2002. Capítulo 7, p. 180 – 189.

GARCIA, C. M.; GIRON, M. Y.; MABILANGAN, L. C. Non chemical treatment of bamboo strips for the manufacture of woven products. **Forest Products Research and Development Institute Journal**. V. 23, n. 1, jan/jun 1997.

GARCIA, C. M.; MORRELL, J. J. Development of the powder-post beetle (Coleoptera: Bostrichidae) at constant temperatures. **Environmental Entomology**. v. 38, n. 2, p. 478 – 483. Abr/2009.

GLASS, V. Onde há fumaça há lucro. **Globo Rural**, ed. 188, 5 p., jun. 2001.

GONZÁLEZ, S. J.; CORREAL, J. F.; YAMÍN, L. Comportamiento experimental de elementos estructurales de Guadua laminada. In: PRIMER SIMPOSIO DE BAMBÚ Y MADERA LAMINADA, 1, 2010, Bogotá, Colômbia. **SIMPOSIO DE BAMBÚ Y MADERA LAMINADA**. Bogotá, Colômbia: Universidad Nacional de Colombia, 2010. 13 p.

HAOJIE, W.; VARMA, R.; TIANSEN, X. **Insect pests of bamboos in Asia: An Illustrated Manual**. Beijing, 1996 *apud* MATOSKI, S. L. S. **Comportamento de *Dinoderus minutus Fabricius (1775)* (Coleoptera: Bostrichidae) em lâminas torneadas de madeira**. 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.

HIDALGO-LÓPEZ, O. Bamboo treatments against insects and fungi. In: HIDALGO-LÓPEZ. **Bamboo: the gift of the gods.** Colômbia: D'Vinni Ltda, 2003. Part. 4, p. 142 – 153.

HIGHLEY, T. L. Biodeterioration of wood. In: United States Department of Agriculture. **Wood handbook: wood as an engineering material.** Madison, WI: United States Department of Agriculture Forest Service, Forest Products laboratory, 1999. p. 13.1 – 13.16.

IBACH, R. E. Wood preservation. In: United States Department of Agriculture. **Wood handbook: wood as an engineering material.** Madison, WI: United States Department of Agriculture Forest Service, Forest Products laboratory, 1999. p. 14.1 – 14.27.

INBAMBU (INSTITUTO DO BAMBU). Disponível em:
<www.nucleo.ufal.br/inbambu/index.jsp>. Acesso em: 03/11/2010.

INCOMUN (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO COMUNITÁRIO SUSTENTÁVEL). Disponível em: <<http://www.incomun.org.br/>>. Acesso em: 04/11/2010

KAGEYAMA, P.Y. Conservação “in situ” de recursos genéticos de plantas. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 35, p. 7 -37, abr. 1987.

LAPO, L. E. R.; BERALDO, A. L. Bambu Laminado Colado (BLC). **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, PR, v. 1, n. 2, p.165-177, mai./ago. 2008. Disponível em:
<www.cesumar.br/pesquisa/periodicos/index.php/rama/article/view/761/587>. Acesso em: 22/01/2010.

LAWRENCE, J. F. e BRITTON, E. B. **The Insects of Australia: a textbook for students and research workers.** The Division of Entomology, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. 2nd ed. vol. II. Cornell University Press, Ithaca, New York, 1991, p. 543-683.

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms.** Beijing, Eindhoven, New Delhi: INBAR - International Network for Bamboo and Rattan, 1998. 208 p. Laudo técnico.

LIESE, W. Protection of bamboo in service. **World Bamboo and Rattan**, Beijing, v. 1, n. 1, p. 29 – 33. 2003.

LORENZI, A.; CAETANO L. F.; DRUNN, M. T.; FILHO, L. C. P. S. Utilização de ultrassom para o monitoramento de estruturas de concreto. In: PAN-AMERICAN CONFERENCE FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING, 3., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PANNDT, 2003.

MALAB, S. C.; BATIN, C. B.; MALAB, B. S.; ALIPON, M. A.; MIDMORE, D. J. Improving productivity of a previously unmanaged *Bambusa blumeana* plantation for culms and shoots in Ilocos Norte, the Philippines. In: MIDMORE, D. J. (Ed.) 2009. **Silvicultural management of bamboo in the Philippines and Australia for shoots and timber**. Canberra: ACIAR proceedings, n. 129, 2009. p. 24 – 35.

MANALO, R. D.; ACDA, M. N. Effects of hot oil treatment on physical and mechanical properties of three species of Philippine bamboo. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 21, n. 1, p. 19 – 24, 2009.

MANHÃES, A. P. **Caracterização da cadeia produtiva do bambu no Brasil: abordagem preliminar**. 2008. 32 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2008.

MARTINS, S. C. F. **Pisos de argamassa reforçada com partículas de bambu**. 2002. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 2002.

MATOSKI, S. L. S. **Comportamento de *Dinoderus minutus* Fabricius (1775) (Coleoptera: Bostrichidae) em lâminas torneadas de madeira**. 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.

MATOSKI, S. L. S.; ROCHA, M. P. Influência do fotoperíodo no ataque de *Dinoderus minutus* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae) em lâminas torneadas de espécies tropicais. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 3, set./dez. 2006.

MIZUTA, K.; MATSUMOTO, T.; HATATE, Y.; NISHIHARA, K.; NAKANISHI, T. Removal of nitrate-nitrogen from drinking water using bamboo powder charcoal. **Bioresource Technology**. v. 95, p. 255 – 257, abr./2004.

NUNES, L.; NOBRE, T.; SAPORITI, M. Degradação e reabilitação de estruturas de madeira. Importância da acção de térmitas subterrâneas. In: Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas, 2000, Lisboa. **Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas**. p. 167-175.

OHRNBERGER, W.; LANGWEID, L. **The bamboos of the world**. Germany: Hardbound, jan./1999, 596p.

OLIVEIRA, C. R. F.; FARONI, L. R. D'A.; GUEDES, R. N. C.; PALLINI, A.; GONÇALVES, J. R. Parasitism of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 245 – 248, abr. - jun. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2002000200011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27.Jul.2008.

OLIVEIRA, F. G. R.; CANDIAN, M.; LUCCHETTE, M. M.; CALIL JUNIOR, C.; SALES, A. Avaliação de propriedades mecânicas de madeira por meio de ultrassom. In: PAN-AMERICAN CONFERENCE FOR NONDESTRUCTIVE TESTING, 2003, Rio de Janeiro. **PAN-AMERICAN CONFERENCE FOR NONDESTRUCTIVE TESTING**. Disponível em: < <http://www.aaende.org.ar/ingles/sitio/biblioteca/material/T-104.pdf> >. Acesso em 09/04/2010.

ORÉ BRASIL. Disponível em: < <http://www.orebrasil.com.br/empresa/>>. Acesso em: 06/11/2010.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 2^a Ed. Bauru, SP: Canal6, 2008. 240 p.

PICANÇO, M. S.; GHAVAMI, K. Comportamento à compressão de argamassas reforçadas com fibras vegetais da Amazônia. 2008. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, 61(1): 13-18,

jan - mar. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rem/v61n1/a03v61n1.pdf>>. Acesso em 28/07/2008.

PLANK, H. K. DDT for powder-post beetle control in bamboo. **Science**, new series, v. 106, n. 2753, p. 317, out./1947. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1674827>>. acesso em: 11/04/2009.

PROGRAMA NACIONAL DE FLORESTAS (PNF). **I Reunião de Avaliação e Perspectivas do Uso Sustentável do Bambu no Brasil**. Brasília: Programa Nacional de Florestas, 2005. 12p. Relatório.

QUISHENG, Z.; SHENXUE, J. **Bamboo based panels in China**. Bamboo Engineering Research Center, Nanjing Forestry University. Nanjing, China, 2001. *apud* PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 2^a Ed. Bauru, SP: Canal 6, 2008. 240 p.

REID, S.; DÍAZ, I. A.; ARMESTO, J. J.; WILLSON, M. F. Importance of native bamboo for understory birds in Chilean temperate forests. **The Auk**. v. 121, n. 2, p. 515 – 525, abr./2004.

RIBEIRO, B. G. **Dicionário do Artesanato Indígena**. Belo Horizonte: Itatiaia/EDUSP, 1988. 343 p.

RIBEIRO, M. G. S.; RIBEIRO, R. A. S. **Projeto casaeco: cartilha da obra da vila ecológica**. Manaus: Programa de Tecnologia de Habitação, 2008. 41 p. Relatório.

RIVERO, L. A.; BERALDO, A. L. Bambu Laminado Colado (BLC). **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 36-46, ago./dez. 2003. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/revista/pdf/Vol10%20no2%2036A46.pdf>>. Acesso em: 22/01/2010.

SARLO, H. B. **Influência das fases da lua, da época de corte e das espécies de bambu sobre o ataque de *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae)**. 2000. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2000.

SCHÄFER, K.; GOERGEN, G.; BORGEMEISTER, C. An illustrated identification key to four different species of adult *Dinoderus* (Coleoptera: Bostrichidae), commonly attacking dried

cassava chips in West Africa. **Journal of Stored Products Research**, Hanover, v. 36, p. 245 – 252, 2000.

SEN-SARMA, P. K. Insect pest and their control in rural housing. 1977. **Indian Journal of Entomology**, New Delhi, v. 39. p. 284-288, 1977. *apud* AHMED, K. N.; ZULFIQR, C. M. Observation on powder-post beetle, *Dinoderus minutus* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) infesting dry bamboo and wooden materials in Bangladesh. Rajshahi: BCSIR Laboratories, Short Communication, **Journal of Bioscience**. Ed. 14, p. 131-132, 2006.

SILVEIRA, M. **A Floresta Aberta com Bambu no Sudoeste da Amazônia: Padrões e Processos em Múltiplas Escalas**. 2001. 121 p. Tese (Doutorado em Ecologia), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Nacional de Brasília, Brasília, 2001. Disponível em: < <http://www.nybg.org/bsci/acre/pdfs/Florestabertacombambu.pdf>>. Acesso em 02/11/2010

SLESSOR, C. Bamboo jamboree. **The Architectural Review**, London, v. 209, n. 1247, p. 24 – 25, jan./2001.

U. S. Green Building Council - USGBC. **LEED 2009 for new construction and major renovations rating system**. Washington, 2008. 88 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Caderno de resumos. In: PRIMER SIMPOSIO DE BAMBÚ Y MADERA LAMINADA, 1, 2010, Bogotá, Colômbia. **SIMPOSIO DE BAMBÚ Y MADERA LAMINADA**. Bogotá, Colômbia: Universidad Nacional de Colombia, 2010. 65 p.

VARANDA, L. D.; CARASCHI, J. C.; FILHO, F. A. Caracterização energética do carvão vegetal de duas espécies de bambu. In: Congresso de Iniciação Científica da UNESP, 21, 2009, São José do Rio Preto. **XXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP**. São José do rio Preto. 2009. Disponível em: < http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_31014529883.pdf >. acesso em 03/11/2010.

VASCONCELLOS, R. M. **Bambúes en Brasil, uma visión histórica y perspectivas futuras**. 2006. Disponível em: <<http://www.bambubrasileiro.com/arquivos/Bambues%20en%20Brasil,%20una%20Vision%2>

0Historica%20y%20Perspectivas%20Futuras%20-%20de%20Vasconcellos%20-%202006.pdf >. Acesso em 27/11/2009.

WILLIANS, C. B.; SINGH, B. P. Effect of moonlight on insect activity, 1951. **Nature**, v. 26, n. 4256, p. 853, 1951. *apud* SARLO, H. B. **Influência das fases da lua, da época de corte e das espécies de bambu sobre o ataque de *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae)**. 2000. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2000.

YANG, Y.; WANG, K.; PEI, S.; HAO, J. Bamboo Diversity and Traditional Uses in Yunnan, China. 2004. **Mountain Research Development**. v. 24, n. 2, May 2004. p. 157 – 165.