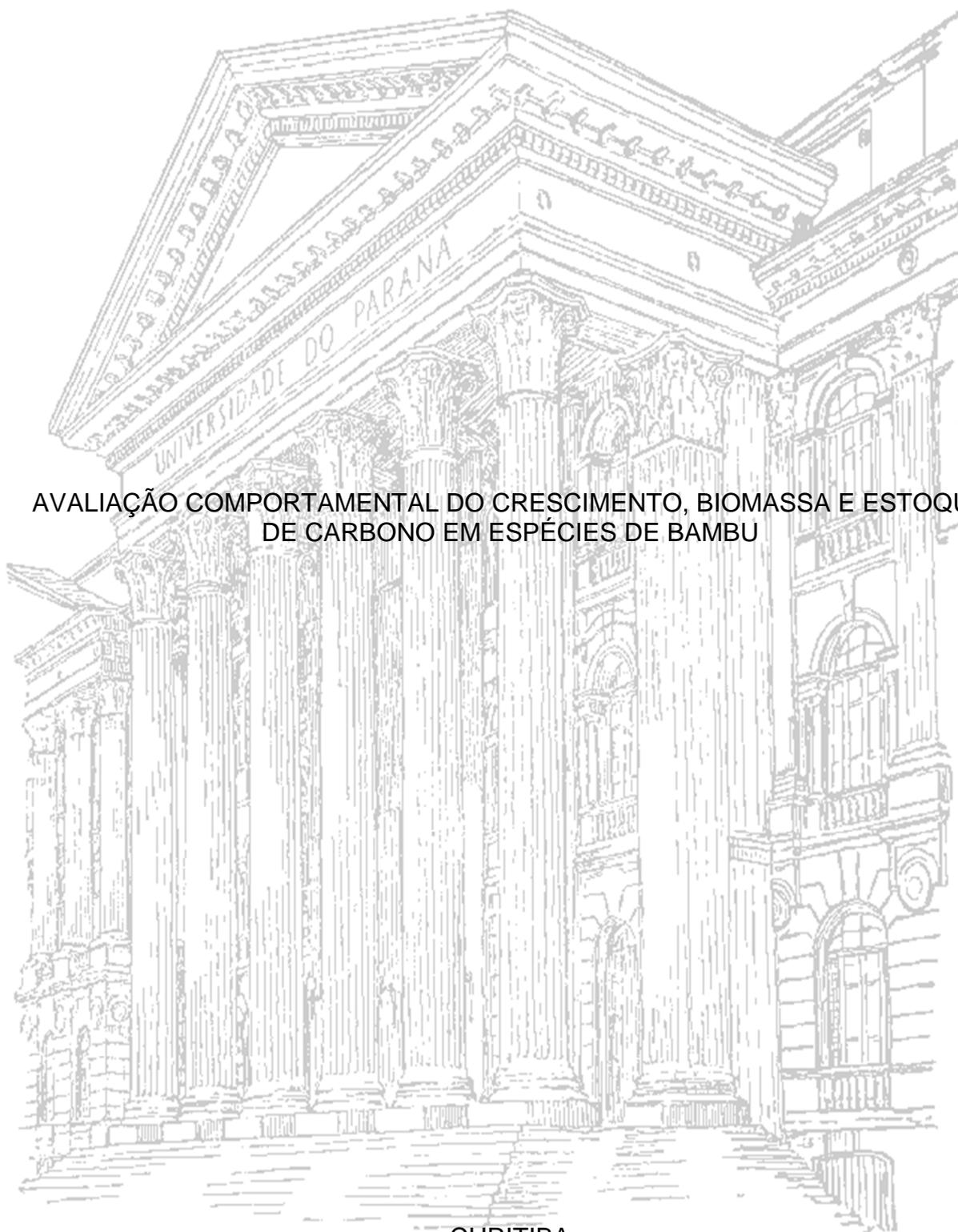


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FRANCELO MOGNON



AVALIAÇÃO COMPORTAMENTAL DO CRESCIMENTO, BIOMASSA E ESTOQUE
DE CARBONO EM ESPÉCIES DE BAMBU

CURITIBA
2015

FRANCELO MOGNON

AVALIAÇÃO COMPORTAMENTAL DO CRESCIMENTO, BIOMASSA E ESTOQUE
DE CARBONO EM ESPÉCIES DE BAMBU

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador:

Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Co-orientador:

Prof. Dr^a. Ana Paula Dalla Corte

Prof. Dr. Christopher Thomas Blum

CURITIBA
2015

Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR
Ficha catalográfica elaborada por Marilene do Rocio Veiga – CRB 424/PR

Mognon, Francelo

Avaliação comportamental do crescimento, biomassa e estoque de carbono em espécies de bambu / Francelo Mognon. – 2015.
80 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Coorientador: Profª Drª Ana Paula Dalla Corte

Prof. Dr. Christopher Thomas Blum

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 23/02/2015.

Área de concentração: Manejo florestal

1. Bambu - Cultivo. 2. Bambu - Crescimento. 3. Biomassa vegetal. 4. Carbono. 5. Teses. I. Sanquetta, Carlos Roberto. II. Corte, Ana Paula Dalla. III. Blum, Christopher Thomas. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 633.58

CDU – 634.0.287



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER
Defesa nº. 1082

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Francisco Mognon* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**AVALIAÇÃO COMPORTAMENTAL DO CRESCIMENTO, BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM ESPÉCIES DE BAMBU**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em **MANEJO FLORESTAL**.

Adalberto Brito de Novaes
Dr. Adalberto Brito de Novaes
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Primeiro examinador

Luciano Farinha Watzlawick
Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO
Segundo examinador

Henrique Soares Koehler
Dr. Henrique Soares Koehler
Universidade Federal do Paraná
Terceiro examinador

Maurício Bergamini Scheer
Dr. Maurício Bergamini Scheer
SANEPAR
Quarto examinador

Carlos Roberto Sanquetta
Dr. Carlos Roberto Sanquetta
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 23 de fevereiro de 2015.

Antonio Carlos Batista
Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

BIBLIOGRAFIA DO AUTOR

FRANCELO MOGNON, filho de Isacir Mognon e Lurdes Maria Friedrich, nasceu em Céu Azul, no Estado do Paraná, no dia 21 de dezembro de 1975. Em 1997 iniciou o curso de Técnico Florestal pelo Colégio Estadual Pres. Costa e Silva no município de Irati - PR, concluindo em 1999, mesmo ano que iniciou sua experiência profissional na área florestal em empresas do ramo.

Em 2003 ingressou na graduação em Ciências Biológicas pela Faculdade Estadual de Filosofia, Ciências e Letras de União da Vitória no Estado do Paraná, obtendo em 2006 a Licenciatura plena em Ciências Biológicas. Em 2009 ingressou no Mestrado em Engenharia Florestal na área de concentração Manejo Florestal, pelo programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, a qual concluiu em 2011. Neste mesmo ano iniciou o Doutorado em Engenharia Florestal, pelo mesmo programa, concluindo com a defesa desta.

Atualmente pertence ao grupo de pesquisas do Centro de Excelência em Fixação do Carbono na Biomassa – BIOFIX/UFPR.

*Dedico à minha Família,
em especial aos meus avós:*

Laura Friedrich

Amélio Secchi (in memória)

Carolina Mognon (in memória)

Dionizio Mognon (in memória)

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao *Creador* pela manifestação da essência.

Agradeço ao meu pai, Isacir Mognon, pelos ensinamentos e pelo seu amor, em especial agradeço a minha maravilhosa mãe Lurdes Maria Friedrich, pelo infinito amor, dedicação, carinho, ensinamentos, força e incentivo em todos os momentos de minha vida, os meus emocionados agradecimentos.

Agradeço a minha esposa Lucila de Almeida Vasques Fernandes, por toda ajuda e apoio no desenvolvimento do trabalho, mas principalmente pelo seu companheirismo em todas as horas, incentivo e apoio incansáveis, pela confiança em mim depositada e por seu amor e lealdade, meus amorosos agradecimentos.

Agradeço a minha irmã Francieli Mognon, minha grande amiga, pelo exemplo de ética e moral, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço a minha filha Nicolli Schwartz Mognon pelo amor e principalmente por me proporcionar oportunidade de evolução, meus profundos agradecimentos.

Agradeço profundamente ao Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta pelos ensinamentos, orientação, pelo exemplo, pelas oportunidades profissionais e principalmente pela sua confiança e amizade, meus reforçados agradecimentos.

Agradeço também em especial aos meus co-orientadores, prof^a. Dr^a. Ana Paula Dalla Corte pela valiosa contribuição neste trabalho, mas também pela confiança, ensinamentos e amizade, bem como ao prof. Dr. Christopher Thomas Blum, pela preciosa contribuição e sua amizade.

Aos professores: Dr. Sebastião do Amaral Machado, Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa, Dr. Henrique Soares Koehler, Dr. Sylvio Péllico Netto, Dr. Nelson Nakajima, Dr. João Carlos Garzel L. da Silva, Dr. Afonso Figueiredo Filho, Dr. Luciano Farinha Watzlawick, Dr. Alessandro Camargo Angelo, Dr. Carlos Vellozo Roderjan, Dr. Franklin Galvão, Dr. Adalberto Brito de Novaes, Dr. Marco A. dos Reis Pereira, pelos ensinamentos, palavras de incentivo, apoio e pelo grande exemplo.

Aos colegas de estudo e amigos: Aurélio Lourenço Rodrigues, Alexandre Behling, Ângela Klein Hertz, Antonio Dunaiski Junior, Greyce Charllyne Benedet Maas, Lara Clímaco Melo, Tauane Garcia Barreto, Mateus Niroh Inoue Sanquetta, Felipe Scheibe Dallagnol, Mario Moro, Dimas Agostinho Zanlorensi, Estefânia Prezzuti Denardi, Ezequiel Fiorese, Henrique Pretti, Pyramon Accioly, Alexander

Accioly, Michella Yamamura, Fernando Moro, Maurício Moro, Denílson J. de Carvalho, Marcos Ostrowski Valduga, pela troca de experiências, mas principalmente pela grande amizade.

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de realizar este estudo. Estendo meus agradecimentos aos membros da coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR por tornar possível a realização deste trabalho, bem como aos diretores e funcionários da Fazenda Experimental do Canguiri, em especial ao gestor Márcio Luiz Olesko, pelo apoio logístico na execução dos trabalhos de campo.

A todos os demais colegas do Laboratório de Inventário Florestal – UFPR, que contribuíram incansavelmente durante esses anos de pesquisa, meus sinceros agradecimentos. Por fim, agradeço imensamente a todos que me ajudaram de alguma forma na realização deste trabalho. Muito obrigado!

*Símbolo de grandeza e força, o carvalho
“rei da floresta”, é imponente e rígido, mas
uma tempestade pode quebrá-lo ao meio...
O bambu flexível verga-se com a força do
vento, e aceita humildemente as agruras
das intempéries, para depois voltar
triunfante ao seu eixo original.*

Analogia Chinesa

RESUMO

Ações antrópicas vêm provocando atualmente a redução da cobertura florestal em muitas partes do Globo. Como resultado há uma perda de potenciais fontes de matéria prima para a indústria de base florestal e problemas ambientais decorrentes, como o aumento das áreas degradadas e a emissão de CO₂ para a atmosfera. Os bambus representam uma importante fonte de matéria prima e possuem um potencial de mitigar problemas ambientais. Contudo, no Brasil estudos experimentais sobre o cultivo de bambus são praticamente inexistentes. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar e comparar o desempenho do crescimento de espécies de bambu, sua produção de biomassa e capacidade de fixar carbono. Para tal, foi avaliado durante um período de cinco anos, por meio de experimento com delineamento em blocos ao acaso, seis espécies de bambu sendo: *Guadua chacoensis*, *Guadua angustifolia*, *Merostachys skvortzovii*, *Dendrocalamus asper*, *Bambusa vulgaris* e *Bambusa oldhamii*, em quatro blocos. O experimento foi implantado em dezembro de 2008 na Fazenda Canguiri pertencente à Universidade Federal do Paraná, localizado no município de Pinhais, região metropolitana de Curitiba/PR. Avaliaram-se anualmente no mês de abril, a sobrevivência e as variáveis de crescimento da touceira de bambu: área da base, área de cobertura, altura, densidade de colmos, biomassa aérea e estoque de carbono, além das variáveis biométricas do colmo: *dcolo* (diâmetro do colo), *dap* (diâmetro à altura do peito) e *h* (altura do mesmo). Os resultados revelaram que a sobrevivência inicial das espécies estudadas foi satisfatória e similar entre elas. Contudo, no decorrer do experimento, houve aumento de mortalidade para todas as espécies de bambu, exceto para *Bambusa vulgaris*, sendo *Guadua chacoensis* a espécie com maior mortalidade, embora seu crescimento mostrou-se promissor no decorrer do experimento. Observou-se que existem diferenças significativas no desenvolvimento das espécies estudadas nas condições encontradas neste estudo. A espécie *Guadua angustifolia* não se adaptou as condições edafoclimáticas da região, sendo a espécie com menor crescimento. Para *Dendrocalamus asper* e *Bambusa vulgaris* seu crescimento, provavelmente, foi afetado pelas baixas temperaturas ocorridas no período do inverno, contudo ambas apresentaram potencial de recuperação. Na avaliação da produção de matéria prima, observou-se por meio da variável biomassa aérea, que a espécie *Bambusa oldhamii* foi a que obteve maior destaque entre as demais, atingindo estimativas de 76 t.ha⁻¹ após cinco anos de plantio. Desta forma, com base nos resultados deste experimento, a espécie *Bambusa oldhamii* foi a que apresentou maior potencial em termos de crescimento entre as espécies de bambu estudadas, com potencial para produção de matéria prima e em projetos que visam à fixação do carbono. Por fim, as espécies *Bambusa oldhamii* e *Guadua chacoensis* são indicadas para plantios experimentais críticos, que deverão confirmar as tendências desta pesquisa.

Palavras chave: experimento; sustentabilidade; mitigação; compensação ambiental.

ABSTRACT

Nowadays, human actions have been responsible for the reduction of the forest cover around the world. As result of such process, there has been loss of potential sources of raw material for the forest based industry and environmental problems; such as increasing of degraded lands and CO₂ emission to the atmosphere. Bamboos represent an important source of raw material and have potential for the mitigation of environmental problems. However, in Brazil, experimental studies on bamboo cultivation are rare. Thus, the purpose of this study was to evaluate and compare the growth performance of bamboo species, their biomass production and ability to fix carbon. An experimental essay was conducted in a randomized block design, evaluated for five years, considering the following species: *Guadua chacoensis*, *Guadua angustifolia*, *Merostachys skvortzovii*, *Dendrocalamus asper*, *Bambusa vulgaris* and *Bambusa oldhamii*, in a four-blocks replication. The experiment was established in December 2008 at the Canguiri Farm, belonging to the Federal University of Paraná, placed at the Pinhais county, metropolitan region of Curitiba, PR. Annual evaluations were performed, always in April, to assess the survival, growth variables of the bamboo clump, aboveground biomass and carbon stocks, and the biometric variables of the culm as well: *dcolo* (diameter at the base), *dap* (diameter at breast height) and *h* (height). Results have shown that the initial survival of the assessed species was satisfactory and similar among them. However, during the experiment, there was an increase of mortality in all the species, except for *Bambusa vulgaris*, and *Guadua chacoensis* was the species that presented higher mortality, although its growth was promising during the study. Significant differences was observed regarding the development of the studied species. The species *Guadua angustifolia* has not adapted to the regional edaphoclimatic conditions and was the species with lower growth. *Dendrocalamus asper* and *Bambusa vulgaris* growth rates were probably affected by the low temperatures experienced in the winter time, but both showed potential for recovery. Regarding the production of raw material, represented by the aboveground biomass, it was observed that *Bambusa oldhamii* was the species with the best performance, reaching estimates of 76 t.ha⁻¹ after five years of cultivation. Therefore, based on the results of this experiment, *Bambusa oldhamii* was the one which presented the highest growth potential among the studied bamboo species, with potential possible uses in the production of raw material and in projects which aim the carbon storage. Finally, *Bambusa oldhamii* and *Guadua chacoensis* are indicated for critical experimental studies, which should confirm the trends of this research.

Keywords: experiment, mitigation, sustainability, environmental compensation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	DISTRIBUIÇÃO (EM DESTAQUE) DAS ESPÉCIES DE BAMBU NO MUNDO	19
FIGURA 2 -	MORFOLOGIA DO BAMBU LENHOSO SIMPODIAL.....	20
FIGURA 3 -	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO MUNICÍPIO DE PINHAIS/PR.....	25
FIGURA 4 -	ESPÉCIES DE BAMBU UTILIZADAS NO EXPERIMENTO.....	28
FIGURA 5 -	DESENHO ESQUEMÁTICO DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	29
FIGURA 6 -	VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DA TOUCEIRA E DO COLMO DE BAMBU.....	34
FIGURA 7 -	COMPORTAMENTO DA VARIÁVEL SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES DE BAMBU AO LONGO DO PERÍODO AVALIADO.....	40
FIGURA 8 -	TEMPERATURAS MÍNIMAS ABSOLUTAS REGISTRADAS NA REGIÃO DO EXPERIMENTO AO LONGO DO PERÍODO AVALIADO.....	41
FIGURA 9 -	CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA VARIÁVEL ÁREA DA BASE....	43
FIGURA 10 -	CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA VARIÁVEL ÁREA DE COBERTURA.....	45
FIGURA 11 -	CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA VARIÁVEL ALTURA.....	46
FIGURA 12 -	CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA VARIÁVEL DENSIDADE DE COLMOS POR TOUCEIRA.....	48
FIGURA 13 -	CRESCIMENTO (a/c) E INCREMENTO (b/d) DAS VARIÁVEIS DIAMÉTRICAS.....	50
FIGURA 14 -	CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA VARIÁVEL ALTURA DO COLMO.....	52
FIGURA 15 -	TEORES DE MATÉRIA SECA POR COMPARTIMENTO DAS ESPÉCIES DE BAMBU.....	53
FIGURA 16 -	DISTRIBUIÇÃO DA BIOMASSA ENTRE OS COMPARTIMENTOS POR ESPÉCIE.....	55
FIGURA 17 -	DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS DAS MELHORES EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA AÉREA DAS ESPÉCIES DE BAMBU.....	59
FIGURA 18 -	CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA BIOMASSA AÉREA (t.ha ⁻¹).....	60
FIGURA 19 -	CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DO ESTOQUE DE CARBONO (t.ha ⁻¹).....	65
FIGURA 20 -	ANÁLISE CONJUNTA DAS ESPÉCIES DE BAMBU EM RELAÇÃO ÀS VARIÁVEIS ANALISADAS, AOS CINCO ANOS DE IDADE.....	67

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS NA ANÁLISE DO SOLO.....	30
TABELA 2 -	MODELOS ALOMÉTRICOS TESTADOS PARA A ESTIMATIVA DA BIOMASSA AÉREA.....	36
TABELA 3 -	ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES DE BAMBU AO LONGO DO PERÍODO AVALIADO.....	39
TABELA 4 -	ESTATÍSTICAS E COEFICIENTES DAS MELHORES EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA BIOMASSA AÉREA DAS ESPÉCIES DE BAMBU.....	57
TABELA 5 -	ANÁLISE DESCRITIVA DOS RESULTADOS DOS TEORES PONDERADOS DE CARBONO POR ESPÉCIES DE BAMBU.....	62
TABELA 6 -	TEORES DE CARBONO POR ESPÉCIE E POR COMPARTIMENTO.....	63
TABELA 7 -	MATRIZ DAS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS AOS CINCO ANOS DE IDADE.....	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 HIPÓTESE.....	17
1.2 OBJETIVO GERAL.....	17
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS BAMBUS.....	18
2.2 A IMPORTÂNCIA DOS BAMBUS.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	25
3.2 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES DE BAMBU.....	26
3.3 DESENHO EXPERIMENTAL.....	29
3.4 PLANTIO EXPERIMENTAL.....	30
3.4.1 Implantação e manutenção do experimento.....	30
3.4.2 Procedimentos de medição das plantas.....	32
3.5 DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA SECA AÉREA.....	35
3.6 DETERMINAÇÃO DOS TEORES E ESTOQUES DE CARBONO NA BIOMASSA.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1 SOBREVIVÊNCIA.....	38
4.2 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS.....	42
4.2.1 Variáveis biométricas da touceira de bambu.....	42
4.2.1.1 Área da base.....	42
4.2.1.2 Área de cobertura.....	45
4.2.1.3 Altura.....	46
4.2.1.4 Densidade de colmos.....	47
4.2.2 Variáveis biométricas do colmo.....	49
4.2.2.1 Variáveis diamétricas.....	49
4.2.2.2 Altura.....	51
4.3. BIOMASSA AÉREA DAS ESPÉCIES DE BAMBU.....	53
4.3.1 Determinação da biomassa.....	53
4.3.2 Ajuste de equações de biomassa.....	56
4.3.3 Estimativas de biomassa.....	60
4.4 TEORES DE CARBONO.....	62
4.5 ESTOQUE DE CARBONO.....	64
4.6 ANÁLISE CONJUNTA DOS RESULTADOS DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	66
5 CONCLUSÕES	68
6 RECOMENDAÇÕES	69
7 REFERÊNCIAS	70
APÊNDICES	78

1 INTRODUÇÃO

Os recursos naturais, em especial as florestas, estão sendo transformados por um processo rápido e contínuo. Em todas as partes do mundo, as diferentes formas de uso do solo associadas à exploração indiscriminada, decorrentes da expansão da população humana, são os grandes responsáveis por esses impactos (SANQUETTA *et al.*, 2014).

Essas alterações são potencializadas quando se considera que as florestas representam papel importante na remoção do excesso de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera. Por outro lado, as florestas podem contribuir como fonte de emissão, caso sejam destruídas e sua biomassa seja convertida em CO₂ pelos processos de decomposição e queima (SANQUETTA *et al.*, 2011).

No Brasil, em 2005, as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) provenientes do uso da terra e florestas, correspondiam a 57%, que somadas com a emissão do setor Agropecuário, representavam 77% do total das emissões ocorridas no Brasil. Para o ano de 2010, constatou-se menor emissão de GEE, em função da redução do desmatamento ocorrida no período, representado 22% pelo uso da terra e florestas, que acrescido do setor Agropecuário correspondem a 57% das emissões de GEE no Brasil (MCTI, 2013).

Dessa forma, alternativas nesses cenários devem ser propostas para minimizar os impactos, optando por materiais renováveis e processos mais sustentáveis (BONILLA *et al.*, 2010). O bambu é um dos principais produtos florestais não madeiráveis e é considerado como um potencial substituto da madeira em função da presença de tecido lenhoso em sua estrutura fisiológica (FAO, 2007).

Ainda, segundo o relatório da FAO (2007), o bambu sempre esteve presente na cultura e na vida diária do homem primitivo de praticamente todos os continentes. O bambu é considerado a “planta dos mil usos” e, não por acaso, sua utilização inclui alimentação, habitação, celulose, painéis, laminados, tecidos, carvão, entre outras infinidades de produtos e serviços ambientais. O uso do bambu no oriente remonta há quase cinco mil anos e as indústrias que utilizam o bambu atualmente prosperam no continente asiático, havendo também uma ampliação de seu uso nos continentes da África e das Américas, desempenhando um papel econômico e cultural importante em todo o mundo.

Possuindo uma grande diversidade de espécies, os bambus apresentam porte similar ao das árvores, podendo atingir até 40 m de altura e mais de 30 cm de diâmetro. Outras características complementam suas qualidades em comparação às árvores, como ampla distribuição geográfica, curtas rotações de cultura e baixo investimento de capital, além de proporcionar alta intensidade de trabalho e retornos econômicos atraentes (LOBOVIKOV *et al.*, 2012).

O bambu tem propriedade de sequestrar rapidamente o carbono atmosférico. Contudo, também apresenta excelentes características físicas e mecânicas, se tornando uma alternativa promissora em linhas do desenvolvimento sustentável (BONILLA *et al.*, 2010). Segundo Lobovikov *et al.* (2012), o bambu tem sido negligenciado no atual cenário mundial de mudanças climáticas. Discussões sobre esse vegetal estão faltando nas definições do que diz respeito às florestas, como as ocorridas no Acordo de Marrakech, bem como a partir de avaliações do IPCC e suas diretrizes para inventários de GEE.

Sob a ótica da Botânica, o bambu não é uma árvore, mas sim uma gramínea, sendo muitas vezes omitido nas discussões sobre florestas e relação às mudanças climáticas (INBAR, 2014). Desta forma, literalmente os bambus não podem ser inclusos nos formulários elaborados para os projetos florestais, como definido pelo Protocolo de Quioto. No entanto, em função de sua plasticidade e versatilidade, os bambus executam serviços climáticos significativos e melhoram os meios de subsistência rurais, através de uma infinidade de produtos e serviços (LOBOVIKOV *et al.*, 2012).

Ainda, segundo os mesmos autores citados anteriormente, o Conselho Executivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), em princípio, permitiu projetos de florestamento/reflorestamento com espécies de bambu, delegando a decisão final para cada país. Recentemente, esta revisão se aplica somente ao MDL, sendo que apenas três países têm formalmente o aceite do bambu em projetos de florestamento/reflorestamento. A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima pode reconhecer explicitamente as potenciais contribuições do bambu para mitigação das mudanças climáticas e incentivar a inclusão de métodos quantitativos de carbono à base de bambu em acordos sobre mecanismos e mercado de carbono (INBAR, 2014).

Apesar da importância do bambu em todo o mundo, as estatísticas globais sobre os seus recursos, produção e comércio continuam escassos e inconsistentes.

A falta de dados abrangentes e confiáveis sobre os recursos do bambu e sua utilização impede sua exploração sustentável e limita seu potencial para contribuir para a redução da pobreza (FAO, 2007).

Essa carência de informações e a versatilidade desse vegetal desencadearam, nos últimos anos, aumento nos estudos sobre a relevância dos bambus no sequestro de carbono em várias partes do mundo. Na Ásia, países como a China conhecida como o Reino do Bambu, compararam o bambu a árvores de rápido crescimento, identificando grande potencial na fixação do carbono em sua biomassa. Contudo, esses resultados apresentam variações, o que demonstra a necessidade de harmonizar as medições de densidade de carbono em diferentes regiões, espécies, climas e em outras condições (INBAR, 2014).

As comunidades associadas ao tema bambu têm a cooperar nos acordos atuais das mudanças climáticas e nas negociações para o período pós-Quito. Em relação ao mecanismo REDD (*Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation*) ou Redução de Emissões pelo Desmatamento e Degradação Florestal, o bambu, como um substituto da madeira ou como um componente de sistemas agroflorestais, pode reduzir as pressões de desmatamento e degradação florestal, bem como contribuir para a conservação e valorização do estoque de carbono armazenado (LOBOVIKOV *et al.*, 2012).

Embora o bambu tenha inúmeras aplicações, são poucos os programas de incentivo à pesquisa com essa planta, salvo alguns países asiáticos, como a Índia e a China, com destaque na América Latina para a Colômbia, que está inserida em diversos programas governamentais de fomento e pesquisas relacionados ao cultivo e aproveitamento industrial (SILVA, 2005). No Brasil, foi sancionada a Lei N° 12.484, que instituiu a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao cultivo do Bambu, pela qual essa planta passa a ser tratada como um produto agrícola, sendo disponibilizadas linhas de crédito com taxas de juros e prazos de pagamentos diferenciados para o seu cultivo (BRASIL, 2011).

No geral, este estudo vem a preencher uma lacuna importante em relação ao conhecimento do crescimento e desenvolvimento de espécies de bambu no sul do Brasil. Assim, o bambu pode preencher um nicho importante para mitigação e adaptação às mudanças climáticas, promovendo o desenvolvimento sustentável.

1.1 HIPÓTESE

Espécies de bambu apresentam comportamento semelhante em relação ao seu crescimento.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar e comparar o desempenho de seis espécies de bambu, identificando aquelas com maior crescimento, produção de biomassa e capacidade de fixar carbono.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a sobrevivência das espécies de bambu, no primeiro e no quinto ano após o plantio;
- Analisar o desempenho das seis espécies de bambu, por meio das variáveis biométricas de crescimento, durante cinco anos após o plantio;
- Indicar as espécies com maior crescimento e potencial de adaptação as condições edafoclimáticas da região de estudo, para plantio experimental crítico, a fim de negar ou afirmar a hipótese deste experimento exploratório.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS BAMBUS

A taxonomia dos bambus, segundo Greco e Cromberg (2011), é um assunto um tanto quanto complexo. De acordo com os autores, pelo fato de algumas espécies de bambus necessitarem dezenas de anos para o desenvolvimento de suas estruturas florais, associado a semelhanças morfológicas, a distinção taxonômica fica comprometida. Desta forma, a diversidade de espécies de bambu no mundo ainda não é um consenso entre a comunidade científica, variando de 1.200 a 1.600 espécies distribuídas entre 50 a 120 gêneros (SHANMUGHAVEL e FRANCIS, 1996; HIDALGO-LÓPES, 2003; LONDOÑO, 2004; PEREIRA e BERALDO, 2007). Adicionalmente, acredita-se que existem muitas outras espécies de bambu que ainda são desconhecidas (DAVIDSON *et al.*, 2006).

Essa falta de consenso em relação à riqueza de espécies de bambu está associada em grande parte às suas características autoecológicas. Segundo Liebsch e Reginato (2009), os bambus são classificados como vegetais semelparos, isto é, seu ciclo de vida termina com a morte da planta após o florescimento, ocorrendo um período vegetativo que varia de 3 a 120 anos (NUMATA, 1974; JANZEN, 1976; CAMPBELL, 1985). Plantas semelparas têm como característica marcante a frutificação maciça e a eficiente sincronia entre os membros da espécie (WIDMER, 1998). Aparentemente, o longo intervalo entre os eventos reprodutivos é regulado por mecanismos endógenos associados a fatores ambientais (CAMPBELL, 1985; DEITZER *et al.*, 1985).

Geograficamente as espécies de bambu são encontradas nas áreas tropicais, subtropicais e temperadas, com exceção da Europa, onde não há espécies nativas (FIGURA 1). A área total ocupada por bambus no mundo é de aproximadamente 36 milhões de hectares, o que representa cerca de 3% da área total de florestas (CHAOWANA, 2013).

De acordo com Londoño (1999), o Brasil conta com a maior diversidade e o mais alto índice de florestas com endemismo de bambu em toda a América Latina,

representando 32%, significando 137 espécies, sendo que os estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Bahia e Paraná, possuem a maior diversidade.

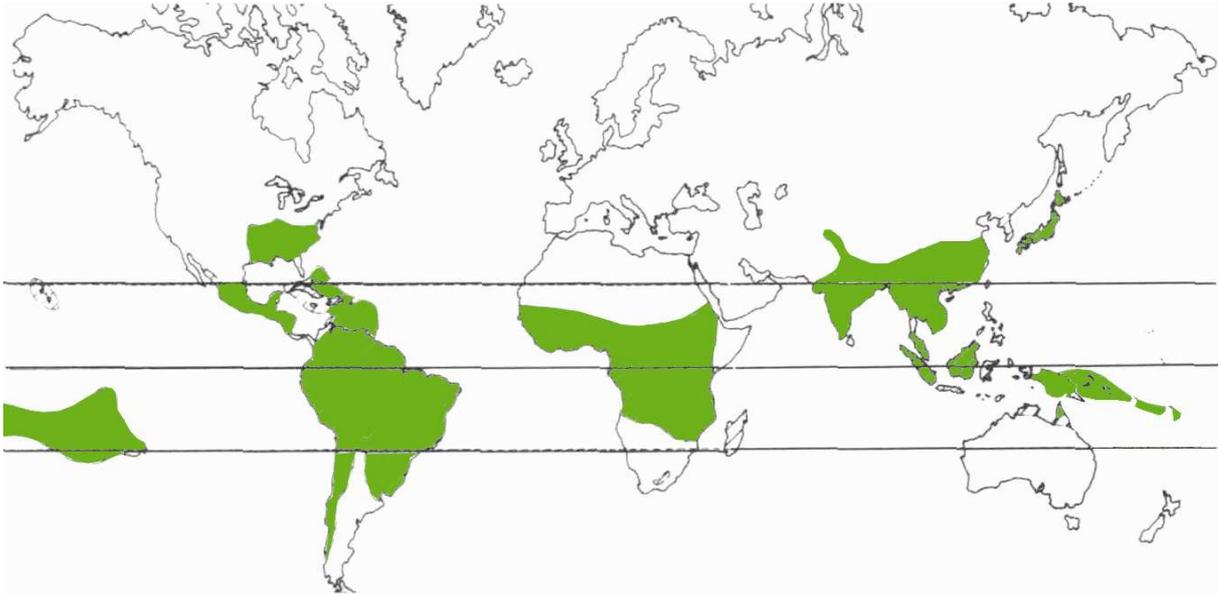


FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO (EM DESTAQUE) DAS ESPÉCIES DE BAMBU NO MUNDO
 FONTE: HIDALGO LÓPEZ (2003)

Os bambus pertencem à divisão das angiospermas, constituindo o grupo das Monocotiledôneas, mais especificamente estão incluídos na família Poaceae e subfamília Bambusoideae (SODERSTROM e CALDERÓN, 1979). Esta subfamília é dividida em dois grandes grupos: 1) bambus lenhosos, que pertencem à tribo bambuseae; 2) bambus herbáceos, que apresentam variação conforme o autor em relação à tribo a que pertencem (GRECO e CROMBERG, 2011).

A morfologia vegetal dos bambus lenhosos, segundo Pereira e Beraldo (2007), assemelha-se a das árvores. Os referidos autores complementam que, embora seja uma gramínea, apresenta comportamento arborescente, constituído de parte aérea composta de colmo, galhos e folhas, e uma parte subterrânea composta por rizomas e raízes.

Na parte subterrânea dos bambus, os rizomas são os grandes responsáveis pelo desenvolvimento, propagação de novos ramos, bem como o armazenamento e distribuição de nutrientes da planta (PEREIRA e BERALDO, 2007). Por reprodução assexuada, novos colmos são gerados anualmente por ramificações destes rizomas. Em relação às ramificações, ainda segundo os autores citados, os bambus podem ser divididos em dois grandes grupos: 1) os que se desenvolvem de forma

alastrante, denominados de leptomorfos que são bambus monopodiais; 2) os entouceirantes, que são bambus simpodiais, também denominados de paquimorfos. A FIGURA 2 apresenta a disposição morfológica de um bambu lenhoso do tipo simpodial.

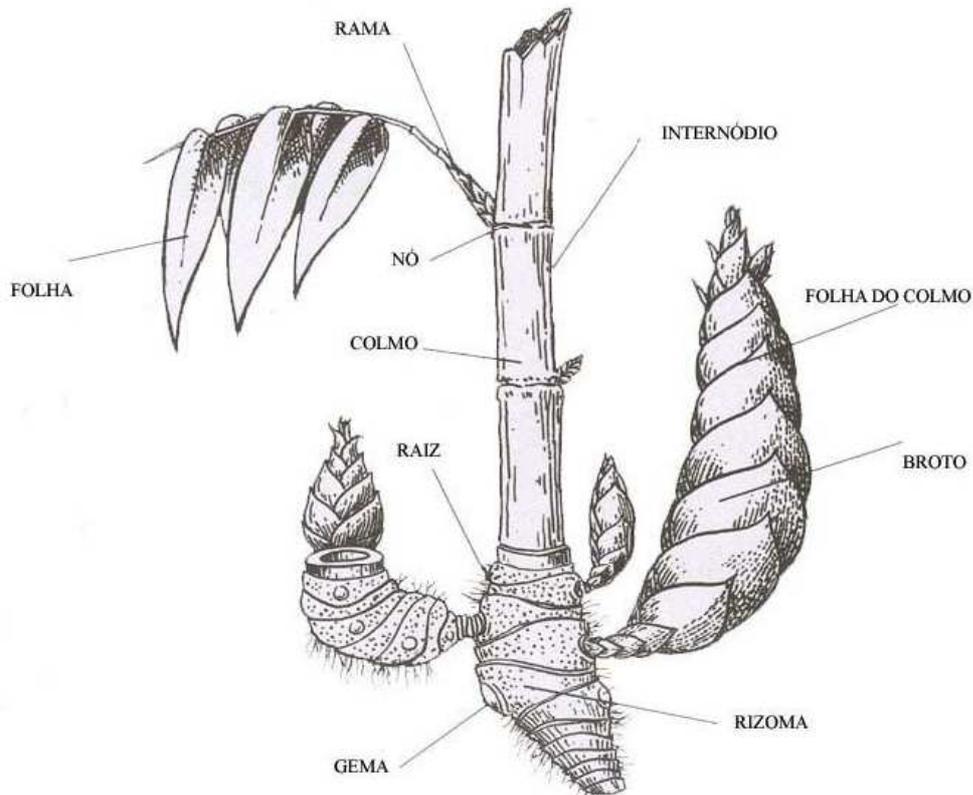


FIGURA 2 - MORFOLOGIA DO BAMBU LENHOSO SIMPODIAL
 FONTE: NMBA (2004)

Ainda em relação ao grupo dos paquimorfos, seus rizomas são curtos, grossos e sólidos, apresentando internós assimétricos e raízes na parte inferior do mesmo. Os colmos gerados por esses rizomas são normalmente mais grossos que os originados no ano anterior. Esse processo é contínuo até atingirem as máximas dimensões, o que pode variar conforme a espécie de bambu. Dessa forma, novos rizomas são formados desenvolvendo-se periféricamente, caracterizando a forma entouceirante, podendo ocorrer de 30 a 100 novos colmos por ano (PEREIRA e BERARDO, 2007).

Assim como as folhas, os colmos também têm a capacidade de realizar a fotossíntese, pois apresentam clorofila. No entanto, é principalmente nas folhas que ocorre a absorção da energia solar, sendo nestas também localizados os estômatos, estruturas celulares responsáveis pela troca gasosa entre a planta e o meio. Assim,

as folhas são as grandes responsáveis pela função de elaborar as substâncias necessárias ao rápido crescimento dessa planta por meio do processo da fotossíntese (TEIXEIRA, 2003).

Cabe aos colmos, como suas principais funções, estruturar a parte aérea, armazenar e conduzir seivas bruta e elaborada (AZZINI *et al.*, 1987). Ainda em relação aos colmos, os mesmos autores complementam que em sua grande maioria apresentam forma ligeiramente cilíndrica e são segmentados por nós e entrenós, não sendo maciços com algumas exceções do gênero *Chusquea*.

Os colmos de bambu nascem com o diâmetro que terão por todo o seu período de vida, não ocorrendo crescimento radial como nas espécies arbóreas. Isso porque os bambus não apresentam meristema secundário, não aumentando a espessura diamétrica (CHAOWANA, 2013). Este diâmetro vai diminuindo com a altura do colmo, ou seja, o bambu é geometricamente um tronco de cone (PEREIRA e BERALDO, 2007).

O bambu é o recurso natural que se renova em menor intervalo de tempo, não havendo nenhuma outra espécie florestal que possa competir com o bambu em velocidade crescimento e de aproveitamento por área. A velocidade de propagação do bambu, depois de estabelecido, é rápida. O tempo de estabelecimento de uma plantação varia de cinco a sete anos, e o amadurecimento de um colmo de bambu acontece em três a quatro anos. A partir do terceiro ou quarto ano já se pode coletar colmos e brotos (JARAMILLO, 1992).

2.2 A IMPORTÂNCIA DOS BAMBUS

Falar da importância dessa planta de uma forma geral não permite se ter a real compreensão da participação do bambu no desenvolvimento de diversas civilizações, em especial, o da civilização chinesa. Segundo Greco e Cromberg (2011), na China, em função da ocorrência natural dessa planta e pelo país estar localizado no centro da distribuição dos bambus asiáticos, registros de aproveitamento do bambu pela população datam de 5.000 a 6.000 anos, sendo encontradas relíquias chinesas confeccionadas a partir do bambu datadas de 16 séculos a.C.

No continente asiático, com destaque para China, Índia e até o Japão, onde a cultura do bambu é mais marcante, sua contribuição para o desenvolvimento destas populações foi tão significativa que os arqueólogos estariam justificados se retratassem historicamente a definição da “Era do Bambu”, tão significativa quanto as Eras da Pedra e do Bronze (FARRELY, 1984 *apud* PEREIRA e BERALDO, 2007). Ainda segundo o mesmo autor, muitos povos nas Américas utilizaram e utilizam até hoje algum item de bambu na confecção de moradias, utilizando técnicas herdadas de povos pré-colombianos. Assim, dentre essas e as inúmeras outras utilidades e produtos gerados a partir do bambu, sua relevância cresce, principalmente, a partir da divulgação do seu papel no desenvolvimento histórico, cultural e socioambiental de diversos povos em todo o planeta.

Conhecido popularmente como “a planta dos mil usos”, o bambu, não por acaso, é amplamente aplicado em praticamente todos os ramos da atividade humana (GRECO e CROMBERG, 2011). Existem relatos de cerca de quatro mil diferentes usos provenientes de bambu, contemplando diversas áreas como construção, agricultura, artesanato e cultura, entre outras, contribuindo de forma significativa na economia rural de países em desenvolvimento (HSIUNG, 1988). Especial enfoque se dá para utilização do bambu para fins bioenergéticos (FILGUEIRAS e GONÇALVES, 2004).

No entanto, devido à diversidade de espécies de bambu, é recomendável conhecer as espécies individualmente para cada produto almejado. Dessa forma, existem espécies de bambu para cada finalidade, sendo algumas mais indicadas para fins alimentícios, outras para a indústria de papel e celulose, algumas para a indústria moveleira, assim como a indústria têxtil, bem como artesanato, enquanto outras são excelentes fontes de matéria prima para energia ou para qualquer tipo de construção (CHAOWANA, 2013).

O bambu aplicado na construção civil poderia ajudar a reduzir o impacto do setor no meio ambiente. Quando se mistura fibra de bambu, livre de açúcares, ao cimento para fabricação de placas, não apenas se cria um material de construção valioso, como se obtém uma vida útil bem maior e resistência à umidade. Mas o mais importante é que se está evitando a emissão de dióxido de carbono ao fixá-la na matriz cimentícia (CASAGRANDE JR. e UMEZAWA, 2004).

Não por acaso, uma das principais utilidades sociais do bambu é a produção de matéria prima voltada para a habitação de baixo custo (INBAR, 2014). Conforme

Greco e Cromberg (2011), em países como Colômbia e o Equador, por apresentarem abundância desse recurso natural, a utilização de bambu como fonte de matéria prima já está incorporada na questão social há muitos anos.

Em consequência disso, as experiências bem sucedidas em relação à habitação, no que se refere à qualidade e durabilidade, fizeram com que esse recurso fosse aplicado não só para as comunidades de baixa renda, mas também, para as classes mais abastadas. Contudo é no meio rural que os benefícios sociais são mais observados, pois além da moradia, o bambu pode ser utilizado para diferentes fins, como infraestrutura complementar, sendo uma fonte de matéria prima de rápido crescimento de forma sustentável, podendo ser inclusive fonte alimentar (LOBOVIKOV *et al.*, 2012).

Em relação à produção de matéria prima, na forma de biomassa, os bambus apresentam grande potencial. Estudos realizados por Nath *et al.* (2009), avaliando três espécies de bambus do gênero *Bambusa* cultivadas na Índia, observaram valores de estoque de biomassa da ordem de 121.51 t.ha⁻¹. Já Embaye *et al.* (2005) observaram produção em torno 110 t.ha⁻¹ de biomassa aérea em cultivos no Sudoeste da Etiópia. Em cultivos da espécie de bambu *Phyllostachys bambusoides* Madake no Japão, Isagi *et al.* (1993) observaram produção total de biomassa da ordem de 131 t.ha⁻¹.

Esses valores são próximos ao encontrados em espécies arbóreas. Santana (2008) obteve valores de 58,4 a 212,1 t.ha⁻¹ de biomassa aérea em plantios de eucalipto aos sete anos, na região sudeste do Brasil. Para Gatto *et al.* (2011), também avaliando os estoques de biomassa em plantios de eucalipto, constataram variação de 115,8 a 168,3 t. ha⁻¹ de biomassa aérea.

Outro ponto importante sobre os bambus são os seus benefícios ambientais. Esses benefícios são mais efetivos quando ocorridos em seus ecossistemas naturais. No entanto, em áreas de cultivo também podem proporcionar diferentes serviços ambientais, como: regulação dos recursos hídricos, ciclagem de nutrientes, controle de erosão, recuperação de áreas degradadas, sequestro de carbono, abrigo de fauna e fonte de matéria prima, além de mitigação e adaptação às mudanças climáticas (INBAR, 2014).

Os bambus têm sido reconhecidos como um grupo de espécies promissoras em função de sua rápida capacidade de sequestro de carbono atmosférico, (BONILLA *et al.*, 2010). Contudo, o bambu é um grande recurso inexplorado,

podendo atuar no desenvolvimento dos países das regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo, auxiliando de muitas maneiras a mitigação a mudanças climáticas e soluções adaptativas para as suas populações (INBAR, 2014).

Ao contrário da maioria das gramíneas, mas similares às árvores, os bambus apresentam o sistema fotossintético C₃ (LARCHER, 2000; DÜKING *et al.*, 2011). Dessa forma, na ausência de fatores limitantes, são capazes de aumentar o seu crescimento de biomassa em resposta a uma atmosfera enriquecida com CO₂ (LOBOVIKOV *et al.*, 2012).

Conforme Bahtiar *et al.* (2012), o plantio de espécies de bambu, com destaque para *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne, é uma das melhores maneiras para reduzir o aquecimento global. Os autores justificam, reforçando seu rápido crescimento, sua elevada estocagem de carbono, além de inúmeras outras vantagens.

Quantidades substanciais de carbono estão sendo armazenadas nas florestas de bambu da China, que hoje são as maiores do mundo. Contudo, almeja-se aumentar os estoques à medida que houver a expansão dos programas de plantios planejados. O carbono armazenado nas florestas de bambu chinês é projetado para aumentar de 727 milhões de toneladas em 2010 para aproximadamente um bilhão de toneladas em 2050, ou cerca de 40% em 40 anos (INBAR, 2014).

O mercado global dos produtos de bambu representou, em 2006, US\$ 7 bilhões, com perspectivas de crescimento para US\$ 17 bilhões em 2017 (MARSH e SMITH, 2007). De fato, Benton *et al.* (2011) afirmam que nas últimas duas décadas o setor de transformação do bambu da China transformou-se de uma indústria tradicional, basicamente voltada à construção de subsistência, para uma forma orientada em maior escala, atingindo valor de US\$ 14 bilhões em 2010. Estudos mais atuais apontam benefícios econômicos na China da ordem de US\$ 19,5 bilhões para o ano de 2012, empregando mais de 7,7 milhões de pessoas (INBAR, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, denominada Fazenda Experimental Canguiri, está localizada na região metropolitana de Curitiba, no município de Pinhais, no Estado do Paraná (FIGURA 3). O local está contido no sistema geodésico regional SAD 69, UTM Fuso 22 Sul, com coordenadas centrais, X: 688.200 m e Y: 7.190.200 m. A altitude regional é aproximadamente de 900 metros. Essa área pertence à Universidade Federal do Paraná, onde são realizadas atividades didáticas e pesquisas científicas.

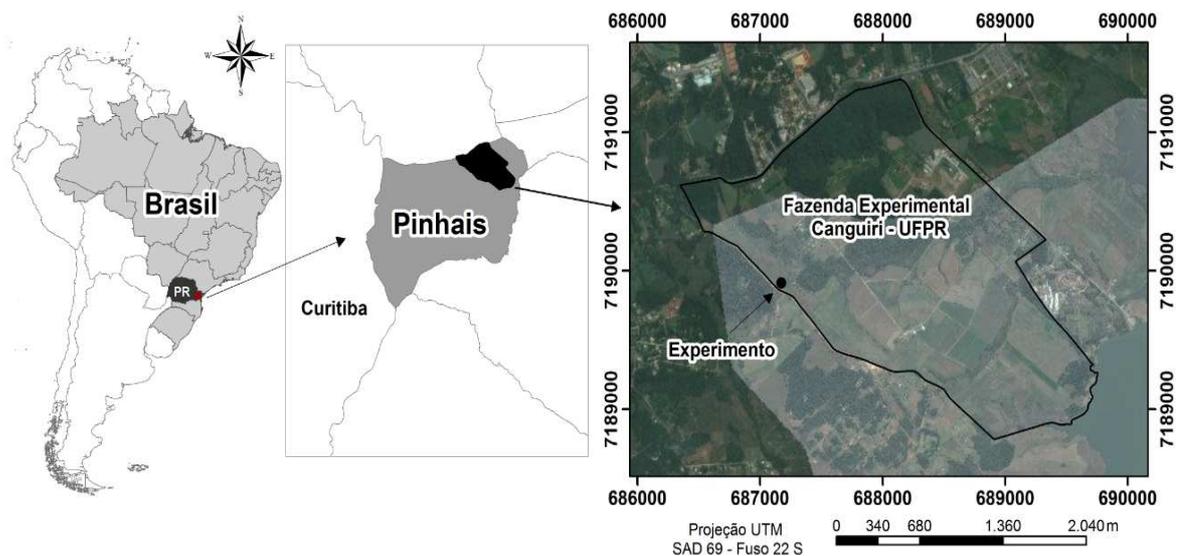


FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO MUNICÍPIO DE PINHAIS/PR
 FONTE: O autor (2015)

De acordo com Sugamoto (2002), identificaram-se na Fazenda Canguiri, solos dos tipos: Cambissolos, Latossolos, Gleissolos e Organossolos. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é classificado como Cfb, caracterizado por ocorrência de precipitação média anual próxima de 1400 mm. A temperatura média oscila de 12,5 a 22,5°C, estando sujeita a geadas severas (IAPAR, 1994).

3.2 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES DE BAMBU

A seleção das espécies utilizadas no plantio experimental fundamentou-se em critérios estabelecidos com base em revisão de literatura, considerando características de crescimento, propagação, rusticidade, dimensão, condições de plantio, ecologia e principalmente, a disponibilidade de mudas. Dessa forma, foram definidas as seis espécies utilizadas no projeto, sendo três nativas e três exóticas às regiões fitogeográficas do Brasil.

A espécie *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & Peterson é um bambu simpodial nativo da América do Sul. Seus colmos são retos e inclinam-se no ápice, podem atingir 20 m de altura e ter diâmetro de 10 a 12 cm (FIGURA 4a). Os internós apresentam distância de 20 a 40 cm, são ocos e possuem paredes grossas. Distribuem-se ao norte da Argentina, sudeste da Bolívia e região sul do Paraguai e sul do Brasil, ocorrendo ao longo de rios (LONDOÑO e PETERSON, 1992; LINDHOLM e PALM, 2007). É utilizado em construções rurais e artesanato, e mostra-se importante no controle de erosão e proteção de matas ciliares.

Outra espécie nativa é *Guadua angustifolia* Kunth, originária da Colômbia, Venezuela, Equador e da região norte do Brasil, ocorrendo tanto em regiões tropicais como subtropicais, em solos ricos a médios (LONDOÑO, 1998). *Guadua angustifolia* destaca-se dentro do gênero *Guadua* pelas suas propriedades físico-mecânicas, sendo aplicado na construção civil e na fabricação de aglomerados e laminados (BARROS, 2007). É um bambu lenhoso que apresenta colmos robustos, com espinhos nas gemas (PEREIRA e BERALDO, 2007), com faixas brancas na região dos nós e folhas caulinares de formato triangular. Seus colmos podem atingir 30 m de altura e 25 cm de diâmetro (FIGURA 4b). Apresenta alto potencial como regenerador ambiental (PEREIRA e BERALDO, 2007).

Merostachys skvortzovii Sendulski é um bambu nativo do sul do Brasil, de colmos lenhosos, com rizomas do tipo paquimorfo, caracterizando desenvolvimento simpodial. Seus colmos são retos, com leve curvatura no ápice e atingem altura máxima de 6 m (FIGURA 4c). Os nós são salientes e apresentam leve pubescência esbranquiçada (SCHWARZBACH, *et al.*, 2008). Essa espécie ao contrário das demais não foi selecionada pelas características morfológicas, mas sim por sua

importância ecológica, pois é uma espécie nativa associada à Floresta Ombrófila Mista (SANQUETTA *et al.*, 2005).

Dentre as espécies exóticas destaca-se *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne, natural da Índia, Tailândia, Vietnã, Malásia, Indonésia, Filipinas entre outras regiões tropicais e subtropicais, preferindo solos férteis. Bambu simpodial, com colmos que apresentam altura de 20 a 30 m (FIGURA 4d) e diâmetro que pode variar de 8 a 20 cm (PEREIRA e BERALDO, 2007). Usado em construções diversas, móveis, bem como na alimentação, sendo uma das melhores espécies de bambu para produção de brotos comestíveis. Apresenta alto potencial como regenerador ambiental.

A espécie *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl., originária da Ásia tropical, apresenta colmos retos, que medem de 15 a 25 m de altura e amplitude diamétrica de 7 a 15 cm (FIGURA 4e), sendo este também simpodial (PEREIRA e BERALDO, 2007). As folhas são glabras e medem de 6 a 30 cm de comprimento por 1 a 4 cm de largura. O colmo, de cor verde brilhante, tem paredes de 7 a 15 mm de espessura. Os internós distam de 20 a 45 cm e os nós são ligeiramente protuberantes e desenvolvem vários ramos, sendo um deles dominante. As folhas caulinares são decíduas. É o bambu mais utilizado do mundo, sobretudo em móveis e na indústria de papel. Apresenta potencial para reabilitação de solos degradados e adapta-se a áreas semiúmidas (PEREIRA e BERALDO, 2007).

Por fim, a espécie exótica *Bambusa oldhamii* Munro é nativa do sul da China, apresenta colmos lenhosos eretos, minimamente arqueados no ápice, que podem chegar a 15 m de altura e 8 cm de diâmetro (FIGURA 4f), sendo um bambu simpodial (GRECO, 2013). Desenvolve-se bem em solos arenosos, sendo tolerante à exposição direta ao sol. É utilizada na fabricação de polpa e seus brotos são comestíveis.

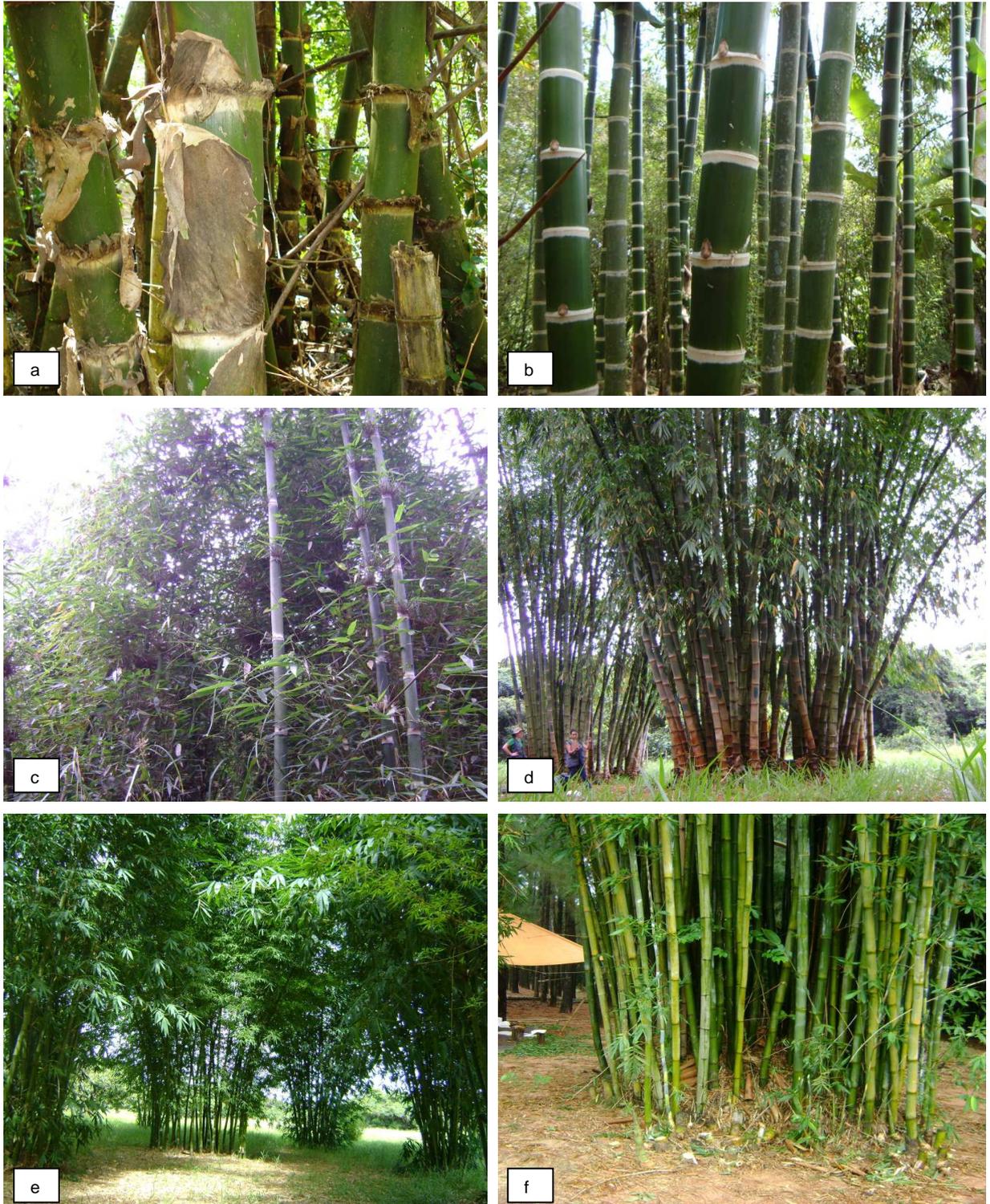


FIGURA 4 – ESPÉCIES DE BAMBU UTILIZADAS NO EXPERIMENTO

Nota: (a) *Guadua chacoensis*; (b) *Guadua angustifolia*; (c) *Merostachys skvortzovii*; (d) *Dendrocalamus asper*; (e) *Bambusa vulgaris*; (f) *Bambusa oldhamii*

FONTE: O autor (2015)

3.3 DESENHO EXPERIMENTAL

O desenho experimental utilizado neste estudo foi o Delineamento em Blocos ao Acaso (DBA). Conforme Banzatto e Kronka (1992), este delineamento é utilizado quando as condições experimentais são sabidamente heterogêneas ou se houver dúvidas quanto à homogeneidade. Assim, deve-se usar o princípio do controle local, estabelecendo, então os blocos, que são grupos de parcelas homogêneas. Cada bloco conteve todos os tratamentos, que foram distribuídos por meio de sorteio e cada tratamento foi repetido igualmente em cada bloco, conforme as premissas deste tipo de delineamento.

Desta forma, para a composição do delineamento, foram definidos seis tratamentos, sendo cada tratamento uma espécie de bambu, dispostos em quatro blocos. O desenho do delineamento está ilustrado na FIGURA 5.

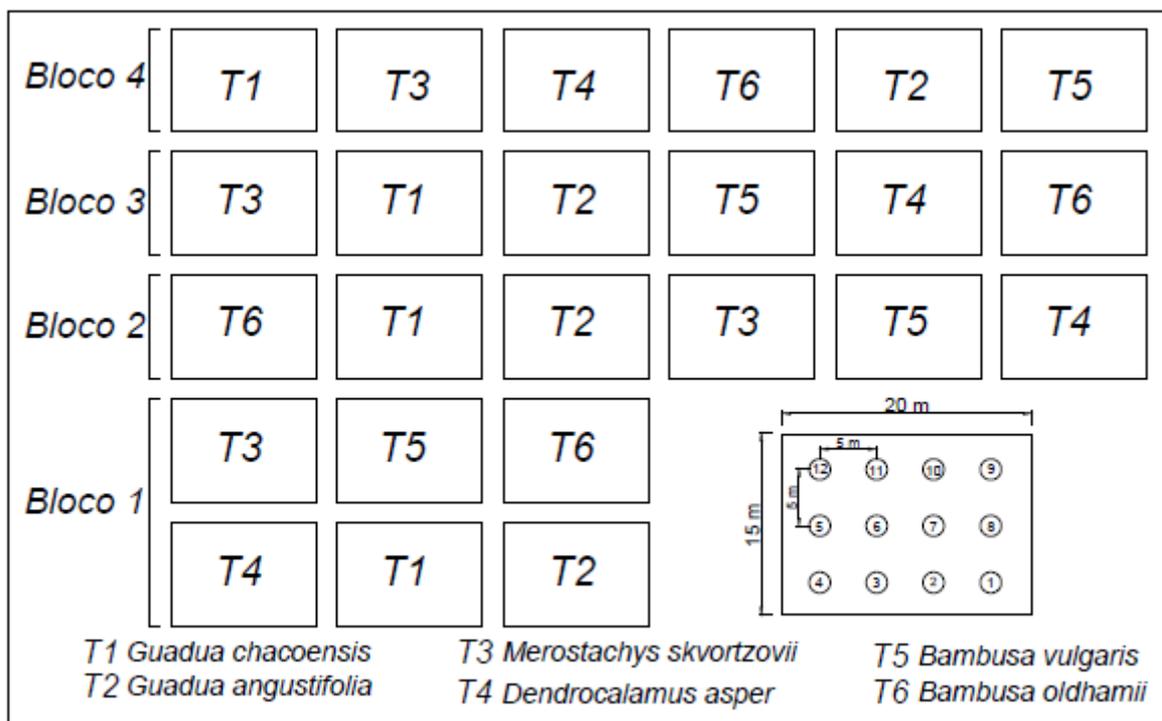


FIGURA 5 – DESENHO ESQUEMÁTICO DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL
 FONTE: O autor (2015)

Quanto ao plantio, o número de mudas plantadas em cada parcela foi definido com base na área disponível para o experimento. Assim, foram definidas 12 plantas por parcela, totalizando 48 mudas por espécie e 288 mudas no total do experimento. O espaçamento estabelecido entre as mudas foi de 5 m x 5 m,

definindo assim a área da parcela (300 m²). Procurou-se estabelecer uma bordadura de 10 m entre as parcelas e blocos do experimento, com o intuito de evitar interferência de um tratamento sobre o outro. Considerando a área da parcela e o espaçamento entre parcelas e blocos, obteve-se a área total do experimento, 14.400 m² (1,44 ha).

3.4 PLANTIO EXPERIMENTAL

3.4.1 Implantação e manutenção do experimento

Antecedendo a operação de plantio das mudas, foram realizadas atividades de preparo do solo, com auxílio de grade de arado. Posteriormente, foi realizado o esquadrejamento da área e abertura de covas, bem como, análise do solo.

Para a análise do solo da área em questão utilizou-se o método proposto por SILVA (1999), VIEIRA e VIEIRA (1983), em que 30 amostras simples coletadas em 15 diferentes pontos espalhados em toda a área foram coletadas. Em cada ponto foi coletada uma porção de solo de 0 a 20 cm e outra de 20 a 40 cm de profundidade, resultando em 15 amostras simples de solo mais superficial e 15 amostras simples de solo mais profundo. Ao final da coleta, as amostras simples obtidas em todos os pontos foram homogeneamente misturadas, obtendo-se duas amostras compostas, uma de profundidade 0 a 20 cm e outra, 20 a 40 cm.

Desta mistura, foram separados 500g de solo, das duas diferentes profundidades, procedendo com encaminhamento para análise química e física no laboratório de solos da Universidade Federal do Paraná. Uma análise de rotina mais uma análise granulométrica completa, fornecendo valores de pH, elementos químicos e de textura do solo. Os resultados podem ser observados na TABELA 1.

TABELA 1 – SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS NO LAUDO DE ANÁLISE DO SOLO

AMOSTRA	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila	pH		C	V	Sat. Al	Sat. Na
						CaCl ₂	SMP				
		g/kg					g/kg	%			
0-20	94,5	106,5	201,0	324,0	475,0	5,2	6,1	28,1	59	0	0
20-40	99,5	144,0	243,5	306,5	450,0	4,4	5,5	21,4	23	43	0

continua

continuação e conclusão										
AMOSTRA	Ca	Mg	K	Na	Al	H	SB	CTC ef	CTC pot	CTC (argila)
cmol/kg										
0-20	3,8	2,6	0,14	0	0	4,6	6,54	6,54	11,14	23,45
20-40	1,3	0,8	0,05	0	1,6	5,6	2,15	3,75	9,35	20,78

No local do experimento, foi realizado o esquadramento, observado o local de cada cova, onde as mesmas foram previamente demarcadas com estaca de sinalização. A partir desta demarcação, foram abertas as covas, com 50 cm de profundidade e abertura de 40 cm de diâmetro.

Em relação às mudas utilizadas no plantio, as mesmas foram disponibilizadas de duas formas: Cultivadas em viveiro, a espécie *Guadua chacoensis* (GC) foi produzida por meio de sementes, estando com altura média de 0,2 metros. Já *Guadua angustifolia* (GA), *Dendrocalamus asper* (DA), *Bambusa vulgaris* (BV) e *Bambusa oldhamii* (BO), foram obtidas por meio de propagação vegetativa (estaquia), apresentando alturas médias de 0,7; 0,8; 1,0 e 0,7 metro, respectivamente. Por fim, as mudas de *Merostachys skvortzovii* (MS), foram obtidas por meio de brotações de plantas estabelecidas naturalmente no campo, apresentando altura média de 0,7 metro.

As mudas foram armazenadas em uma estufa com irrigação controlada e posteriormente foram transportadas para a área do experimento, onde ficaram acondicionadas em local aberto pouco sombreado, para melhor aclimação.

De posse de um croqui previamente elaborado com a disposição de cada tratamento, prosseguiu-se com os procedimentos para o plantio. O próximo passo foi a composição da adubação sugerida por Pereira e Beraldo (2007), que consistiu na mistura dos adubos aplicados em cada cova: Calcário dolomítico (300 g); Superfosfato simples (150 g); Cloreto de potássio (150 g) e Esterco curtido (20 litros).

Para manter a umidade das mudas foi utilizado o produto denominado "Hydroplan-EB" que consiste em um gel hidretentor com tecnologia de potencialização da irrigação em momentos de estiagem, o que pode garantir a umidade necessária para o sucesso do desenvolvimento das mudas. A quantidade utilizada do hidrogel por cova foi de 600 g, conforme prescrito nas instruções de uso do produto.

Para o plantio das mudas, efetuou-se uma limpeza ao redor de cada cova e em seguida, após a mistura do solo com os adubos e o hidrogel, o plantio propriamente dito foi efetuado em dezembro de 2008.

Conforme Pereira e Beraldo (2007), os maiores cuidados na fase de plantio são com as regas, que devem ser frequentes, com o ataque de formigas saúvas e com plantas infestantes, que devem ser eliminadas no início, pois podem competir com a muda de bambu, prejudicando o seu desenvolvimento inicial.

Assim, aproximadamente um mês após o plantio, foi realizada uma manutenção na área do experimento, que abrangeu o coroamento das mudas, com aproximadamente 0,5 metro de raio ao seu redor, bem como, o replantio de falhas.

Manutenções periódicas foram realizadas a cada 3 meses até o segundo ano após o plantio, e posteriormente, a cada seis meses. Também fez parte da manutenção da área experimental, a redução da vegetação nas entre linhas do plantio com auxílio de motorroçadeira e entre os blocos do experimento com auxílio de trator com grade de disco de arado.

Procedeu-se também a sinalização e identificação das mudas com cano de PVC. Este teve como objetivo evitar possíveis danos causados pela não visualização das mudas no terreno durante os procedimentos de limpeza, bem como facilitar a identificação de cada planta nas avaliações e coletas de dados.

Uma adubação de cobertura foi realizada anualmente a partir do terceiro ano da implantação do experimento com utilização de fertilizante NPK com fórmula 20 05 20, conforme recomendado por Pereira e Beraldo (2007).

3.4.2 Procedimentos de medição das plantas

Após três meses da implantação do experimento foi realizada uma avaliação do desempenho das plantas no campo. Posteriormente, avaliações anuais foram realizadas, a fim de conhecer o comportamento de cada variável.

Dentre as variáveis avaliadas, a área da base da touceira de bambu, foi dada em metros quadrados (m²). Com auxílio de uma fita métrica na posição basal da planta foi tomado seu perímetro (FIGURA 6a). Considerando-se que a base da touceira de bambu tem forma circular, o perímetro foi transformado em área da base

da planta. Essa variável permite conhecer qual espécie de bambu apresenta maior ocupação espacial no terreno, proporcionando informações comportamentais de crescimento.

Outra variável analisada foi a área de cobertura da touceira de bambu dada em metros quadrados (m²). Essa variável resultou da média de duas medidas de diâmetro da “copa” tomadas de forma cruzada, também com auxílio de uma fita métrica (FIGURA 6b). Essa variável pode ser correlacionada com as demais informações biométricas da planta a fim de compreender o crescimento das mesmas. Outra variável de crescimento analisada foi a altura da planta que foi obtida com auxílio de uma régua graduada posicionada verticalmente ao lado da touceira de bambu, conforme FIGURA 6c.

A densidade de colmos por touceira de bambu também foi avaliada como variável de crescimento, apenas para colmos maiores que 1,3 metro de altura. Esse procedimento foi utilizado para distinguir colmos de brotações, ou seja, brotos que não superaram a altura mínima, não foram considerados colmos. Os mesmos foram demarcados com tinta *spray* (FIGURA 6d) para que no ano seguinte, apenas novos colmos fossem contabilizados.

Ainda em relação aos colmos, cada exemplar foi medido individualmente, gerando novas variáveis, como o diâmetro do colo da planta (FIGURA 6e) e o diâmetro à altura do peito (FIGURA 6f), sendo mensuradas com auxílio de um paquímetro, gerando informações em centímetros. Finalmente, a variável altura do colmo foi mensurada com auxílio de uma régua graduada, conforme FIGURA 6c.

Para a avaliação do desempenho do crescimento das variáveis por espécie foram mensuradas todas as plantas de cada parcela nos quatro blocos do experimento. A média das quatro repetições por tratamento (espécie de bambu) de cada variável avaliada após três meses de implantação (2008), serviu como referência inicial, para se obter o incremento de cada variável de crescimento analisada, uma vez que anualmente as mesmas foram medidas. Desta forma, foram identificados os incrementos anuais das variáveis de crescimento durante todo o período avaliado.

Somente os resultados obtidos último ano de avaliação (2014) foram submetidos à análise estatística, com o uso do *software* ASSISTAT 7.6, em que foram testadas inicialmente as pressuposições básicas da análise da variância, para só então efetuar a ANOVA. Para a avaliação das variáveis de crescimento, quando o

fator de estudo (espécies de bambu) demonstrou ser significativo ($p < 0,05$), foram realizadas comparações das médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

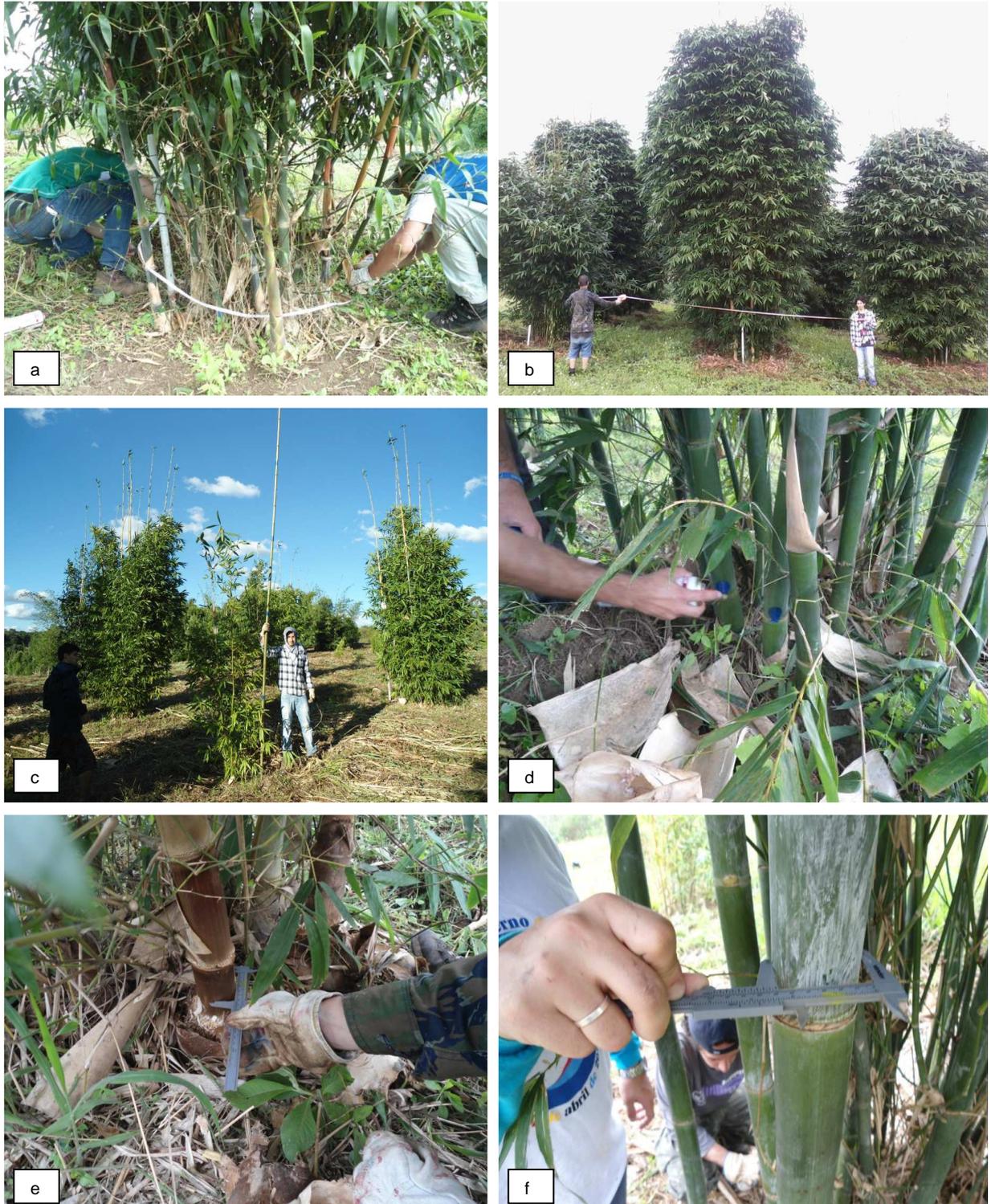


FIGURA 6 – VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DA TOUCEIRA E DO COLMO DE BAMBU

Nota: (a) área da base; (b) área de cobertura; (c) altura; (d) densidade de colmos; (e) diâmetro do colo;

(f) diâmetro à altura do peito

FONTE: O autor (2015)

3.5 DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA SECA AÉREA

Neste estudo, foram determinadas as biomassas secas aéreas em 170 colmos de bambu compostas por 34 amostras de cada espécie, com exceção da espécie *Guadua angustifolia*, que não apresentou disponibilidade de material amostral necessário para a determinação de sua biomassa.

Para a determinação da biomassa verde, utilizou-se o método direto, também conhecido como método destrutivo. Amostras de colmos com amplitude diamétrica foram mensuradas, sendo coletadas as variáveis: diâmetro à altura do peito (*dap*) e diâmetro do colo (*dcolo*), com auxílio de um paquímetro. Posteriormente, realizou-se a derrubada dos mesmos, mensurando suas alturas e determinando o peso verde da parte aérea, com auxílio de uma balança digital.

Nas pesagens da biomassa verde foi utilizado o método de simples separação (SANQUETTA, 2002), considerando os seguintes compartimentos da biomassa aérea: colmo, galhos e folhagem, exceto para a espécie *Merostachys skvortzovii* que, por sua morfologia, dificultou a separação de galho e folhagem. Desta forma, os mesmos foram agrupados em um só compartimento.

Já para a espécie *Dendrocalamus asper*, foram avaliados apenas os compartimentos colmo e galhos sem a determinação da biomassa da folhagem, tendo em vista que o compartimento folhagem foi comprometido, em função das baixas temperaturas ocorridas no período de inverno que resultaram na queda das mesmas. Desta forma, para o ajuste de equações de biomassa aérea desta espécie, foi acrescido à biomassa determinada no colmo e galhos, a porcentagem de folhagem (6%) encontrada nos estudos realizados por Mognon *et al.* (2015).

Amostras de 500g da biomassa verde de cada compartimento foram retiradas para determinações de teores de matéria seca em laboratório. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e encaminhadas para o laboratório para posterior secagem em estufa (70°C) até atingir peso constante, visando à obtenção da biomassa seca total e por compartimentos.

Foram ajustadas equações para todas as espécies analisadas, com exceção de *Guadua angustifolia*, como já exposto. Dessa forma, para as estimativas de biomassa aérea da espécie referida, utilizou-se da equação ajustada para a espécie *Guadua chacoensis*, em função das semelhanças morfológicas.

Para os ajustes das equações de biomassa seca aérea foram utilizados 24 colmos de cada espécie, com suas respectivas biomassas dos galhos e folhagem. Após a seleção das melhores equações ajustadas para as estimativas da biomassa seca aérea de cada espécie de bambu, procedeu-se a validação das melhores equações selecionadas. Foram separados aleatoriamente do banco de dados 10 colmos, com suas respectivas biomassas, sendo estes retirados antes do ajuste das equações, ou seja, foram dados independentes do ajuste.

Foram realizadas análises de correlação de Pearson entre as variáveis mensuradas nas plantas derrubadas com suas respectivas biomassas secas, considerando todos os compartimentos em separado e a biomassa aérea. Modelos alométricos, conforme descrito na TABELA 2, foram ajustados para estimativas de biomassa aérea por meio de regressão linear, utilizando, para tanto, os *softwares Microsoft Excel e Statistica 7*.

TABELA 2 - MODELOS ALOMÉTRICOS TESTADOS PARA A ESTIMATIVA DA BIOMASSA AÉREA

Nº	MODELO
1	$ps = \beta_0 + \beta_1 h$
2	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap$
3	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap^2$
4	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo$
5	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo^2$
6	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo*dap$
7	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo+\beta_2dap$
8	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo+\beta_2h$
9	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap+\beta_2h$
10	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap^3$
11	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap*h$
12	$ps = \beta_0 + \beta_1 (dap^{0,5}*Indap)$
13	$lnps = \beta_0 + \beta_1 Indap+\beta_2lnh$

Nota: *ps* (peso seco), *dap* (diâmetro à altura do peito), *dcolo* (diâmetro à altura do colo), *h* (altura), *ln* (logaritmo neperiano), β_0 , β_1 e β_2 (coeficientes da regressão)

FONTE: O autor (2015)

O método dos mínimos quadrados (MMQ) foi aplicado com objetivo de minimizar a soma dos quadrados dos erros. De acordo com Sanquetta *et al.* (2009), a qualidade da equação ajustada é avaliada por meio dos indicadores de ajuste ou parâmetros de comparação, os quais mostram o quanto as variáveis estão relacionadas e qual o erro existente ao se estimar parâmetros utilizando o modelo ajustado. Dessa forma, o desempenho das equações foi avaliado pelas estatísticas:

coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado) e erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx\%}$), bem como pela análise gráfica dos resíduos.

Após os ajustes das equações de biomassa aérea, estas foram aplicadas em cada indivíduo, resultando em biomassas médias por touceira e por parcela, que posteriormente, foram transformadas em estimativas por hectare. Esses resultados foram comparados seguindo o procedimento estatístico das demais variáveis.

3.6 DETERMINAÇÃO DOS TEORES E ESTOQUE DE CARBONO NA BIOMASSA

Após secas e pesadas, as 34 repetições de cada espécie, exceto *Guadua angustifolia*, totalizaram 442 amostras de biomassa (colmo, galhos e folhagem) que passaram pelo processo de moagem estando aptas a serem analisadas pelo equipamento LECO, modelo C-144. Esse equipamento trata-se de um analisador de carbono que utiliza o método de combustão seca, cujo sensor de raio infravermelho detecta o teor de carbono presente na amostra.

Para a determinação dos teores médios de carbono das espécies em questão, os dados foram ponderados pela biomassa de cada compartimento, a fim de representar sua real contribuição com o total, considerando que existem diferenças percentuais nos teores de carbono entre os compartimentos. Assim, os efeitos dessas variações percentuais são minimizados (MOGNON *et al.*, 2013a).

Nas etapas seguintes à determinação dos teores de carbono, a comparação dos resultados de cada espécie avaliada, foi realizado a ANOVA e quando o fator de estudo (teores de carbono) demonstrou ser significativo ($p < 0,05$), foram realizadas comparações das médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De posse dos teores de carbono de cada espécie, foram realizadas as estimativas dos estoques de carbono acima do solo. A estimativa do estoque de carbono de cada colmo e seus respectivos galhos e folhagem foi resultante da multiplicação do estoque de biomassa seca estimada pelo teor médio ponderado de carbono. A comparação das médias seguiu o procedimento estatístico das demais variáveis. Ademais, foi calculado o Incremento Corrente Anual (ICA) dessa e de todas as demais variáveis de crescimento, obtido pela diferença dos valores absolutos entre dois anos sucessivos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados, contemplando a sobrevivência de todas as espécies de bambu analisadas para cada ano de avaliação, durante um período de cinco anos, serão apresentados e discutidos a seguir. Na sequência serão apresentados os resultados e discussões das variáveis biométricas, quais sejam: área da base da planta, área de cobertura, altura e densidade de colmos por touceira de bambu. Posteriormente, serão tratadas das variáveis biométricas mensuradas no colmo (*dap*, *dcolo* e altura).

Em sequência são apresentados os resultados da determinação da biomassa aérea, bem como os resultados dos ajustes das equações para estimativas da biomassa. Assim como, estão abordados os resultados dos teores de carbono, bem como as estimativas dos estoques de carbono por espécie.

Em complemento, serão expostos os respectivos valores de incremento corrente anual das variáveis durante o período de avaliação. Os mesmos foram comparados com outros trabalhos, quando possível, em função da carência de informações a respeito do crescimento de bambus. Ao final deste, encontra-se o resumo das variáveis biométricas com análise conjunta, apresentando-se a ordem das espécies, com maior potencial de crescimento no âmbito geral.

4.1 SOBREVIVÊNCIA

As estatísticas descritivas de sobrevivência para cada espécie estudada podem ser observadas na TABELA 3. Todas as espécies apresentaram mortalidade ao longo do período avaliado, exceto *Bambusa vulgaris*.

A sobrevivência no primeiro e último ano de avaliação deste estudo foi analisada por meio da variância (ANOVA), conforme o APENDICE 1, que apresenta também os valores de Qui-Quadrado (χ^2) referentes ao teste homogeneidade de variância de Bartlett. Pode-se observar que a variável analisada apresentou variâncias homogêneas, não requerendo transformação dos dados.

TABELA 3 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES DE BAMBU AO LONGO DO PERÍODO AVALIADO

ESPÉCIES DE BAMBU	ESTATÍSTICAS	ANO DE AVALIAÇÃO - VARIÁVEL SOBREVIVÊNCIA (%)				
		2010	2011	2012	2013	2014
(GC) <i>Guadua chacoensis</i>	mínimo	84,9	61,3	58,7	56,3	51,5
	média	91,7	77,1	72,9	68,8	66,7
	máximo	98,5	92,9	87,1	81,3	81,9
	Desvio Padrão	6,8	15,8	14,2	12,5	15,2
	Coef. de Variação (%)	7,4	20,5	19,5	18,2	22,8
(GA) <i>Guadua angustifolia</i>	mínimo	100,0	100,0	100,0	100,0	91,0
	média	100,0	100,0	100,0	100,0	95,8
	máximo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Desvio Padrão	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8
	Coef. de Variação (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
(MS) <i>Merostachys skvortzovii</i>	mínimo	85,8	76,7	76,7	76,7	76,7
	média	93,8	87,5	87,5	87,5	87,5
	máximo	100,0	98,3	98,3	98,3	98,3
	Desvio Padrão	8,0	10,8	10,8	10,8	10,8
	Coef. de Variação (%)	8,5	12,3	12,3	12,3	12,3
(DA) <i>Dendrocalamus asper</i>	mínimo	100,0	68,1	61,3	50,5	50,5
	média	100,0	83,3	77,1	75,0	75,0
	máximo	100,0	98,5	92,9	99,5	99,5
	Desvio Padrão	0,0	15,2	15,8	24,5	24,5
	Coef. de Variação (%)	0,0	18,3	20,5	32,7	32,7
(BV) <i>Bambusa vulgaris</i>	mínimo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	média	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	máximo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Desvio Padrão	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Coef. de Variação (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(BO) <i>Bambusa oldhamii</i>	mínimo	100,0	93,8	93,8	93,8	93,8
	média	100,0	97,9	97,9	97,9	97,9
	máximo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Desvio Padrão	0,0	4,2	4,2	4,2	4,2
	Coef. de Variação (%)	0,0	4,3	4,3	4,3	4,3

FONTE: O autor (2015)

Com base na FIGURA 7, pode-se observar que para o ano de 2010, as espécies *G. chacoensis* e *M. skvortzovii* apresentaram médias de sobrevivência de 91,7 e 93,8%, respectivamente. Contudo as mesmas não diferiram estatisticamente das demais que, no primeiro ano de avaliação, apresentaram 100% de sobrevivência.

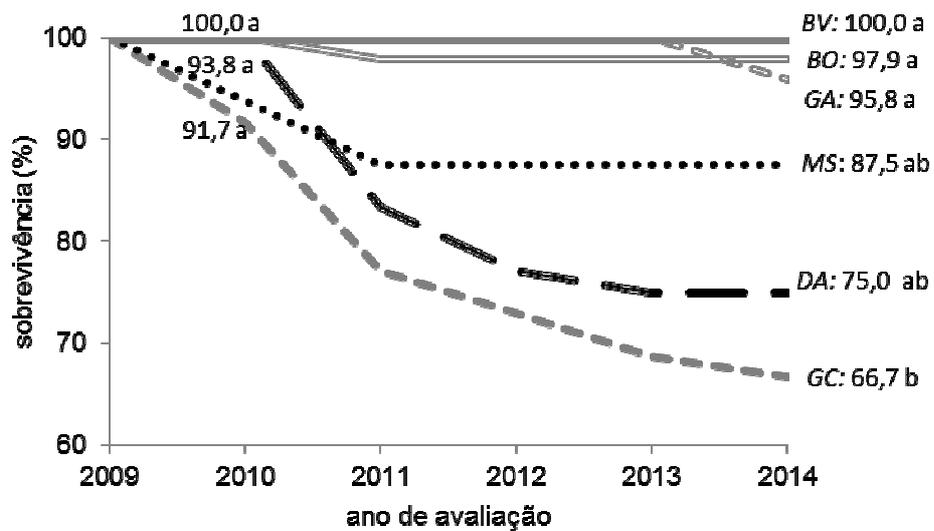


FIGURA 7 - COMPORTAMENTO DA VARIÁVEL SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES DE BAMBU AO LONGO DO PERÍODO AVALIADO

Nota: Letras iguais indicam que as médias não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)
 FONTE: O autor (2015)

Para o quinto ano de avaliação (2014), a espécie *GC* apresentou a menor média de sobrevivência, com 66,7%, mostrando diferenças significativas em relação as outras espécies, com exceção das espécies *MS* e *DA*, que resultaram ao término da pesquisa com 87,5 e 75%, respectivamente. Estas por sua vez, não diferem das demais espécies, uma vez que as espécies *GA*, *BV* e *BO* apresentaram em média de 95,8, 100 e 97,5% de sobrevivência, respectivamente.

Para a espécie *G. chacoensis*, a menor média de sobrevivência, provavelmente foi influenciada pela precocidade das mudas utilizadas no plantio. Tendo em vista que o período de aquisição das mudas, coincidiu com o término do ciclo de vida dessa espécie. Assim, foram adquiridas mudas provenientes de sementes, resultando em mudas não ideais para o plantio, como o tempo de formação e maturidade. Dessa forma, essa desvantagem pode ter influenciado negativamente nas taxas de sobrevivência desta espécie. Contudo, cabe destacar que a espécie *G. chacoensis*, ocorre em regiões subtropicais, o que pode ser um indicativo de adaptação ao clima da região do ensaio.

As baixas temperaturas podem ter influenciado nas taxas de sobrevivência das demais espécies estudadas. Foram registradas na estação meteorológica localizada na Estação Experimental do Canguiri, local deste experimento, segundo o Instituto Tecnológico SIMEPAR, temperaturas negativas (FIGURA 8).

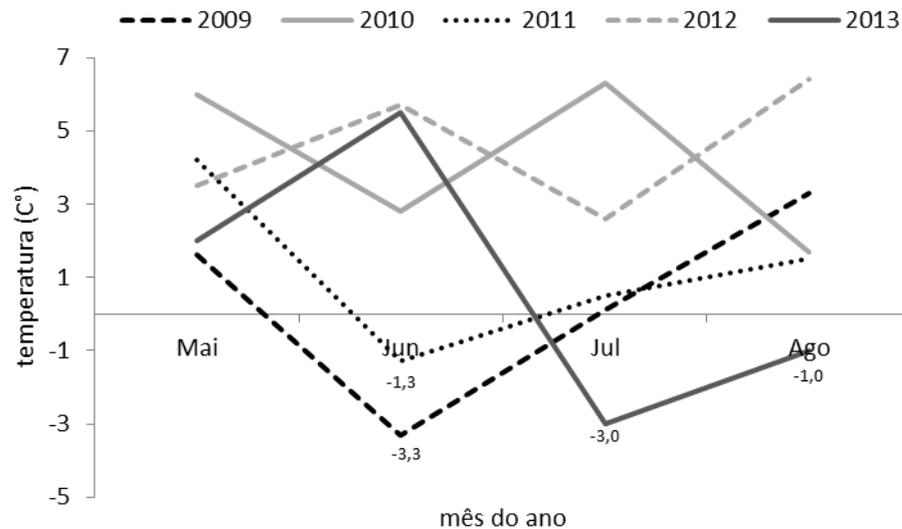


FIGURA 8 – TEMPERATURAS MÍNIMAS ABSOLUTAS REGISTRADAS NA REGIÃO DO EXPERIMENTO AO LONGO DO PERÍODO AVALIADO
 FONTE: SIMEPAR (2014)

Essa condição, provavelmente influenciou a mortalidade de algumas plantas, enquanto que, em outras, foram apenas afetadas na parte aérea, ocorrendo redução das atividades fisiológicas, o que, provavelmente, se concentraram na parte basal da touceira, ocasionando a rebrota no ano seguinte. Esse fato foi observado em *Guadua angustifolia*, *Dendrocalamus asper* e *Bambusa vulgaris*.

Embora as espécies *GA*, *MS*, *DA*, *BV* e *BO* não tenham apresentado diferenças significativas entre si, em relação à sobrevivência após cinco anos de avaliação, as espécies *GA*, *DA* e *BV* provavelmente sofreram restrições de crescimento em função das baixas temperaturas, o que pode ter influenciado negativamente no desenvolvimento da planta, podendo ocorrer mortalidade. Dessa forma, e nas condições deste experimento, as espécies *MS* e *BO* foram as melhores quando considerada a variável sobrevivência.

Estudo sobre sobrevivência de espécies de bambu foi desenvolvido por França (2011) no Distrito Federal, utilizando 180 vasos flexíveis com 50 cm de diâmetro e 0,5 m de altura, alocados em campo com espaçamento de 0,6 m. As espécies analisadas, *Bambusa vulgaris* e *Bambusa textilis*, ambas entouceirantes, tiveram as maiores taxas de sobrevivência com 83 e 70%, respectivamente, além de *Phyllostachys aurea* e *Phyllostachys* sp., ambas alastrantes, que apresentaram menores taxas de sobrevivência, com 69 e 67%, respectivamente.

Estudo realizado por Zhou *et al.* (2011) objetivou avaliar o impacto, após tempestade de gelo e neve, ocorrida no ano de 2008 no sul da China em plantações de *Phyllostachys pubescens* (bambu mossô), espécie de comportamento alastrante. Os resultados revelaram que 54,48% ($\pm 12,58$) dos colmos foram afetados, ocorrendo danos como flexão (dobra), ruptura (lascados) e arranque, sendo 17,01% ($\pm 7,28$); 22,37% ($\pm 11,58$) e 15,11% ($\pm 11,54$), respectivamente.

Os autores concluíram que os colmos mais jovens (1 ano de idade) foram mais suscetíveis à flexão e ruptura, enquanto que colmos com idade superior a cinco anos foram mais suscetíveis ao desenraizamento. Dessa forma, os autores recomendaram e reforçaram a necessidade do manejo dos colmos maduros.

4.2 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS

4.2.1 Variáveis biométricas da touceira de bambu

Nesta seção da tese serão apresentados os resultados referentes aos valores médios para as variáveis biométricas que constituem a touceira de bambu, sendo as seguintes: área da base, área de cobertura, altura e densidade de colmos.

4.2.1.1 Área da base

Os resultados médios da variável área da base das espécies estudadas demonstraram crescimento dessa grandeza ao longo do tempo para todas as espécies estudadas. Por se tratarem de espécies que pertencem ao grupo dos bambus entouceirantes, os novos colmos se desenvolvem, em sua maioria, na periferia da touceira, ampliando a área da base anualmente. As espécies *Merostachys skvortzovii*, *Bambusa vulgaris* e *Bambusa oldhamii* apresentaram destaque em todos os anos de avaliação do experimento (FIGURA 9a).

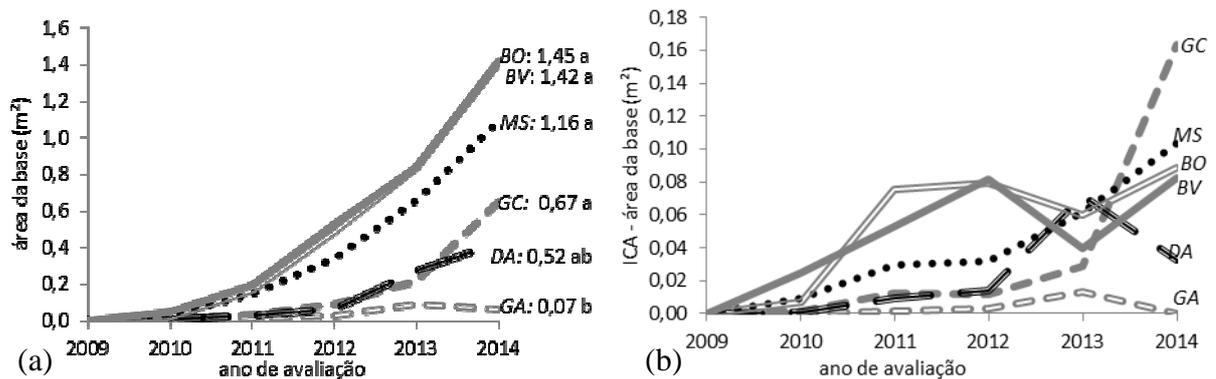


FIGURA 9 – CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA VARIÁVEL ÁREA DA BASE
 Nota: Letras iguais indicam que as médias não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)
 FONTE: O autor (2015)

Os crescimentos observados no último ano de avaliação foram analisados por meio da ANOVA. No APÊNDICE 1 estão apresentados os resultados da análise de variância dos dados referente a área da base da touceira, em metros quadrados e os valores de Qui-Quadrado (χ^2) referentes ao teste de Bartlett. Pode-se observar que a variável analisada apresentou variâncias das espécies homogêneas, não requerendo transformação dos dados.

Com base na FIGURA 9a, para o ano de 2014, a espécie *BO* apresentou a maior média, com $1,45 \text{ m}^2 (\pm 0,49)$ de área da base, seguida por *BV* $1,42 \text{ m}^2 (\pm 0,23)$, não sendo diferentes estatisticamente das demais espécies, com exceção *GA* que obteve $0,07 \text{ m}^2 (\pm 0,04)$. Convém ressaltar que, as médias foram influenciadas pelos incrementos anuais (FIGURA 9b), que apresentaram tendência modificada a partir do quarto ano de avaliação, com destaque para a espécie *B. vulgaris*. Já para as espécies *GA* e *DA* os incrementos foram reduzidos no último ano de avaliação.

Essas espécies provavelmente foram influenciadas pelas baixas temperaturas ocorridas no período de inverno, as quais influenciaram negativamente o crescimento para o ano final de avaliação. As espécies *GC* e *MS* mantiveram as tendências crescimento, ressaltando seu desempenho no último ano de avaliação.

O comportamento da variável área da base das touceiras de bambu e suas tendências de crescimento subsidia a escolha das espécies com maior potencial a serem utilizadas na reabilitação de áreas degradadas para essas condições do ensaio. Isso se explica tendo em vista que esta variável possibilita conhecer o comportamento de sua ocupação espacial no solo.

Esse crescimento periférico das touceiras de bambu está diretamente relacionado com o crescimento do sistema subterrâneo da planta, impulsionado pela

multiplicação dos rizomas, que promove uma complexa estrutura no solo, proporcionando condições favoráveis à sua proteção contra a erosão.

Trabalhos realizados por Silva *et al.* (2011), no Parque Municipal de Maceió em reserva de Mata Atlântica, demonstraram o processo de dispersão das touceiras de bambu da espécie *Bambusa cf. vulgaris*. Os autores constataram que os rizomas agem como caules subterrâneos que crescem e se reproduzem, sendo que os novos colmos durante a expansão da touceira vão se afastando do eixo central da mesma, permitindo sua distribuição em novas áreas. Os mesmos autores relatam que a disseminação da referida espécie no local de estudo ocorre de forma invasora, aumentando sua área de ocorrência em $8.200 \text{ m}^2 \cdot \text{ano}^{-1}$.

Embora os referidos autores tenham trabalhado com touceiras de bambu já estabelecidas, ou melhor, touceiras adultas, observou-se seu intenso crescimento, resultando em um problema ecológico. Desta forma, o plantio de espécies de bambu deve ser planejado e manejado adequadamente, minimizando possíveis desequilíbrios ambientais.

Estudos realizados por Franklin *et al.* (2010) no norte da Austrália, avaliaram o crescimento das touceiras de bambu da espécie *Bambusa arnhemica*. Os resultados revelaram que o crescimento das touceiras estava associado às perturbações, tendo em vista que o crescimento correlaciona-se diretamente com o recrutamento de colmos. Neste sentido, os colmos influenciaram o crescimento médio da área da base em $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ enquanto que, a sua mortalidade obteve valores próximos ao recrutamento, ainda que inferiores. Contudo, em ano de perturbações significativas (ocorrência de fogo) a mortalidade atingiu $1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ da touceira, o que influenciou negativamente no crescimento.

Esses valores médios de crescimento em relação à área da base, reportados pelos autores, foram superiores quando comparados aos deste estudo, que apresentaram características distintas como diferenças de espécies, idade das touceiras, de sítio, espaçamento, etc.

Com base nos resultados deste experimento, as espécies com maior crescimento em relação à variável área da base da touceira foram *GC*, *MS*, *DA*, *BV* e *BO*. Contudo as espécies *DA* e *BV*, embora não tenham sido constatadas diferenças significativas em relação às demais, seus crescimentos foram influenciados, provavelmente pelas baixas temperaturas.

4.2.1.2 Área de cobertura

Avaliando o comportamento da variável área de cobertura das plantas de bambu das espécies estudadas (FIGURA 10a), verificou-se que todas as espécies apresentam tendências semelhantes até o ano de 2013. Contudo pode-se dar destaque para a espécie *Bambusa vulgaris*. Por outro lado, no último ano de avaliação (2014), pode-se observar que as espécies GA, DA e BV reduziram seu crescimento. Provavelmente esta redução tenha relação com a ocorrência de baixas temperaturas, uma vez que observou-se a queda da folhagem dessas espécies durante o período de inverno.

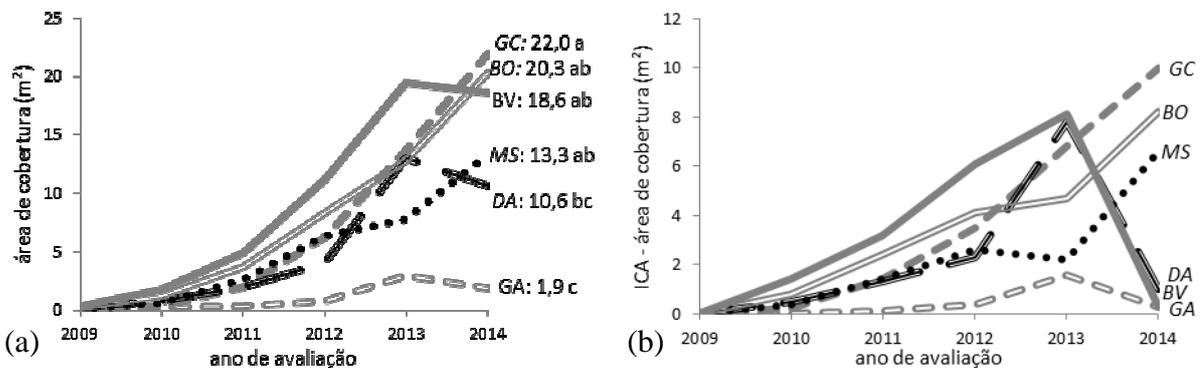


FIGURA 10 - CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA VARIÁVEL ÁREA DE COBERTURA
Nota: Letras iguais indicam que as médias não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)
FONTE: O autor (2015)

Esses crescimentos observados no último ano de avaliação deste estudo foram analisados por meio da ANOVA (detalhes no APÊNDICE 1). Para o ano de 2014, a espécie GC apresentou a maior média em relação à variável área de cobertura, com 22,0 m² ($\pm 6,3$), embora não tenha sido observada diferença significativa para a espécie BO, BV e MS, com 20,3 ($\pm 6,7$), 18,6 ($\pm 3,1$) 13,3 m² ($\pm 7,0$), respectivamente.

As médias do incremento dessa variável podem ser observadas na FIGURA 10b. Verificou-se ainda, que as espécies apresentam comportamento semelhante em relação ao incremento dessa variável nos primeiros anos de avaliação. Essa tendência é modificada drasticamente a partir do quarto ano de avaliação para as espécies GA, DA e BV.

Essa redução no incremento, provavelmente foi em função das baixas temperaturas ocorridas em julho e agosto de 2013, fato que possivelmente

influenciou os resultados da avaliação final. As espécies *GC*, *MS* e *BO* mantiveram as tendências de crescimento, denotando seu potencial de adaptação as condições edafoclimáticas da região, obtendo bom desempenho no último ano de avaliação.

4.2.1.3 Altura

Os resultados médios da variável altura da touceira (m) de bambu observados ao longo do período de avaliação revelaram que todas as espécies apresentam tendências de crescimento (FIGURA 11a). Para o quinto ano de avaliação (2014), a espécie *BO* apresentou a maior média em altura, com 11,1 m ($\pm 1,6$), não sendo diferente significativamente de *BV*, *DA* e *GC* com 9,0 m ($\pm 0,7$), 8,0 ($\pm 2,9$) e 7,9 ($\pm 0,7$) de altura, respectivamente.

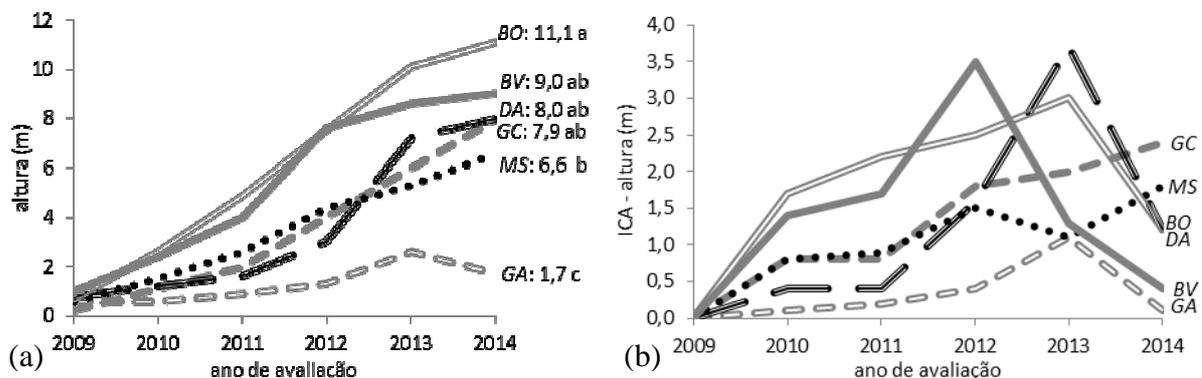


FIGURA 11 - CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA VARIÁVEL ALTURA

Nota: Letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)

FONTE: O autor (2015)

Estas médias obtidas são inferiores aos valores citados em literatura para plantas adultas, tendo em vista a idade deste experimento. Pereira e Beraldo (2007) relatam que as espécies *Guadua angustifolia*, *Bambusa vulgaris*, e *Dendrocalamus asper* podem atingir alturas máximas de 30, 25 e 30 m, respectivamente. Já a espécie *Bambusa oldhamii* pode atingir 15 m de altura (GRECO, 2013), enquanto que, *Guadua chacoensis* pode atingir 20 m de altura (LONDOÑO e PETERSON, 1992). Contudo, a espécie *Merostachys skvortzovii*, que segundo Schwarzbach, (2008) pode atingir 6 metros de altura, neste estudo apresentou valores observados

superiores no quinto ano de avaliação, apresentando tendência de crescimento em relação a esta variável.

Analisando-se a FIGURA 11b, pode-se observar que as espécies apresentam comportamento semelhante em relação ao incremento da variável altura nos primeiros três anos de avaliação. Tendência essa que foi modificada a partir do quarto ano para as espécies *MS* e *BV*. Já para as espécies *GA*, *DA* e *BO* os incrementos em altura foram reduzidos no último ano de avaliação, por provável influencia das baixas temperaturas ocorridas em 2013.

Quanto à espécie *BO*, a temperatura pode não ter sido o fator determinante na redução do seu incremento, uma vez que a mesma suporta temperaturas de até -9°C (CUSACK, 1999). Contudo, essa redução do incremento em altura pode estar relacionada com o rápido desenvolvimento inicial e uma conseqüente redução de seu incremento ao longo do período avaliado. Isso justifica a importância de continuidade dos estudos por períodos mais prolongados.

As espécies *GC* e *MS* mantiveram as tendências de crescimento, embora a espécie *MS* reduzisse o seu incremento no quarto ano, retornando seu crescimento no ano seguinte, o que denota o seu bom desempenho no último ano de avaliação da variável altura da touceira. Estas tendências de crescimento subsidiam a escolha das espécies com maior potencial a serem utilizadas para diversas finalidades, como fontes de matéria prima para fins energéticos, por exemplo.

4.2.1.4 Densidade de colmos

Quanto ao crescimento da variável densidade de colmos, verificou-se um comportamento distinto entre as espécies avaliadas, com destaque para a espécie *MS* (FIGURA 12a). Pode-se observar que a variável analisada para o ano de 2014 apresentou variâncias heterogêneas, requerendo transformação dos dados. Neste caso, optou-se pela raiz quadrada das observações, o que resultou homogeneidade nas variâncias (APÊNDICE 1).

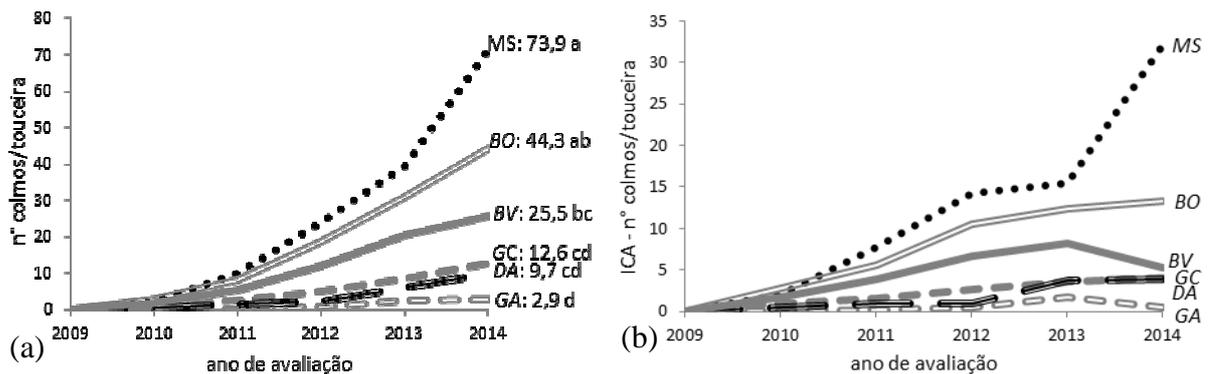


FIGURA 12 - CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA VARIÁVEL DENSIDADE DE COLMOS POR TOUCEIRA

Nota: Letras iguais indicam que as médias não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)
 FONTE: O autor (2015)

Para o ano de 2014, as espécies *MS* e *BO* não apresentaram diferenças significativas entre si, contudo diferiram das demais, apresentando valores médios de 73,9 ($\pm 23,2$) e 44,3 ($\pm 11,2$) colmos/touceira. Pode-se observar na FIGURA 12b, que as espécies apresentam comportamento semelhante em relação ao incremento desta variável nos primeiros quatro anos de avaliação, com destaque para a espécie *MS*. Tendência essa que foi mantida pelas espécies *GC*, *DA* e *BO*.

No entanto, isso não ocorre com a tendência das espécies *GA* e *BV*, que reduziram seus incrementos em relação à densidade de colmos em função da provável restrição com temperaturas negativas. Já a espécie *MS*, seu crescimento foi expressivo, demonstrando seu potencial, uma vez que, está em pleno desenvolvimento de colmos, justificando a necessidade de continuidade das análises experimentais por período mais prolongado.

Estudos realizados por Sing e Sing (1999), em região tropical na Índia, avaliaram o crescimento e o impacto de um plantio com espaçamento 2 m x 2 m entre plantas de bambu da espécie *Dendrocalamus strictus* (Roxb) Nees, aos 3, 4 e 5 anos de cultivo. Os autores observaram que, para o 3º, 4º e 5º ano do plantio, os bambus apresentaram 13,0; 15,3 e 20,8 colmos/touceira, respectivamente.

Esses resultados são superiores aos encontrados no presente estudo para as espécies *GC*, *GA* e *DA*, porém os mesmos são inferiores aos valores observados para as espécies *MS*, *BV* e *BO*. Contudo, apesar das espécies serem diferentes, bem como as condições de cultivo, os valores de densidade de colmos/touceira em média se assemelham.

4.2.2 Variáveis Biométricas do colmo

Nesta seção serão apresentados os resultados médios encontrados para as variáveis biométricas do colmo de bambu, sendo: *dap* (diâmetro à altura do peito), *dcolo* (diâmetro do colo do colmo) e altura do colmo.

4.2.2.1 Variáveis Diamétricas

Avaliando-se os resultados médios da variável diâmetro à altura do peito, obtida a 1,3 m de altura do solo, e diâmetro do colo do colmo, ambas dadas em centímetro, verificou-se que todas as espécies apresentam tendências semelhantes de crescimento até o último ano de avaliação (FIGURA 13a/c), com exceção da espécie *GA* que apresentou decréscimo, provavelmente pelas baixas temperaturas. Essas tendências semelhantes em relação às variáveis diamétricas são atribuídas à forte correlação, apresentando coeficiente de Pearson superior a 0,97.

Os valores observados para a espécie *MS* permaneceram praticamente estáveis nos últimos anos de avaliação. As menores dimensões para a espécie *M. skvortzovii* já eram esperadas, contudo houve crescimento ao longo do período avaliado para ambas as variáveis diamétricas. Isso pode ser explicado por se tratar de uma espécie de bambu de menor porte, o que reflete uma tendência de estabilização das dimensões biométricas do colmo.

Esses crescimentos observados no último ano de avaliação deste estudo foram analisados por meio da ANOVA. Pode-se observar que as variáveis diamétricas analisadas apresentaram variâncias das espécies homogêneas, não requerendo transformação dos dados (APÊNDICE 1).

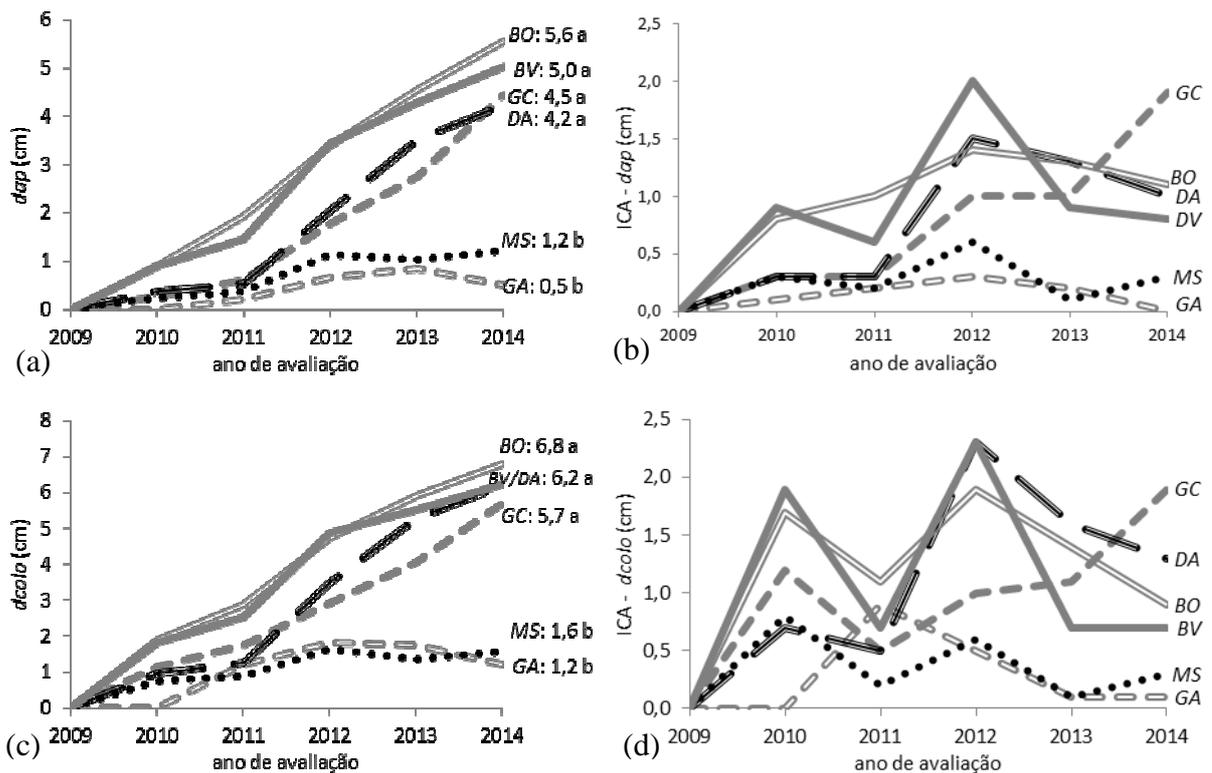


FIGURA 13 - CRESCIMENTO (a/c) E INCREMENTO (b/d) DAS VARIÁVEIS DIAMÉTRICAS
 Nota: Letras iguais indicam que as médias não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)
 FONTE: O autor (2015)

Para o último ano avaliação a espécie *BO* apresentou as maiores médias, com 5,6 cm ($\pm 1,0$) de *dap* e 6,8 cm ($\pm 1,0$) de *dcolo*, não apresentando diferenças significativas para *BV*, *GC* e *DA*, que apresentaram valores de 5,0 ($\pm 0,7$); 4,5 ($\pm 0,6$); 4,2 cm ($\pm 1,7$) de *dap*, respectivamente e 6,2 ($\pm 1,6$) e 6,2 cm ($\pm 0,8$) de *dcolo* para *BV* e *DA*, com 5,7 cm ($\pm 0,6$) para *GC*. Estudos realizados por Castañeda-Mendoza *et al.* (2005), em plantios de *Bambusa oldhamii* localizados em Veracruz no México, revelaram resultados diamétricos semelhantes aos encontrados por este estudo, visto que aos cinco anos de idade o *dap* médio dos colmos foi de 5,8 cm.

Estudos realizados por Sing e Sing (1999) na Índia avaliaram a variável *dap* de colmos da espécie *Dendrocalamus strictus*. Aos cinco anos de cultivo, 52% dos colmos avaliados apresentavam dimensões de 3 a 4 cm de diâmetro e apenas 8,3% dos colmos apresentavam *dap* entre 4,2 a 4,8 cm. Esses resultados são semelhantes aos encontrados neste estudo.

Em relação ao incremento (FIGURA 13b/d), observa-se que as espécies apresentam comportamento distinto em termos de crescimento das variáveis diamétricas durante o período avaliado. Para as espécies *GC*, *GA*, *MS*, *DA* e *BO* a tendência foi semelhante até o terceiro ano de avaliação (2013). Contudo, a espécie

GC continuou sua tendência de crescimento, apresentando incrementos superiores no último ano de avaliação, demonstrando seu potencial de crescimento em relação às variáveis diamétricas em questão.

Trabalho realizado por Yen *et al.* (2010) para a espécie *Phyllostachys makinoi* (alastrante), em cultivos estabelecidos na região central de Taiwan na China, os colmos apresentavam *dap* médio de 4,7cm.

Devido à diversidade de produtos e serviços proporcionados pelo bambu, as dimensões em relação às variáveis diamétricas, auxiliam a escolha das espécies mais indicadas para diversas finalidades. Diferente das espécies arbóreas, os bambus não apresentam crescimento secundário, ou seja, as dimensões biométricas que o colmo apresenta serão as mesmas por todo o seu ciclo de vida. Novos colmos surgem ano após ano com dimensões geralmente superiores até atingirem o seu máximo em relação às variáveis diamétricas. Desta forma, estas variáveis têm papel importante nos estudos de crescimento e modelagem.

4.2.2.2 Altura

Analisando os resultados médios da variável altura do colmo de bambu das espécies estudadas, verificou-se que todas as espécies apresentam tendências de crescimento até o último ano avaliado (APÊNDICE 1), com exceção da espécie *G. angustifolia* que decresceu seus valores observados no último ano de avaliação, provavelmente em função das baixas temperaturas.

Já as demais espécies, os valores observados de crescimento em altura do colmo mantiveram tendência crescente. As espécies que mais cresceram em relação à altura do colmo foram às do gênero *Bambusa*, conforme FIGURA 14a.

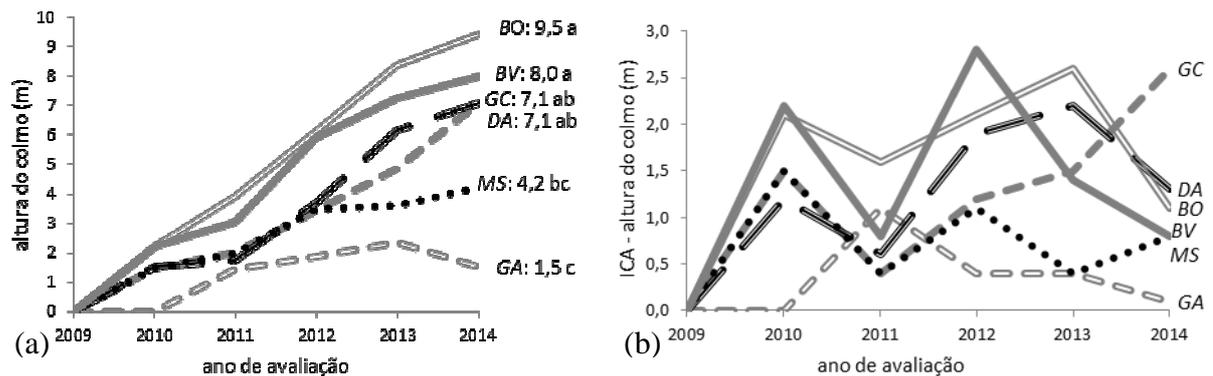


FIGURA 14 - CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA VARIÁVEL ALTURA DO COLMO
 Nota: Letras iguais indicam que as médias não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)
 FONTE: O autor (2015)

Para o ano de 2014, a espécie *BO* apresentou a maior altura média do colmo com 9,5 m ($\pm 1,4$), não sendo diferente estatisticamente de *BV*, *GC* e *DA* com 8,0 ($\pm 0,7$); 7,1 ($\pm 0,8$) e 7,1 m ($\pm 2,4$), respectivamente. Observando o incremento em altura do colmo (FIGURA 14b), pode-se verificar que as espécies apresentaram comportamento distinto em relação ao crescimento. Na avaliação realizada em 2014, observou-se que a espécie *MS* aumentou seu incremento, comparado com o ano de 2013, enquanto que, a espécie *GC*, manteve sua tendência de crescimento.

Para Castañeda-Mendoza *et al.* (2005), em plantios de *Bambusa oldhamii* no México aos cinco anos de idade, a altura média dos colmos foi de 13,5 m. Ainda segundo os mesmos autores, o potencial de crescimento é determinado em grande parte, pelas condições ambientais.

Trabalhos realizados por Yen *et al.* (2010), que estudaram a espécie *Phyllostachys makinoi* em cultivos já estabelecidos na região central de Taiwan, mostraram altura média de 11,7m. Essa altura média foi superior às encontradas no presente estudo. Contudo, o referido estudo contemplou amostras de bambus já adultos, enquanto que, as deste estudo, são consideradas plantações jovens, além das diferenças entre as espécies.

4.3 BIOMASSA AÉREA DAS ESPÉCIES DE BAMBU

Nesta seção serão apresentados todos os resultados das determinações dos estoques de biomassa por compartimento e para toda a parte aérea, por espécie de bambu, bem como as estatísticas descritivas. Em sequência serão exibidas as correlações entre as variáveis por meio da matriz de correlação de Pearson.

Estão também apresentados os resultados dos ajustes dos modelos de biomassa aérea, bem como suas estatísticas de seleção das melhores equações ajustadas. Por fim, estão expostas as estimativas da biomassa por touceira e por unidade de área para cada espécie estudada.

4.3.1 Determinação da biomassa

As estatísticas descritivas das amostras utilizadas nas determinações da biomassa aérea por espécie podem ser observadas no APÊNDICE 2. Também são mostradas neste item as estatísticas descritivas das variáveis biométricas presentes nos colmos amostrados, como também os teores de matéria seca contidos em cada compartimento da biomassa.

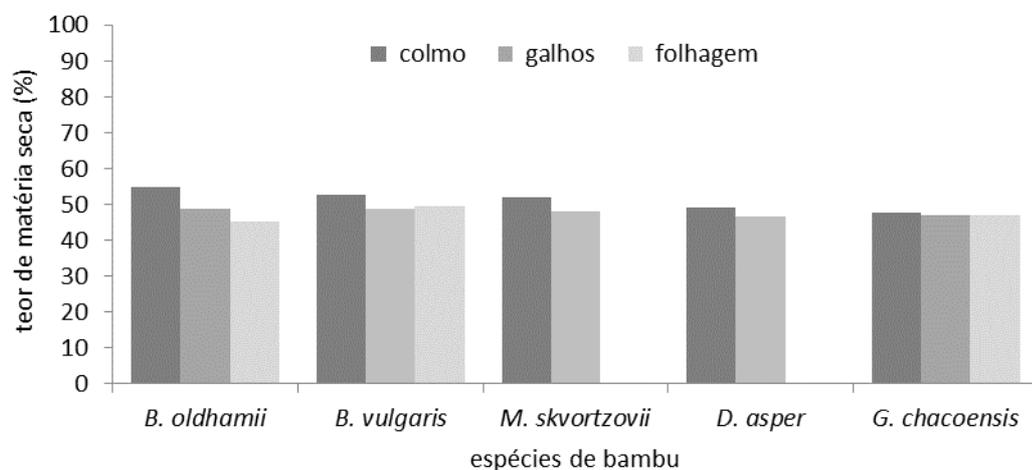


FIGURA 15 – TEORES DE MATÉRIA SECA POR COMPARTIMENTO DAS ESPÉCIES DE BAMBU
 FONTE: O autor (2015)

Os resultados para os teores médios de matéria seca foram semelhantes para todas as espécies (FIGURA 15). O compartimento colmo foi o que resultou nos maiores teores, com média entre espécies de 53%, oscilando de 48% para GC e 55% para BV. Já o teor contido na folhagem foi o menor, com média de 47%, variando de 45% para BO e 49% para BV.

Trabalhos realizados por Potters *et al.* (2009) com quatro espécies alastrantes do gênero *Phyllostachys*, implantadas em 2005 em Dublin na Irlanda, determinaram o teor relativo de água, presente nos colmos. Os resultados revelaram que para as espécies *P. humilis*, *P. decora*, *P. bissetii* e *P. aurea* os percentuais de matéria seca contidos no colmo foram de 76,6; 80; 78,1 e 72,9%. Esses percentuais são superiores aos encontrados neste estudo, pois trata-se de espécies e condições de sítio diferentes aos aqui encontrados.

Após a avaliação dos teores de matéria seca foi possível determinar os valores de biomassa por compartimento e para toda a parte aérea. Os maiores valores de biomassa individual por colmo e seus respectivos galhos e folhagem foram observados para DA com 4,67 kg e os menores para MS, com apenas 0,26 kg. Os demais resultados observados da biomassa por compartimento estão no APÊNDICE 2. Resultado semelhante foi encontrado por Yen *et al.* (2010), em estudo com biomassa individual de colmos da espécie alastrante *Phyllostachys makinoi*, o qual revelou que colmos com 2 anos de idade apresentavam 4,32 kg de biomassa acima do solo, distribuídos em 73 a 75% nos colmos, 13 a 17% nos galhos e 6 a 9% na folhagem.

Observando a distribuição da biomassa entre os compartimentos deste estudo, verificou-se que para todas as espécies, o compartimento do colmo foi o mais expressivo (FIGURA 16), enquanto a folhagem foi o compartimento com menor participação em relação à biomassa acima do solo.

Estudos de quantificação de biomassa em *G. angustifolia* realizados por Marínet *et al.* (2011) revelaram que 82% da biomassa aérea estava alocada nos colmos, 14% no compartimento dos galhos e 4% nas folhas. Resultados semelhantes foram encontrados por Mognon *et al.* (2014) estudando *Guadua angustifolia* e *G. chacoensis*, nos quais os resultados revelaram que 69,2% da biomassa total encontra-se no compartimento do colmo, 10,8% galhos, 4,2% na folhagem e 15,7% de biomassa estão alocados nos rizomas. Os autores trabalharam

com amostras coletadas em plantas adultas, o que provavelmente explica essas diferenças no percentual de cada compartimento para esta espécie.

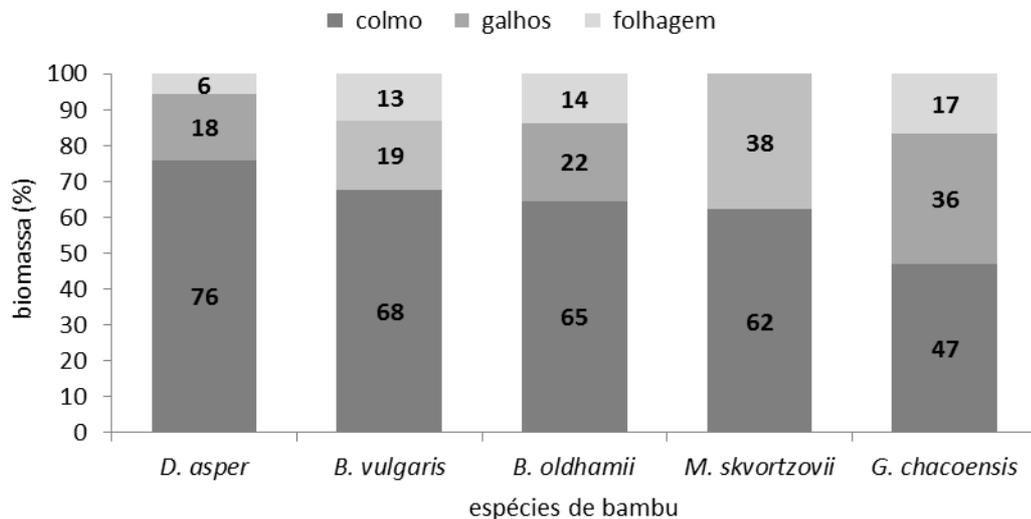


FIGURA 16 - DISTRIBUIÇÃO DA BIOMASSA ENTRE OS COMPARTIMENTOS POR ESPÉCIE
 FONTE: O autor (2015)

Segundo Shanmughavel *et al.* (2001), a contribuição do colmo para a produção da biomassa total no primeiro e sexto ano foi respectivamente de 30 e 85%, enquanto que a contribuição das folhas foi de 7 e 1%, respectivamente. Os resultados são semelhantes aos desta pesquisa, revelando que a idade influencia na participação de cada compartimento para com o total de biomassa. Ademais, a maior fração de biomassa seca foi mantida no colmo, seguida pelos galhos.

Estudos realizados por Dallagnol *et al.* (2012) na quantificação de biomassa da *Merostachys skvortzovii* no sul do Estado do Paraná, revelaram que aproximadamente 90% da biomassa total está localizado na parte aérea da planta. A contribuição do compartimento do colmo corresponde a 62,6% e o restante da biomassa representa 16,2% localizadas nos galhos e 11,6% na folhagem. Esses resultados foram similares aos deste estudo em relação à espécie em questão.

A quantificação da biomassa existente em *Dendrocalamus asper* conduzido na área Experimental Agrícola da Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus de Bauru, Estado de São Paulo (MOGNON *et al.*, 2015), revelou que 74% da biomassa aérea correspondem ao compartimento do colmo e depois pelos galhos, com 19%. Esses resultados são semelhantes aos encontrados neste estudo.

Estudos de quantificação de biomassa para *Bambusa vulgaris* realizados por Sanquetta *et al.* (2015) revelaram que 85% da biomassa total está contida na parte

aérea. Os colmos representam 68%, com 11% nos galhos e 6% presente no compartimento da folhagem. Resultados semelhantes foram observados por Shanmughavel e Francis (1996), que encontraram a seguinte alocação de biomassa para *Bambusa bambos*: 80-85% distribuída nos colmos, 15-20% nos galhos e apenas 1% na folhagem.

Estudos de quantificação de biomassa realizados com *Bambusa oldhamii* por Sanquetta *et al.* (2015) revelaram que 91% da biomassa total está contida na parte aérea, os colmos representam 75%, com 11% nos galhos e 5% no compartimento da folhagem. Segundo Marengo e Lopes (2005), a maioria das espécies de bambu aloca a maior parte de seus assimilados na parte aérea.

4.3.2 Ajuste de equações de biomassa

Após as determinações da biomassa aérea foram elaboradas matrizes de correlação de Pearson para cada espécie estudada. O resultado demonstrou que todas as correlações foram significativas, apresentando $p < 0,05$. As correlações das variáveis biométricas e as variáveis de biomassa seca por compartimento para cada espécie analisada encontram-se no APÊNDICE 3.

Pode-se observar que as variáveis biométricas apresentam forte correlação entre si, bem como é forte e direta a relação da biomassa aérea com a biomassa do colmo. Observou-se que a variável biométrica *dap* apresenta forte correlação com a biomassa do colmo e de toda a parte aérea. Já para a biomassa dos galhos e da folhagem, a correlação foi moderada.

Para a variável *dcolo* as correlações com as biomassas secas foram semelhantes às observadas para a variável *dap*. Isso porque ambas variáveis diamétricas apresentam forte correlação entre si, com valores superiores a 0,97 para todas as espécies. Em relação à altura do colmo, esta também apresentou forte correlação com a biomassa do colmo e com a parte aérea, porém com menor força comparada com as demais variáveis biométricas.

Após observar as tendências de correlação entre as variáveis, ajustaram-se equações para estimativa da biomassa acima do solo para cada espécie avaliada.

Dessa forma, verificou-se que para todas as espécies avaliadas, os modelos 3 e 6 apresentaram estatísticas semelhantes, porém superiores às demais (TABELA 4).

TABELA 4 - ESTATÍSTICAS E COEFICIENTES DAS MELHORES EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA BIOMASSA AÉREA DAS ESPÉCIES DE BAMBU

ESPÉCIES	N°	MODELO	β_0	β_1	R ² aj.	Syx %
<i>Guadua chacoensis</i>	3	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap^2$	0,90524	0,24020	0,96	10,85
	6	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo*dap$	0,61333	0,20432	0,96	10,86
<i>Merostachys skvortzovii</i>	3	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap^2$	0,06822	0,06895	0,90	17,60
	6	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo*dap$	0,05937	0,06867	0,90	17,22
<i>Dendrocalamus asper</i>	3	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap^2$	0,66797	0,16767	0,95	12,75
	6	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo*dap$	0,38570	0,13172	0,95	13,71
<i>Bambusa vulgaris</i>	3	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap^2$	0,55567	0,17820	0,97	11,60
	6	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo*dap$	0,34576	0,15342	0,95	13,58
<i>Bambusa oldhamii</i>	3	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap^2$	0,53290	0,19118	0,95	14,36
	6	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo*dap$	0,30788	0,16095	0,96	13,05

Nota: *ps* (peso seco), *dap* (diâmetro à altura do peito), *dcolo* (diâmetro à altura do colo), *h* (altura), *ln* (logaritmo neperiano), β_0 e β_1 (coeficientes da regressão); R²aj. (coeficiente de determinação ajustado) e Syx % (erro padrão da estimativa em porcentagem)

FONTE: O autor (2015)

Em trabalho desenvolvido por Torezan e Silveira (2000), com *Guadua weberbaueri* Pilger, utilizando o *dap* para estimativa de biomassa, o coeficiente de determinação foi de 0,75. Ao ajustar equação polinomial do 3º grau, considerando o *dap*, os mesmos autores encontraram estatísticas melhores (R²aj. de 0,81). Entretanto, segundo os autores, deve-se tomar cuidado com ajustes com modelos polinomiais, pois os mesmos não apresentam concretamente a relação alométrica entre as variáveis peso seco e diâmetro. Estatísticas semelhantes aos deste estudo foram encontradas por Mognon *et al.* (2014) com espécies do gênero *Guadua*, com coeficiente de determinação de 0,92 e erro padrão da estimativa de 15%.

Estudo desenvolvido por Dallagnol *et al.* (2012) com *Merostachys skvortzovii*, utilizando modelo de dupla entrada (*dap* e altura) para estimativa de biomassa, encontrou coeficiente de determinação de 0,66, sendo este considerado razoável para a espécie. O resultado alcançado pelos autores em relação ao ajuste da equação representou coeficiente de determinação de magnitude moderada quando comparado ao do presente estudo que foi de 0,9. Essa diferença pode ser explicada pelos indivíduos amostrados, que representavam condições naturais de desenvolvimento, diferentes dos aqui utilizados, por se tratar de um experimento conduzido em condições de plantio mais controladas.

Trabalhos realizados por Mognon *et al.* (2015) objetivaram realizar a determinação e o ajuste de equações de biomassa para a espécie *Dendrocalamus asper*. Os autores ajustaram equações utilizando as variáveis biométricas do colmo (*dcolo*, *dap* e altura). A equação que resultou melhor ajuste utilizou apenas o *dap*, resultando em um coeficiente de determinação ajustado próximo de 0,6, com erro padrão da estimativa inferior a 20%.

Essas diferenças nas estatísticas de ajuste comparadas com as deste estudo podem ser atribuídas a características do material amostral, como a idade das touceiras, visto que as utilizadas neste estudo provêm de touceiras jovens. Por outro lado, resultados semelhantes aos deste estudo em relação as estatísticas de ajuste foram encontrados por Singh e Singh (1999), que estudaram a espécie *Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees. No referido estudo os autores obtiveram coeficiente de determinação de 0,93 em seus ajustes.

Modelagem para estimativas de biomassa também foram realizados por Sanquetta *et al.* (2015) com *Bambusa vulgaris* e *Bambusa oldhamii*. Os autores utilizaram o *dap* e altura do colmo para estimativa de biomassa total, encontrando coeficiente de determinação de 0,76 e 0,78, respectivamente.

Em estudo com *Bambusa bambos*, Shanmughavel e Francis (1996) encontraram coeficiente de determinação de 0,83 para estimativa de biomassa total, utilizando a variável transformada $\ln(dap^2 \cdot h)$. Contudo, tais autores citam que as equações que necessitam de alturas muitas vezes não podem ser utilizadas pela grande dificuldade de mensuração desta variável, sendo que muitos autores preferem utilizar apenas o *dap*, por ser mais prático e de mais rápida obtenção em campo. Essa posição também é compartilhada por Sanquetta *et al.* (2015).

Desta forma, em função das estatísticas semelhantes encontradas nas equações 3 e 6, optou-se por utilizar o modelo 3 ($ps = \beta_0 + \beta_1 dap^2$), visto sua simplicidade, facilidade de ajuste e de coleta da variável independente, fato mencionado pelos autores previamente citados. A seleção do modelo 3 como o mais adequado é corroborada pela análise gráfica dos resíduos (FIGURA 17).

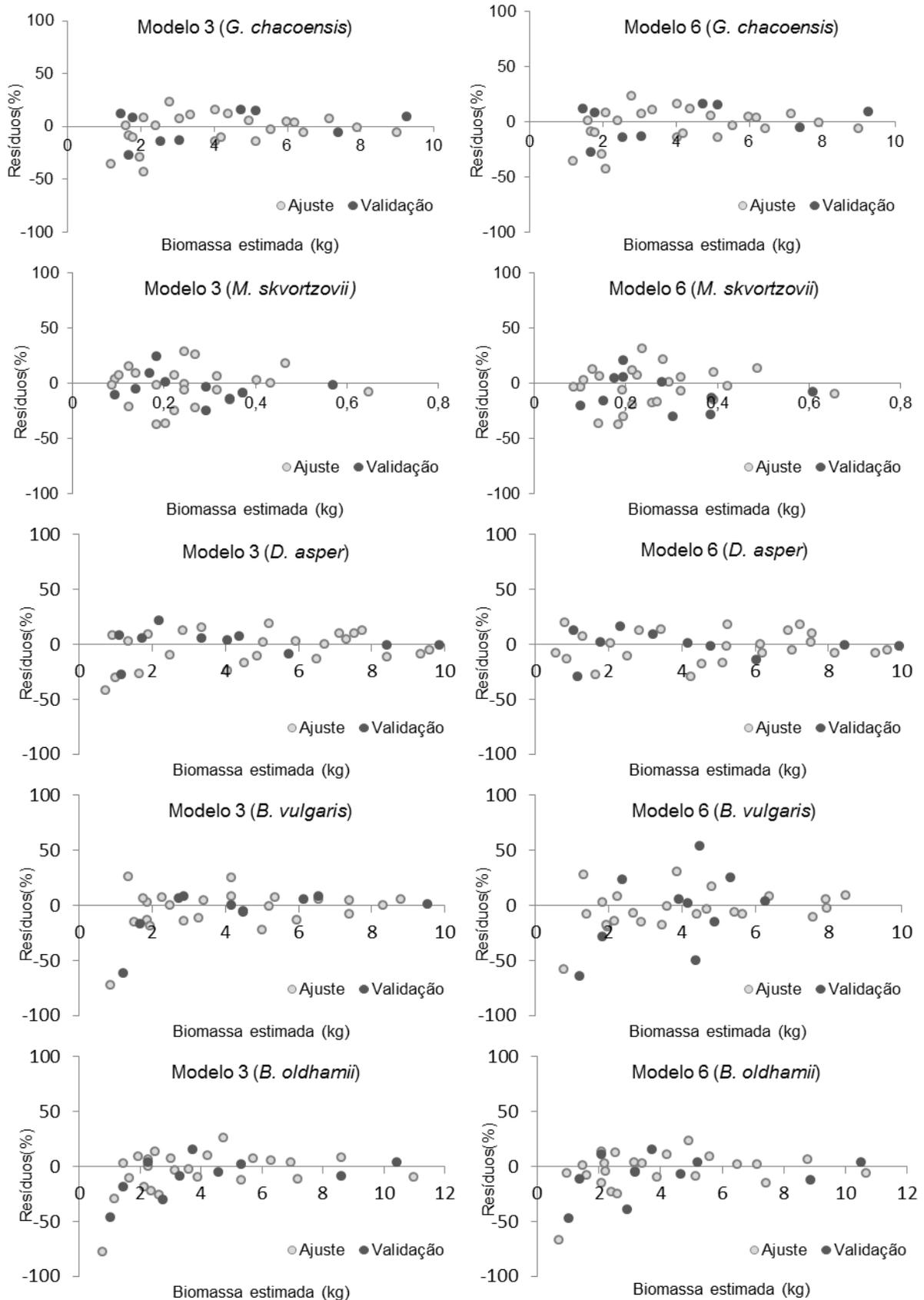


FIGURA 17 - DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS DAS MELHORES EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA AÉREA DAS ESPÉCIES DE BAMBU

FONTE: O autor (2015)

Ademais, as duas melhores equações para cada espécie foram validadas e os resultados da validação aderiram à equação, apresentando valores de Qui-quadrado calculado inferiores ao valor tabelado, que foi de 16,9 ($p < 0,05$) para 9 graus de liberdade.

4.3.3 Estimativas de biomassa aérea de bambu

Os resultados médios da variável biomassa aérea das touceiras de bambu demonstraram crescimento dessa grandeza ao longo do tempo para todas as espécies estudadas. As espécies do gênero *Bambusa* se destacaram em todo o período avaliado, com ênfase para *B. oldhamii*, que em 2014 apresentou a maior média de biomassa, com 194,6 kg ($\pm 105,2$ kg) de biomassa aérea por touceira, não sendo diferente estatisticamente de *BV*, que apresentou 87,2 kg ($\pm 23,0$).

Os valores médios de biomassa por touceira levando em conta as respectivas porcentagens de sobrevivência de cada espécie foram convertidos para unidade amostral, que, por sua vez, foram extrapolados para unidade de área (hectare). Sendo assim, as espécies do gênero *Bambusa* apresentaram maior crescimento durante o período avaliado, com ênfase para *B. oldhamii* (FIGURA 18a).

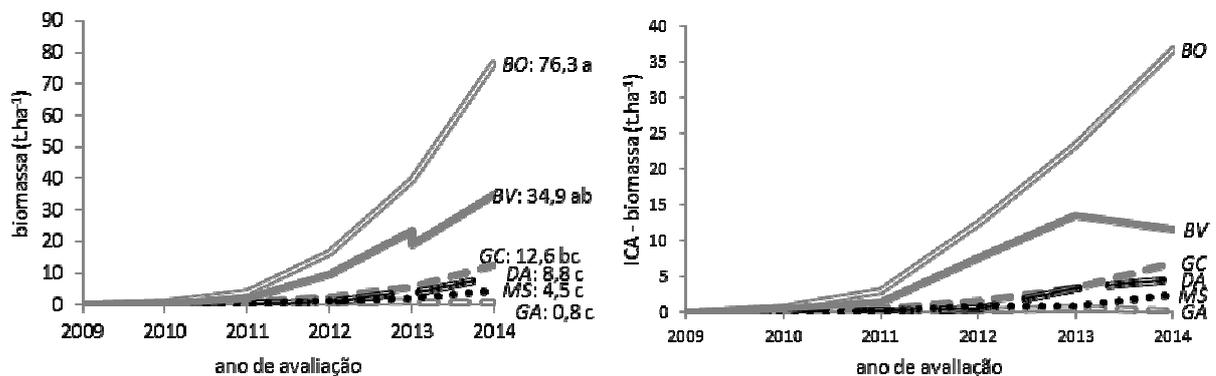


FIGURA 18 – CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DA BIOMASSA AÉREA (t·ha⁻¹)

Nota: Letras iguais indicam que as médias não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)

FONTE: O autor (2015)

Os crescimentos observados no último ano de avaliação foram analisados por meio da ANOVA. No APÊNDICE 1 estão apresentados os resultados da análise

de variância referente à biomassa aérea ($t.h^{-1}$), além dos valores de Qui-Quadrado (χ^2) referentes ao teste de Bartlett. Observou-se que a variável analisada apresentou variâncias das espécies heterogêneas, requerendo transformação dos dados, optando-se pela raiz quadrada das observações.

Para o ano de 2014, a espécie *BO* apresentou a maior média, com 76,32 $t.ha^{-1}$ ($\pm 42,4$) de biomassa aérea, embora não seja diferente significativamente da espécie *BV*, que alcançou 34,86 $t.ha^{-1}$ ($\pm 9,19$) de biomassa.

Estudos realizados por Castañeda-Mendoza *et al.* (2005) avaliaram os estoques de biomassa aérea em plantios de *Bambusa oldhamii* com sete anos de idade localizados em Veracruz no México. Os autores encontraram estoque de biomassa aérea da ordem de 103,83 $t.ha^{-1}$. Esses valores são superiores aos encontrados neste estudo, embora autores tenham trabalhado com diferenças em termos de idade e densidade das touceiras. Além disso, questões ambientais específicas também influenciaram os resultados.

Em relação ao incremento, a espécie *BO* apresentou maior destaque, pois no último ano de avaliação alcançou valor próximo a 37 $t.ha^{-1}$ de biomassa aérea (FIGURA 18b). Este valor foi superior à soma dos demais incrementos das espécies estudadas, demonstrando o grande potencial desta espécie na produção de biomassa.

Sendo assim, com base nos resultados deste experimento, as espécies com maior potencial em relação à variável biomassa aérea por hectare foram *BV* e *BO*. Contudo, a espécie *BV*, embora não apresente diferenças significativas para a espécie *BO*, sofre retardo de crescimento, provavelmente pela exposição a temperaturas negativas. Desta forma, a espécie que melhor se desenvolveu em relação à variável biomassa aérea por hectare foi *Bambusa oldhamii*.

Essas características de crescimento em relação à variável biomassa aérea por hectare subsidiam a escolha das espécies com maior potencial de crescimento a serem utilizadas como fonte de matéria prima para fins energéticos ou mesmo para o processo de celulose. De acordo com Castañeda-Mendoza *et al.* (2012), a produção de biomassa é um fator importante a ser considerado previamente ao estabelecimento de plantações florestais comerciais para fins bioenergéticos.

4.4 TEORES DE CARBONO

As estatísticas descritivas dos teores médios ponderados de carbono podem ser observadas na TABELA 5. A espécie que apresentou maior destaque em relação ao teor de carbono foi *Bambusa vulgaris* e a de menor foi *Guadua chacoensis*. Em relação ao coeficiente de variação, todas as espécies apresentaram valores inferiores a 2,5%.

TABELA 5 - ANÁLISE DESCRITIVA DOS RESULTADOS DOS TEORES PONDERADOS DE CARBONO POR ESPÉCIES DE BAMBU

ESPÉCIES DE BAMBU	N	MÉDIA (%)	MÍN. (%)	MÁX. (%)	S	S ²	CV (%)
<i>G. chacoensis</i>	34	42,62	41,70	43,53	0,92	0,84	2,15
<i>M. skvortzovii</i>	34	44,52	43,53	45,52	0,99	0,99	2,23
<i>D. asper</i>	34	46,03	45,06	47,00	0,97	0,94	2,11
<i>B. vulgaris</i>	34	46,15	45,09	47,21	1,06	1,12	2,30
<i>B. oldhamii</i>	34	45,36	44,23	46,48	1,12	1,26	2,48

Nota: n = observações; mín. = valor mínimo; máx. = valor máximo; S = desvio padrão; S² = variância; CV= coeficiente de variação

FONTE: O autor (2015)

Os resultados prévios foram similares aos encontrados por Dallagnol (2012), que avaliou o teor de carbono de seis espécies de bambu utilizando plantas adultas e aplicando os mesmos métodos que os deste trabalho. No entanto, os teores de carbono encontrados utilizando a média simples resultaram em valores inferiores.

Ainda segundo o autor citado, a espécie com maior teor de carbono foi *M. skvortzovii* (42,36%), seguida por *D. asper*; *B. vulgaris*; *G. angustifolia*; *B. oldhamii* e *G. chacoensis* com 42,29; 42,03; 41,53; 41,13 e 38,04%, respectivamente. Destaca-se ainda que a espécie *G. chacoensis* apresentou menor valor do teor de carbono dentre as espécies avaliadas. No entanto, esses valores não foram ponderados pela biomassa respectiva, o que pode explicar essas pequenas variações.

Analisando as espécies e os compartimentos em separado, observou-se que os teores de carbono apresentaram diferenças significativas a 95% de probabilidade, conforme TABELA 6. Observa-se que em relação ao compartimento do colmo, a espécie *BV* se destacou com valores mais expressivos. Já para o compartimento dos galhos foi *BO* a espécie que apresentou maior valor, enquanto

para o compartimento da folhagem foi novamente *BV* a espécie de maior teor médio de carbono.

TABELA 6 - TEORES DE CARBONO POR ESPÉCIE E POR COMPARTIMENTO

COMPARTIMENTO	<i>G. chacoensis</i>	<i>M. skvortzovii</i>	<i>D. asper</i>	<i>B. vulgaris</i>	<i>B. oldhamii</i>
colmo	42,87Cb	46,17Ba	46,90Aa	47,16Aa	45,89Ba
galhos	44,01Ba	-	44,40Bc	45,91Ab	46,19Aa
folhagem	38,34Cc	41,98Ac	-	42,98Ac	41,48Bc
parte aérea (ponderado)	42,62Db	44,52Cb	46,03Ab	46,15Ab	45,36Bb

Nota: Letras iguais em caixa alta indicam que as médias das espécies não diferem significativamente ($p < 0,05$) e que letras iguais em caixa baixa indicam que as médias dos compartimentos não diferem significativamente ($p < 0,05$)

FONTE: O autor (2015)

Observa-se também que de todos os compartimentos avaliados e para todas as espécies de bambu estudadas neste trabalho, foi no compartimento da folhagem que se constatou o menor teor de carbono. Resultados semelhantes também foram encontrados por Dallagnol (2012) que estudou as mesmas espécies aqui avaliadas. O autor encontrou valores dos teores de carbono para o compartimento da folhagem de *M. skvortzovii* igual a 40,9%, seguida por *D. asper*; *B. vulgaris*; *B. oldhamii* e *G. chacoensis* com 40,3; 40,0; 38,6 e 37,3%, respectivamente.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Yen *et al.* (2010), em estudo com a espécie alastrante *Phyllostachys makinoi*, em cultivos na China. O estudo revelou teores de carbono presentes em colmos com 2 anos de idade de 39,0; 45,7 e 47,8% para folhagem, galhos e colmo, respectivamente. Os referidos autores também observaram diferenças significativas dos teores de carbono em amostras com idades diferentes. Para colmos com um ano de idade o teor de carbono da folhagem foi significativamente superior aos demais anos, com 44,8%. Essa tendência de diferença não foi confirmada nos demais compartimentos.

Analisando-se seis espécies arbóreas naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista, Weber *et al.* (2006) encontraram valores médios para casca, folhas, fuste, galho morto, galho vivo e serapilheira variando entre 39,9 e 42,2%, sendo que nas seis espécies os teores de carbono no compartimento das folhas apresentaram valores entre 41,4 e 46,1%.

Ao analisar os teores de carbono de espécies arbóreas utilizadas em plantios comerciais, Dallagnol *et al.* (2011) verificaram que, para o compartimento do fuste, algumas espécies apresentaram destaque, como *Pinus taeda* (45,4%) e *Araucaria angustifolia* (45,3%), seguidas por *Mimosa scabrella*, *Populus deltoides* e

Eucalyptus grandis, com 44,8; 43,4 e 42,6%, respectivamente. Para o compartimento galhos destacaram-se *Populus deltoides* (45,05%) e *Araucaria angustifolia* (44,5%). Por fim, no compartimento das folhas, maiores teores foram encontrados em *Eucalyptus grandis*, com 48,2% e depois *Araucaria angustifolia*, com 45,3%.

Estudando a espécie nativa *Mimosa scabrella* no Paraná, Mognon *et al.* (2013b) também encontraram variações entre os compartimentos estudados, destacando-se o compartimento da folhagem (48%), seguido pelas raízes, galhos e fuste com 45; 44 e 43%, respectivamente, com média ponderada de 43%.

Em trabalho realizado por Sanquetta *et al.* (2013) no estado de Minas Gerais com a espécie *Eremanthus erythropappus* DC MacLeish, foram revelados teores de carbono variando de 45,6% a 50,7%, com média geral de 47,0%, utilizando os mesmos métodos aplicados neste trabalho.

Essas variações nos teores de carbono encontradas para diferentes espécies vegetais reforçam a necessidade de se estudar especificamente as diferenças inter e intraespecíficas. Deste modo, analisando os resultados dos teores de carbono encontrados neste trabalho em paralelo com os citados anteriormente, pode-se concluir que as espécies de bambu possuem teores de carbono similares aos de espécies arbóreas. Embora pertençam à família Poaceae, que abrange uma grande maioria de plantas classificadas como C4, os bambus são classificados como C3 (BAHTIAR *et al.*, 2012).

4.5 ESTOQUES DE CARBONO

Os resultados médios da variável estoque de carbono das touceiras de bambu revelaram que as espécies do gênero *Bambusa* apresentaram os maiores valores em todo o período avaliado, com ênfase para *B. oldhamii*, que em 2014 apresentou a maior média com 88,3 kg ($\pm 47,7$) de carbono estocado na parte aérea da planta, tendo um incremento no último ano de avaliação da ordem de 42,4 kg.

Estudos realizados por Bahtiar *et al.* (2012), em plantio de *Dendrocalamus asper* com idade de 10 anos, encontraram estimativas de 82,4kg de carbono por touceira/ano. Esses valores são superiores aos encontrados neste estudo. A

diferença de idade entre os plantios e condições de sítio podem explicar os resultados distintos.

Os valores médios de carbono por touceira, considerando as porcentagens de sobrevivência de cada espécie, foram convertidos para unidade amostral, que por sua vez foram extrapolados por hectare. Assim sendo, a espécie *BO* apresentou maior crescimento em todo o período avaliado, atingindo $34,62 \text{ t.ha}^{-1}$ ($\pm 19,23$) de carbono presente na parte aérea, sendo estatisticamente superior às demais espécies (FIGURA 19a).

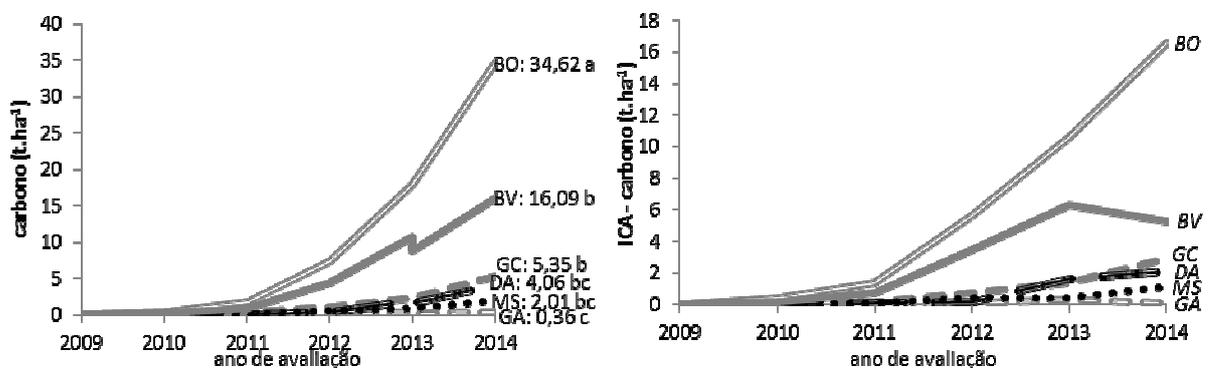


FIGURA 19 – CRESCIMENTO (a) E INCREMENTO (b) DO ESTOQUE DE CARBONO (t.ha^{-1})
 Nota: Letras iguais indicam que as médias não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)
 FONTE: O autor (2015)

Os crescimentos observados no último ano de avaliação foram analisados por meio da ANOVA. No APÊNDICE 1 estão apresentados os resultados da análise de variância referente ao estoque de carbono (t.h^{-1}), além dos valores de Qui-Quadrado (χ^2) referentes ao teste de Bartlett. Observou-se que a variável analisada apresentou variâncias das espécies heterogêneas, requerendo transformação dos dados, optando-se pela raiz quadrada das observações.

Em relação ao incremento ocorrido no último ano de avaliação, a espécie *BO* apresentou valor próximo a 16 t.ha^{-1} de carbono (FIGURA 19b). Tal valor foi superior à soma dos demais incrementos das espécies estudadas, demonstrando o grande potencial dessa espécie em termos de estocagem de carbono. Desta forma, a espécie que melhor se desenvolveu em relação à variável estoque de carbono acima do solo por hectare foi *Bambusa oldhamii*.

Esses indicadores de crescimento e de capacidade de estocagem de carbono subsidiam a escolha das espécies com maior potencial a serem utilizadas em projetos de compensação ambiental, como créditos de carbono em projetos de

MDL ou similares. Segundo INBAR (2014), as florestas de bambu mitigam as mudanças climáticas e apresentam grandes perspectivas para serem usadas para este fim, tendo em vista que os mercados de carbono começam a reconhecer e premiar povoamentos com bambus com taxas comparáveis ou acima daquelas praticadas por espécies arbóreas.

4.6 ANÁLISE CONJUNTA DOS RESULTADOS

Os resultados revelaram que, dependendo da variável analisada, o comportamento das espécies de bambu não segue um único padrão. Isso porque, embora sejam pertencentes ao grupo dos bambus simpodiais, as espécies apresentam características distintas no que concerne à morfologia ao desenvolvimento em locais diferentes.

Em relação à variável sobrevivência, percebeu-se que a espécie com maior destaque foi *Bambusa vulgaris*, enquanto *Guadua chacoensis* teve a menor porcentagem de sobrevivência. Contudo, essa última foi a que apresentou, após cinco anos de avaliação, maior área de cobertura. Já para a variável área de base da touceira, foi *Bambusa oldhamii* a que apresentou os maiores crescimentos. Para a variável densidade de colmos foi *Merostachys skvortzovii* a espécie que apresentou maior desempenho.

Já para a variável biomassa foi *Bambusa oldhamii* aquela que obteve a maior produção, sendo essa variável a que representou melhor o crescimento das espécies de bambu, isso porque seu desenvolvimento está diretamente relacionado com as demais variáveis biométricas. Para sintetizar esses resultados foi elaborada uma matriz das variáveis biométricas avaliadas ao término deste experimento (2014), com destaque para os valores maiores (TABELA 7).

TABELA 7 - MATRIZ DAS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS AOS CINCO ANOS DE IDADE

VARIÁVEIS	ESPÉCIE					
	G. <i>chacoensis</i>	G. <i>angustifolia</i>	M. <i>skvortzovii</i>	D. <i>asper</i>	B. <i>vulgaris</i>	B. <i>oldhamii</i>
sobrevivência (%)	66,7 (±15,2)	95,8 (±4,8)	87,5 (±10,8)	75,0 (±24,5)	100	97,9 (±4,2)
área da base (m ²)	0,67 (±0,24)	0,07 (±0,04)	1,16 (±0,61)	0,51 (±0,42)	1,42 (±0,23)	1,45 (±0,49)
área de cobertura (m ²)	22,0 (±6,3)	1,9 (±1,5)	13,3 (±7,0)	10,6 (±5,3)	18,6 (±3,1)	20,3 (±6,7)
altura da touceira (m)	7,9 (±0,7)	1,7 (±0,8)	6,6 (±0,9)	8,0 (±2,9)	9,0 (±0,7)	11,1 (±1,6)
colmos/touceira (n°)	12,6 (±3,6)	2,9 (±2,2)	73,9 (±23,2)	9,7 (±4,0)	25,5 (±4,0)	44,3 (±11,2)
dap do colmo (cm)	4,5 (±0,6)	0,5 (±0,4)	1,2 (±0,2)	4,2 (±1,7)	5,0 (±0,7)	5,6 (±1,0)
dcolo do colmo (cm)	5,7 (±0,6)	1,2 (±0,8)	1,6 (±0,2)	6,2 (±1,6)	6,2 (±0,8)	6,8 (±1,0)
altura do colmo (m)	7,1 (±0,8)	1,5 (±1,0)	4,2 (±0,6)	7,1 (±2,4)	8,0 (±0,7)	9,5 (±1,4)
biomassa (kg/touceira)	42,7 (±16,6)	2,1 (±1,5)	12,3 (±8,7)	34,7 (±23,2)	87,2 (±23,0)	194,6 (±105,2)
biomassa (t.ha ⁻¹)	12,6 (±7,1)	0,8 (±0,6)	4,5 (±3,3)	8,8 (±4,6)	34,9 (±9,2)	76,32 (±42,4)
carbono (kg/touceira)	18,2 (±7,1)	0,9 (±0,6)	5,5 (±3,9)	16,0 (±10,7)	40,2 (±10,6)	88,3 (±47,7)
carbono (t.ha ⁻¹)	5,4 (±3,02)	0,4 (±0,25)	2,0 (±1,48)	4,1 (±2,10)	16,1 (±4,24)	34,6 (±19,2)

Com base nos resultados da TABELA 7 elaborou-se a FIGURA 20, a qual se observa por meio de *ranking*, o potencial de crescimento de cada espécie de bambu, no qual o círculo menor corresponde ao menor crescimento. Assim, pôde-se concluir que *Bambusa oldhamii* se consagra como a espécie com maior potencial de crescimento dentre as espécies estudadas, após cinco anos de avaliação.

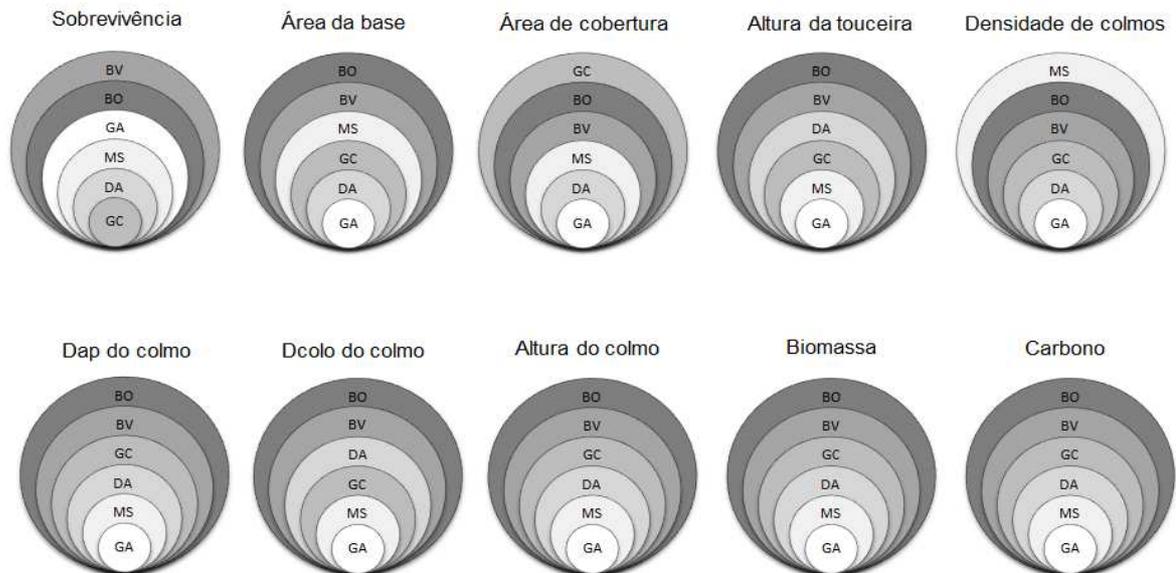


FIGURA 20 - ANÁLISE CONJUNTA DAS ESPÉCIES DE BAMBU EM RELAÇÃO ÀS VARIÁVEIS ANALISADAS AOS CINCO ANOS DE IDADE

Nota: (GC) *Guadua chacoensis*; (GA) *Guadua angustifolia*; (MS) *Merostachys skvortzovii*; (DA) *Dendrocalamus asper*; (BV) *Bambusa vulgaris*; (BO) *Bambusa oldhamii*

FONTE: O autor (2015)

5 CONCLUSÕES

Diante dos resultados desta pesquisa rejeitou-se a hipótese de que as espécies de bambu analisadas apresentam comportamento semelhante de crescimento, produção de biomassa e de estoque de carbono. Observou-se que existem diferenças significativas no desenvolvimento das espécies estudadas nas condições encontradas neste experimento.

Em relação à sobrevivência das espécies de bambu, observou-se que após o primeiro ano de avaliação, as mesmas não diferiram significativamente entre si. Desta forma, poder-se-ia concluir, de maneira preliminar, para as condições da presente pesquisa, que todas as espécies apresentam percentual de sobrevivência satisfatório e similar. Contudo, no decorrer do experimento, houve aumento da mortalidade para todas as espécies, exceto para *Bambusa vulgaris*, sendo *Guadua chacoensis* a espécie com maior mortalidade, embora seu crescimento mostrou-se promissor no decorrer do experimento.

A espécie *Guadua angustifolia* não se adaptou as condições edafoclimáticas da região, sendo a espécie com menor crescimento. *Dendrocalamus asper* e *Bambusa vulgaris* tiveram seu crescimento afetado, provavelmente pelas baixas temperaturas ocorridas no período do inverno, contudo ambas apresentaram potencial de recuperação.

As espécies *Bambusa oldhamii* e *Bambusa vulgaris* apresentaram os melhores índices de crescimento, produção de biomassa e estocagem de carbono, com destaque para *Bambusa oldhamii* que por sua vez, foi a espécie com maior potencial de adaptação às condições edafoclimáticas da região.

Assim, com base nos resultados deste experimento, as espécies *Bambusa oldhamii* e *Guadua chacoensis* são indicadas para plantio experimental crítico, pelo qual será possível confirmar as tendências deste experimento exploratório.

6 RECOMENDAÇÕES

A partir deste estudo foram evidenciadas necessidades complementares e oportunidades científicas, como descrito a seguir:

- Que novos plantios de bambu sejam realizados em outras regiões do Brasil, com estas e outras espécies de bambu, a fim de verificar a capacidade de adaptação e o seu desenvolvimento em diferentes condições edafoclimáticas, permitindo a comparação de tendências de crescimento;
- Que sejam desenvolvidos novos estudos com o tema bambu, como formas de propagação para produção de mudas, implantação de plantios com melhoramento genético. Recomendam-se também estudos que avaliem questões de adubação, ritmo de dosagem, espaçamento entre plantas, além do efeito do manejo nas touceiras de bambu durante seu desenvolvimento e após sua maturidade;
- Por fim, recomenda-se que estudos comportamentais do crescimento de espécies de bambu sejam mais prolongados, uma vez que, as curvas de crescimento das variáveis biométricas analisadas com cinco anos de idade não estabilizaram, necessitando um período maior de avaliação, agregando novas pesquisas, a fim de ratificar as tendências observadas no que tange ao comportamento das variáveis de crescimento em plantas adultas.

7 REFERÊNCIAS

AZZINI, A.; ARRUDA, M. C. Q.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A. L. B.; TOMAZELLO FILHO, M. Produção conjunta de fibras celulósicas e etanol a partir do bambu. **Bragantia**, v.46, n.1, p.17-25, 1987.

BAHTIAR E. T.; NUGROHO N.; CAROLINA A.; MAULANA A. C. Measuring Carbon Dioxide Sink of Betung Bamboo (*Dendrocallamus asper* (Schult f.) Backer ex Heyne) by Sinusoidal Curves Fitting on Its Daily Photosynthesis Light Response. **Journal of Agricultural Science and Technology**. v. 2, p. 780-788, 2012.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992, p. 247.

BARROS, A. C. A. **Estudos sobre o potencial do bambu *Guadua angustifolia* Kunz. para a fitorremediação dos metais pesados zinco e cádmio**. 70f. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

BENTON, A.; CRONIN, T.; FRITH, O.; JONKHART, J.; WU, J. Market potential of bamboo and rattan products. INBAR Working Paper **In: 63 International Network for Bamboo and Rattan**, Beijing, 2011.

BONILLA, S. H.; GUARNETTI, R. L.; ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANNETTI, B. F. Sustainability assessment of a giant bamboo plantation in Brazil: exploring the influence of labour, time and space. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, p. 83 - 91, 2010.

BRASIL, LEI Nº 12.484, Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu – PNMCB. 2011.

CAMPBELL, J. N. Bamboo flowering a patterns: a global view with special reference to East Asia. **The Journal of the American Bamboo Society**, v. 1, n. 6, p. 17- 35. 1985.

CASAGRANDE JR., E. F.; UMEZAWA, H. A. Bambu e arranjos produtivos locais sustentáveis (apls): seqüestro de carbono, tecnologia social e sustentabilidade. In: Conferência Brasileira de Materiais e Tecnologias Não-Convencionais – Habitações e Infra-Estrutura de Interesse Social – Brasil NOCMAT **Anais...** Pirassununga - SP, p. 67-77. 2004.

CASTAÑEDA-MENDOZA, A.; VARGAS-HERNÁNDEZ, J.; GÓMEZ-GUERRERO, A. VARGAS-HERNÁNDEZ, J. I.; Vaquera-Huerta, H. Acumulación de carbono en la biomasa aérea de una plantación de *Bambusa oldhamii*. **Agrociencia** v. 39, p. 107-116, 2005.

CASTAÑEDA-MENDOZA, A.; VARGAS-HERNÁNDEZ, J. J.; GÓMEZ-GUERRERO, A. Components of net aerial primary production in a *Bambusa oldhamii* plantation. **Agrociencia** v. 46, p. 63-74, 2012.

CHAOWANA, P. Bamboo: An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based Composites. **Journal of Materials Science Research**; v. 2, p. 90-102, 2013.

CRUZ RÍOS, H. **Bambú – Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) – Bosques naturales en Colombia y Plantaciones em México**. 1. Ed. Colombia: Colmex. 2009. 691p.

CUSACK, V. **Bamboo world: the growing and use of clumping bamboos**. Sydney: Kangaroo Press. 1999. 224p.

DAVIDSON, D. W.; ARIAS, J. A.; MANN, J. An Experimental Study of Bamboo Ants in Western Amazonia. **Insects Soc.** v. 53, p. 108-114, 2006.

DALLAGNOL, F. S.; MOGNON, F.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Teores de carbono em cinco espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 410 - 416, 2011.

DALLAGNOL, F. S.; MOGNON, F.; RIBEIRO, R. M.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Modelagem da biomassa individual de *Merostachys skvortzovii* Sendulski. In: 11º Congresso florestal do Rio Grande do Sul e seminário Mercosul da cadeia madeireira, Nova Prata/RS. Florestas e sustentabilidade, 2012.

DALLAGNOL, F. S. **Estimativa de teores de carbono em seis espécies de bambu por espectroscopia no infravermelho próximo (NIR)**. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. 2012.

DEITZER, G. F.; SODERSON, T. R.; EDELMAN, D. K. Flowering physiology of bamboo in Puerto Rico. **The Journal of the American Bamboo Society**, v. 1, n. 6, p. 36 - 42. 1985.

DÜKING, R.; JOHAN, G.; LIESE, W. Carbon flux and carbon stock in a bamboo stand and their relevance for mitigating climate change, **The Journal of the American Bamboo Society**, v. 24, p. 1 – 7, 2011.

EMBAYE, K.; WEIHA, M.; LEDINC, S.; CHRISTERSSONA, L. Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. *Forest Ecology and Management*. v. 204, n. 1. p. 159 - 169. 2005.

FAO. **World bamboo resources** - A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Rome: FAO, 2007. 73p.

FIGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. S. Checklist of the Basal Grasses and Bamboos in Brazil (Poaceae). **Bamboo Science & Culture**. v.18, n.1, p.7 - 18, 2004.

FRANÇA, C. D. **Potencialidades de espécies de bambu para a estabilidade de solos do Cerrado**. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2011.

FRANKLIN, D. C.; PRIOR, L. D.; HOGARTH, N. J.; MCMAHON, C.R. Bamboo, fire and flood: consequences of disturbance for the vegetative growth of a clumping, clonal plant. **Plant Ecology**, v. 208, p.319–332. 2010.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; VILLANI, E. M. A. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 895 - 905, 2011.

GRECO, T. M.; CROMBERG, M. **Bambu cultivado e manejo**. 1. Ed. Florianópolis. SC: Insular, 2011. 184 p.

GRECO, T. M. **Diversidade de bambus (Poaceae: Bambusoideae) na ilha de Santa Catarina, Brasil**. 153f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

HIDALGO-LÓPEZ, Oscar. **Bamboo-The gift of the gods**. Bogotá: Oscar Hidalgo-López Editor, 2003. 553p.

HSIUNG, W. Prospect for bamboo development in the world”, **In: International Bamboo Conference, Prafrance, 1988, 7p.**

IAPAR Instituto Agronômico do Paraná. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina. 1994. 49p.

INBAR International Network for Bamboo and Rattan. **Bamboo: A strategic resource for countries to reduce the effects of climate change**. Beijing. 2014. 20p.

ISAGI, Y.; KAWAHARA, T.; KAMO, K. Biomass and net production in a bamboo *Phyllostachys bambusoides* stand. **Ecological Research**, v. 8, p. 123 - 133, 1993.

JANZEN, D. H. Why bamboos wait so long to flower? **Annual Review of Ecology & Systematics**, n. 7, p. 347-391. 1976.

JARAMILLO, S.V. La Guadua en los proyectos de inversión. In: Anales del Congresso Mundial de Bambú/Guadua, Pereira, Colômbia, 1992.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2000. 531p.

LIEBSCH, D.; REGINATO, M. Florescimento e Frutificação de *Merostachys skvortzovii* Sendulsky (Taquara-lixá) no Estado do Paraná. **Iheringia, Sér. Bot.**, v. 64, n. 1, p. 53-56, 2009.

LINDHOLM, M.; PALM, S. **Guadua chacoensis in Bolivia - an investigation of mechanical properties of a bamboo species**. 157f. Tesis de Maestría. Department of Management and Engineering. Centre for Wood Technology & Design. University of Linköping. 2007.

LOBOVIKOV, M.; SCHOENE, D.; YPING L. Bamboo in climate change and rural livelihoods **Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change**, v.17, p. 261- 276, 2012.

LONDOÑO, X.; PETERSON, P. M. *Guadua chacoensis* (Poaceae: Bambuseae), its taxonomic identity, morphology, and affinities. **Novon.**, v. 2, p. 41 – 47, 1992.

LONDOÑO, X. A decade of observations of a *Guadua angustifolia* plantation in Colombia. **The Journal of the American Bamboo Society** v.12, p. 37 – 45, 1998.

LONDOÑO, X. Distribuição, morfologia, taxonomia, anatomia, silvicultura y usos de los bambues del Nuevo Mundo. In: III Congreso Colombiano de Botánica, **Anais...** Popayan, 2004. 25p.

LONDOÑO, X. Evaluation of Bamboo Resources in Latin America. **A Summary of the Final Report of Project** – International Network for Bamboo and Rattan, 1999. 29p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa-MG, Editora UFV. 2005. 451p.

MARÍN, D.; GUEDEZ, Y.; HERNÁNDEZ, L. D. Las plantaciones de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) y bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad.) de San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. III. Estructura de las plantaciones y balance de nutrimentos. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)**, v.28, p. 441-459. 2011.

MARSH, J. e SMITH, N. New bamboo industries and pro-poor impact: learning from China. **Enterprise Development and Microfinance**, v.18 n. 25, p. 216 - 240, 2007.
MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil.** 2013. 76p.

MOGNON, F.; DALLAGNOL, F. S.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; BARRETO, T. G. Uma década de dinâmica da fixação de carbono na biomassa arbórea em floresta ombrófila mista no sul do Paraná. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 153-164, 2013a.

MOGNON, F.; DALLAGNOL, F. S.; DOUBRAWA, B.; FLIZIKOWSKI, L. C.; SANQUETTA, C. R. Modelagem do estoque de carbono para *Mimosa scabrella* Benth. localizadas no Paraná. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 11, p. 121-129, 2013b.

MOGNON, F.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; BARRETO, T. G.; WOJCIECHOWSKI, J. Equação de biomassa individual para duas espécies de bambu do gênero *Guadua*. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 900-906, 2014.

MOGNON, F.; RODRIGUES, A. L.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; NOVAES, A. B.; BLUM, C. T. Alocação e modelagem da biomassa em *Dendrocalamus asper*. **Floresta**, v.45, n.1, p. 1-10, 2015.

NATH, A. J.; DAS, G.; DAS, A. K. Above ground standing biomass and carbon storage in village bamboos in North East India. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, p. 1188 - 1196, 2009.

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS. **Processing bamboo shoots. Training manual**. New Delhi, India. 2004. 27 p.

NUMATA, M. Ecology aspects of bamboo flowering. Ecological studies of bamboo forests in Japan. **Botanical Management Tokyo**, n. 87, p. 271-284. 1974.

PADGURSCHI, M. C. G.; Joly, C. A.; Vieira, Simone Aparecida. The spreading of a native bamboo as a result of human actions: a case in the Atlantic Forest, Brazil. In: INTECOL 2013, Londres, UK. Scientific Program, 2013.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 1. Ed. Bauru. SP: Canal 6, 2007. 240p.

POTTERS, G.; BREMS, A.; VALCKE, R.; DEWIL, R.; D'HAESE, L.; SAMSON, R.; GIELIS, J. Energy Crops in Western Europe: is Bamboo an Acceptable Alternative? In: VIII World Bamboo Congress Proceedings. Thailand. v. 3 p. 22-34, 2009.

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B; GOMES, F. S. **As florestas e o carbono**. Curitiba, p. 119 - 140, 2002.

SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; VULCANIS, L.; BERNI, D. M. Sobrevivência de mudas de *Araucaria angustifolia* perante o controle de taquaras (Bambusoideae) no Paraná, Brasil. **Floresta**, v.35, n.1, p. 127 - 135, 2005.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; DALLA CORTE, A. P.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, J. D. PIERIN. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 2ª ed. Curitiba: Multi-Graphic, 2009, 316p.

SANQUETTA, C.R.; DALLA CORTE, A.P.; MAAS, G.C.B. The role of forests in climate change. **Quebracho**, v. 19, n.1/2, p. 84-96, 2011.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; MAAS, G.; MELLO, A.; MOGNON, F. Estimativa individual de carbono em função da idade para a biomassa aérea de *Eremanthus erythropappus* DC. Macleish no sul do estado de Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 1107-1114, 2013.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; MOGNON, F. Mudanças climáticas e sequestro de carbono. In: SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; MOGNON, F. (Org.). **Floresta com Araucária e suas transições: pesquisas ecológicas de longa duração**. 1º ed. Curitiba: Multi-Graphic, p. 165-184, 2014.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; ROGLIN, A.; MOGNON, F. Biomassa individual de *Bambusa oldhamii* Munro e *Bambusa vulgaris* Schrad. ex j.c. wendl. **Revista Cerne**, v. 21, n. 1, p. 151-159, 2015.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B.; NOVAIS, R. F. Estimativas de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 697 - 706, 2008.

SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. Aboveground Biomass Production and Nutrient Distribution in Growing Bamboo (*Bambusa bamboo* (L.) Voss). **Biomass and Bioenergy**, v.10, n.5/6, p. 383 - 391, 1996.

SHANMUGHAVEL, P.; PEDDAPPAIAH, R. S.; MUTHUKUMARA, T. Biomass production in an age series of *Bambusa bambos* plantations. **Biomass and Bioenergy**, v. 20, p. 113-117, 2001.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

SILVA, R. M. de C. e. **Caracterização do Taquaruçu (*Guadua* sp.) e do seu ambiente de ocorrência na Bacia do Rio Crixás-Açu, Goiás, Brasil**. 81f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

SILVA, I. E. da.; PEREIRA, D. S.; SILVA, S. R. F. Estudos morfológicos do bambu (*Bambusa cf. vulgaris* L.), uma espécie invasora em área de mata atlântica no parque municipal de Maceió-Alagoas. **Revista Semente**, v. 6, n. 6, p. 99-109, 2011.

SINGH, A. N.; SINGH, J. S. Biomass, net primary production and impact of bamboo plantation on soil redevelopment in a dry tropical region. **Forest Ecology and Management**. n.119, p.195-207, 1999.

SODERSTROM, T. R.; CALDERÓN, C. E. A commentary on bamboos (Poaceae: Bambusoideae). **Biotropica**, St. Louis, v.11, n.3, p.161-172, 1979.

SCHWARZBACH, L. L. C.; NEGRELLE, R. R. B.; SANQUETTA, C. R. *Merostachys skvortzovii* Sendulski: aspectos botânicos e ecológicos - uma revisão. **Visão Acadêmica** v.9, n.2, 2008.

SUGAMOSTO, M. L. **Uso de Técnicas de Geoprocessamento para Elaboração de Mapa de Aptidão Agrícola e Avaliação da Adequação de Uso do Centro de Estações Experimentais do Canguiri, Município de Pinhais - Paraná.** 133 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

TEIXEIRA, A. A. **Painéis de bambu para habitações econômicas: Avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa.** 204f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília. UNB, Brasília, 2006.

TOREZAN, J. M. D.; SILVEIRA, M. The biomass of bamboo (*Guadua weberbaueri* Pilger) in open forest of the southwestern Amazon. **Ecotropica**. V.6, p. 71-76, 2000.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). Disponível em <http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/items/4146.php>. Acesso em: 11/02/2013.

VIEIRA, M. N. F.; VIEIRA, L. S. **Manual de morfologia e classificação de solos.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda. 2ª Edição, 1983. 313p.

WEBER K. S.; BALBINOT R.; WATZLAWICK L. F.; SANQUETTA C. R. Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**; v. 2, p. 167-177, 2006.

WIDMER, Y. Flowering phenology of Chusquea bamboo with special to *Chusquea talamancensis* in Costa. **The Journal of the American Bamboo Society**, v. 1, n. 2, p. 1-20. 1998.

YEN, T. M.; JI, Y. J.; LEE, J. S. Estimating biomass production and carbon storage for a fast-growing makino bamboo (*Phyllostachys makinoi*) plant based on the diameter distribution model. **Forest Ecology and Management** v. 260, p. 339 – 344, 2010.

ZHOU, B.; LI, Z.; WANG, X.; CAO, Y.; AN, Y.; DENG, Z.; LETU, G.; WANG, G.; GU, L. Impact of the 2008 ice storm on moso bamboo plantations in southeast China. **Journal of Geophysical Research**, v. 116, p. 1 – 10, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – RESULTADO DAS ESTATÍSTICAS DA ANOVA DAS VARIÁVEIS ANALISADAS

VARIÁVEIS	ANO	QUADRADO MÉDIO			CV (%)	χ^2
		BLOCOS	ESPÉCIES	ERRO		
		GL=3	GL=5	GL=15		
sobrevivência (%)	2010	15,86 ^{ns}	58,45 ^{ns}	25,49	5,17	6,82 ^{ns}
	2014	175,12 ^{ns}	739,00*	177,89	15,3	11,05 ^{ns}
área da base (m ²)	2014	0,0177 ^{ns}	0,5298**	0,0567	27,82	6,91 ^{ns}
área de cobertura (m ²)	2014	53,34 ^{ns}	225,44**	24,09	33,95	6,53 ^{ns}
altura da touceira (m)	2014	0,97 ^{ns}	39,79**	2,42	21,07	10,06 ^{ns}
densidade de colmos/touceira (n°)	2014	1,21 ^{ns}	550,36**	3,81	19,92	9,23 ^{ns}
<i>dap</i> (cm)	2014	0,17 ^{ns}	17,71**	0,88	26,87	10,69 ^{ns}
<i>dcolo</i> (cm)	2014	0,26 ^{ns}	25,43**	1,00	21,69	10,8 ^{ns}
altura do colmo (m)	2014	0,47 ^{ns}	32,94**	1,93	22,3	7,66 ^{ns}
biomassa (kg/touceira)	2014	1,30 ^{ns}	77,41**	4,58	32,6	7,62 ^{ns}
carbono (kg/touceira)	2014	0,57 ^{ns}	35,49**	2,08	32,7	7,87 ^{ns}
biomassa (t.ha ⁻¹)	2014	1,07 ^{ns}	31,81**	1,53	31,71	7,22 ^{ns}
carbono (t.ha ⁻¹)	2014	0,47 ^{ns}	14,61**	0,69	33,73	7,39 ^{ns}

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); GL = graus de liberdade;

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); χ^2 = qui-quadrado;

^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$); CV = coeficiente de variação (%)

FONTE: O autor (2015)

APÊNDICE 2 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS, TEORES DE MATÉRIA SECA E BIOMASSA SECA

ESPÉCIES DE BAMBU	ESTATÍSTICAS	VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS			TEOR DE MATÉRIA SECA (%)			BIOMASSA SECA (KG)			
		dcolo (cm)	dap (cm)	h (m)	colmo	galhos	folhagem	colmo	galhos	folhagem	parte aérea
(GC) <i>Guadua chacoensis</i>	mínimo	1,9	1,1	2,6	41,97	0,38	0,38	0,26	0,21	0,05	0,52
	média	4,4	3,3	6,3	0,48	0,47	0,47	1,91	1,47	0,68	4,06
	máximo	7,0	5,9	9,0	0,58	0,55	0,56	5,95	3,21	1,63	10,21
	Desvio Padrão	1,5	1,4	1,7	0,04	0,04	0,04	1,42	0,78	0,43	2,48
	Coef. de Variação (%)	33,1	41,5	26,2	1,38	145,95	146,38	74,44	52,99	63,62	61,10
(MS) <i>Merostachys skvortzovii</i>	mínimo	0,8	0,5	2,4	0,39		0,43	0,05		0,04	0,08
	média	1,7	1,6	4,9	0,52		0,48	0,16		0,10	0,26
	máximo	3,0	2,9	7,2	0,62		0,56	0,38		0,30	0,60
	Desvio Padrão	0,6	0,6	1,4	0,06		0,03	0,09		0,06	0,14
	Coef. de Variação (%)	32,9	37,9	28,1	11,98		6,44	56,72		65,83	53,12
(DA) <i>Dendrocalamus asper</i>	mínimo	2,1	0,6	2,6	0,42	-	0,41	0,41	0,07	0,03	0,51
	média	6,3	4,5	7,1	0,49	-	0,47	3,55	0,86	0,26	4,67
	máximo	9,8	7,4	11,4	0,56	-	0,54	7,61	1,62	0,55	9,78
	Desvio Padrão	2,2	2,0	2,6	0,04	-	0,04	2,24	0,47	0,16	2,86
	Coef. de Variação (%)	35,3	44,5	36,7	7,24	-	8,23	63,14	54,52	61,31	61,31
(BV) <i>Bambusa vulgaris</i>	mínimo	2,2	1,3	2,8	0,44	0,38	0,39	0,34	0,07	0,05	0,50
	média	5,4	4,3	7,9	0,53	0,49	0,49	2,95	0,83	0,57	4,35
	máximo	8,9	7,3	11,8	0,63	0,59	0,69	7,13	1,95	1,49	9,60
	Desvio Padrão	1,8	1,6	2,5	0,05	0,07	0,06	1,91	0,47	0,38	2,66
	Coef. de Variação (%)	32,7	37,6	32,3	9,92	14,33	12,59	64,73	57,17	66,29	61,13
(BO) <i>Bambusa oldhamii</i>	mínimo	2,2	1,1	2,8	0,44	0,36	0,40	0,26	0,10	0,07	0,43
	média	5,2	4,0	7,1	0,55	0,49	0,45	2,60	0,88	0,55	4,03
	máximo	8,8	7,4	13,5	0,68	0,67	0,53	8,13	2,08	1,30	10,85
	Desvio Padrão	1,8	1,6	2,7	0,07	0,07	0,03	2,03	0,53	0,34	2,76
	Coef. de Variação (%)	34,9	40,0	37,5	13,13	15,38	5,99	78,12	60,58	61,00	68,35

APÊNDICE 3 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON DAS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E
COMPARTIMENTOS DA BIOMASSA

ESPÉCIES DE BAMBU	VARIÁVEIS	<i>dcolo</i> (cm)	<i>dap</i> (cm)	<i>h</i> (m)	<i>ps</i> colmo (kg)	<i>ps</i> galhos (kg)	<i>ps</i> folhagem (kg)	<i>ps</i> aéreo (kg)
(GC) <i>Guadua chacoensis</i>	<i>dcolo</i> (cm)	1						
	<i>dap</i> (cm)	0,990	1					
	<i>h</i> (m)	0,960	0,972	1				
	<i>ps</i> colmo (kg)	0,952	0,958	0,909	1			
	<i>ps</i> galhos (kg)	0,889	0,896	0,874	0,860	1		
	<i>ps</i> folhagem (kg)	0,818	0,824	0,815	0,768	0,728	1	
	<i>ps</i> aéreo (kg)	0,967	0,974	0,938	0,977	0,934	0,843	1
(MS) <i>Merostachys skvortzovii</i>	<i>dcolo</i> (cm)	1						
	<i>dap</i> (cm)	0,967	1					
	<i>h</i> (m)	0,930	0,940	1				
	<i>ps</i> colmo (kg)	0,951	0,935	0,897	1			
	<i>ps</i> galhos (kg)	0,644	0,664	0,552	0,546		1	
	<i>ps</i> folhagem (kg)	0,933	0,932	0,854	0,920	0,831	-	1
(DA) <i>Dendrocalamus asper</i>	<i>dcolo</i> (cm)	1						
	<i>dap</i> (cm)	0,994	1					
	<i>h</i> (m)	0,963	0,974	1				
	<i>ps</i> colmo (kg)	0,956	0,967	0,971	1			
	<i>ps</i> galhos (kg)	0,958	0,966	0,959	0,982	1		
	<i>ps</i> folhagem (kg)	0,959	0,969	0,972	0,999	0,988	-	1
(BV) <i>Bambusa vulgaris</i>	<i>dcolo</i> (cm)	1						
	<i>dap</i> (cm)	0,973	1					
	<i>h</i> (m)	0,924	0,974	1				
	<i>ps</i> colmo (kg)	0,964	0,975	0,942	1			
	<i>ps</i> galhos (kg)	0,824	0,864	0,809	0,845	1		
	<i>ps</i> folhagem (kg)	0,812	0,852	0,821	0,860	0,788	1	
	<i>ps</i> aéreo (kg)	0,955	0,976	0,938	0,991	0,897	0,900	1
(BO) <i>Bambusa oldhamii</i>	<i>dcolo</i> (cm)	1						
	<i>dap</i> (cm)	0,988	1					
	<i>h</i> (m)	0,966	0,972	1				
	<i>ps</i> colmo (kg)	0,963	0,961	0,965	1			
	<i>ps</i> galhos (kg)	0,895	0,903	0,876	0,879	1		
	<i>ps</i> folhagem (kg)	0,776	0,790	0,733	0,717	0,862	1	
	<i>ps</i> aéreo (kg)	0,970	0,972	0,960	0,984	0,937	0,828	1