



MAÍRA REIS DE ASSIS

**MODELAGEM DA BIOMASSA SECA E
ESTOQUE DE CARBONO TOTAL EM
Eucalyptus CONSIDERANDO DIFERENTES
ESTÁGIOS INICIAIS DE CRESCIMENTO**

**LAVRAS - MG
2012**

MAÍRA REIS DE ASSIS

**MODELAGEM DA BIOMASSA SECA E ESTOQUE DE CARBONO
TOTAL EM *Eucalyptus* CONSIDERANDO DIFERENTES ESTÁGIOS
INICIAIS DE CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Paulo Fernando Trugilho

**LAVRAS - MG
2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Assis, Máira Reis de.

Modelagem da biomassa seca e estoque de carbono total em
Eucalyptus considerando diferentes estágios iniciais de crescimento
/ Máira Reis de Assis. – Lavras : UFLA, 2012.

197 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Paulo Fernando Trugilho.

Bibliografia.

1. Modelos. 2. Reflorestamento. 3. Compartimentos. 4. Idade. 5.
Características. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 674.1

MAÍRA REIS DE ASSIS

**MODELAGEM DA BIOMASSA SECA E ESTOQUE DE CARBONO
TOTAL EM *Eucalyptus* CONSIDERANDO DIFERENTES ESTÁGIOS
INICIAIS DE CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2012.

Dra. Sabina Cerruto Ribeiro	UFLA
Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado	UFLA

Dr. Paulo Fernando Trugilho
Orientador

**LAVRAS – MG
2012**

“Guardai-me como a pupila dos Teus olhos, escondi-me à sombra de vossas
asas.”
Salmo 16, 8

“Anime-se porque a mão de Deus que o sustenta é forte!”
(Santo Padre Pio de Pietrelcina)

“Nada te perturbe, nada te assuste, tudo passa. Deus não muda. A paciência tudo
alcança. Quem a Deus tem nada lhe falta. Só Deus basta!”
(Santa Teresa d’Ávila)

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de
vencer.”
Mahatma Gandhi.

A Jesus Cristo, meu amado Senhor. À Maria Santíssima, pelo acalento e
intercessão constantes.

Ofereço

Aos meus queridos pais, Maurílio e Selma, pilares da minha existência, fonte
inesgotável de amor e paz.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A DEUS Pai Criador, razão da minha existência. A DEUS Filho, Jesus Cristo, meu amado Senhor! E a DEUS Espírito Santo, a maior das graças! “O Senhor sempre abençoa o esforço da busca!”

Ao meu pai, Maurílio, e minha mãe, Selma, pelo exemplo, pelas orações, confiança, apoio em todos os momentos, por desempenharem um papel quase divino ao me proporcionarem acolhimento e muita paciência. Ao meu irmão, Maurício Luiz, agradeço a Deus todos os dias por você existir... Obrigada pelo incentivo constante! Amo muito vocês!

Ao meu amor, meu porto seguro, Danton, por estar comigo em todos os momentos, sempre me apoiando e incentivando, que soube compreender minhas ausências e me acolher em seus braços a cada retorno. Palavras serão insuficientes para descrever o amor imenso que sinto por você!

À Universidade Federal de Lavras pelo ensino gratuito de qualidade e infraestrutura, não só no mestrado, mas em toda a minha graduação. À Ciência e Tecnologia da Madeira e ao laboratório de biomateriais pelo suporte na execução dos trabalhos.

Ao CNPq e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa de estudos e financiamento do projeto de pesquisa.

Ao professor, orientador, amigo Dr. Paulo Fernando Trugilho, pela confiança, pela atenção dispensada, amizade e conhecimento compartilhado durante a realização deste trabalho.

Ao Dr. Sebastião Rosado e à Dra. Sabina Ribeiro, por comporem a banca examinadora deste trabalho, enriquecendo-o com sugestões e correções valiosas. Como proprietário do viveiro Nutrilyptus, o professor Rosado também cedeu o local para que o trabalho científico pudesse ter sido conduzido.

Aos professores do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira: Dr. José Tarcísio Lima, Dr. José Reinaldo Moreira da Silva, Dr. Lourival Marin Mendes, Dr. Fábio Akira Mori, Dr. Alfredo Napoli, Dr. Gustavo Tonoli e Dr. Paulo Hein, pelos ensinamentos e convivência durante todo o período.

Aos laboratoristas e funcionários Claret, Wilson (Melão), Hernani, Cris e Chica, pela disposição em ajudar todas as vezes que se fez necessário.

À Ivanilde, esposa do professor Rosado, e às suas funcionárias, por me ajudarem a cuidar do experimento com tanto comprometimento e carinho. Sem vocês, este momento não seria possível.

Aos amigos do mestrado (Turma 2010/1), pelo convívio, parceria e amizade que perdura.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Biomateriais, em especial ao Tião, Selma, Claudinéia, Isabel e Thiaguinho, por todo o auxílio, paciência, apoio e carinho dedicados a mim e a este trabalho, Allan, Jeimy, Vinícius, Tayana, João, Luís, Luana, pelo convívio e toda ajuda prestada.

Aos meus familiares, meus avós, tios e primos, em especial minha querida madrinha Rosa, que sempre me incentivaram a lutar pelos meus sonhos dando força e coragem nos momentos difíceis.

Às meninas dos olhos de Deus, Jamila, Taty, Amanda, Rafa e Carol, que me permitiram viver em uma família quando eu estava longe da minha. Obrigada por tudo! Carrego vocês no peito como se tivéssemos nascido do mesmo ventre... Amo muito vocês minhas meninas!

À Ana Maria, José Antônio e Dandara, família abençoada que me acolheu, que me proporcionam amparo e carinho constantemente! Vocês são verdadeiros presentes de Deus em minha vida!

Ao Ministério Universidades Renovadas que me ensinou a adorar nosso único Senhor, Jesus Cristo. Vocês são instrumentos preciosos de Deus! Meus irmãos em Cristo, tentando viver segundo os preceitos divinos em busca da santidade, vocês fazem a diferença no mundo! E fazem a diferença no meu mundo! Se hoje sou uma pessoa melhor, devo isso ao AMOR que me doaram, por me ensinarem a deixar-me ser amada e a amar, acima de tudo!

Ao GOU Magnificat, Gabi, Jami's, Gui, Gal, Karen, Carol, Antônio, Amílcar, Geisa, Marcelo, Ana Letícia. Obrigada por cada momento abençoado que passamos juntos, por cada oração, pelas boas risadas, pelo companheirismo, pela caridade, por lutarem ao meu lado por Aquele que acreditamos! "Preciosos são para Deus e para mim!"

Aos meus grandes amigos-irmãos: vocês são essenciais! Agradeço a Deus todos os dias por ter colocado no meu caminho pessoas tão especiais, que me completam e fazem a minha vida mais feliz! Amizades que ultrapassam a barreira da distância e do tempo...

E a todos que contribuíram para a conclusão de mais uma etapa da minha vida! Muito obrigada!

RESUMO

O objetivo geral desse trabalho foi determinar a quantidade de carbono fixado na raiz, tronco e folhas de *Eucalyptus*, em diferentes estágios iniciais de desenvolvimento da planta, bem como o ajuste de modelos de regressão para estimativa de produção de biomassa seca, estoque de carbono total e em volume, por material genético e idade. O experimento foi conduzido em viveiro comercial em Lavras, MG, do mês de outubro de 2010 a outubro de 2011. Plantas de sete materiais genéticos de *Eucalyptus* foram cultivadas, sendo *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus citriodora* provenientes de sementes e os clones GG100, AEC144, 7085 e 58. Foram realizadas avaliações nas plantas antes do plantio, aos dois, quatro, seis, oito e 12 meses de idade. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados dispostos em parcelas subdivididas, sendo a parcela o efeito de idade das plantas e a subparcela o efeito de material genético. Em todas as idades foram obtidos os dados de diâmetro na altura do coleto e comprimento da parte aérea da planta. A biomassa de cada planta foi separada em tronco, folhas e raiz, sendo cada compartimento seco em estufa à temperatura de 60°C para determinação da massa seca e de carbono total das plantas. Determinou-se o teor de carbono elementar, por compartimento da planta, e a densidade básica do caule e da casca propriamente dita. A estimativa de carbono por volume foi obtida pelo produto da densidade básica do caule e teor de carbono desse compartimento. Foram testados dois modelos não lineares, três modelos lineares simples e quatro modelos lineares múltiplos para a estimativa de massa seca e carbono total, por material genético. Para o efeito da idade foram ajustados dois modelos lineares simples e 11 modelos lineares múltiplos, para a estimativa da massa seca e carbono total, e três modelos lineares simples e 12 modelos lineares múltiplos, para estimativa do carbono por volume. A seleção do melhor modelo foi com base na sua significância e dos seus coeficientes de regressão, coeficientes de determinação ajustado, erro padrão residual e análise gráfica dos resíduos padronizados. As características avaliadas nas plantas apresentaram uma tendência de aumento com a idade, sendo o comportamento distinto de acordo com o material genético. O sistema radicular aos 12 meses, considerando a média de todos os materiais genéticos, se destacou como o de maior produção de massa seca e estoque de carbono entre os compartimentos das plantas, seguido pelo tronco e folhas, respectivamente. Os modelos ajustados para os diferentes materiais genéticos e idades mostraram, de maneira geral, bons ajustes e precisão. No ajuste dos modelos de regressão, verificou-se que cada material genético e idade apresentaram comportamento particular de produção de biomassa seca, carbono total e carbono por volume, não sendo possível selecionar um modelo comum que representasse todos eles. As diferenças identificadas quanto à produção de biomassa dos materiais genéticos de

Eucalyptus no primeiro ano de cultivo sugerem a possibilidade de seleção de genótipos para condições distintas de plantio.

Palavras-chave: Modelos, Reflorestamento, Compartimentos, Idade, Características.

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the quantity of fixed carbon on root, bulk and leaves of *Eucalyptus* in different initial stages of the plant development, as well as to adjust regression models for estimating production of dry biomass, total storage of carbon and in volume, by genetic material and age. The experiment was conducted in a commercial nursery in Lavras, MG, from October 2010 to October 2011. Plants of seven genetic material of *Eucalyptus* were grown, *E. urophylla*, *E. grandis* and *E. citriodora* from seeds and the clones GG100, AEC144, 7085 and 58. Plants were evaluated before plantation, at two, four, six, eight and twelve months old. The statistical design adopted was randomized blocks in a split-plot scheme, where the plot was age effect and the sub-plot was the genetic material effect. In all the ages, data of base diameter and length of overground parts were collected. The biomass of each plant was separated in trunk, leaves and root, and each compartment was kiln-dried at 60°C in order to determine dry mass and total carbon of plants. The elementary carbon content, basic density of stem and bark were determined. The estimate of carbon by volume was obtained by the product of basic density of stem and carbon content of these compartments. Two non-linear models, three simple linear and four multiple linear models were tested in order to estimate dry mass and total carbon by genetic material. For the effect of age, two simple linear and eleven multiple linear models were adjusted in order to estimate dry mass and total carbon, and three simple linear and twelve multiple linear models were considered to estimate carbon by volume. The selection of the best model was based on its significance and regression coefficients, adjusted coefficient of determination, standard error and graphic analysis of standardized residuals. Characteristics evaluated on plants presented a tendency to increase with age and with different behavior among different genetic material. Root system at 12 months, considering the average of all genetic material, presented the higher production of dry mass and carbon storage among compartments of plants, followed by trunk and leaves, respectively. Models adjusted for different genetic materials and ages show, generally, good adjusts and precision. Adjusting regression models, it was verified that each genetic material and age presented particular behaviors in relation to the production of dry biomass, total carbon and carbon by volume. It was not possible to select a common model that represents all of them. The differences identified in relation to production of biomass of genetic material of *Eucalyptus* during the first year suggest the possibility to select genotypes for distinct conditions of plantation.

Keywords: Models, Reforestation, Compartments, Age, Characteristics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Arranjo de um bloco em idades e materiais genéticos.....	53
Figura 2	Experimento após instalação.....	53
Figura 3	Distribuição média de biomassa nos compartimentos das árvores de <i>Eucalyptus</i> , ao longo das idades avaliadas.....	65
Figura 4	Porcentagem de alocação de carbono na raiz, por material genético, ao longo das idades avaliadas.....	73
Figura 5	Porcentagem de alocação de carbono no tronco, por material genético, ao longo das idades avaliadas.....	74
Figura 6	Porcentagem de alocação de carbono na folha, por material genético, ao longo das idades avaliadas.....	74
Figura 7	Distribuição média de carbono nos compartimentos das árvores de <i>Eucalyptus</i> , ao longo das idades avaliadas.....	75
Figura 8	Modelo 3 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para <i>E. urophylla</i>	82
Figura 9	Modelo 4 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para <i>E. grandis</i>	84
Figura 10	Modelo 3 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para <i>E. citriodora</i>	86
Figura 11	Modelo 8 - Superfície de resposta quadrática: Massa seca (a) e Carbono total (b) para o clone GG100.....	88
Figura 12	Modelo 5 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para o clone AEC144.....	90
Figura 13	Modelo 5 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para o clone 7085.....	92
Figura 14	Modelo 5 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para o clone 58.....	94

Figura 15	Relação funcional entre a massa seca total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos dois meses de idade.....	98
Figura 16	Relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos dois meses de idade.....	100
Figura 17	Relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos dois meses de idade.....	102
Figura 18	Relação funcional entre a massa seca total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos quatro meses de idade.....	104
Figura 19	Relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos quatro meses de idade.....	106
Figura 20	Relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos quatro meses de idade.....	108
Figura 21	Relação funcional entre a massa seca total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos seis meses de idade.....	110

Figura 22	Relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos seis meses de idade.	112
Figura 23	Relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos seis meses de idade.	114
Figura 24	Relação funcional entre a massa seca com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos oito meses de idade.	116
Figura 25	Relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos oito meses de idade.	118
Figura 26	Relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos oito meses de idade.	120
Figura 27	Relação funcional entre a massa seca com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos 12 meses de idade.	122
Figura 28	Relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos 12 meses de idade.	124

Figura 29 Relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos 12 meses de idade. 126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Modelos estatísticos ajustados para cada material genético para estimativa de biomassa seca e carbono total.	55
Tabela 2	Modelos estatísticos ajustados por idade para estimativa de biomassa seca, carbono total e carbono por volume.	56
Tabela 3	Modelos estatísticos ajustados por idade para estimativa de biomassa seca, carbono total e carbono por volume.	57
Tabela 4	Valores médios para as características de crescimento das plantas, densidade básica e estimativa de carbono por volume, por material genético e idade.	60
Tabela 5	Produção de massa seca dos compartimentos das plantas, por material genético, nas diferentes idades.	62
Tabela 6	Valores médios dos teores de carbono presentes na raiz, tronco e folha das plantas, nos diferentes materiais genéticos e idades.	68
Tabela 7	Carbono estocado nos diferentes compartimentos das árvores, em diferentes idades e materiais genéticos.	71
Tabela 8	Partição do carbono estocado nos diferentes compartimentos (raiz, tronco e folha), em diferentes idades e materiais genéticos.	72
Tabela 9	Resumo da análise de variância para o diâmetro do coleto e o comprimento da parte aérea.	77
Tabela 10	Resumo da análise de variância para o carbono por volume, densidade básica da casca e caule.	77
Tabela 11	Resumo da análise de variância para a massa seca nos diferentes compartimentos da planta.	78
Tabela 12	Resumo da análise de variância para a massa de carbono nos diferentes compartimentos da planta e do total.	78

Tabela 13	Resumo da análise de variância para os teores de carbono.	79
Tabela 14	Teste de médias para as variáveis massa seca da folha, massa seca de carbono na folha e densidade básica da casca por material genético.....	80
Tabela 15	Teste de médias para as variáveis massa seca da folha, massa seca de carbono na folha e densidade básica da casca por idade.	80
Tabela 16	Parâmetros e estatísticas dos modelos selecionados para estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos dois meses de idade.....	96
Tabela 17	Parâmetros e estatísticas dos modelos selecionados para estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos quatro meses de idade.....	103
Tabela 18	Parâmetros e estatísticas dos modelos selecionados para estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos seis meses de idade.....	109
Tabela 19	Parâmetros e estatísticas dos modelos selecionados para estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos oito meses de idade.....	115
Tabela 20	Parâmetros e estatísticas dos modelos selecionados para estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos 12 meses de idade.....	121

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 Efeito estufa e as mudanças climáticas	23
2.2 Políticas da questão climática	25
2.3 Mercado de créditos de carbono florestal.....	28
2.4 O Brasil e o MDL.....	30
2.5 O carbono e as florestas.....	32
2.6 O gênero <i>Eucalyptus</i> e seu potencial econômico.....	36
2.7 Métodos de determinação e estimativa de biomassa.....	41
2.8 Modelagem estatística florestal.....	44
3 MATERIAL E MÉTODOS	47
3.1 Produção das mudas.....	48
3.2 Implantação do experimento	49
3.3 Coleta do material, experimental e avaliações	49
3.3.1 Densidade básica	51
3.3.2 Determinação da composição química elementar.....	51
3.4.1 Modelagem estatística.....	54
3.4.1.1 Ajuste de modelos para cada material genético	54
3.4.1.2 Ajuste de modelos para cada idade	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1 Características avaliadas nas plantas.....	58

4.2 Modelagem estatística.....	81
4.2.1 Seleção de modelos por material genético	81
4.2.1.1 <i>Eucalyptus urophylla</i>	81
4.2.1.2 <i>Eucalyptus grandis</i>	83
4.2.1.3 <i>Eucalyptus citriodora</i>	85
4.2.1.4 Clone GG100	87
4.2.1.5 Clone AEC144.....	89
4.2.1.6 Clone 7085	91
4.2.1.7 Clone 58	93
4.2.2 Seleção de modelos por idade.....	96
4.2.2.1 Idade dois meses.....	96
4.2.2.3 Idade seis meses.....	109
4.2.2.4 Idade oito meses	115
4.2.2.5 Idade 12 meses.....	121
5 CONCLUSÕES.....	128
REFERÊNCIAS.....	129
ANEXOS.....	146

1 INTRODUÇÃO

A intensificação do efeito estufa, causada pelo aumento acelerado de seus gases, em especial o dióxido de carbono (CO₂), por atividades humanas ligadas ao consumo de combustíveis fósseis e ao desmatamento da cobertura vegetal, têm provocado mudanças climáticas em escala global e acentuado a preocupação mundial quanto às consequências futuras permanentes (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 2001).

Assim, há um consenso mundial de que estudos devem ser conduzidos para a adoção de estratégias a fim de reduzir a concentração de gases do efeito estufa (GEE), principalmente o CO₂. Para frear ou minimizar os efeitos das mudanças climáticas e do aquecimento global, pode-se adotar como alternativa de ação o aumento das áreas com florestas, as quais absorverão o CO₂ atmosférico convertendo-o em biomassa e armazenando grandes quantidades deste elemento na parte aérea e raízes das árvores, camadas decompostas sobre o solo, no solo, entre outros.

O setor florestal brasileiro fornece excelentes oportunidades de projetos para sequestro de carbono. Fatores como a disponibilidade de área cultivável e a diversidade edafoclimática criam condições ideais para florestamentos e reflorestamentos, gerando emprego e renda para o país.

O gênero *Eucalyptus* se destaca na absorção do carbono atmosférico, devido ao seu rápido crescimento e a sua alta produtividade. Além disso, os reflorestamentos com espécies de *Eucalyptus* asseguram a produção de madeira como matéria-prima para diferentes aplicações industriais e ameniza a pressão sobre os remanescentes de florestas naturais.

No Brasil, o eucalipto é a cultura mais utilizada em plantios florestais, sendo que, em 2010, dos 6,5 milhões de hectares de área total, 4,7 milhões de hectares ou 73,0% corresponderam à área de plantios com espécies deste gênero.

Minas Gerais é o estado que possui a maior área reflorestada com *Eucalyptus* no país, contendo uma área aproximada de 1,8 milhões de hectares, 29,4% de toda área reflorestada com florestas desse gênero no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF, 2011). Esta matéria-prima é utilizada especialmente para a produção de carvão vegetal, visando ao abastecimento do setor siderúrgico.

Há grande variabilidade intra e interespecífica entre as espécies e clones de *Eucalyptus*, principalmente em características como produção de biomassa e taxa de crescimento. Atualmente várias empresas do setor florestal utilizam a informação da estimativa de massa de madeira por área para fazer previsão da quantidade de produtos a ser gerada por material genético em dado local, além da quantidade de carbono fixado na planta e por idade. Estas informações servem para a tomada de decisão de aumento da área reflorestada e também da possibilidade de se conseguir créditos de carbono com a floresta.

Diante do exposto, o objetivo geral desse trabalho foi determinar a quantidade de carbono fixado na raiz, tronco e folhas de *Eucalyptus*, em diferentes estágios de desenvolvimento da planta, bem como o ajuste de modelos de regressão para estimativa de produção de biomassa seca e estoque de carbono total, por material genético, e modelos de produção de biomassa seca, estoque de carbono total e em volume por idade.

Os objetivos específicos desse trabalho foram:

- determinar as características de crescimento em diferentes estágios de desenvolvimento de plantas de diferentes materiais genéticos de eucalipto;
- determinar a massa seca e o estoque de carbono da raiz, tronco e folhas das plantas avaliadas;
- determinar os teores de carbono de cada compartimento considerado na planta;
- avaliar o efeito da idade no aumento da biomassa seca e carbono total;

- estimar o carbono por volume (kg.m^{-3}) do caule nas plantas;
- determinar a densidade básica do caule e casca das plantas;
- ajustar equações para estimativa da biomassa seca e estoque de carbono total, por material genético;
- ajustar modelos para a estimativa de carbono por volume, massa seca e estoque de carbono total nas plantas por idade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Efeito estufa e as mudanças climáticas

A atmosfera da Terra é constituída por, aproximadamente, 99% de nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂). O restante é composto, entre outros gases, pelos chamados gases do efeito estufa (GEE), ou seja, gases com capacidade de absorver e refletir calor, impedindo parte da sua transmissão para o espaço exterior.

O efeito estufa é um fenômeno natural, responsável por manter a superfície terrestre aquecida, proporcionando condições ambientais favoráveis à existência e vida no planeta Terra. Contudo, vem ocorrendo um aumento gradativo das temperaturas no planeta Terra, aumento esse que pode ser atribuído, primordialmente, ao acúmulo de GEE na atmosfera, conforme foi confirmado no relatório do IPCC (2001).

Estes gases, cujos teores na atmosfera tendem a crescer, formam uma “espessa camada” que impede a radiação infravermelha de ser devolvida ao espaço exterior, resultando no aprisionamento de calor e, em consequência, no aumento das temperaturas médias do planeta. Com efeito, quanto maior a concentração dos GEE, maior a intensificação desse fenômeno, que poderá causar mudanças climáticas permanentes (CAMPOS, 2001; UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC, 2007).

As mudanças climáticas se tornaram uma das grandes preocupações nas últimas décadas, não somente da comunidade científica, mas também da humanidade como um todo, que passou a sofrer com as consequências diretamente relacionadas ao aquecimento global. Eventos como uma maior frequência e intensidade de fenômenos climáticos extremos (tempestades,

furacões, secas), alterações nos regimes de chuvas, elevação do nível dos oceanos e perturbações nas correntes marinhas e derretimento de geleiras acarretarão em impactos socioeconômicos e ambientais em todo o mundo (IPCC, 2007b).

Algumas atividades humanas, principalmente a queima de combustíveis fósseis e as queimadas, estão acelerando o aumento da concentração de GEE na atmosfera (IPCC, 2001). Dentre os GEE responsáveis pelo aumento das temperaturas médias estão o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e outros gases como os hidrofluorcarbonos (HFC's), perfluorcarbonos (PFC's) e hexafluoreto de enxofre (SF_6) (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC, 2007).

O dióxido de carbono (CO_2), oriundo da queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural) e do desmatamento da cobertura vegetal do planeta, é o principal causador do efeito estufa, responsável por 49 a 67% do total das emissões de GEE. Sua concentração na atmosfera aumentou cerca de 40% no período entre 1750 a 2012. A concentração do dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera em 1750 era de apenas 280 partes por milhão (ppm) e atualmente está acima das 393ppm (EARTH SYSTEM RESEARCH LABORATORY/NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - ESRL/NOAA, 2012a). O ano de 2011 está entre os mais quentes já registrados, com temperatura média $0,5^\circ\text{C}$ acima da média do século 20, classificando 2011 como o nono ano mais quente desde 1880. A diferença entre 2011 e o ano mais quente já registrado (2010) é de apenas $0,12^\circ\text{C}$, o que reforça a noção de que a tendência é o aumento das temperaturas para as próximas décadas (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION/EARTH SYSTEM RESEARCH LABORATORY - NCDC/NOAA, 2012).

Outros gases, como o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) são extremamente perniciosos, enquanto poluidores atmosféricos. O metano tem como principais fontes as atividades agropecuárias e o uso de combustíveis fósseis. O metano, que apresenta potencial de aquecimento 21 vezes mais que o dióxido de carbono, durante o período de 1750 a 2010, aumentou de 751 partes por bilhão (ppb) para 1799ppb (ESRL/NOAA, 2012b). O óxido nitroso, 230 vezes mais eficaz que o CO₂ no aquecimento global, é emitido principalmente pela agricultura. Esse GEE aumentou de 270ppb, em 1750, para 325ppb, em 2012 (ESRL/NOAA, 2012c).

2.2 Políticas da questão climática

Um consenso internacional tem sido formado, principalmente a partir da década de 80, em relação ao aquecimento global observado desde a Revolução Industrial, causado pela crescente emissão antrópica de GEE (IPCC, 2007a). Em 1988 foi criado o IPCC (em inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change*), entidade internacional de base científica, para a adaptação e mitigação das mudanças climáticas induzidas pelo ser humano. No seu Primeiro Relatório de Avaliação, publicado em 1990, o IPCC divulgou as primeiras comprovações científicas de que as atividades humanas são responsáveis pelo aquecimento do planeta, e se afirmava, de fato, que as mudanças climáticas representariam uma ameaça ao meio ambiente e à humanidade (IPCC, 2001).

Em resposta ao primeiro relatório do IPCC (1996), surgiu a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – CQNUMC (*United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*), que entrou em vigor oficialmente em 1994, com o objetivo principal de estabilizar a concentração dos GEE na atmosfera. Os relatórios de avaliação do IPCC têm

exatamente a finalidade de fornecer o suporte científico para as decisões tomadas no âmbito da CQNUMC.

No texto da CQNUMC pode ser destacado o princípio da equidade com responsabilidades comuns, porém diferenciadas, devido ao reconhecimento pela Convenção de que a maior parte das emissões tem origem de países desenvolvidos. Por isso, os países foram divididos em desenvolvidos, grandes emissores e que possuem o compromisso de redução de GEE, pertencentes ao Anexo-I, e países em desenvolvimento, Não-Anexo I.

Para discutir o progresso da implementação da CQNUMC, os países signatários da mesma passaram a se encontrar anualmente nas Conferências das Partes (COP). Na terceira Conferência das Partes da Convenção do Clima (COP-3), uma das mais importantes dessas reuniões, realizada em dezembro de 1997, em Kyoto, Japão, foi adotado um Protocolo como proposta concreta de início do processo de estabilização das emissões de gases geradores da intensificação do efeito estufa.

O Protocolo estabeleceu a redução das emissões de gases de efeito estufa em 5% em média, em relação às emissões de 1990, somente para os países do Anexo-I, no primeiro período de compromisso (2008 - 2012) (CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - CEBDS, 2002). No entanto, algumas comunidades científicas afirmam que esta meta não é suficiente para a mitigação do aquecimento global. Considerando que o Protocolo seja processado com sucesso, estima-se uma redução da temperatura global de 0,02°C a 0,28°C, até 2050, resultados estes que dependerão das negociações que serão realizadas após o primeiro período de compromisso, no final de 2012 (LEMOS, 2007).

O Protocolo de Kyoto entrou oficialmente em vigor em fevereiro de 2005, com três mecanismos suplementares de flexibilização para auxiliar os países do Anexo-I a atingir os objetivos de redução dos GEE: Comércio de

Emissões (*Emission Trade*), Implementação Conjunta (*Joint Implementation*) e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (*Clean Development Mechanism*).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, único mecanismo que admite a participação voluntária de países não-Anexo I, possibilita aos países do Anexo I a implementação de projetos de redução de emissão em países Não-Anexo I. O mecanismo consiste na negociação no mercado mundial de cada tonelada de CO₂ que deixa de ser emitido nos países desenvolvidos ou retirado da atmosfera por projetos de absorção do carbono nos países em desenvolvimento, obtendo-se assim Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) (UNFCCC, 2011). Essa proposta, além de auxiliar os países do Anexo I a atingir os compromissos de redução de emissões, contribui para o desenvolvimento sustentável, investimento e inovação tecnológica nos países em desenvolvimento.

Os projetos de MDL podem ser classificados em redução de emissões, emissões evitadas e remoção de carbono ou sequestro de carbono. As reduções de emissões dos GEE são obtidas, dentre outras formas, através de mecanismos de eficiência energética, pela substituição de fontes não renováveis de energia por combustíveis renováveis, e com a adoção de tecnologias mais eficientes. As emissões evitadas se originam da geração de energia por fontes renováveis, como a geração de energia com base na biomassa e em substituição dos combustíveis fósseis. A remoção de carbono ocorre através de sumidouros e da estocagem do CO₂ retirado da atmosfera em reservatórios geológicos ou atividades relacionadas ao uso da terra, onde estão incluídas as atividades de florestamento e reflorestamento, guiados pelos princípios referidos na categoria de LULUCF - *Land Use, Land Use Change and Forestry* - Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas, que trata dos potenciais sumidouros,

fontes e reservatórios relacionados com as atividades agropecuárias e florestais (BITO, 2006; CEBDS, 2002).

Sabe-se que as florestas reduzem eficientemente a concentração atmosférica de CO₂ por possuírem a capacidade de fixar carbono através da fotossíntese, além de armazenar CO₂ na forma de madeira e acumulá-lo no solo por centenas de anos antes de retornar à atmosfera através da mudança de uso da terra, contribuindo assim para a estabilidade ambiental (CAMPOS, 2001; LITTON; RAICH; RYAN, 2007).

2.3 Mercado de créditos de carbono florestal

Créditos de carbono são certificados emitidos quando ocorre uma redução de emissão de gases do efeito estufa ou remoção de CO₂ atmosférico a partir de projetos de MDL. O mercado de créditos de carbono, apesar de ter ainda um longo caminho a ser trilhado, tem mostrado grandes inovações e crescimento, que podem adicionar valor aos projetos de plantações e manejo florestal sustentável. Para a comercialização de créditos de carbono é necessário fazer a conversão do carbono orgânico acumulado nos povoamentos florestais para um valor que corresponda ao dióxido de carbono sequestrado, toneladas de CO₂ equivalente (ZHANG; BARAL; BAKSHI, 2010), realizada através da divisão do peso atômico das moléculas de dióxido de carbono pelo peso atômico do carbono, obtendo um fator de conversão de 3,67. A venda de créditos é a forma pela qual se remunera a retirada de carbono da atmosfera pelos plantios e pelas emissões evitadas via doação de recursos ou negociação no mercado internacional, sendo que existem mecanismos que estabelecem metodologias, registram e negociam esses créditos, que podem ser regulatórios voluntários. Entretanto, ainda persistem incertezas em relação aos estoques de carbono

florestal, às metodologias de quantificação e aos riscos de permanência deste estoque (AMATA, 2008).

O mercado de carbono voluntário abrange todas as negociações de créditos de carbono e neutralizações de emissões de GEE realizado por setores e grupos localizados em países do não Anexo I, ou seja, que não possuem metas de redução de emissões (como é o caso do Brasil), e empresas localizadas em países não signatários do Protocolo de Kyoto (como empresas dos EUA) (AMATA, 2008).

A análise das tendências das transações globais de reduções de emissões geradas por projetos de carbono florestal mostra que o ano de 2010 gerou recordes para os mercados, recordes estes que já haviam sido atingidos em 2008 e 2009, nos quais foram contratadas 30,1 MtCO₂e (milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente) nos mercados de carbono florestal primários e secundários, chegando a comercializar um valor de US\$ 178 milhões (STATE OF THE FOREST CARBON MARKETS, 2011). Com isso, a extensão histórica dos mercados de carbono florestal subiu para 75 MtCO₂e, avaliada em cerca de US\$ 432 milhões, e os projetos neste setor atingiram mais de 7,9 milhões de hectares de florestas em 49 países do mundo. O preço médio das compensações entre os mercados primários de carbono florestal aumentaram de US\$ 3,8/tCO₂e em 2008 para US\$ 5,5/tCO₂e em 2010. Têm-se constatado também que contratos para compensações de carbono florestais atingiram mais que o dobro dos últimos dois anos, provavelmente devido às discussões políticas internacionais e um reconhecimento mundial do papel das florestas na regulação climática (STATE OF THE FOREST CARBON MARKETS, 2011).

Para obter os certificados com projetos de MDL, no entanto, existe uma série de etapas que as empresas devem cumprir, desde a elaboração do Documento de Projeto (PDD), passando pelas fases de Metodologia, Validação, Registro, Monitoramento, Verificação e Certificação até chegar à emissão da

Redução Certificada de Emissões (RCEs), aprovada por uma comissão gerenciada pela Organização das Nações Unidas (ONU).

2.4 O Brasil e o MDL

O Brasil, por ser um país não-Anexo I, participa apenas das atividades de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto como país hospedeiro de projetos, gerando e negociando créditos de carbono, não sendo ainda obrigatória a redução da emissão de gases poluentes.

Durante a 15ª Conferência das Partes em Copenhague, em 2009, porém, o Brasil estabeleceu uma Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). A lei estabelece os princípios jurídicos que nortearão a política climática nacional, como a precaução, a participação cidadã e o desenvolvimento sustentável. O país anunciou metas de compromisso voluntário de redução entre 36,1% a 38,9% de suas emissões de gases de efeito estufa projetadas até 2020. Como instrumento da PNMC foi criado o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), contrato firmado entre o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) para operar linhas de crédito que beneficiarão projetos para economia de baixo carbono no país. O FNMC, entre diferentes áreas de projetos elegíveis, tem orçado investimentos para fornos mais eficientes na produção de carvão vegetal nas regiões produtoras de ferro gusa, especialmente no Pará, Maranhão, Tocantins e Minas Gerais, e linhas de crédito especiais para o setor de energia com uso de resíduos sólidos (INSTITUTO CARBONO BRASIL, 2011a, 2011b).

O primeiro projeto no mundo registrado e habilitado pela CQNUMC a comercializar créditos de carbono dentro do MDL foi brasileiro, o projeto do aterro sanitário Nova Gerar, em Nova Iguaçu (RJ), na queima de metano para

produção de eletricidade (SEGRETI; BITO, 2006). Em 2011, o país estava em 3º lugar quanto ao número de atividades de projetos em estágio de validação, aprovação e registro, com um total de 499 (6%), superado apenas pela Índia com 2098 projetos (27%) e pela China com 3056 (39%). No cenário global, o Brasil ocupa a terceira posição entre os países com maiores reduções anuais de emissões de gases de efeito estufa, com uma redução de 52,3 milhões de tCO₂e/ano, o que corresponde a 5% do total mundial (BRASIL, 2011). A maior parte das atividades de projeto desenvolvidas no Brasil, cerca de 52%, está no setor energético, ou seja, projetos que visam substituir o consumo de combustíveis fósseis por energias renováveis, isso explica a predominância do CO₂ na balança de reduções de emissões brasileiras (67%).

Entidades públicas ou privadas do Brasil, financiando ou não o desenvolvimento de projetos de MDL, adquirem os RCEs correspondentes e operam, no momento mais favorável, em bases mais vantajosas e competitivas, a comercialização internacional desses Certificados. Esse tipo de transação é chamada de modelo unilateral de projetos de MDL (CEBDS, 2002).

O país possui vantagem competitiva em projetos dentro da concepção do MDL, em especial os florestais, devido ao seu vasto território, disponibilidade de mão de obra, condições edafoclimáticas e tecnológicas favoráveis (ROCHA, 2002). Nesse sentido, destacam-se os reflorestamentos com espécies de rápido crescimento como uma das formas mais promissoras de mitigar o aumento da concentração de CO₂, em virtude da alta produtividade dessas florestas.

A empresa Plantar S/A, em parceria com o Fundo Protótipo de Carbono do Banco Mundial (*Prototype Carbon Fund – PCF*), está implementando o Projeto Plantar. O objetivo geral é reduzir as emissões de gases do efeito estufa por meio do estabelecimento de plantios sustentáveis de florestas de eucalipto para suprir o uso de carvão vegetal na produção de ferro primário, ao invés de coque de carvão mineral ou biomassa não-renovável (carvão vegetal de florestas

nativas). O Projeto Plantar também conta com a redução das emissões de metano (CH_4) no processo de transformação da madeira em carvão vegetal, através de melhorias na eficiência do processo de produção. Ao longo de 28 anos, o Projeto diminuirá a concentração de CO_2 na atmosfera em aproximadamente 12,8 milhões de toneladas equivalentes. É o primeiro projeto brasileiro de mitigação de gases de efeito estufa aprovado pelo Banco Mundial, devido ao grande potencial de replicação no setor siderúrgico. O projeto é baseado no artigo 12 do Protocolo de Kyoto, de acordo com os critérios do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (GRUPO PLANTAR, 2011).

2.5 O carbono e as florestas

O carbono é o elemento essencial na constituição dos seres vivos. Os vegetais terrestres, na síntese de compostos orgânicos, dispõem como principal fonte de carbono a atmosfera (CAMPOS, 2001).

Pela fotossíntese, o CO_2 é assimilado pelas plantas e, na presença de água e de minerais, juntamente com a energia do sol e clorofila, sintetizam a biomassa e oxigênio. A respiração nos vegetais é responsável pelo principal processo complementar à fotossíntese, onde a biomassa reage com o oxigênio e liberam CO_2 e energia.

A decomposição, respiração de bactérias e fungos quando digerem matéria orgânica morta, e a combustão são outros dois processos semelhantes à respiração, na qual o carbono pode desprender-se na forma de CO_2 , monóxido de carbono, ou metano, ou fica incorporado no solo como substância orgânica, um dos fatores fundamentais para a manutenção da produtividade florestal (CAMPOS, 2001; REIS; BARROS, 1990). O equilíbrio entre esses processos determina se um ecossistema é fonte ou sumidouro de carbono atmosférico (REIS et al., 1994).

Os ecossistemas florestais têm papel importante no ciclo do carbono e destacam-se, pois são capazes de absorver e armazenar grandes quantidades deste elemento na parte aérea, raízes, camadas decompostas sobre o solo, no solo, entre outros, constituindo o maior reservatório de carbono de todos os ecossistemas terrestres (CAMPOS, 2001; RENNERT, 2004; SOARES; LEITE; GORGENS, 2005). As florestas cobrem cerca de 30% da superfície da Terra e estocam em torno de 85% do carbono orgânico. O estoque de carbono no solo é aproximadamente 2,1 vezes maior do que o estoque na atmosfera (CALDEIRA et al., 2002).

Diferentes florestas, sejam elas naturais ou plantadas, apresentam diferentes estoques de carbono em sua biomassa, variando também de acordo com os locais dentro de um mesmo bioma, sendo que a taxa de produtividade e, conseqüentemente, o potencial de acumulação de CO₂ no povoamento, depende do tipo e condição de cada bioma, idade, composição das espécies, fatores edafoclimáticos (em especial água e nutrientes), distúrbios naturais, manejo, densidade de plantio (CAMPOS, 2001; GRIERSON; ADAMS; ATTIWILL, 1992; KÖRNER, 2003; PAIXÃO, 2004; SANTANA; BARROS; NEVES, 2008; VIEIRA et al., 2010; WATZLAWICK; SANQUETTA; CALDEIRA, 2005).

Avaliando a produção de biomassa e o estoque de carbono em povoamentos de *Pinus taeda* L., no município de General Carneiro, PR, com idade de 21, 22 e 23 anos, Watzlawick, Sanquetta e Caldeira (2005) obtiveram produção média de biomassa total (acima e abaixo do solo) no povoamento com 21 anos de 298,99 Mg ha⁻¹, com 22 anos de 271,83 Mg ha⁻¹ e com 23 anos de 280,92 Mg ha⁻¹. O estoque de carbono do povoamento com 21 anos foi 135,49 Mg ha⁻¹, com 22 anos, de 119,07 Mg ha⁻¹ e 23 anos, 130,42 Mg ha⁻¹, com um incremento médio de carbono (IMC) variando de 5,41 a 6,45 MgC ha⁻¹ano⁻¹.

Caldeira et al. (2003), quantificando o carbono orgânico no solo, serapilheira e biomassa, em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild., com 4 e

6 anos de idade, no município de Butiá, RS, encontraram 110,1 MgC ha⁻¹ e 101,5 MgC ha⁻¹, no solo até 100 cm de profundidade, 2,26 MgC ha⁻¹ e 4,53 MgC ha⁻¹ na serapilheira, 27,68 MgC ha⁻¹ e 55,75 MgC ha⁻¹ na biomassa total, aos 4 e 6 anos de idade, respectivamente. Aos 4 anos, 62% do carbono estavam retidos na madeira e aos 6 anos esse percentual subiu para 66%.

Em um estudo avaliando o estoque de carbono nos diferentes compartimentos das árvores de *Hevea* sp., no município de Oratórios, MG, com idade de 12 anos, Fernandes et al. (2007) obtiveram 62,10 MgC ha⁻¹ e IMC de 5,18 Mg ha⁻¹ano⁻¹, distribuídos em 35,9% nos galhos, 30,1% no tronco, 29,9% nas raízes e 4,1% nas folhas.

Já o estoque de carbono encontrado para a cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) aos 3 anos de idade, no município de Viçosa – MG, foi de 4,2 Mg ha⁻¹, com incremento médio de carbono (IMC) de 1,4 Mg ha⁻¹ano⁻¹ (TORRES et al., 2011).

Paiva, Rezende e Pereira (2011) estimaram o estoque de carbono da parte aérea (troncos, galhos e serapilheira) e subterrânea (raízes e solo) da vegetação lenhosa de cerrado *sensu stricto*, localizado na Fazenda Água Limpa, da Universidade de Brasília, Distrito Federal. A maior parte do carbono correspondeu ao compartimento solo (88,7%), superando bastante as raízes (7,3%), nas quais as concentrações foram de 271,23 e 22,38 MgC ha⁻¹, respectivamente. Troncos e galhos totalizaram 8,60 MgC ha⁻¹ e a serapilheira, 3,62 MgC ha⁻¹.

Dessa maneira, fica evidente a contribuição das práticas de reflorestamento e/ou florestamento e manutenção das florestas naturais remanescentes na mitigação da emissão/concentração de carbono no sistema solo-planta-atmosfera.

O sequestro de carbono da atmosfera é maior em florestas que apresentam altas taxas de crescimento quando comparado a florestas já maduras

(RIBEIRO, 2007), pois é precisamente na sua fase de crescimento que as árvores removem e retêm quantidades significativas de carbono da atmosfera (FEARNSIDE; GUIMARÃES, 1996). Quando o potencial de crescimento e armazenamento de carbono dos indivíduos atinge o equilíbrio estes apresentam um balanço praticamente nulo em relação à entrada e saída de carbono de sua biomassa, pois a taxa de respiração tende a igualar à taxa fotossintética (SCARPINELLA, 2002). As florestas naturais e inexploradas podem ser classificadas nesta categoria, em função de suas características. A importância principal das florestas maduras para o efeito estufa é que elas guardam em suas árvores e no solo mais carbono que o existente atualmente na atmosfera, constituindo um enorme reservatório imobilizado de carbono (HOUGHTON, 1994). No entanto se transformam em fonte de emissão quando ocorrem distúrbios naturais ou antrópicos, através da liberação rápida de carbono, que são as queimadas, ou gradativamente, pela decomposição (RIBEIRO, 2007).

Quanto às florestas plantadas para fins industriais que obedecem a um regime de manejo, esta situação de estagnação do crescimento dos indivíduos por estarem ocupando todo o potencial do local raramente ocorre. Nestas, ocorre uma série de atividades controladas distribuídas ao longo de um determinado número de anos, como desbastes ou rotação, que se estendem desde o plantio até a colheita final da madeira. Ao longo de sua existência, porém, estas florestas realizam atividades de captura e fixação de carbono e o armazenam na forma de madeira. O conhecimento e quantificação destes valores são importantes, porque durante o período de permanência destas florestas, as mesmas retiraram e imobilizaram uma significativa quantidade de carbono existente na atmosfera (MARCOLIN, 2002).

Coutinho (2009), a fim de analisar o impacto da substituição de pastagens por reflorestamento com eucalipto e mata secundária sobre a dinâmica da matéria orgânica, avaliou o estoque de carbono presente na parte aérea de

diferentes coberturas vegetais (mata secundária aos 35 anos, plantio de eucalipto aos 4 anos de idade, e pasto, com idade aproximada de 90 anos), no Município de Cruzeiro, SP. O estoque de carbono encontrado na área de mata após aproximadamente 35 anos de regeneração foi de $45,4 \text{ MgC ha}^{-1}$, superior à área do eucalipto ($34,1 \text{ MgC ha}^{-1}$) e a do pasto ($2,2 \text{ MgC ha}^{-1}$). Essa maior quantidade de carbono na área de mata já era esperada, visto que esta é muito mais antiga que a de eucalipto, mas quando se compara o incremento médio anual de carbono (IMC), a área de Mata apresenta um IMC de $1,3 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, menor que a área de Eucalipto que apresentou IMC de $8,5 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Assim, uma floresta jovem estoca menos carbono quando comparada a uma floresta madura, mas sequestra mais carbono da atmosfera ao longo do tempo (RIBEIRO, 2007).

As plantações florestais tropicais de crescimento rápido são uma das formas mais eficientes para sequestrar o excesso de CO_2 e se destacam pelas grandes quantidades de carbono na madeira e nas raízes de suas árvores. No que tange à seleção de espécies para o reflorestamento, o gênero *Eucalyptus* se adequa tanto ecologicamente, amenizando a pressão sobre as florestas nativas naturais e preservando o solo e os mananciais hídricos, como economicamente, sendo fonte de biomassa e energia para vários produtos e processos (SCHUMACHER; WITSCHORECK; CALIL, 2011).

2.6 O gênero *Eucalyptus* e seu potencial econômico

A mitigação das emissões dos GEE pelas florestas pode servir para outros interesses econômicos e sociais simultaneamente. Entre os diversos gêneros de espécies arbóreas de interesse econômico plantadas comercialmente no mundo, *Eucalyptus* está entre os mais bem sucedidos em face do rápido crescimento, do ciclo de corte relativamente curto, facilidade de propagação, tanto por sementes como por via vegetativa, características silviculturais e de

manejo conhecidas, grande diversidade de espécies e possibilidades de utilização para os mais diversos fins (ANGELI; BARRICHELO; MÜLLER, 2005; SHUMACHER; POGGIANI, 1993).

Espécies de *Eucalyptus* representaram 38% do total de culturas lenhosas de curta rotação do mundo em 2003 (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2003). No Brasil, o eucalipto é a cultura mais utilizada em plantios florestais, sendo que, em 2010, dos 6,5 milhões de hectares de área total, 4,7 milhões de hectares ou 73,0% corresponderam à área de plantios com espécies deste gênero. A área plantada de *Eucalyptus* continua em processo de expansão. No período de 2005 a 2010, o crescimento acumulado foi de 23,0%, ou seja, 3,5% ao ano. Em 2010, o crescimento apresentado foi de 5,3% (240 mil ha) (ABRAF, 2011). A crescente utilização do eucalipto nas plantações brasileiras é favorecida pela boa adaptação das diferentes espécies e às condições edafoclimáticas, e aumento da produtividade com o melhoramento genético (BOTREL, 2006).

Nas últimas décadas, as plantações de eucalipto brasileiras apresentaram uma considerável evolução no aspecto de produtividade dos florestamentos, alcançando os mais elevados níveis mundiais de incremento médio anual (IMA) (GOMIDE et al., 2005). Gomide et al. (2005), ao analisarem clones de *Eucalyptus* de última geração, pertencentes às principais empresas brasileiras de celulose, encontraram 80% dos clones atingindo IMA acima de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Minas Gerais é o estado que possui a maior área reflorestada com clones e espécies de *Eucalyptus* no Brasil, contendo uma área aproximada de 1,8 milhões de hectares e um plantio anual da ordem de 138 mil hectares em 2008, 90% de toda área reflorestada no Brasil com florestas energéticas (ABRAF, 2011). Esta matéria-prima é utilizada especialmente para a produção de carvão vegetal, visando ao abastecimento do setor siderúrgico. Porém, devido ao melhoramento genético, diferentes genótipos estão sendo plantados para atender

à indústria moveleira. Existe ainda muito a se fazer em relação a esta temática, mas hoje já é possível utilizar a madeira do eucalipto para a confecção de diferentes produtos, tais como peças usinadas para móveis de alta qualidade, construção civil, laminação, celulose, etc.

O carvão vegetal é um dos combustíveis e redutores mais importantes na indústria, pois é renovável, tem baixo teor de cinzas, praticamente isento de enxofre e fósforo e a tecnologia para sua fabricação já está amplamente consolidada no Brasil (ABRAF, 2011). A adoção da utilização do carvão florestal de reflorestamento pela indústria siderúrgica mundial em substituição do uso dos demais combustíveis fósseis, entre eles carvão mineral, tem como vantagem a não emissão de gases sulfurosos durante a sua combustão. Isso se deve ao baixo teor de enxofre presente em materiais lenhosos (GRÜTTER; KAPPEL; STAUB, 2002).

A obtenção de madeira para fins energéticos, que substitui os combustíveis fósseis por combustíveis renováveis de base florestal, mantém um ciclo fechado quando transforma a madeira em carvão vegetal para siderurgia (JOAQUIM, 2009). O carbono emitido no processamento do ferro gusa é capturado da atmosfera pelo reflorestamento, sendo que uma pequena parte é fixada no próprio ferro. A diferença entre a emissão de carbono do combustível fóssil no processamento do ferro gusa à base do coque mineral, e a emissão líquida zero com o uso do carvão vegetal (carbono neutro) está estimada em 1,9 toneladas de CO₂ por tonelada de ferro gusa (YU, 2004).

A utilização de energias alternativas renováveis, em especial o uso da biomassa como fonte energética, tanto nos países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento, vem crescendo continuamente, incentivado principalmente pelas pressões ambientais, no sentido de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e aumentar o uso de fontes renováveis (GUARDABASSI, 2006; MÜLLER, 2005).

No Brasil, a energia produzida pelo uso de fontes renováveis representa 73% da matriz energética nacional, sendo a energia oriunda de biomassa tradicional, madeira e seus resíduos, bagaço de cana, licor negro (nas indústrias de papel e celulose), capim elefante, biogás e as chamadas florestas energéticas, representando aproximadamente 6,5% da matriz elétrica, podendo representar 14% até 2020 (ABRAF, 2011).

Atualmente, em virtude da inovação tecnológica, a biomassa pode ser transformada em energia elétrica por meio de vários processos, em especial a gaseificação (QUÉNO, 2009). Müller (2005) avaliou a produção de biomassa e energia em diferentes espaçamentos de plantio de um clone de eucalipto, determinando as características de crescimento das árvores, a densidade básica e poder calorífico da madeira de forma a obter a quantidade de energia por hectare e área necessária para atender a três plantas com diferentes capacidades instaladas (1MW, 5MW e 10MW). Os autores enfatizam a necessidade de atenção à idade de corte do povoamento para geração de eletricidade, o que pode acarretar o não aproveitamento de todo o potencial de produção de biomassa da floresta.

Lima (2000) demonstrou a importância da escolha certa da espécie e do clone de *Eucalyptus* para a produção de energia, haja vista a significativa variabilidade na densidade básica e produtividade florestal entre espécies. Madeira com maior densidade básica possui mais carbono por volume, principal fonte de energia durante a queima (QUÉNO, 2009). Perante os resultados, o autor afirmou que a espécie *E. paniculata* é superior a *E. grandis* para a variável densidade básica em 61% e, para o incremento médio anual (IMA), em 25% (LIMA, 2003).

As características ideais de uma cultura com finalidade energética são alto rendimento, baixa energia necessária para a produção, baixo custo, conteúdos mínimos de contaminantes e baixas necessidades de nutrientes. Nesse

contexto, espécies de *Eucalyptus* se adaptam bem não somente à produção de energia, devido à alta produtividade e baixa demanda de água e nutrientes comparados a outras espécies florestais (MCKENDRY, 2002), mas também se destacam em projetos de MDL por apresentarem elevada eficiência fotossintética, e, conseqüentemente, no sequestro de carbono (PÉREZ-CRUZADO; MERINO; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, 2011).

As plantações florestais com eucalipto poderão cumprir o papel de aumentar também as concentrações de carbono orgânico no solo, recuperando estruturas perdidas quando da exportação da madeira através da colheita, bem como provocando mudanças ambientais associadas. Rufino (2009) quantificou a fixação de carbono no compartimento do solo de 0 a 60 cm de uma floresta nativa de Cerrado em comparação com plantios de eucalipto. A autora concluiu que os solos sob o fragmento de Cerrado estocam menos carbono no solo que os plantios de eucalipto ao longo de um perfil de 60 cm de profundidade. O povoamento de *Eucalyptus grandis* apresentou um ganho no estoque de carbono do solo pela deposição de material vegetal produzido por esses plantios. Em povoamentos de *Eucalyptus* são relatadas baixas taxas de decomposição, acarretando em um aumento da quantidade de nutrientes na interface serapilheira-solo, com alta relação C/N. Isto se deve, em parte, pela elevada eficiência nutricional e maior capacidade de retranslocação de nutrientes pelo eucalipto em relação a outras espécies florestais.

Diante da possibilidade da utilização das florestas como mitigador de problemas climáticos, a definição da espécie a ser plantada é o primeiro passo de um projeto de reflorestamento, levando-se em consideração o objetivo da produção (uso da madeira) e as condições edafoclimáticas da região. É necessário o desenvolvimento ou utilização de metodologias que possibilitem obter estimativas da quantidade de carbono em diferentes partes das árvores e, conseqüentemente, em diferentes compartimentos da floresta, considerando a

idade das árvores uma variável que potencialmente afeta o estoque de carbono no vegetal.

Cada espécie se desenvolve em um ambiente adequado, pois a acumulação de biomassa é diferente em cada local em que ela é medida. A escolha do material genético deve ser feita a partir de procedências cujas condições de origem sejam semelhantes ao local do plantio, sobretudo latitude, altitude, temperatura média anual, precipitação média anual, déficit hídrico e tipos de solos ou a partir de dados experimentais da região (ANGELI; BARRICHELO; MÜLLER, 2005).

2.7 Métodos de determinação e estimativa de biomassa

Para se proceder à determinação do estoque de carbono da floresta implantada, deve-se quantificar a biomassa das árvores em seus diversos compartimentos (madeira, casca, galhos, folhas, raízes), obtendo assim o carbono total estocado na biomassa florestal no período requerido (COTTA et al., 2008; REIS et al., 1994). A separação e especificação desses compartimentos variam de acordo com o tipo de povoamento e os objetivos a serem alcançados.

O carbono fixado pela floresta pode ser obtido, de maneira simplificada, multiplicando-se o estoque de biomassa seca na floresta pelo teor de carbono na biomassa (PAIXÃO, 2004). O IPCC (2003) recomenda, quando não se tem a informação da quantidade de carbono para a espécie de interesse ou não se realiza a análise elementar do material em estudo, um fator de conversão referencial de 0,5 para o teor de carbono pode ser utilizado, ou seja, considera-se que 50% da biomassa constituem-se de carbono. Já o IPCC (2006) faz menção de 47% de carbono na biomassa.

Para a quantificação de biomassa de uma floresta, e conseqüentemente do estoque de carbono armazenado, os métodos de determinação são divididos

em (i) destrutivo *in situ*; (ii) não destrutivos *in situ*; (iii) inferência a partir de sensoriamento remoto; (iv) uso de modelos (BOMBELLI et al., 2009). A adoção de cada método é feita conforme a formação vegetal e a disponibilidade de capital (SCARPINELLA, 2002).

O método destrutivo *in situ* consiste na coleta do material vegetal, separação em seus diferentes compartimentos e quantificação deste na base seca. Medições de biomassa podem ser realizadas com base em cada árvore ou com base em parcelas determinadas. No primeiro caso a biomassa de cada indivíduo é medida, ao passo que no segundo caso a biomassa total de uma área ou amostra específica é medida. É o método mais direto e preciso para a quantificação de biomassa dentro de uma unidade de área pequena, consumindo tempo e recursos, sendo inviável em larga escala. Este método é muitas vezes utilizado para fins específicos de pesquisa e para o desenvolvimento de equações de biomassa a serem aplicadas para estimar a biomassa em larga escala (BOMBELLI et al., 2009).

O método não destrutivo *in situ* consiste em medições na árvore em pé. Este método não requer a destruição do material vegetal, sendo utilizado alometria ou fatores de conversão de biomassa para extrapolar os dados para a área de interesse. As estimativas de biomassa em áreas florestais podem ser feitas por meio de relações quantitativas ou matemáticas, como razões ou regressões de dados provenientes de inventários florestais (diâmetro à altura do peito, altura total, volume, densidade básica, etc.) expressas por meio de modelos estatísticos, sendo técnicas mais precisas se considerado um número suficiente de árvores, realizando a amostragem representativa do ecossistema (BARICHELLO; SCHUMACHER; VOGEL, 2005; BOMBELLI et al., 2009; SAIDELLES et al., 2009). A maior parte dos dados disponíveis de biomassa é derivada da amostragem não destrutiva, ou seja, inventários florestais e ajuste de modelos biométricos para sua estimativa. No entanto, muitas vezes, a falta de

coeficientes de biomassa confiáveis dificulta uma extrapolação de biomassa precisa (BOMBELLI et al., 2009).

A estimativa da biomassa pelo sensoriamento remoto de dados fornece uma visão ampla da superfície da área de interesse, o mesmo não sendo possível nos inventários florestais. Uma abordagem híbrida de inventários florestais e sensoriamento remoto é particularmente relevante para florestas não comerciais, onde dados básicos de inventário, necessários para a estimativa da biomassa, são escassos (BOMBELLI et al., 2009).

Os modelos são utilizados para extrapolar as estimativas de biomassa ao longo do tempo e/ou espaço a partir de dados obtidos por medições in situ ou de sensoriamento remoto (BOMBELLI et al., 2009).

Schumacher, Witschoreck e Calil (2011) quantificaram o acúmulo de biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* sp. com diferentes idades (2, 4, 6 e 8 anos), nos compartimentos folha, galho vivo, galho morto, casca, madeira e raiz de eucalipto, sub-bosque acima e abaixo do solo e na serrapilheira. O inventário florestal foi realizado em quatro parcelas em cada povoamento (de 2, 4, 6 e 8 anos), sendo abatidas seis árvores por povoamento. A estimativa da biomassa por hectare de cada um dos compartimentos das árvores de eucalipto foi realizada utilizando a biomassa média e o número de árvores por hectare e classe diamétrica em cada povoamento. Foi estimada uma biomassa de 26,70; 44,55; 192,67 e 232,93 Mg ha⁻¹, respectivamente, nos povoamentos de eucalipto aos 2, 4, 6 e 8 anos de idade.

Silveira (2010), ao estimar o estoque de biomassa e carbono em um fragmento de floresta ombrófila densa localizado nos municípios de Presidente Nereu Ramos e Apiúna, SC, pelo método da derivação do volume comercial, e comparar com a estimativa realizada por uma equação previamente selecionada para biomassa, constatou que as estimativas dos estoques de biomassa e carbono pelo método da derivação de volume comercial são confiáveis por estarem

próximas às estimativas encontradas pela equação para biomassa. Tal conclusão foi semelhante à encontrada por Schneider et al. (2005), que mencionaram a eficiência deste método, pois o erro relativo médio foi baixo, quando considerado o total da amostragem, estratificada por sítios e idade, indicando ser esta uma boa opção para obtenção com baixo custo do estoque de biomassa e carbono das florestas.

A quantificação das frações raiz, tronco e folha se reveste de grande importância quando se almeja conhecer o potencial das florestas no sequestro de carbono, sua viabilidade econômica, bem como metodologias de amostragem e modelagem para sua inferência, e tornam-se prioritárias para embasar as tomadas de decisão (MAESTRI et al., 2004).

2.8 Modelagem estatística florestal

Os modelos ou equações de regressão desempenham um importante papel nas mais diferentes áreas do conhecimento. Os pesquisadores buscam sempre modelar seus dados por um modelo para compreender melhor o fenômeno sob estudo, permitindo analisar a relação entre as variáveis e realizar previsões (FERREIRA, 2011).

Atualmente, o desenvolvimento de modelos que quantifiquem o estoque de carbono presente em uma floresta tem se tornado uma tendência e necessidade, pois a partir destas informações serão elaborados novos projetos de florestamento ou reflorestamento (SOARES; LEITE; GORGENS, 2005).

Os modelos de regressão lineares ou não-lineares normalmente são desenvolvidos a partir das relações empíricas entre biomassa e estoque de carbono de determinada espécie e/ou área florestal, e algumas variáveis como o diâmetro na altura do peito (DAP), altura, volume, tamanho e altura de copa, idade, densidade básica, local (sítio), algumas características climáticas como

temperatura e precipitação média anual, etc. (CHAVE et al., 2004; SANTANA et al., 2008). As estimativas dos parâmetros do modelo são obtidas a partir dos dados observados das variáveis independentes.

Modelos parcimoniosos, de fácil interpretação e de alta precisão em que são empregadas variáveis independentes relevantes que podem ser obtidas precisa e facilmente para a estimativa da biomassa, como a densidade básica da madeira e o DAP, devem ser escolhidos (RIBEIRO et al., 2011).

Reis et al. (1985) destacaram a importância da inclusão da variável idade para a estimativa do acúmulo e distribuição da biomassa dos compartimentos da parte aérea e do sistema radicular da árvore. A inclusão da variável idade nos modelos juntamente com as variáveis independentes DAP e altura combinadas para estimativa de madeira e casca de *Eucalyptus benthamii* Maid. & Camb resultou em menor erro (SILVA et al., 2004).

Santana et al. (2008) estabeleceram um modelo para estimar a produção de biomassa potencial média para eucalipto em diferentes regiões do Brasil. No ajuste, foi avaliado o efeito de características climáticas e diferentes idades sobre a produtividade. A variável independente que mais influenciou foi idade. O modelo ajustado evidenciou a importância desta, da temperatura e da disponibilidade de água nas diferentes regiões e na produção de biomassa. Observou-se que a produção de biomassa estimada continua crescente até 11 anos, idade máxima abrangida no modelo, sugerindo que o ponto de maior produção de biomassa não foi atingido.

A escolha de um modelo alométrico que se possa aplicar num determinado ecossistema florestal que quantifique a biomassa e carbono deve ser feita com base no comportamento dos dados em questão, que implicará na veracidade dos resultados (CLARK, 2002).

Como pressupostos clássicos exigidos pela análise de regressão podem ser citados a linearidade dos parâmetros, normalidade, homocedasticidade e

ausência de autocorrelação dos erros (resíduos). Além disso, a média dos erros do modelo de regressão deve ser igual a zero e as variáveis regressoras não podem apresentar acentuada colinearidade ou multicolinearidade, sendo esta última exigida exclusivamente para regressões múltiplas, entre outros (HAIR JUNIOR et al., 2009).

Equações de regressão para estimar a biomassa e carbono dos compartimentos das árvores baseadas em relações empíricas entre o DAP e a altura, ou a sua combinação (DAP^2H) se ajustam bem na grande maioria dos dados observados (LADEIRA et al., 2001; MELLO; GONÇALVES, 2008; PAIXÃO et al., 2006; SCHUMACHER; CALDEIRA, 2001; SILVA et al., 2004, 2008; SOARES et al., 1996; SOARES; LEITE; GORGENS, 2005).

Soares e Oliveira (2002), ao ajustarem o modelo alométrico de Schumacher e Hall para estimar a quantidade de carbono presente no tronco com e sem casca, nas folhas e galhos das árvores de eucalipto, constataram que a variável DAP foi altamente significativa em todas as equações ajustadas, confirmando-a como uma importante variável nos modelos para estimar a quantidade de carbono na parte aérea das árvores de eucalipto. A variável altura total, por sua vez, foi significativa apenas nas equações que estimam a quantidade de carbono no tronco e nos galhos, indicando que a quantidade de folhas na árvore está relacionada a outros fatores como estação do ano, tamanho da copa, e não à altura da árvore propriamente dita. Os autores concluíram também que existe uma relação exponencial positiva entre a quantidade de carbono presente nas diferentes partes das árvores e as dimensões dos troncos das árvores (DAP e altura total), que pode ser descrita pela seguinte relação alométrica: $Y_i = a.dap^b.Ht^c$.

Mello e Gonçalves (2008), com o objetivo de ajustar equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular de povoamentos de *E. grandis* aos 11 anos de idade, crescendo em dois sítios com produtividades

distintas, ajustaram dois modelos logarítmicos, nos quais se utilizaram como variáveis independentes o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura total das árvores (H) ou a variável combinada DAP^2H . O melhor ajuste das equações foi obtido com a variável DAP^2H . As equações ajustadas tiveram maior precisão na estimativa da biomassa do tronco e da casca que da biomassa das folhas e galhos.

Miranda, Melo e Sanquetta (2011) desenvolveram dois modelos obtidos pelo processo *Stepwise-Forward* e testaram oito modelos lineares, já citados na literatura, para estimar biomassa de matéria seca e carbono total em raízes, galhos, tronco e folhas de árvores plantadas em áreas de restauração florestal. Para o desenvolvimento e ajuste dos modelos, foram consideradas as variáveis diâmetro quadrático, área transversal, maior diâmetro, altura total e idade. Os melhores modelos para estimativa da biomassa seca e carbono orgânico apresentaram coeficientes de determinação ajustado acima de 0,95 e erros-padrão percentuais abaixo de 32%. Modelos provenientes do procedimento *Stepwise* geraram as melhores equações para as estimativas de biomassa seca e carbono total.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no viveiro comercial Nutrilyptus, no Município de Lavras, Minas Gerais (latitude 21° 14' 30'' sul, longitude 44° 00' 10'' oeste e altitude de 919 metros) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011), do mês de outubro de 2010 a outubro de 2011.

O clima de Lavras, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso. A precipitação pluvial média anual é de 1460 mm, umidade relativa do ar média de

76,2% e temperatura média anual de 20,4 °C, variando de 17,1 °C em julho a 22,8 °C em fevereiro (BRASIL, 1992; DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Foram cultivadas plantas de quatro clones de *Eucalyptus*, GG100 (híbrido do *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake), AEC144 (híbrido do *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake), 7085 (híbrido do *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) e 58 (híbrido do *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.), sendo estes largamente utilizados em plantios comerciais no estado de Minas Gerais. Além dos clones, foram utilizados materiais genéticos provenientes de semente de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus citriodora* Hook.

3.1 Produção das mudas

As plantas, tanto clonais como seminais, foram produzidas em casa de vegetação em tubetes de polietileno de 50 cm³ e dimensões de 30 x 120 mm. Para mudas de sementes, os tubetes foram preenchidos com a mistura do substrato Bioplant®, acrescido do produto comercial para adubação de liberação lenta denominado osmocote, N-P-K com formulação 19-6-10, fibra de coco e água, na proporção 50 kg, 300g, 500g, 20 litros e 20 litros, respectivamente. Para mudas clonais, os tubetes continham o substrato Bioplant®, mas com composição diferenciada para mudas de estaquia, acrescido de osmocote, fibra de coco e água, na proporção 100 kg, 200 g, 20 litros e 30 litros, respectivamente.

A irrigação das mudas na estufa foi realizada de forma automatizada, de forma que os aspersores eram ativados pelo calor. Quando a estufa atingia 32°C, a aspersão permanecia ligada por 3 segundos.

A fim de assegurar maior sobrevivência e desenvolvimento inicial das plantas na implantação definitiva, os diferentes materiais genéticos apresentaram variabilidade no tempo de estabelecimento nos tubetes. As mudas dos clones GG100, AEC144, 7085 e 58 foram implantadas após 3 meses de estaquia. Já as mudas seminais de *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. citriodora* apresentavam 3, 3 e 4 meses de idade depois da sementeira, respectivamente.

3.2 Implantação do experimento

Após o término da fase de produção de mudas, estas foram transplantadas para recipientes plásticos com volume de 20 litros do mesmo substrato para estacas, variando apenas o período de liberação lenta dos nutrientes de acordo com as avaliações que se estenderam até doze meses de idade.

As mudas cresceram a pleno sol após o plantio nos recipientes plásticos. Para a fertirrigação foram dissolvidos 1000 g de nitrato de cálcio, 400g de nitrato de potássio, 200 g de MAP, 500 g de sulfato de magnésio, 12g de micronutrientes do produto ConMicros Standard® em 500 litros de água, sendo aproximadamente 3 litros de solução nutritiva por planta, dois dias por semana. A irrigação foi realizada quatro vezes ao dia, de forma automatizada, às 8h durante 15 minutos, 11h por 15 minutos, 13h30min por 20 minutos e 16h30min por 15 minutos.

3.3 Coleta do material, experimental e avaliações

A primeira avaliação foi realizada nas mudas antes do plantio, tendo cada material genético sua respectiva idade, mas foi padronizada, para todos os materiais genéticos como a “Idade Zero”. As avaliações subsequentes foram

feitas nas idades pós-plantio de dois, quatro, seis, oito e 12 meses. Foram utilizadas três mudas de cada material genético por época de avaliação. Em todas as idades foram obtidos os dados de diâmetro na altura do coleto e comprimento da parte aérea da planta.

Os compartimentos da biomassa, de cada planta, foram separados em tronco, como sendo o lenho com casca e nas idades mais avançadas foram incluídos os galhos como material lenhoso do tronco, folhas e raiz. Estes foram pesados separadamente no local de instalação do experimento utilizando-se balança com precisão de 0,01g, obtendo-se a massa verde da biomassa para cada compartimento. Após esta etapa todos os materiais foram devidamente identificados e encaminhados para o laboratório de energia da biomassa da UFLA.

No laboratório, as amostras foram secas em estufa com circulação de ar à temperatura de 60°C até atingir massa constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas novamente em balança eletrônica com precisão de 0,01 g, para a determinação da massa seca.

Os valores de biomassa seca foram convertidos para massa de carbono, em cada compartimento das plantas, conforme a seguinte equação:

$$MSc = MS \times \frac{C}{100}$$

em que, MSc é o estoque de carbono (gramas) na massa seca da raiz, tronco ou folhas, MS é a massa seca (gramas) de cada compartimento e C é o teor de carbono na raiz, tronco ou folhas.

A biomassa seca e a massa de carbono total de cada planta foram obtidas pelo somatório das massas de cada compartimento.

A estimativa de estoque de carbono no tronco por volume (m³) foi determinada segundo a equação:

$$MC = DB \times \frac{C}{100}$$

em que, MC é a estimativa de carbono no tronco (kg.m⁻³), DB é a densidade básica do caule (kg.m⁻³) e C é o teor de carbono no tronco.

3.3.1 Densidade básica

Foram retirados corpos-de-prova na altura do coleto, de aproximadamente 2 cm de espessura, aos dois, quatro, seis, oito e 12 meses de idade. Os corpos-de-prova foram saturados e a casca retirada, para obtenção da densidade básica da madeira sem casca e da casca propriamente dita, segundo a norma analítica NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2003).

3.3.2 Determinação da composição química elementar

Por meio da análise química elementar foi determinado o teor de carbono do material. Os materiais, em cada uma das partes da planta (folha, tronco e raiz) e idade considerada, foram moídos em moinhos tipo Willey, peneirados e a alíquota utilizada foi aquela que passou pela peneira de 200 mesh e ficou retida na de 270 mesh. Após peneiramento, os materiais foram secos em estufa convencional à temperatura de 65°C, por 24 horas.

Utilizou-se uma balança semianalítica, com sensibilidade de 0,01 mg, onde foi pesado, aproximadamente, 2 mg de material em um porta-amostra de estanho. Em seguida, o conjunto (material + porta amostra) foi depositado em

analisador elementar Vario Micro Cube e os valores de carbono foram obtidos em porcentagem.

3.4 Análises estatísticas

Na avaliação do experimento utilizou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados dispostos em parcelas subdivididas, onde as parcelas foram constituídas pela idade das plantas e as subparcelas pelo material genético. O modelo estatístico desse delineamento está mostrado na seguinte equação:

$$Y_{ijkl} = \mu + I_i + \varepsilon_a + MG_j + (I \times MG)_{ij} + B_l + \varepsilon_b$$

em que, Y_{ijkl} é a observação na i -ésima idade (I), do j -ésimo material genético (MG), na k -ésima repetição do l -ésimo efeito de bloco (B), μ é uma constante inerente a todas as observações, I_i é o efeito da i -ésima idade, efeito fixo, MG_j é o efeito do j -ésimo material genético, efeito fixo, $(I \times MG)_{ij}$ é o efeito da interação do i -ésimo tempo com o j -ésimo material genético, efeito aleatório, ε_a é o componente do erro (a), ε_b é o componente do erro (b) e B_l é o efeito do l -ésimo bloco na observação Y_{ijkl} .

A análise estatística para as características das plantas foi realizada utilizando-se o software Sisvar®, versão 5.1 Build 72 (FERREIRA, 2008). Para a comparação múltipla das médias utilizou-se o teste Scott-Knott a 5 % de significância.

A Figura 1 mostra o arranjo de um dos blocos do experimento, ainda com as mudas na bandeja. A Figura 2 mostra uma visão geral do experimento já instalado.

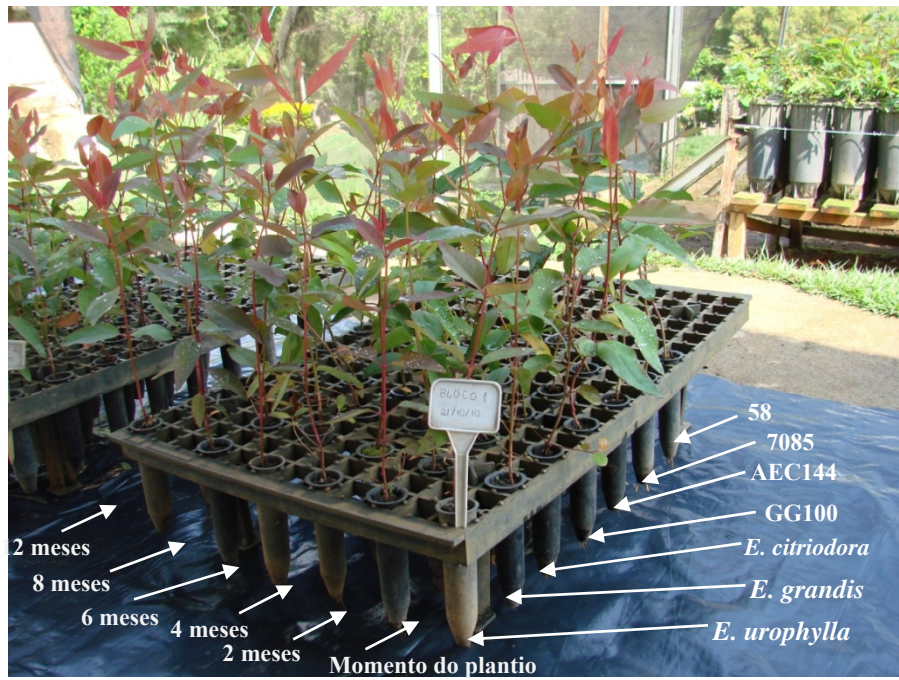


Figura 1 Arranjo de um bloco em idades e materiais genéticos.



Figura 2 Experimento após instalação.

3.4.1 Modelagem estatística

Os modelos de regressão propostos para o ajuste somente foram estabelecidos após a conclusão das respectivas análises de variância, ou seja, após a avaliação do nível de significância dos efeitos de idade, material genético e interação. Na estimativa das variáveis dependentes biomassa seca e carbono total, foram ajustados modelos por material genético. Já para os modelos ajustados por idade, as variáveis resposta foram biomassa seca total, carbono total e carbono por volume.

3.4.1.1 Ajuste de modelos para cada material genético

Em cada material genético foram testados modelos de regressão para estimar a massa seca total e carbono total em função da idade, comprimento da parte aérea e diâmetro na altura do coleto da planta.

Na Tabela 1 encontram-se os modelos estatísticos propostos com as respectivas classificações. Os modelos lineares foram ajustados pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO) e os modelos não lineares pelo método de Gauss Newton, método que realiza a regressão dos resíduos em relação às primeiras derivadas do modelo não linear em relação aos parâmetros até que haja convergência. Os modelos foram escolhidos na literatura a partir da observação do comportamento dos dados.

Tabela 1 Modelos estatísticos ajustados para cada material genético para estimativa de biomassa seca e carbono total.

Nº	Modelo	Classificação
1	$\ln(Y_i) = \beta_0 + \beta_1(I) + \beta_2(I^2) + \square$	linear simples
2	$Y_i = \beta_0(e^{\beta_1 I}) + \square$	não-linear
3	$\ln(Y_i) = \beta_0 + \beta_1(e^{\beta_2 I}) + \square$	não-linear
4	$\ln(Y_i) = \beta_0 + \beta_1(I) + \beta_2(I^{1/3}) + \square$	linear simples
5	$\ln(Y_i) = \beta_0 + \beta_1(I^{1/3}) + \square$	linear simples
6	$Z = \beta_0 + \beta_1(I) + \beta_2(\ln D_{\text{coleteo}}) + \square$	linear múltiplo
7	$Z = \beta_0 + \beta_1(I) + \beta_2(\ln C_{\text{pa}}) + \square$	linear múltiplo
8	$Z = \beta_0 + \beta_1(I) + \beta_2(\ln D_{\text{coleteo}}) + \beta_3(I^2) + \beta_4(\ln D_{\text{coleteo}}^2) + \beta_5(I * \ln D_{\text{coleteo}}) + \square$	linear múltiplo
9	$Z = \beta_0 + \beta_1(I) + \beta_2(\ln C_{\text{pa}}) + \beta_3(I^2) + \beta_4(\ln C_{\text{pa}}^2) + \beta_5(I * \ln C_{\text{pa}}) + \square$	linear múltiplo

Em que, Y_i ou Z é biomassa ou carbono total, em gramas; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ são os coeficientes dos modelos; \ln é o logaritmo natural; I é a idade, em meses; D_{coleteo} é o diâmetro na altura do coleto, em milímetros; C_{pa} é o comprimento da parte aérea, em metros; \square é o erro do modelo.

Os critérios adotados para a avaliação do ajuste e seleção dos melhores modelos por material genético foram: a significância do modelo pelo teste F , os coeficientes de regressão (valor $p < 0,1$), testados pelo teste t de Student, os coeficientes de determinação ajustado (\bar{R}^2), o erro padrão residual ($S_{yx}\%$), em porcentagem, e análise gráfica dos resíduos padronizados. Os resíduos padronizados só foram plotados para aqueles modelos que melhor se ajustaram, por material genético.

3.4.1.2 Ajuste de modelos para cada idade

Também foram testados modelos lineares simples e múltiplos para as idades de dois, quatro, seis, oito e 12 meses para a estimativa da massa seca total, carbono total e em volume (m³) na planta em função da densidade básica do caule, do diâmetro na altura do coleto e comprimento da parte aérea. Na Tabela 2 encontram-se os modelos estatísticos propostos, alguns com os respectivos autores.

Tabela 2 Modelos estatísticos ajustados por idade para estimativa de biomassa seca, carbono total e carbono por volume.

Nº	Modelo	Autor
1	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * D_{\text{coleta}} + \square$	-
2	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * C_{\text{pa}} + \square$	-
3	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * D_{\text{coleta}} + \beta_2 * C_{\text{pa}} + \square$	-
4	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * D_{\text{coleta}}^2 * C_{\text{pa}} + \square$	Modelo de Spurr
5	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(D_{\text{coleta}}^2) + \beta_2 \ln(D_{\text{coleta}}^2) * C_{\text{pa}} + \square$	adaptado de Sanquetta et al. (2001)
6	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(D_{\text{coleta}}^2) + \beta_2 D_{\text{coleta}}^2 * \ln(C_{\text{pa}}) + \square$	adaptado de Sanquetta et al. (2001)
7	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * C_{\text{pa}} + \beta_2 * D_{\text{coleta}} * \ln(C_{\text{pa}}^2) + \square$	adaptado de Higuchi e Carvalho Júnior (1994)
8	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * \ln(C_{\text{pa}}) + \beta_2 * C_{\text{pa}}^2 + \beta_3 D_{\text{coleta}} * C_{\text{pa}}^2 + \square$	adaptado de Higuchi e Carvalho Júnior (1994)
9	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * D_{\text{coleta}} + \beta_2 * DB_{\text{caule}} + \square$	-
10	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * C_{\text{pa}} + \beta_2 * DB_{\text{caule}} + \square$	-
11	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * D_{\text{coleta}} + \beta_2 * C_{\text{pa}} + \beta_3 * DB_{\text{caule}} + \square$	-
12	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * \ln(D_{\text{coleta}}^2) + \beta_2 * D_{\text{coleta}}^2 * C_{\text{pa}} + \beta_3 * DB_{\text{caule}} + \square$	-
13	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * C_{\text{pa}}^2 + \beta_2 * D_{\text{coleta}} * C_{\text{pa}}^2 + \beta_3 * \ln(DB_{\text{caule}}) + \square$	-

Os modelos 14 e 15 só foram testados para estimativa de carbono por volume.

Tabela 3 Modelos estatísticos ajustados por idade para estimativa de biomassa seca, carbono total e carbono por volume.

Nº	Modelo	Autor
14	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * DB_{caule} + \square$	-
15	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * D_{coleto} + \beta_2 * D_{coleto}^2 + \beta_3 * C_{pa} + \beta_4 * D_{coleto}^2 * C_{pa} + \beta_5 * D_{coleto} * C_{pa} + \square$	Modelo de Meyer

Em que, Y_i é biomassa ou carbono total, em gramas, ou carbono por volume, em kilogramas por metro cúbico; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ são os coeficientes dos modelos; \ln é o logaritmo natural; D_{coleto} é o diâmetro na altura do coleto, em milímetros; C_{pa} é o comprimento da parte aérea, em metros; DB_{caule} é a densidade básica do caule, em $g \cdot cm^{-3}$; \square é o erro do modelo.

Para a avaliação da qualidade do ajuste e seleção dos melhores modelos por idade, os parâmetros utilizados foram significância do modelo, pelo teste F, e dos coeficientes da regressão (valor $p < 0,1$), pelo teste t de Student, coeficientes de determinação ajustado (\bar{R}^2), erro padrão das estimativas em porcentagem ($Sy_x\%$) e análise gráfica dos resíduos padronizados.

Nos modelos por idade, os gráficos de resíduos também foram apresentados somente para os melhores modelos ajustados para cada variável dependente em questão.

O *software* estatístico utilizado para o ajuste dos modelos, tanto por material genético como por idade, foi o R, versão 2.11.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características avaliadas nas plantas

A Tabela 4 apresenta os valores médios de diâmetro na altura do coleto, altura total das plantas, densidade básica do caule e da casca e a estimativa de carbono por volume (m^3). Verifica-se que houve uma tendência de aumento dessas características com a idade, independentemente dos materiais genéticos. Pode-se observar, também, que o diâmetro do coleto, altura total das plantas, densidade básica do caule e casca e estimativa de carbono, aos 12 meses, variaram de 30,3 mm (clone 7085) a 33,9 mm (clone GG100), 1,70 m (clone 7085) a 2,67 m (*E. citriodora*), 0,408 g.cm^{-3} (*E. urophylla*) a 0,553 g.cm^{-3} (*E. citriodora*), 0,330 g.cm^{-3} (clone AEC144) a 0,382 g.cm^{-3} (*E. grandis*), 181,21 kg.m^{-3} (*E. urophylla*) a 248,90 kg.m^{-3} (*E. citriodora*), respectivamente.

A grande plasticidade existente entre as espécies e clones do gênero *Eucalyptus* pode ser evidenciada, haja vista as variações das características de crescimento dos indivíduos. Essas variações em plantas cultivadas sob mesma condição se devem, provavelmente, entre outros fatores, à eficiência nutricional, ao potencial adaptativo e genético de cada espécie (MARTINEZ et al., 1993; SCHUMACHER; POGGIANI, 1993).

Os valores de densidade básica da madeira aos 12 meses apresentaram-se relativamente elevados, considerando a baixa idade do material. Árvores de clones *Eucalyptus* sp. com 6,5 anos de idade, em Taiobeiras, MG, exibiram valores de densidade básica da madeira de 0,477 a 0,586 g.cm^{-3} (BOTREL, 2006). Oliveira, Hellmeister e Tomazello Filho (2005), ao determinarem a densidade básica da madeira de *E. citriodora*, *E. urophylla* e *E. grandis*, com idade aproximada de 16 anos, plantada em Anhembi, SP, encontraram valores médios de 0,73 g.cm^{-3} , 0,54 g.cm^{-3} e 0,49 g.cm^{-3} , respectivamente. Gonçalez et

al. (2006), estudando a madeira de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden com 17 anos de idade, encontrou uma densidade básica de $0,59 \text{ g.cm}^{-3}$, no município de Martinho Campos, MG.

Neste estudo, o valor médio de densidade básica do caule aos 12 meses de idade foi de $0,456 \text{ g.cm}^{-3}$, corroborando com o valor médio estimado por Marcolin (2002), na mesma idade, para densidade básica do caule com casca de florestas plantadas com *Eucalyptus* existentes no Brasil no período de 1990 a 1994, que foi de $0,425 \text{ g.cm}^{-3}$.

Avaliando as propriedades da madeira de *Eucalyptus saligna* em diferentes idades, Trugilho, Lima e Mendes (1996) observaram, para o material aos 12 meses de idade, valor médio de densidade básica de $0,375 \text{ g.cm}^{-3}$ e aos 48 meses, $0,518 \text{ g.cm}^{-3}$. O estudo apresentado por Vital, Bastos Filho e Valente (1985), realizado com povoamentos de 3 e 7 anos de idade, obteve para a madeira de *Eucalyptus grandis*, aos 3 anos de idade, $0,409 \text{ g.cm}^{-3}$ e aos 7 anos de idade, o valor encontrado foi de $0,496 \text{ g.cm}^{-3}$. Sturion, Pereira e Chemin (1988) mostraram que a densidade básica da madeira de *E. viminalis* não foi influenciada pelo espaçamento, e sim pelo aumento da idade. A densidade aumentou, em média, 8% com o aumento da idade de corte de quatro para sete anos.

A densidade básica da madeira tende a ser menor em árvores muito jovens (VITAL et al., 1984), apresentando uma rápida elevação dos valores na fase juvenil, quando a taxa de incorporação de biomassa é crescente, com tendência de estabilização após a madeira atingir a maturidade, que pode ser superior a vinte anos para algumas espécies de *Eucalyptus* (JANKOWSKY, 1979; TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996). O aumento da densidade básica da madeira de árvores de eucalipto varia com a idade, bem como as condições do sítio, entre outros (RIBEIRO; ZANI FILHO, 1993).

Tabela 4 Valores médios para as características de crescimento das plantas, densidade básica e estimativa de carbono por volume, por material genético e idade.

Idade (meses)	Material Genético						
	<i>E. urophylla</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. citriodora</i>	Clone GG100	Clone AEC144	Clone 7085	Clone 58
Diâmetro na altura do coleto (mm)							
0	2,53	2,41	2,42	2,96	3,00	3,12	2,98
2	8,33	9,50	6,01	8,51	8,34	9,80	9,97
4	14,29	15,07	12,16	15,06	14,12	14,6	14,95
6	18,03	16,35	16,42	20,71	18,26	17,64	18,65
8	31,05	26,55	25,43	25,77	27,36	25,79	27,73
12	33,54	33,53	31,62	33,90	33,73	30,35	33,71
Altura total (m)							
0	0,31	0,31	0,25	0,40	0,37	0,35	0,40
2	0,64	0,76	0,61	0,69	0,65	0,89	1,10
4	1,26	1,07	1,45	1,01	1,08	1,17	1,63
6	1,62	1,31	1,95	1,56	1,64	1,56	2,04
8	1,65	1,60	2,02	1,53	1,42	1,53	2,01
12	1,95	1,87	2,67	2,14	2,01	1,70	2,55
DB casca (g.cm ⁻³)							
2	0,188	0,198	0,149	0,182	0,198	0,203	0,241
4	0,268	0,299	0,288	0,321	0,287	0,303	0,312
6	0,361	0,358	0,321	0,336	0,332	0,342	0,367
8	0,293	0,323	0,357	0,311	0,294	0,334	0,337
12	0,346	0,382	0,345	0,353	0,33	0,376	0,377
DB caule (g.cm ⁻³)							
2	0,318	0,373	0,397	0,362	0,387	0,367	0,372
4	0,44	0,431	0,442	0,426	0,432	0,425	0,430
6	0,423	0,413	0,473	0,423	0,43	0,437	0,415
8	0,415	0,436	0,527	0,436	0,423	0,446	0,423
12	0,408	0,430	0,553	0,446	0,444	0,46	0,451
Carbono (kg.m ⁻³)							
2	133,89	158,64	164,31	153,72	164,52	157,27	156,41
4	191,08	183,63	194,37	189,08	186,94	185,09	190,15
6	192,48	185,25	207,83	190,56	194,42	197,11	187,9
8	189,87	197,43	237,42	197,16	191,42	203,35	188,27
12	181,21	191,02	248,90	200,3	200,61	205,49	201,24

O aumento da densidade básica com a idade foi medido para o *Eucalyptus grandis* para quantificação do potencial de armazenamento de CO₂ da atmosfera. Segundo Maestri et al. (2004), a densidade básica da madeira de eucalipto cresce até a idade de oito anos, variando entre 0,454 e 0,580 g.cm⁻³ dos 2 aos 10 anos.

A densidade básica da madeira é uma característica relacionada com a massa seca, e juntamente com o volume de cada árvore, estima-se o estoque de biomassa seca existente em determinada área (TRUGILHO, 2009). Botrel (2006) calculou em 86,52, 82,93 e 83,50% os coeficientes de determinação genotípica para volume, densidade básica e estimativa de massa seca, respectivamente, em nove clones de eucaliptos plantados na região norte de Minas Gerais, indicando um forte controle genético sobre essas características. Estas variáveis influenciarão sobre a seleção de materiais genéticos de maior potencial de crescimento, densidade básica e estimativa de massa, ou seja, com maior taxa de conversão de CO₂ em matéria prima sólida.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios de massa seca obtidos na raiz, tronco, folha e total das plantas. À medida que as árvores avançam em idade, o acúmulo de massa seca passa a ser mais expressivo.

Os genótipos de eucalipto diferiram na produção de biomassa entre e dentro das idades. Essas diferenças na produção de biomassa entre clones de eucaliptos cultivados em condições controladas também foram identificadas por Pinto et al. (2011), as quais podem ser devido à eficiência de aquisição e/ou na utilização de nutrientes na produção de matéria seca, características estas genéticas de cada espécie e da interação genótipo-ambiente. Esses autores, ao avaliarem a produção de biomassa e a eficiência nutricional de mudas de seis clones de eucalipto (58, 386, GG100, I042, I144 e VM1), cultivados em solução nutritiva por 45 dias, sendo três deles estudados neste trabalho, identificaram diferenças na eficiência de absorção, translocação e utilização dos

macronutrientes em relação aos diferentes clones de eucalipto, bem como em função do nutriente. O clone I144 mostrou-se mais eficiente, principalmente para N, P, K, Mg e S, com maior eficiência na absorção e utilização desses nutrientes na produção de biomassa.

Tabela 5 Produção de massa seca dos compartimentos das plantas, por material genético, nas diferentes idades.

Idade (meses)	Material genético						
	<i>E. urophylla</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. citriodora</i>	Clone GG100	Clone AEC144	Clone 7085	Clone 58
	Massa seca (g) – Compartimentos						
	Raiz						
0	0,29	0,27	0,35	0,30	0,43	0,44	0,41
2	7,44	13,57	3,00	7,24	10,25	12,73	20,03
4	62,89	49,70	30,82	57,45	40,17	47,56	71,60
6	98,10	44,19	57,98	119,82	87,65	78,34	115,32
8	127,97	148,21	187,91	168,68	141,86	148,57	247,05
12	295,57	310,59	433,15	440,36	346,72	325,74	521,90
	Tronco						
0	0,30	0,28	0,29	0,50	0,53	0,51	0,62
2	7,80	15,32	4,12	10,03	10,68	15,55	19,09
4	48,12	53,50	43,69	48,17	41,79	47,50	78,33
6	111,31	71,39	110,60	123,84	119,18	95,63	133,81
8	179,63	171,69	145,65	151,39	151,58	157,80	254,27
12	296,42	318,41	383,89	336,55	333,34	296,31	471,12
	Folhas						
0	0,50	0,41	0,75	0,76	0,88	0,64	0,80
2	11,18	16,73	6,70	13,31	15,54	16,21	16,79
4	49,02	44,02	38,23	48,26	41,74	32,56	56,85
6	89,44	38,95	82,43	91,27	98,17	64,98	90,98
8	131,09	90,18	81,10	111,27	111,07	85,71	119,53
12	168,40	198,29	151,39	208,87	127,67	137,29	205,38

...continua...

TABELA 5, continua

	Total						
0	1,09	0,96	1,39	1,56	1,85	1,59	1,84
2	26,41	45,62	13,82	30,58	36,48	44,49	55,91
4	160,03	147,22	112,73	153,88	123,7	127,61	206,78
6	298,85	154,52	251,00	334,92	304,99	238,95	340,11
8	438,68	410,08	414,66	431,35	404,51	392,07	620,85
12	760,39	827,29	968,42	985,78	807,73	759,34	1198,40

Nos estádios iniciais de crescimento e desenvolvimento do eucalipto, a alta eficiência na absorção de nutrientes, ou seja, um melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados e capacidade de empregá-los na síntese da biomassa sugerem a possibilidade de seleção de genótipos dessa cultura para maior adaptação a condições distintas de solo, sobretudo aqueles de baixa fertilidade natural (BARROS; NOVAIS; NEVES, 1990). Vários trabalhos têm constatado diferenças na eficiência nutricional entre espécies de eucalipto (FARIA et al., 2008; LADEIRA, 1999; SANTANA; BARROS; NEVES, 2002; SCHUMACHER; POGGIANI, 1993).

A produção de biomassa radicular aos 12 meses, entre todos os materiais genéticos, se destacou como o de maior produção de massa seca entre os compartimentos das plantas. A alocação de biomassa na raiz aos 12 meses de idade variou de 295,57g (*E. urophylla*) a 521,90g (clone 58), apresentando média de 382,0 g por planta, o que representa 42,40% da biomassa total.

Ao avaliar a produção e distribuição de biomassa em plantas originadas de sementes de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, aos 15, 31, 41 e 84 meses de idade, Ladeira (1999) concluiu que *E. urophylla* foi a espécie que alocou menor produção de matéria seca no sistema radicular, em todas as idades estudadas, mas foi capaz de manter as maiores taxas de crescimento do tronco, o que se deve à maior produção de biomassa dessa espécie. Entretanto,

no presente estudo, entre os materiais genéticos estudados, o *E. urophylla* apresentou a menor produção de matéria seca no sistema radicular e no tronco.

A biomassa do tronco aos 12 meses variou de 296,31g (clone 7085) a 471,12g (clone 58), entre todos os materiais genéticos. Esses valores corresponderam, em média, a 38,62% (348,01g) da produção total de biomassa. Silva et al. (2004), em determinação e alocação percentual de biomassa seca de compartimentos da parte aérea das árvores de um povoamento de *Eucalyptus benthamii* aos 12, 24, 36 e 48 meses de idade, em Guarapuava (PR), constatou que a madeira representava 33% da matéria seca da parte aérea aos 12 meses de idade.

Ao contrário do que acontece com povoamentos extremamente jovens, a madeira do tronco é o compartimento das árvores que apresenta a maior biomassa relativa (REIS; BARROS, 1990). Schumacher, Witschoreck e Calil (2011), ao estimarem a biomassa de povoamentos de *Eucalyptus* sp. aos 2, 4, 6 e 8 anos de idade, observaram um aumento da biomassa relativa do tronco (madeira + casca) de 55% aos 2 anos para 80% aos 8 anos de idade.

As folhas representaram 18,98% (171,04g em média) da biomassa total aos 12 meses, sendo o maior valor encontrado no clone GG100 (208,87g) e o menor no clone AEC144 (127,67g). Na idade de 12 meses, entre madeira, casca, galhos e folhas, Silva et al. (2004) encontraram maior percentual de biomassa no compartimento folhas de *Eucalyptus benthamii*, 34,8%.

A alocação de biomassa, considerando a média de todos os materiais genéticos, foi diferenciada para cada idade (Figura 3). Na idade de zero (muda), o compartimento folhas acumulou maior percentual de biomassa, 40,26%, já na idade de 12 meses, o compartimento raiz ficou com grande percentual da biomassa, 36,74%. Aos 6 meses de idade, o tronco representou o maior percentual de biomassa, 35,52%. A alocação proporcional de biomassa obtida, respectivamente, para folha, raiz e tronco, foi de 40,26; 21,69 e 25,55% para a

idade de zero (muda), 35,22; 24,36 e 27,93% para a idade de 2 meses, 26,70; 30,50 e 30,30% para a idade de 4 meses, 24,84; 27,14 e 35,52% aos 6 meses, 20,72; 32,94 e 33,84% aos 8 meses e de 16,62; 36,74 e 34,14% para a idade de 12 meses.

A produção de biomassa nos diferentes compartimentos da planta, no início do desenvolvimento dos povoamentos florestais, ocorre de forma mais intensa para o crescimento das copas e do sistema radicular, já que ainda não há competição por luz, água e nutrientes entre árvores e o indivíduo procura se estabelecer na área, explorando parcialmente o solo pelas raízes no momento de elevada demanda nutricional e produzindo folhas, aumentando a área fotossinteticamente ativa, até o fechamento da copa. No entanto, com o passar do tempo, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa do tronco aumenta e a das folhas e ramos diminui gradativamente (GONÇALVES et al., 2000; SCHUMACHER; WITSCHORECK; CALIL, 2011).

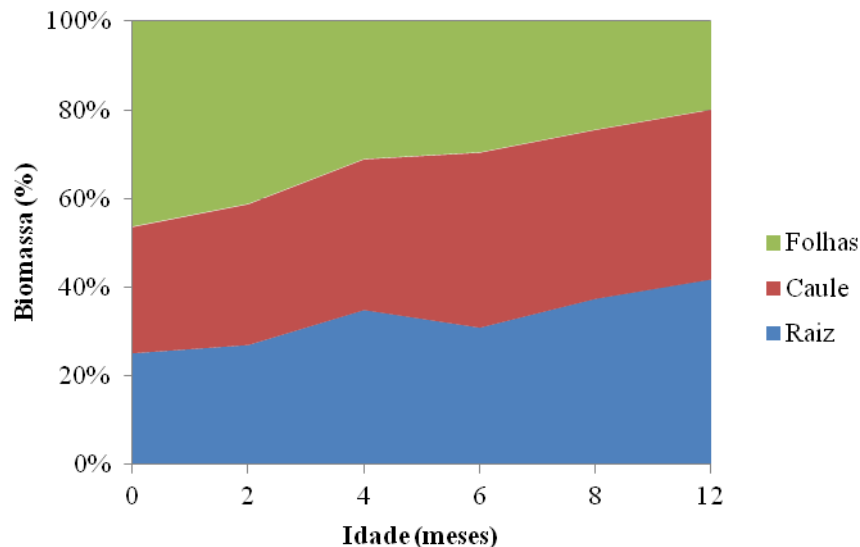


Figura 3 Distribuição média de biomassa nos compartimentos das árvores de *Eucalyptus*, ao longo das idades avaliadas.

Santana et al. (2008), em estudo objetivando estimar a produção de biomassa de eucalipto para diferentes regiões do Brasil, constatou que a proporção de copa em relação ao tronco reduziu com a idade da planta. Entre seis meses e quarenta e dois meses de idade, os autores observaram uma forte queda na porcentagem de copa. A partir dos quarenta e dois meses, a proporção de copa reduziu mais lentamente, até os cinco anos, tornando-se ainda mais estável a partir do sexto ano.

A produção de biomassa da parte aérea e do sistema radicular está intimamente correlacionada entre si (HENDRICK; PREGITZER, 1996) e ambos influenciados pela capacidade produtiva do sítio e condições climáticas (FERREIRA, 1984; REIS et al., 1985; WANG; FANG; ZHU, 2008). Em condições de estresse ambiental, para suprir suas necessidades, as plantas tendem a alocar maior quantidade de biomassa nas raízes comparadamente aos demais compartimentos das árvores, pois a área de contato das raízes com o substrato é diretamente proporcional à quantidade de água e nutrientes absorvidos pela árvore (FLOSS, 2004; GATTO et al., 2011). Entretanto, no presente experimento, as plantas dispuseram de água e nutrientes para se desenvolverem normalmente, mas sofreram estresse em seu crescimento, devido à restrição da área útil dos recipientes para as raízes, que limitou o desenvolvimento vegetativo especialmente da parte aérea das mesmas. Outro aspecto referente a um maior crescimento de raízes diz respeito à fertilização via água de irrigação e aos nutrientes adicionados por cobertura, que ficam concentrados junto à superfície do substrato, podendo ocorrer, no caso de plantio no solo, raízes crescendo mais nas camadas superficiais (NEVES; GOMES; NOVAIS, 1990).

De qualquer forma, as proporções de alocação de biomassa na raiz, tronco e folhas das árvores de *Eucalyptus* foram semelhantes às encontradas em trabalhos em que a idade considerada (12 meses) foi próxima a este estudo.

Ladeira et al. (2001), para as espécies *E. pellita*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, encontraram, aos 15 meses de idade, a proporção média de massa seca total presente nas raízes de 40,2%, 23,6% se encontravam nas folhas, 16,8% nos galhos, 15,8% na madeira e 3,6% na casca. Couto et al. (2004) constataram uma proporção de biomassa total na raiz, aos 12 meses, de 46,67%, acumulação maior que na madeira, 26,67%, e na folha, também 26,67%, em clones híbridos naturais de *Eucalyptus* spp., num sistema agrissilvipastoril em Paracatu, região noroeste do Estado de Minas Gerais. Os autores também constataram o aumento da biomassa de madeira, litter, galho e casca com a idade, com a de folha diminuindo a partir do ano 2, o mesmo ocorrendo com a biomassa de raiz após o ano 7.

Outros estudos avaliando a biomassa ao longo do tempo em povoamentos plantados têm encontrado resultados semelhantes quanto à contribuição dos diferentes compartimentos na biomassa total (BALBINOT et al., 2008; BERNARDO, 1995; FERREIRA, 1984; LELES, 1995; TANDON; PANDE; SINGH, 1988), apresentando, com o aumento da idade, maior acúmulo de biomassa na madeira, o que reduz a participação dos demais compartimentos, principalmente folhas e galhos.

Na Tabela 6 estão apresentados os teores de carbono elementar presente na raiz, tronco e folha das plantas, nos diferentes materiais genéticos e idades.

Tabela 6 Valores médios dos teores de carbono presentes na raiz, tronco e folha das plantas, nos diferentes materiais genéticos e idades.

Idade (meses)	Material genético						
	<i>E.</i> <i>urophylla</i>	<i>E.</i> <i>grandis</i>	<i>E.</i> <i>citriodora</i>	Clone GG100	Clone AEC144	Clone 7085	Clone 58
	Teor de carbono - Compartimentos						
	Raiz						
0	44,66	44,82	43,2	44,68	44,72	44,18	44,31
2	41,26	42,09	40,62	40,98	40,6	40,7	40,04
4	45,08	45,89	44,45	45,86	45,55	44,97	45,05
6	46,25	44,62	43,43	46,5	45,58	45,1	45,16
8	47,81	46,33	44,49	47,06	45,61	45,61	44,83
12	45,8	45,41	43,44	44,62	44,94	44,29	45,03
	Tronco						
0	41,55	42,63	42,89	42,91	43,63	42,79	43,89
2	42,12	42,58	41,36	42,46	42,53	42,81	41,98
4	43,4	42,63	43,94	44,36	43,27	43,52	44,27
6	45,49	44,84	43,92	45,07	45,22	45,1	45,24
8	45,82	45,3	45,04	45,23	45,32	45,59	44,51
12	44,4	44,43	45,01	44,87	45,15	44,63	44,64
	Folhas						
0	43,62	42,1	43,42	44,49	45,25	45,24	44,72
2	43,25	42,93	45,02	43,33	44,41	43,93	44,08
4	45,5	45,55	45,46	46,36	47,03	46,29	46,32
6	46,81	46,39	47,64	47,6	48,17	48,56	48,66
8	46,39	47,76	47,4	48,65	47,62	48,37	48,41
12	46,76	45,89	46,61	47,65	46,87	48,34	47,73

Nota-se uma tendência de aumento na porcentagem do carbono elementar de 0 a 12 meses de idade, para todos os materiais genéticos e compartimentos das plantas. Watzlawick et al. (2004), ao estudarem os teores de carbono em espécies da floresta ombrófila mista montana, concluíram que estes podem variar de acordo com a idade e o tamanho das árvores.

O carbono na raiz, tronco e folha variaram, aos 12 meses, de 43,44 a 45,80%, 44,40 a 45,15% e 45,89 a 48,34%, respectivamente. Neves (2000) obteve teores médios de carbono de 52% em folhas, 48% para casca, 52% para galhos, 50,5% para o lenho e 51% para raiz grossa em povoamentos clonais de híbridos de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) aos 9 anos de idade na região litorânea do Espírito Santo. Dallagnol et al. (2011), ao analisarem os teores de carbono em *Eucalyptus grandis* W.Hill em indivíduos com idade variando entre 8 e 20 anos, nos compartimentos folhas, casca, galhos, madeira e raízes, encontraram 52,29, 39,46, 42,06, 42,61 e 42,20%, respectivamente.

Observa-se que os teores de carbono foram inferiores aos 50% recomendados pelo IPCC. As estimativas de armazenamento de carbono, se determinadas com exatidão, asseguram estimativas mais precisas das quantidades de carbono acumulado. Utilizar um único valor de teor de carbono para os diferentes compartimentos da árvore e espécies pode induzir grandes erros de estimativas (KOEHLER et al., 2005).

A folhagem foi o compartimento que apresentou maiores teores de carbono. Vieira et al. (2009), estudando teores de carbono em espécies do Cerrado e da Caatinga, e Weber et al. (2006), analisando os teores de carbono em espécies do ecossistema da floresta ombrófila mista, também observaram que a folhagem apresentou o maior teor de carbono.

Entre os teores de carbono nas espécies do Cerrado e Caatinga estudadas por Vieira et al. (2009), análises estatísticas mostraram que existem diferenças entre as espécies dos dois biomas analisados, sendo esses sempre maiores nas espécies da Caatinga.

Já Weber et al. (2006), quantificando os teores de carbono orgânico de *Myrsine ferruginea* (Ruiz & Pav.) Spreng., *Ocotea porosa* (Nees) L. Barroso, *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga), *Styrax leprosus* Hook & Arn., *Symplocos*

uniflora (Pohl) Benth. e *Ilex paraguariensis* St. Hil., espécies nativas do ecossistema da floresta ombrófila mista, não encontraram diferença significativa nos teores de carbono entre nenhuma das espécies analisadas.

Na Tabela 7 encontram-se os valores de carbono estocado, em massa seca (gramas) nos diferentes compartimentos das árvores, nas diferentes idades e materiais genéticos. Independentemente dos materiais genéticos, constatou-se um aumento absoluto do estoque de carbono nos compartimentos das árvores de *Eucalyptus* com o aumento da idade, resultado que era esperado.

A variação do estoque de carbono na massa seca total, bem como na raiz, tronco, e folha, aos 12 meses, foi de 342,85g (clone 7085) a 543,49g (clone 58), 135,57g (*E. urophylla*) a 235,27g (clone 58), 131,74g (*E. urophylla*) a 210,36g (clone 58), 59,83g (clone AEC144) a 99,60g (clone GG100), respectivamente.

Em todos os compartimentos, os maiores estoques de carbono foram registrados no lenho e nas raízes, em virtude da maior biomassa produzida.

O clone 58 apresentou, entre todos os materiais genéticos, maior produção de massa seca total aos 12 meses de idade (Tabela 5) e, conseqüentemente, maior estoque de carbono (Tabela 6). Bernardo (1995) verificou que a espécie *E. camaldulensis* foi mais eficiente em converter energia em madeira que as espécies *E. urophylla* e *E. pellita*, aos 41 meses de idade.

O clone 7085, entretanto, apresentou a menor produção de massa seca total (Tabela 5), o que está consistente com o seu baixo crescimento em altura e diâmetro (Tabela 4).

Tabela 7 Carbono estocado nos diferentes compartimentos das árvores, em diferentes idades e materiais genéticos.

Idade (meses)	Material genético						
	<i>E. urophylla</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. citriodora</i>	Clone GG100	Clone AEC144	Clone 7085	Clone 58
	Estoque de carbono (g) - Compartimentos						
	Raiz						
0	0,13	0,12	0,15	0,14	0,19	0,19	0,18
2	3,06	5,71	1,22	2,97	4,19	5,18	8,03
4	28,29	22,78	13,71	26,35	18,32	21,38	32,23
6	45,38	27,51	25,21	55,72	40,13	35,38	52,18
8	61,24	68,79	83,8	79,38	64,69	67,82	110,74
12	135,57	140,99	187,99	196,59	155,43	144,02	235,27
	Tronco						
0	0,12	0,12	0,13	0,21	0,23	0,22	0,27
2	3,29	6,51	1,70	4,26	4,55	6,65	8,00
4	20,87	22,82	19,19	21,47	17,98	20,74	34,71
6	50,63	40,05	48,68	55,83	53,75	43,19	60,56
8	82,30	77,73	65,73	68,52	68,68	72,10	113,26
12	131,74	141,46	173,51	151,00	150,46	132,32	210,36
	Folhas						
0	0,22	0,17	0,33	0,34	0,40	0,29	0,36
2	4,83	7,18	3,02	5,76	6,92	7,12	7,40
4	22,27	20,03	17,38	22,35	19,58	15,07	26,36
6	41,94	21,08	39,29	43,48	47,29	31,6	44,26
8	60,79	42,99	38,42	54,13	52,88	41,07	57,96
12	78,68	91,00	70,41	99,6	59,83	66,51	97,86
	Total						
0	0,47	0,41	0,60	0,69	0,82	0,70	0,82
2	11,18	19,40	5,94	12,99	15,66	18,95	23,43
4	71,44	65,64	50,28	70,16	55,89	57,19	93,30
6	137,94	88,64	113,18	155,03	141,17	110,17	156,99
8	204,33	189,5	187,95	202,03	186,26	180,98	281,97
12	345,98	373,45	431,92	447,19	365,73	342,85	543,49

Na Tabela 8 estão apresentados os valores percentuais de carbono estocado nos diferentes compartimentos das plantas (raiz, tronco e folha), por material genético, nas diferentes idades.

A alocação de carbono variou com a idade e com o material genético (Figuras 4, 5 e 6). As proporções do estoque de carbono nas raízes, na idade zero e aos 12 meses, corresponderam a 25,07% e 41,75%, respectivamente. Independentemente do material genético, constatou-se aumento do estoque de carbono nas raízes das plantas com o aumento da idade (Figura 4), sendo o comportamento distinto de acordo com o material genético e o seu ritmo de crescimento. Balbinot et al. (2008) analisaram a dinâmica do estoque de carbono nos compartimentos tronco, acículas, galhos vivos e raízes em plantações de *Pinus* sp., nos municípios de General Carneiro e Bituruna (PR). Nas plantas com menos de 5 anos de idade, as raízes chegaram a representar 35% do carbono fixado. Os autores enfatizaram a importância da quantificação do estoque de carbono nas raízes, principalmente se o objetivo for apresentar estimativas corretas sobre a capacidade das florestas de fixar carbono atmosférico.

Tabela 8 Partição do carbono estocado nos diferentes compartimentos (raiz, tronco e folha), em diferentes idades e materiais genéticos.

Idade (meses)	Material genético						
	<i>E. urophylla</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. citriodora</i>	Clone GG100	Clone AEC144	Clone 7085	Clone 58
	Proporção de carbono (%) - Compartimentos						
	Raiz						
0	27,84	29,68	24,82	19,72	23,50	27,49	22,44
2	27,40	29,44	20,52	22,84	26,78	27,33	34,27
4	39,61	34,71	27,27	37,55	32,79	37,38	34,54
6	32,89	31,04	22,27	35,94	28,42	32,12	33,23
8	29,97	36,30	44,59	39,29	34,73	37,47	39,28
12	39,18	37,75	43,52	43,96	42,50	42,01	43,29

...continua...

TABELA 8, continua

Tronco							
0	26,19	28,87	20,93	31,00	28,02	31,06	33,58
2	29,42	33,57	28,69	32,78	29,04	35,07	34,16
4	29,21	34,77	38,16	30,6	32,17	36,26	37,20
6	36,70	45,18	43,01	36,01	38,08	39,20	38,57
8	40,28	41,02	34,97	33,91	36,88	39,84	40,17
12	38,08	37,88	40,17	33,77	41,14	38,59	38,71
Folhas							
0	45,97	41,45	54,25	49,28	48,48	41,45	43,98
2	43,18	36,99	50,79	44,38	44,18	37,6	31,57
4	31,18	30,52	34,57	31,85	35,04	26,36	28,26
6	30,40	23,78	34,71	28,05	33,50	28,68	28,19
8	29,75	22,68	20,44	26,79	28,39	22,69	20,56
12	22,74	24,37	16,30	22,27	16,36	19,40	18,01

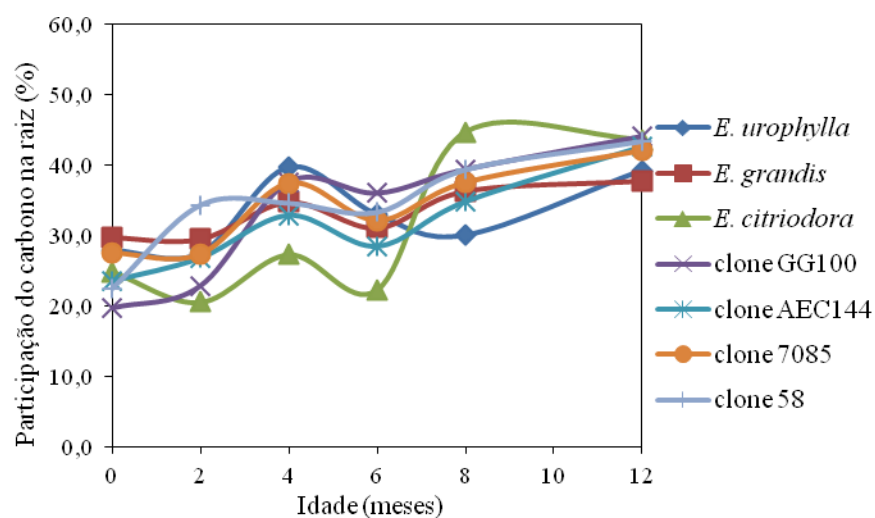


Figura 4 Porcentagem de alocação de carbono na raiz, por material genético, ao longo das idades avaliadas.

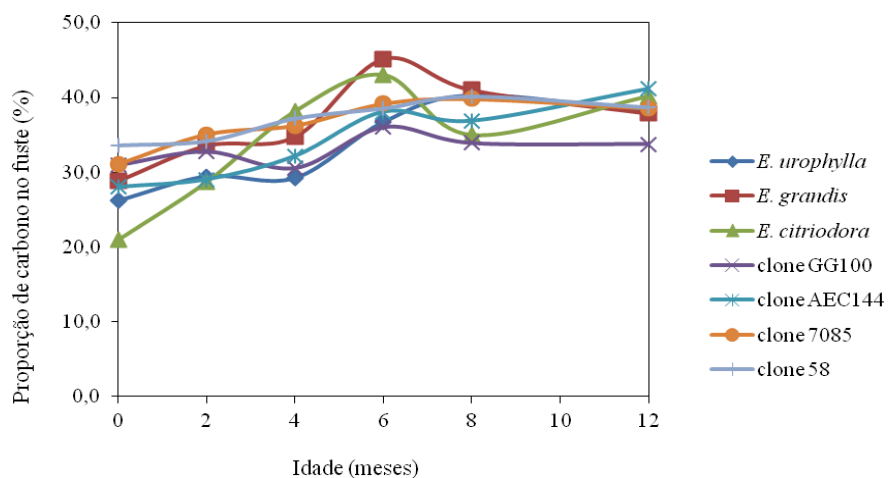


Figura 5 Percentagem de alocação de carbono no tronco, por material genético, ao longo das idades avaliadas.

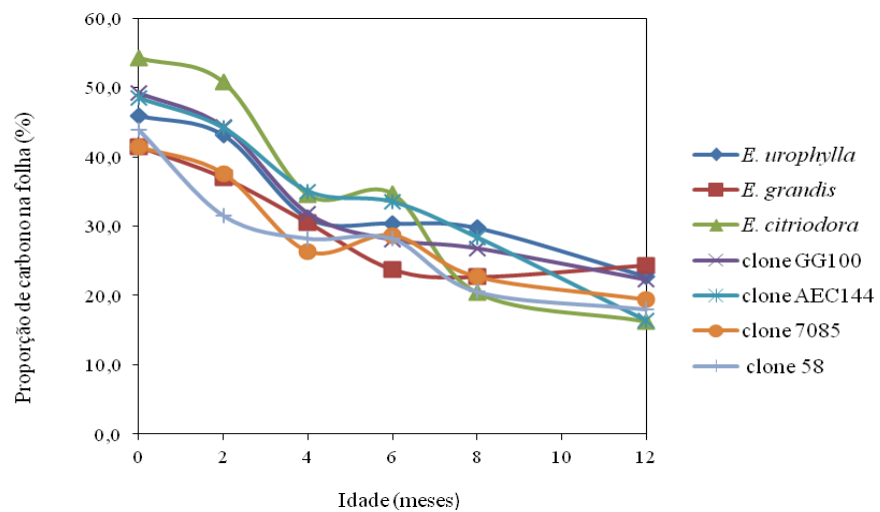


Figura 6 Percentagem de alocação de carbono na folha, por material genético, ao longo das idades avaliadas.

Considerando um valor médio para todos os materiais genéticos, na idade zero a proporção de carbono do tronco era de 28,52% e aos 12 meses foi de 38,33%. A proporção do carbono alocado no tronco teve seu pico aos seis meses de idade, e sofreu, de maneira geral, uma ligeira diminuição aos oito e 12 meses de idade (Figura 5). Este fato ocorreu provavelmente pela redução do crescimento vegetativo das plantas devido ao pequeno volume dos recipientes utilizados.

Houve aumento absoluto nos valores de carbono da folha, porém o valor percentual desse compartimento, considerando todos os materiais genéticos conjuntamente, apresentou redução em função da idade (Figura 7). No momento do plantio, a proporção média de carbono total presente nas folhas era de 46,41% e aos 12 meses de idade passou para 19,92%. Essa redução porcentual das folhas ocorreu em favor de um aumento de matéria seca na madeira e na raiz da planta.

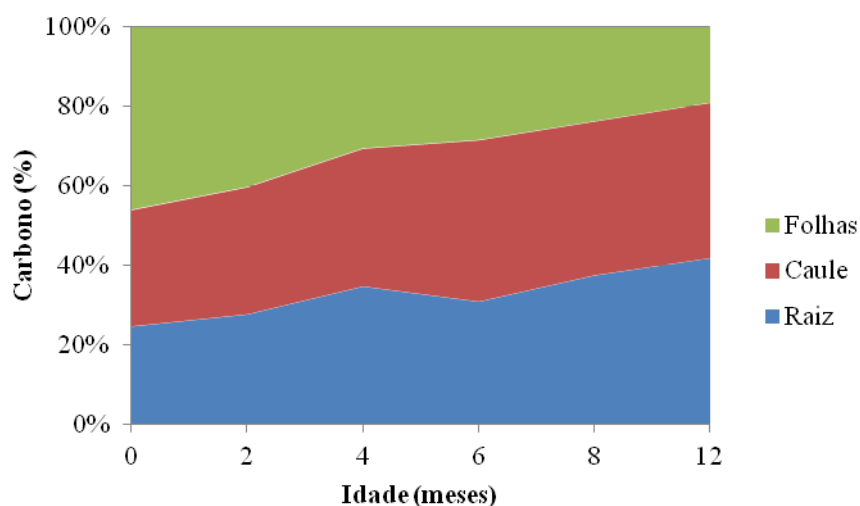


Figura 7 Distribuição média de carbono nos compartimentos das árvores de *Eucalyptus*, ao longo das idades avaliadas.

Aos 12 meses de idade, o clone GG100 alocou 33,77% do carbono total no tronco, enquanto AEC144 alocou 41,14%, destacando-se na alocação de carbono no compartimento tronco. Para as raízes, o *E. grandis* alocou 37,75% do carbono total, ao passo que o GG100 alocou 43,96% do carbono da planta. O *E. citriodora* apresentou menor valor de carbono nas folhas aos 12 meses, 16,30%, já o *E. grandis* obteve o maior valor, 24,37% de carbono nesse compartimento.

A distribuição de carbono por compartimento, unindo todos os materiais genéticos, seguiu o mesmo padrão de produção da biomassa seca da raiz, tronco e folha (Figuras 3 e 7).

Nas Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13 estão apresentados os resumos das análises de variâncias para o delineamento estatístico adotado. Observa-se que o efeito da idade foi altamente significativo ($p \leq 0,01$) para todas as variáveis analisadas.

O efeito do material genético foi significativo para todas as variáveis, exceto para o teor de carbono no tronco. Observa-se ainda que praticamente não houve variação para os teores elementares de carbono entre os diferentes compartimentos da planta, porém menor valor foi observado no tronco (Tabela 13).

Tabela 9 Resumo da análise de variância para o diâmetro do coleto e o comprimento da parte aérea.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO	
		Diâmetro do coleto (mm)	Comprimento parte aérea (m)
Idade (I)	5	2667,6627**	9,1484**
Erro (a)	12	10,1911	0,0633
Material Genético (MG)	6	12,1224**	0,5791**
I x MG	30	4,0721*	0,0839**
Bloco	2	24,9861	0,0244
Erro (b)	70	2,0721	0,0327
Total	125		
Média geral		17,29	1,30
CV1 (%)		18,46	19,31
CV2 (%)		8,32	13,89

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação experimental; **, * e ns = significativo em nível de 5%, 1% e não significativo, respectivamente.

Tabela 10 Resumo da análise de variância para o carbono por volume, densidade básica da casca e caule.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO		
		DB casca (g.cm ⁻³)	DB caule (g.cm ⁻³)	Carbono (kg.m ⁻³)
Idade (I)	4	0,0900**	0,0245**	7904,6917**
Erro (a)	10	0,0009	0,0010	223,6399
Material Genético (MG)	6	0,0030**	0,0090**	1632,4461**
I x MG	24	0,0010 ^{ns}	0,0012*	282,8915**
Bloco	2	0,0011	0,0003	42,0264
Erro (b)	58	0,0006	0,0006	119,2883
Total	104			
Média		0,303	0,426	188,52
CV1 (%)		9,67	7,43	7,93
CV2 (%)		8,44	5,84	5,79

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação experimental; **, * e ns = significativo em nível de 5%, 1% e não significativo, respectivamente; DB casca = densidade básica da casca; DB caule = densidade básica do caule.

Tabela 11 Resumo da análise de variância para a massa seca nos diferentes compartimentos da planta.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		MASSA SECA (g)			
		Raiz	Tronco	Folha	Total
Idade (I)	5	432297,0200**	359096,6863**	84376,0178**	2372169,2194**
Erro (a)	12	9107,6300	5561,8461	1226,0662	39406,5880
Material					
Genético (MG)	6	10628,0994**	7026,7310**	1699,1081*	44902,3432**
I x MG	30	3708,4551**	2111,8044**	853,8054 ^{ns}	13482,4134**
Bloco	2	7866,8405	7469,1096	1537,8632	45829,6724
Erro (b)	70	1505,0672	613,8454	564,5863	4476,3423
Total	125				
Média		116,25	115,73	68,94	300,91
CV1 (%)		82,09	64,44	50,79	65,97
CV2 (%)		33,37	21,41	35,28	24,92

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação experimental; **, * e ns = significativo em nível de 5%, 1% e não significativo, respectivamente.

Tabela 12 Resumo da análise de variância para a massa de carbono nos diferentes compartimentos da planta e do total.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		CARBONO (g)			
		Raiz	Tronco	Folha	Total
Idade (I)	5	86846,6932**	72428,0885**	18984,3900**	487682,2836**
Erro (a)	12	1813,8992	1154,5330	277,1996	8132,0751
Material					
Genético (MG)	6	2089,1282**	1376,7381**	397,2071**	9297,0344**
I x MG	30	709,5892**	429,3068**	188,5052 ^{ns}	2750,6419**
Bloco	2	1570,1577	1558,3229	364,2735	9619,7508
Erro (b)	70	301,3370	132,1718	120,3434	925,7063
Total	125				
Média		52,39	51,85	32,51	136,7586
CV1 (%)		81,29	65,53	51,21	65,94
CV2 (%)		33,13	22,17	33,74	22,25

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação experimental; **, * e ns = significativo em nível de 5%, 1% e não significativo, respectivamente.

Tabela 13 Resumo da análise de variância para os teores de carbono.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO		
		CARBONO (%)		
		Raiz	Tronco	Folha
Idade (I)	5	67,8239**	31,680**	65,7353**
Erro (a)	12	0,4344	0,3888	0,3020
Material Genético (MG)	6	7,5130**	0,7897 ^{ns}	7,8157**
I x MG	30	0,9540**	0,8302**	1,0358*
Bloco	2	0,0675	0,0540	0,0291
Erro (b)	70	0,4305	0,3963	0,5246
Total	125			
Média		44,42	43,97	46,11
CV1 (%)		1,48	1,42	1,19
CV2 (%)		1,48	1,43	1,57

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação experimental; *, ** e ns = significativo em nível de 5%, 1% e não significativo, respectivamente.

Pelas Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13, pode-se ainda observar que o efeito da interação idade e material genético foi significativo para todas as características, exceto para a massa seca na folha, massa de carbono na folha e densidade básica da casca. Interação significativa indica que existe dependência entre os fatores. Dessa forma, optou-se em fazer o desdobramento da interação e avaliar o efeito da idade dentro de material genético.

Na Tabela 14 encontra-se o teste de comparação múltipla para o efeito do material genético para as características massa seca da folha, massa seca de carbono na folha e densidade básica da casca, variáveis em que o efeito da interação idade e material genético foi não significativo. Observa-se que o teste de comparação múltipla para massa seca da folha foi idêntico ao obtido para massa seca de carbono na folha, pois a biomassa interfere de maneira decisiva na estimativa de carbono nas diferentes frações da vegetação. Os valores de massa seca da folha e massa seca de carbono na folha para *E. urophylla*, GG100 e 58 foram estatisticamente superiores a *E. grandis*, *E. citriodora*, AEC144 e 7085.

Tabela 14 Teste de médias para as variáveis massa seca da folha, massa seca de carbono na folha e densidade básica da casca por material genético.

Material Genético	Massa seca da folha (g)	Massa seca de carbono na folha (g)	DB casca (g.cm ⁻³)
<i>E. urophylla</i>	74,94 a*	34,79 a	0,291 b
<i>E. grandis</i>	64,76 b	29,91 b	0,312 a
<i>E. citriodora</i>	60,10 b	28,14 b	0,292 b
GG100	78,95 a	37,61 a	0,300 b
AEC144	65,84 b	31,15 b	0,288 b
7085	56,23 b	26,95 b	0,311 a
58	81,72 a	39,03 a	0,327 a

*Valores seguidos de mesma letra na vertical não diferem entre si significativamente pelo teste de comparação múltipla Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 15 Teste de médias para as variáveis massa seca da folha, massa seca de carbono na folha e densidade básica da casca por idade.

Idade (meses)	Massa seca da folha (g)	Massa seca de carbono na folha (g)	DB casca (g.cm ⁻³)
0	0,68 e*	0,30 e	-
2	13,78 e	6,03 e	0,194 d
4	44,38 d	20,43 d	0,297 c
6	79,46 c	37,99 c	0,321 b
8	104,28 b	49,75 b	0,345 a
12	171,04 a	80,56 a	0,358 a

*Valores seguidos de mesma letra na vertical não diferem entre si significativamente pelo teste de comparação múltipla Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A densidade básica da casca de *E. grandis*, clones 7085 e 58 estão dentro do grupo de maior valor, diferindo estatisticamente dos demais materiais genéticos. Já o *E. urophylla*, *E. citriodora*, clones GG100 e AEC144 formaram o grupo com o menor valor de densidade de casca. As árvores de *Eucalyptus grandis* aos 9 anos de idade, em plantios em Abaeté – MG, produziram casca de densidade básica média de 0,356 g.cm⁻³ (VITAL; ANDRADE; VALENTE, 1989).

4.2 Modelagem estatística

Os modelos de regressão ajustados serão discutidos separadamente por material genético e idade.

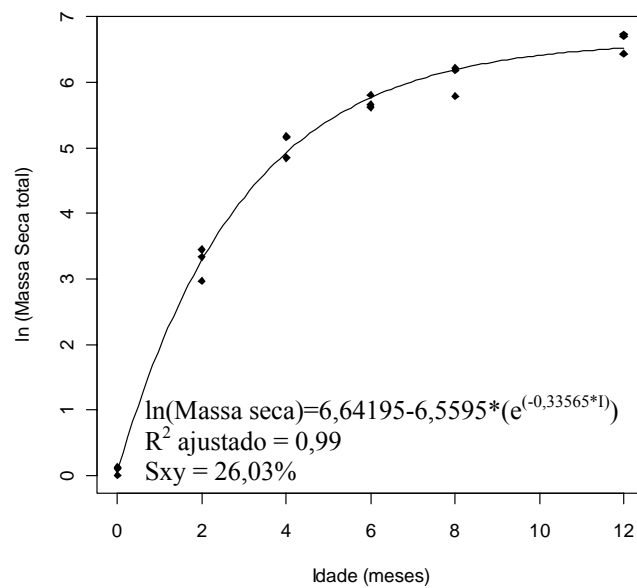
4.2.1 Seleção de modelos por material genético

4.2.1.1 *Eucalyptus urophylla*

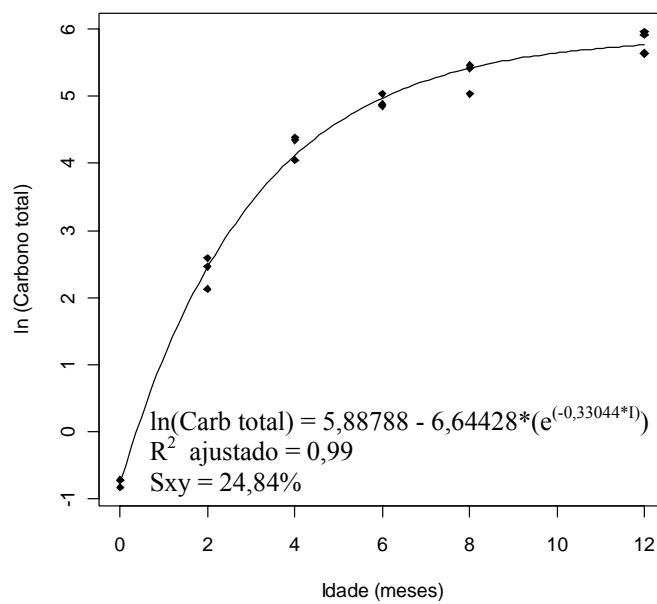
Nas Tabelas 1A e 2A (ANEXO A) estão apresentados os coeficientes dos modelos de regressão ajustados, bem como seus respectivos valores de significância pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa (em gramas e em porcentagem), graus de liberdade do erro e os valores de F calculado para a estimativa de biomassa seca e carbono total para *Eucalyptus urophylla*.

Para o *E. urophylla*, o modelo que melhor se adequou para a estimativa de biomassa seca e carbono total foi o número 3. Este se destacou dos demais por apresentar todos os coeficientes de regressão significativos, pelo teste t (p-valor $<0,001$), coeficiente de determinação ajustado de 0,99 e uma melhor distribuição residual (Figura 1A, ANEXO A).

Na Figura 8 pode ser verificado o ajuste do modelo 3 para biomassa seca e carbono total, de *E. urophylla*.



(a)



(b)

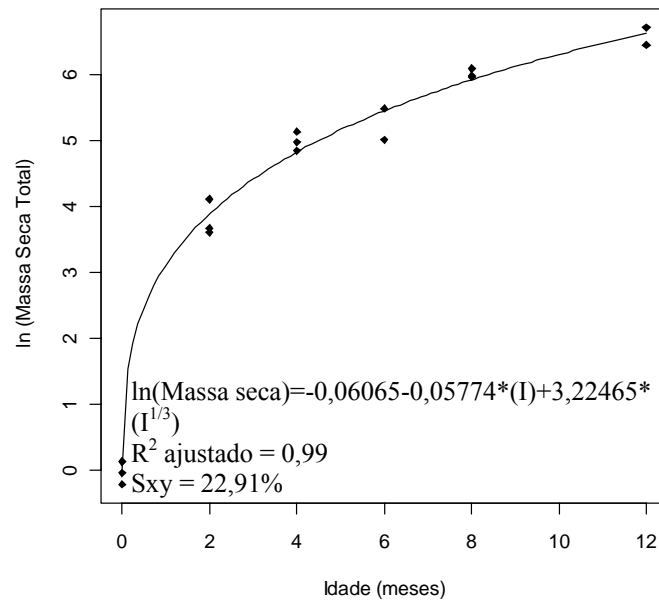
Figura 8 Modelo 3 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para *E. urophylla*.

4.2.1.2 *Eucalyptus grandis*

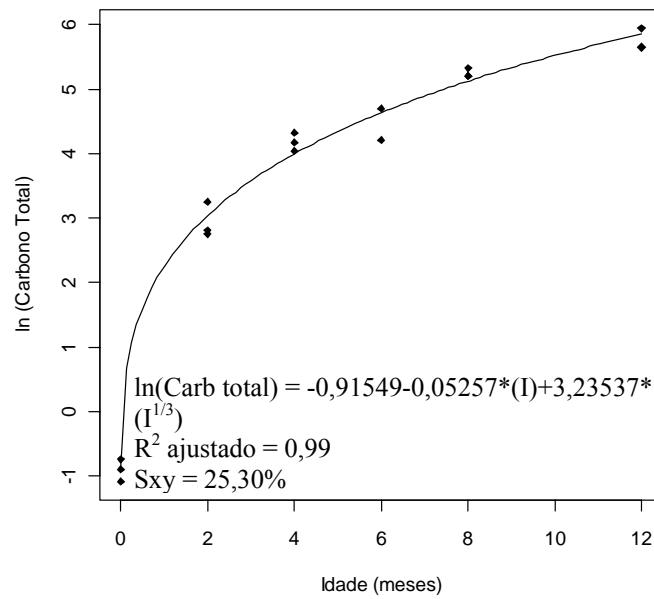
Nas Tabelas 3A e 4A (ANEXO A) estão apresentados os coeficientes dos modelos de regressão ajustados, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa (em gramas e em porcentagem), graus de liberdade do erro e os valores de F calculado para a estimativa de biomassa seca e carbono total para *Eucalyptus grandis*.

O modelo 4 foi selecionado para a estimativa de biomassa seca e carbono total do *E. grandis* pelo conjunto de parâmetros de qualidade da precisão. Em comparação com os demais ajustes, este modelo foi o que apresentou a melhor distribuição dos resíduos padronizados (Figura 2A, ANEXO A), baixo erro padrão da estimativa e elevado coeficiente de determinação ajustado (0,99). Na avaliação dos coeficientes para a variável biomassa seca pelo teste t , somente o β_0 não foi significativo. Para a variável carbono total, os coeficientes da regressão apresentaram-se significativos (p-valor <0,13).

Na Figura 9 pode ser verificado o ajuste do modelo 4 para biomassa seca e carbono total, de *E. grandis*.



(a)



(b)

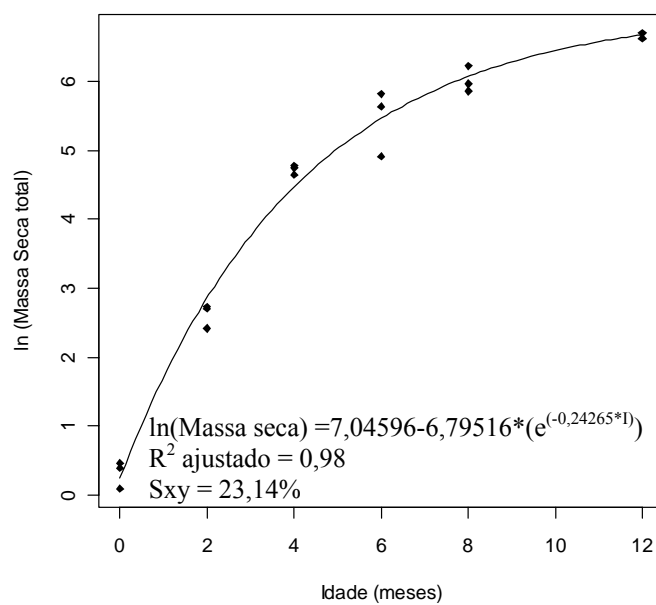
Figura 9 Modelo 4 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para *E. grandis*.

4.2.1.3 *Eucalyptus citriodora*

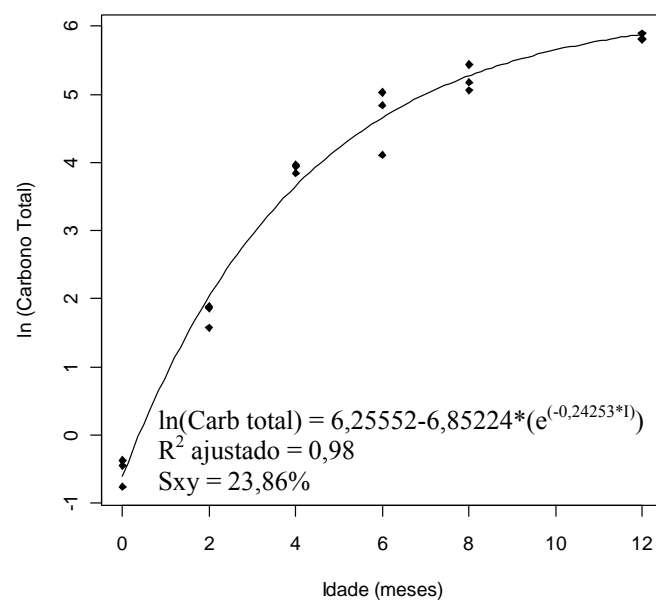
Nas Tabelas 5A e 6A (ANEXO A) estão apresentados os parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de biomassa seca e carbono total de plantas de *E. citriodora*.

O baixo valor do erro padrão da estimativa (Syx%), a melhor distribuição dos resíduos (Figura 3A, ANEXO A) e a significância dos coeficientes (p-valor<0,001), além do elevado coeficiente de determinação associado ao modelo 3, o destacou em relação aos demais para a estimativa de biomassa seca e carbono total para *E. citriodora*.

Na Figura 10 pode ser verificado o ajuste do modelo selecionado para estimativa de biomassa seca e carbono total, para *E. citriodora*.



(a)



(b)

Figura 10 Modelo 3 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para *E. citriodora*.

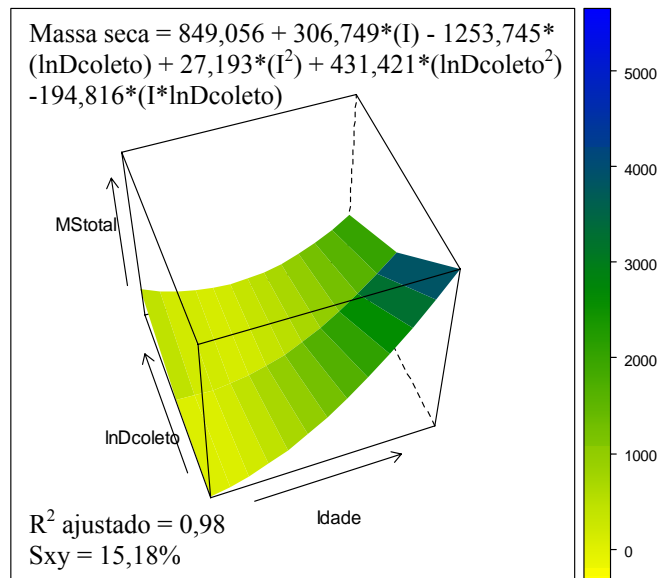
4.2.1.4 Clone GG100

Nas Tabelas 7A e 8A (ANEXO A) encontram-se os parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de biomassa seca e carbono total de plantas do clone GG100.

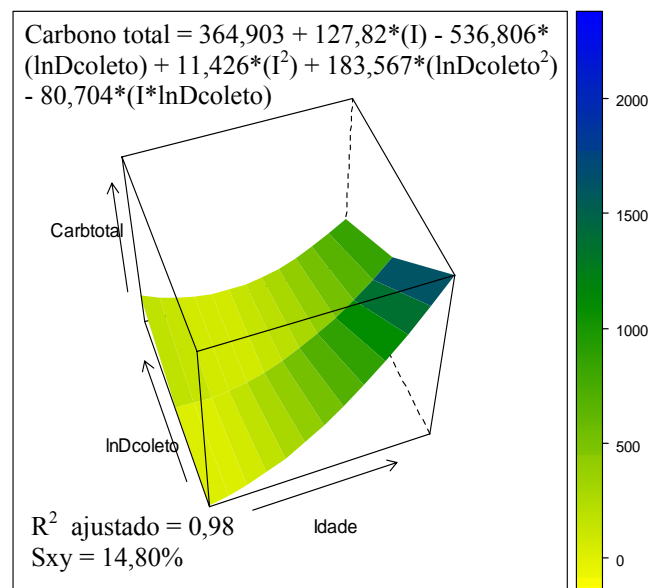
O modelo 8 foi o que se destacou em relação aos demais. Este modelo apresentou baixos valores de Syx (%), coeficiente de determinação ajustado de 0,98, significância dos coeficientes de regressão e melhor distribuição residual tanto para a estimativa de biomassa seca como de carbono total (Figura 4A, ANEXO A).

O clone GG100 foi o único material genético em que a superfície de resposta pôde apresentar estimativas confiáveis. Para os demais materiais genéticos, esse modelo gráfico não se ajustou bem, de forma a estimar valores negativos na idade zero.

Verifica-se pelo gráfico de superfície de resposta, forma quadrática, (Figura 11) que os maiores valores de biomassa seca e carbono encontram-se nas maiores idades, havendo maior influência dessa variável independente do que do diâmetro na altura do coleto nos valores das variáveis dependentes.



(a)



(b)

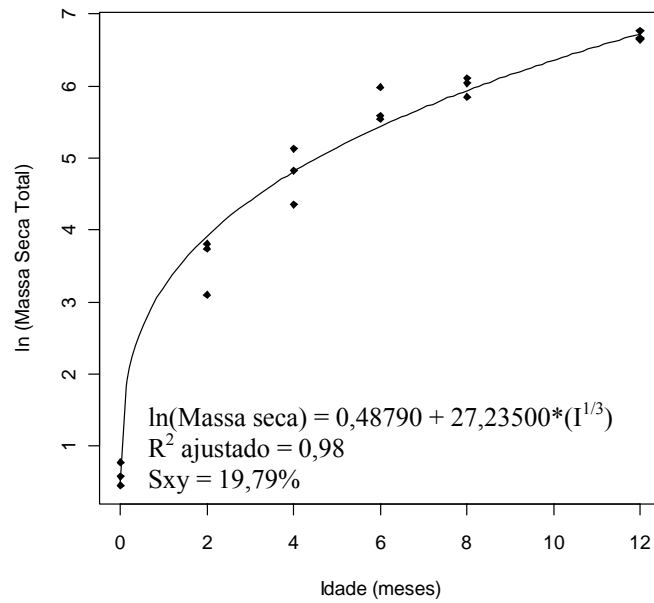
Figura 11 Modelo 8 - Superfície de resposta quadrática: Massa seca (a) e Carbono total (b) para o clone GG100.

4.2.1.5 Clone AEC144

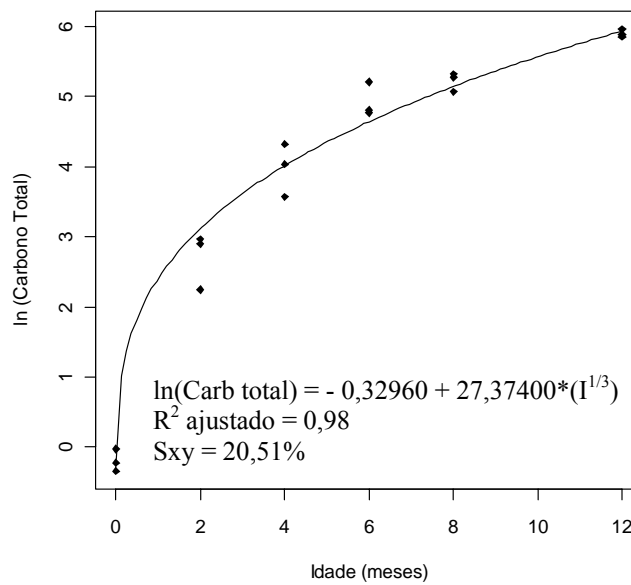
Nas Tabelas 9A e 10A (ANEXO A) estão apresentados os coeficientes dos modelos de regressão ajustados, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa (em gramas e em porcentagem), graus de liberdade do erro e os valores de F calculado para a estimativa de biomassa seca e carbono total para o clone AEC144.

Observa-se que o modelo de regressão 5 se destacou entre os demais modelos ajustados para estimativa de biomassa seca e carbono total para o clone AEC144. Tal fato fica evidenciado ao observar os valores dos coeficientes de determinação ajustados (0,98), melhor distribuição residual (Figura 5A, ANEXO A) e baixo erro padrão da estimativa (Syx%).

Na Figura 12 verifica-se o ajuste do modelo selecionado para o clone AEC144, tanto para biomassa seca total como para carbono total.



(a)



(b)

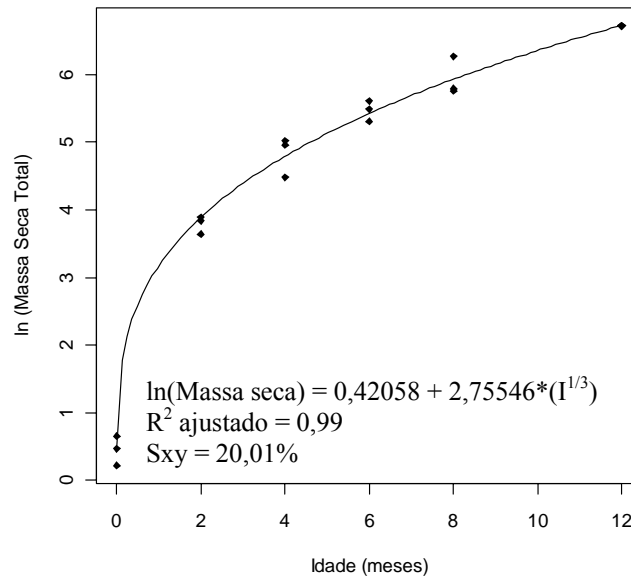
Figura 12 Modelo 5 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para o clone AEC144.

4.2.1.6 Clone 7085

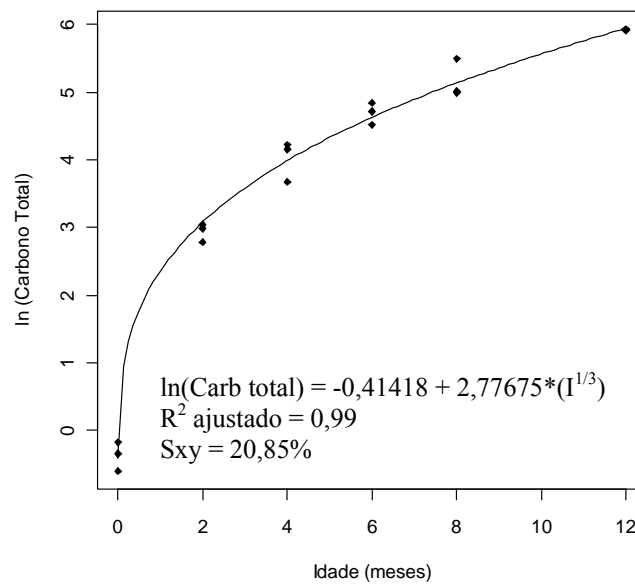
Nas Tabelas 11A e 12A (ANEXO A) estão apresentados os coeficientes dos modelos de regressão ajustados, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa (em gramas e em porcentagem), graus de liberdade do erro e os valores de F calculado para a estimativa de biomassa seca e carbono total para o clone 7085.

Analisando o coeficiente de determinação (0,99), o erro padrão da estimativa, a significância dos coeficientes pelo teste t (p-valor<0,01) e a distribuição residual (Figura 6A, ANEXO A), o modelo 5 foi o que melhor se ajustou para estimativa de biomassa seca e carbono total do clone 7085.

Na Figura 13 verifica-se o ajuste do modelo selecionado para o clone 7085, tanto para biomassa seca como para o carbono total.



(a)



(b)

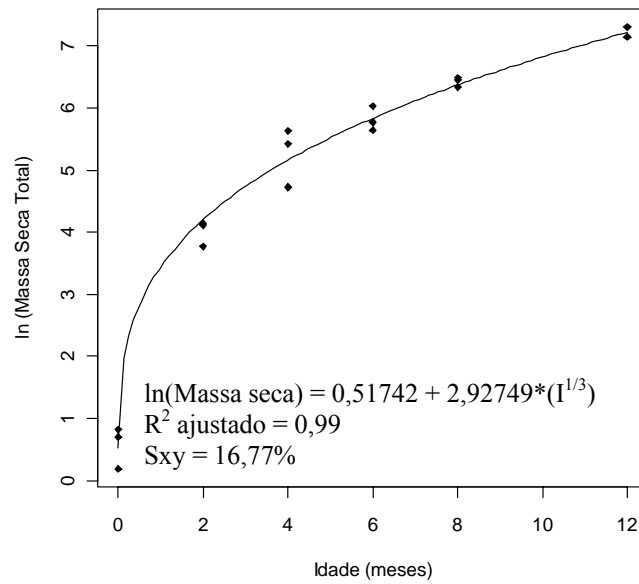
Figura 13 Modelo 5 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para o clone 7085.

4.2.1.7 Clone 58

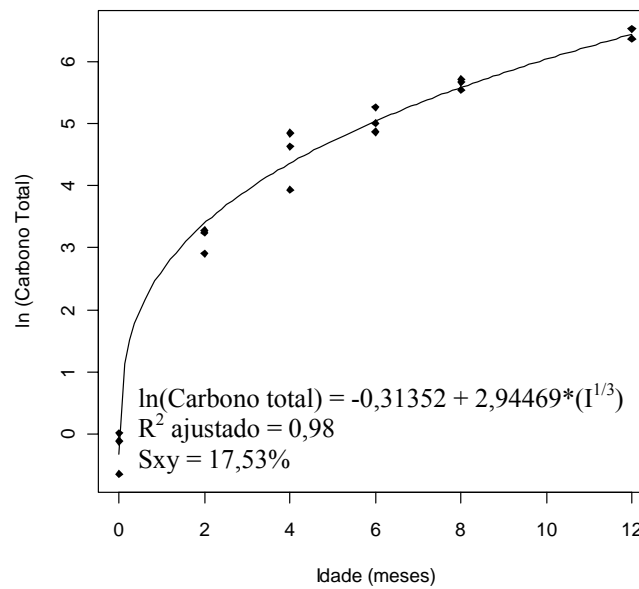
Nas Tabelas 13A e 14A (ANEXO A) estão apresentados os coeficientes dos modelos de regressão ajustados, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa (em gramas e em porcentagem), graus de liberdade do erro e os valores de F calculado para a estimativa de biomassa seca e carbono total para o clone 58.

Pela análise dos erros padrão da estimativa, coeficientes de determinação ajustado, significância dos coeficientes da regressão (p -valor $<0,1$) e distribuição residual (Figura 7A, ANEXO A), a equação 5 se destacou entre as demais equações no ajuste para estimativa de biomassa seca e carbono total para o clone 58.

Na Figura 14 verifica-se o ajuste do modelo selecionado para o clone 58, para biomassa seca e carbono total.



(a)



(b)

Figura 14 Modelo 5 ajustado ao comportamento da massa seca (a) e carbono total (b) para o clone 58.

Verificou-se que cada material genético apresentou um comportamento particular de produção de biomassa e estoque de carbono total, não sendo possível selecionar um modelo comum que representasse todos eles. Esse resultado é um indicativo do efeito específico do material genético na produção de biomassa e, conseqüentemente, de carbono.

Pode ser observado nos ajustes dos modelos propostos para os diferentes materiais genéticos o comportamento exponencial tanto da biomassa seca como do carbono total.

Os modelos ajustados para os diferentes materiais genéticos mostraram, de forma geral, bons níveis de ajuste e precisão, exceto os modelos 1 e 2. O modelo 1 apresentou os mais altos valores de erro padrão da estimativa quando comparados aos demais. O modelo 2 tendeu a superestimar os valores de massa seca e carbono total para todos os materiais genéticos, principalmente para a idade 0 (zero).

Observa-se que todos os modelos lineares, simples e múltiplos, apresentaram-se estatisticamente significativos pelo teste F (p-valor <0,01) e com elevados coeficientes de determinação ajustados, acima de 0,91. Já os não-lineares apresentaram todos os valores de R^2 ajustado acima de 0,89. Dessa forma, o valor do erro padrão em porcentagem, a verificação da significância dos coeficientes de regressão do modelo e a análise gráfica dos resíduos foram importantes na seleção dos melhores ajustes na estimativa das variáveis dependentes, para cada material genético especificamente.

No geral, os modelos propostos que melhor se ajustaram aos dados observados dos materiais genéticos em questão apresentaram somente a variável independente idade. Os modelos lineares múltiplos, em que foi utilizado, além da idade, o diâmetro na altura do coleto e o comprimento da parte aérea, não apresentaram resultados satisfatórios. Este fato ressalta a importância do efeito

da idade na estimativa da biomassa seca e do carbono total por material genético.

4.2.2 Seleção de modelos por idade

4.2.2.1 Idade dois meses

A Tabela 16 apresenta a relação dos modelos selecionados para a estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume para a idade de dois meses. Para a massa seca, verifica-se que o modelo 12 foi o que melhor se ajustou na estimativa de massa seca, aos dois meses de idade. Este modelo se destacou dos demais com menor erro padrão da estimativa (S_{xy}), melhor distribuição residual e significância dos coeficientes (p -valor $<0,05$), além do elevado coeficiente de determinação ajustado.

Tabela 16 Parâmetros e estatísticas dos modelos selecionados para estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos dois meses de idade.

Nº	Modelo selecionado	R ² aj	S _{xy}	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
Massa seca total						
12	$MS = -101,47 + 21,73 \cdot \ln(D_{\text{colete}}^2) + 0,22 \cdot D_{\text{colete}}^2 \cdot C_{\text{pa}} + 84,13 \cdot DB_{\text{caule}}$	0,89	5,01	13,83	17	55,30 ($<0,01$)
Carbono total						
12	$C_{\text{total}} = -44,64 + 9,60 \cdot \ln(D_{\text{colete}}^2) + 0,09 \cdot D_{\text{colete}}^2 \cdot C_{\text{pa}} + 36,70 \cdot DB_{\text{caule}}$	0,89	2,14	13,91	17	53,40 ($<0,01$)
Carbono por volume						
12	$C \text{ (kg.m}^{-3}\text{)} = 49,54 + 10,62 \cdot \ln(D_{\text{colete}}^2) + 0,09 \cdot D_{\text{colete}}^2 \cdot C_{\text{pa}} + 448,64 \cdot DB_{\text{caule}}$	-	0,99	1,85	1,19	17 464,60 ($<0,01$)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²aj: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

Na Tabela 1B (ANEXO B) são apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa da biomassa seca na idade de dois meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

A Figura 1B (ANEXO B) mostra a distribuição gráfica dos resíduos padronizados do modelo 12 para a estimativa de massa seca de *Eucalyptus*, aos dois meses de idade.

Na Figura 15 pode ser verificada a relação funcional entre a massa seca total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos dois meses de idade.

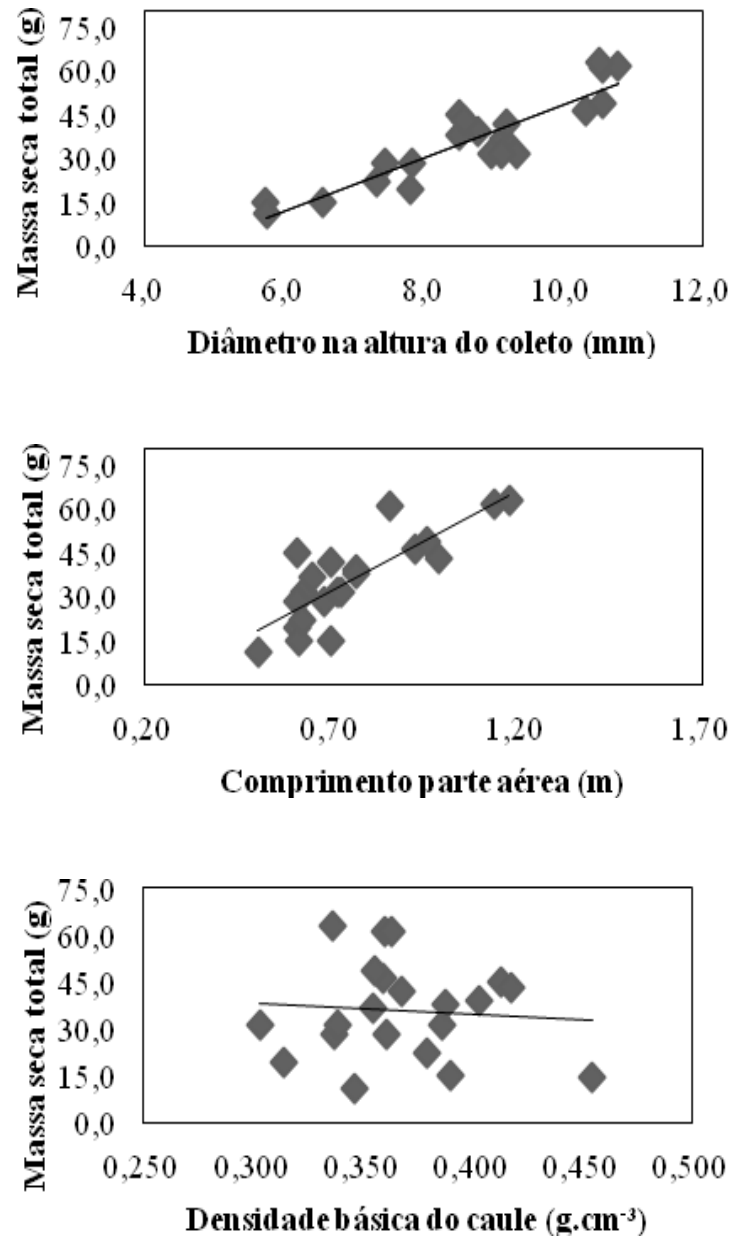


Figura 15 Relação funcional entre a massa seca total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos dois meses de idade.

Na Tabela 2B (ANEXO B) são apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa da massa de carbono total na idade de dois meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

O modelo 12 foi o que melhor se ajustou na estimativa de carbono total, aos dois meses de idade (Tabela 16). Este modelo se destacou dos demais com menor erro padrão da estimativa ($Sy_x\%$), melhor distribuição residual e significância dos coeficientes ($p\text{-valor} < 0,05$), além do elevado coeficiente de determinação ajustado (0,89).

A Figura 2B (ANEXO B) mostra a distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação 12 para a estimativa de massa de carbono total de *Eucalyptus*, aos dois meses de idade.

Na Figura 16 pode ser verificada a relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos dois meses de idade.

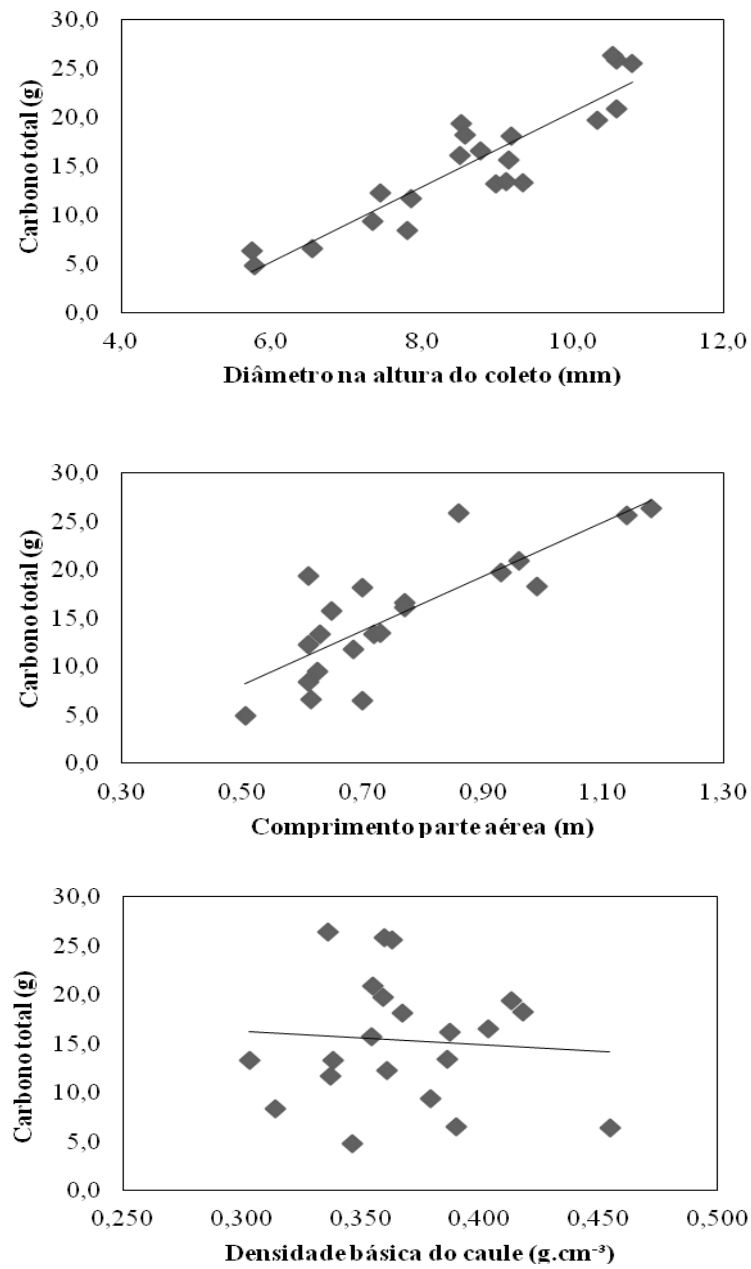


Figura 16 Relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos dois meses de idade.

Na Tabela 3B (ANEXO B) são apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa do carbono por volume na idade de dois meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

O modelo 12 foi o que melhor se ajustou na estimativa de carbono total, aos dois meses de idade. Este modelo se destacou dos demais com menor erro padrão da estimativa (Syx%), melhor distribuição residual e significância dos coeficientes (p-valor<0,01), além do elevado coeficiente de determinação ajustado (0,99) (Tabela 16).

A Figura 3B (ANEXO B) mostra a distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação 12 para a estimativa de carbono por volume de *Eucalyptus*, aos dois meses de idade.

A relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos dois meses de idade está mostrada na Figura 17.

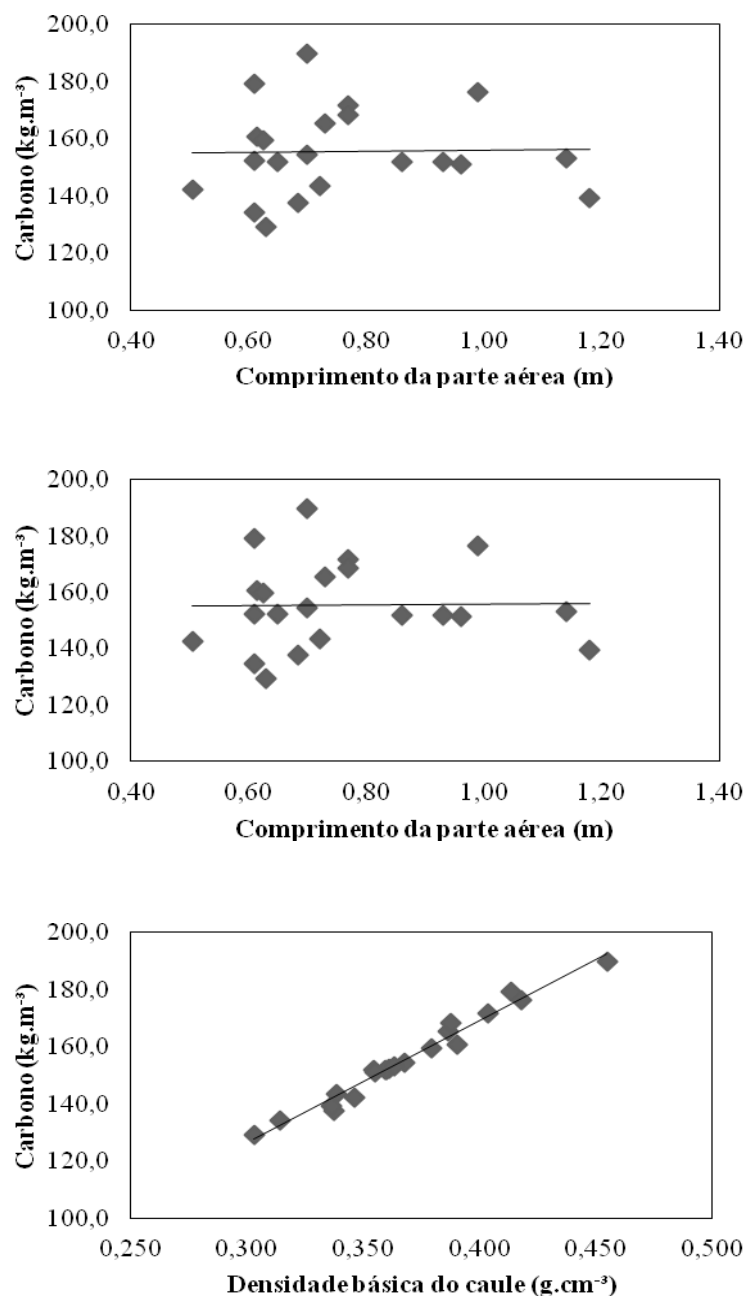


Figura 17 Relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos dois meses de idade.

4.2.2.2 Idade quatro meses

A Tabela 17 apresenta a relação dos modelos selecionados para a estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume para a idade de quatro meses. Para a massa seca, verifica-se que o modelo 12 foi o que melhor se ajustou para estimativa de massa seca na idade de quatro meses para *Eucalyptus*. O modelo selecionado apresentou melhor distribuição residual (Figura 4B, ANEXO B), significância dos coeficientes da regressão (p-valor<0,05), coeficiente de determinação ajustado considerado satisfatório e o erro padrão da estimativa (Syx%) foi o mais baixo entre os demais.

Tabela 17 Parâmetros e estatísticas dos modelos selecionados para estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos quatro meses de idade.

Nº	Modelo selecionado	R ² aj	Sxy	Sxy (%)	GL erro	Fc
Massa seca total						
12	MS = -521,04 + 71,79*ln(Dcoleto ²) + 0,31*Dcoleto ² *Cpa + 476,34*DBcaule	0,78	22,85	15,50	17	24,35 (<0,01)
Carbono total						
12	Ctotal = -235,13 + 32,93*ln(Dcoleto ²) + 0,14*Dcoleto ² *Cpa + 208,75*DBcaule	0,77	10,47	15,80	17	23,6 (<0,01)
Carbono por volume						
14	C (kg.m ⁻³) = 4,77 + 425,21*DBcaule	0,91	3,84	2,04	19	192,9 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β: coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²aj: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

Na Tabela 4B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa de biomassa seca na idade de quatro meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem

como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

Na Figura 18 pode ser verificada a relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos quatro meses de idade.

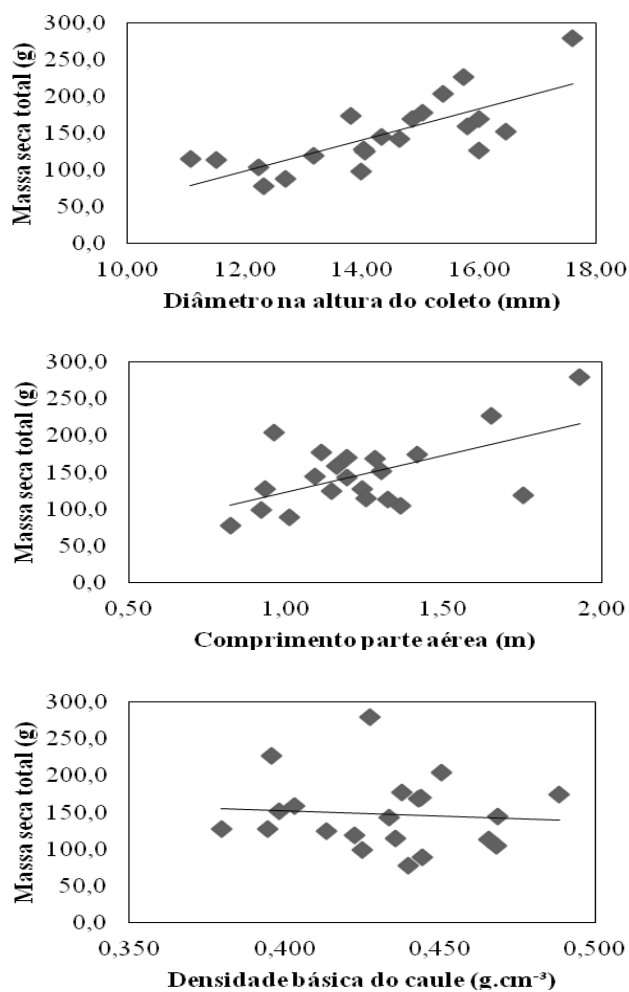


Figura 18 Relação funcional entre a massa seca total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos quatro meses de idade.

Na Tabela 5B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa de massa de carbono total na idade de quatro meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

O modelo 12 foi o que melhor se ajustou para estimativa de carbono total na idade de quatro meses para *Eucalyptus* (Tabela 17). O modelo selecionado apresentou melhor distribuição residual (Figura 5B, ANEXO B), significância dos coeficientes da regressão (p -valor $<0,05$), coeficiente de determinação ajustado considerado satisfatório e o erro padrão da estimativa (Syx%) foi o mais baixo entre os demais.

Na Figura 19 pode ser verificada a relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos quatro meses de idade.

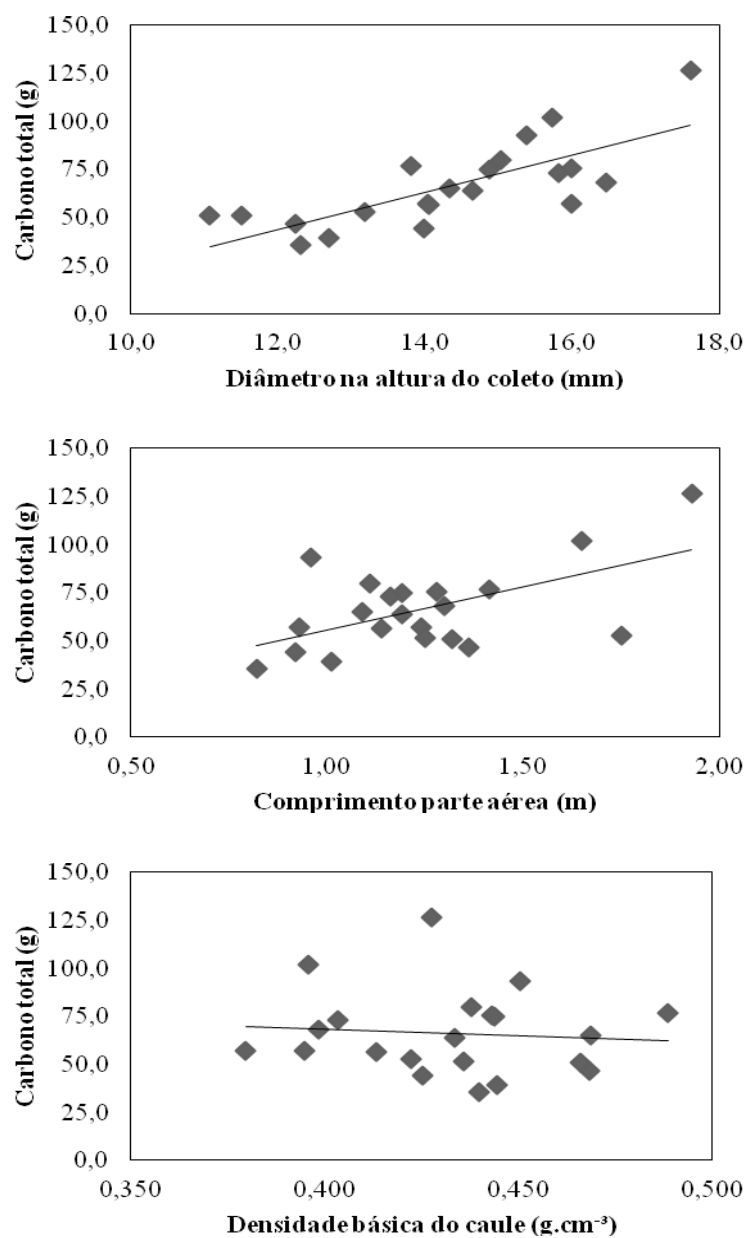


Figura 19 Relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos quatro meses de idade.

Na Tabela 6B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa de carbono por volume na idade de quatro meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

O modelo 14 foi selecionado para a estimativa de carbono por volume aos quatro meses de idade. Na avaliação dos coeficientes pelo teste t , o β_0 não foi significativo, indicando que pode ser retirado do modelo. As demais estatísticas de precisão se destacaram entre os outros ajustes: menor valor de erro padrão da estimativa (Syx%), melhor distribuição residual (Figura 6B, ANEXO B), além do elevado coeficiente de determinação ajustado (Tabela 17).

Na Figura 20 pode ser verificada a relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos quatro meses de idade.

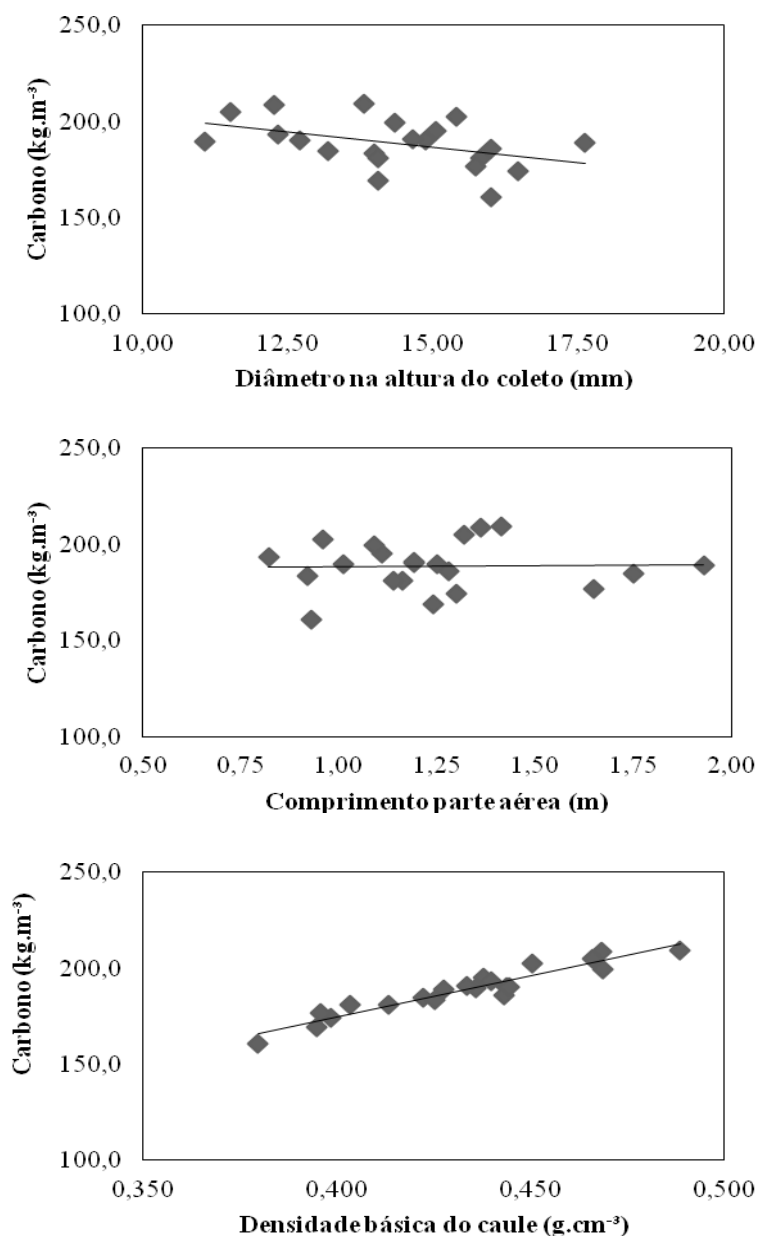


Figura 20 Relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos quatro meses de idade.

4.2.2.3 Idade seis meses

A Tabela 18 apresenta a relação dos modelos selecionados para a estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume para a idade de seis meses. Para a massa seca, verifica-se que o modelo 7 foi o que melhor se ajustou para estimativa de massa seca total na idade de seis meses para *Eucalyptus*. O modelo selecionado apresentou melhor distribuição residual (Figura 7B, ANEXO B), significância dos coeficientes da regressão (p -valor $<0,01$), coeficiente de determinação ajustado considerado satisfatório (0,62) e o erro padrão da estimativa (S_{yx} %) foi o mais baixo entre os demais.

Tabela 18 Parâmetros e estatísticas dos modelos selecionados para estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos seis meses de idade.

Nº	Modelo selecionado	R ² aj	S _{xy}	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
Massa seca total						
7	MS = 456,41 - 296,93*Cpa + 17,66*Dcoletto*ln(Cpa ²)	0,62	44,06	15,46	17	16,3 ($<0,01$)
Carbono total						
7	Ctotal = 216,60 - 143,11*Cpa + 8,36*Dcoletto*ln(Cpa ²)	0,61	20,92	15,96	17	15,8 ($<0,01$)
Carbono por volume						
14	C (kg.m ⁻³) = 33,26 + 372,81*DBcaule	0,91	2,66	1,37	18	203,7 ($<0,01$)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²aj: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

Na Tabela 7B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa de massa seca total na idade de seis meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de

determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

Na Figura 21 pode ser verificada a relação funcional entre a massa seca total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos seis meses de idade.

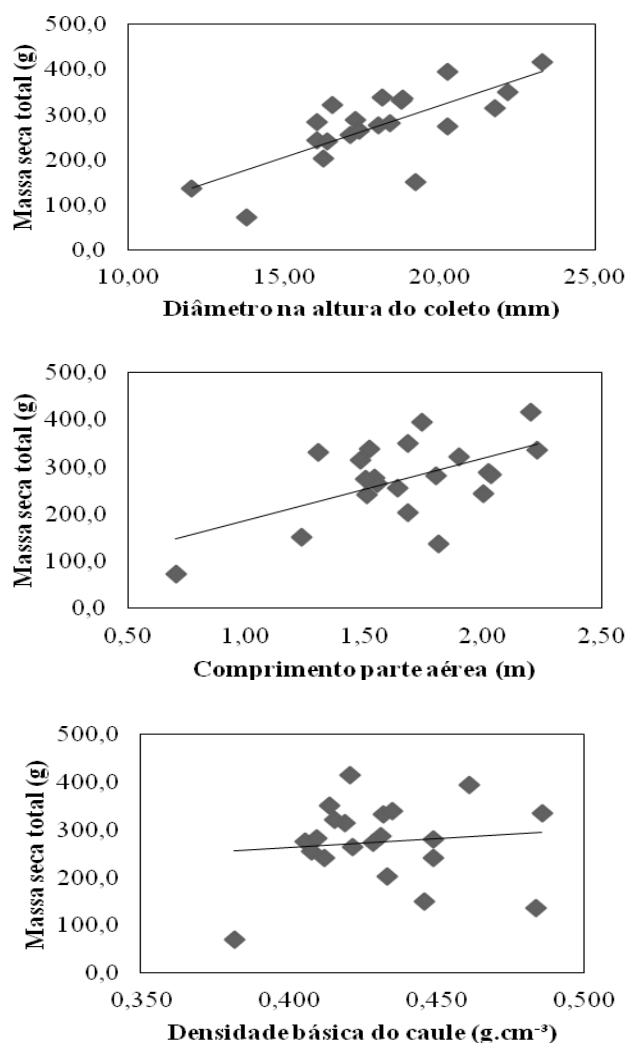


Figura 21 Relação funcional entre a massa seca total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos seis meses de idade.

Na Tabela 8B (ANEXO B) são apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa da massa de carbono total na idade de seis meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

O modelo 7 foi o que melhor se ajustou para estimativa de carbono total na idade de seis meses para *Eucalyptus*. O modelo selecionado apresentou melhor distribuição residual, significância dos coeficientes da regressão (p -valor $<0,01$), coeficiente de determinação ajustado considerado satisfatório (0,61) e o erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) foi o mais baixo entre os demais (Tabela 18).

A Figura 8B (ANEXO B) mostra a distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação sete para a estimativa de carbono total em *Eucalyptus*, aos seis meses de idade.

Na Figura 22 pode ser verificada a relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos seis meses de idade.

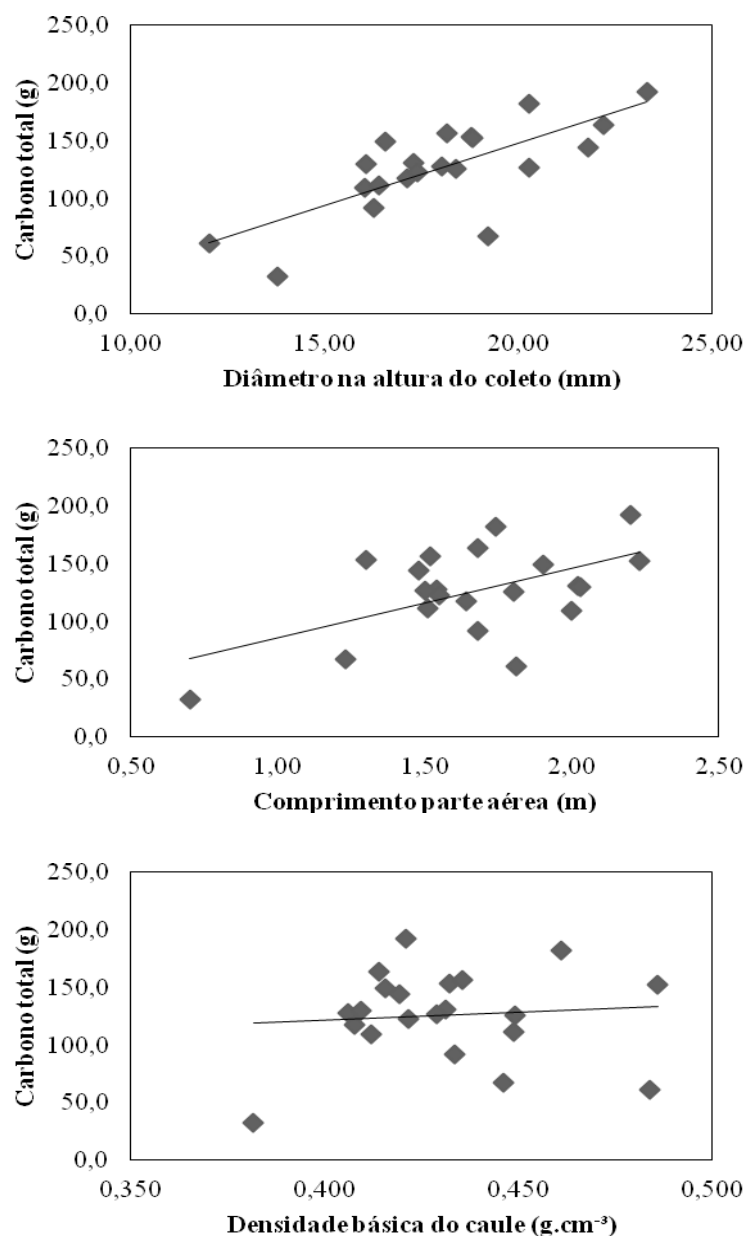


Figura 22 Relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos seis meses de idade.

Na Tabela 9B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa de carbono por volume na idade de seis meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

O modelo 14 foi o que melhor se ajustou para estimativa de carbono por volume na idade de seis meses para *Eucalyptus*. O modelo selecionado apresentou melhor distribuição residual (Figura 9B, ANEXO B), significância dos coeficientes da regressão (p -valor $<0,01$), elevado coeficiente de determinação ajustado (0,91) e o erro padrão da estimativa (Syx%) foi o mais baixo entre os demais (Tabela 18).

Na Figura 23 pode ser verificada a relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos seis meses de idade.

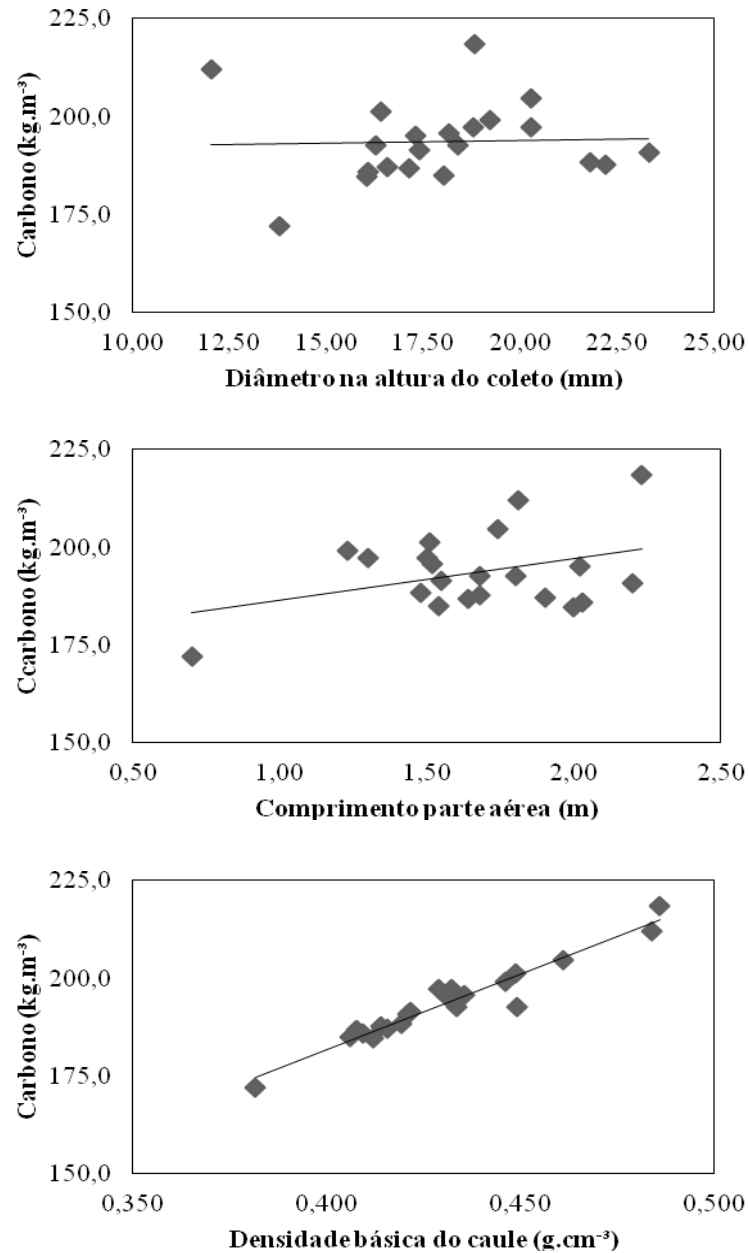


Figura 23 Relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coletor, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos seis meses de idade.

4.2.2.4 Idade oito meses

A Tabela 19 apresenta a relação dos modelos selecionados para a estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume para a idade de oito meses. Para a massa seca, verifica-se que o modelo 10 foi o que melhor se ajustou para a estimativa de massa seca na idade de oito meses, para *Eucalyptus*. Esse modelo apresentou coeficientes significativos pelo teste *t* (*p*-valor <0,01), baixo valor de erro padrão da estimativa em porcentagem, coeficiente de determinação satisfatório estatisticamente, melhor distribuição residual (Figura 10B, ANEXO B), se destacando entre os demais modelos testados.

Tabela 19 Parâmetros e estatísticas dos modelos selecionados para estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos oito meses de idade.

Nº	Modelo selecionado	R ² aj	S _{xy}	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
Massa seca total						
10	MS = 517,20 + 301,11*Cpa - 1302,9*DBcaule	0,65	57,46	12,92	18	19,3 (<0,01)
Carbono total						
10	Ctotal = 252,74 + 133,49*Cpa - 613,36*DBcaule	0,64	26,03	12,71	18	19,0 (<0,01)
Carbono por volume						
14	C (kg.m ⁻³) = 7,11 + 436,39*DBcaule	0,98	2,73	1,36	19	940,3 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β: coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste *t* entre parênteses); R²aj: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

Na Tabela 10B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa de biomassa seca na idade de oito meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste *t*, além do coeficiente de

determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

Na Figura 24 pode ser verificada a relação funcional entre a massa seca total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos oito meses de idade.

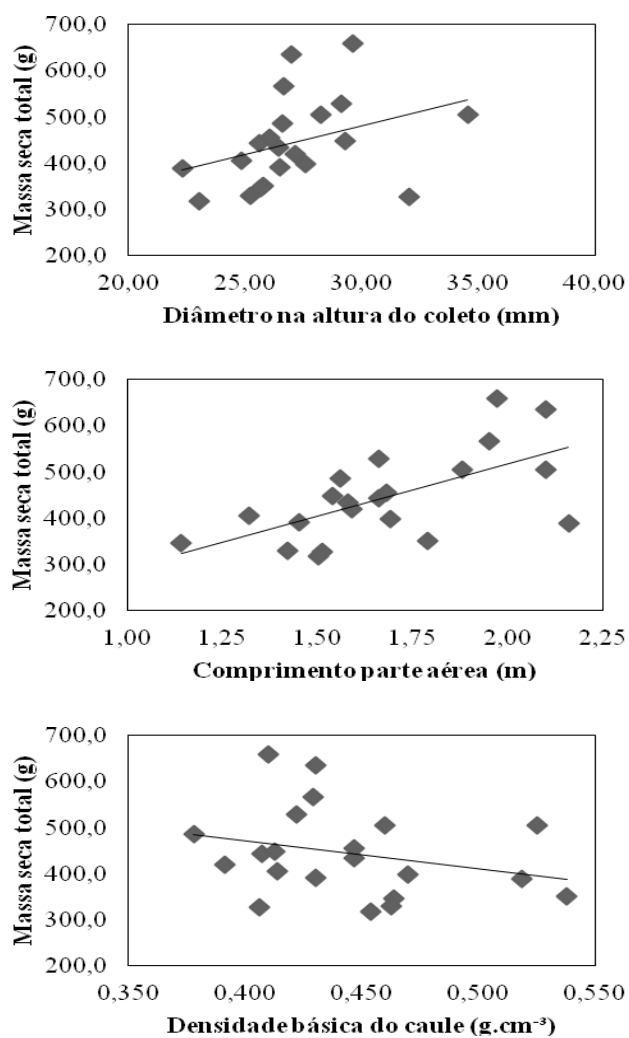


Figura 24 Relação funcional entre a massa seca com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos oito meses de idade.

Na Tabela 11B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa da massa de carbono total na idade de oito meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

O modelo 10 apresentou melhor estimativa de carbono total, aos oito meses de idade. O modelo selecionado se destacou entre os demais modelos: baixo valor de erro padrão da estimativa (Syx%), melhor distribuição residual, significância dos coeficientes (p -valor $<0,001$), além do coeficiente de determinação ajustado satisfatório estatisticamente (Tabela 19).

A Figura 11B (ANEXO B) mostra a distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação 10 para a estimativa de massa de carbono total de *Eucalyptus*, aos oito meses de idade.

Na Figura 25 pode ser verificada a relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos oito meses de idade.

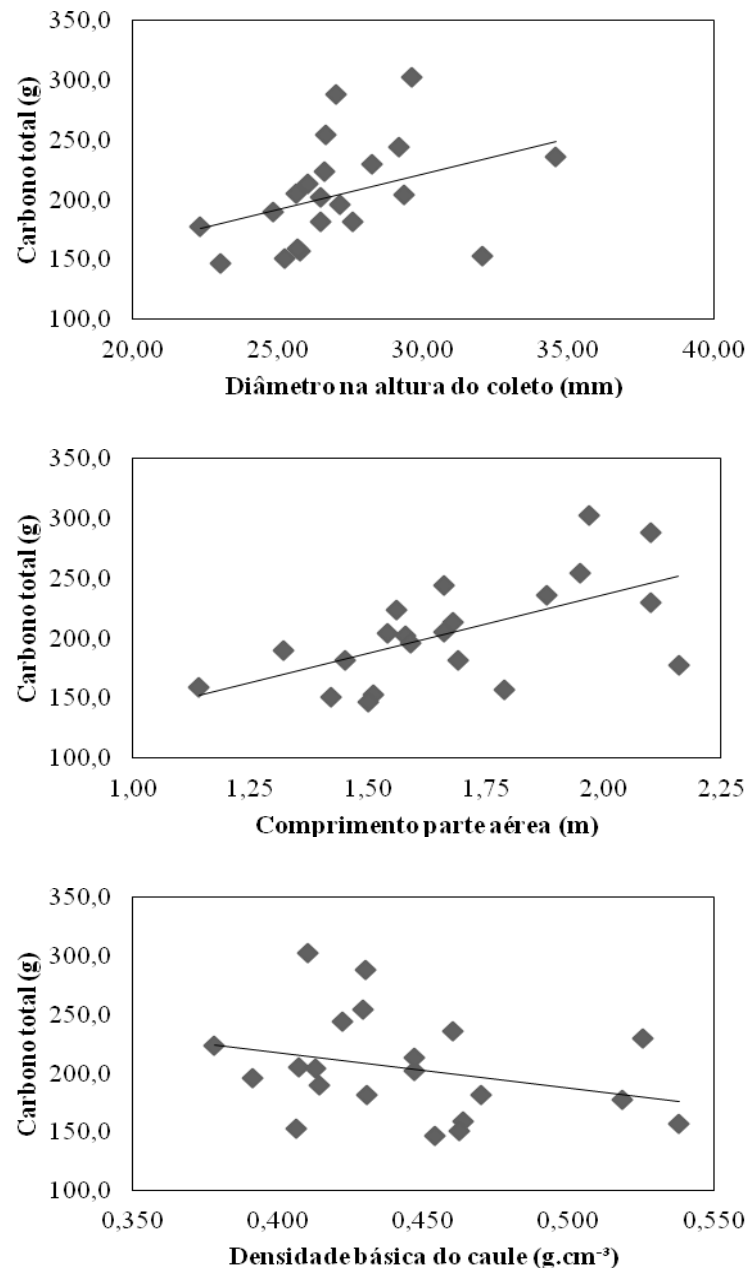


Figura 25 Relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos oito meses de idade.

Na Tabela 12B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa de carbono por volume na idade de oito meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

O modelo 14 foi selecionado para a estimativa de carbono por volume aos oito meses de idade. Na avaliação dos coeficientes pelo teste t , o β_0 não foi significativo, indicando que pode ser retirado do modelo. As demais estatísticas de precisão se destacaram entre os outros ajustes: menor valor de erro padrão da estimativa (Syx%), melhor distribuição residual (Figura 12B, ANEXO B), além do elevado coeficiente de determinação ajustado (Tabela 19).

Na Figura 26 pode ser verificada a relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos oito meses de idade.

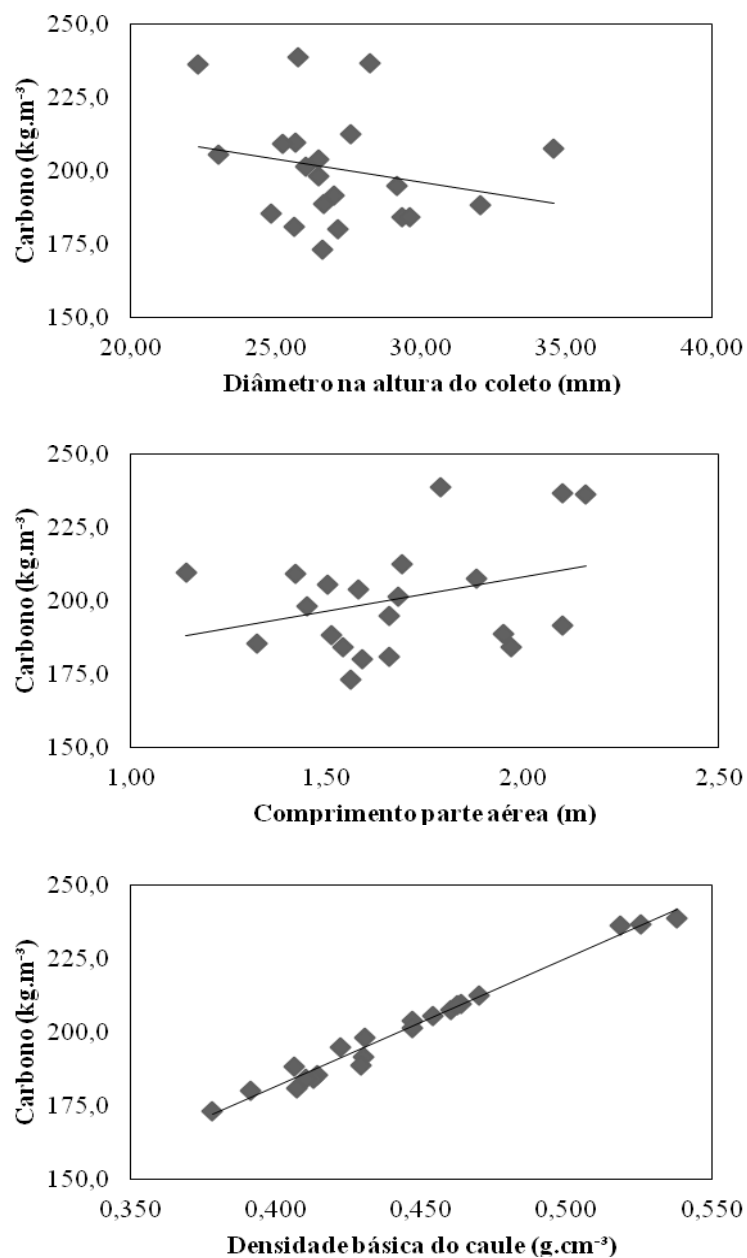


Figura 26 Relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos oito meses de idade.

4.2.2.5 Idade 12 meses

A Tabela 20 apresenta a relação dos modelos selecionados para a estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume para a idade de seis meses. Para a massa seca, verifica-se que o modelo 9 foi selecionado como o melhor para estimar a biomassa seca total aos 12 meses de idade. A equação apresentou melhor distribuição residual (Figura 13B, ANEXO B), significância dos coeficientes da regressão pelo teste t (p -valor $<0,001$), baixo erro padrão da estimativa e coeficiente de determinação ajustado satisfatório (0,73).

Tabela 20 Parâmetros e estatísticas dos modelos selecionados para estimativa de massa seca, carbono total e carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos 12 meses de idade.

Nº	Modelo selecionado	R ² aj	S _{xy}	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
Massa seca total						
9	MS = -2670,2 + 73,83*Dcoleto + 2445,57*DBcaule	0,73	107,60	12,35	17	26,3 ($<0,01$)
Carbono total						
9	Ctotal = -1186,9 + 33,45*Dcoleto + 1055,42*DBcaule	0,72	48,73	12,38	17	25,8 ($<0,01$)
Carbono por volume						
15	C (kg.m ⁻³) = -10246,85 + 654,51*Dcoleto + 6255,40*Dcoleto ² - 10,26*Cpa + 6,03*Dcoleto ² *Cpa - 388,50*Dcoleto*Cpa	0,62	13,21	6,47	14	7,1 ($<0,01$)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²aj: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

Na Tabela 13B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa de biomassa seca total na idade de 12 meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem

como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

Na Figura 27 pode ser verificada a relação funcional entre a massa seca total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos 12 meses de idade.

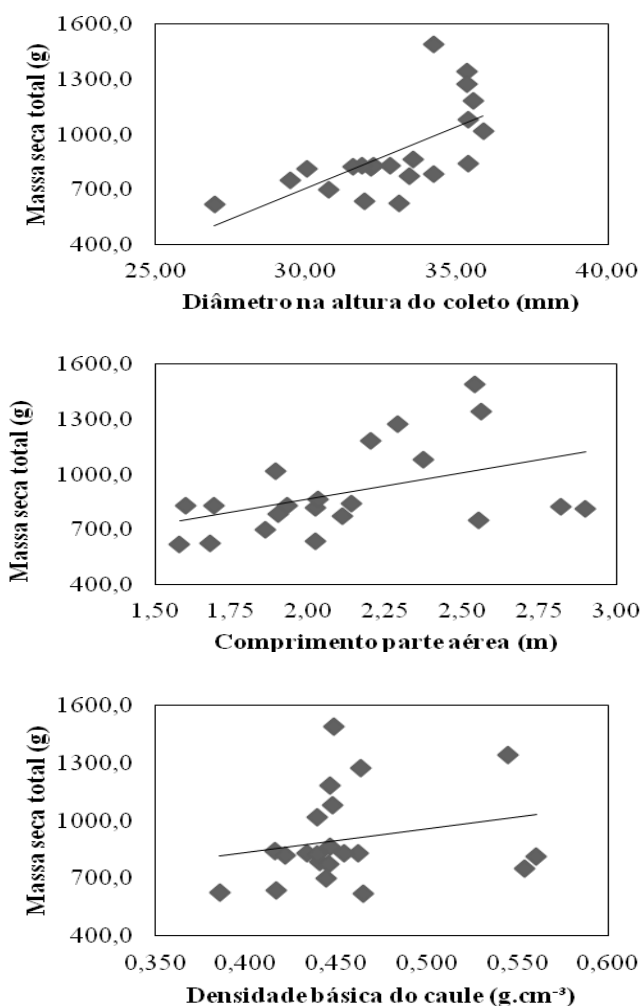


Figura 27 Relação funcional entre a massa seca com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos 12 meses de idade.

Na Tabela 14B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa da massa de carbono total na idade de 12 meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância pelo teste t , além dos parâmetros estatísticos coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

O modelo 9 apresentou melhor estimativa para o carbono total, aos 12 meses de idade. A equação apresentou melhor distribuição residual, significância dos coeficientes da regressão pelo teste t (p -valor $<0,001$), baixo erro padrão da estimativa e coeficiente de determinação ajustado satisfatório (Tabela 20).

A Figura 14B (ANEXO B) mostra a distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação 9 para a estimativa de carbono total em *Eucalyptus*, aos 12 meses de idade.

Na Figura 28 pode ser verificada a relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos 12 meses de idade.

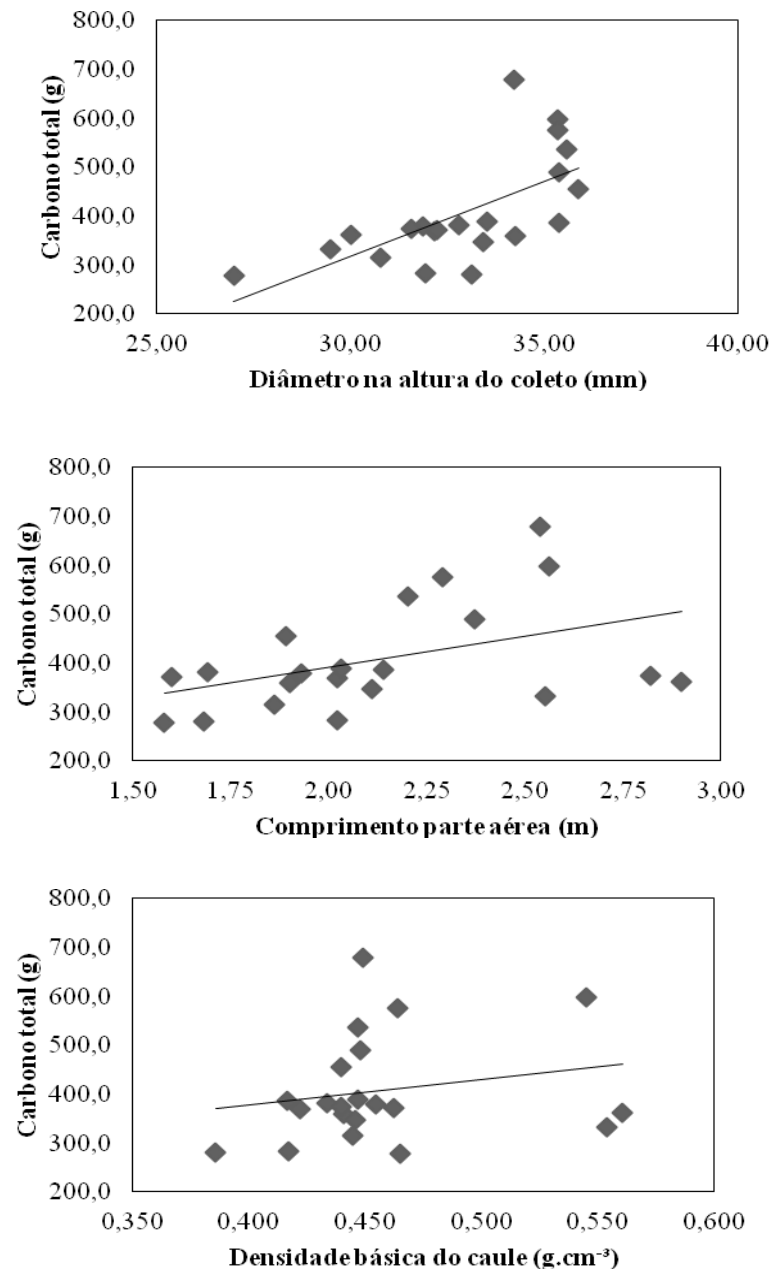


Figura 28 Relação funcional entre o carbono total com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos 12 meses de idade.

Na Tabela 15B (ANEXO B) estão apresentados os coeficientes dos modelos lineares de regressão propostos para a estimativa de carbono por volume na idade de 12 meses, para todos os materiais genéticos conjuntamente, bem como seus respectivos valores de significância, pelo teste t , além do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, graus de liberdade do erro e os valores de F calculado.

Entre os modelos ajustados, o modelo que melhor se adequou na estimativa de carbono por volume para a idade 12 meses foi o número 15 (Tabela 20). O modelo foi significativo pelo teste F, o coeficiente de determinação ajustado satisfatório (0,62), os coeficientes foram significativos pelo teste t (p -valor $<0,05$), o erro padrão da estimativa baixo, além de melhor distribuição residual (Figura 15B, ANEXO B). A utilização desse modelo na estimativa do carbono por volume apresenta a vantagem de dispensar a determinação da densidade básica da madeira, uma vez que as variáveis independentes utilizadas são o diâmetro na altura do coleto e o comprimento da parte aérea de mais simples determinação.

Este resultado obtido aos 12 meses de idade das plantas indica que o modelo selecionado pode ser ajustado com sucesso para idades mais avançadas das árvores na estimativa de carbono por volume. Entretanto, Chave et al. (2005) enfatizam a importância da densidade básica como variável independente em modelos alométricos, sendo sua determinação mais precisa e menos dispendiosa que a determinação da altura.

Na Figura 29 pode ser verificada a relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, em *Eucalyptus*, aos 12 meses de idade.

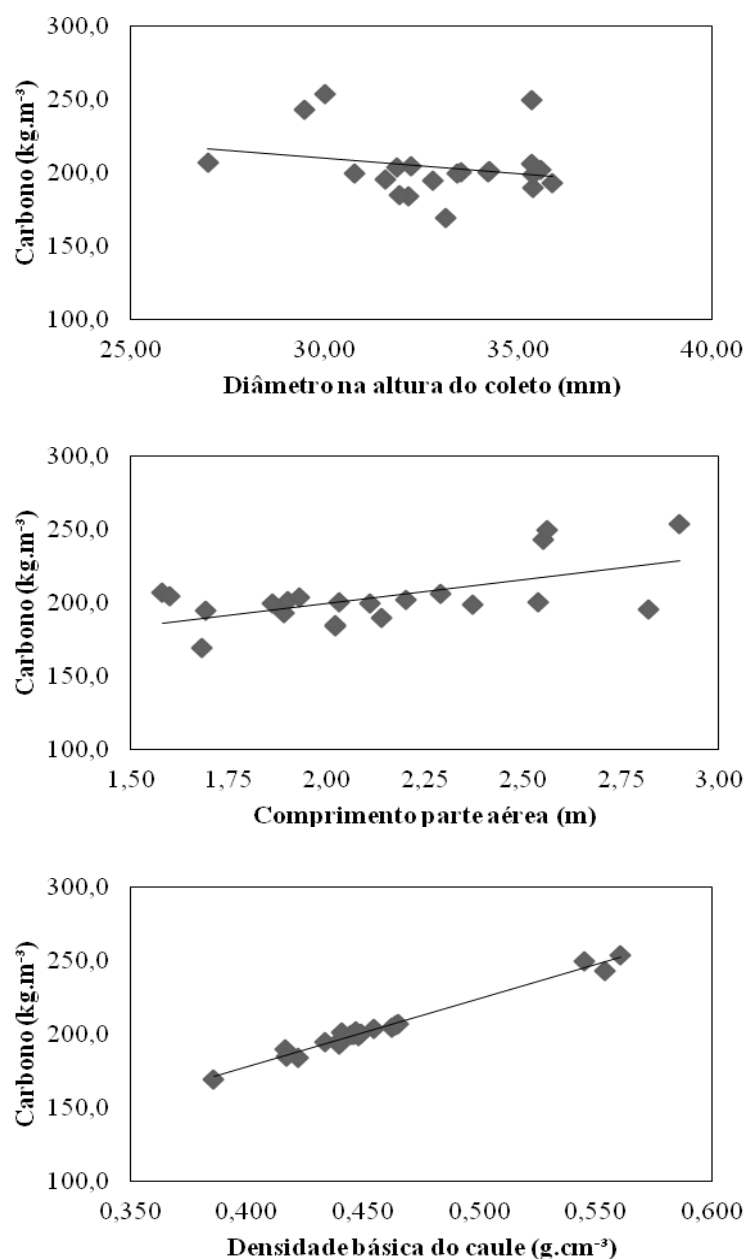


Figura 29 Relação funcional entre o carbono por volume com o diâmetro na altura do coleto, comprimento da parte aérea e densidade básica do caule, para todos os materiais genéticos, aos 12 meses de idade.

Verificou-se que cada idade apresentou um comportamento particular de produção de biomassa seca, estoque de carbono total e carbono por volume, não sendo possível selecionar um modelo comum que representasse todas as idades. Esse resultado é um indicativo do efeito específico da idade na produção de biomassa e, conseqüentemente, de carbono.

Os modelos ajustados para as diferentes idades mostraram, de maneira geral, bons índices de ajuste e precisão, exceto para estimativa da variável dependente carbono por volume. A estimativa de carbono por volume apresentou melhores medidas de precisão para os modelos em que a densidade básica do caule estava como variável independente, resultado já esperado, já que o carbono por volume é obtido através do produto da densidade básica do caule e do respectivo teor de carbono de cada caule.

Para todas as idades, tanto a massa seca quanto o carbono total apresentaram relação linear e positivamente com o diâmetro na altura do coleto e comprimento da parte aérea das plantas. Este resultado ocorreu devido a essas variáveis estarem intimamente correlacionadas. Entretanto, a estimativa de carbono por volume se relacionou fortemente com a densidade básica do caule, havendo uma tendência expressiva do aumento dessa variável dependente com o incremento da densidade básica.

5 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho permitem concluir que:

- as características avaliadas nas plantas apresentaram tendência de aumento com a idade, sendo o comportamento distinto de acordo com o material genético;

- as raízes apresentaram maior produção de massa seca e carbono aos 12 meses, seguido pelo fuste e folhas, respectivamente;

- a participação das folhas na massa seca e carbono total apresentou redução porcentual em função da idade;

- o clone 58 apresentou maior produção de massa seca e carbono total aos 12 meses de idade;

- o clone 7085 apresentou menor produção de massa seca total, em razão da menor altura e diâmetro na altura do coleto entre os demais materiais genéticos, aos 12 meses;

- observou-se que os teores de carbono foram inferiores a 50%;

- os modelos selecionados para os diferentes materiais genéticos e idades mostraram, de maneira geral, bons índices de ajuste e precisão;

- no ajuste dos modelos de regressão, não foi possível selecionar um modelo comum que representasse os materiais genéticos e as idades;

- as diferenças identificadas quanto à produção de biomassa dos materiais genéticos de *Eucalyptus* no primeiro ano de cultivo sugerem a possibilidade de seleção de genótipos para condições de campo;

- posteriores ajustes devem ser feitos com os modelos selecionados em indivíduos cultivados em condição de plantio, com idades mais avançadas, para verificação da confiabilidade de prognose das variáveis dependentes em questão.

REFERÊNCIAS

AMATA. Inteligência da Floresta Viva. **Serviços ambientais: carbono**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.amatabrasil.com.br/pt/>>. Acesso em: 6 jun. 2011.

ANGELI, A.; BARRICHELO, L. E. G.; MÜLLER, P. H. **Indicações para escolha de espécies de *Eucalyptus***. Piracicaba: IPEF, 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/indicacoes.asp>>. Acesso em: 15 out. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941: madeira: determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2011: ano base 2010**. Brasília, 2011. 140 p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF11/ABRAF11-BR.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2011.

BALBINOT, R. et al. Estoque de carbono em plantações de *Pinus* spp. em diferentes idades no sul do estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 317-324, abr./jun. 2008.

BARICHELLO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M. Quantificação da biomassa de um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. na região sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 129-135, 2005.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 127-186.

BERNARDO, A. L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp. sob diferentes espaçamentos na região de Cerrado de Minas Gerais.** 1995. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

BITO, N. S. **Tratamento contábil dos projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo - MDL no Brasil: um estudo exploratório.** 2006. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) - Centro Universitário Álvares Penteado, São Paulo, 2006.

BOMBELLI, A. et al. **Assessment of the status of the development of the standards for the Terrestrial Essential Climate Variables: biomass.** Rome: FAO, 2009. 18 p.

BOTREL, M. C. G. **Melhoramento genético do *Eucalyptus* para biomassa florestal e qualidade do carvão vegetal.** 2006. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas: 1961-1990.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1992. 84 p.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo.** Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em: 12 nov. 2011.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Carbono orgânico em solos florestais. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono.** Curitiba: Ecoplan, 2002. p. 191-213.

_____. Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearnsii* de Wild. plantados no Rio Grande do Sul. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais,** Curitiba, v. 1, n. 2, p. 47-54, abr./jun. 2003.

CAMPOS, C. P. **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto**. 2001. 169 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CHAVE, J. et al. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**, London, v. 359, n. 1443, p. 409-420, Mar. 2004.

_____. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, Berlin, v. 145, n. 1, p. 87-99, Jan. 2005.

CLARK, D. A. Are tropical forests an important carbon sink?: reanalysis of the long-term plot data. **Applied and Ecology**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 3-7, Mar. 2002.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Mecanismo de desenvolvimento limpo**. Rio de Janeiro, 2002. 35 p. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas/roteiro-mdl.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2011.

COTTA, M. K. et al. Quantificação de biomassa e geração de certificados de emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 969-978, nov./dez. 2008.

COUTINHO, R. P. **Estoques de carbono e emissão de N₂O no sistema solo-planta em região da Mata Atlântica**. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

COUTO, L. et al. Produção e alocação de biomassa em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. **Biomassa & Energia**, Viçosa, MG, v. 1, n. 4, p. 321-334, out./dez. 2004.

DALLAGNOL, F. S. et al. Teores de carbono de cinco espécies florestais e seus compartimentos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 4, p. 310-316, out./dez. 2011.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

EARTH SYSTEM RESEARCH LABORATORY; NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **N₂O**: not one of the usual suspects. Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>>. Acesso em: 20 fev. 2012a.

_____. **NOAA annual greenhouse gas index (AGGI)**. Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>>. Acesso em: 20 fev. 2012b.

_____. **Recent mauna loa CO₂**. Disponível em: <http://www.esrl.noaa.gov/news/quarterly/fall2009/nitrous_oxide_top_ozone_depleting_emission.html>. Acesso em: 20 fev. 2012c.

FARIA, G. E. et al. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no Vale do Jequitinhonha, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 363-373, jul./set. 2008.

FEARNSIDE, P. M.; GUIMARÃES, W. M. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 80, n. 1/3, p. 35-46, 1996.

FERNANDES, T. J. G. et al. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea* sp. aos 12 anos de idade, na Zona da Mata Mineira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 657-665, jul./ago. 2007.

FERREIRA, D. F. **Recursos computacionais utilizando R**. Lavras: UFLA, 2011. 228 p.

_____. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, M. G. M. **An analysis of the future productivity of *Eucalyptus grandis* plantations in the “cerrado” region in Brasil: a nutrient cycling approach**. 1984. 230 f. Thesis (Ph.D. in Crop Science) - University of British Columbia, Vancouver, 1984.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. Passo Fundo: UPF, 2004. 536 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **State of world’ forests**. Rome, 2003. Disponível em: <<http://www.fao.org/>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

GATTO, A. et al. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 895-905, jul./ago. 2011.

GOMIDE, J. L. et al. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 129-137, jan./fev. 2005.

GONÇALEZ, J. C. et al. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 329-341, maio/jun. 2006.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 1-57.

GRIERSON, P. F.; ADAMS, M. A.; ATTIWILL, P. M. Estimates of carbon storage in the aboveground biomass of Victorias forests. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 40, n. 4/5, p. 631-640, 1992.

GRUPO PLANTAR. **Plantar carbon: clima sustentável**. Disponível em: <http://ravel.plantar.com.br/portal/page/portal/plantar/projeto_carbono/introducao> Acesso em: 21 Dez. 2011.

GRÜTTER, J.; KAPPEL, R.; STAUB, P. **The GHG market on the eve of Kyoto ratification**. New York: National Strategy Studies, 2002. 23 p.

GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento**. 2006. 126 p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

HAIR JÚNIOR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HENDRICK, R. L.; PREGITZER, K. S. Temporal and deep-related patterns of fine root dynamics in northern hardwood forests. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 84, n. 1, p. 167-176, Feb. 1996.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: EMISSÃO × SEQUESTRO DE CO₂: UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1., 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 1994. p. 125-153.

HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. In: EMISSÃO × SEQUESTRO DE CO₂: UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1., 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 1994. p. 38-76.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

INSTITUTO CARBONO BRASIL. **A lei da Política Nacional sobre mudança do clima**. Disponível em: <<http://www.institutocarbonobrasil.org.br/artigos/noticia=724800>>. Acesso em: 12 dez. 2011a.

_____. **Meio ambiente e BNDES acertam aplicação de recursos do Fundo Clima**. Disponível em: <<http://www.institutocarbonobrasil.org.br/noticias2/noticia=727334>>. Acesso em: 12 dez. 2011b.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001: the scientific basis**. Geneva, 2001. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pub/un/ipccwgl5.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2011.

_____. **Climate change 2007: climate change impacts, adaptation and vulnerability**. Geneva, 2007a. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 1 ago. 2011.

_____. **Climate change 2007: the physical basis**. Geneva, 2007b. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 1 ago. 2011.

_____. **Guidelines for national GHG inventories: reference manual**. Geneva, 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-ggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm>>. Acesso em: 1 ago. 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Good Practice Guidance for Land-Use, Land-Use Change and Forestry**. Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa, Japan, 2003. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.

_____. **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**. Tokyo: IGES, 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.

JANKOWSKY, I. P. **Madeira juvenil: formação e aproveitamento industrial**. Piracicaba: IPEF, 1979. 15 p. (Circular Técnica, 81).

JOAQUIM, M. S. **Carvão vegetal: uma alternativa para os produtos rurais do sudoeste goiano**. 2009. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

KOEHLER, H. S. et al. Fontes de erros nas estimativas de biomassa e carbono fixado na floresta ombrófila mista. **Biomassa & Energia**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 69-77, 2005.

KÖRNER, C. Ecological impact of atmospheric CO₂ enrichment on terrestrial ecosystems. **Royal Society of London Transactions Series A**, London, v. 361, n. 1810, p. 2023-2041, Sept. 2003.

LADEIRA, B. C. **Crescimento, produção de biomassa e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp., sob três espaçamentos, em uma sequência de idade**. 1999. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

LADEIRA, B. C. et al. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos em uma sequência de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 69-78, jan./fev. 2001.

LELES, P. S. S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos.** 1995. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

LEMONS, P. C. **Análise de um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (Protocolo de Kyoto) para a Mata Atlântica em Minas Gerais.** 2007. 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

LIMA, C. R. Produtividade e equivalência energética de *Eucalyptus* sp. em relação ao óleo combustível e à energia elétrica. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. **Proceedings...** Campinas: UNICAMP, 2000. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022000000100007&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 12 jan. 2012.

LITTON, C.; RAICH, J. W.; RYAN, M. G. Carbon allocation in forest ecosystems. **Global Change Biology**, Oxford, v. 13, n. 10, p. 2089-2109, Oct. 2007.

MAESTRI, R. et al. Viabilidade de um projeto florestal de *Eucalyptus grandis* considerando o sequestro de carbono. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 347-360, set./dez. 2004.

MARCOLIN, M. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa:** emissões e remoções de dióxido de carbono por mudanças nos estoques de florestas plantadas. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002. 47 p.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo: II., translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 17, n. 2, p. 239-244, abr./jun. 1993.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass: part 1, overview of biomass. **Bioresource Technology**, Essex, v. 83, n. 1, p. 37-46, Feb. 2002.

MELLO, S. L. de M.; GONCALVES, J. L. de M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 101-111, jan./fev. 2008.

MIRANDA, D. L. C.; MELO, A. C. G.; SANQUETTA, C. R. Equações alométricas para estimativa de biomassa e carbono em árvores de reflorestamentos de restauração. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 679-689, 2011. Edição especial.

MÜLLER, M. D. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG**. 2005. 108 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION; EARTH SYSTEM RESEARCH LABORATORY. **World's largest archive of climate data**. Disponível em: <<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>>. Acesso em: 12 fev. 2012.

NEVES, J. C. L. **Produção e participação de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**. 2000. 191 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2000.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 115-127, jan./fev. 2005.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado *Sensu Stricto* do Distrito Federal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 527-538, maio/jun. 2011.

PAIXÃO, F. A. **Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de alternativas de uso de um povoamento de eucalipto**. 2004. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

PAIXÃO, F. A. et al. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 411-420, mar./abr. 2006.

PÉREZ-CRUZADO, C.; MERINO, A.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R. A management tool for estimating bioenergy production and carbon sequestration in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* grown as short rotation woody crops in north-west Spain. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 35, n. 7, p. 2839-2851, July 2011.

PINTO, S. I. C. et al. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 523-533, mar./abr. 2011.

QUÉNO, L. R. M. **Viabilidade econômica da produção de biomassa de eucalipto e de capim elefante para energia**. 2009. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2008. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 10 dez. 2011.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 265-301.

REIS, M. G. F. et al. Acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 9, n. 2, p. 149-162, mar./abr. 1985.

_____. “Sequestro” e armazenamento de carbono em florestas nativas e plantadas nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X “SEQUESTRO” DE CO₂: UMA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1., 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 155-195.

RENNER, R. M. **Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. 2004. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

RIBEIRO, F. A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus spp.* **IPEF**, Piracicaba, v. 46, n. 1, p. 76-85, 1993.

RIBEIRO, S. C. **Quantificação do estoque de biomassa e análise econômica da implementação de projetos visando à geração de créditos de carbono em pastagem, capoeira e floresta primária**. 2007. 139 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

RIBEIRO, S. C. et al. Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, n. 3, p. 491-499, Aug. 2011.

ROCHA, M. T. O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: SANGUETA, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: UFPR, 2002. p. 1-34.

RUFINO, A. M. M. **Estoque de carbono em solos sob plantios de eucalipto e fragmento de cerrado**. 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2009.

SAIDELLES, F. L. F. et al. Uso de equações para estimar carbono orgânico em plantações de *Acacia mearnsii* de Wild. no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 907-915, set./out. 2009.

SANQUETTA, C. R. et al. Relações individuais de biomassa e conteúdo carbono em plantações de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do estado do Paraná, Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2., 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/CCR/PPGEF, 2001. p. 415-427.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do estado de São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 447-457, jul./ago. 2002.

SANTANA, R. C. et al. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 697-706, jul./ago. 2008.

SCARPINELLA, G. A. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto**. 2002. 182 p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SCHNEIDER, P. R. et al. Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 391-402, out./dez. 2005.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 45-53, 2001.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 21-34, 1993.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F. N. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 17-22, jan./mar. 2011.

SEGRETI, J. B.; BITO, N. S. Crédito carbono: um estudo de caso da empresa Novagerar. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 8, n. 21, p. 82-91, maio/ago. 2006.

SILVA, H. D. et al. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49, p. 83-95, jul./dez. 2004.

SILVA, R. F. et al. Projeção do estoque de carbono e análise da geração de créditos em povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 979-992, nov./dez. 2008.

SILVEIRA, P. Estimativa da biomassa e carbono acima do solo em um fragmento de floresta ombrófila densa utilizando o método da derivação do volume comercial. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 789-800, out./dez. 2010.

SOARES, C. P. B. et al. Modelos para estimar a biomassa da parte aérea em um povoamento de *Eucalyptus grandis* na região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 179-189, mar./abr. 1996.

SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; GORGENS, E. B. Equações para estimar o estoque de carbono no tronco de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 711-718, set./out. 2005.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L.R. Equações para estimar a quantidade de carbono presente na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 5, p. 533-539, set./out. 2002.

STATE OF THE FOREST CARBON MARKETS. **From Canopy to Currency**. Amsterdam, 2011. 18 p.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; CHEMIN, M. S. Qualidade da madeira de *Eucalyptus viminalis* para fins energéticos em função do espaçamento e idade de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 16, p. 55-59, 1988.

TANDON, V. N.; PANDE, M. C.; SINGH, R. Biomass estimation and distribution of nutrients in five different aged *Eucalyptus grandis* plantations ecosystems in Kerala state. **The Indian Forester**, New Delhi, v. 114, n. 4, p. 184-199, 1988.

TORRES, C. M. M. E. et al. Biomass and carbon stock on *Jatropha curcas* L. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 353-359, jul./set. 2011.

TRUGILHO, P. F. Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na madeira em espécies de *Eucalyptus*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1228-1239, set./out. 2009.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94-116, jan./jun. 1996.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. Bonn, 1997. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>>. Acesso em: 14 out. 2011.

VIEIRA, E. L. et al. **Manual de fisiologia vegetal**. São Luís: EDUFMA, 2010. 230 p.

VIEIRA, G. et al. Teores de carbono em espécies vegetais da caatinga e do cerrado. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 145-155, abr./jun. 2009.

VITAL, B. R.; ANDRADE, A. M.; VALENTE, O. F. Influência da casca no rendimento e na qualidade do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p. 44-49, jan./dez. 1989.

VITAL, B. R.; BASTOS FILHO, J. G.; VALENTE, O. F. Efeito da idade da árvore sobre o rendimento gravimétrico e teor de carbono fixo de carvão de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 9, n. 2, p. 180-185, mar./abr. 1985.

VITAL, B. R. et al. **Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado da região do cerrado de Minas Gerais**. Brasília: IBDF, 1984. 52 p.

WANG, X.; FANG, J.; ZHU, B. Forest biomass and root-shoot allocation in northeast China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 12, p. 4007-4020, Dec. 2008.

WATZLAWICK, L. F. et al. Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista. In: SANQUETTA, C. R. (Ed.). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: UFPR, 2004. p. 95-109.

WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W. Estoque de carbono orgânico e biomassa em *Pinus taeda* L. **Biomassa & Energia**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 7-17, 2005.

WEBER, K. S. et al. Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da floresta ombrófila mista. **Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 2, n. 2, p. 167-177, jul./dez. 2006.

YU, C. M. **Sequestro florestal de carbono no Brasil:** dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. 2004. 293 p. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

ZHANG, Y.; BARAL, A.; BAKSHI, B. R. Accounting for ecosystem services in life cycle assessment: part II, toward an ecologically based LCA. **Environmental Science and Technology**, Easton, v. 44, n. 7, p. 2624-2631, Apr. 2010.

ANEXOS

ANEXO A – Tabelas e figuras

Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados na seleção de modelos por material genético

Tabela 1A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de biomassa seca de plantas de *Eucalyptus urophylla*.

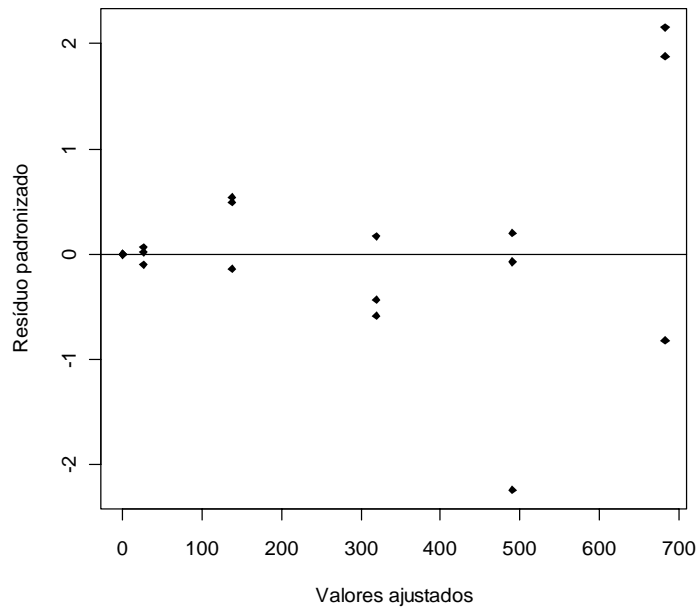
Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	0,48219 (<0,1)	1,30267 (<0,001)	-0,06739 (<0,001)	-	-	-	0,96	161,78	57,59	15	209,1 (<0,01)
2	77,87341 (<0,001)	0,19292 (<0,001)	-	-	-	-	0,90	86,28	30,71	16	-
4	0,00085 (>0,1)	-0,00612 (>0,1)	3,01301 (<0,001)	-	-	-	0,98	101,68	36,20	15	350,6 (<0,01)
5	0,01124 (>0,1)	2,98416 (<0,001)	-	-	-	-	0,98	103,82	36,96	16	747,1 (<0,01)
6	85,40400 (<0,2)	86,60300 (<0,001)	-102,9030 (<0,05)	-	-	-	0,95	60,43	21,51	15	169,1 (<0,01)
7	-132,5730 (<0,01)	78,14800 (<0,001)	-86,28500 (<0,1)	-	-	-	0,94	66,85	23,80	15	136,8 (<0,01)
8	77,45360 (>0,1)	48,01200 (>0,1)	-84,35380 (>0,1)	-0,5783 (>0,1)	-1,63010 (>0,1)	11,98740 (>0,1)	0,94	65,94	23,48	12	56,91 (<0,01)
9	-107,0600 (<0,28)	79,88500 (<0,05)	-404,6820 (<0,05)	-5,2110 (<0,01)	-267,2610 (<0,05)	131,50000 (<0,01)	0,97	43,44	15,46	12	134,3 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

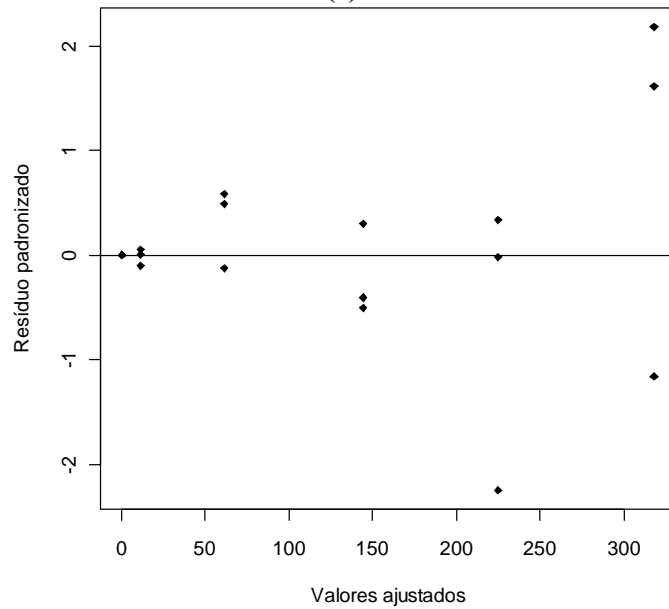
Tabela 2A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total de plantas de *Eucalyptus urophylla*.

Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β ₀	β ₁	β ₂	β ₃	β ₄	β ₅					
1	-0,37078 (>0,1)	1,31918 (<0,001)	-0,06827 (<0,001)	-	-	-	0,96	72,95	56,75	15	231,3 (<0,01)
2	36,05126 (<0,001)	0,19173 (<0,001)	-	-	-	-	0,89	40,95	31,85	16	-
4	-0,83686 (<0,01)	-0,00072 (>0,1)	3,01667 (<0,001)	-	-	-	0,97	50,68	39,42	15	322,8 (<0,01)
5	-0,83560 (<0,001)	3,01330 (<0,001)	-	-	-	-	0,98	49,37	38,40	16	688,6 (<0,01)
6	36,00200 (<0,25)	39,26300 (<0,001)	-45,13900 (<0,05)	-	-	-	0,95	28,60	22,25	15	158,1 (<0,01)
7	-60,02100 (<0,05)	35,63400 (<0,001)	-38,40500 (<0,11)	-	-	-	0,94	31,15	24,23	15	132,1 (<0,01)
8	14,48700 (>0,1)	9,76900 (>0,1)	-3,19600 (>0,1)	-1,10600 (>0,1)	-14,19500 (>0,1)	13,26800 (>0,1)	0,94	30,73	23,90	12	54,97 (<0,01)
9	-65,05600 (>0,1)	42,79200 (<0,05)	-210,37600 (<0,05)	-2,93400 (<0,05)	-132,08700 (<0,05)	65,14900 (<0,01)	0,98	19,45	15,13	12	140,8 (<0,01)

β: coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.



(a)



(b)

Figura 1A Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para *E. urophylla* (modelo 3), para a biomassa seca (a) e carbono total (b).

Tabela 3A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de biomassa seca de plantas de *Eucalyptus grandis*.

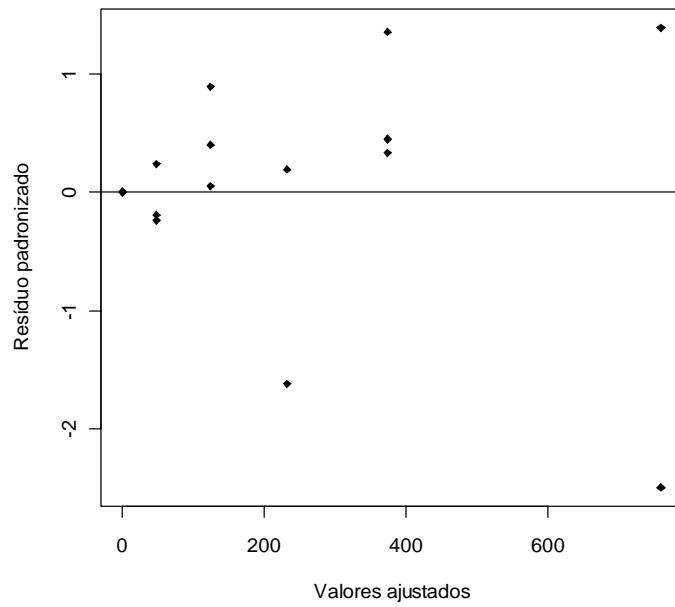
Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β ₀	β ₁	β ₂	β ₃	β ₄	β ₅					
1	0,59019 (>0,1)	1,28031 (<0,001)	-0,06765 (<0,001)	-	-	-	0,91	171,93	75,02	13	77,65 (<0,01)
2	62,09197 (<0,001)	0,20893 (<0,001)	-	-	-	-	0,92	69,06	30,13	14	-
3	6,24900 (<0,001)	-6,23580 (<0,001)	-0,41820 (<0,001)	-	-	-	0,98	112,50	49,09	13	-
5	0,02487 (>0,1)	2,96658 (<0,001)	-	-	-	-	0,99	84,10	36,70	14	1406 (<0,01)
6	97,14800 (<0,13)	81,85500 (<0,001)	-106,70300 (<0,05)	-	-	-	0,94	58,31	25,44	13	127,20 (<0,01)
7	-168,90100 (<0,01)	80,45000 (<0,001)	-140,29600 (<0,01)	-	-	-	0,95	57,39	25,04	13	131,50 (<0,01)
8	-125,15068 (>0,1)	-88,55534 (>0,1)	193,03414 (>0,1)	0,09441 (>0,1)	-56,63034 (>0,1)	46,00272 (>0,1)	0,95	56,10	24,48	10	55,77 (<0,01)
9	61,07900 (>0,1)	-14,90200 (>0,1)	383,39800 (>0,1)	8,80000 (<0,1)	279,41300 (>0,1)	-101,47800 (>0,1)	0,95	52,62	22,96	10	63,66 (<0,01)

β: coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

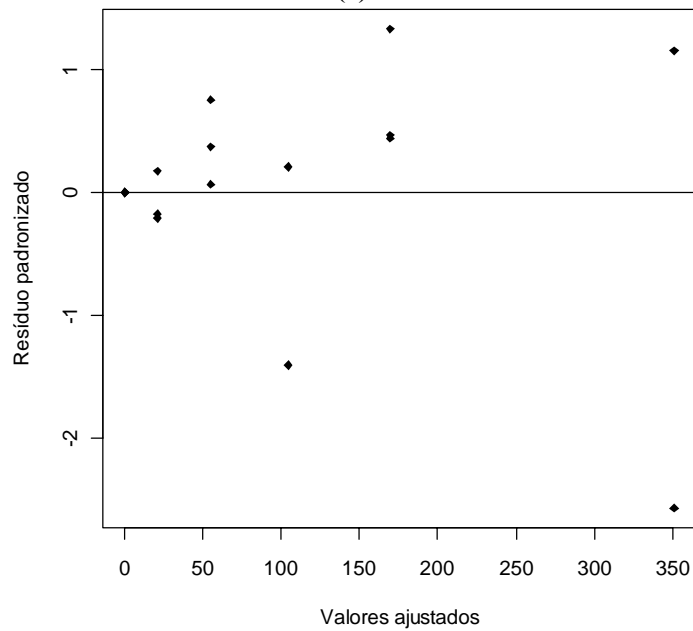
Tabela 4A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total de plantas de *Eucalyptus grandis*.

Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	-0,27290 (>0,1)	1,29670 (<0,001)	-0,06847 (<0,001)	-	-	-	0,91	77,61	74,51	13	82,23 (<0,01)
2	28,27197 (<0,001)	0,20897 (<0,001)	-	-	-	-	0,91	33,32	31,99	14	-
3	5,48638 (<0,001)	-6,32427 (<0,001)	-0,40971 (<0,001)	-	-	-	0,98	50,09	48,08	13	-
5	-0,83765 (<0,001)	3,00043 (<0,001)	-	-	-	-	0,99	39,72	38,13	14	1412,0 (<0,01)
6	44,24100 (<0,15)	37,51200 (<0,001)	-49,13400 (<0,05)	-	-	-	0,94	27,76	26,65	13	117,5 (<0,01)
7	-78,74500 (<0,01)	36,95700 (<0,001)	-65,24000 (<0,05)	-	-	-	0,94	27,17	26,08	13	123,0 (<0,01)
8	-76,75870 (>0,1)	-52,27850 (>0,1)	120,64550 (>0,1)	-0,59770 (>0,1)	-37,46330 (>0,1)	27,70690 (>0,1)	0,94	27,16	26,07	10	49,83 (<0,01)
9	20,94900 (>0,1)	-5,05000 (>0,1)	180,09300 (>0,1)	4,01800 (<0,1)	136,76500 (>0,1)	-49,28200 (>0,1)	0,95	25,72	24,69	10	55,79 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.



(a)



(b)

Figura 2A Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para *E. grandis* (modelo 4), para a biomassa seca (a) e carbono total (b).

Tabela 5A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de biomassa seca de plantas de *Eucalyptus citriodora*.

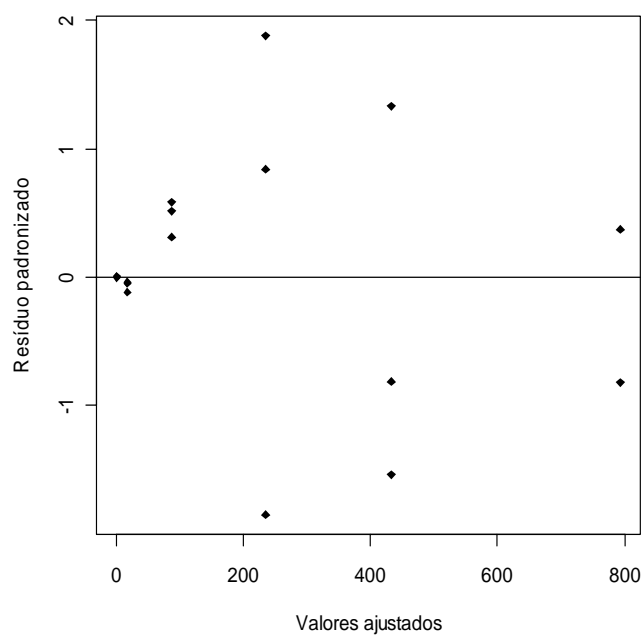
Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β ₀	β ₁	β ₂	β ₃	β ₄	β ₅					
1	0,44640 (<0,05)	1,19780 (<0,001)	-0,05787 (<0,001)	-	-	-	0,98	97,86	42,19	14	344,7 (<0,01)
2	58,95389 (<0,001)	0,21882 (<0,001)	-	-	-	-	0,91	77,04	33,21	15	-
4	0,20963 (>0,1)	0,14812 (<0,05)	2,22615 (<0,001)	-	-	-	0,95	171,48	73,92	14	162,4 (<0,01)
5	-0,00974 (>0,1)	2,88426 (<0,001)	-	-	-	-	0,94	75,27	32,45	15	256,5 (<0,01)
6	85,13000 (<0,26)	94,29000 (<0,001)	-134,54000 (<0,05)	-	-	-	0,93	68,43	29,50	14	109 (<0,01)
7	-209,56000 (<0,001)	91,72000 (<0,001)	-132,73000 (<0,01)	-	-	-	0,94	62,59	26,98	14	131,7 (<0,01)
8	128,90000 (>0,1)	-4,30200 (>0,1)	-261,56800 (>0,1)	9,06100 (>0,1)	133,74800 (>0,1)	-30,85000 (>0,1)	0,98	39,68	17,10	11	135,8 (<0,01)
9	-62,58500 (>0,1)	44,87700 (>0,1)	-177,25200 (>0,1)	-2,45100 (>0,1)	-91,76500 (>0,1)	77,47600 (>0,1)	0,96	49,92	21,52	11	84,99 (<0,01)

β: coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

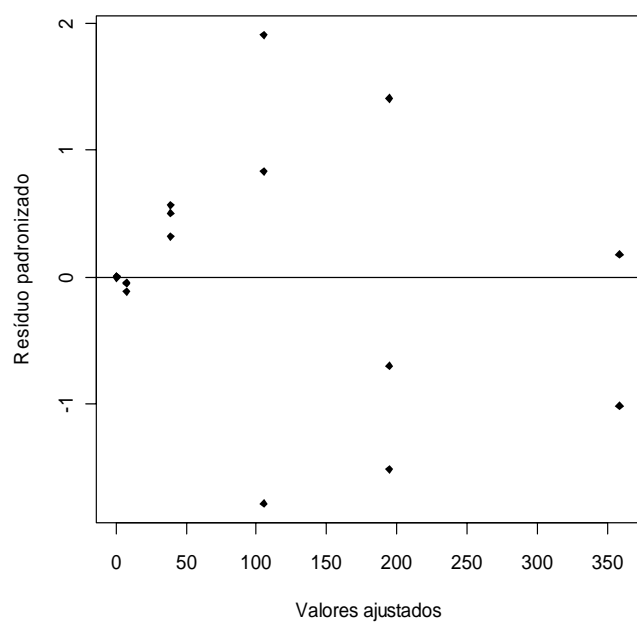
Tabela 6A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total de plantas de *Eucalyptus citriodora*.

Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	-0,40371 (<0,05)	1,21057 (<0,001)	-0,05862 (<0,001)	-	-	-	0,98	43,81	42,07	14	348,40 (<0,01)
2	26,81945 (<0,001)	0,21729 (<0,001)	-	-	-	-	0,91	35,56	34,14	15	-
4	-0,6351 (<0,05)	0,14984 (<0,1)	2,24041 (<0,001)	-	-	-	0,95	80,07	76,89	14	156,1 (<0,01)
5	-0,85700 (<0,05)	2,90620 (<0,001)	-	-	-	-	0,94	34,59	33,21	15	248,4 (<0,01)
6	35,71000 (<0,30)	41,80000 (<0,001)	-58,23000 (<0,05)	-	-	-	0,93	31,13	29,89	14	105,5 (<0,01)
7	-92,58800 (<0,001)	40,84800 (<0,001)	-58,26600 (<0,01)	-	-	-	0,94	28,45	27,32	14	127,7 (<0,01)
8	52,91300 (>0,1)	-5,35300 (>0,1)	-107,51700 (>0,1)	3,66800 (>0,1)	55,21000 (>0,1)	-10,82600 (>0,1)	0,97	18,43	17,70	11	126,2 (<0,01)
9	-34,30500 (>0,1)	23,10200 (>0,1)	-90,11000 (>0,1)	-1,45700 (>0,1)	-45,52300 (>0,1)	37,65500 (>0,1)	0,96	22,90	21,99	11	80,92 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.



(a)



(b)

Figura 3A Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para *E. citriodora* (modelo 3), para a biomassa seca (a) e carbono total (b).

Tabela 7A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de biomassa seca de plantas do clone GG100.

Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	0,79664 (<0,01)	1,19962 (<0,001)	-0,05891 (<0,001)	-	-	-	0,96	193,23	64,21	14	173,8 (<0,01)
2	60,42528 (<0,001)	0,24486 (<0,001)	-	-	-	-	0,97	59,55	19,79	15	-
3	6,93810 (<0,001)	-6,49595 (<0,001)	-0,29508 (<0,001)	-	-	-	0,99	123,61	41,07	14	-
4	0,3499 (<0,1)	0,06875 (>0,1)	2,62152 (<0,001)	-	-	-	0,98	86,78	28,84	14	399,9 (<0,01)
5	0,24810 (<0,20)	2,92700 (<0,001)	-	-	-	-	0,98	56,20	18,67	15	726,5 (<0,01)
6	326,08000 (<0,01)	145,52000 (<0,001)	-289,10000 (<0,001)	-	-	-	0,95	79,41	26,39	14	151,1 (<0,01)
7	-380,07000 (<0,01)	139,39000 (<0,001)	-361,32000 (<0,05)	-	-	-	0,91	104,50	34,73	14	84,24 (<0,01)
9	508,19700 (<0,05)	-191,02500 (<0,05)	1,071,29100 (<0,1)	24,01900 (<0,05)	563,37400 (<0,14)	-184,00800 (<0,14)	0,99	39,89	13,25	11	248,4 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

Tabela 8A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total de plantas do clone GG100.

Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	-0,05130 (>0,1)	1,21755 (<0,001)	-0,05993 (<0,001)	-	-	-	0,96	87,16	63,09	14	188,60 (<0,01)
2	28,54414 (<0,001)	0,24176 (<0,001)	-	-	-	-	0,97	28,15	20,37	15	-
3	6,19332 (<0,001)	-6,58720 (<0,001)	-0,29136 (<0,001)	-	-	-	0,99	51,64	37,38	14	-
4	-0,48296 (<0,05)	0,07397 (>0,1)	2,62757 (<0,001)	-	-	-	0,98	46,00	33,30	14	358,4 (<0,01)
5	-0,59250 (<0,01)	2,95620 (<0,001)	-	-	-	-	0,98	24,81	17,96	15	649,3
6	145,15600 (<0,01)	66,02000 (<0,001)	-129,45800 (<0,001)	-	-	-	0,95	34,22	24,77	14	169,9
7	-170,60500 (<0,01)	63,18400 (<0,001)	-161,15000 (<0,05)	-	-	-	0,92	45,90	33,22	14	91,32
9	215,98000 (<0,05)	-81,09200 (<0,05)	474,10400 (<0,1)	10,50100 (<0,05)	259,39700 (<0,12)	-82,15900 (<0,13)	0,99	17,29	12,51	11	274,9 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

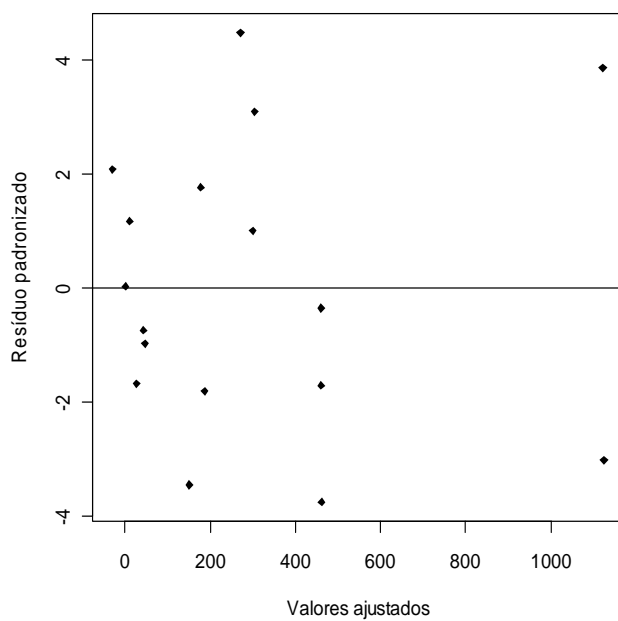
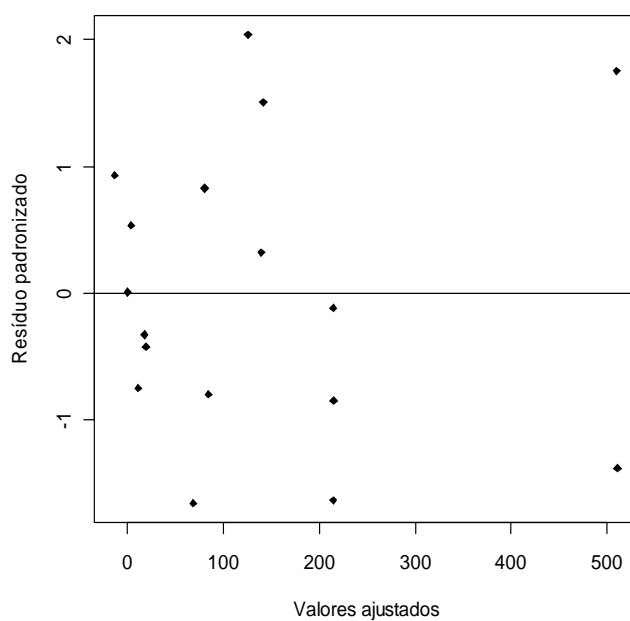
**(a)****(b)**

Figura 4A Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para o clone GG100 (modelo 8), para a biomassa seca (a) e carbono total (b).

Tabela 9A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de biomassa seca de plantas do clone AEC144.

Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	0,98790 (<0,001)	1,12519 (<0,001)	-0,05538 (<0,001)	-	-	-	0,96	125,12	44,70	15	185,3 (<0,01)
2	67,74192 (<0,001)	0,20853 (<0,001)	-	-	-	-	0,94	69,96	25,00	16	-
3	6,72453 (<0,001)	-6,06356 (<0,001)	-0,29631 (<0,001)	-	-	-	0,98	71,49	25,54	15	-
4	0,55468 (<0,01)	0,03938 (>0,1)	2,53801 (<0,001)	-	-	-	0,98	80,43	28,74	15	390,9 (<0,01)
6	171,35000 (<0,05)	99,02000 (<0,001)	-161,53000 (<0,01)	-	-	-	0,96	55,17	19,71	15	221,6 (<0,01)
7	-163,16100 (<0,01)	83,65600 (<0,001)	-114,21200 (<0,1)	-	-	-	0,94	70,60	25,22	15	132,4 (<0,01)
8	704,34900 (>0,1)	203,62100 (>0,1)	-1.001,53000 (>0,1)	14,56100 (>0,1)	329,11300 (>0,1)	-118,17500 (>0,1)	0,97	47,68	17,04	12	120,3 (<0,01)
9	39,43630 (>0,1)	5,91090 (>0,1)	145,81820 (>0,1)	3,74290 (>0,1)	111,63660 (>0,1)	0,50570 (>0,1)	0,98	38,15	13,63	12	189,2 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

Tabela 10A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total de plantas do clone AEC144.

Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (gramas)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	0,16201 (>0,1)	1,13545 (<0,001)	-0,05596 (<0,001)	-	-	-	0,96	56,19	44,04	15	202,30 (<0,01)
2	31,40633 (<0,001)	0,20671 (<0,001)	-	-	-	-	0,94	32,63	25,57	16	-
3	5,96292 (<0,001)	-6,11559 (<0,001)	-0,29268 (<0,001)	-	-	-	0,98	30,03	23,53	15	-
4	-0,25524 (>0,1)	0,04383 (>0,1)	2,53089 (<0,001)	-	-	-	0,98	39,80	31,19	15	360,0 (<0,01)
6	75,00700 (<0,05)	44,65600 (<0,001)	-71,44600 (<0,01)	-	-	-	0,96	24,56	19,25	15	231,1 (<0,01)
7	-72,27800 (<0,01)	37,73000 (<0,001)	-49,54700 (<0,11)	-	-	-	0,94	31,47	24,66	15	137,8 (<0,01)
8	307,38500 (>0,1)	87,42200 (>0,1)	-433,73300 (>0,1)	6,00700 (>0,1)	140,54800 (>0,1)	-49,04300 (>0,1)	0,97	21,73	17,03	12	119,5 (<0,01)
9	13,46800 (>0,1)	3,73200 (>0,1)	77,62100 (>0,1)	1,72100 (>0,1)	66,59500 (>0,1)	-3,09100 (>0,1)	0,98	17,16	13,45	12	192,9 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

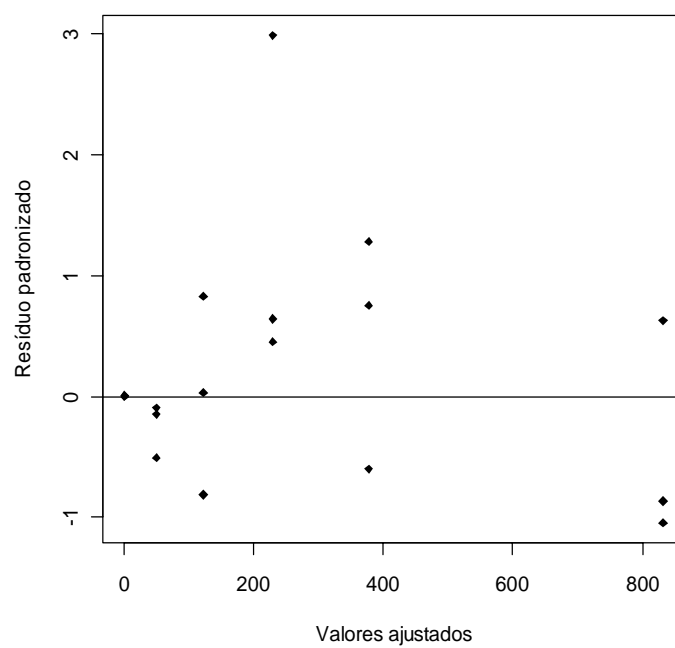
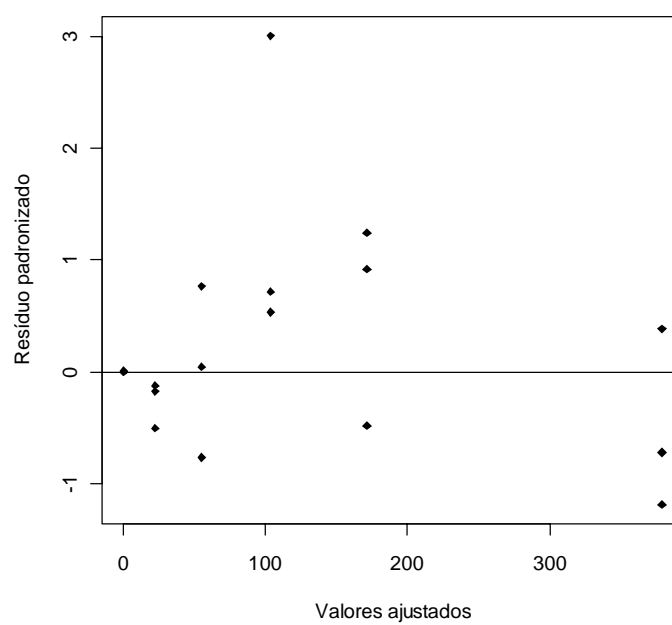
**(a)****(b)**

Figura 5A Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para o clone AEC144 (modelo 5), para a biomassa seca (a) e carbono total (b).

Tabela 11A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de biomassa seca de plantas do clone 7085.

Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	0,98422 (<0,01)	1,12480 (<0,001)	-0,05611 (<0,001)	-	-	-	0,93	141,00	58,84	14	106,20 (<0,01)
2	56,66879 (<0,001)	0,22573 (<0,001)	-	-	-	-	0,94	61,81	25,79	15	-
3	6,43568 (<0,001)	-5,89558 (<0,001)	-0,34496 (<0,001)	-	-	-	0,98	115,15	48,05	14	-
4	0,43628 (<0,01)	0,01060 (>0,1)	2,70836 (<0,001)	-	-	-	0,99	51,43	21,46	14	895,30 (<0,01)
6	166,94000 (<0,1)	94,23000 (<0,001)	-153,45000 (<0,05)	-	-	-	0,92	73,11	30,51	14	97,91 (<0,01)
7	-193,85500 (<0,001)	89,16700 (<0,001)	-185,66300 (<0,01)	-	-	-	0,93	67,87	28,32	14	114,7 (<0,01)
8	247,67300 (>0,1)	0,98830 (>0,1)	-381,04020 (>0,1)	8,27250 (>0,1)	143,70880 (>0,1)	-24,87390 (>0,1)	0,97	41,43	17,29	11	128,50 (<0,01)
9	73,02000 (>0,1)	-17,03000 (>0,1)	85,36000 (>0,1)	5,66000 (>0,1)	16,20000 (>0,1)	13,90000 (>0,1)	0,96	51,39	21,44	11	82,76 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

Tabela 12A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total de plantas do clone 7085.

Modelo	Coeficientes						R ²	Sxy (g)	Sxy (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	0,14284 (>0,1)	1,13767 (<0,001)	-0,05679 (<0,001)	-	-	-	0,93	62,95	57,74	14	115,90 (<0,01)
2	26,23693 (<0,001)	0,22385 (<0,001)	-	-	-	-	0,94	29,30	26,87	15	-
3	5,68430 (<0,001)	-5,96892 (<0,001)	-0,33747 (<0,001)	-	-	-	0,98	49,07	45,01	14	-
4	-0,38973 (<0,01)	0,01651 (>0,1)	2,70340 (<0,001)	-	-	-	0,99	25,61	23,49	14	833,60 (<0,01)
6	73,81800 (<0,11)	42,63900 (<0,001)	-68,53800 (<0,05)	-	-	-	0,93	32,67	29,97	14	101,4 (<0,01)
7	-87,22500 (<0,001)	40,35400 (<0,001)	-82,74200 (<0,01)	-	-	-	0,94	30,39	27,87	14	118,3 (<0,01)
8	106,27300 (>0,1)	-4,16100 (>0,1)	-162,01800 (>0,1)	3,30300 (>0,1)	60,39000 (>0,1)	-7,81000 (>0,1)	0,97	19,04	17,47	11	125,40 (<0,01)
9	23,25600 (>0,1)	-2,99700 (>0,1)	4,87800 (>0,1)	2,00400 (>0,1)	-16,01500 (>0,1)	15,06500 (>0,1)	0,96	23,44	21,50	11	82,05 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

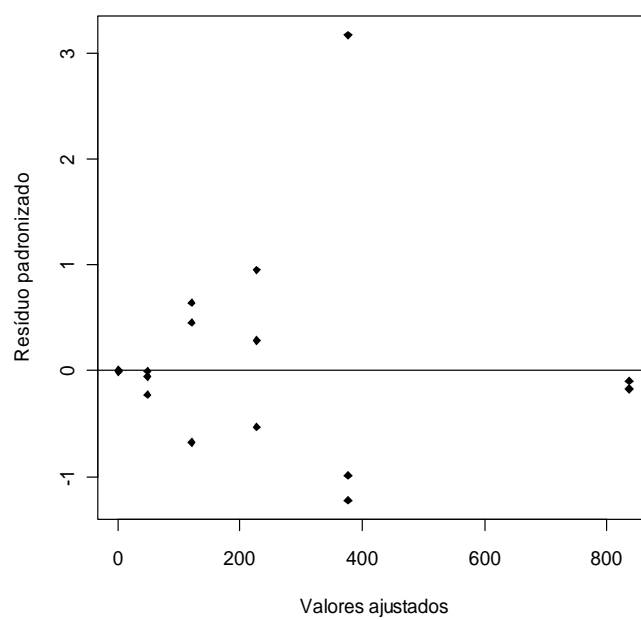
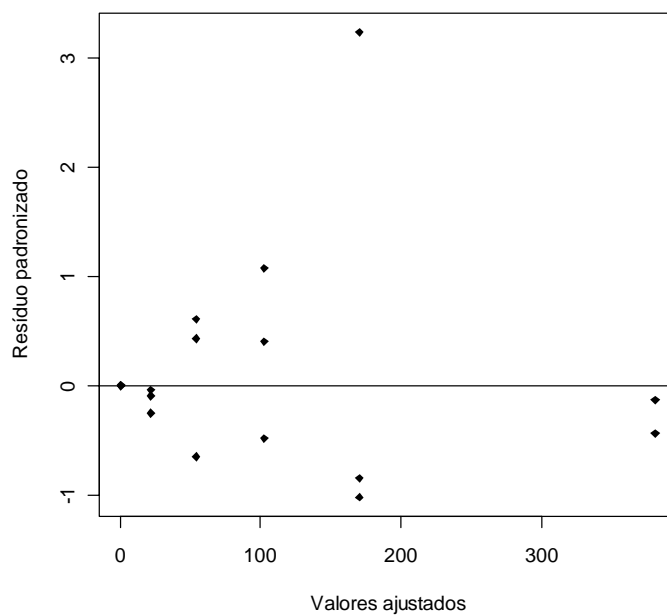
**(a)****(b)**

Figura 6A Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para o clone 7085 (modelo 5), para a biomassa seca (a) e carbono total (b).

Tabela 13A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de biomassa seca de plantas do clone 58.

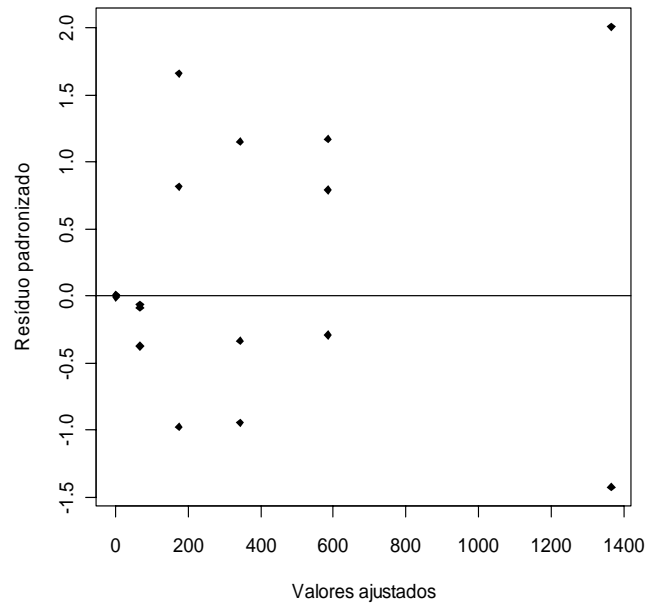
Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	1,11102 (<0,01)	1,19240 (<0,001)	-0,05913 (<0,001)	-	-	-	0,93	232,61	61,35	14	108,40 (<0,01)
2	80,34350 (<0,001)	0,2389 (<0,001)	-	-	-	-	0,96	84,53	22,29	15	-
3	6,96936 (<0,001)	-6,30671 (<0,001)	-0,33303 (<0,001)	-	-	-	0,97	186,44	49,17	14	-
4	0,55296 (<0,01)	0,02399 (>0,1)	2,82089 (<0,001)	-	-	-	0,99	74,31	19,60	14	549,60 (<0,01)
6	275,73000 (<0,1)	160,82000 (<0,001)	-266,96000 (<0,01)	-	-	-	0,92	122,30	32,26	14	96,06 (<0,01)
7	-275,49000 (<0,001)	149,98000 (<0,001)	-297,88000 (<0,01)	-	-	-	0,93	114,00	30,05	14	111,8 (<0,01)
8	747,02500 (<0,15)	202,24100 (<0,25)	-1,101,80600 (<0,12)	23,58600 (<0,05)	379,03700 (<0,1)	-142,06700 (<0,15)	0,98	52,92	13,96	11	218,10 (<0,01)
9	157,09000 (<0,1)	-74,94300 (<0,05)	68,77600 (>0,1)	8,12600 (>0,1)	-105,30500 (>0,1)	93,03600 (>0,1)	0,98	53,88	14,21	11	210,30 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

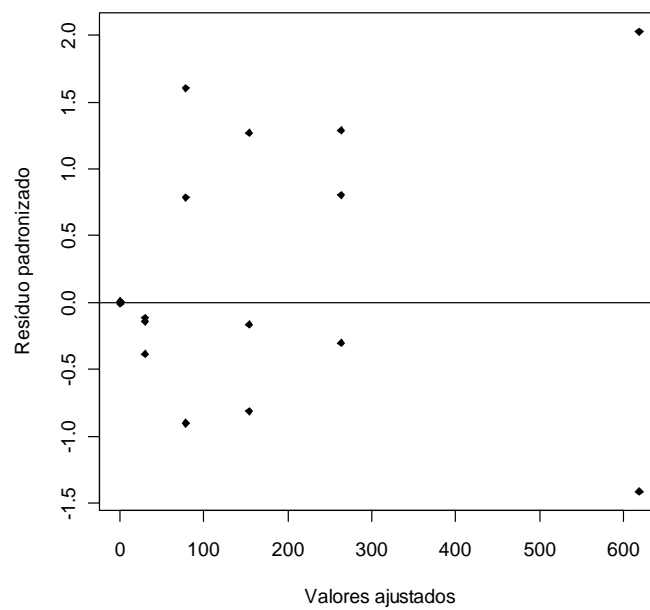
Tabela 14A Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total de plantas do clone 58.

Modelo	Coeficientes						R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	0,27320 (>0,1)	1,20240 (<0,001)	-0,05960 (<0,001)	-	-	-	0,94	105,12	61,07	14	117,50 (<0,01)
2	36,60138 (<0,001)	0,23864 (<0,001)	-	-	-	-	0,96	39,50	22,95	15	-
3	6,21950 (<0,001)	-6,37710 (<0,001)	-0,32540 (<0,001)	-	-	-	0,98	80,50	46,77	14	-
4	-0,26662 (>0,1)	0,03166 (>0,1)	2,80400 (<0,001)	-	-	-	0,98	38,18	22,18	14	510,70 (<0,01)
6	125,09300 (<0,1)	73,16200 (<0,001)	-121,46300 (<0,01)	-	-	-	0,92	55,28	32,11	14	97,37 (<0,01)
7	-125,43600 (<0,001)	68,13800 (<0,001)	-134,86800 (<0,01)	-	-	-	0,93	51,68	30,02	14	112,4 (<0,01)
8	357,05500 (<0,15)	97,41800 (<0,25)	-522,95400 (<0,13)	10,75200 (<0,05)	177,74400 (<0,1)	-66,43800 (<0,14)	0,98	25,35	14,73	11	196,30 (<0,01)
9	69,34900 (<0,1)	-33,33300 (<0,05)	23,33000 (>0,1)	3,39900 (<0,14)	-53,99600 (>0,1)	46,65300 (>0,1)	0,98	24,92	14,48	11	203,20 (<0,01)

β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.



(a)



(b)

Figura 7A Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para o clone 58 (modelo 5), para a biomassa seca (a) e carbono total (b).

ANEXO B - Tabelas e figuras

Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados na seleção de modelos por idade

Tabela 1B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de biomassa seca das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos dois meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3					
1	-42,38 (<0,001)	9,10 (<0,001)	-	-	0,81	6,51	17,99	19	89,16 (<0,01)
2	-15,49 (<0,1)	67,78 (<0,001)	-	-	0,65	9,00	24,87	19	37,59 (<0,01)
3	-42,56 (<0,001)	6,70 (<0,001)	27,37 (<0,05)	-	0,86	5,63	15,56	18	63,26 (<0,01)
4	10,63 (<0,01)	0,41 (<0,001)	-	-	0,83	6,34	17,52	19	95,04 (<0,01)
5	-76,64 (<0,001)	20,98 (<0,01)	6,95 (<0,01)	-	0,86	5,66	15,64	18	62,53 (<0,01)
6	-96,86 (<0,001)	32,32 (<0,001)	0,285 (<0,01)	-	0,86	5,71	15,79	18	61,23 (<0,01)
7	-169,44 (<0,001)	220,66 (<0,001)	-8,07 (<0,001)	-	0,83	6,28	17,34	18	49,20 (<0,01)
8	76,94 (<0,01)	66,14 (<0,05)	-133,09 (<0,01)	10,77 (<0,001)	0,81	6,56	18,12	17	29,86 (<0,01)
9	-87,74 (<0,001)	9,92 (<0,001)	104,03 (<0,05)	-	0,86	5,57	15,39	18	64,91 (<0,01)
10	-0,05 (>0,1)	67,95 (<0,001)	-42,31 (>0,1)	-	0,64	9,11	25,17	18	18,63 (<0,01)
11	-75,35 (<0,001)	8,02 (<0,001)	19,12 (<0,1)	75,35 (<0,1)	0,88	5,22	14,41	17	50,49 (<0,01)
13	81,98 (<0,01)	-138,02 (<0,01)	15,16 (<0,001)	46,02 (<0,05)	0,82	6,39	17,65	17	31,81 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste *t* entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

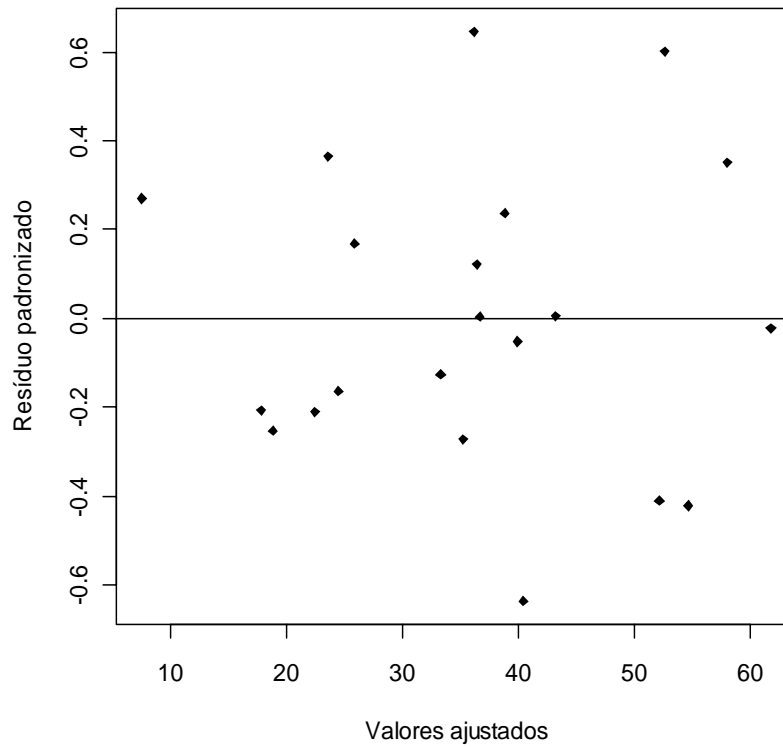


Figura 1B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de massa seca de *Eucalyptus* (modelo 12), aos dois meses de idade.

Tabela 2B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos dois meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β ₀	β ₁	β ₂	β ₃					
1	-17,66 (<0,001)	3,82 (<0,001)	-	-	0,82	2,73	17,79	19	89,37 (<0,1)
2	-6,10 (<0,12)	28,15 (<0,001)	-	-	0,63	3,87	25,16	19	35,16 (<0,1)
3	-17,73 (<0,001)	2,88 (<0,001)	10,80 (<0,05)	-	0,86	2,42	15,75	18	60,11 (<0,1)
4	4,69 (<0,01)	0,17 (<0,001)	-	-	0,81	2,74	17,86	19	88,49 (<0,1)
5	-32,95 (<0,01)	9,14 (<0,01)	2,78 (<0,001)	-	0,85	2,44	15,87	18	59,11 (<0,1)
6	-41,04 (<0,001)	13,67 (<0,001)	0,11 (<0,01)	-	0,85	2,46	16,00	18	57,97 (<0,1)
7	-72,08 (<0,001)	93,67 (<0,001)	-3,46 (<0,001)	-	0,82	2,70	17,59	18	46,40 (<0,1)
8	33,43 (<0,01)	28,73 (<0,05)	-57,79 (<0,01)	4,61 (<0,001)	0,80	2,82	18,34	17	28,32 (<0,1)
9	-37,07 (<0,001)	4,17 (<0,001)	44,53 (<0,01)	-	0,87	2,32	15,08	18	66,39 (<0,1)
10	0,11 (>0,1)	28,22 (<0,001)	-17,03 (>0,1)	-	0,62	3,92	25,51	18	17,34 (<0,1)
11	-32,48 (<0,001)	3,47 (<0,001)	7,09 (<0,13)	33,89 (<0,05)	0,88	2,22	14,42	17	49,27 (<0,1)
13	35,93 (<0,01)	-60,25 (<0,01)	6,55 (<0,001)	20,26 (<0,05)	0,82	2,73	17,76	17	30,58 (<0,1)

Nº: número do modelo proposto; β: coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

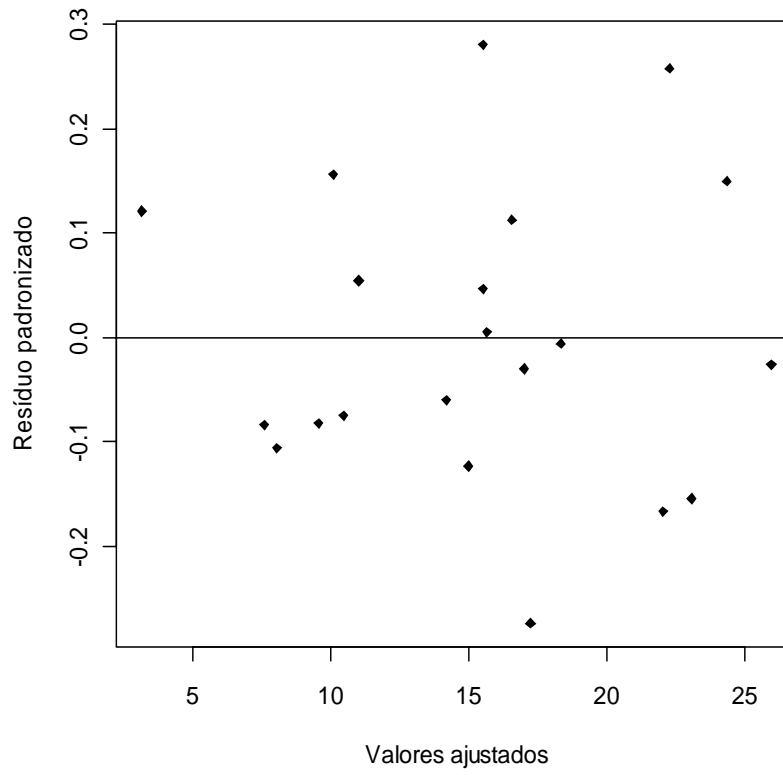


Figura 2B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de carbono total de *Eucalyptus* (modelo 12), aos dois meses de idade.

Tabela 3B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos dois meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β ₀	β ₁	β ₂	β ₃					
1	178,79 (<0,001)	-2,69 (>0,1)	-	-	0,02	15,39	9,89	19	1,40 (>0,1)
2	154,40 (<0,001)	1,50 (>0,1)	-	-	0,00	15,94	10,25	19	0,01 (>0,1)
3	178,55 (<0,001)	-5,98 (<0,1)	37,57 (>0,1)	-	0,07	15,02	9,65	18	1,71 (>0,1)
4	160,72 (<0,001)	-0,08 (>0,1)	-	-	0,00	15,68	10,08	19	0,64 (>0,1)
5	237,50 (<0,001)	-23,64 (>0,1)	5,81 (>0,1)	-	0,02	15,37	9,88	18	1,23 (>0,1)
6	217,18 (<0,001)	-13,56 (>0,1)	0,19 (>0,1)	-	0,00	15,53	9,98	18	1,02 (>0,1)
7	255,22 (<0,01)	-98,62 (>0,1)	5,29 (>0,1)	-	0,00	15,76	10,14	18	0,72 (>0,1)
8	206,90 (<0,001)	101,54 (<0,11)	100,95 (<0,20)	-14,83 (<0,01)	0,32	12,80	8,23	17	4,17 (<0,03)
9	-12,49 (<0,12)	0,77 (<0,1)	438,73 (<0,001)	-	0,98	2,42	1,55	18	405,20 (<0,01)
10	-1,70 (>0,1)	-0,26 (>0,1)	427,96 (<0,001)	-	0,97	2,68	1,72	18	328,20 (<0,01)
11	-20,60 (<0,01)	2,01 (<0,001)	457,50 (<0,001)	-12,51 (<0,01)	0,98	1,94	1,25	17	422,00 (<0,01)
13	324,64 (<0,001)	-20,77 (<0,22)	1,69 (<0,24)	165,12 (<0,001)	0,97	2,76	1,77	17	205,80 (<0,01)
14	-1,88 (>0,1)	427,94 (<0,001)	-	-	0,97	2,61	1,68	19	692,70 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β: coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

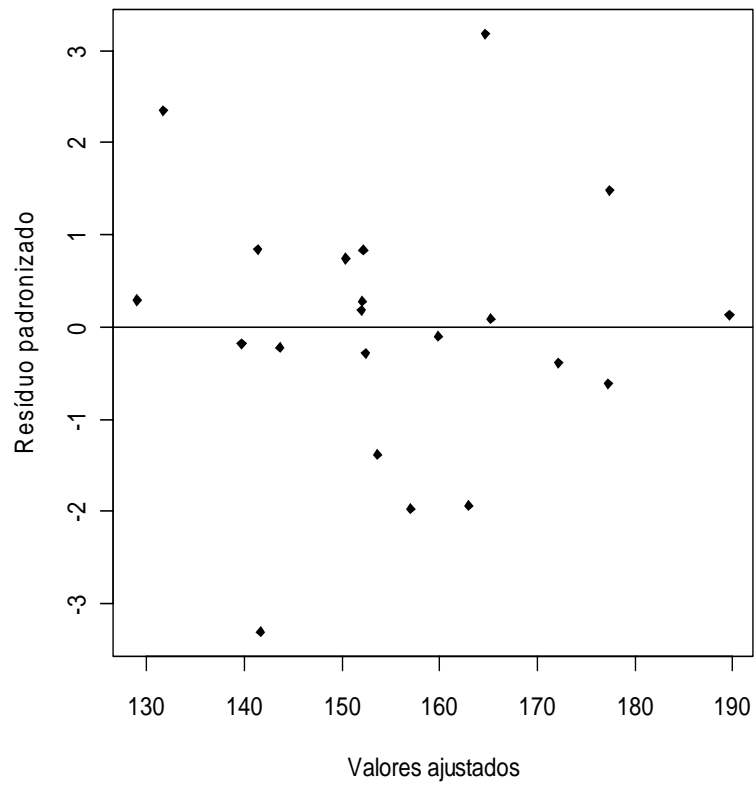


Figura 3B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de carbono por volume para *Eucalyptus* (modelo 12), aos dois meses de idade.

Tabela 4B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de massa seca total das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos quatro meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3					
1	-157,52 (<0,05)	21,29 (<0,001)	-	-	0,54	32,88	22,30	19	24,50 (<0,01)
2	23,19 (>0,1)	100,27 (<0,01)	-	-	0,29	40,81	27,68	19	9,24 (<0,01)
3	-210,74 (<0,001)	18,57 (<0,001)	74,35 (<0,01)	-	0,70	26,36	17,88	18	24,83 (<0,01)
4	42,62 (<0,05)	0,40 (<0,001)	-	-	0,72	25,81	17,51	19	51,59 (<0,01)
5	-523,29 (<0,001)	108,19 (<0,001)	14,60 (<0,01)	-	0,70	26,57	18,02	18	24,31 (<0,01)
6	-432,32 (<0,01)	105,55 (<0,001)	0,46 (<0,01)	-	0,72	25,84	17,53	18	26,21 (<0,01)
7	603,05 (<0,01)	-480,42 (<0,01)	24,75 (<0,01)	-	0,56	32,21	21,85	18	13,66 (<0,01)
8	160,21 (<0,001)	177,30 (<0,14)	-174,31 (<0,01)	10,00 (<0,001)	0,72	25,78	17,48	17	17,93 (<0,01)
9	-470,15 (<0,01)	25,61 (<0,001)	579,95 (<0,05)	-	0,61	30,12	20,43	18	16,91 (<0,01)
10	72,47 (>0,1)	100,10 (<0,01)	-113,50 (>0,1)	-	0,26	41,79	28,35	18	4,46 (<0,05)
11	-479,24 (<0,01)	22,50 (<0,001)	69,64 (<0,01)	504,34 (<0,05)	0,77	23,47	15,92	17	22,79 (<0,01)
13	242,32 (<0,01)	-124,56 (<0,001)	9,94 (<0,001)	150,71 (<0,14)	0,72	25,76	17,48	17	17,95 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

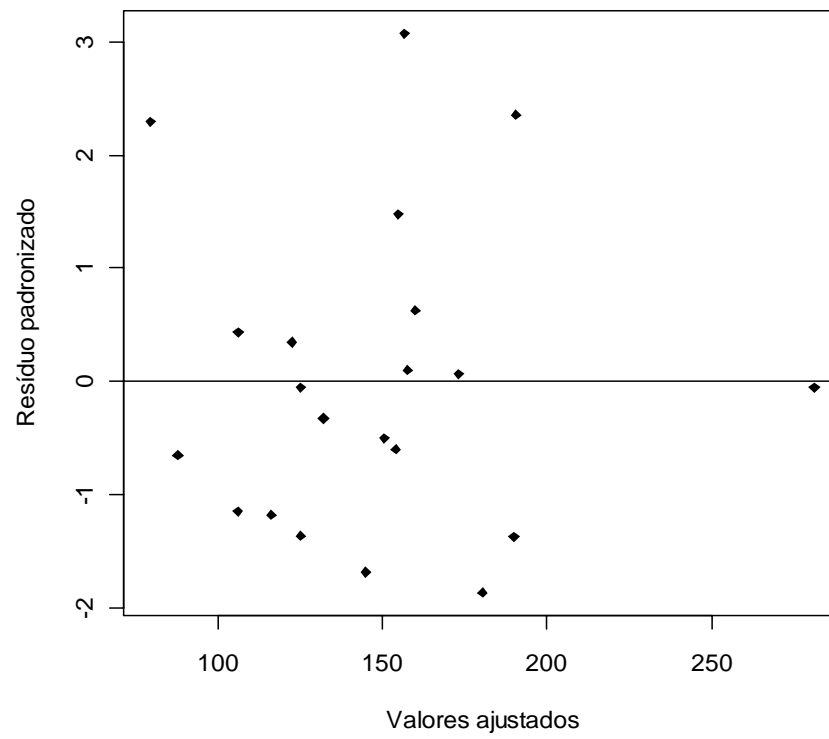


Figura 4B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de massa seca de *Eucalyptus* (modelo 12), aos quatro meses de idade.

Tabela 5B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos quatro meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3					
1	-72,17 (<0,05)	9,67 (<0,001)	-	-	0,55	14,78	22,30	19	25,0 (<0,01)
2	10,97 (>0,1)	44,63 (<0,01)	-	-	0,28	18,59	28,04	19	8,8 (<0,01)
3	-95,67 (<0,001)	8,47 (<0,001)	32,82 (<0,01)	-	0,70	11,99	18,09	18	24,4 (<0,01)
4	19,00 (<0,05)	0,18 (<0,001)	-	-	0,71	11,74	17,72	19	50,7 (<0,01)
5	-239,26 (<0,001)	49,52 (<0,001)	6,46 (<0,01)	-	0,70	12,09	18,25	18	23,9 (<0,01)
6	-198,77 (<0,01)	48,30 (<0,001)	0,20 (<0,01)	-	0,71	11,76	17,74	18	25,8 (<0,01)
7	274,32 (<0,01)	-219,09 (<0,01)	11,24 (<0,01)	-	0,55	14,70	22,18	18	13,2 (<0,01)
8	71,64 (<0,001)	76,69 (<0,16)	-78,60 (<0,01)	4,55 (<0,001)	0,72	11,69	17,63	17	17,8 (<0,01)
9	-209,78 (<0,01)	11,57 (<0,001)	255,27 (<0,1)	-	0,61	13,62	20,55	18	16,9 (<0,01)
10	36,17 (>0,1)	44,54 (<0,01)	-58,04 (>0,1)	-	0,25	19,02	28,70	18	4,3 (<0,05)
11	-213,80 (<0,01)	10,20 (<0,001)	30,75 (<0,01)	221,89 (<0,05)	0,76	10,79	16,28	19	21,9 (<0,01)
13	107,90 (<0,05)	-57,17 (<0,001)	4,53 (<0,001)	66,05 (<0,15)	0,72	11,66	17,59	17	17,9 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

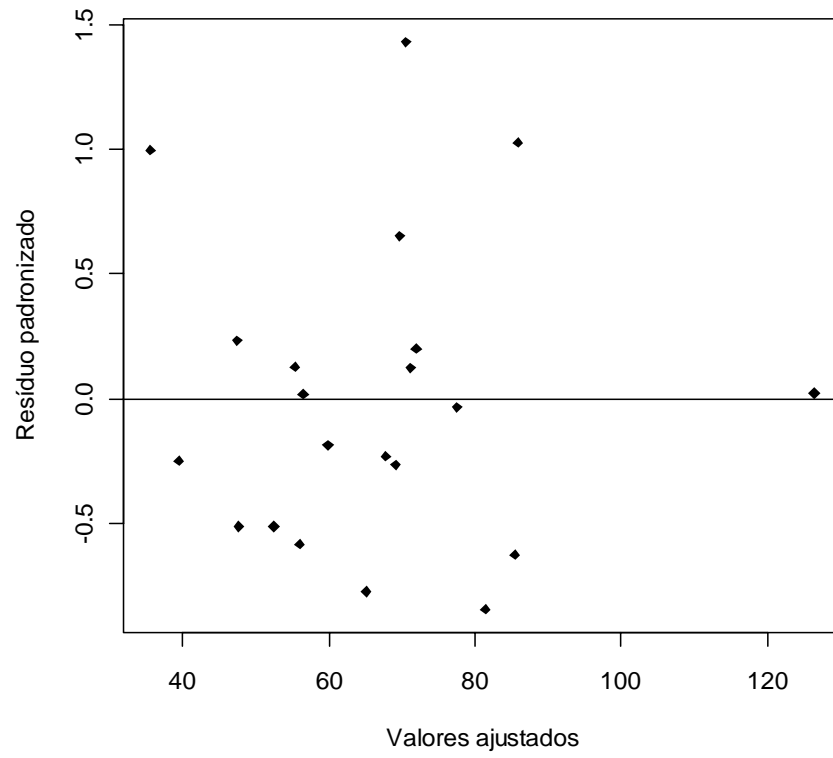


Figura 5B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de carbono total de *Eucalyptus* (modelo 12), aos quatro meses de idade.

Tabela 6B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos quatro meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β ₀	β ₁	β ₂	β ₃					
1	234,23 (<0,001)	-3,19 (<0,05)	-	-	0,15	11,55	6,12	19	4,4 (<0,05)
2	186,65 (<0,001)	1,59 (>0,1)	-	-	0,00	12,82	6,80	19	0,0 (>0,1)
3	229,68 (<0,001)	-3,42 (<0,05)	6,36 (>0,1)	-	0,12	11,73	6,22	18	2,4 (<0,15)
4	196,06 (<0,001)	-0,03 (>0,1)	-	-	0,00	12,47	6,61	19	1,1 (>0,1)
5	314,36 (<0,001)	-25,03 (<0,05)	1,09 (>0,1)	-	0,12	11,74	6,23	18	2,3 (>0,1)
6	322,65 (<0,001)	-25,54 (<0,05)	0,04 (>0,1)	-	0,12	11,71	6,21	18	2,4 (>0,1)
7	124,19 (<0,1)	64,14 (>0,1)	-2,67 (>0,1)	-	0,00	12,85	6,81	18	0,5 (>0,1)
8	183,75 (<0,001)	-1,45 (>0,1)	23,00 (>0,1)	-1,36 (>0,1)	0,00	12,62	6,69	17	0,9 (>0,1)
9	5,33 (>0,1)	-0,02 (>0,1)	424,61 (<0,001)	-	0,90	3,95	2,09	18	91,4 (<0,01)
10	1,85 (>0,1)	2,24 (>0,1)	425,54 (<0,001)	-	0,90	3,89	2,06	18	94,2 (<0,01)
11	5,02 (>0,1)	-0,13 (>0,1)	421,99 (<0,001)	2,41 (>0,1)	0,90	4,00	2,12	17	59,5 (<0,01)
12	23,96 (>0,1)	-3,80 (>0,1)	0,01 (>0,1)	421,16 (<0,001)	0,90	3,98	2,11	17	60,0 (<0,01)
13	340,99 (<0,001)	1,61 (>0,1)	-0,05 (>0,1)	183,13 (<0,001)	0,90	3,89	2,06	17	63,3 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β: coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste *t* entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

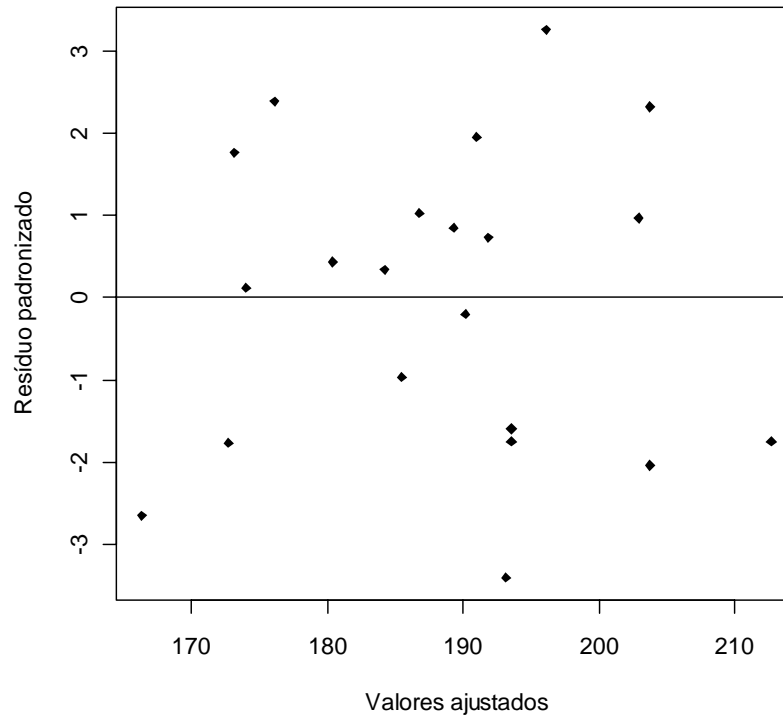


Figura 6B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de carbono por volume de *Eucalyptus* (modelo 14), aos quatro meses de idade.

Tabela 7B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de massa seca das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos seis meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3					
1	-66,31 (>0,1)	19,28 (<0,001)	-	-	0,45	52,57	18,45	18	16,8 (<0,01)
2	145,30 (<0,17)	81,29 (<0,18)	-	-	0,05	69,26	24,31	18	2,0 (<0,2)
3	-245,56 (<0,05)	20,09 (<0,001)	95,70 (<0,05)	-	0,58	46,19	16,21	17	14,0 (<0,01)
4	124,97 (<0,01)	0,28 (<0,001)	-	-	0,57	46,79	16,42	18	25,9 (<0,01)
5	-748,17 (<0,01)	149,18 (<0,001)	17,12 (<0,05)	-	0,60	44,85	15,74	17	15,4 (<0,01)
6	-378,23 (<0,14)	101,49 (<0,05)	0,43 (<0,05)	-	0,60	45,02	15,80	17	15,2 (<0,01)
8	206,44 (<0,001)	582,72 (<0,17)	-188,12 (<0,05)	6,17 (<0,001)	0,58	46,20	16,21	16	9,7 (<0,01)
9	-27,09 (>0,1)	19,10 (<0,01)	-83,04 (>0,1)	-	0,42	54,05	18,97	17	8,0 (<0,01)
10	437,45 (<0,17)	88,26 (<0,15)	-702,16 (<0,32)	-	0,05	69,16	24,27	17	1,6 (<0,25)
11	-151,29 (>0,1)	19,66 (<0,001)	97,45 (<0,05)	-206,49 (>0,1)	0,56	47,34	16,61	16	9,0 (<0,01)
12	-48,45 (>0,1)	51,39 (>0,1)	0,21 (<0,05)	-202,12 (>0,1)	0,54	48,04	16,86	16	8,6 (<0,01)
13	111,95 (>0,1)	-77,18 (<0,05)	5,40 (<0,001)	-130,47 (>0,1)	0,53	48,64	17,07	16	8,2 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

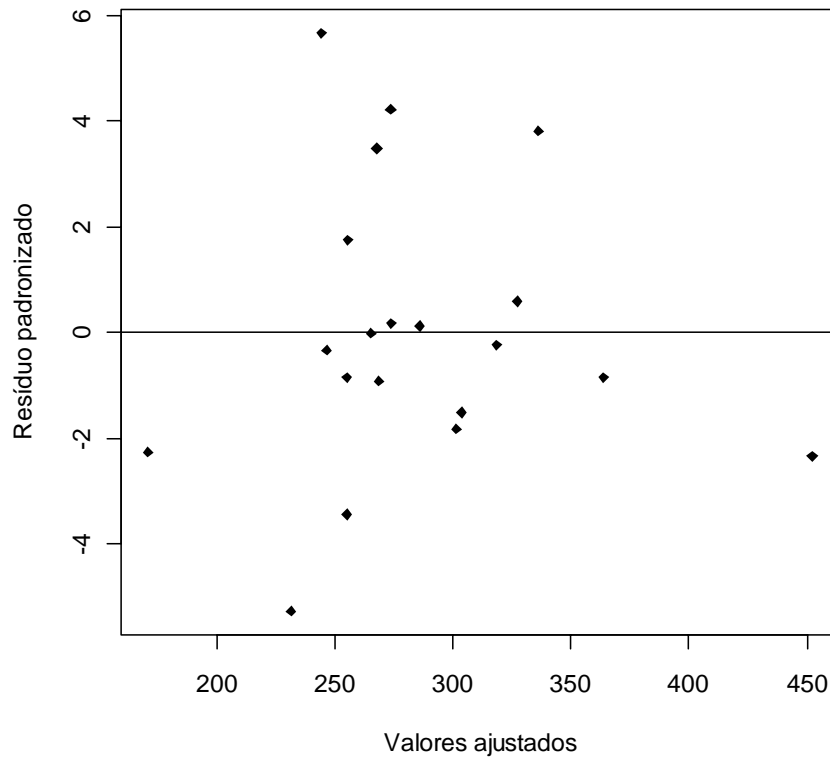


Figura 8B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de massa seca de *Eucalyptus* (modelo 7), aos seis meses de idade.

Tabela 9B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos seis meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3					
1	-34,88 (>0,1)	9,11 (<0,001)	-	-	0,46	24,66	18,82	18	17,0 (<0,01)
2	69,34 (<0,16)	35,91 (>0,1)	-	-	0,04	32,82	25,05	18	1,8 (>0,1)
3	-114,85 (<0,05)	9,47 (<0,001)	42,70 (<0,05)	-	0,57	22,05	16,83	17	13,4 (<0,01)
4	56,44 (<0,01)	0,13 (<0,001)	-	-	0,56	22,32	17,03	18	24,8 (<0,01)
5	-355,50 (<0,01)	70,94 (<0,001)	7,66 (<0,05)	-	0,59	21,47	16,38	17	14,6 (<0,01)
6	-188,32 (<0,12)	49,25 (<0,05)	0,19 (<0,05)	-	0,59	21,45	16,37	17	14,7 (<0,01)
8	95,81 (<0,001)	287,28 (>0,1)	-91,83 (<0,05)	2,93 (<0,1)	0,57	21,88	16,70	16	9,5 (<0,01)
9	-3,72 (>0,1)	8,96 (<0,01)	-65,97 (>0,1)	-	0,43	25,33	19,33	17	8,1 (<0,01)
10	216,51 (<0,15)	39,42 (<0,17)	-353,70 (>0,1)	-	0,05	32,64	24,91	17	1,5 (>0,1)
11	-59,45 (>0,1)	9,22 (<0,001)	43,73 (<0,05)	-121,4 (>0,1)	0,55	22,53	17,20	16	8,7 (<0,01)
12	-21,66 (>0,1)	25,61 (>0,1)	0,10 (<0,05)	-119,6 (>0,1)	0,54	22,75	17,36	16	8,4 (<0,01)
13	42,93 (>0,1)	-36,94 (<0,05)	2,54 (<0,001)	-71,64 (>0,1)	0,53	23,06	17,60	16	8,0 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

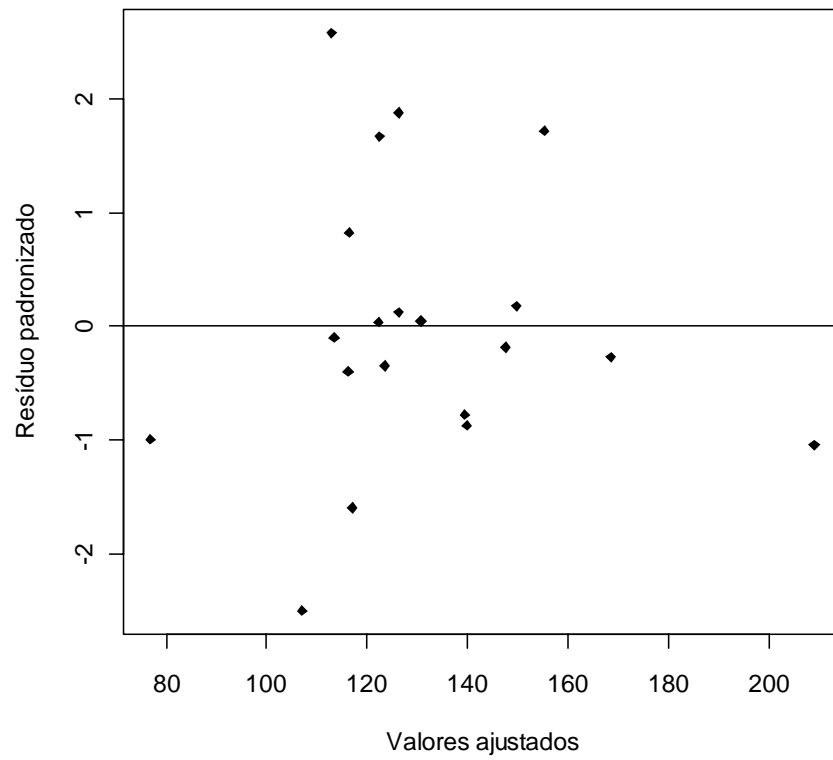


Figura 9B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de carbono total de *Eucalyptus* (modelo 7), aos seis meses de idade.

Tabela 10B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos seis meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3					
1	205,69 (<0,001)	-0,60 (>0,1)	-	-	0	9,21	4,73	18	0,5 (>0,1)
2	189,58 (<0,001)	3,00 (>0,1)	-	-	0	9,30	4,78	18	0,2 (>0,1)
3	200,84 (<0,001)	-0,58 (>0,1)	2,59 (>0,1)	-	0	9,44	4,85	17	0,3 (>0,1)
4	196,64 (<0,001)	0,00 (>0,1)	-	-	0	9,32	4,78	18	0,1 (>0,1)
5	229,14 (<0,001)	-6,68 (>0,1)	0,43 (>0,1)	-	0	9,39	4,82	17	0,4 (>0,1)
6	240,01 (<0,001)	-8,22 (>0,1)	0,01 (>0,1)	-	0	9,38	4,82	17	0,4 (>0,1)
7	179,00 (<0,001)	15,87 (>0,1)	-0,60 (>0,1)	-	0	9,38	4,82	17	0,4 (>0,1)
8	194,91 (<0,001)	-123,09 (<0,14)	26,35 (<0,11)	-0,27 (>0,1)	0	9,07	4,66	16	1,0 (>0,1)
9	26,99 (<0,1)	0,21 (>0,1)	378,32 (<0,001)	-	0,91	2,68	1,38	17	100,8 (<0,01)
10	34,04 (<0,05)	-0,71 (>0,1)	373,82 (<0,001)	-	0,91	2,73	1,40	17	96,8 (<0,01)
11	27,77 (<0,1)	0,21 (>0,1)	379,10 (<0,001)	-0,62 (>0,1)	0,91	2,76	1,42	16	63,6 (<0,01)
12	13,83 (>0,1)	2,91 (>0,1)	0,00 (>0,1)	380,98 (<0,001)	0,91	2,75	1,41	16	64,0 (<0,01)
13	334,49 (<0,001)	-0,98 (>0,1)	0,05 (>0,1)	166,64 (<0,001)	0,90	2,84	1,46	16	59,5 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

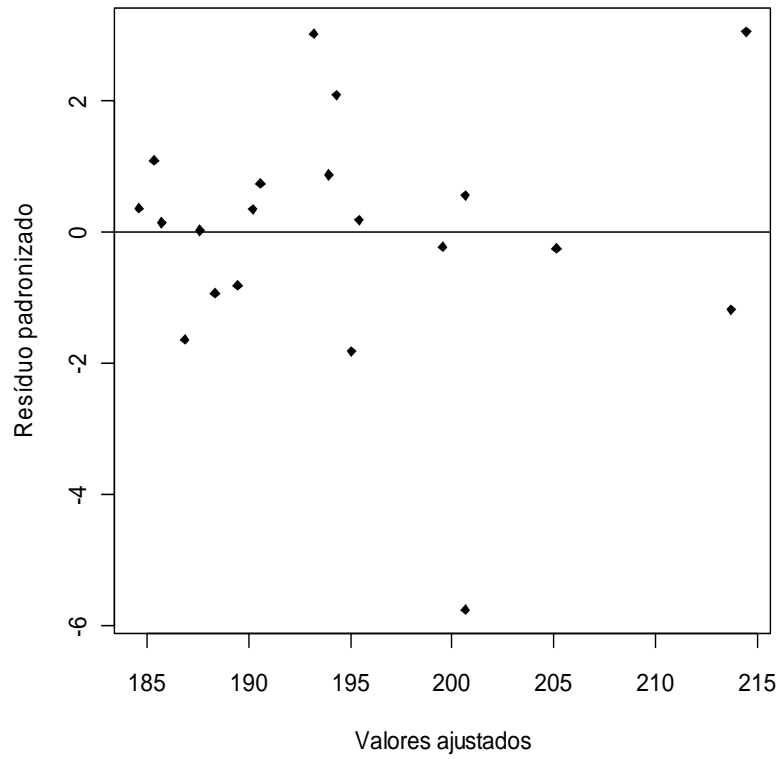


Figura 10B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de carbono por volume de *Eucalyptus* (modelo 14), aos seis meses de idade.

Tabela 11B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de massa seca das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos oito meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β ₀	β ₁	β ₂	β ₃					
1	104,81 (>0,1)	12,54 (<0,11)	-	-	0,08	92,47	20,80	19	2,8 (<0,11)
2	67,73 (>0,1)	224,52 (<0,01)	-	-	0,36	77,31	17,39	19	12,2 (<0,01)
3	-174,71 (>0,1)	9,78 (<0,13)	210,99 (<0,01)	-	0,41	74,22	16,69	18	7,9 (<0,01)
4	237,04 (<0,01)	0,17 (<0,01)	-	-	0,34	78,22	17,59	19	11,5 (<0,01)
5	-518,67 (>0,1)	91,06 (>0,1)	32,82 (<0,01)	-	0,44	72,40	16,28	18	8,8 (<0,01)
6	718,91 (>0,1)	-69,49 (>0,1)	0,48 (<0,01)	-	0,41	74,01	16,65	18	8,0 (<0,01)
7	305,98 (<0,1)	-59,19 (>0,1)	8,64 (<0,1)	-	0,43	72,82	16,38	18	8,6 (<0,01)
8	256,17 (<0,001)	-48,80 (>0,1)	-30,91 (>0,1)	3,85 (<0,1)	0,43	73,07	16,44	17	6,0 (<0,01)
9	343,12 (>0,1)	10,88 (>0,1)	-435,73 (>0,1)	-	0,07	93,06	20,93	18	1,8 (<0,2)
11	383,42 (<0,1)	4,13 (>0,1)	290,04 (<0,001)	-1.211,9 (<0,01)	0,64	57,97	13,04	17	12,8 (<0,01)
12	0,00 (<0,01)	-0,05 (<0,01)	0,39 (<0,001)	0,00 (<0,01)	0,61	60,39	13,58	17	11,4 (<0,01)
13	-250,44 (<0,1)	22,30 (>0,1)	2,37 (<0,11)	-544,32 (<0,01)	0,69	53,98	12,14	17	15,7 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β: coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

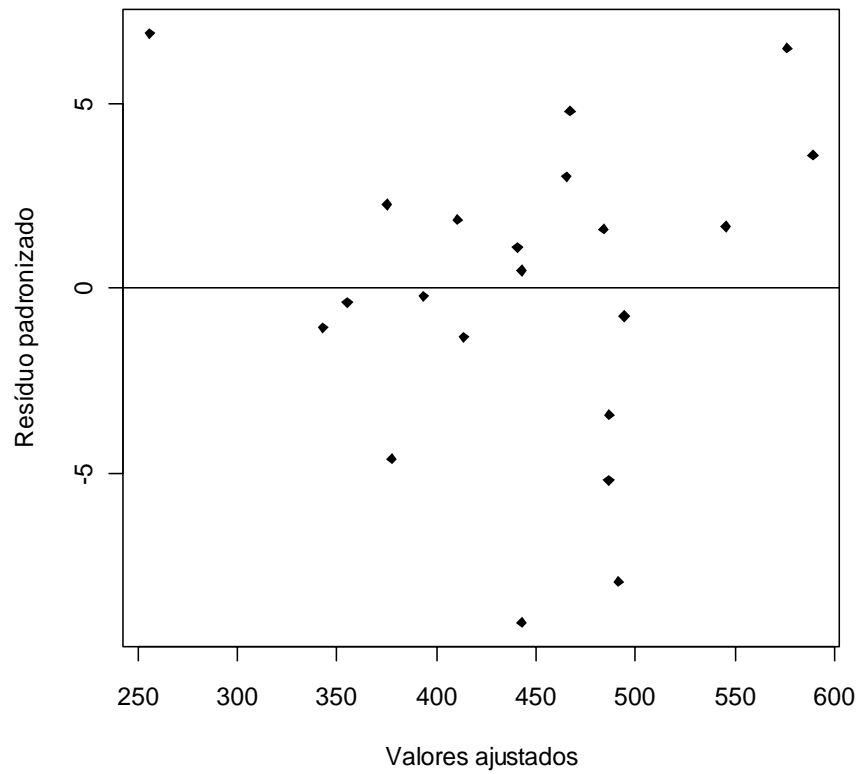


Figura 11B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de massa seca de *Eucalyptus* (modelo 10), aos oito meses de idade.

Tabela 12B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos oito meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3					
1	44,06 (>0,1)	5,93 (<0,1)	-	-	0,10	41,39	20,22	19	3,1 (<0,1)
2	41,16 (>0,1)	97,44 (<0,01)	-	-	0,33	35,68	17,43	19	10,8 (<0,01)
3	-76,35 (>0,1)	4,74 (<0,11)	90,88 (<0,01)	-	0,39	34,00	16,61	18	7,4 (<0,01)
4	110,68 (<0,01)	0,08 (<0,01)	-	-	0,35	35,17	17,18	19	11,7 (<0,01)
5	-258,84 (>0,1)	46,56 (>0,1)	14,16 (<0,01)	-	0,42	33,18	16,21	18	8,2 (<0,01)
6	279,75 (>0,1)	-23,49 (>0,1)	0,21 (<0,01)	-	0,40	33,70	16,46	18	7,7 (<0,01)
7	156,91 (<0,1)	-40,41 (>0,1)	4,20 (<0,1)	-	0,42	33,26	16,25	18	8,1 (<0,01)
8	123,04 (<0,001)	-11,01 (>0,1)	-19,52 (>0,1)	1,83 (<0,05)	0,41	33,43	16,33	17	5,6 (<0,01)
9	167,07 (>0,1)	5,07 (>0,1)	-224,93 (>0,1)	-	0,10	41,36	20,21	18	2,1 (<0,1)
11	184,84 (<0,1)	2,10 (>0,1)	127,88 (<0,001)	-567,17 (<0,01)	0,64	26,12	12,76	17	12,9 (<0,01)
12	1.626,06 (<0,01)	-208,34 (<0,01)	0,17 (<0,001)	-598,73 (<0,01)	0,62	26,76	13,07	17	12,0 (<0,01)
13	-113,56 (<0,1)	7,09 (>0,1)	1,15 (<0,1)	-254,28 (<0,01)	0,69	24,25	11,85	17	15,8 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

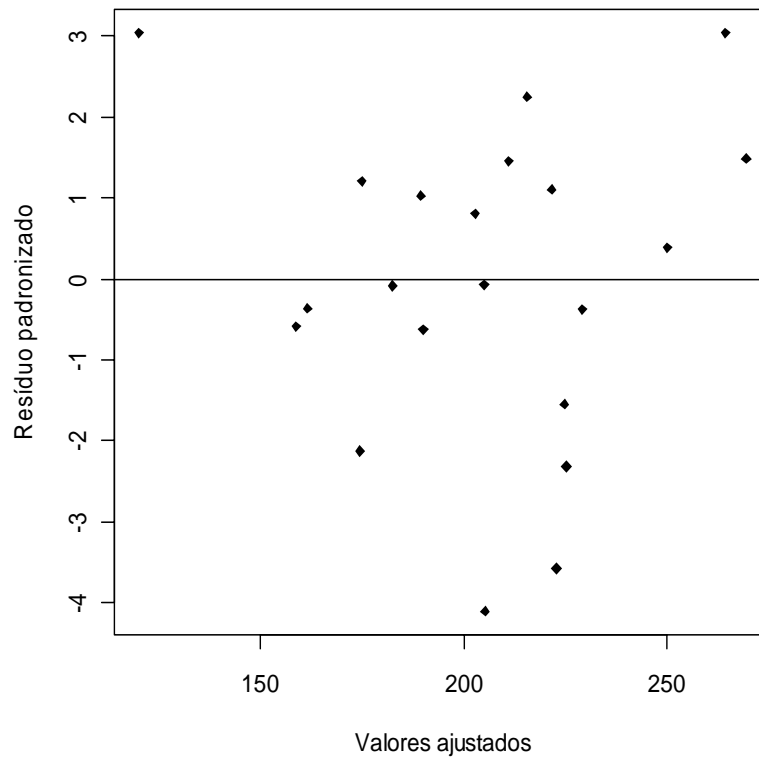


Figura 12B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de carbono total de *Eucalyptus* (modelo 10), aos oito meses de idade.

Tabela 13B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos oito meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β ₀	β ₁	β ₂	β ₃					
1	243,34 (<0,001)	-1,57 (>0,1)	-	-	0	18,90	9,42	19	1,1 (>0,1)
2	161,38 (<0,001)	23,43 (<0,15)	-	-	0,06	18,31	9,12	19	2,4 (<0,15)
3	208,79 (<0,001)	-1,91 (<0,21)	26,07 (<0,11)	-	0,10	17,98	8,96	18	2,1 (<0,16)
4	0,02 (<0,001)	0,00 (>0,1)	-	-	0,00	19,42	9,68	19	0,0 (>0,1)
5	391,29 (<0,01)	-35,63 (<0,11)	3,99 (<0,1)	-	0,11	17,86	8,90	18	2,2 (<0,14)
6	550,14 (<0,01)	-56,57 (<0,1)	0,06 (<0,1)	-	0,11	17,82	8,88	18	2,3 (<0,14)
7	113,48 (<0,05)	80,47 (<0,1)	-1,74 (<0,15)	-	0,13	17,70	8,82	18	2,4 (<0,12)
8	180,20 (<0,001)	-147,70 (>0,1)	44,06 (<0,1)	-0,41 (>0,1)	0,12	17,77	8,85	17	1,9 (<0,12)
9	3,83 (>0,1)	0,10 (>0,1)	437,91 (<0,001)	-	0,98	2,80	1,39	18	449,7 (<0,01)
10	8,80 (>0,1)	-2,57 (>0,1)	442,32 (<0,001)	-	0,98	2,73	1,36	18	473,5 (<0,01)
11	3,41 (>0,1)	0,17 (>0,1)	445,98 (<0,001)	-3,02 (>0,1)	0,98	2,77	1,38	17	306,9 (<0,01)
12	-47,67 (>0,1)	8,40 (>0,1)	0,00 (>0,1)	447,70 (<0,001)	0,98	2,75	1,37	17	309,2 (<0,01)
13	365,65 (<0,001)	-0,19 (>0,1)	-0,01 (>0,1)	200,22 (<0,001)	0,97	3,09	1,54	17	244,7 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β: coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

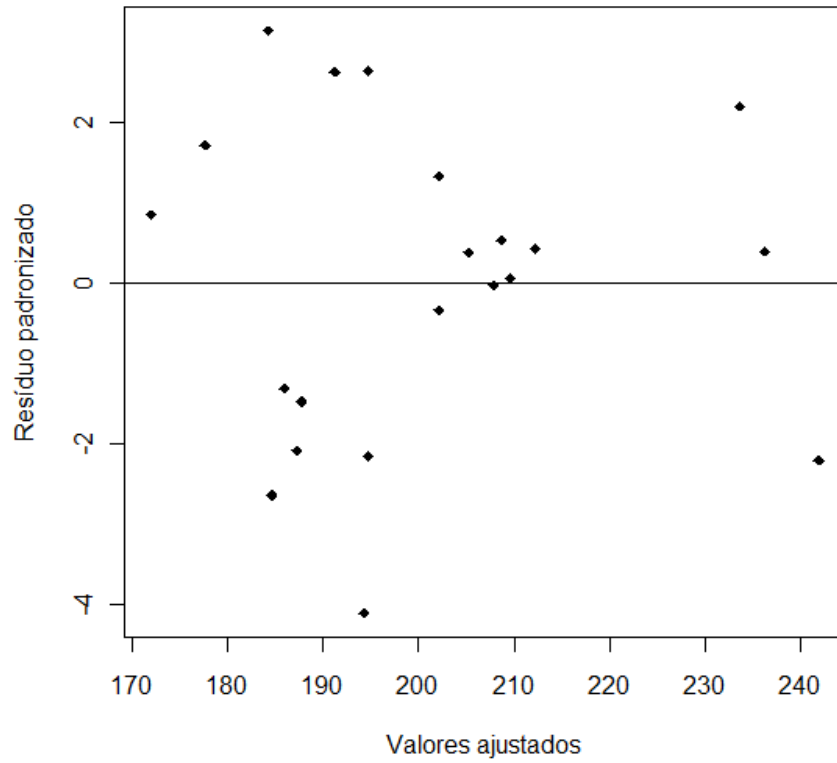


Figura 13B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de carbono por volume para *Eucalyptus* (modelo 14), aos oito meses de idade.

Tabela 14B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de massa seca das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos 12 meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3					
1	-1.116,8 (<0,05)	60,53 (<0,001)	-	-	0,46	151,60	17,40	18	17,0 (<0,01)
2	429,20 (<0,11)	209,90 (<0,1)	-	-	0,10	194,90	22,37	18	3,2 (<0,1)
3	-1.447,1 (<0,01)	58,62 (<0,001)	186,54 (<0,05)	-	0,56	136,90	15,71	17	13,0 (<0,01)
4	167,79 (<0,26)	0,31 (<0,001)	-	-	0,57	135,70	15,57	18	25,7 (<0,01)
5	-5.507,9 (<0,01)	855,83 (<0,01)	27,66 (<0,05)	-	0,54	139,50	16,00	17	12,2 (<0,01)
6	-3.175,8 (<0,1)	525,75 (<0,1)	0,48 (<0,05)	-	0,59	132,00	15,14	17	14,6 (<0,01)
7	911,61 (<0,001)	-796,26 (<0,01)	34,06 (<0,001)	-	0,60	130,40	14,97	17	15,2 (<0,01)
8	780,58 (<0,05)	-792,28 (>0,1)	-362,04 (<0,001)	15,47 (<0,001)	0,69	115,20	13,22	16	14,9 (<0,01)
10	288,10 (>0,1)	175,90 (>0,1)	465,70 (>0,1)	-	0,06	199,80	22,93	17	1,6 (<0,24)
11	-2.663,5 (<0,001)	73,68 (<0,001)	3,62 (>0,1)	2.425,01 (<0,01)	0,71	110,90	12,73	16	16,5 (<0,01)
12	-0,01 (<0,01)	0,10 (<0,01)	0,07 (>0,1)	0,00 (<0,05)	0,70	112,80	12,95	16	15,7 (<0,01)
13	1.607,50 (<0,001)	-506,88 (<0,001)	16,29 (<0,001)	1.097,45 (<0,001)	0,85	80,89	9,28	16	35,7 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

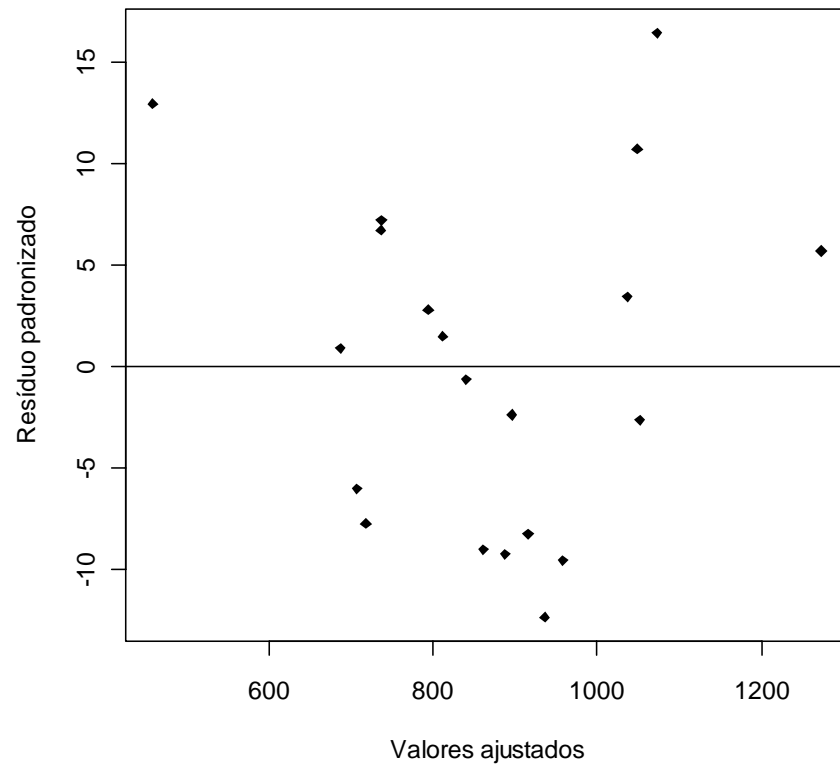


Figura 14B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de massa seca de *Eucalyptus* (modelo 9), aos 12 meses de idade.

Tabela 15B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono total das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos 12 meses de idade.

Nº	Coeficientes				R ²	S _{xy} (g)	S _{xy} (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3					
1	-516,51 (<0,05)	27,71 (<0,001)	-	-	0,48	66,99	17,02	18	18,3 (<0,01)
2	200,00 (<0,11)	91,87 (<0,1)	-	-	0,09	88,05	22,37	18	3,0 (<0,11)
3	-660,22 (<0,01)	26,88 (<0,001)	81,17 (<0,05)	-	0,57	60,76	15,44	17	13,5 (<0,01)
4	76,97 (<0,25)	0,14 (<0,001)	-	-	0,57	60,94	15,48	18	25,8 (<0,01)
5	-2.532,2 (<0,01)	393,86 (<0,001)	12,04 (<0,05)	-	0,55	61,96	15,74	17	12,7 (<0,01)
6	0,00 (<0,1)	0,02 (<0,05)	0,21 (<0,05)	-	0,60	58,58	14,88	17	15,2 (<0,01)
7	421,36 (<0,001)	-369,78 (<0,01)	15,63 (<0,001)	-	0,61	57,62	14,64	17	16,0 (<0,01)
8	351,37 (<0,01)	-342,25 (>0,1)	-167,30 (<0,001)	7,04 (<0,001)	0,70	50,70	12,88	16	15,8 (<0,01)
10	153,52 (>0,1)	80,67 (>0,1)	153,51 (>0,1)	-	0,05	90,41	22,97	17	1,5 (<0,27)
11	-1.181,9 (<0,001)	33,33 (<0,001)	2,72 (>0,1)	1.039,9 (<0,01)	0,71	50,22	12,76	16	16,2 (<0,01)
12	0,00 (<0,01)	0,04 (<0,01)	0,03 (>0,1)	0,09 (<0,05)	0,70	51,04	12,97	16	15,5 (<0,01)
13	705,42 (<0,001)	-229,54 (<0,001)	7,38 (<0,001)	470,69 (<0,01)	0,84	36,51	9,28	16	35,4 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R²: Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}: Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

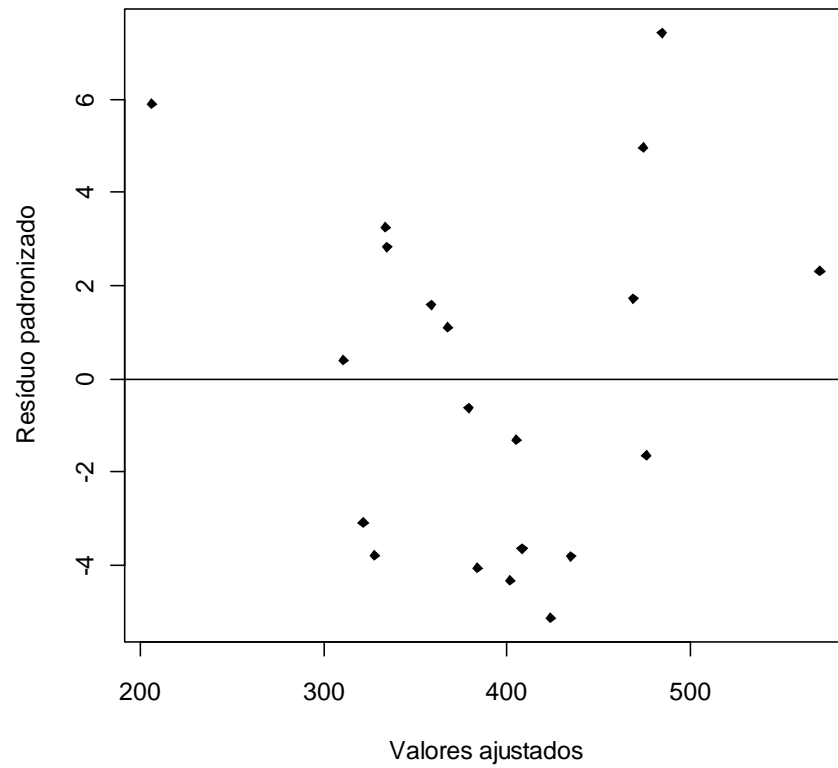


Figura15B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de carbono total de *Eucalyptus* (modelo 9), aos 12 meses de idade.

Tabela 16B Parâmetros e estatísticas dos modelos ajustados para estimativa de carbono por volume das plantas dos diferentes materiais genéticos, aos 12 meses de idade.

Nº	Coeficientes						R ²	Sxy (g)	Sxy (%)	GL erro	Fc
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5					
1	273,83 (<0,001)	-2,12 (<0,32)	-	-	-	-	0	21,27	10,41	18	1,1 (<0,32)
2	131,95 (<0,001)	34,32 (<0,01)	-	-	-	-	0,34	17,30	8,47	18	10,8 (<0,01)
3	211,32 (<0,01)	-2,48 (<0,15)	35,31 (<0,01)	-	-	-	0,39	16,69	8,17	17	7,0 (<0,01)
4	0,02 (<0,001)	0,01 (<0,17)	-	-	-	-	0,05	20,74	10,15	18	2,1 (<0,17)
5	489,30 (<0,05)	-51,70 (<0,1)	5,15 (<0,01)	-	-	-	0,39	16,57	8,11	17	7,2 (<0,01)
6	859,53 (<0,001)	-102,63 (<0,01)	0,08 (<0,01)	-	-	-	0,40	16,51	8,08	17	7,3 (<0,01)
7	112,92 (<0,001)	74,02 (<0,05)	-1,34 (<0,16)	-	-	-	0,38	16,76	8,20	17	6,9 (<0,01)
8	190,78 (<0,001)	-81,85 (>0,1)	23,34 (>0,1)	-0,22 (>0,1)	-	-	0,34	17,27	8,46	16	4,3 (<0,03)
9	-24,75 (<0,1)	0,44 (<0,14)	470,08 (<0,001)	-	-	-	0,98	2,74	1,34	17	567,4 (<0,01)
10	-7,24 (>0,1)	0,79 (>0,1)	459,63 (<0,001)	-	-	-	0,98	2,92	1,43	17	496,8 (<0,01)

...continua...

Tabela 16B, continua

11	-25,23 (<0,1)	0,45 (<0,16)	471,58 (<0,001)	-0,26 (>0,1)	-	-	0,98	2,82	1,38	16	356,3 (<0,01)
12	-0,55 (>0,1)	6,35 (>0,1)	0,00 (>0,1)	0,05 (<0,001)	-	-	0,98	2,82	1,38	16	355,4 (<0,01)
13	377,45 (<0,001)	-2,17 (>0,1)	0,08 (>0,1)	221,72 (<0,001)	-	-	0,98	2,92	1,43	16	331,4 (<0,01)
14	-7,40 (>0,1)	463,63 (<0,001)	-	-	-	-	0,98	2,85	1,39	18	1044,0 (<0,01)

Nº: número do modelo proposto; β : coeficientes ajustados (níveis de significância pelo teste t entre parênteses); R^2 : Coeficiente de determinação ajustado; S_{xy} : Erro padrão da estimativa, em gramas (g) e em porcentagem (%); Fc: Valor de F calculado.

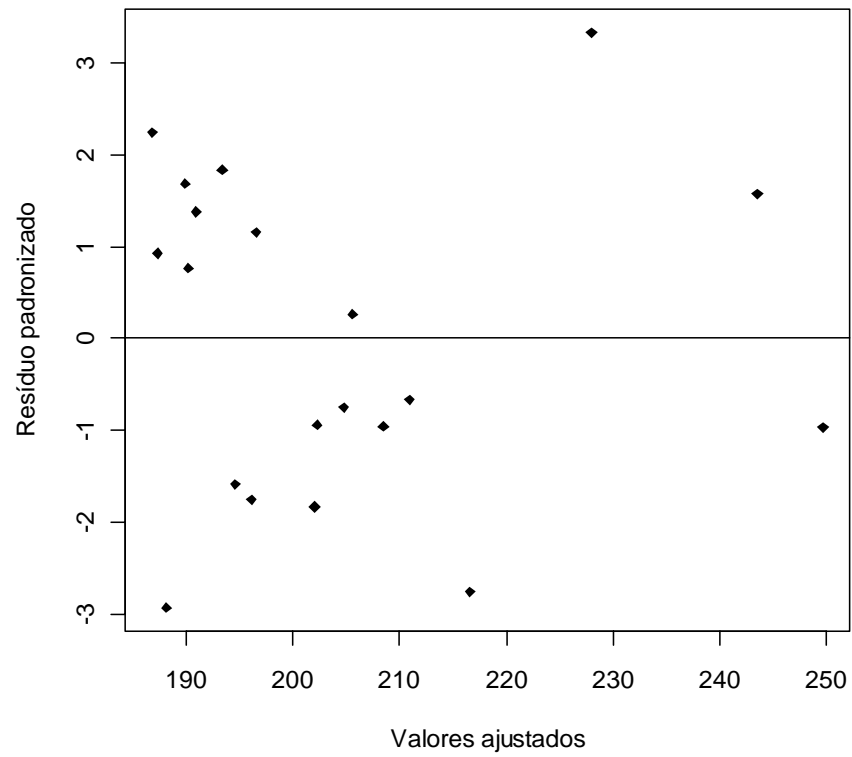


Figura16B Distribuição gráfica dos resíduos padronizados da equação selecionada para estimativa de carbono por volume para *Eucalyptus* (modelo 15), aos 12 meses de idade.