

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TATIANE DE OLIVEIRA HECK



ESTRATIFICAÇÃO DA BASE DE DADOS PARA MODELAGEM
VOLUMÉTRICA APLICADA AO INVENTÁRIO FLORESTAL CONTÍNUO DE
Eucalyptus spp.

CURITIBA

2016

TATIANE DE OLIVEIRA HECK

ESTRATIFICAÇÃO DA BASE DE DADOS PARA MODELAGEM
VOLUMÉTRICA APLICADA AO INVENTÁRIO FLORESTAL CONTÍNUO DE
Eucalyptus spp.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Manejo Florestal de Precisão, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador (a): Prof. Dr. Ana Paula Dalla Corte

CURITIBA

2016

AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho, primeiramente à Deus, sempre fiel e constante em minha vida.

Aos meus pais e irmãos pelo amor incondicional, apoio e torcida pelo sucesso.

A minha princesa Júlia Beathriz que está sempre comigo na jornada do dia-a-dia.

Aos professores do Curso de Especialização em Manejo Florestal de Precisão da Universidade Federal do Paraná, em especial à minha orientadora Prof. Dra. Ana Paula Dalla Corte.

À Isabel Carolina de Lima Guedes pelo apoio, incentivo e contribuição valiosa para o meu aprendizado.

À equipe do Grupo Plantar, em especial à Izabel Cristina Figueiredo, Rogério de Araújo Chaves, Eugênio Chaves e Sarah Regina dos Santos.

Aos grandes profissionais e mestres que tive o prazer de conhecer ao longo da vida proporcionando oportunidades de aprendizagem e crescimento profissional e pessoal.

Aos amigos e familiares que direta ou indiretamente me ajudaram de alguma forma para mais uma conquista acadêmica.

Gratidão! É o que sinto do fundo do coração.

“A persistência é o caminho do êxito”.

Charles Chaplin

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi testar e avaliar resultados do método de estratificação para processamento de inventário florestal contínuo, utilizado atualmente pela empresa, chamado de Método 1, com outros modelos muito usados pelas empresas florestais. Foram testados, complementarmente, 4 métodos de estratificação usados atualmente em empresas florestais. O *software* utilizado para ajustes e processamento dos dados de inventário foi o SPP Eucalyptus da Inflor Consultoria e Sistemas Ltda. Para as análises estatísticas foi o usado o *software* estatístico R. A base de dados utilizada foi disponibilizada pela empresa Plantar S/A Reflorestamentos, com informações das regiões de Curvelo, Felixlândia e Morada Nova de Minas, localizados no estado de Minas Gerais. O Método 2 testou a junção dos semestres de plantio, o Método 3 desconsiderou o semestre de plantio e incluiu a variável material genético, o Método 4 agrupou os projetos do mesmo município considerando por material genético e o Método 5 agrupou todos os sítios considerando por material genético. O Método 2 apresentou resultados satisfatórios para substituir o método atual utilizado. Os Métodos 3, 4 e 5 mostraram que a variável Material Genético exerce uma influência importante nas combinações de estratificação. Concluiu-se que é possível aprimorar a estratificação atual de processamento, adotando outras combinações de variáveis disponíveis no banco de dados, e assim, garantir a qualidade das estimativas. Sugere-se, ainda, que sejam testados os desempenhos de métodos que adotem técnicas de inteligência artificial para que os mesmos possam ser comparados com os obtidos por esse trabalho.

Palavras chave: estratificação, inventário florestal contínuo, processamento

ABSTRACT

The objective of this work was to test and measure the results of the stratification method for continuous forest inventory processing, currently used by the company, called Method 1, with other models widely used by forestry companies. Four stratification methods currently used in forestry companies were tested. The *software* used to adjust and process the inventory data was the SPP Eucalyptus of Inflor Consultoria e Sistemas Ltda. The statistical *software* R was used for the statistical analysis. The database used was made available by the company Plantar S / A Reflorestamentos, with information from the regions of Curvelo, Felixlândia and Morada Nova de Minas, located in the state of Minas Gerais. The Method 2 tested the combination of the planting semesters, Method 3 disregarded the planting semester and included the variable genetic material, Method 4 grouped the projects of the same municipality considering genetic material and Method 5 grouped all the sites and considered material genetic. The Method 2 showed satisfactory results to replace the current method used. Methods 3, 4 and 5 showed that the genetic material variable exerts an important

influence on the stratification combinations. It was concluded that it is possible to improve the current processing stratification, adopting other combinations of variables available in the database, and thus guarantee the quality of the estimates. It is also suggested that the performance of methods that adopt artificial intelligence techniques be tested so that they can be compared with those obtained by this work.

Keywords: stratification, continuous forest inventory, processing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta do método 2	30
Figura 2 – Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados do método 2	31
Figura 3 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta, material genético B, método 3	32
Figura 4 - Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados do material genético B, método 3	33
Figura 5 - Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta, material genético A, método 3	34
Figura 6 - Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados do material genético A, método 3	35
Figura 7 - Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta, material genético C, método 3	36
Figura 8 - Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados do material genético C, método 3	37
Figura 9 - Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta, material genético A, método 4	38
Figura 10 - Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados do material genético A, método 4	39
Figura 11 - Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta, material genético B, método 4	40
Figura 12 - Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados do material genético B, método 4	41
Figura 13 - Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta, material genético B, método 5	42
Figura 14 - Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados do material genético B, método 5	43
Figura 15 - Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta, material genético A, método 5	44
Figura 16 - Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados do material genético A, método 5	45
Figura 17 - Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta, material genético C, método 5	46

Figura 18 - Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados do material genético C, método 5 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teste-t, Método 2	18
Tabela 2 – Teste-t, Método 3, Material Genético A.....	19
Tabela 3 – Teste-t, Método 3, Material Genético B.....	20
Tabela 4 – Teste-t, Método 3, Material Genético C	21
Tabela 5 – Teste-t, Método 4, Material Genético A	22
Tabela 6 – Teste-t, Método 4, Material Genético B	23
Tabela 7 – Teste-t, Método 5, Material Genético A	24
Tabela 8 – Teste-t, Método 5, Material Genético B	25
Tabela 9 – Teste-t, Método 5, Material Genético C	26
Tabela 10 – Parâmetros e estatísticas de ajustes, método 2	48
Tabela 11 - Parâmetros e estatísticas de ajustes, método 3, material genético B	48
Tabela 12 - Parâmetros e estatísticas de ajustes, método 3, material genético A	49
Tabela 13 - Parâmetros e estatísticas de ajustes, método 3, material genético C	49
Tabela 14 - Parâmetros e estatísticas de ajustes, método 4, material genético A	50
Tabela 15 - Parâmetros e estatísticas de ajustes, método 4, material genético B	50
Tabela 16 - Parâmetros e estatísticas de ajustes, método 5, material genético B	51
Tabela 17 - Parâmetros e estatísticas de ajustes, método 5, material genético A	51
Tabela 18 - Parâmetros e estatísticas de ajustes, método 5, material genético C	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	11
1.2 Justificativa	12
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 Caracterização Da Área De Estudo	13
2.2 Características do Inventário Florestal Contínuo (IFC) da empresa	13
2.2 Descrição dos tratamentos testados	14
2.3 Modelo Volumétrico Utilizado	16
2.4 Comparação dos métodos	16
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
3.1 Método de estratificação 2.....	18
3.2 Método de estratificação 3.....	19
3.2.1 Material Genético A.....	19
3.2.2 Material Genético B	20
3.2.3 Material Genético C	21
3.3 Método de estratificação 4.....	22
3.3.1 Material Genético A.....	22
3.3.2 Material Genético B	23
3.2.3 Método de Estratificação 5	24
3.4.1 Material Genético A	24
3.4.2 Material Genético B	25
3.4.3 Material Genético C	26
4 CONCLUSÕES	27
5 RECOMENDAÇÃO	28
6 REFERÊNCIAS	29
7 APÊNDICES	30

1 INTRODUÇÃO

O aumento de demanda por produtos florestais, com menor custo e pro meio de práticas sustentáveis, requer do produtor maior eficiência no gerenciamento dos fatores de produção. O gerenciamento eficiente desses fatores pode ser entendido como Manejo Florestal.

O Manejo Florestal se refere ao gerenciamento e execução de operações florestais específicas para os diferentes locais da floresta de modo a aumentar a qualidade e o uso dos produtos florestais e incrementar o lucro e o valor econômico da floresta. Uma das tarefas do manejador é predizer quando e qual será a quantidade de madeira e outros produtos florestais a serem ofertados. A predição confiável do crescimento e produção na floresta é crucial para o manejo florestal.

Uma consequência dos investimentos no setor florestal tem sido o aprimoramento de técnicas de inventário e manejo, tornando-se comum e mais assertivo a apuração de volume de um povoamento através do uso de equações volumétricas cujos parâmetros foram estimados por análise de regressão.

Segundo Gomes e Garcia (1993), as equações para determinação de volume de essências florestais são de uso geral e indispensável no Manejo Florestal. Em muitas situações estas equações são específicas para determinada espécie, idade, região, projeto/fazenda, dentre outros.

O Inventário Florestal quantifica e qualifica as florestas que estão sendo avaliadas. É base para decisões estratégicas da organização que atendam as expectativas dos acionistas e da sociedade. Sendo assim, a qualidade da decisão está diretamente relacionada à precisão das estimativas de inventário atualizada (SCOLFORO, 2006).

A estimativa de volume em um inventário florestal, é uma das principais finalidades desse levantamento, principalmente quando o fim é comercial (SANQUETTA et al., 2014).

Na Ciência Florestal têm-se vários tipos de inventário sendo: Inventário em uma única ocasião, Inventário em ocasiões sucessivas, Inventário Pré-corte (IPC), Inventário para Prognose, Inventário em populações sujeitas a desbastes, Inventário para regeneração natural, Inventário Qualitativo e Enumeração completa (Censo) (SCOLFORO, 2006).

O presente estudo concentrou-se no tipo de inventário em ocasiões sucessivas, mais especificamente naquele que faz uso de parcelas permanentes conhecido como Inventário Florestal Contínuo (IFC).

O monitoramento do crescimento dos povoamentos por meio de parcelas permanentes, inventário florestal contínuo, assume uma grande importância, uma vez que são as parcelas permanentes que fornecem a base para construção

de modelos que representarão o crescimento das florestas e permitem a predição das produtividades ao longo do tempo (ASSIS, 2005).

Enfim, toda tomada de decisão relacionada à longo prazo, se baseia direta ou indiretamente nos números gerados a partir das parcelas permanentes. Por isso é fundamental que essas parcelas representem da melhor maneira possível, todos os diferentes comportamentos do povoamento.

Em uma floresta, quer seja nativa ou plantada, observa-se que existe uma variação muito grande das formas de fustes das árvores. É a razão fundamental da variação do volume, variando de acordo com a espécie, idade, condições de sítio, intervenções silviculturais aplicadas como desbaste, poda, dentre outros (SCHNEIDER, 1993).

Diante de inúmeras variações, há uma certa dificuldade em determinar qual a melhor estratificação para processamento de inventário contínuo, buscando equalizar precisão e custo nas operações de levantamento de dados.

A determinação do volume da floresta é uma atividade onerosa para as empresas. Quanto maior a estratificação utilizada, maior será a quantidade de cubagem rigorosa para determinação de ajustes volumétricos. Considerando que os custos na obtenção de dados através de cubagem rigorosa para construir ajustes muito específicos são elevados e quando se tem um banco de dados com essas informações específicas, pode-se testar e utilizar esses dados para processamento de áreas com características afins.

Este trabalho pretende testar o método de estratificação utilizado atualmente pela empresa, Plantar, para o ajuste de equações volumétricas. Pretende-se verificar a necessidade de uma estratificação mais específica em relação ao método atual. Pretende, também, testar outros métodos de estratificação a fim de garantir estimativas mais precisas nas ações da empresa, quando comparadas as técnicas tradicionalmente aplicadas de ajuste único.

1.1 OBJETIVOS

- OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho foi testar o desempenho do método de estratificação para processamento de inventário florestal contínuo, utilizado atualmente pela empresa e, comparar o mesmo com propostas de estratificação de outros 4 modelos muito usados pelas empresas florestais.

- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Testar o desempenho da estratificação adotada usualmente pela empresa Plantar, sendo ela a combinação das variáveis: Unise (Unidade de Serviço, separada por município); Projeto, Manejo aplicado, Ano de Plantio e Semestre de Plantio (método atual usado na empresa);

Testar o desempenho da estratificação considerando a combinação das variáveis: Unise, Projeto, Manejo aplicado e Ano de Plantio;

Testar o desempenho da estratificação considerando a combinação das variáveis: Unise, Projeto, Manejo aplicado, Ano de Plantio e Material Genético;

Testar o desempenho da estratificação com todos os projetos em uma única Unise, sendo: Unise, Manejo aplicado, Ano de Plantio e Material Genético;

Testar o desempenho da estratificação formado com todas as Unises e projetos, Manejo aplicado, Ano de plantio e Material Genético.

1.2 JUSTIFICATIVA

Sabe-se que existe várias influências sobre a forma do eucalipto explicitadas exaustivamente na literatura, como por exemplo sítio, idade, manejo, material genético, espaçamento, dentre outras. O ideal seria estratificar e considerar todos os efeitos possíveis e conhecidos para gerar ajustes volumétricos de estimativas mais precisas e que representam mais realismo biológico. Contudo, o desafio das organizações tem sido desenvolver métodos precisos e de baixo custo, garantindo a qualidade nas estimativas e a sobrevivência no mercado competitivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O trabalho considerou dados de levantamento de inventário florestal contínuo de povoamentos clonais de *Eucalyptus* spp. situados na empresa Zanini Florestal, pertencente ao Grupo Plantar, localizadas na região de Felixlândia no estado de Minas Gerais.

Considerou ainda dados de levantamento de cubagem rigorosa de povoamentos clonais de *Eucalyptus* spp. situados nas empresas Plantar Empreendimentos e Zanini Florestal, ambas pertencentes ao Grupo Plantar, localizadas, respectivamente, nas regiões de Curvelo, Felixlândia e Morada Nova de Minas.

Os solos predominantes nas regiões citadas são o Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, tipo A fraco/moderado, textura argilosa, ambos fase cerrado, relevo plano e suave ondulado (MAPA...,2010).

Conforme a classificação de Köppen, o clima predominante nas regiões citadas caracteriza-se por ser úmido mesotérmico, do tipo Aw. A vegetação natural predominante é constituída por Cerrado Tropical Subcaducifólio. Para a região de Felixlândia, a precipitação média anual é de 1.235 mm, com temperatura máxima anual de 25,3 °C e mínima de 15,5 °C. Para a região de Curvelo, a precipitação média anual é de 1.300 mm, com temperatura média anual de 22 °C. Para a região de Morada Nova de Minas, a precipitação média anual é de 1.222 mm, com temperaturas médias mensais variando entre 20,9 e 25,1 °C (ANTUNES, 1986).

2.2 Características do Inventário Florestal Contínuo (IFC) da empresa

O levantamento dos dados do inventário contínuo, do estrato selecionado e acima descrito, considerou parcelas de formato retangular, de área variável e número fixo de 60 covas. As parcelas são lançadas de forma aleatória, via sistema/escritório, buscando representar todo o talhão. Em todas as parcelas foram medidos a circunferência a 1,30 m do solo (CAP) de todos os fustes utilizando fita métrica; a medição de altura foi realizada com a seguinte regra: mediu-se as 10 primeiras árvores com fustes normais (sem defeito) e a altura das árvores dominantes, caso não estivessem entre as dez alturas já mensuradas, conforme o conceito de Assmann (1970), isto é, as alturas das 100 árvores mais grossas por hectare. A relação hipsométrica foi realizada por parcela, utilizando o modelo de Curtis.

2.3 Descrição dos tratamentos testados

Para os ajustes de equações volumétricas foram utilizados dados de cubagem rigorosa do banco de dados dos últimos 10 anos das florestas de eucalipto de três regiões sendo do município de Curvelo, Felixlândia e Morada Nova de Minas. Os dados para os ajustes de equações volumétricas foram selecionados de acordo com a proposta de cada método de estratificação do presente estudo. Os métodos de estratificação testados pelo trabalho foram:

Método 1 – Tradicional aplicado pela empresa – Combinação das variáveis: Unise (Unidade de Serviço, separado por município), Projeto, Manejo aplicado, Ano de Plantio e Semestre de Plantio (método atual usado na empresa, citado anteriormente);

Método 2 – Considerando a combinação das variáveis: Unise, Projeto, Manejo aplicado e Ano de Plantio;

Método 3 – Considerando a combinação das variáveis: Unise, Projeto, Manejo aplicado, Ano de Plantio e Material Genético;

Método 4 – Com todos os projetos em uma única Unise, sendo: Unise, Manejo aplicado, Ano de Plantio e Material Genético;

Método 5 – Formado com todas as Unises e projetos, Manejo aplicado, Ano de Plantio e Material Genético.

Atualmente a separação de estratos de processamento da empresa utiliza a seguinte regra: Unise + Projeto + Manejo + Ano de Plantio + Semestre de Plantio. No presente trabalho, essa estratificação está sendo referenciada como Método 1.

Para o método 2 (Unise + Projeto + Manejo + Ano de Plantio) de estratificação proposto, foi realizado a junção dos semestres de plantio, mantendo a mesma Unise, Projeto e Manejo, do estrato de processamento do Método 1. Dessa forma, o método 2 propõe o seguinte estrato: **Unise1-ProjetoJacaré-ManejoReforma-Ano2003**. Nesse caso, foram ajustadas novas equações volumétricas para cada idade selecionada, sendo 3,6; 4,7; 5,9; 6,8; 7,8 anos.

Para o método 3 (Unise + Projeto + Manejo + Ano de Plantio + Material Genético) de estratificação proposto, foi desconsiderado o semestre de plantio e incluído o item Material Genético. Para esse caso foram escolhidos 3 materiais genéticos distintos. A escolha dos materiais genéticos foi baseada na produtividade dos materiais que compõe o estrato selecionado. O estrato selecionado possui 9 tipos de materiais genéticos. Foi escolhido um de menor, um de média e um terceiro de alta produtividade. Os materiais genéticos selecionados estão descritos no trabalho da seguinte forma: A (menor produtividade), B (média produtividade) e C (alta produtividade). Dessa forma, o método 3 propõe os seguintes estratos:

Unise1-ProjetoJacaré-ManejoReforma-Ano2003-MaterialGenéticoA

Unise1-ProjetoJacaré-ManejoReforma-Ano2003-MaterialGenéticoB

Unise1-ProjetoJacaré-ManejoReforma-Ano2003-MaterialGenéticoC

Para esse método também foram ajustadas equações volumétricas somente para as idades selecionadas 4,7; 5,9; 6,8; 7,8 anos e para cada material genético selecionado, totalizando em 12 ajustes.

Para o método 4 (Unise + Manejo + Ano de plantio + Material Genético) de estratificação proposto, foram agrupados todos os projetos da mesma Unise (nesse caso a da região de Felixlândia), sendo separado ainda por manejo, ano de plantio (semestre 1 e 2 juntos), e material genético. Para esse caso, foram selecionados 2 materiais genéticos que pertencem ao estrato original da empresa. Os materiais genéticos selecionados foram: B-média produtividade e A-menor produtividade. As faixas de média e baixa produtividade consideradas para os materiais genéticos é em relação aos materiais que pertencem o estrato original da empresa. O material genético C-alta produtividade, não possui dados de cubagem de outros projetos da Unise para ser testado. Possui somente do Projeto Jacaré (projeto do estrato original da empresa), dessa forma o processamento teste ficaria igual ao processamento tradicional. Com isso, o método 4 propõe os seguintes estratos:

Unise1-ManejoReforma-Ano2003-MaterialGenéticoA

Unise1-ManejoReforma-Ano2003-MaterialGenéticoB

Para esse método também foram ajustadas equações volumétricas para cada idade selecionada sendo 3,6; 4,7; 5,9; 6,8; 7,8 anos e para cada material genético selecionado, totalizando em 10 ajustes.

Para o método 5 (Manejo + Ano de plantio + Material Genético) de estratificação proposto, foram agrupados todas as Unises (consideradas três nesse trabalho, região de Curvelo, Felixlândia e Morada Nova), e ainda manteve a separação por manejo, ano de plantio (semestre 1 e 2 juntos), e material genético. Os materiais genéticos selecionados foram: A-menor produtividade, B-média produtividade e C-alta produtividade. As faixas de baixa, média e alta produtividade consideradas para os materiais genéticos é em relação aos materiais que pertencem o estrato original da empresa. Dessa forma, o método 5 propõe os seguintes estratos:

ManejoReforma-Ano2003-MaterialGenéticoB

ManejoReforma-Ano2003-MaterialGenéticoA

ManejoReforma-Ano2003-MaterialGenéticoC

Para esse método também foram ajustadas equações volumétricas para cada idade selecionada sendo 3,6; 4,7; 5,9; 6,8; 7,8 anos e para cada material genético selecionado, totalizando em 15 ajustes.

Após as combinações terem sido testadas, realizou-se a aplicação das mesmas em uma parte dos dados da empresa, especificamente no estrato **Unise1-ProjetoJacaré-ManejoReforma-Ano 2003-Semestre2**, sendo as medições realizadas em 27/03/2007, 03/04/2008, 26/06/2009, 06/05/2010, 04/07/2011 com as respectivas idades de 3,6; 4,7; 5,9; 6,8; 7,8 anos. Esse estrato selecionado foi reprocessado com as equações de volume geradas pelos métodos de estratificação propostos por esse estudo com a finalidade comparativa. A variável analisada foi o volume total e com casca em $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$.

2.4 Modelo Volumétrico utilizado

Para os ajustes de equações volumétricas do presente estudo foi utilizado o modelo Schumacher & Hall Logarítmica, sendo especificado pela expressão: $\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(\text{DAP}) + \beta_2 * \ln(\text{HT}) + \epsilon$.

Os ajustes de equações e processamentos das medições foram realizados utilizando o software SPP Eucalyptus da Inflor Consultoria e Sistemas Ltda.

2.5 Comparação dos métodos

Um problema muito comum nas ciências é comparar tratamentos para determinar qual representa um resultado superior. Muitas vezes a média dos tratamentos pode estar muito próxima, dessa forma não é fácil definir se as diferenças são reais ou se são devido a um outro tipo de variação. A estratégia de análise estatística vai depender dos objetivos do pesquisador e das condições dos dados e informações existentes. O teste *t* de Student, ou somente teste *t*, é um teste de hipótese que usa conceitos estatísticos para rejeitar ou não uma hipótese nula. Esse teste averigua se a média da amostra é diferente de um valor de referência ou da média da população.

Dessa forma, o presente trabalho utilizou o método do teste *t* de Student para as análises estatísticas. As hipóteses testadas foram: H_0 : a média da amostra é igual à média da referência; H_1 : a média da amostra é diferente à média da referência. As análises estatísticas foram realizadas no software estatístico R.

2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos dados e gráficos, disponíveis no item Apêndice desse trabalho, para cada ajuste realizado, observa-se uma boa qualidade dos gráficos de dispersão dos valores preditos em relação à reta e alta magnitude dos coeficientes de determinação dos ajustes, sendo muito importante para processamentos fidedignos e consistentes proporcionando assim análises e conclusões assertivas e de alta credibilidade.

Os resultados, ou seja, as estimativas de volume $m^3.ha^{-1}$ de cada método de estratificação, propostos no trabalho, foram analisados em comparação com o Método 1, chamado de testemunha nas tabelas a seguir apresentadas. O Método 1 é o método utilizado na empresa atualmente, conforme detalhado anteriormente, sendo a combinação de variáveis: Unise, Projeto, Manejo aplicado, Ano de Plantio e Semestre de Plantio.

O Método 1 de estratificação possui uma boa combinação e detalhamento de variáveis, pois leva em consideração a região, o manejo aplicado, idade da floresta (em semestre de plantio). Esse método vem sendo usado na empresa há muito tempo e têm tido resultados favoráveis nas estimativas realizadas. Mas, em alguns momentos, essa estratificação resulta em estratos com áreas muito pequenas, chegando a ter somente um talhão.

Nos próximos tópicos serão apresentados os resultados obtidos para os métodos 2, 3, 4 e 5, de estratificação propostos.

Destaca-se que todos os gráficos de dispersão dos valores preditos em relação à reta, os gráficos de dispersão dos valores preditos e observados, e os parâmetros de cada ajuste de regressão, realizado neste trabalho, estão disponíveis nos Apêndices.

3.1 Método de estratificação 2

Tabela 1 – Teste-t, Método 2

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	3,6 anos		4,7 anos		5,9 anos		6,8 anos		7,8 anos	
	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 2</i>	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 2</i>	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 2</i>	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 2</i>	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 2</i>
Média (Volume m ³ .ha ⁻¹)	167,94	165,03	223,89	224,65	306,41	302,25	339,87	333,87	370,59	366,49
Variância	494,72	479,27	666,99	560,23	1159,12	1102,43	1076,90	965,74	1784,53	1680,78
Observações	74	74	74	74	74	74	74	74	54	54
Variância agrupada	486,99		613,61		1130,77		1021,32		1732,66	
gl	146		146		146		146		106	
Stat t	0,80		-0,19		0,75		1,14		0,51	
P(T<=t) uni-caudal	0,21		0,43		0,23		0,13		0,30	
t crítico uni-caudal	1,66		1,66		1,66		1,66		1,66	

Resultado: Teste de hipóteses

H₀ : $\mu_1 = \mu_2$ (médias iguais)

Stat t < t crítico para todas as idades, aceita H₀ ao nível de 5% de significância. Portanto, as médias do método 1 e do método 2 são iguais, estatisticamente, para todas as idades analisadas.

3.1 Método de Estratificação 3

3.2.1 Material Genético A

Tabela 2 – Teste-t, Método 3, Material Genético A

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	4,7 anos - CLONE A		5,9 anos - CLONE A		6,8 anos - CLONE A		7,8 anos - CLONE A	
	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 3</i>	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 3</i>	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 3</i>	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 3</i>
Média (Volume m ³ .ha ⁻¹)	199,23	188,48	273,10	281,31	329,08	323,72	351,53	359,48
Variância	1044,78	641,22	1663,64	2383,85	899,04	871,46	2310,20	2717,64
Observações	6	6	6	6	6	6	5	5
Variância agrupada	843,00		2023,75		885,25		2513,92	
gl	10		10		10		8	
Stat t	0,64		-0,32		0,31		-0,25	
P(T<=t) uni-caudal	0,27		0,38		0,38		0,40	
t crítico uni-caudal	1,81		1,81		1,81		1,86	

Resultado: Teste de hipóteses

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (médias iguais)

Stat t < t crítico para todas as idades, aceita H0 ao nível de 5% de significância. Portanto, as médias do método 1 e do método 3 são iguais, estatisticamente, para todas as idades analisadas do material genético A. Observou-se ainda que, mesmo que não tenha apresentado diferença estatística, as médias dos resultados estão um pouco distantes mostrando que há uma interferência da variável Material Genético sobre as estimativas, mas que essas não chegam ao ponto de serem estatisticamente significativas.

3.2.2 Material Genético B

Tabela 3 – Teste-t, Método 3, Material Genético B

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	4,7 anos - CLONE B		5,9 anos - CLONE B		6,8 anos - CLONE B		7,8 anos - CLONE B	
	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 3</i>	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 3</i>	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 3</i>	<i>MÉTODO 1</i>	<i>MÉTODO 3</i>
Média (Volume m ³ .ha ⁻¹)	225,44	231,59	296,93	302,42	334,59	342,37	370,10	385,49
Variância	339,04	315,73	302,43	304,01	601,12	570,04	919,38	1316,31
Observações	23	23	23	23	23	23	23	23
Variância agrupada	327,39		303,22		585,58		1117,84	
gl	44		44		44		44	
Stat t	-1,15		-1,07		-1,09		-1,56	
P(T<=t) uni-caudal	0,13		0,15		0,14		0,06	
t crítico uni-caudal	1,68		1,68		1,68		1,68	

Resultado: Teste de hipóteses

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (médias iguais)

Stat t < t crítico para todas as idades, aceita H0 ao nível de 5% de significância. Portanto, as médias do método 1 e do método 3 são iguais, estatisticamente, para todas as idades analisadas do material genético B. Observou-se ainda que, mesmo que não tenha apresentado diferença estatística, as médias dos resultados estão distantes mostrando que há uma interferência da variável Material Genético sobre as estimativas.

3.2.3 Material Genético C

Tabela 4 – Teste-t, Método 3, Material Genético C

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	4,7 anos - CLONE C		5,9 anos - CLONE C		6,8 anos - CLONE C		7,8 anos - CLONE C	
	MÉTODO 1	MÉTODO 3	MÉTODO 1	MÉTODO 3	MÉTODO 1	MÉTODO 3	MÉTODO 1	MÉTODO 3
Média (Volume m ³ .ha ⁻¹)	232,91	216,59	326,85	319,68	353,63	339,14	393,16	370,53
Variância	322,70	224,88	344,25	271,07	308,99	270,49	537,17	407,87
Observações	21	21	21	21	21	21	17	17
Variância agrupada	273,79		307,66		289,74		472,52	
gl	40		40		40		32	
Stat t	3,20		1,32		2,76		3,04	
P(T<=t) uni-caudal	0,00		0,10		0,00		0,00	
t crítico uni-caudal	1,68		1,68		1,68		1,69	

Resultado: Teste de hipóteses

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (médias iguais)

Stat t < t crítico somente para a idade de 5,9 anos, aceita H0 ao nível de 5% de significância. Para as demais idades, Stat t > t crítico, portanto rejeita H0 ao nível de 5% de significância.

3.3 Método de Estratificação 4

3.3.1 Material Genético A

Tabela 5 – Teste-t, Método 4, Material Genético A

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	3,6 anos - CLONE A		4,7 anos - CLONE A		5,9 anos - CLONE A		6,8 anos - CLONE A		7,8 anos - CLONE A	
	<i>MÉTODO</i> <i>1</i>	<i>MÉTODO</i> <i>4</i>	<i>MÉTODO</i> <i>1</i>	<i>MÉTODO</i> <i>4</i>	<i>MÉTODO</i> <i>1</i>	<i>MÉTODO</i> <i>4</i>	<i>MÉTODO</i> <i>1</i>	<i>MÉTODO</i> <i>4</i>	<i>MÉTODO</i> <i>1</i>	<i>MÉTODO</i> <i>4</i>
Média (Volume m ³ .ha ⁻¹)	149,42	151,97	199,23	201,67	273,10	274,66	329,08	322,34	351,53	358,28
Variância	545,12	522,19	1044,78	1076,85	1663,64	1413,75	899,04	833,39	2310,20	2466,46
Observações	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5
Variância agrupada	533,65		1060,81		1538,70		866,21		2388,33	
gl	10		10		10		10		8	
Stat t	-0,19		-0,13		-0,07		0,40		-0,22	
P(T<=t) uni-caudal	0,43		0,45		0,47		0,35		0,42	
t crítico uni-caudal	1,81		1,81		1,81		1,81		1,86	

Resultado: Teste de hipóteses

H₀ : $\mu_1 = \mu_2$ (médias iguais)

Stat t < t crítico para todas as idades, aceita H₀ ao nível de 5% de significância. Observou-se, ainda, que as médias dos resultados das faixas de idades de 3 a 5 anos estão muito próximas, dessa forma o método 4 pode substituir o Método 1 nessas idades. Para as idades de 6,8 e 7,8 anos é necessária uma avaliação preliminar para o uso do método 4 em substituição ao Método 1, pois apresentou médias de resultados um pouco distantes.

3.3.2 Material Genético B

Tabela 6 – Teste-t, Método 4, Material Genético B

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	3,6 anos - CLONE B		4,7 anos - CLONE B		5,9 anos - CLONE B		6,8 anos - CLONE B		7,8 anos - CLONE B	
	MÉTODO 1	MÉTODO 4	MÉTODO 1	MÉTODO 4	MÉTODO 1	MÉTODO 4	MÉTODO 1	MÉTODO 4	MÉTODO 1	MÉTODO 4
Média (Volume m ³ .ha ⁻¹)	168,89	172,86	225,44	231,73	296,93	303,21	334,59	345,10	369,39	379,85
Variância	286,32	279,41	339,04	312,51	302,43	305,08	601,12	593,30	845,81	925,80
Observações	23	23	23	23	23	23	23	23	15	15
Variância agrupada	282,86		325,77		303,75		597,21		885,80	
gl	44		44		44		44		28	
Stat t	-0,80		-1,18		-1,22		-1,46		-0,96	
P(T<=t) uni-caudal	0,21		0,12		0,11		0,08		0,17	
t crítico uni-caudal	1,68		1,68		1,68		1,68		1,70	

Resultado: Teste de hipóteses

H₀ : $\mu_1 = \mu_2$ (médias iguais)

Stat t < t crítico para todas as idades, aceita H₀ ao nível de 5% de significância. Observou-se ainda que mesmo não apresentando diferença estatística, as médias dos resultados estão distantes, principalmente nas idades acima de 4,7 anos. O Material Genético B apresentou médias mais diferentes do que o Material Genético A.

3.4 Método de Estratificação 5

3.4.1 Material Genético A

Tabela 7 – Teste-t, Método 5, Material Genético A

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	3,6 anos - CLONE A		4,7 anos - CLONE A		5,9 anos - CLONE A		6,8 anos - CLONE A		7,8 anos - CLONE A	
	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5
Média (Volume m ³ .ha ⁻¹)	149,42	147,00	199,23	203,60	273,10	278,47	329,08	333,07	351,53	349,41
Variância	545,12	489,60	1044,78	1099,08	1663,64	1639,21	899,04	938,52	2310,20	2197,94
Observações	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5
Variância agrupada	517,36		1071,93		1651,42		918,78		2254,07	
gl	10		10		10		10		8	
Stat t	0,18		-0,23		-0,23		-0,23		0,07	
P(T<=t) uni-caudal	0,43		0,41		0,41		0,41		0,47	
t crítico uni-caudal	1,81		1,81		1,81		1,81		1,86	

Resultado: Teste de hipóteses

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (médias iguais)

Stat t < t crítico para todas as idades, aceita H0 ao nível de 5% de significância. Observa-se ainda que as médias das estimativas estão próximas, somente na idade de 5,9 anos que distanciou um pouco. Entende-se que há possibilidade de usar o Método 5 em substituição ao Método 1, para o Material Genético A.

3.4.2 Material Genético B

Tabela 8 – Teste-t, Método 5, Material Genético B

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	3,6 anos - CLONE B		4,7 anos - CLONE B		5,9 anos - CLONE B		6,8 anos - CLONE B		7,8 anos - CLONE B	
	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5
Média (Volume m ³ .ha ⁻¹)	168,89	171,67	225,44	232,82	296,93	310,32	334,59	358,95	370,10	385,07
Variância	286,32	285,50	339,04	346,13	302,43	320,38	601,12	664,52	919,38	1031,40
Observações	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Variância agrupada	285,91		342,59		311,40		632,82		975,39	
gl	44		44		44		44		44	
Stat t	-0,56		-1,35		-2,57		-3,28		-1,63	
P(T<=t) uni-caudal	0,29		0,09		0,01		0,00		0,06	
t crítico uni-caudal	1,68		1,68		1,68		1,68		1,68	

Resultado: Teste de hipóteses

H₀ : $\mu_1 = \mu_2$ (médias iguais)

Stat t < t crítico para as idades de 3,6; 4,7 e 7,8 anos, aceita H₀ ao nível de 5% de significância. Stat t > t crítico para as idades de 5,9 e 6,8 anos, rejeita H₀ ao nível de 5% de significância. Observando as médias das estimativas por idade, nota-se que estão muito distantes, exceto na idade de 3,6 anos. Mesmo não apresentando diferença estatística significativa para algumas idades, é importante uma avaliação preliminar para usar esse método em substituição ao Método 1. Para as idades que apresentou diferença estatística significativa, não é aconselhável o uso do Método 5 em substituição ao Método 1.

3.4.3 Material Genético C

Tabela 9 – Teste-t, Método 5, Material Genético C

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	3,6 anos - CLONE C		4,7 anos - CLONE C		5,9 anos - CLONE C		6,8 anos - CLONE C		7,8 anos - CLONE C	
	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5	MÉTODO 1	MÉTODO 5
Média (Volume m ³ .ha ⁻¹)	173,77	160,89	232,91	221,99	326,85	318,73	353,63	341,90	393,16	374,33
Variância	262,88	212,36	322,70	250,35	344,25	293,24	308,99	273,15	537,17	412,16
Observações	21	21	21	21	21	21	21	21	17	17
Variância agrupada	237,62		286,53		318,75		291,07		474,67	
gl	40		40		40		40		32	
Stat t	2,71		2,09		1,47		2,23		2,52	
P(T<=t) uni-caudal	0,00		0,02		0,07		0,02		0,01	
t crítico uni-caudal	1,68		1,68		1,68		1,68		1,69	

Resultado: Teste de hipóteses

H₀ : $\mu_1 = \mu_2$ (médias iguais)

Stat t < t crítico somente para a idade de 5,9 anos, aceita H₀ ao nível de 5% de significância. Stat t > t crítico para as demais idades, de 3,6; 4,7, 6,8 e 7,8 anos, rejeita H₀ ao nível de 5% de significância. Para a idade de 5,9, mesmo não apresentando uma diferença estatística significativa, nota-se que a média do resultado está um pouco distante da média do Método 1. Para esse Material Genético não é aconselhável o uso do Método 5 em substituição ao Método 1.

4 CONCLUSÕES

O Método 2 foi o que apresentou melhores resultados, pois além de não ter apresentado diferença estatística significativa, apresentou médias das estimativas bem próximas em relação ao Método 1. Dessa forma é possível agrupar a estratificação por ano, com isso diminui a incidência de estratificações com áreas muito pequenas.

O Método 3 mostrou que a variável Material Genético exerce uma influência importante nas estimativas (no material C). Dessa forma é importante que essa variável seja considerada na estratificação. Mas esse método possui uma combinação grande de variáveis, que pode incidir em estratificações com áreas muito pequenas.

O Método 4 mostrou que é possível agrupar projetos, e manter a variável Material Genético. Para ter melhores resultados, sugere-se que essa combinação de projetos seja realizada por características afins, ou seja, mesmo sítio. Sugere-se, também, uma análise para agrupamento dos Materiais Genéticos com características afins, dessa forma é possível ter um ganho operacional, garantindo qualidade das estimativas.

O Método 5 trouxe uma proposta de estratificação mais genérica. Concluiu-se que há uma variabilidade de resultado quando a variável material Genético é considerada. Há possibilidade de usar esse Método para substituição do Método 1, mas com ressalvas. O fato de misturar locais de sítio pode alterar resultados nas estimativas, como apontou os resultados dos materiais B e C.

Os resultados obtidos no trabalho permitem concluir que é possível aprimorar o método de estratificação atual, reduzindo custos com levantamento de dados em campo, utilizando a base de dados disponível. Verificou-se que a variável Material Genético exerce uma influência importante nas estimativas e sugere-se a participação dessa variável nas combinações de estratificações. Observou-se, ainda, que não é necessário considerar todas as variáveis nas combinações, e que é possível utilizar agrupamentos de variáveis com características comuns, como por exemplo Material Genético e Sítio.

5 RECOMENDAÇÃO

Determinar estratificações de forma manual, inviabiliza o processamento de dados. As redes neurais se justificam por ter várias propriedades úteis como: treinamento forte que tornam as redes neurais muito eficiente, tolerância a falhas, aprendizagem, dentre outros. Estão sendo muito utilizadas para estimativas de altura de árvores, diminuindo a necessidade de aferição em campo. A estratificação para o processamento do inventário contínuo é outra grande dificuldade do inventário florestal, devido o fato de ter várias variáveis que influenciam os resultados. Com a utilização das redes neurais artificiais podem ser incluídas características específicas, como índice de local, idade, manejo, o que resulta na obtenção de estimativas mais precisas e o maior realismo biológico.

Recomenda-se o teste do desempenho de técnicas de inteligência artificial, como por exemplo as redes neurais artificiais, para auxiliar no ajuste dos estratos, avaliando e selecionando dados com as características comuns pré-estabelecidas, de forma rápida, consistente e eficiente.

6 REFERÊNCIAS

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.138, p. 9-13, 1986.

ASSIS, Adriana Leandra. **Definição da estratégia amostral em plantios de Eucalyptus spp. pelo uso de geoestatística**. Lavras, 118 p. 2005.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon, 506 p. 1970.

GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. A. **Determinação de equações volumétricas na Engenharia Florestal**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, n. 9, v.26, p.1-36, 1993.

MAPA de solos do estado de Minas Gerais: legenda expandida. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010, 49p.

RAMALHO, M.A.P. FERREIRA, D.F. OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, p.87-134, 2000.

SANQUETTA, WATZLAWICK, DALLA CORTE & RODRIGUES. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. Curitiba, 406 p. 2014.

SCHNEIDER, P.R. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 348 p. 1993.

SCOLFORO, José Roberto Soares e José Márcio de Mello. **Inventário Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 561 p. 2006.

7 APÊNDICES

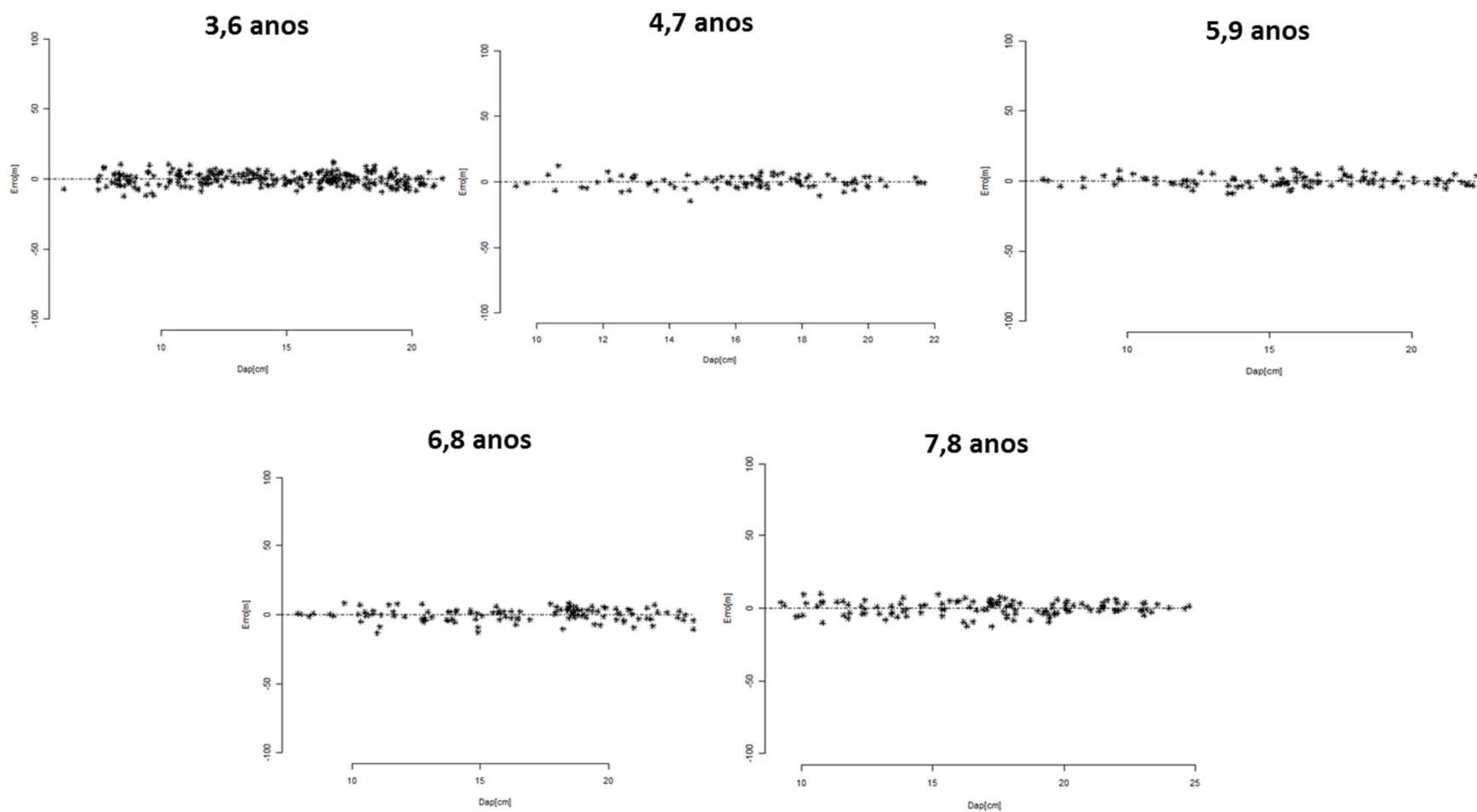


Figura 1 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta por idade, método 2

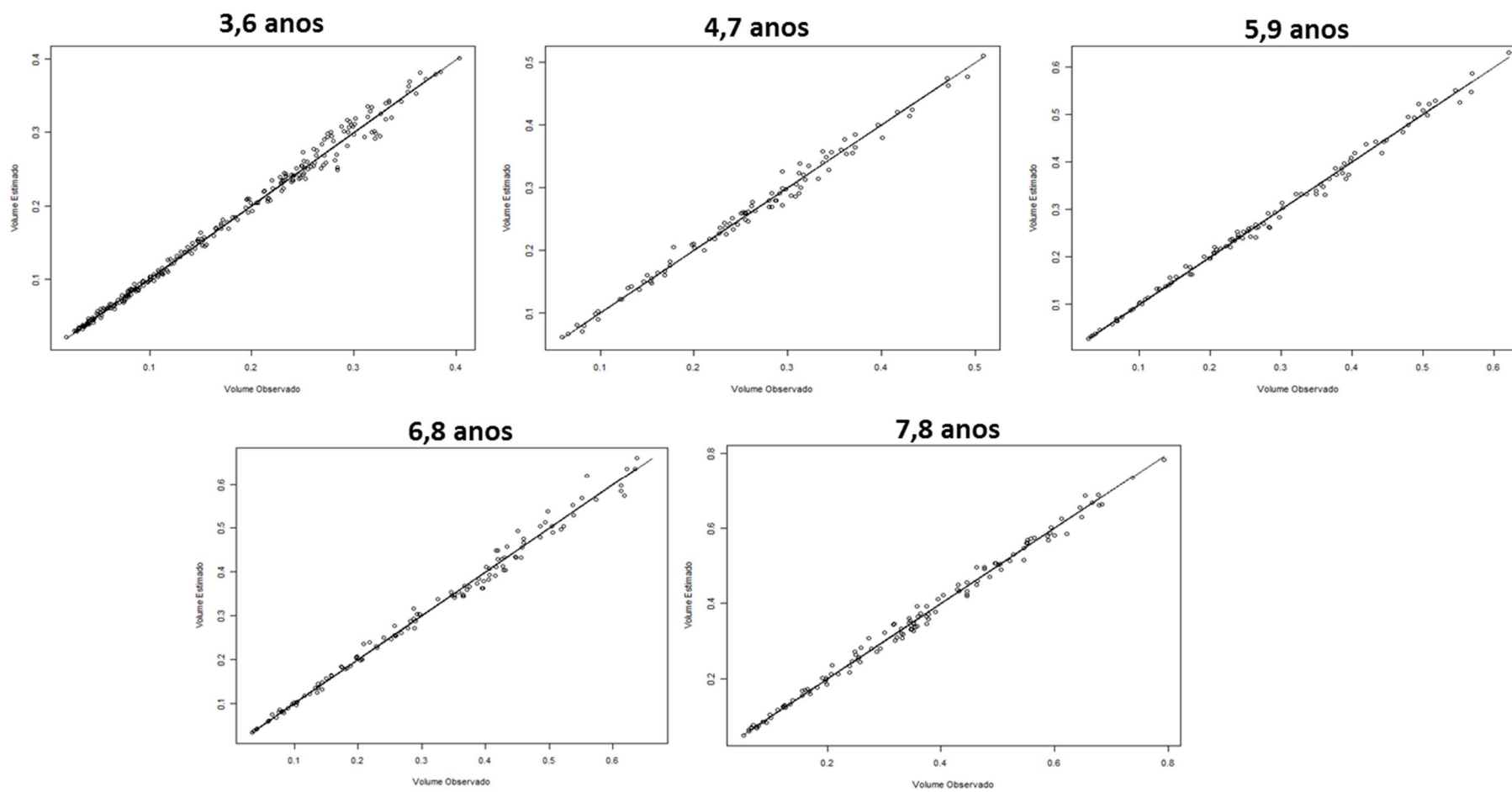


Figura 2 – Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados por idade, método 2

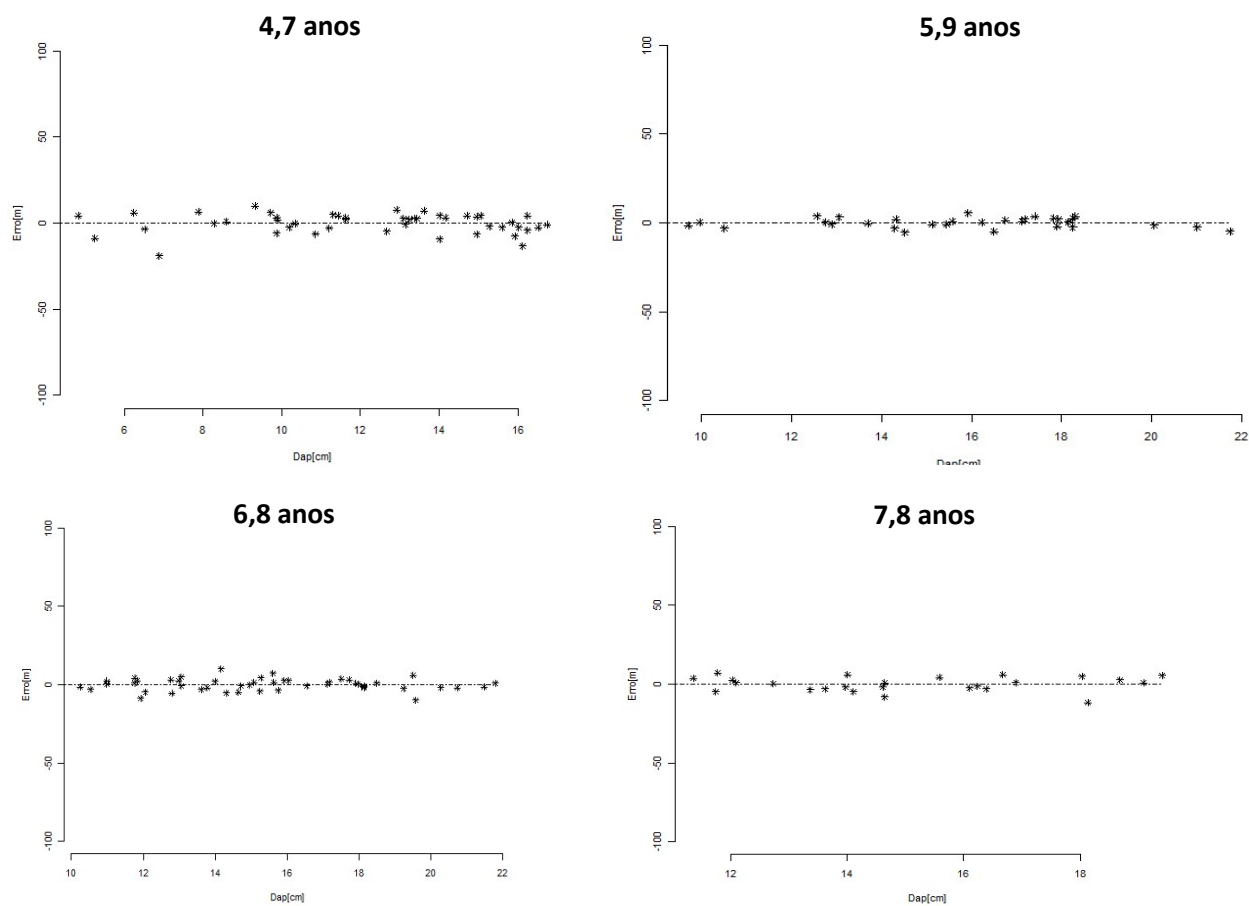


Figura 3 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta por idade, método 3, Material Genético B

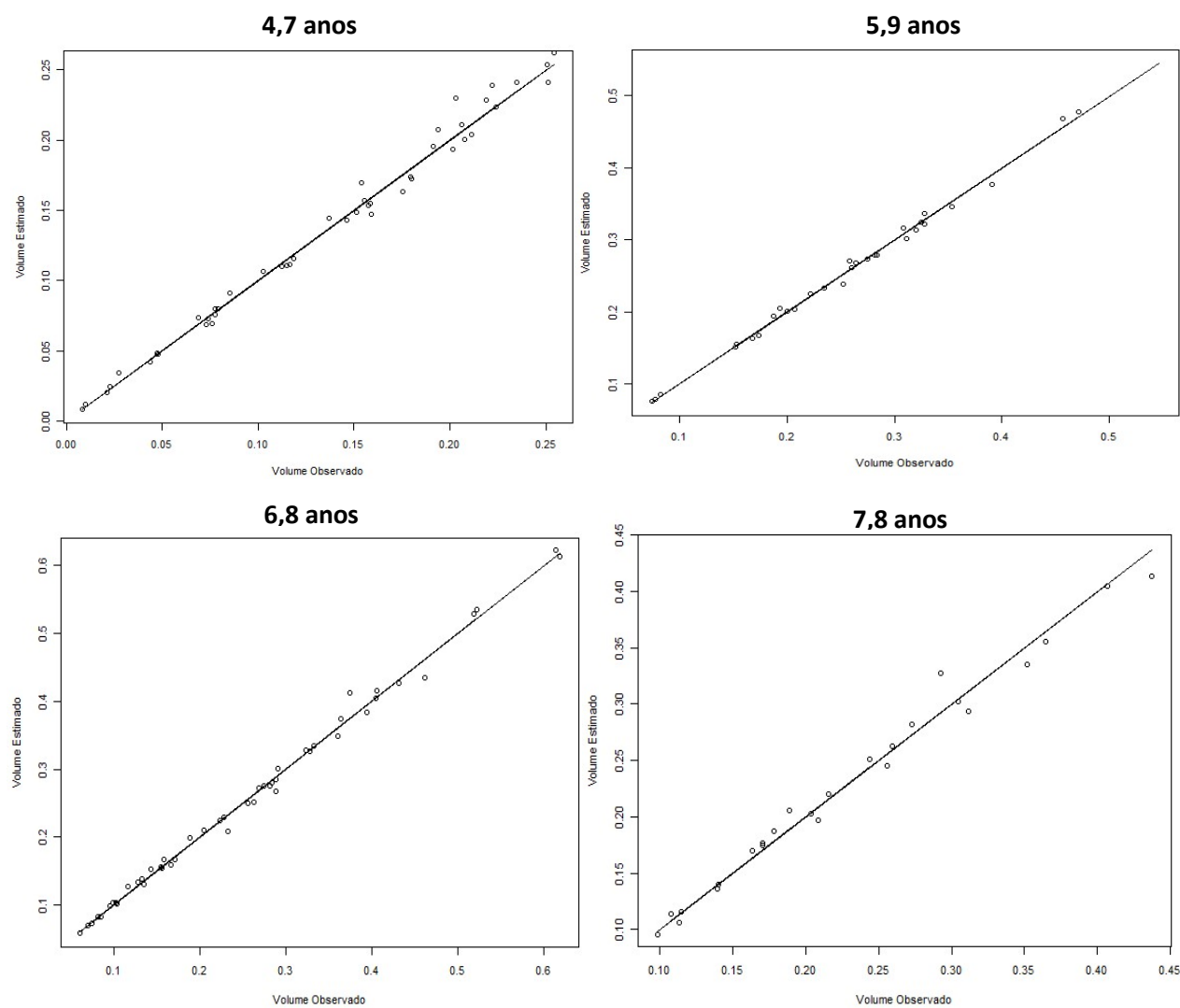


Figura 4 – Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados por idade, método 3, Material Genético B

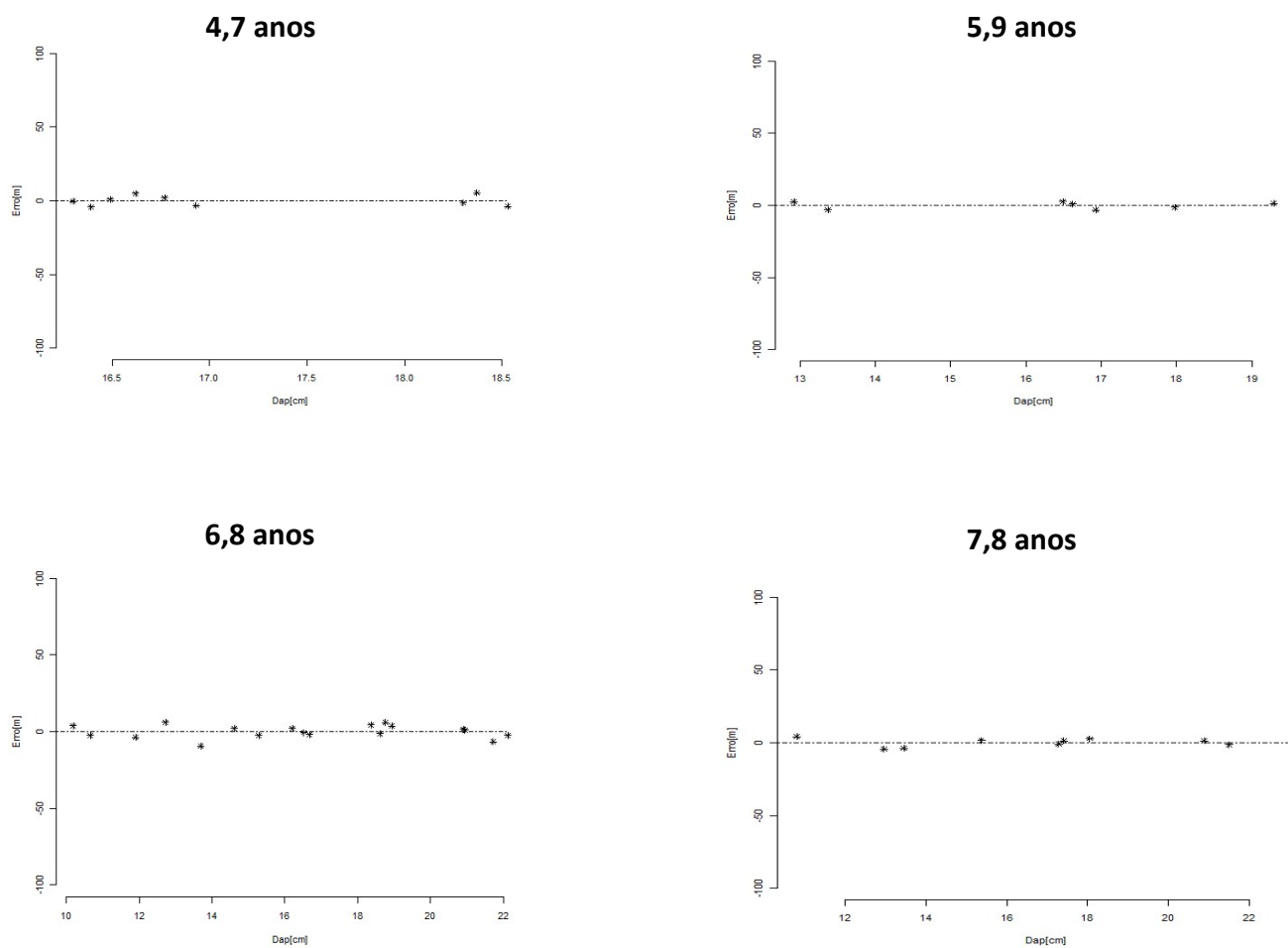


Figura 5 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta por idade, método 3, Material Genético A

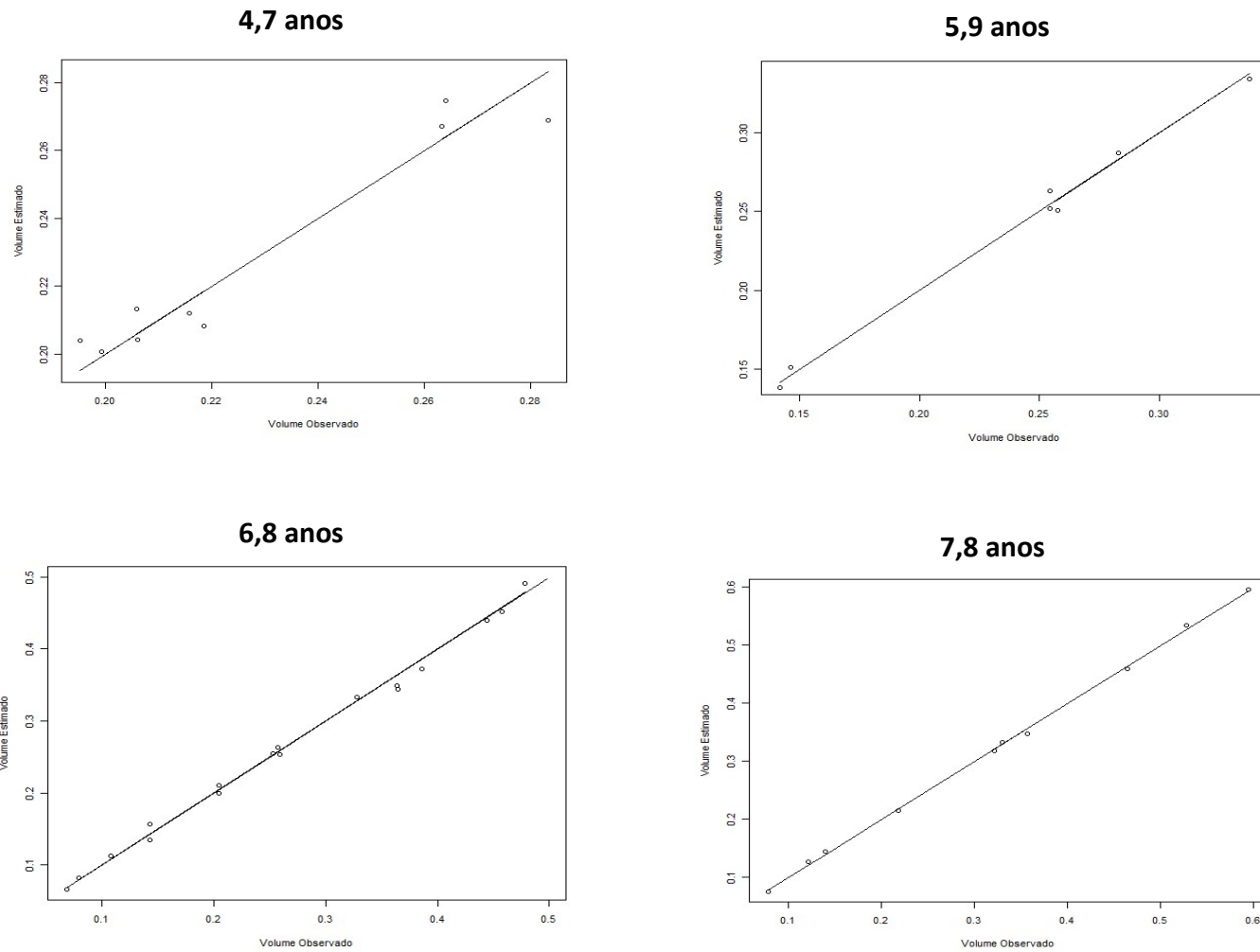


Figura 6 – Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados por idade, método 3, Material Genético A

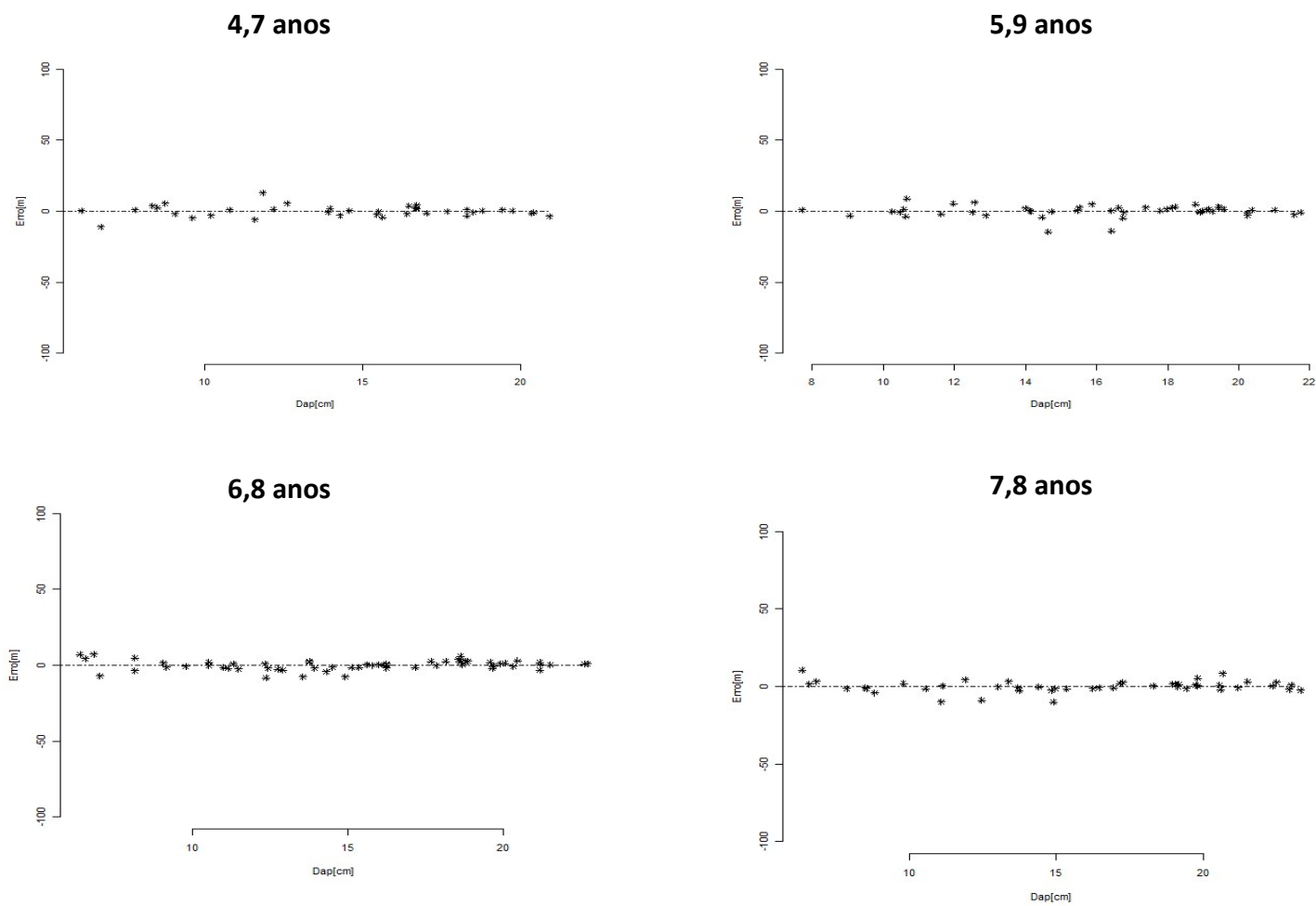


Figura 7 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta por idade, método 3, Material Genético C

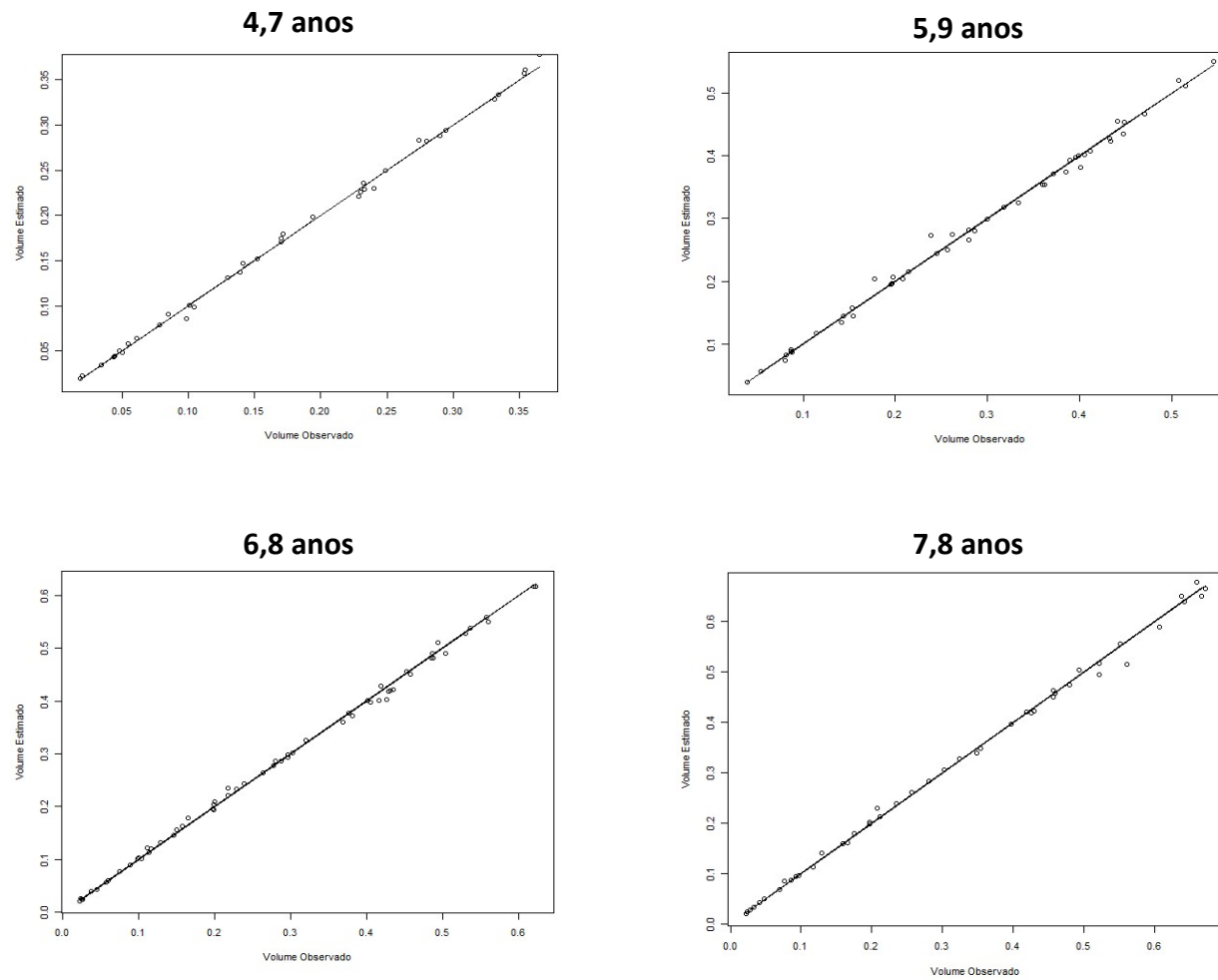


Figura 8 – Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados por idade, método 3, Material Genético C

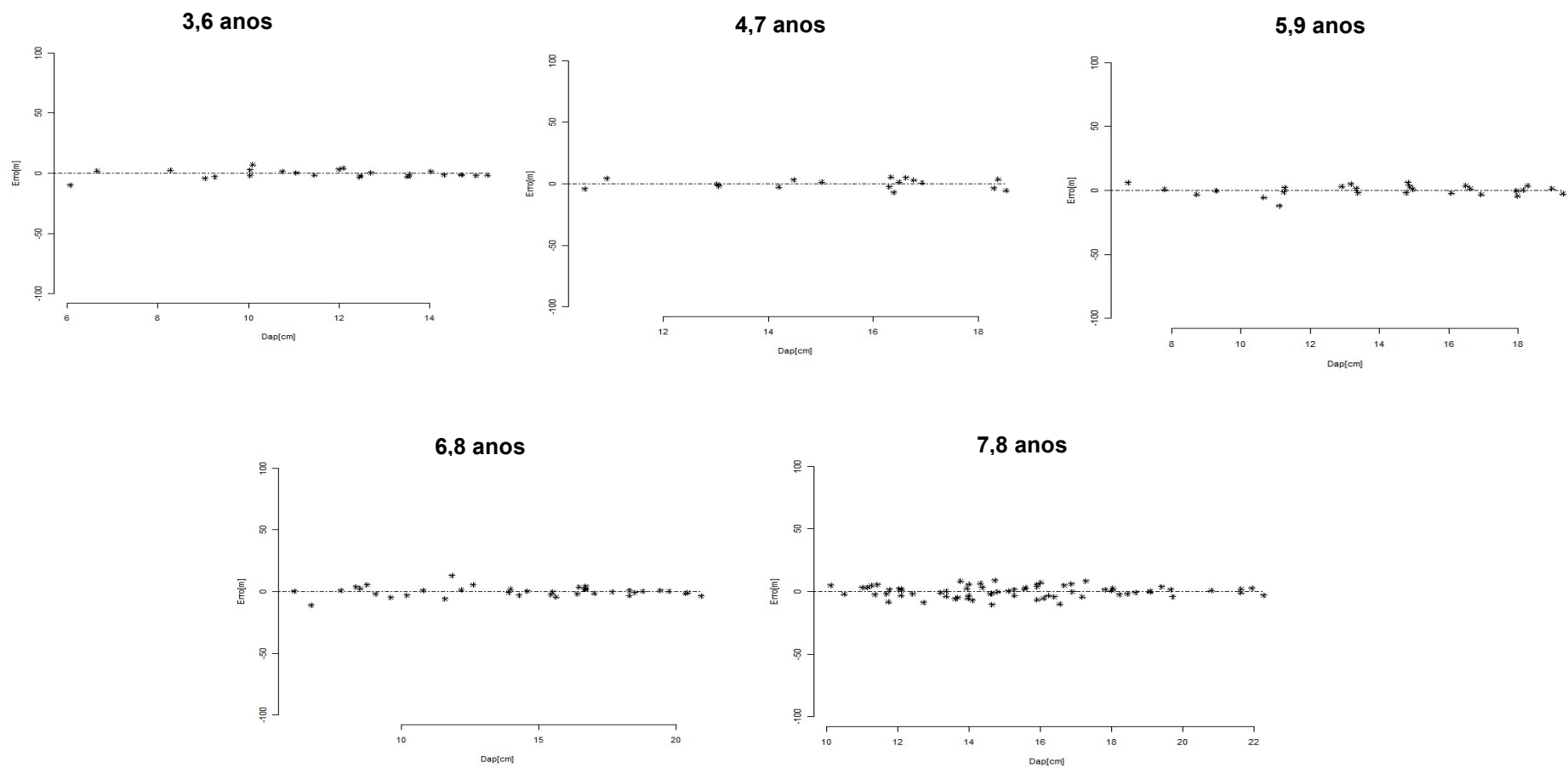


Figura 9 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta por idade, método 4, Material Genético A

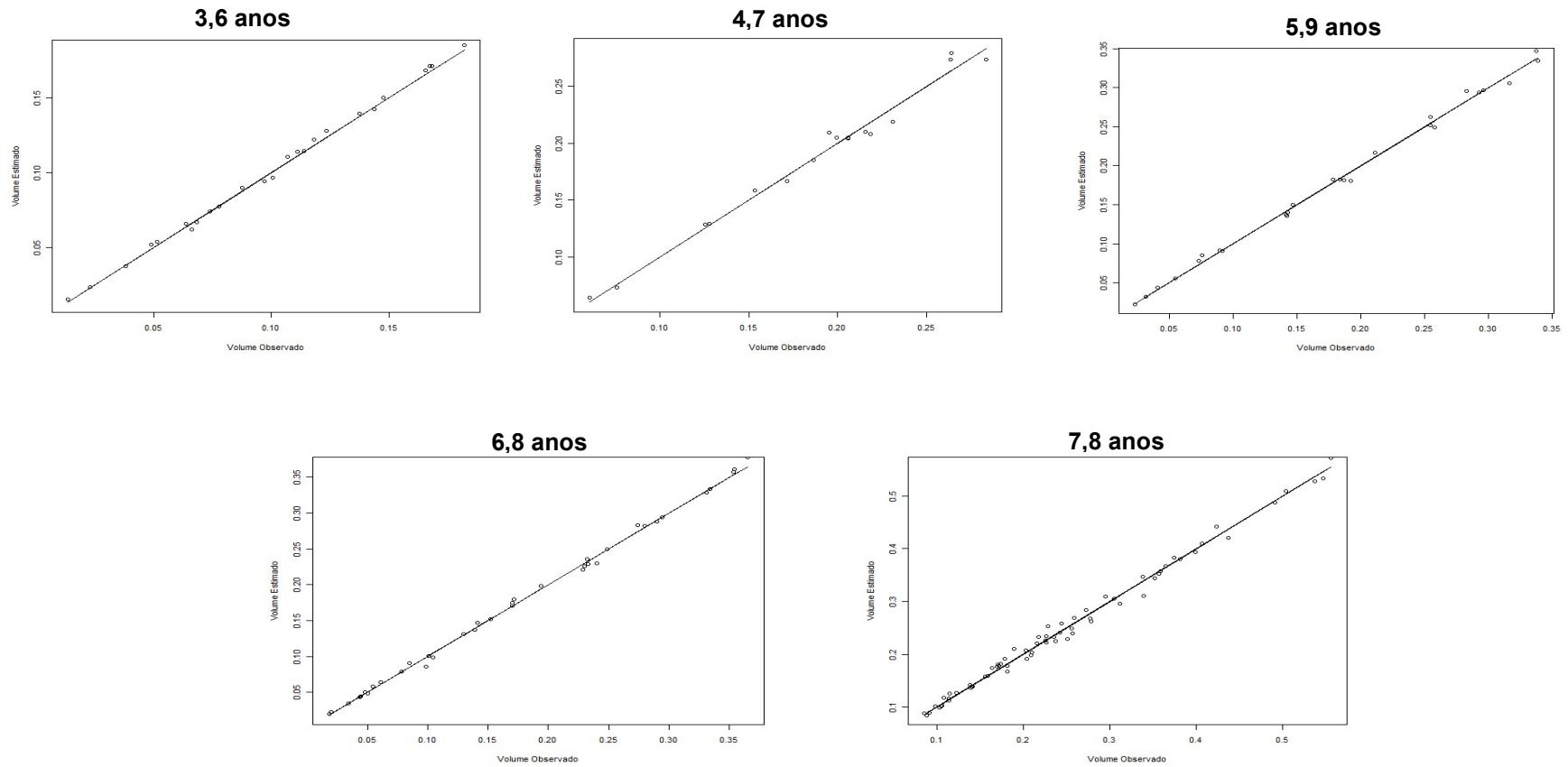


Figura 10 – Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados por idade, método 4, Material Genético A

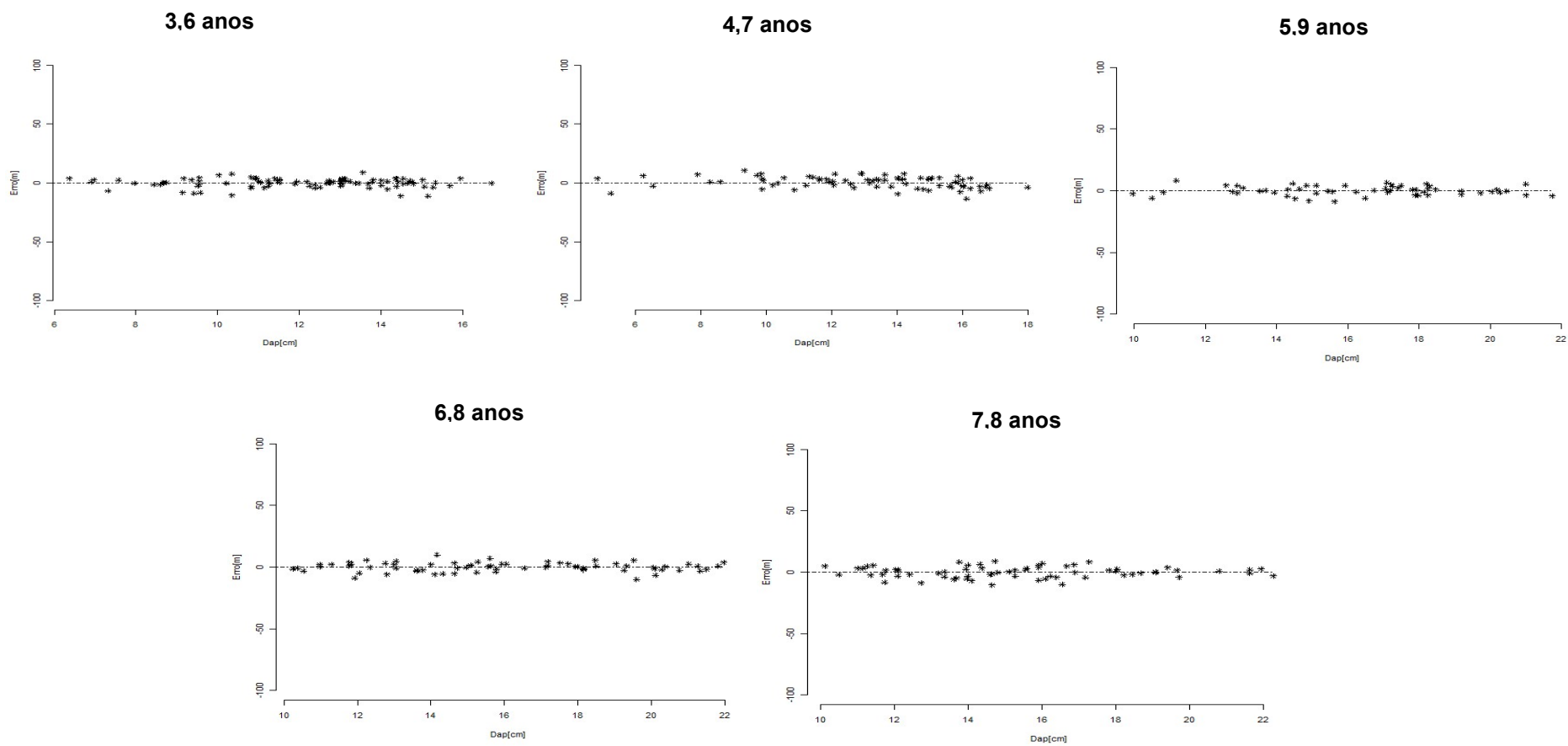


Figura 11 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta por idade, método 4, Material Genético B

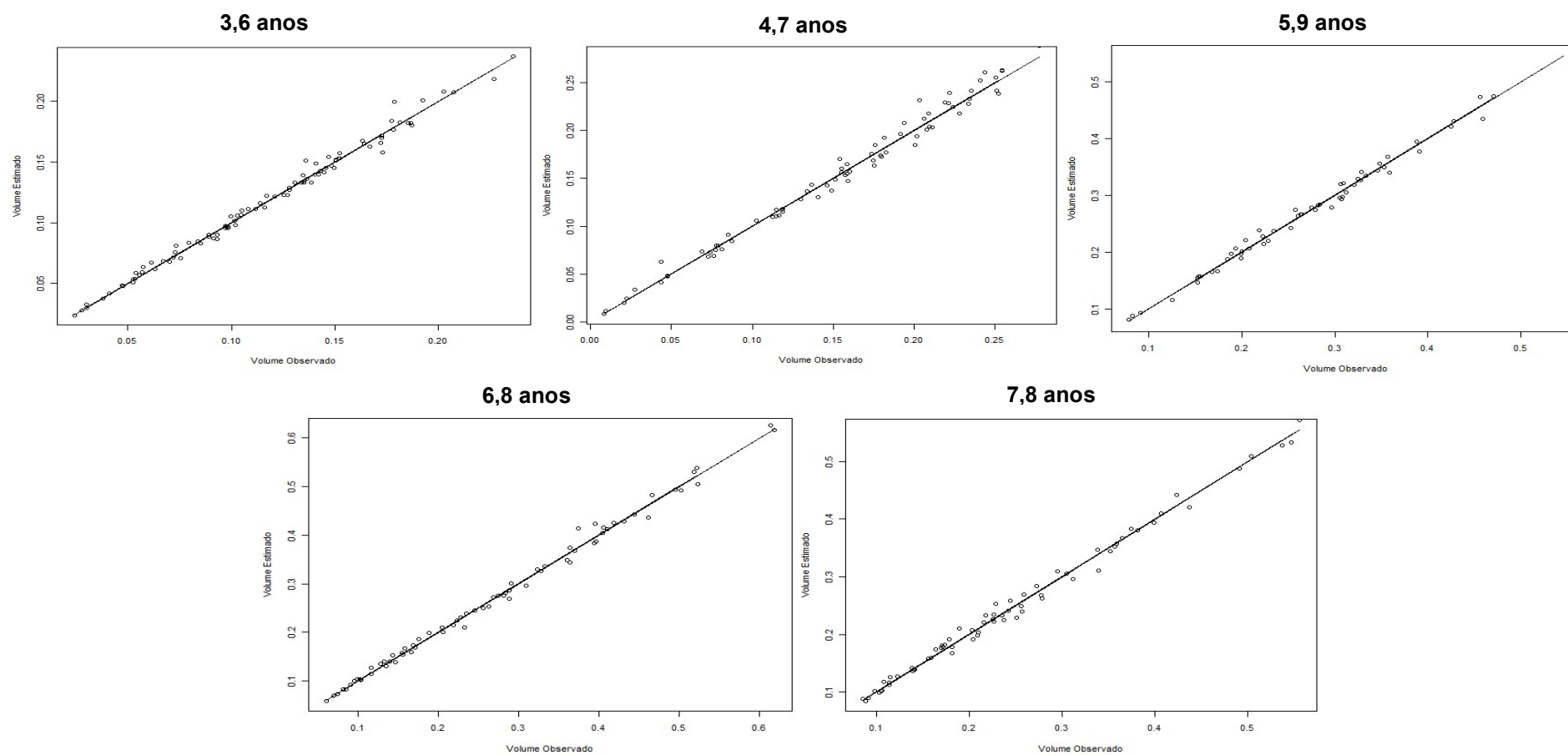


Figura 12 – Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados por idade, método 4, Material Genético B

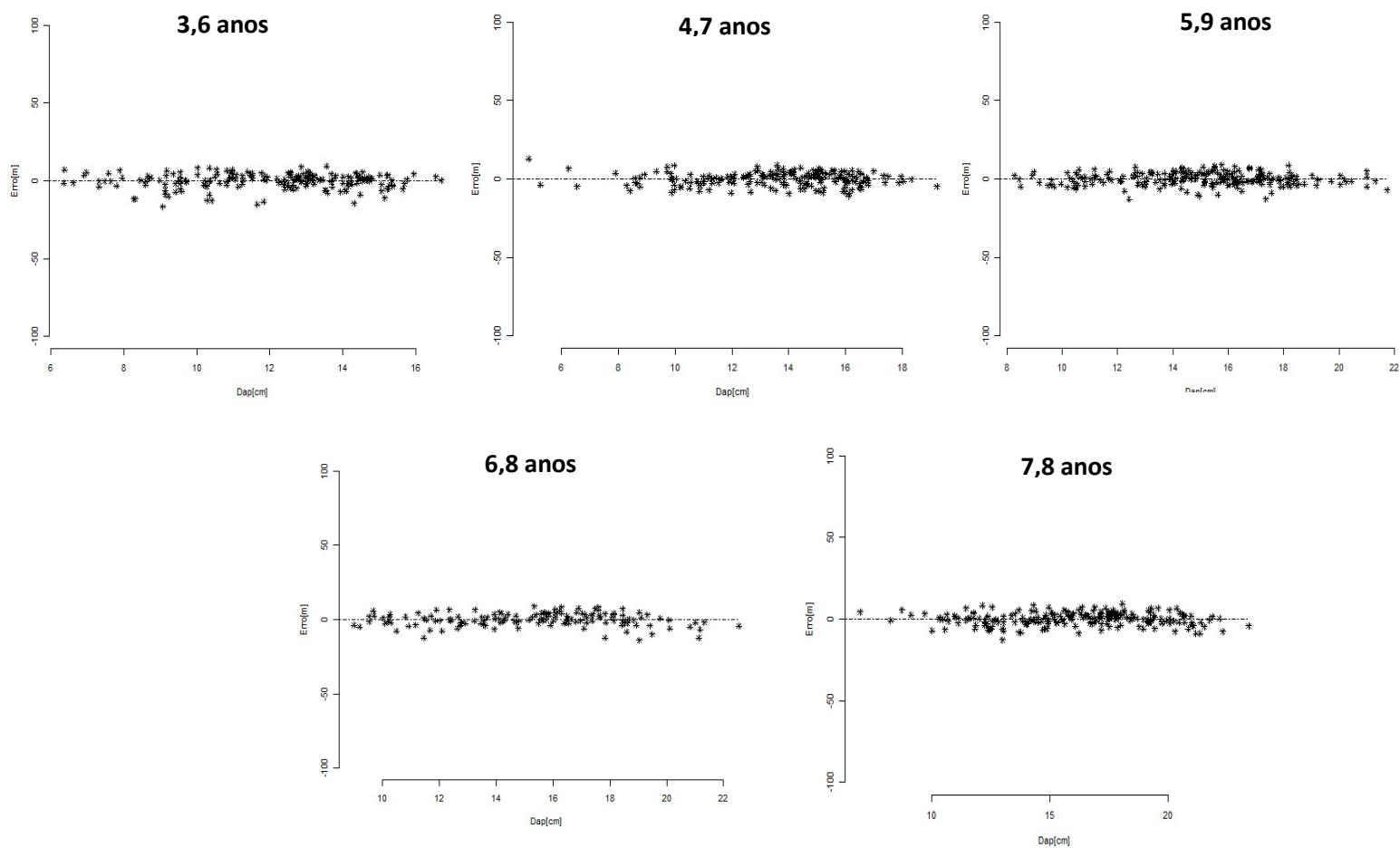


Figura 13 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta por idade, método 5, Material Genético B

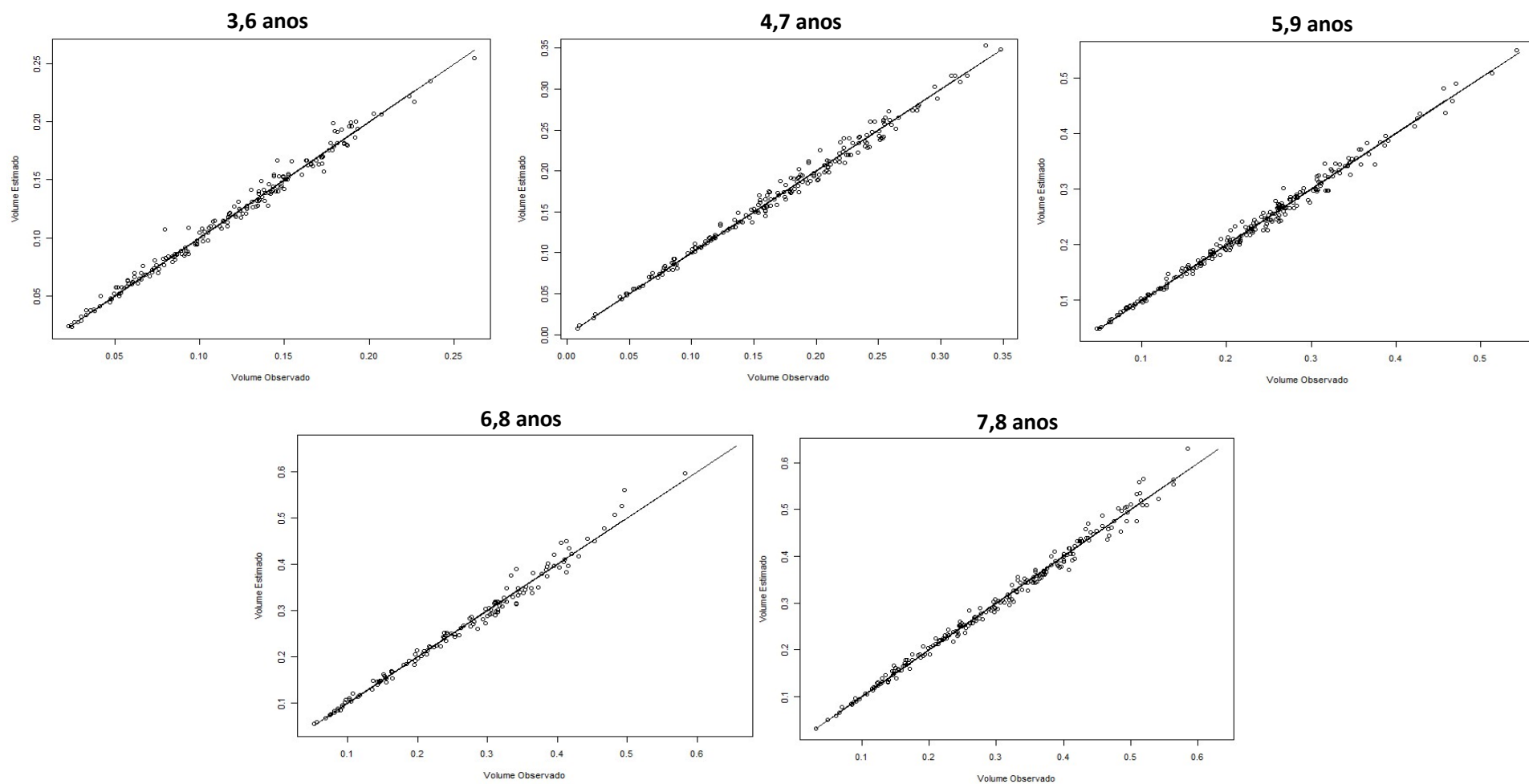


Figura 14 – Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados por idade, método 5, Material Genético B

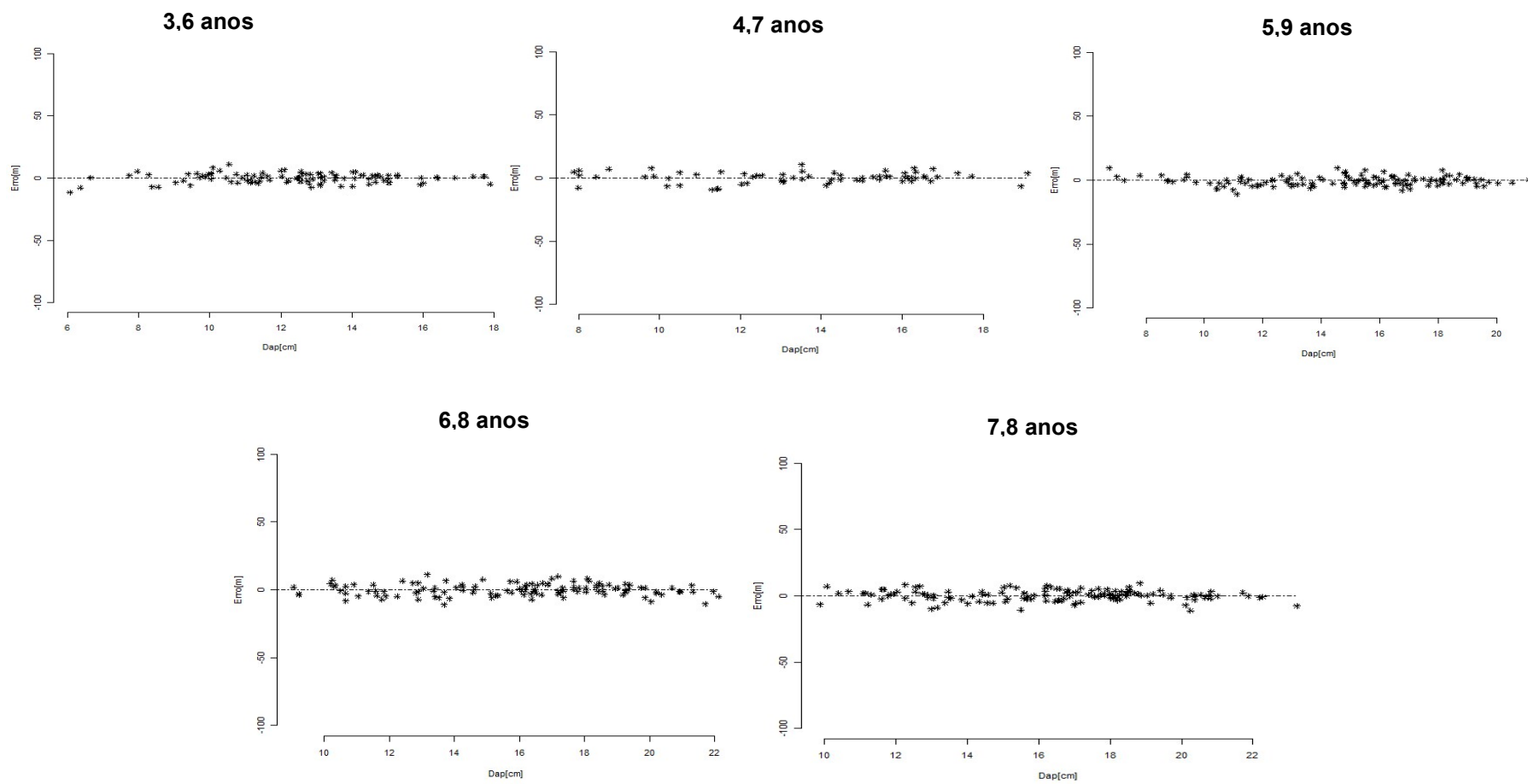


Figura 15 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta por idade, método 5, Material Genético A

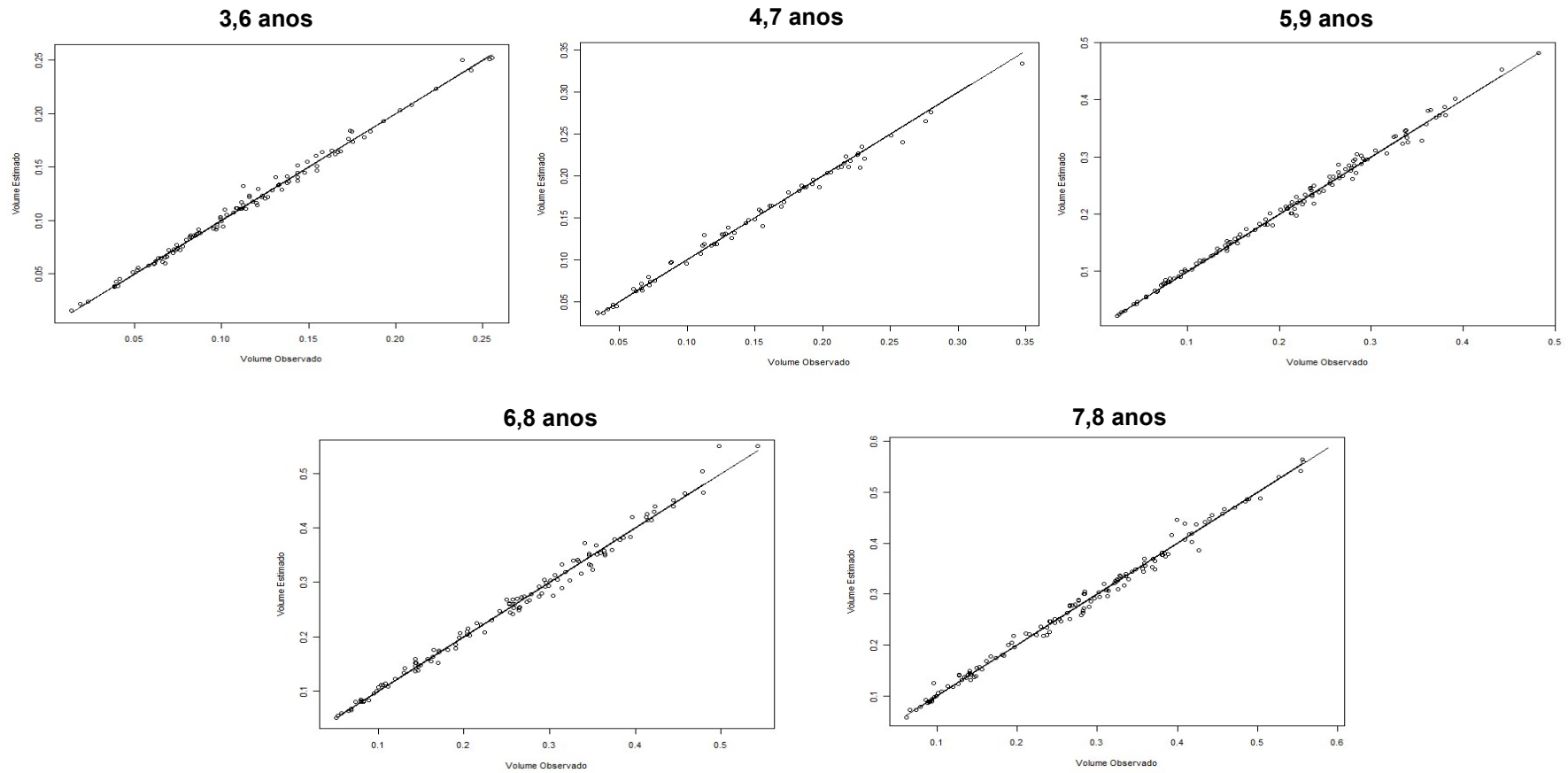


Figura 16 – Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados por idade, método 5, Material Genético A

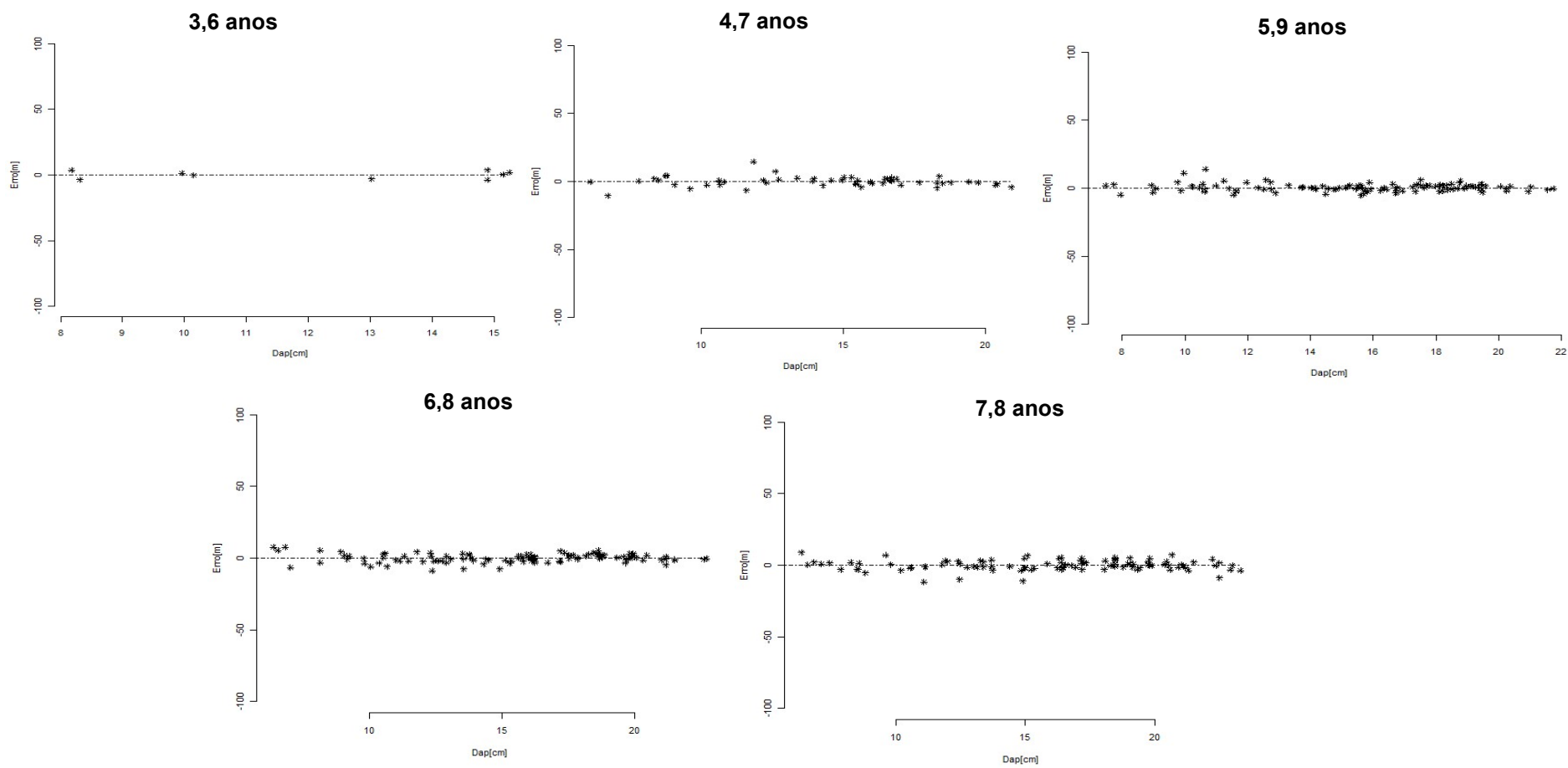


Figura 17 – Gráficos de dispersão de valores preditos em relação à reta por idade, método 5, Material Genético C

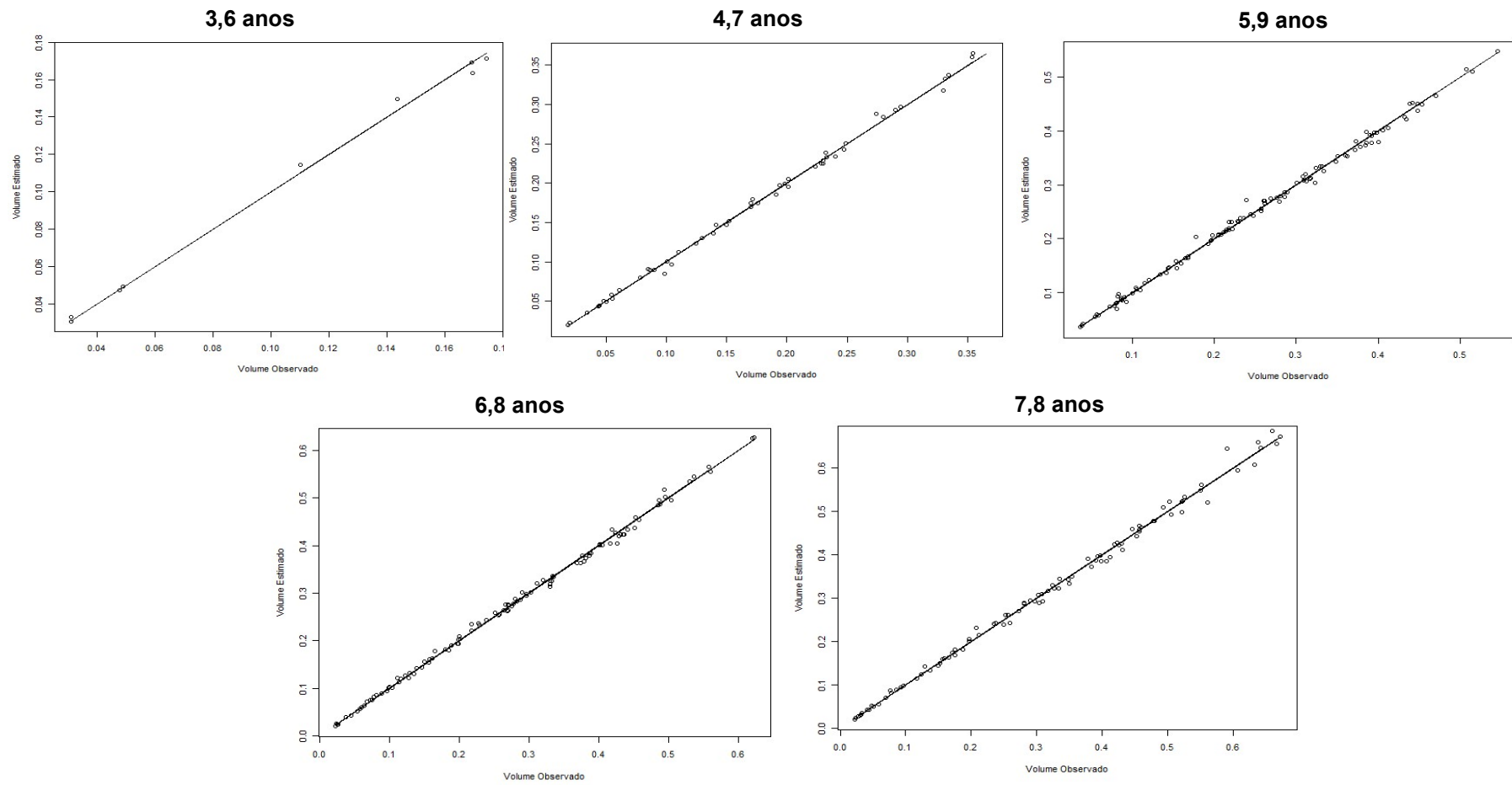


Figura 18 – Gráficos de dispersão de valores preditos x valores observados por idade, método 5, Material Genético C

Tabela 10 – Parâmetros e estatísticas de ajustes, método 2

Modelo		Equação				
Schumacher & Hall		$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(HT) + \epsilon$				
Estratificação	Idade (anos)	Betas	Valor	R ²	Syx(unid)	Syx(%)
MÉTODO 2	3,6	β_0	-10,006930987337	99,601	0,0073	5,164
		β_1	1,706651080830			
		β_2	1,187425950623			
	4,7	β_0	-9,831818436945	99,099	0,0108	4,152
		β_1	1,910063308024			
		β_2	0,957282813724			
	5,9	β_0	-10,178395234759	99,723	0,0107	3,859
		β_1	1,826781246380			
		β_2	1,133609022470			
	6,8	β_0	-10,230057106979	99,601	0,0158	5,091
		β_1	1,849980418382			
		β_2	1,130183273248			
	7,8	β_0	-10,562088292755	99,516	0,0144	4,221
		β_1	1,891291535238			
		β_2	1,199499767096			

Tabela 11 – Parâmetros e estatísticas de ajustes, método3, Material GenéticoB

Modelo		Equação					
Schumacher & Hall		$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(HT) + \epsilon$					
Estratificação	Manejo/Material Genético	Idade (anos)	Betas	Valor	R ²	Syx(unid)	Syx(%)
MÉTODO 3	ALTO FUSTE/CLONE B	3,6	β_0	-9,969299391436	99,353	0,005	4,640
			β_1	1,803852473522			
			β_2	1,104084807985			
		4,7	β_0	-9,591679586058	99,509	0,008	5,780
			β_1	2,034477458939			
			β_2	0,786247880821			
		5,9	β_0	-10,051231670643	99,658	0,009	3,253
			β_1	1,885604757387			
			β_2	1,055969910680			
		6,8	β_0	-10,329344223761	99,036	0,016	6,376
			β_1	1,856004765264			
			β_2	1,166588172571			
		7,8	β_0	-11,733856351148	98,740	0,012	5,437
			β_1	1,783410492789			
			β_2	1,652576183849			

Tabela 12 – Parâmetros e estatísticas de ajustes, método3, Material GenéticoA

Modelo		Equação					
Schumacher & Hall		$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(HT) + \varepsilon$					
Estratificação	Manejo/Material Genético	Idade (anos)	Betas	Valor	R ²	Syx(unid)	Syx(%)
MÉTODO 3	ALTO FUSTE/CLONE A	4,7	β_0	-9,164569234272	91,130	0,010	4,345
			β_1	2,212460447943			
			β_2	0,449574913477			
		5,9	β_0	-11,345475218103	99,142	0,007	2,876
			β_1	1,560014535870			
			β_2	1,738701296737			
		6,8	β_0	-10,130642771821	99,471	0,013	4,778
			β_1	1,784366930709			
			β_2	1,156429798541			
		7,8	β_0	-10,891336896931	99,792	0,006	2,044
			β_1	1,668708237455			
			β_2	1,497337967762			

Tabela 13 – Parâmetros e estatísticas de ajustes, método3, Material GenéticoC

Modelo		Equação					
Schumacher & Hall		$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(HT) + \varepsilon$					
Estratificação	Manejo/Material Genético	Idade (anos)	Betas	Valor	R ²	Syx(unid)	Syx(%)
MÉTODO 3	ALTO FUSTE/CLONE C	4,7	β_0	-9,531539813803	99,755	0,005	3,012
			β_1	1,993730206749			
			β_2	0,769333542367			
		5,9	β_0	-9,622684793727	99,607	0,010	3,392
			β_1	2,053657417112			
			β_2	0,774574025897			
		6,8	β_0	-10,014771074414	99,871	0,008	2,683
			β_1	1,840911567937			
			β_2	1,068753272585			
		7,8	β_0	-10,023187891932	99,859	0,011	3,595
			β_1	1,921520949326			
			β_2	1,004303780052			

Tabela 14 – Parâmetros e estatísticas de ajustes, método4, Material GenéticoA

Modelo		Equação					
Schumacher & Hall		$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(HT) + \varepsilon$					
Estratificação	Manejo/Material Genético	Idade (anos)	Betas	Valor	R ²	Syx(unid)	Syx(%)
MÉTODO 4	ALTO FUSTE/CLONE A	3,6	β_0	-9,835944160261	99,625	0,003	2,849
			β_1	1,936146573873			
			β_2	0,939259953338			
		4,7	β_0	-10,441331307904	99,063	0,009	4,536
			β_1	1,743951322254			
			β_2	1,295979247073			
		5,9	β_0	-9,762457514303	99,706	0,006	3,566
			β_1	1,992265286888			
			β_2	0,866837138422			
		6,8	β_0	-10,055177562206	99,632	0,011	4,373
			β_1	1,848846573168			
			β_2	1,078371884865			
		7,8	β_0	-10,573231128964	99,731	0,006	2,433
			β_1	1,781957522287			
			β_2	1,304529099074			

Tabela 15 – Parâmetros e estatísticas de ajustes, método4, Material GenéticoB

Modelo		Equação					
Schumacher & Hall		$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(HT) + \varepsilon$					
Estratificação	Manejo/Material Genético	Idade (anos)	Betas	Valor	R ²	Syx(unid)	Syx(%)
MÉTODO 4	ALTO FUSTE/CLONE B	3,6	β_0	-9,923791922751	99,426	0,005	3,908
			β_1	1,833792590815			
			β_2	1,064461462746			
		4,7	β_0	-9,567511719150	99,178	0,008	5,465
			β_1	2,065589045783			
			β_2	0,752299913333			
		5,9	β_0	-9,721996479939	99,205	0,010	3,641
			β_1	1,926911635928			
			β_2	0,923392742382			
		6,8	β_0	-10,396201203199	99,609	0,011	3,879
			β_1	1,899997827564			
			β_2	1,152845574214			
		7,8	β_0	-10,820803215948	99,149	0,011	4,281
			β_1	1,890853918102			
			β_2	1,287074473986			

Tabela 16 – Parâmetros e estatísticas de ajustes, método5, Material GenéticoB

Modelo		Equação					
Schumacher & Hall		$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(HT) + \varepsilon$					
Estratificação	Manejo/Material Genético	Classe de Idade (anos)	Betas	Valor	R ²	Syx(unid)	Syx(%)
MÉTODO 5	ALTO FUSTE/CLONE B	3,6	β_0	-10,136234375084	99,131	0,005	4,568
			β_1	1,818194357938			
			β_2	1,144845099131			
		4,7	β_0	-9,947340733956	99,376	0,007	4,409
			β_1	1,834865421140			
			β_2	1,069648802911			
		5,9	β_0	-9,967989577399	99,262	0,010	4,354
			β_1	1,881151251898			
			β_2	1,042495331756			
		6,8	β_0	-10,640140517849	99,297	0,014	5,320
			β_1	1,744776348234			
			β_2	1,364172906495			
		7,8	β_0	-10,155361370251	99,453	0,013	4,205
			β_1	1,894642539122			
			β_2	1,089796072700			

Tabela 17 – Parâmetros e estatísticas de ajustes, método5, Material GenéticoA

Modelo		Equação					
Schumacher & Hall		$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(HT) + \varepsilon$					
Estratificação	Manejo/Material Genético	Classe de Idade (anos)	Betas	Valor	R ²	Syx(unid)	Syx(%)
MÉTODO 5	ALTO FUSTE/CLONE A	3,6	β_0	-9,737014003760	99,329	0,004	3,904
			β_1	1,855619562661			
			β_2	0,965725851047			
		4,7	β_0	-10,383865273558	99,122	0,008	5,060
			β_1	1,719640905924			
			β_2	1,301869189309			
		5,9	β_0	-10,080052834341	99,558	0,009	4,367
			β_1	1,877879020626			
			β_2	1,068588037719			
		6,8	β_0	-10,323015451594	99,416	0,012	4,578
			β_1	1,770143311657			
			β_2	1,234182474427			
		7,8	β_0	-10,380893136302	99,265	0,012	4,212
			β_1	1,862044983076			
			β_2	1,171130397421			

Tabela 18 – Parâmetros e estatísticas de ajustes, método5, Material GenéticoC

Modelo		Equação					
Schumacher & Hall		$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(HT) + \varepsilon$					
Estratificação	Manejo/Material Genético	Classe de Idade (anos)	Betas	Valor	R ²	Syx(unid)	Syx(%)
MÉTODO 5	ALTO FUSTE/CLONE C	3,6	β_0	-9,969915402264	99,793	0,004	3,855
			β_1	1,976526651852			
			β_2	0,920822191698			
		4,7	β_0	-9,800538236015	99,746	0,005	2,939
			β_1	1,893292830282			
			β_2	0,948093678061			
		5,9	β_0	-9,927131092644	99,613	0,008	3,052
			β_1	1,955924220206			
			β_2	0,946512159046			
		6,8	β_0	-9,992713188954	99,846	0,007	2,534
			β_1	1,894585897962			
			β_2	1,019282660308			
		7,8	β_0	-9,951256729292	99,835	0,012	3,828
			β_1	1,953907854576			
			β_2	0,958949697929			