



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Campus Regional Montes Claros



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

ENGENHARIA FLORESTAL

**ESTIMATIVA DE DIÂMETRO E VOLUME DE *Khaya ivorensis* A. CHEV
COM MODELOS POLINOMIAIS NÃO SEGMENTADOS**

GABRIEL AUGUSTO EÇA

Montes Claros – MG

2018

Gabriel Augusto Eça

**ESTIMATIVA DE DIÂMETRO E VOLUME DE *Khaya ivorensis* A. CHEV
COM MODELOS POLINOMIAIS NÃO SEGMENTADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
II apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de Minas
Gerais como requisito parcial para a obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Florestal.
Orientador: Prof. Dr. Christian Dias Cabacinha

Montes Claros – MG

2018

Gabriel Augusto Eça. ESTIMATIVA DE DIÂMETRO E VOLUME DE *Khaya
ivorensis* A. CHEV COM MODELOS POLINOMIAIS NÃO SEGMENTADOS

Aprovado pela banca examinadora constituída por:



Prof. Dr. Christian Dias Cabacinha – Orientador ICA/UFMG

Prof. Dr. Carlos Alberto Araújo Júnior ICA/UFMG

Prof. Dra. Adriana Leandra de Assis ICA/UFMG

Montes Claros, 06 de dezembro de 2018

Dedico à minha família, especialmente aos meus pais Maria Raimunda e Auremiro, por todo esforço que fizeram para que este sonho se tornasse real.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida por iluminarem os caminhos da minha jornada, escutarem sempre as minhas preces e me ajudarem a concluir o meu tão sonhado objetivo de me tornar engenheiro florestal.

Sou inteiramente grato aos meus pais Maria Raimunda e Auremiro por serem sempre a minha base, o meu alicerce, meu exemplo de trabalho e por fazerem sempre o possível para que eu chegasse aqui onde estou. Por me ensinarem a vida toda que, o conhecimento e a sabedoria são coisas que ninguém nunca irá tirar de nós.

Ao meu irmão João Paulo que mesmo distante, nunca deixou de ser uma inspiração para mim.

Ao meu primo Pablo que compartilhou todos os momentos importantes na minha vida e involuntariamente se tornou um exemplo de determinação.

Aos meus melhores amigos Paulo, Guilherme, Victor, Jairo, Lucas e Talita por me ensinarem o que é uma amizade verdadeira, por todo o companheirismo ao longo desses anos, por estarem sempre ao meu lado nos momentos mais felizes e tristes, e por me ensinarem que de fato a amizade verdadeira é para a vida toda.

À Bruna pela paciência, atenção, conselhos, ajuda e todo amor que me deu nesses últimos anos, obrigado por nas horas mais desesperadoras me trazer de volta para a realidade e me dizer que eu vou conseguir, serei eternamente grato a ti.

Aos meus amigos e colegas Amanda Karoline, Amanda Gonçalves, Josi, Patrícia, Cris, Poliana e Thiago por serem um ponto de paz e tranquilidade em meio a esse mar de ansiedade que foi a graduação. Ao Gabriel Dias por todas as risadas, por todos os momentos alegres e descontraídos, por toda confiança depositada e por essa amizade forte formada nesses seis anos.

Ao Laboratório de Mensuração Florestal (LAMEF) e as minhas amigas Rayssa, Maria, Mayra e Fernanda por tornarem este último ano muito mais agradável, por todas as conversas, desabafos, todas as risadas e acima de tudo por estarem sempre lá por mim quando eu mais precisava.

Ao prof. Dr. Christian Dias Cabacinha por acreditar em mim, me ensinar a ensinar e por me transformar neste profissional que me tornei hoje.

“O poder reside onde o homem acredita que reside. É um truque, uma sombra na parede. E um homem muito pequeno pode lançar uma sombra bem longa”.

(Lord Varys – A Fúria dos Reis)

RESUMO

As florestas de mogno africano, a *Khaya ivorensis* A. CHEV vem ganhando espaço dentre as demais espécies florestais plantadas, com isso tem-se a importância de estudos da modelagem volumétrica e afilamento das árvores. O objetivo deste estudo foi ajustar diferentes modelos polinomiais não segmentados, para avaliar a precisão e acurácia na estimativa de diâmetros e volumes comerciais em diferentes posições do fuste de árvores de *Khaya ivorensis* em povoamento não desbastado. O estudo foi realizado na fazenda Retiro Novo que possui uma área plantada de 172,97 hectares de *Khaya ivorensis*. A fazenda está localizada no município de Corinto no norte de Minas Gerais, o povoamento encontra-se com 9 anos de idade e está estabelecido em espaçamento 5 m x 5 m. Foi realizada a cubagem de forma não destrutiva com o aparelho Criterion RD 1000 de 489 árvores pelo método de Smalian e a base de dados da cubagem foi dividida em cinco classes diamétricas. Foram ajustados os modelos de Schöepfer, Hradetzky, Kozak e Goulding e Murray para toda a base de dados da cubagem e para cada classe diamétrica, para os modelos de Hradetzky e Goulding e Murray. Foi utilizado o método estatístico de “Stepwise” para a seleção das potências e ajustes dos coeficientes. Os resultados de acurácia e análise gráfica mostraram que os modelos de Hradetzky e Schöepfer se mostraram como os melhores modelos para as estimativas de diâmetros ao longo dos fustes. Para a modelagem do volume, o modelo de Schöepfer se destacou dentre os demais.

Palavras-chave: Modelagem. Afilamento. Manejo Florestal.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sólidos de revolução de um fuste em sólidos de geométricos.....	19
Figura 2 – Exemplo da cubagem realizada neste estudo.....	27
Figura 3 – Gráfico de boxplot dos diâmetros medidos nas árvores das classes diamétricas de um povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	32
Figura 4 – Diâmetros mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Schöepfer.....	39
Figura 5 – Diâmetros mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Hradetzky.....	40
Figura 6 – Diâmetros mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Kozak.....	41
Figura 7 – Diâmetros mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o modelo de Goulding e Murray.....	42
Figura 8 – Volumes mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de	

Schöepfer.....
....46

Figura 9 – Volumes mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Hradetzky.....47

Figura 10 – Volumes mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Kozak.....4
8

Figura 11 – Volumes mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o modelo de Goulding e Murray.....49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas de acurácia utilizadas.....	30
Tabela 2 – Síntese dos resultados da cubagem rígorosa encontrados para cada classe diamétrica do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	31
Tabela 3 – Parâmetros estimados para o Modelo de Schöpfer ajustado para a base total e as classes diamétricas do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	33
Tabela 4 – Parâmetros estimados para o Modelo de Hradetzky ajustado para a base total e as classes diamétricas do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	33
Tabela 5 – Parâmetros estimados para o Modelo de Kozak ajustado para a base total e as classes diamétricas do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	34
Tabela 6 – Parâmetros estimados para o modelo de Goulding e Murray ajustado para a base total e as classes diamétricas do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	35
Tabela 7 – Estatísticas globais de precisão dos ajustes dos modelos afilamento para <i>Khaya ivorensis</i>	35
Tabela 8 - Posição do fuste em que o modelo não segmentado foi o mais acurado na estimativa dos diâmetros para os ajustes gerais e dentro das classes diamétricas.....	37
Tabela 9 – Árvores de de maior diâmetro, diâmetro mediado e menor diâmetro encontradas nos ajustes gerais e dentro das classes diamétricas.....	38
Tabela 10 – Posição do fuste em que o modelo não segmentado foi o mais acurado na estimativa dos volumes para os ajustes gerais e dentro das classes diamétricas.....	45
Tabela 11 – Acurácia para o modelo de Schöpfer no ajuste total dentro das classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	56

Tabela 12 – Acurácia para o Schöepfer no ajuste total e nas classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	57
Tabela 13 – Acurácia para o modelo de Hradetzky no ajuste total dentro das classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	58
Tabela 14 – Acurácia para o modelo de Hradetzky no ajuste total e nas classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	59
Tabela 15 – Acurácia para o modelo de Kozak no ajuste total dentro das classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	60
Tabela 16 – Acurácia para o modelo de Kozak no ajuste total e nas classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	61
Tabela 17 – Acurácia para o modelo de Goulding e Murray no ajuste total dentro das classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	62
Tabela 18 – Acurácia para o modelo de Goulding e Murray no ajuste total e nas classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	63
Tabela 19 – Acurácia para o Schöepfer no ajuste total dentro das classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	64

Tabela 20 – Acurácia para o modelo de Schöepfer no ajuste total e nas classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	65
Tabela 21 – Acurácia para o modelo de Hradetzky no ajuste total dentro das classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	66
Tabela 22 – Acurácia para o modelo de Hradetzky no ajuste total e nas classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	68
Tabela 23 – Acurácia para o modelo de Kozak no ajuste total dentro das classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.	69
Tabela 24 – Acurácia para o modelo de Kozak no ajuste total e nas classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	70
Tabela 25 – Acurácia para o modelo de Goulding e Murray no ajuste total dentro das classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.....	74
Tabela 26 – Acurácia para o modelo de Goulding e Murray no ajuste total e nas classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de <i>Khaya ivorensis</i> no norte de Minas Gerais.	75

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev	17
2.2 Manejo Florestal de <i>Khaya ivorensis</i>	18
2.3 Afilamento das árvores	19
2.4 Funções de afilamento	20
2.5 Modelos polinomiais não segmentados.....	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1 Área de estudo.....	26
3.2 Coleta de dados	26
3.3 Processamento dos dados.....	27
3.3.1 Quociente de forma.....	27
3.3.2 Modelos não segmentados testados	28
3.3.3 Precisão e acurácia dos modelos não segmentados testados.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 Síntese dos dados de cubagem rigorosa.....	31
4.2 Precisão e ajuste dos modelos.....	33
4.3 Acurácia dos modelos testados na estimativa de diâmetros ao longo do fuste	35
4.4 Acurácia dos modelos testados na estimativa de volumes ao longo do fuste	43
5. CONCLUSÃO	50
6 REFERÊNCIAS.....	51
7 ANEXOS	55

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países produtores de florestas plantadas no mundo, com aproximadamente 7 milhões de hectares plantados, em sua maior parte de Pinus e Eucalipto. Dentre os produtos adquiridos com a madeira das florestas plantadas destacam-se a produção de papel e celulose, carvão vegetal, madeira serrada e madeira processada (IBÁ, 2015).

Além de todas as condições edafoclimáticas necessárias, uma grande quantidade de terras sem utilização e a alta requisição de produtos madeireiros e não madeireiros, havia um motivo a mais para que a produção de florestas plantadas no Brasil se desenvolvesse tanto: a necessidade de preservar as florestas naturais. As demandas por madeira cresciam e as florestas nativas não possuíam capacidade para suprir o mercado. Sendo necessário prover as demandas por madeira e aumentar a produção, as florestas plantadas ganharam espaço e hoje o setor é responsável por 6% do produto interno bruto (PIB) do país (IBÁ, 2015). Pinus e Eucalipto são de fato as duas espécies florestais mais plantadas em território brasileiro, no entanto, o monocultivo de outras espécies vem sendo implementado, como por exemplo, a seringueira, acácia, paricá, teca, araucária, mogno africano, dentre outras. Apenas no ano de 2015, a área ocupada por plantios de espécies florestais alternativas já alcançava cerca de 590 mil hectares, compreendendo a quase 8% da área de florestas plantadas (IBÁ, 2016).

A busca por madeiras nobres e de alto valor comercial vem crescendo. Neste cenário a produção de florestas de mogno africano, a *Khaya ivorensis* A. CHEV vem ganhando espaço dentre as demais espécies florestais plantadas, visto que a madeira de mogno africano é amplamente conhecida pela sua beleza, elevada durabilidade, de fácil secagem e manuseio. A madeira é muito utilizada na indústria moveleira, construção naval, interiores de carros de luxo e design de interiores de casas sofisticadas, além disso também é conhecida pelo seu fuste retilíneo, um desenvolvimento em altura rápido e característico, além da resistência à broca do ponteiro (*Hypsipyla grandella*), praga que destrói os plantios do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) (OLIVEIRA, 2017).

Comparando a cultura do eucalipto por exemplo, que já é bem consolidada no país tendo diversos estudos científicos a respeito da sua ecologia, manejo, genética e etc.,

a cultura do mogno africano ainda é carente de estudos e informações, devido a grande parte dos plantios serem jovens ainda, vê-se necessário mais e mais estudos para que ajudem a consolidar a cultura no país. Com isso tem-se como extremamente importante os estudos da modelagem volumétrica da espécie e o estudo do afilamento dos indivíduos, propiciando com que áreas como o planejamento florestal de empresas que cultivem a cultura do *Khaya ivorensis* tenham mais informações para nortear um empreendimento garantindo uma otimização dos recursos madeireiros e avaliando possíveis crescimentos em produtividade volumétrica.

Para quantificar o volume das árvores pode-se utilizar de diversos recursos e ferramentas, destacando-se as equações de volume, sendo essas de simples e dupla entrada, fatores de forma e as funções de afilamento (FIGUEIREDO *et al.*, 2006). O afilamento, ou *taper*, é definido como a taxa de decréscimo de diâmetro ao longo do fuste, e assim modelando o perfil da árvore. Com as funções de afilamento é possível estimar diâmetros e volumes em quaisquer porções do fuste da árvore, trazendo assim uma alternativa de manejo como para múltiplos produtos por exemplo. As funções de afilamento podem ser divididas em diversos grupos, sendo os mais conhecidos os modelos polinomiais segmentados e não segmentados (CAMPOS; LEITE, 2013).

A adoção de classes diamétricas na modelagem florestal é uma prática comum, visto que proporciona maiores ganhos em acurácia e eficácia nas estimativas das variáveis como diâmetro e volume. Assis *et al.* (2002) fez o uso de classes diamétricas na avaliação da modelagem de diâmetros e volumes de *Pinus taeda* por meio de modelos polinomiais não segmentados, encontrando ao final do estudo uma precisão maior nas estimativas dentro do controle de classes, portanto, é um estudo que deve ser feito e avaliado para outras espécies, afinal não se sabe se o controle de classes diamétricas é de fato efetivo para a modelagem de variáveis dendrométricas de qualquer espécie florestal, ou se existe de fato um ganho com precisão nas estimativas utilizando esta metodologia.

Os objetivos deste estudo foram:

- Ajustar diferentes modelos polinomiais não segmentados, avaliar a precisão e acurácia na estimativa de diâmetros de árvores de *Khaya ivorensis* em povoamento não desbastado no norte de Minas Gerais.

- Ajustar diferentes modelos polinomiais não segmentados, avaliar a precisão e acurácia na estimativa de volumes totais de árvores de *Khaya ivorensis* em povoamento não desbastado no norte de Minas Gerais.
- Avaliar a influência do controle de classes diamétricas na precisão dos ajustes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Khaya ivorensis* A. Chev

Comumente chamado de mogno, compreende a diversas espécies que pertencem aos gêneros *Swietenia* e *Khaya*, que pertencem à família *Meliaceae*. Dentro do gênero *Khaya* encontra a espécie *Khaya ivorensis*, nativa do continente africano, mais precisamente as florestas localizadas na costa oeste do continente (RIBEIRO *et al.*, 2017).

A espécie é conhecida pelo seu crescimento elevado em altura e bons incrementos em diâmetro em condições naturais. As alturas para árvores adultas variam de 30 a 35 metros, havendo casos de ultrapassarem os 60 metros, seu diâmetro atinge até 2 metros. Suas folhas são do tipo parepinadas, com uma certa decíduidade. Suas flores são em forma de inflorescência em panículas com frutos de até 8 cm de diâmetro, no interior do fruto o preenchimento é por sementes do tipo alada (LEMMENS, 2008; PINHEIRO *et al.*, 2011). Seu fuste é retilíneo, de formato cilíndrico e liso, com a primeira inserção de galho apenas na parte superior da árvore, chegando muitas vezes a ter o primeiro galho apenas a 30 metros de altura (RIBEIRO *et al.*, 2017). Nativa do continente africano, o *Khaya ivorensis* ocorre em grandes extensões de terras que vão desde os países Gabão até Costa do Marfim, nessas regiões ocorrem uma precipitação anual que vai de 1600 a 2000 mm, tendo de 2 a 3 meses de seca (PINHEIRO, 2011; OPUNI-FRIMPONG *et al.*, 2008).

Segundo Foli (2000) e Batista (2010), *Khaya ivorensis* apresenta características de espécies heliófitas, ou seja, que necessita de total exposição solar para o seu desenvolvimento pleno. Entretanto, durante a fase jovem a planta também consegue ser tolerante a sombra. Desta maneira, a espécie pode ser classificada quanto a sucessão ecológica como pioneira ou secundária inicial, e pela posição sociológica como emergente (DENSLOW, 1987).

A espécie foi cultivada inicialmente no Brasil por volta do ano de 1976, por meio de plantios seminais, as primeiras sementes foram doadas pelo pesquisador da Embrapa, e plantadas na região norte brasileira. Com o passar dos anos, as primeiras árvores da espécie iniciaram seus processos de produção de sementes, que

por meio dessas foram então espalhadas para outros estados do país. Com as pressões legais impostas à preservação da principal espécie do gênero *Swietenia*, o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), viu-se a necessidade de ampliar os plantios de *Khaya ivorensis* no Brasil. A decisão de expandir os plantios da espécie no país foi baseada em alguns fatores, dentre eles: a equivalência entre as propriedades físicas e mecânicas da madeira dos mognos brasileiro e africano, além da resistência sob a mariposa *Hypsiphyla grandella*, a broca dos ponteiros que ataca principalmente as árvores de mogno brasileiro (POLTRONIERI *et al.*, 2000; CONDE, 2006; KRISNAWATI *et al.*, 2011).

Estudo realizado com plantas mais jovens permitiu avaliar de forma mais precisa a ecofisiologia da espécie, chegando à conclusão de que o *Khaya ivorensis* apresenta de fato uma relativa tolerância a déficit hídrico, deixando assim, viável o seu plantio em regiões com um período seco mais relevante (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013).

2.2 Manejo Florestal de *Khaya ivorensis*

No Brasil, foram contabilizados cerca de 10 mil hectares plantados de *Khaya ivorensis* em diversos estados e regiões do país de acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Mogno Africano (LOPES *et al.*, 2012).

Analisando os dados de plantios nos diferentes estados do Brasil, nota-se que Minas Gerais tem obtido dados de produção bem superiores aos demais estados, apresentando valores para altura e DAP uma média em torno de 3 m.ano⁻¹ e 4 cm. ano⁻¹, respectivamente (RIBEIRO *et al.*, 2017).

Os plantios com idade em torno de 27 anos realizados na Malásia, tem apresentado dados de produtividade superiores a 7,5 m³.ha⁻¹, com o detalhe na idade de rotação do planejamento de seus plantios, que são de 30 a 60 anos. Nestes mesmos plantios, é possível encontrar crescimento médio em DAP e altura de 1,8 cm.ano⁻¹ e 1 m.ano⁻¹, respectivamente (LEMMENS, 2008).

Dupuy & Koua (1993) determinaram que para os plantios de *Khaya ivorensis* na Costa do Marfim os melhores resultados em produtividade são possíveis adotando o manejo de plantios de densidade elevada, com espaçamentos de 3 m x 3 m e adotando desbastes no decorrer dos anos do plantio.

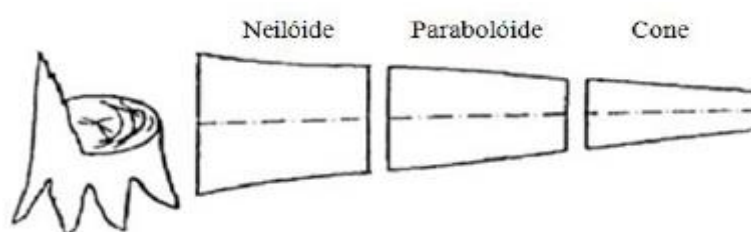
Segundo Ribeiro et al. (2016), no Brasil os produtores de *Khaya ivorensis* vem variando os espaçamentos de plantio, alguns adotam 4 m x 4 m e 5 m x 5 m, os desbastes devem ser realizados no momento em que as copas das árvores se encontram, adquirindo assim espaçamentos de 8 m x 8 m até 10 m x 10 m e assim conseguindo obter incrementos em diâmetro. Com condições adequadas de solo e clima, além do manejo apropriado pode-se obter uma produtividade de até 40 m³.ha.ano⁻¹.

2.3 Afilamento das árvores

Existem diversos fatores que influenciam o afilamento das árvores, entre eles estão a espécie, idade da árvore, posição sociológica da árvore no povoamento, o espaçamento do plantio, práticas de poda e desbaste, herdabilidade e qualidade do sítio (SCOLFORO; THIERSCH, 2004). Estes fatores podem influenciar a ponto de indivíduos de uma mesma espécie com diâmetros e alturas iguais apresentarem volumes diferentes, se a forma dos fustes for diferente (CAMPOS; LEITE, 2013).

Por muitos anos tentaram atribuir uma forma geométrica específica para o fuste das árvores, hoje tem-se a ciência de que o fuste de uma árvore não se assemelha apenas a uma forma geométrica específica e sim a mais de uma. Para diversos autores, como Chapman e Meyer (1949), Husch, Miller e Beers (1982) e Loetsch, Zöhner e Haller (1973), a forma da árvore é definida basicamente como um neilóide na base, um parabolóide no centro e um cone ou conóide no topo, porém a definição do ponto preciso de transição entre uma forma para a outra no fuste do indivíduo é uma tarefa extremamente difícil (ASSIS, 2002). Por isso se faz necessário o uso de técnicas de cubagem rigorosa, para que se possa seccionar o máximo possível do tronco e obter valores de diâmetro e altura em diversas porções da árvore e por meio de equações matemáticas modelar o perfil dos fustes (SCOLFORO; THIERSCH, 2004).

Figura 1: Secções de um fuste em sólidos de revolução.



Fonte: Adaptado de Loetsh; Haller (1973).

2.4 Funções de afilamento

As funções de afilamento, ou funções *taper*, ou funções de forma, são modelos matemáticos desenvolvidos para descrever matematicamente o perfil longitudinal de uma árvore. Devido às imperfeições e descontinuações que ocorrem nos fustes das árvores, este procedimento se torna difícil, porém com o avanço da ciência da computação, e máquinas de processamento avançado, o uso destes modelos se tornam algo mais possível e facilitado (FAVALESSA et al., 2012).

Pela equação desenvolvida é possível estimar diâmetros em qualquer parte da árvore, em qualquer altura. Utilizando ferramentas matemáticas, é possível realizar transformações algébricas nas equações e assim estimar o volume total de uma árvore, ou o volume parcial de uma determinada porção do fuste (CAMPOS; LEITE, 2013).

Para Soares et al. (2003), os modelos de afilamento, consistem basicamente em descrever matematicamente toda a extensão do fuste da árvore.

Para Husch et al. (1982), é necessário definir uma equação de *taper* para determinar o afilamento das árvores de um povoamento florestal, e assim definir os volumes totais e parciais, porém não só da árvore completa, mas de qualquer ponto ao longo do tronco.

Com as funções de afilamento é possível quantificar o volume total das árvores, se equivalendo assim às equações volumétricas usadas na literatura florestal. Contudo, as funções de *taper* possuem alguns privilégios pois estimam o volume em toda e qualquer porção do tronco, e este privilégio se dá devido a sua flexibilidade. Outro privilégio das funções de *taper* é sua utilização para determinar os possíveis usos da madeira para a mesma árvore (ÂNGELO et al., 1997).

Dentro das funções de afilamento pode-se definir os modelos em diversos grupos, porém os mais conhecidos são os grupos de modelos polinomiais, os modelos sigmoidais e os modelos de razão entre volumes. No grupo dos modelos polinomiais tem-se a divisão dos modelos polinomiais segmentados e os modelos polinomiais não segmentados, a principal diferença entre eles está na forma de ajuste, sendo que os modelos não segmentados tem-se uma função que irá descrever o perfil do fuste da secção basal até o topo. Porém os modelos segmentados são mais complexos de serem utilizados, os ajustes

são realizados em duas ou três seções do fuste. Outro empecilho dos modelos segmentados se dá pela limitação de encontrar o ponto exato da transição entre os sólidos de revolução.

Assis et al. (2002) avaliaram os modelos polinomiais de *taper* do grupo dos não segmentados de Schöepfer (1966), Goulding e Murray (1976), Hradetzky (1976) e Kozac (1969) para uma base de cubagem de 58 árvores de *Pinus taeda*, onde buscaram estimar diâmetros e volumes ao longo dos fustes. Ao avaliar as estatísticas de precisão e acurácia, os modelos de Hradetzky e Goulding e Murray se destacaram na estimativa de diâmetros e volumes. Estes dois modelos em destaque foram ajustados também utilizando o método de *Stepwise* (Passo a Passo), que constitui a junção dos dois métodos, o *Forward* e o *Backward* para a seleção de potências que fizeram parte dos ajustes.

Para a realização do método de *Stepwise*, deve-se escolher quais as potências que serão testadas, estas potências serão os expoentes da mesma variável do modelo. Ao final, o método retorna quais potências são consideradas “significativas” para o ajuste (Oliveira, 2017).

2.5 Modelos polinomiais não segmentados

Dentre as inúmeras técnicas estatísticas, os modelos não segmentados são amplamente utilizados na literatura florestal, que conseguem este posto devido suas principais características de associarem alta eficácia e praticidade na utilização. Estes modelos são descritos e desenvolvidos por um ajuste de regressão que correlaciona vários parâmetros estimados à diâmetros na extensão da árvore e suas alturas que são medidos durante a cubagem das árvores, juntamente a estes dados, os modelos contam ainda com os valores do diâmetro medido à altura do peito (DAP) e a altura total das árvores. Os modelos não segmentados para funções de afilamento são de fato amplamente utilizados, porém apresentam limitações visto que não esclarecem totalmente as alterações presentes na parte mais basal das árvores (SOUZA, 2007). Entre os modelos polinomiais não segmentados mais difundidos em trabalhos da área florestal, tem-se:

a) Polinômio do Quinto Grau (Schöepfer, 1966)

O modelo de Schöepfer, proposto por Schöepfer (1966), é amplamente difundido no meio florestal, isto se deu devido seus bons resultados gerados tanto para as estimativas

em diâmetro quanto para volumes, aliado a forma de ajuste simplificada (OLIVEIRA, 2017).

$$\frac{d_i}{d} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{h_i}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{h_i}{h}\right)^5 + \varepsilon_i \quad (1)$$

Em que: β = parâmetros a serem estimados; d_i = diâmetro localizado a uma altura i do fuste; h_i = altura localizada a um diâmetro i do fuste; ε_i = erro de estimativa; d = diâmetro a altura do peito; h = altura total da árvore.

Desenvolvendo o modelo, temos a equação (2) para estimar os diâmetros ao longo do fuste.

$$d_i = d \left[\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{h_i}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{h_i}{h}\right)^5 \right] + \varepsilon_i \quad (2)$$

Para estimar os volumes é necessário inicialmente fazer uma simplificação: $C_0 = \beta_0$; $C_1 = \frac{\beta_1}{h}$; $C_2 = \frac{\beta_2}{h^2}$; $C_3 = \frac{\beta_3}{h^3}$; $C_4 = \frac{\beta_4}{h^4}$; $C_5 = \frac{\beta_5}{h^5}$. Desta maneira a equação (2) passa para forma da equação (3). Para se obter o volume (v) de um sólido de revolução é preciso integrar suas áreas seccionais (g_i) entre o limite inferior (h_1) e o superior (h_2) que se deseja estabelecer. A representação da integral é descrita na equação (4). Elevando a equação ao quadrado e resolvendo a integral, tem-se a equação (5).

$$d_i = d \left[C_0 + C_1 h_i + C_2 h_i^2 + C_3 h_i^3 + C_4 h_i^4 + C_5 h_i^5 \right] + \varepsilon_i \quad (3)$$

$$v = K \int_{h_1}^{h_2} g_i^2 \delta h_1 \rightarrow v = K \int_{h_1}^{h_2} \frac{d_i^2 \pi}{40000} \delta h_1 \rightarrow v = K \int_{h_1}^{h_2} d_i^2 \delta h_1 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} v = Kd^2 \left[C_0^2 h_i + C_0 C_1 h_i^2 + \left(\frac{2}{3} C_0 C_2 + \frac{1}{3} C_1^2 \right) h_i^3 + \left(\frac{1}{2} C_0 C_3 + \frac{1}{2} C_1 C_2 \right) h_i^4 + \right. \\ \left. \left(\frac{2}{5} C_0 C_4 + \frac{2}{5} C_1 C_3 + \frac{1}{5} C_2^2 \right) h_i^5 + \left(\frac{1}{3} C_0 C_5 + C_1 C_4 + \frac{1}{3} C_2 C_3 \right) h_i^6 + \left(\frac{2}{7} C_1 C_5 + \frac{2}{7} C_2 C_4 + \right. \right. \\ \left. \left. \frac{1}{7} C_3^2 \right) h_i^7 + \left(\frac{1}{4} C_2 C_5 + \frac{1}{4} C_3 C_4 \right) h_i^8 + \left(\frac{2}{9} C_3 C_5 + \frac{1}{9} C_4^2 \right) h_i^9 + \frac{1}{5} C_4 C_5 h_i^{10} + \frac{1}{11} C_5^2 h_i^{11} \right]_{h_1}^{h_2} \quad (5) \end{aligned}$$

Em que: $K = \frac{\pi}{40000}$

b) Polinômio das Potências Inteiras e Fracionárias (Hradetzky, 1976)

O modelo de Hradetzky foi desenvolvido por Hradetzky (1976), o modelo é conhecido ser uma modificação do Modelo de Schöepfer, uma vez que ele utiliza de

potências inteiras e fracionárias para melhorar ajustes para estimar as variáveis em diferentes alturas.

$$\frac{d_i}{d} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_1} + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_2} + \dots + \beta_n \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_n} + \varepsilon_i \quad (6)$$

$$d_i = d \left[\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_1} + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_2} + \dots + \beta_n \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_n} \right] + \varepsilon_i \quad (7)$$

É necessário realizar uma simplificação para que cada variável esteja correspondente a sua potência selecionada no método de *Stepwise*, então fica da seguinte maneira: $C_0 = \beta_0$; $C_1 = \frac{\beta_1}{h^{p_1}}$. Gerando assim, a equação (8). Para se obter o volume (V) de um sólido de revolução é preciso integrar suas áreas seccionais (g_i) entre o limite inferior (h_1) e o superior (h_2) que se deseja estabelecer. A representação da integral é descrita na equação (9). Elevando a equação ao quadrado e resolvendo a integral, tem-se a equação (10).

$$d_i = d [C_0 + C_1 h_i^{p_1} + C_2 h_i^{p_2} + \dots + C_n h_i^{p_n}] + \varepsilon_i \quad (8)$$

$$v = K \int_{h_1}^{h_2} g_i^2 \delta h_1 \rightarrow v = K \int_{h_1}^{h_2} \frac{d_i^2 * \pi}{40000} \delta h_1 \rightarrow v = K \int_{h_1}^{h_2} d_i^2 \delta h_1 \quad (9)$$

$$v =$$

$$\begin{aligned} & Kd^2 \left[C_0^{2h_1} + 2C_0C_1 \left(\frac{h_i^{p_1+1}}{p_1+1}\right) + 2C_0C_2 \left(\frac{h_i^{p_2+1}}{p_2+1}\right) + \dots + 2C_0C_{(n-1)} \left(\frac{h_i^{[(p]_{(n-1)+1}}}{p_1+1}\right) + \right. \\ & 2C_0C_n \left(\frac{h_i^{[(p]_{n+1}}}{p_{n+1}}\right) + 2C_1C_2 \left(\frac{h_i^{(p_1+p_2+1)}}{p_1+p_2+1}\right) + \dots + 2C_1C_{(n-1)} \left(\frac{h_i^{(p_1+p_{(n-1)+1}}}{p_1+p_{(n-1)+1}}\right) + \\ & 2C_1C_n \left(\frac{h_i^{(p_1+p_n+1)}}{p_1+p_n+1}\right) + 2C_2C_{(n-1)} \left(\frac{h_i^{(p_2+p_{(n-1)+1}}}{p_2+p_{(n-1)+1}}\right) + 2C_2C_n \left(\frac{h_i^{(p_2+p_n+1)}}{p_2+p_n+1}\right) + \dots + \\ & 2C_{(n-1)}C_n \left(\frac{h_i^{[(p]_{(n-1)+p_n+1}}}{p_{(n-1)+p_n+1}}\right) + C_1^2 \left(\frac{h_i^{(2p_1+1)}}{2p_1+1}\right) + C_2^2 \left(\frac{h_i^{(2p_2+1)}}{2p_2+1}\right) + \dots + \\ & \left. C_{(n-1)}^2 \left(\frac{h_i^{(2p_{(n-1)+1}}}{2p_{(n-1)+1}}\right) + C_n^2 \left(\frac{h_i^{(2p_n+1)}}{2p_n+1}\right) \right]_{h_1}^{h_2} + \varepsilon_i. \quad (10) \end{aligned}$$

c) Polinômio do Segundo Grau (Kozak *et al.*, 1969)

O modelo de Kozak, ou modelo de Kozac (1969), é bem difundido na literatura florestal por sua facilidade de ajuste e bons resultados gerados (OLIVEIRA, 2017). Isolando di na equação (10) é possível estimar diâmetros nas secções do fuste pela equação (11), realizando a integral da equação (10) é possível estimar os volumes nas posições da árvore (12).

$$\left(\frac{d_i}{d}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + \varepsilon_i \quad (11)$$

$$d_i = d \sqrt{\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2} + \varepsilon_i \quad (12)$$

$$v = Kd^2 \left[\beta_0(h_2 - h_1) + \frac{\beta_1(h_2^2 - h_1^2)}{2h} + \frac{\beta_2(h_2^3 - h_1^3)}{3h^2} \right] + \varepsilon_i. \quad (13)$$

d) Modelo de Goulding e Murray (Goulding e Murray, 1976)

O modelo descrito por Goulding e Murray apresenta uma peculiaridade dos demais testados neste trabalho, isto pois, a proposta do modelo é apresentar uma relação entre um modelo volumétrico escolhido e um modelo de afilamento. Em termos gerais, é basicamente uma modificação no modelo de Schöepfer (14).

$$d_i^2 = \frac{\hat{v}}{Kh} \left[\beta_1 \left(\frac{h-h_i}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{h-h_i}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h-h_i}{h}\right)^3 + \dots + \beta_n \left(\frac{h-h_i}{h}\right)^n \right] + \varepsilon_i \quad (14)$$

$$\frac{d_i^2 Kh}{\hat{v}} - \frac{2(h-h_i)}{h} = \beta_2' \left[3 \left(\frac{h-h_i}{h}\right)^2 - 2 \left(\frac{h-h_i}{h}\right) \right] + \beta_3' \left[4 \left(\frac{h-h_i}{h}\right)^3 - 2 \left(\frac{h-h_i}{h}\right) \right] + \beta_n' \left[(n+1) \left(\frac{h-h_i}{h}\right)^n - \frac{2(h-h_i)}{h} \right] + \varepsilon_i \quad (15)$$

Com os resultados dos parâmetros encontrados na equação (15), por meio de fórmulas específicas, é possível obter os valores dos parâmetros da equação (14), considerando: $\beta_1=2(1-\Sigma\beta_i'ni=2)$; $\beta_2=3\beta_2'$; $\beta_n=(n+1)\beta_n'$.

A partir da equação (15) deve-se realizar a integração e obter a expressão (16) para a estimativa dos volumes ao longo do fuste.

$$v_c = \frac{\hat{v}}{h} \left[\frac{\beta_1(h-h_i)^2}{2h} + \frac{\beta_2(h-h_i)^3}{3h^2} + \frac{\beta_3(h-h_i)^4}{4h^3} + \dots + \frac{\beta_n(h-h_i)^{(n+1)}}{(n+1)h^n} \right]_0^h + \varepsilon_i. \quad (16)$$

A literatura florestal está repleta de trabalhos avaliando a eficiência dos diversos modelos não segmentados para *taper*, Lima (1986) por exemplo, avaliou os modelos de Biging (1984); Demaerschalk (1973); Kozak et al. (1969) e Ormerod (1973) em povoamentos de *Pinus elliotti*, a avaliação dos modelos se deu por conta da suas estimativas para volumes totais, volumes comerciais, diâmetros e alturas comerciais dada as dimensões específicas de toras como produto. Ao final do trabalho, o autor conclui que o melhor modelo dos que foram analisados foi o modelo de Kozak et al, em contrapartida o menos preciso foi o modelo de Ormerod.

Já para plantios de *Eucalyptus*, em povoamentos no sul da Bahia, Mendonça (2006) testou diversos modelos não segmentados para o afilamento, concluindo que os mesmos apresentaram uma certa tendenciosidade para estimar as variáveis que foram analisadas, porém o modelo de Ormerod (1973) foi o que houve uma precisão melhor para a estimativa de volumes comerciais, enquanto que o modelo de Schoepfer (1966) foi o melhor para estimativas de alturas comerciais.

Oliveira (2017) avaliou os modelos de afilamento Schöepfer, Kozac e Hradetzky para estimar diâmetros e volumes para duas bases de cubagem de povoamentos de *Khaya ivorensis*, uma das bases era de um plantio em Minas Gerais com idades próximas ao primeiro desbaste (7 anos), a segunda base pertencia a um plantio no Pará, próximo ao corte final estabelecido (14 anos). Por fim, definiu-se que os modelos de Schöepfer e Hradetzky se mostraram eficientes em suas estimativas após análises de suas estatísticas de precisão e acurácia.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

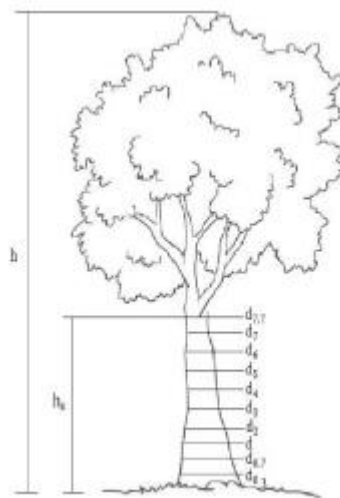
3.1 Área de estudo

Os dados para a realização do trabalho foram adquiridos por meio de inventário florestal realizado na Fazenda Retiro Novo, situada no município de Corinto, Minas Gerais (latitude 18°25'74'' e longitude 44°25'71''), em uma área de plantio de mogno africano (*Khaya ivorensis*), a área plantada é de 172,97 hectares, o plantio seminal está estabelecido em 10 talhões com 9 anos de idade, o espaçamento do plantio varia de talhão para talhão, com espaçamentos que vão desde 4 m x 4 m até 5 x 6 m, mas em geral está definido em 5 m x 5 m. O povoamento deste estudo não foi realizado a prática de desbaste.

3.2 Coleta de dados

Foram distribuídas de forma sistemática 38 parcelas na área para a coleta de dados para o inventário florestal, as parcelas foram circulares com um raio de 18 metros, conseguindo captar cerca de 45 a 55 indivíduos por parcela, todos os indivíduos tiveram os seus diâmetros a altura de 1,30 metros (DAP) medidos com uma fita diamétrica, as medidas de altura total foram tomadas apenas das árvores pertencentes as fileiras centrais de cada parcela, medindo a altura de cerca de 15 a 16 árvores por parcela, as medições de altura foram efetuadas com o dendrômetro CRITERION RD 1000. Nas mesmas parcelas também se realizou a cubagem rigorosa das árvores em pé, caracterizando-se por um método não destrutivo, onde não se necessita a derrubada de árvores. Os mesmos indivíduos que foram medidos as alturas também fizeram parte dos que foram cubadas em pé, a cubagem foi efetuada também com o dendrômetro CRITERION RD 1000, o método utilizado foi o de Smailian, onde foram medidos os diâmetros das árvores nas secções de 0,30, 0,70, 1,30, 2,00 metros e depois de metro a metro até a altura comercial da árvore, definida como a altura da inserção do primeiro galho (FIGURA 2), cubando desta maneira 498 indivíduos.

Figura 2: Exemplo da cubagem realizada neste estudo.



Fonte: Adaptado de Oliveira (2017).

3.3 Processamento dos dados

Os indivíduos da base de cubagem foram distribuídos em classes diamétricas, considerando um intervalo de 4 centímetros de diâmetro gerando assim 5 classes diamétricas, contendo indivíduos de 6 até 26 centímetros de diâmetro.

Esse agrupamento dos indivíduos em classes diamétricas foi realizado para definir as bases de dados para os ajustes os modelos polinomiais não segmentados com o controle da classe diamétrica. O objetivo dessa estratégia de ajuste é verificar se a posição sociológica da árvore influencia a precisão da modelagem, uma vez que, as formas dos fustes variam de acordo com a posição sociológica. De acordo com a literatura florestal as árvores nas menores classes de diâmetro têm fustes mais cilíndricos e em contrapartida, indivíduos pertencentes às maiores classes diamétricas possuem fustes mais cônicos (SCOLFORO; THIERSCH, 2004).

3.3.1 Quociente de forma

Para determinar a afilamento dos indivíduos das classes diamétricas, foi utilizado o quociente de forma de Schiffel (Q) médio calculado para cada classe estabelecida, que tem a função de representar o decréscimo natural de diâmetro existente nas árvores. O quociente de forma é definido pela razão entre diâmetros e tem a vantagem de ter uma obtenção de forma mais simples e que representa muito o perfil dos povoamentos (SCOLFORO; THIERSCH, 2004).

$$Q = \frac{d(50\% h)}{d} \quad (17)$$

Em que: Q = Quociente de forma de Schiffel; d(50% h) = valor do diâmetro tomado na metade da altura da árvore; d = diâmetro a altura do peito.

3.3.2 Modelos não segmentados testados

Os ajustes dos modelos não segmentados testados neste estudo foram realizados utilizando o software R (Core Team, 2016) e o software Microsoft Excel 2016. A partir das equações geradas para a estimativa dos diâmetros ao longo dos fustes, foram transformadas algebricamente a uma integral para a estimativa dos volumes ao longo dos fustes. Todos os modelos selecionados para este trabalho foram ajustados para a base de cubagem com todas as 489 árvores e para as 5 classes diamétricas, separadamente a fim de avaliar o comportamento dos modelos.

Os modelos testados foram: o modelo de Schöepfer (Modelo de Schöepfer); modelo de Hradetzky, modelo de Kozak e o modelo de Goulding e Murray. Foi realizado o método de seleção de potências Stepwise para o modelo de Hradetzky e Goulding e Murray para a base total de dados e para as classes diamétricas, selecionando apenas as potências que se mostraram significativas para o ajuste pelo teste F com α de 5%.

Para o modelo de Hradetzky foram testadas as seguintes potências: 0,009; 0,008; 0,007; 0,006; 0,005; 0,004; 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02; 0,01; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60. Para o ajuste do modelo de Goulding e Murray foram testadas as seguintes potências: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37. Além disso, para este modelo de afilamento é necessário anteriormente estimar o volume (\hat{v}) a partir de uma equação de volume a parte, o modelo de volume usado neste estudo foi o de Spuur Logaritimizado, o mesmo adotado por Oliveira (2017) para plantios de *Khaya ivorensis* em Minas Gerais, com idade próxima ao primeiro desbaste (7 anos).

$$\ln(Vol) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d^2 h) + \epsilon_i \quad (18)$$

Em que: Vol = Volume estimado; β = parâmetros a serem estimados; ϵ_i = erro de estimativa; d = diâmetro a altura do peito; h = altura total da árvore.

3.3.3 Precisão e acurácia dos modelos não segmentados testados

Os quatro modelos foram ajustados para a base de cubagem inteira e para as classes diamétricas, e em cada ajuste foram obtidos e analisados os valores das estatísticas de precisão: o erro padrão residual (S_{yx}), que revela se os valores estimados das variáveis dependente estão mais ou menos próximos dos valores reais. Neste caso, quanto mais próximo de zero, melhor foi o ajuste. O critério de informação Akaike (AIC) que descreve a relação entre as variáveis dependentes e independentes de cada modelo. Os modelos que apresentam os menores valores de AIC são os melhores ajustados; o *Bias* que analisa uma possível distorção que pode ocorrer entre os valores reais e estimados das variáveis dependentes. Para que o modelo de regressão se destaque dos demais este deve apresentar o menor valor de *Bias*. O RMSE% em porcentagem que é uma das estatísticas globais mais utilizadas para aferir a qualidade de ajustes de modelos e é definida como a raiz quadrada do erro médio. Quanto menor o RSME% melhor o ajuste.

A acurácia dos modelos foi analisada também para a base de cubagem com todos os indivíduos e para cada classe de diâmetro, porém foram analisadas as estimativas tanto para diâmetros quanto para volumes que as equações forneceram. A acurácia foi feita para cada posição do fuste considerando até uma altura de 16 metros. E as estatísticas utilizadas foram as mesmas trabalhadas por Assis et al. (2002), Figueiredo et al (2006) e Oliveira (2017).

Os valores das estatísticas foram comparados em cada porção do fuste, para cada modelo e base de dados, sendo a base total utilizada e as classes diamétricas. Ao final foi definido qual o modelo que ajustou-se de maneira satisfatória para estimar o diâmetro e o volume na porção específica da árvore e no geral, sendo atribuído o número 1 para o Modelo de Schöepfer, o número 2 para o o Modelo de Hradetzky, o número 3 para o Modelo de Kozak e o número 4 para o modelo de Goulding e Murray.

Tabela 1: Estatísticas de acurácia utilizadas.

Estatísticas	Fórmulas
Desvio (D)	$\frac{(\sum_{i=1}^n \text{Diff}_i)}{n}$
Desvio Padrão das Diferenças (SD)	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left[\text{Diff}_i \left(\frac{(\sum_{i=1}^n \text{Diff}_i)}{n} \right) \right]^2}{n - 1}}$

Soma do Quadrado do Resíduo Relativo
(SSRR)

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\text{Diff}_i}{m_1} \right)^2$$

Porcentagem dos Resíduos (RP)

$$\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\text{Diff}_i}{m_1} \right)^2 * 100}{n}$$

Em que: Diff_i = desvio dos volumes ($v_i - \hat{v}_i$) ou dos diâmetros ($d_i - \hat{d}_i$); n = número de árvores, m = medidas de diâmetro (d_i) ou volume (v_i) nas posições i do fuste.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Síntese dos dados de cubagem rigorosa

Na Tabela 2 encontram-se os resultados preliminares obtidos após a realização da cubagem rigorosa, a partir desta tabela tem-se um paronarama geral do perfil do povoamento estudado.

Tabela 2: Síntese dos resultados da cubagem rígososa encontrados para cada classe diamétrica do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais. Q é o quociente de forma calculado para cada classe; D > é o maior valor do diâmetro medido a 1,30 do solo encontrado na classe; D < é o menor valor do diâmetro medido a 1,30 do solo encontrado na classe; D Médio é o maior valor do diâmetro médio medido a 1,30 do solo encontrado na classe; H > é o maior valor de altura encontrado na classe; H < é o menor valor de altura encontrado na classe e H Média é o valor médio de altura encontrado na classe.

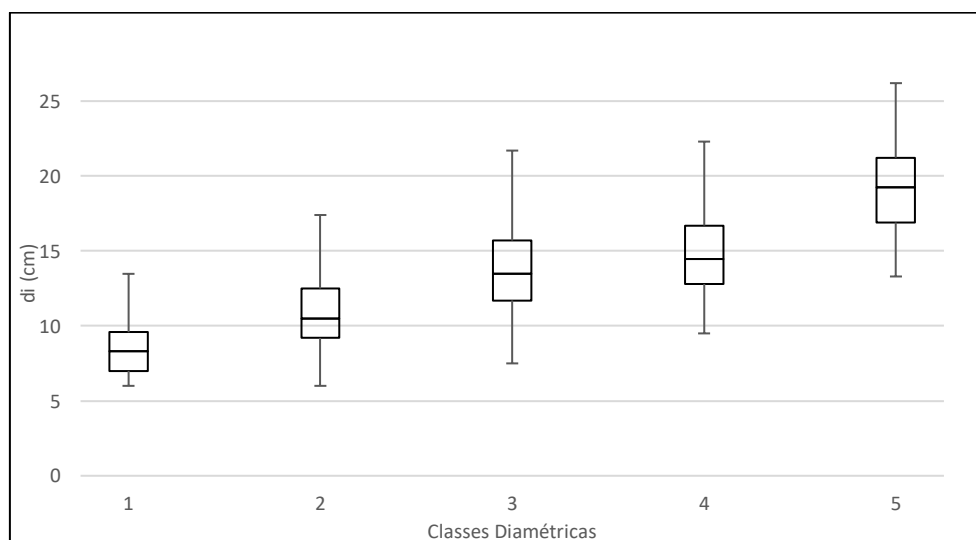
Classes Diamétricas (cm)		Q	D > (cm)	D Médio (cm)	D < (cm)	H > (m)	H Média (m)	H < (m)
6	→ 10	0,86	9,9	8,3	6,6	17,5	10,87	6,2
10	→ 14	0,72	13,9	12,2	10,0	21,2	13,89	8,3
14	→ 18	0,70	17,9	16,0	14,0	29,7	16,62	9,8
18	→ 22	0,65	21,8	19,2	18,0	29,7	18,21	13,3
22	→ 26	0,64	24,4	23,2	22,0	24,1	19,54	15,2

O quociente de forma é um meio adequado e muito utilizado para indicar a forma da árvore, sendo que o valor de $Q = 1$ é considerado que o fuste da árvore apresenta a forma mais cilíndrica possível. Analisando o quociente de forma médio calculado para as classes diamétricas na Tabela 2, foi encontrado um comportamento esperado, visto que as árvores com os diâmetros menores e conseqüentemente as menores árvores, apresentaram um valor de quociente de forma médio alto, como na primeira classe, com 0,86. Os valores vão decrescendo com o aumento do diâmetro, chegando a 0,64 na quinta e última classe. As árvores da primeira e segunda classe, possuem os maiores valores de quociente de forma médio (0,86 e 0,72), indicando que os fustes das árvores dessas classes possuem uma forma mais cilíndrica, enquanto que na quarta e quinta classes os valores do quociente de forma médio são os menores (0,65 e 0,64), apontando que os fustes dos indivíduos dessas classes são mais cônicos. Esse comportamento entre as classes acontece devido ao crescimento em diâmetro maior nas últimas classes e devido ao crescimento

em altura também, acarretando um adensamento maior nas secções transversais próximas a base da árvore. Nos diâmetros encontrados para as classes nota-se uma variação que vai desde 6,60 a 24,1 cm de diâmetro, nas alturas medidas tem-se uma variação de 6,2 a 29,7 metros, porém as maiores alturas foram encontradas em classes intermediárias de diâmetro, ou seja, no plantio encontra-se indivíduos muito altos mas com baixos incrementos em diâmetro.

Para uma análise mais detalhada a respeito da variabilidade e dispersão dos dados analisados, foi realizado um gráfico boxplot com os dados de diâmetros medidos de cada classe diamétrica (FIGURA 3).

Figura 3: Gráfico de boxplot dos diâmetros medidos nas árvores das classes diamétricas de um povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.



Em uma análise exploratória é possível verificar que os diâmetros da classe 3 possuem uma maior dispersão, enquanto as classes 1, 2, 4 e 5. A classe 1 apresentou uma forte assimetria, demonstrando uma grande concentração de indivíduos mais próximos do limite inferior da classe. As classes 2, 3, 4 e 5 apresentaram um comportamento semelhante a primeira, porém com uma assimetria mais leve. É notado que em todas as classes foi encontrado uma distribuição normal dos indivíduos e com isso é possível proceder modelagem diamétrica e volumétrica utilizando esta base de dados.

4.2 Precisão e ajuste dos modelos

Os valores encontrados para os parâmetros de cada modelo em cada situação estão descritos nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 abaixo, com suas respectivas potências. Ao final a Tabela 7, apresenta os valores encontrados para as estatísticas de precisão de cada modelo e em cada situação.

Tabela 3: Parâmetros estimados para o Modelo de Schöpfer ajustado para a base total e as classes diamétricas do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Total			Classe 1			Classe 2		
Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência
β_0	1,3342		β_0	1,4411		β_0	1,3774	
β_1	-5,8378	1	β_1	-5,9870	1	β_1	-6,1484	1
β_2	28,9786	2	β_2	27,2631	2	β_2	30,3888	2
β_3	-72,1495	3	β_3	-64,2294	3	β_3	-74,9962	3
β_4	82,5267	4	β_4	70,4486	4	β_4	85,4336	4
β_5	-34,8522	5	β_5	-28,9365	5	β_5	-36,0551	5
Classe 3			Classe 4			Classe 5		
Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência
β_0	1,3021		β_0	1,3088		β_0	1,2885	
β_1	-5,2732	1	β_1	-5,7556	1	β_1	-5,5082	1
β_2	24,6968	2	β_2	28,7705	2	β_2	26,8112	2
β_3	-59,1781	3	β_3	-71,4418	3	β_3	-65,2468	3
β_4	65,7360	4	β_4	80,9987	4	β_4	72,3838	4
β_5	-27,2837	5	β_5	-33,8807	5	β_5	-29,7286	5

Tabela 4: Parâmetros estimados para o Modelo de Hradetzky ajustado para a base total e as classes diamétricas do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Total			Classe 1			Classe 2		
Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência
β_0	-16769,8091		β_0	-15187,5251		β_0	-549,8239	
β_1	20142,0092	0,009	β_1	19632,6618	0,009	β_1	-7785,1649	0,09
β_2	-3821,4599	0,08	β_2	18641,2867	0,09	β_2	8206,4300	0,08
β_3	3827,1615	0,8	β_3	-23073,3340	0,08	β_3	-1624,7709	0,8
β_4	-8854,6144	0,7	β_4	-13,0839	0,8	β_4	1356,5440	0,7
β_5	5497,0901	0,6	β_5			β_5	398,6960	1
β_6	-20,3752	2	β_6			β_6	-1,9078	5
Classe 3			Classe 4			Classe 5		
Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência
β_0	-1161,0874		β_0	4120,4354		β_0	-32,8146	
β_1	-16143,2276	0,09	β_1	-4931,1766	0,009	β_1	-527,9936	0,09

β_2	17047,8967	0,08	β_2	912,4148	0,08	β_2	551,5641	0,08
β_3	-3029,0466	0,8	β_3	-681,2846	0,8	β_3	-133,2726	0,8
β_4	2564,1641	0,7	β_4	1663,9711	0,7	β_4	110,1862	0,7
β_5	723,5663	1	β_5	-1084,3554	0,6	β_5	32,9675	1
β_6	-2,2663	5	β_6			β_6	-0,6365	5

Tabela 5: Parâmetros estimados para o Modelo de Kozak ajustado para a base total e as classes diamétricas do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Total			Classe 1			Classe 2		
Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência
β_0	1,2993		β_0	1,5166		β_0	1,3401	
β_1	-2,1778	1	β_1	-2,8420	1	β_1	-2,1045	1
β_2	0,9554	2	β_2	1,3650	2	β_2	0,8626	2
Classe 3			Classe 4			Classe 5		
Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência
β_0	1,2973		β_0	1,2626		β_0	1,2425	
β_1	-2,2174	1	β_1	-2,1494	1	β_1	-2,1945	1
β_2	0,9874	2	β_2	0,9537	2	β_2	1,0189	2

Para o ajuste do modelo de Goulding e Murray foi necessário antes estimar o volume total das árvores por meio do modelo de Spuur Logaritimizado, que gerou um valor de R^2 de 0,9666 e S_{yx} de 0,0991 m³ para o ajuste total. A equação ajustada foi:

$$\ln(Vol) = -9,4756 + 0,9170\ln(d^2h) \quad (18)$$

Tabela 6: Parâmetros estimados para o modelo de Goulding e Murray ajustado para a base total e as classes diamétricas do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Total			Classe 1			Classe 2		
Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência
β_2	-11,9419	2	β_2	1,7480	15	β_2	1,8240	6
β_3	114,5576	3	β_3	16,0050	17	β_3	-8,9040	7
β_4	-322,9352	4	β_4	-44,1880	19	β_4	52,3640	8
β_5	345,2181	6	β_5	17,6350	22	β_5	-91,5400	9
β_6	-204,9054	7	β_6	30,8220	25	β_6	49,6380	11
β_7	101,9960	30	β_7			β_7		
β_8	0,4426	31	β_8			β_8		
Classe 3			Classe 4			Classe 5		
Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência	Parâmetros	Valores Estimados	Potência
β_2	2,3448	4	β_2	6,3029	2	β_2	2,8376	4
β_3	853,7375	5	β_3	-12,0373	4	β_3	-38,9188	5
β_4	-7652,9427	6	β_4	-33,6957	5	β_4	98,0113	6
β_5	27659,4447	7	β_5	149,8410	8	β_5	-65,6841	13
β_6	-51216,8232	8	β_6	-142,5275	22	β_6		
β_7	49826,8682	9	β_7	41,4172	25	β_7		

Tabela 7: Estatísticas globais de precisão dos ajustes dos modelos afilamento para *Khaya ivorensis*.

Schöpfer					Hradetzky				
Dados	Syx	AIC	Bayes	RMSE(%)	Dados	Syx	AIC	Bayes	RMSE(%)
Base	0,05312	-36167	2,633885E-05	6,78	Base	0,0526	-36668	-1,472277E-08	6,51
Classe 1	0,07424	-1112	-9,828730E-14	8,73	Classe 1	0,0751	-1110	5,368782E-01	8,80
Classe 2	0,05274	-7561	1,331307E-05	6,44	Classe 2	0,0588	-7290	2,829353E-10	7,18
Classe 3	0,12933	-13641	-2,059870E-13	16,22	Classe 3	0,0462	-20495	2,091046E-09	5,70
Classe 4	0,04652	-13859	-2,152295E-12	5,79	Classe 4	0,0468	-13827	3,691377E-10	5,83
Classe 5	0,04642	-4516	5,328280E-07	5,89	Classe 5	0,0447	-1464	-1,561428E-12	47,49
Kozak					Goulding e Murray				
Dados	Syx	AIC	Bayes	RMSE(%)	Dados	Syx	AIC	Bayes	RMSE(%)
Base	0,15934	-22753	-6,145483E-06	21,70	Base	0,1767	25612	-37,928646	54,34
Classe 1	0,19733	-715	-1,302862E-04	22,09	Classe 1	0,2518	331	-9,614006	29,89
Classe 2	0,16931	-2710	7,383498E-05	22,61	Classe 2	0,2310	-3529	10,592497	17,35
Classe 3	0,27873	-5149	-1,925799E-04	40,80	Classe 3	0,1670	-12010	0,011397	10,88
Classe 4	0,14573	-8631	7,494026E-05	20,14	Classe 4	0,1554	-4577	0,003987	10,21
Classe 5	0,13813	-2890	3,800734E-04	19,87	Classe 5	0,1973	-555	-0,615773	11,01

Para os modelos de afilamento, que visam descrever o perfil dos fustes das árvores, as estatísticas globais de precisão mais difundidas não explicam corretamente o desempenho dessas funções, visto que não levam em consideração a posição no fuste no qual o modelo irá estimar um valor. Estas estatísticas globais tem a função basicamente de mostrar a correlação entre as variáveis dependentes e independentes em cada modelo, para verificar de fato o comportamento da modelagem dos fustes de cada modelo é necessário realizar a acurácia dos mesmos.

4.3 Acurácia dos modelos testados na estimativa de diâmetros ao longo do fuste

Os resultados encontrados para o desvio, desvio padrão das diferenças, soma do quadrado do resíduo relativo e porcentagem dos resíduos na estimativa de diâmetros pelos quatro modelos nas classes diamétricas e para o ajuste total estão descritos nas Tabelas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 nos anexos.

Em geral, analisando as Tabelas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18, pelos valores das estatísticas de acurácia averigou-se primeiramente que os resultados encontrados para o ajuste total foram maiores do que valores encontrados para as classes de diâmetro, para as mesmas estatísticas e nas mesmas posições do fuste, em praticamente todos os modelos testados. Isto fomenta a discussão a respeito do uso de classes diamétricas para a

modelagem de diâmetros no fuste, o uso dessas classes foi importante para encontrar valores mais acurados nas secções das árvores.

Dentre os modelos testados neste estudo, os que apresentaram as melhores estatísticas de acurácia foram o Modelo de Schöpfer e o Modelo de Hradetzky sendo este o mais acurado. O Modelo de Schöpfer e o Modelo de Hradetzky apresentaram em seus ajustes individuais, uma acurácia superior na estimativa dos diâmetros das classes 4 e 5 na maioria das posições e para quase todas as estatísticas analisadas, ou seja, para indivíduos com diâmetros maiores os dois modelos obtiveram uma qualidade melhor na modelagem do que nas classes 1, 2 e 3 que contém os indivíduos com diâmetros médios e menores. Ainda com estes dois modelos, foram verificados valores menores para quase todas as estatísticas de acurácia nas classes 1 e 2 em relação a classe 3. Para o Modelo de Schöpfer e o Modelo de Hradetzky a modelagem dos diâmetros ao longo do fuste foi excelente nas classes 4 e 5, seguido das classes 1 e 2 e por último a classe 3, ou seja, modelam de forma satisfatória as árvores de maiores diâmetros, e as de menor diâmetro de forma superior do que as de diâmetros médios.

De certa forma, analisando a Figuras 3 e a Tabela 2, é possível notar que estes dois modelos tem a influência da forma dos fustes e variabilidade dos diâmetros das árvores em suas estimativas de diâmetro. Comparando os resultados, nota-se que o Modelo de Schöpfer e Modelo de Hradetzky estimaram melhor os diâmetros das árvores consideradas de forma mais cônica do que as de forma mais cilíndrica, concomitantemente com isso, levando em conta os resultados da Figura 3, os dois modelos também apresentam melhores estimativas para as classes que tem uma menor dispersão dos diâmetros, ou seja, para uma melhor modelagem diamétrica para a espécie *Khaya ivorensis* utilizando estes dois modelos seria ideal que os dados obtidos tivessem uma menor dispersão e que os fustes fossem os mais cônicos possíveis.

Comparando agora o Modelo de Schöpfer e o Modelo de Hradetzky, é possível verificar que os dois modelos se alternam entre eles sendo um mais acurado em uma determinada situação e o outro em outra determinada situação.

O Modelo de Kozak apresentou boas estatísticas de acurácia para as estimativas do diâmetro, porém bem inferior aos outros polinômios, o mesmo ocorreu com modelo de Goulding e Murray na modelagem dos diâmetros, seus valores de acurácia não foram satisfatórios como os demais, porém em algumas posições do fuste ele se mostrou uma boa alternativa, e estas informações corroboram com as estatísticas globais encontradas para estes dois modelos.

Na Tabela 8, está um resumo de como a modelagem ficou para os ajustes gerais e no controle de classes dentro das posições do fuste até uma altura de 16 metros, sendo considerado uma altura média da base de dados. O Modelo de Schöepfer é o modelo de número 1, o Modelo de Hradetzky número 2, Modelo de Kozak número 3 e o modelo de Goulding e Murray número 4.

Tabela 8: Posição do fuste em que cada modelo foi o mais acurado na estimativa dos diâmetros para os ajustes gerais e dentro das classes diamétricas.

hi	Total	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
0,30	2	1	2	4	2	2
0,70	2	1	2	1	2	2
1,30	2	1	2	4	2	2
2,00	2	1	2	4	2	2
3,00	2	4	2	1	2	2
4,00	2	1	2	4	1	1
5,00	2	2	1	1	1	1
6,00	2	2	2	1	2	1
7,00	2	1	1	1	2	1
8,00	2	2	1	1	1	2
9,00	2	1	2	1	1	2
10,00	2	1	1	1	1	2
11,00	2	4	1	1	1	4
12,00	2	2	2	4	2	1
13,00	2	1	2	4	2	2
14,00	2	1	2	4	4	2
15,00	2	2	2	1	4	1
16,00	2	2	1	3	4	1

Os modelos 1 e 2 se intercalaram como os mais acurados, sendo o modelo 2 o mais acurado para os ajustes totais, já nas classes diamétricas este se mostrou eficaz em 67% das posições na classe 2, em 45% das posições da classe 5 e 50% das posições da classe 4. O modelo 1 apresentou eficiência em 56% das posições da classe 3 e da classe 1. Para os diâmetros localizado na base das árvores, o Modelo de Hradetzky modelou de forma adequada nos ajustes totais, e nas classes 2, 4 e 5, mostrando como a utilização do método de “*Stepwise*” foi eficaz selecionando potências para descrever da melhor forma esta porção do fuste, o mesmo ocorreu no estudo feito por Assis et al. (2002), onde o mesmo polinômio também apresentou bons resultados para as porções mais basais das árvores de *Pinus taeda* no estado do Paraná.

O modelo 3 apareceu apenas uma vez, na posição de 16 metros para a classe 3, apresentando uma alternativa para estimar diâmetros de árvores médias no povoamento em alturas superiores.

O modelo 4 apareceu com frequência na classe 3, apresentando eficiência nas estimativas de 39% das posições dos fustes dessa classe, indicando que este modelo, embora inferior ao 1 e 2, com o auxílio do método de “*Stepwise*” pode selecionar potências para aumentar a eficácia na estimativa de diâmetros das árvores de diâmetro mais intermediário.

Nas Figuras 4, 5, 6 e 7, são apresentados os gráficos de comparação entre os diâmetros mensurados e estimados para todos os modelos testados neste estudo, em cada gráfico há uma árvore de maior diâmetro, uma de diâmetro médio e uma de menor diâmetro para os ajustes com as bases de dados totais e por cada classe de diâmetro. A Tabela 9, apresenta os diâmetros das árvores utilizadas para a confecção dos gráficos.

Tabela 9: Árvores de de maior diâmetro, diâmetro médio e menor diâmetro encontradas nos ajustes gerais e dentro das classes diamétricas.

Base de Dados	Maior Diâmetro (cm)	Diâmetro Médio (cm)	Menor Diâmetro (cm)
Total	24,40	15,90	6,60
Classe 1	9,90	8,30	6,60
Classe 2	13,90	12,20	10,00
Classe 3	17,90	16,00	14,00
Classe 4	21,80	19,20	18,00
Classe 5	24,40	23,20	22,00

Figura 4: Diâmetros mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Schöepfer. Em que: di cub (3) = árvore com menor DAP medido na cubagem rigorosa; di cub (2) = árvore com DAP médio medido na cubagem rigorosa; di cub (1) = árvore com maior DAP medido na cubagem rigorosa; di est (3) = árvore com menor DAP estimado; di est (2) = árvore com DAP médio estimado; di est (1) = árvore com maior DAP estimado; di = diâmetro em cm localizado a uma altura i do fuste; hi = altura em m localizada em um diâmetro i.

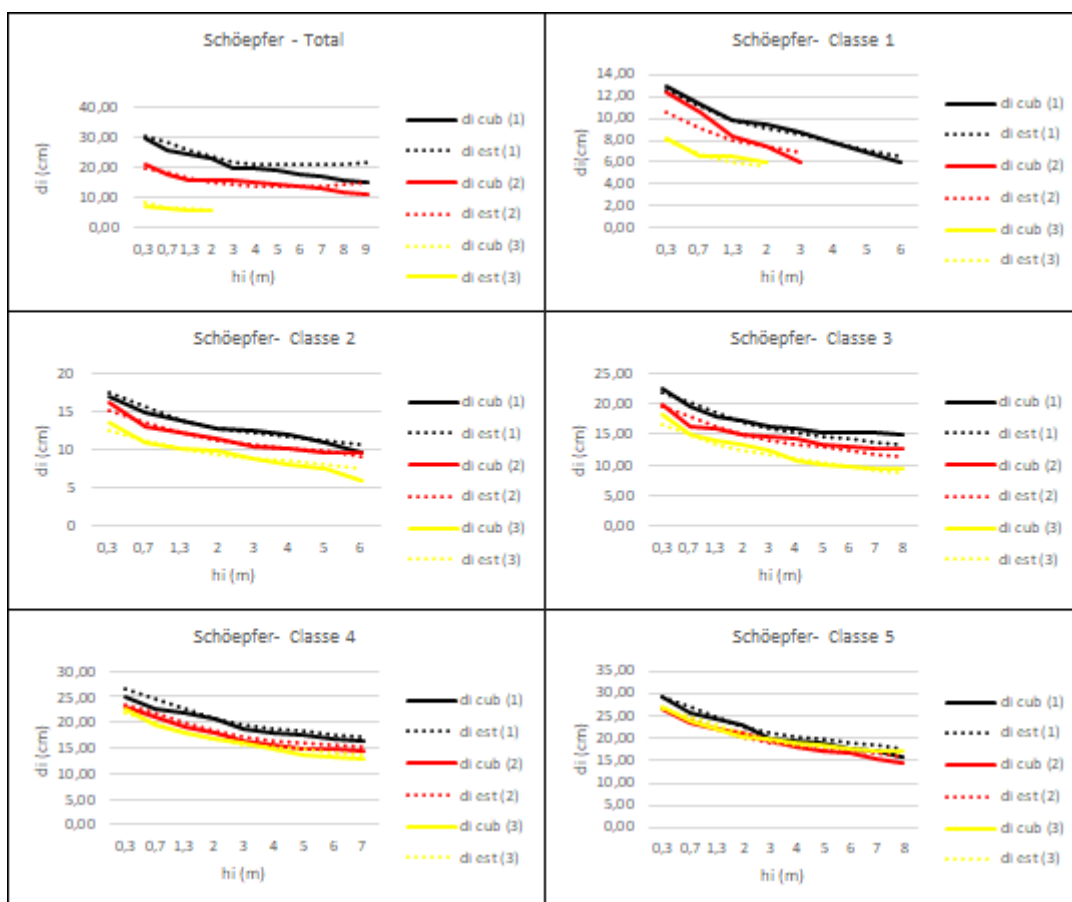


Figura 5: Diâmetros mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Hradetzky. Em que: di cub (3) = árvore com menor DAP medido na cubagem rigorosa; di cub (2) = árvore com DAP médio medido na cubagem rigorosa; di cub (1) = árvore com maior DAP medido na cubagem rigorosa; di est (3) = árvore com menor DAP estimado; di est (2) = árvore com DAP médio estimado; di est (1) = árvore com maior DAP estimado; di = diâmetro em cm localizado a uma altura i do fuste; hi = altura em m localizada em um diâmetro i.

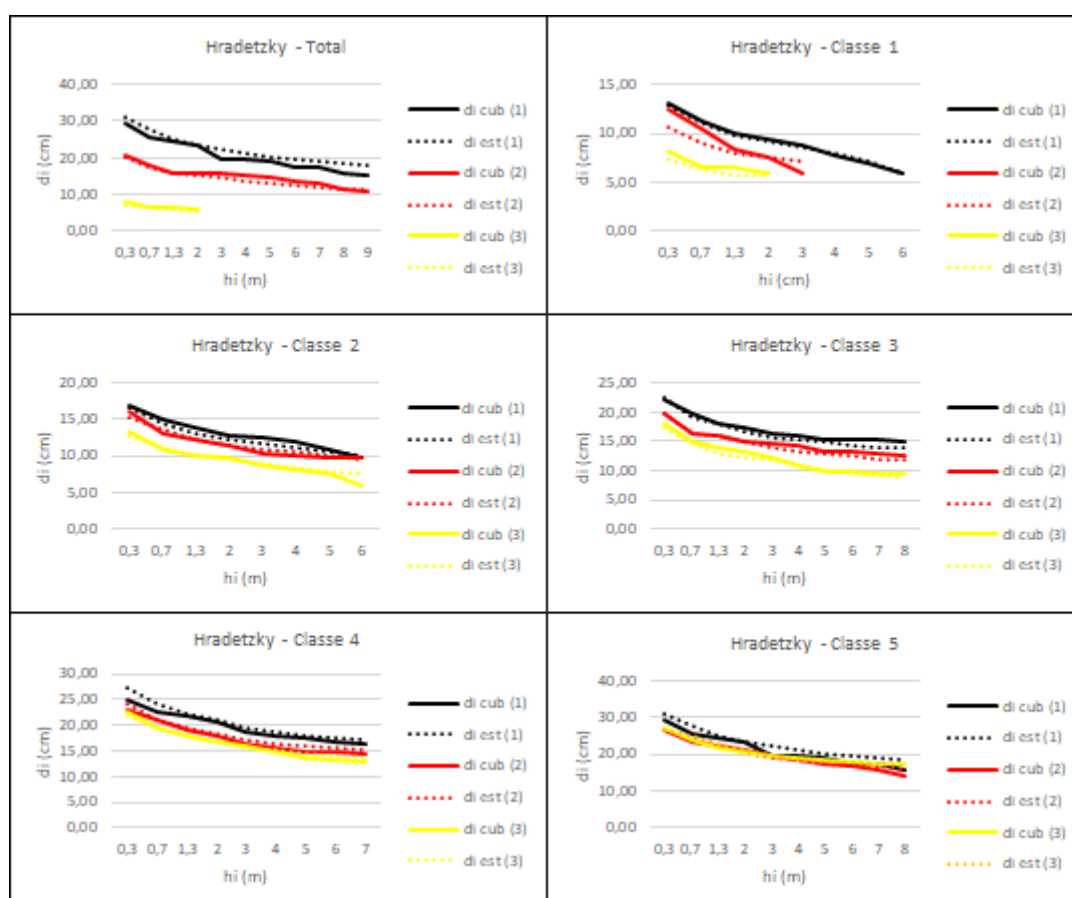


Figura 6: Diâmetros mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Kozak. Em que: di cub (3) = árvore com menor DAP medido na cubagem rigorosa; di cub (2) = árvore com DAP médio medido na cubagem rigorosa; di cub (1) = árvore com maior DAP medido na cubagem rigorosa; di est (3) = árvore com menor DAP estimado; di est (2) = árvore com DAP médio estimado; di est (1) = árvore com maior DAP estimado; di = diâmetro em cm localizado a uma altura i do fuste; hi = altura em m localizada em um diâmetro i.

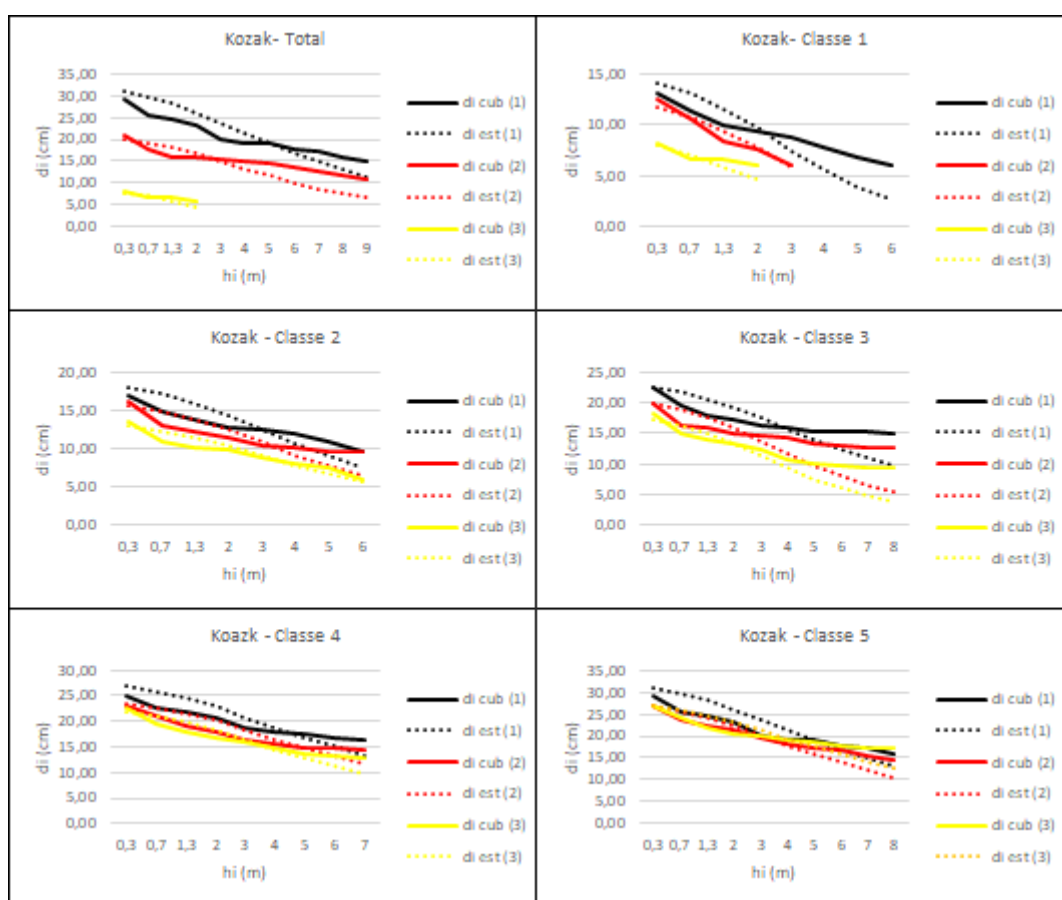
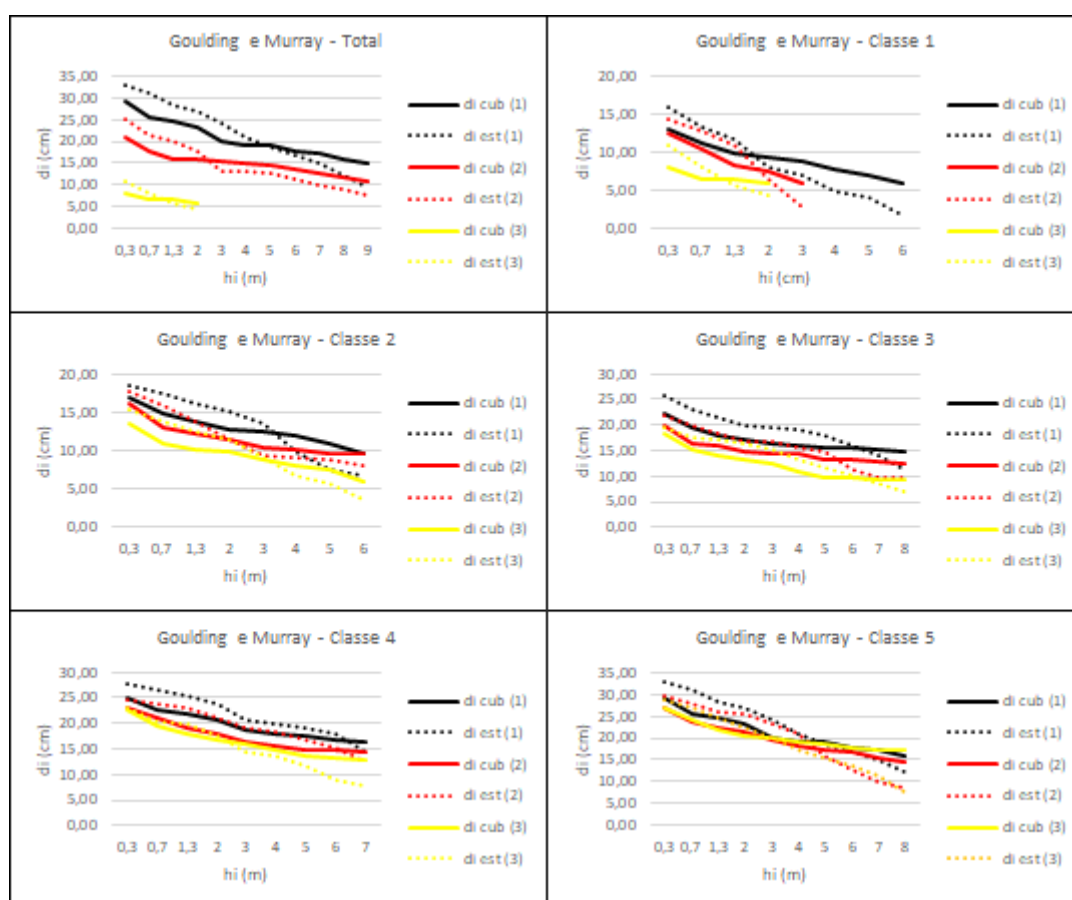


Figura 7: Diâmetros mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o modelo de Goulding e Murray. Em que: di cub (3) = árvore com menor DAP medido na cubagem rigorosa; di cub (2) = árvore com DAP médio medido na cubagem rigorosa; di cub (1) = árvore com maior DAP medido na cubagem rigorosa; di est (3) = árvore com menor DAP estimado; di est (2) = árvore com DAP médio estimado; di est (1) = árvore com maior DAP estimado; di = diâmetro em cm localizado a uma altura i do fuste; hi = altura em m localizada em um diâmetro i.



Para os ajustes gerais, o Polinômio do Quinto e Segundo Grau e o das Potências Inteiras e Fracionárias obtiveram bons resultados nas estimativas de diâmetros ao longo do fuste para as árvores de maior, menor e médio diâmetro. Com o controle de classes o Modelo de Schöepfer estimou bem o diâmetro da árvore mais fina e mais grossa em praticamente todas as classes, a árvore de diâmetro médio obteve uma estimativa um pouco ruim apenas na primeira classe, mas em geral o modelo 1 trabalhou bem nas

situações impostas. O Modelo de Hradetzky apresentou resultados muito parecidos com o anterior, porém mais acurado em algumas situações como na porção mais basal da árvore de maior diâmetro no ajuste geral, ou na parte mais superior da árvore de maior diâmetro na classe 3. Já o Modelo de Kozak não foi tão efetivo quanto os dois primeiros modelos na modelagem dos diâmetros, em todas as situações o modelo inicia apresentando uma certa eficiência, porém no decorrer do fuste o mesmo da início a uma série de erros. O modelo de Goulding e Murray não modelou de forma satisfatória os diâmetros ao longo do fuste para os indivíduos de diâmetros maiores, ele possui estimativas mais satisfatórias nos indivíduos de diâmetro mediano e de menores diâmetros, porém ainda com pouca precisão.

4.4 Acurácia dos modelos testados na estimativa de volumes ao longo do fuste

Os resultados encontrados para o desvio, desvio padrão das diferenças, soma do quadrado do resíduo relativo e porcentagem dos resíduos nas estimativas de volumes pelos quatro modelos, nas classes diamétricas e o ajuste total estão descritos nas Tabelas 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26 nos anexos.

Assim como ocorreu nas estimativas dos diâmetros, a acurácia dos volumes apresentou o mesmo comportamento entre os modelos, ou seja, os valores encontrados para praticamente todas as estatísticas do ajuste total da base de dados foram maiores do que os valores encontrados para o controle das classes, indicando assim que o uso de classes diamétricas para a modelagem do volume também é indicado, pois os volumes nas posições dos fuste são estimados com uma acurácia melhor.

Para as estimativas volumétricas os modelos apresentaram praticamente o mesmo comportamento das estimativas diamétricas, ou seja, o Modelo de Schöpfer e o Modelo de Hradetzky se destacaram com seus resultados de acurácia para todos os ajustes e em todas as porções do fuste, porém diferente da modelagem dos diâmetros, o modelo que obteve destaque nesta análise foi o Modelo de Schöpfer.

Analisando os resultados nas classes 1, 2 e 5, observa-se que o Modelo de Schöpfer e o Modelo de Hradetzky, obtiveram os menores valores para quase todas as estatísticas de acurácia em seus ajustes individuais, seguido das classes 4 e 3 indicando assim um desempenho melhor na estimativa por estes modelos, de árvores com os menores diâmetros e com os maiores diâmetros, do que as árvores de diâmetros medianos. Sendo assim, para estes modelos, a ordem de melhor acurácia foram nas classes 1,2 e 5,

seguido das classes 4 e 3.

Novamente observando a Tabela 2, e comparando com os resultados das estatísticas de acurácia do Modelo de Schöepfer e o Modelo de Hradetzky, é possível constatar um comportamento diferente a respeito dos ajustes de volume em relação aos ajustes dos diâmetros, para a modelagem volumétrica os dois modelos em questão se mostraram eficazes estimando volumes nas classes onde os indivíduos são mais cilíndricos como as classes 1 e 2, porém obteve bons resultados para classes com indivíduos de forma mais cônica como a classe 5. Comparando os resultados com a Figura 3, percebe-se também para as estimativas volumétricas que estes modelos tiveram um melhor desempenho nos ajustes em classes com menores dispersões como nas classes 1 e 2.

O Modelo de Kozak e o modelo de Goulding e Murray apresentaram resultados satisfatórios para a modelagem volumétrica, cada um apresentou valores de acurácia melhores em certas posições do fuste.

Nos estudos de Oliveira (2017), o Modelo de Schöepfer também foi o mais efetivo nas estimativas de volumes de povoamentos de *Khaya ivorensis* com idades próximas ao primeiro desbaste e próximos ao corte final, corroborando assim para a qualidade da modelagem dos volumes para esta espécie com o uso do Modelo de Schöepfer.

Na Tabela 10 é apresentado uma síntese da modelagem dos volumes para todas as situações e nas posições do fuste até uma altura de 16 metros. A numeração dos modelos é a mesma considerada nas análises da outra variável analisada.

Tabela 10: Posição do fuste em que cada modelo foi o mais acurado na estimativa dos volumes para os ajustes gerais e dentro das classes diamétricas.

hi	Total	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
0,30	1	1	1	1	1	2
0,70	1	1	1	1	1	1
1,30	2	3	2	3	1	2
2,00	1	1	1	1	1	1
3,00	1	2	3	3	2	3
4,00	1	1	2	3	2	3
5,00	3	1	1	1	1	1
6,00	2	1	1	1	1	1
7,00	3	4	1	1	2	1
8,00	1	1	1	1	1	1
9,00	1	1	1	1	1	2
10,00	1	1	4	1	1	2

11,00	1	1	1	2	1	3
12,00	1	1	1	3	1	1
13,00	1	1	1	2	3	1
14,00	2	1	4	2	4	1
15,00	2	1	3	2	2	2
16,00	2	1	1	2	4	4

Como é descrito na Tabela 10, o modelo 1 predomina na modelagem dos volumes em praticamente todas as secções dos fustes e para todas as bases de dados. O modelo 2 aparece em segundo, em terceiro e quarto lugar destacam-se os modelos 3 e 4 respectivamente, modelando de forma adequada certas porções do fuste. O modelo 2 se destaca também por ajustar de forma efetiva as posições mais altas do fuste, geralmente próximas a ponta da árvore principalmente nas árvores mais grossas, indicando a eficácia do uso do método de “*Stepwise*” selecionando potências adequadas para a modelagem destas porção das árvores.

O modelo 1 se mostrou eficaz na estimativa de 61% das posições dos ajustes gerais, 83% das posições da classe 1, e 67% da classe 2, 50% das posições da classe 3 e 5 e 61% das posições da classe 4, se motrando assim a frente dos demais modelos para as estimativas volumétricas.

Os modelos 2 e 3 se destacaram em 28% e 11% das posições dos fustes dos ajustes gerais, 11% das posições do fuste cada um na classe 2, 28% e 22% das posições do fuste cada um na classe 3 respectivamente, na classe 4 os modelos 2 e 3 destacaram-se com 22% e 5% nas estimativas dos fustes, já na classe 5 os mesmos modelos representaram bem 28% e 17% das posições dos fustes respectivamente.

O modelo 4 se destacou mais nas classes 2 e 4, aparecendo com apenas 11% das posições dos fustes nessas classe.

Nas figuras 8, 9, 10 e 11 a seguir estão os gráficos dos perfis dos volumes mensurados na cubagem e estimados para todos os modelos testados neste estudo, em cada gráfico contém as mesmas árvores com os maiores diâmetros, com diâmetros medianos e os menores diâmetros para as bases de dados totais e de cada classe de diâmetro como nas análises da outra variável.

Figura 8: Volumes mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Schöpfer. Em que: vol cub (3) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com menor DAP; vol cub (2) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com DAP médio; vol cub (1) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com maior DAP; vol est (3) = volume estimado da árvore com menor DAP; vol est (2) = volume estimado da árvore com DAP médio; vol est (1) = volume estimado da árvore com maior DAP; vol = volume em m^3 localizado a uma altura i do fuste; h_i = altura em m localizada em um volume i .

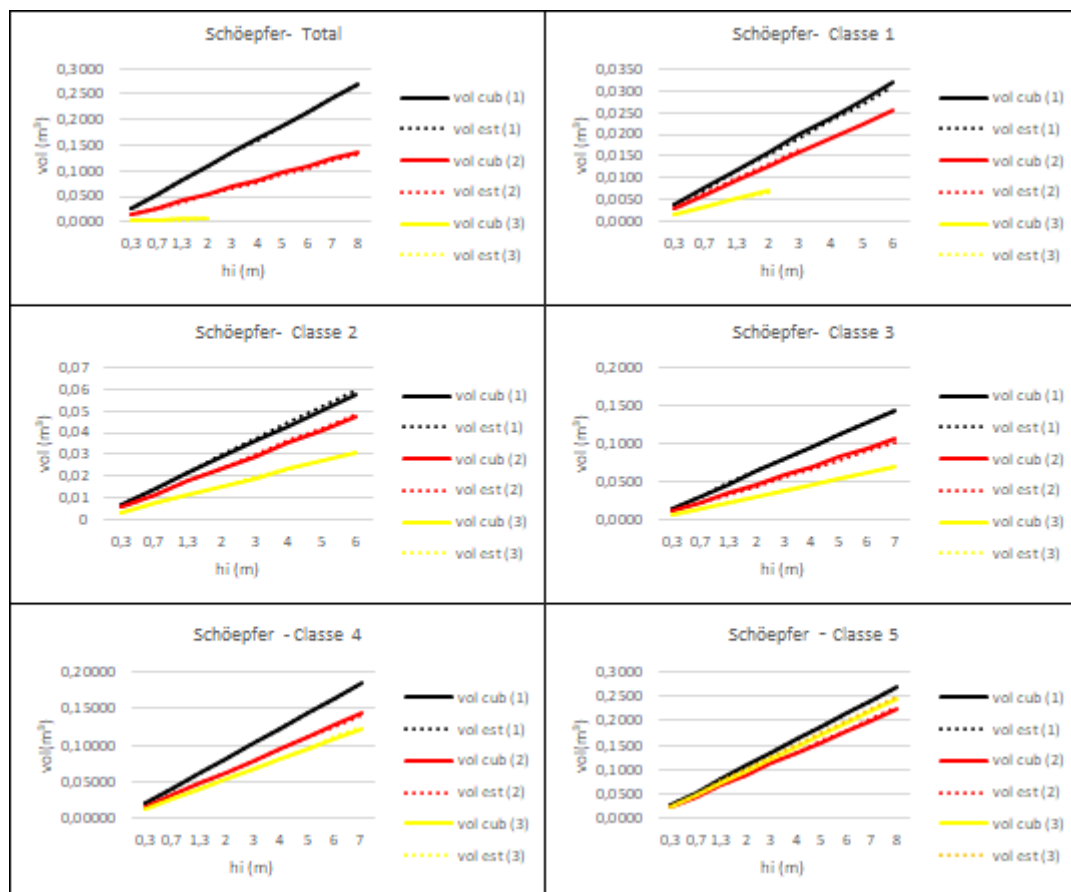


Figura 9: Volumes mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Hradetzky. Em que: vol cub (3) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com menor DAP; vol cub (2) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com DAP médio; vol cub (1) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com maior DAP; vol est (3) = volume estimado da árvore com menor DAP; vol est (2) = volume estimado da árvore com DAP médio; vol est (1) = volume estimado da árvore com maior DAP; vol = volume em m^3 localizado a uma altura i do fuste; h_i = altura em m localizada em um volume i .

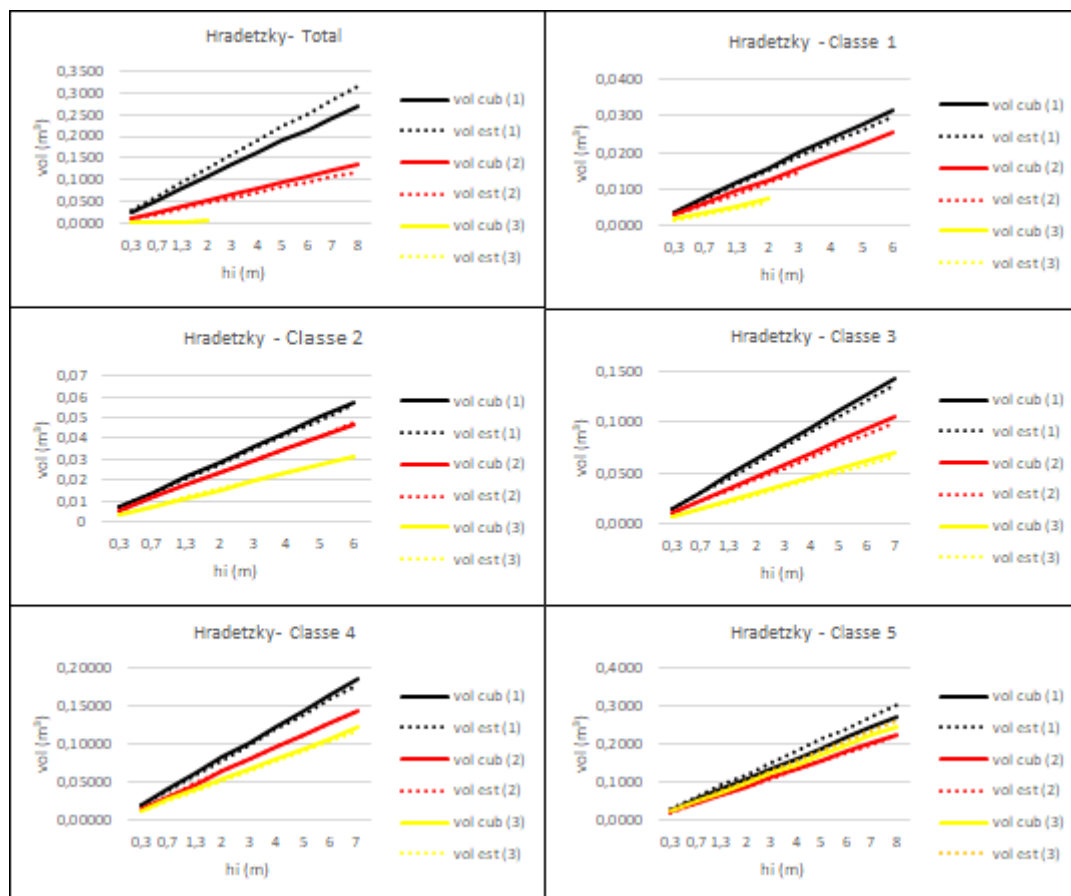


Figura 10: Volumes mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o Modelo de Kozak. Em que: vol cub (3) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com menor DAP; vol cub (2) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com DAP médio; vol cub (1) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com maior DAP; vol est (3) = volume estimado da árvore com menor DAP; vol est (2) = volume estimado da árvore com DAP médio; vol est (1) = volume estimado da árvore com maior DAP; vol = volume em m^3 localizado a uma altura i do fuste; h_i = altura em m localizada em um volume i .

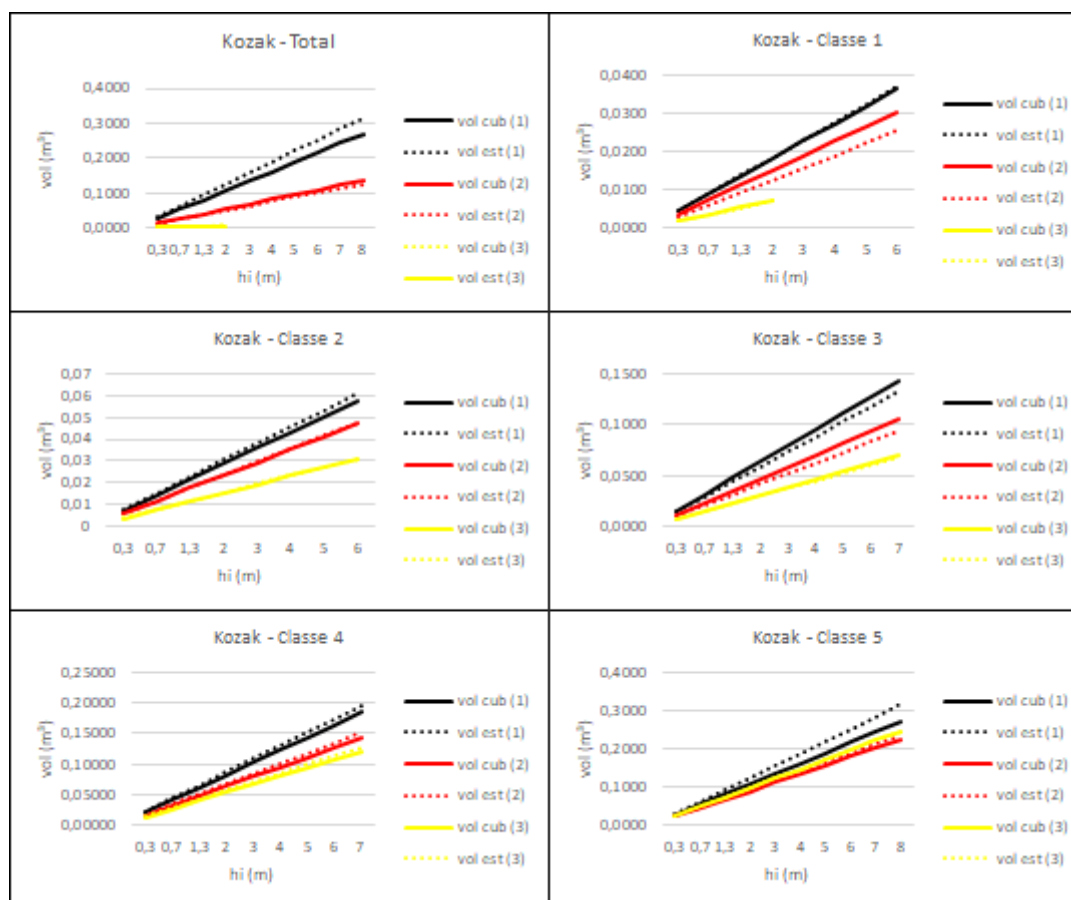
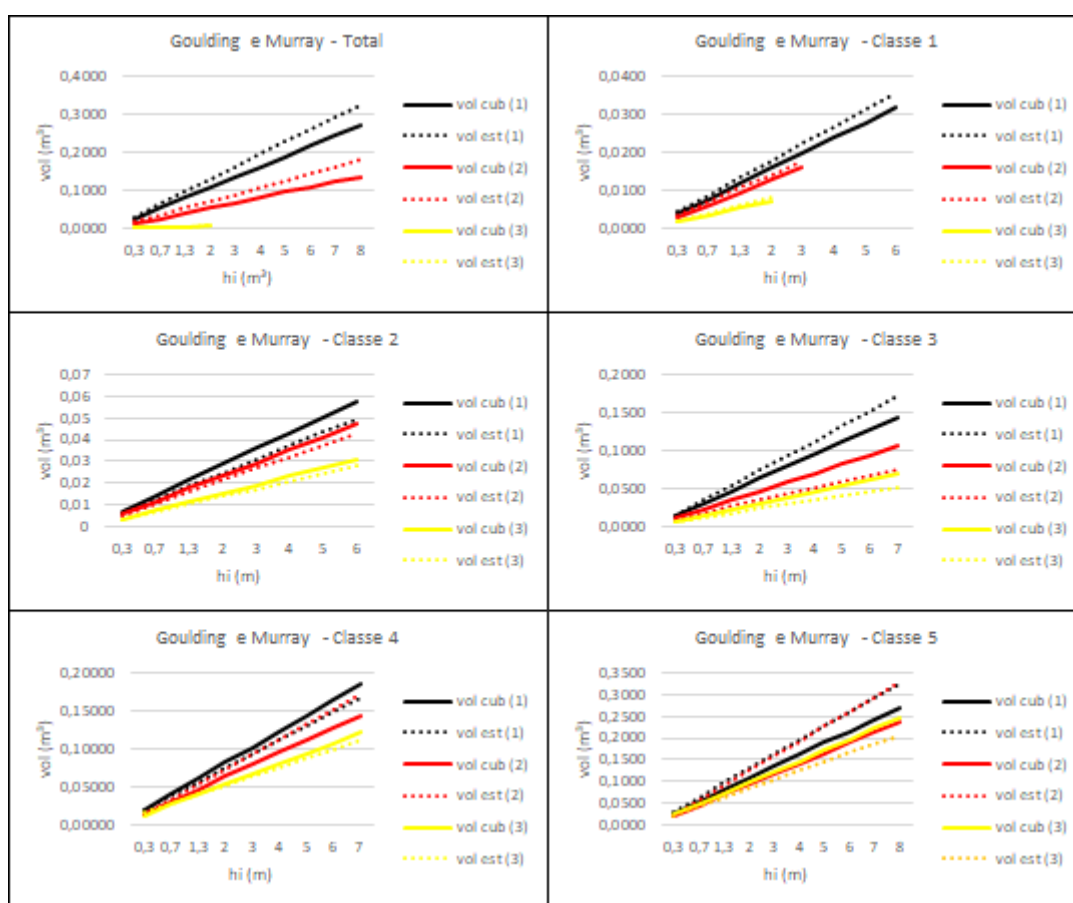


Figura 11: Volumes mensurados (linha sólida) e estimados (linha tracejada) até uma altura do fuste específica de árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais dentro dos ajustes totais e nas classes diamétricas para o modelo de Goulding e Murray. Em que: vol cub (3) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com menor DAP; vol cub (2) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com DAP médio; vol cub (1) = volume obtido na cubagem rigorosa da árvore com maior DAP; vol est (3) = volume estimado da árvore com menor DAP; vol est (2) = volume estimado da árvore com DAP médio; vol est (1) = volume estimado da árvore com maior DAP; vol = volume em m^3 localizado a uma altura i do fuste; h_i = altura em m localizada em um volume i .



Exemplificando os resultados da Tabela 10, os gráficos das Figuras 8, 9, 10 e 11 mostram a qualidade da modelagem dos volumes para todos modelos, e a superioridade do Modelo de Schöepfer nestes ajustes, o modelo foi eficaz em praticamente todas as situações estimando o volume das árvores de diâmetros menores e medianos, nas árvores de diâmetros maiores o modelo perde eficácia mas mantendo-o ainda como o mais acurado.

5. CONCLUSÃO

Os modelos do Modelo de Schöepfer e Modelo de Hradetzky mostraram bons ajustes nas estimativas de diâmetros ao longo do fuste para a base de dados total e para todas as classes, estes modelos apresentaram a característica de propiciar melhores ajustes em classes de indivíduos mais cônicos e com a base de dados com menores dispersões dos dados, sendo assim, qualquer um dos dois se mostra eficiente na estimativa de diâmetros nas secções longitudinais das árvores de *Khaya ivorensis* neste estudo.

Para a variável volume os mesmos modelos em destaque nas estimativas dos diâmetros também obtiveram resultados mais acurados, porém o Modelo de Schöepfer foi o que se apresentou sendo o mais acurado para todos os ajustes e em praticamente todas as posições tornando-o então mais preciso para a estimativa de volumes. Diferentemente da variável anterior, o Modelo de Schöepfer obteve melhores ajustes em classes onde os indivíduos apresentavam uma forma mais cilíndrica e com base de dados onde observa-se menores dispersões dos dados. O Modelo de Schöepfer se mostrou superior nas estimativas volumétricas dos fustes de árvores de *Khaya ivorensis* neste estudo.

O Modelo de Kozak se mostrou uma boa alternativa na estimativa de diâmetros em porções superiores das árvores nas classes de diâmetros medianos desta espécie e para a estimativa de volumes também como uma alternativa a ser utilizada devido sua facilidade de ajuste. Os modelos de Kozak e Goulding e Murray apresentaram resultados ruins nas estimativas de diâmetro e volume, não sendo indicados para o uso para a espécie em estudo.

A utilização do método de *Stepwise* foi efetiva para a seleção de potências utilizadas nos ajustes do Modelo de Hradetzky, visto que este modelo apresentou acurácia superior em diversas situações na estimativa de diâmetros comerciais, provando que a seleção de potências decimais e inteiras influenciam na modelagem dos diâmetros pois auxiliam a descrever porções do fuste onde demais modelos não fazem com precisão. Porém para o volume este modelo se mostrou eficaz na modelagem em algumas porções dos fustes, nos ajustes totais e nas classes de diâmetro, se apresentando bem em porções mais altas e mais basais das árvores de maiores diâmetros.

O uso de classes diamétricas se mostrou uma alternativa viável para a modelagem de diâmetros e volumes ao longo dos fustes, visto que os valores das estatísticas de acurácia foram melhores nos ajustes por classes do que nos ajustes totais.

6 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M.P.F. et al. Ecofisiologia de plantas jovens de *Khaya ivorensis* submetidas a deficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.1, p. 9-16, 2013.
- ANGELO, H. et al. Análise de componentes principais e função spline para definir a forma do tronco de *Pinus tropicais*. **Floresta**, v. 25, n. 1/2, p. 55-67, 1997.
- ASSIS, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. Avaliação de modelos polinomiais não-segmentados na estimativa de diâmetros e volumes comerciais de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, v. 12, n.1, p. 89-107, 2002.
- BATISTA, F. *Khaya ivorensis*, cultivo no estado de Minas Gerais. **Casa do Produtor Rural**, 2010.
- BIGING, G. S. Taper equations for second mixed-conifers of Northean California. **Forest Science**, v. 30, n. 4, p. 1103-1117, 1984.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2013. 605 p..
- CONDE, R.A.R. **Controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepdoptera; Pyralidae) em sistema agroflorestal**. 2006. Dissertação. (mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- CHAPMAN, Herman H.; MEYER, Walter H. **Forest mensuration**. McGraw-Hill Book Company, Inc, 1949.
- DEMAERSCHALK, J. P. Converting volume equations to compatible taper equations. **Forest Science**, v. 18, n. 3, p. 241-245, 1972.
- DENSLOW, J.S. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18(1), p. 431-451, 1987.
- DUPUY, B., KOUA, M. The African mahogany plantations. Their silviculture in the tropical rain forest of the Côté d'Ivoire. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 236, p. 25-42, 1993.

- FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B. E.; HITCH, K. L. Taper equations for *Pinus taeda* in Southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 83, n. 1, p. 39-46, 1996.
- FOLI, E.G. Evaluation of the performance of planted native timber species in different ecological zones in Ghana. **Yokohama: International Tropical Timber Organization**, p. 41, 2000.
- GARAY, L. Tropical forest utilization system. VIII. A taper model for entire stem profile including buttressing. Seattle. Coll. Forest. Resour., **Inst. Forest Prod. Univ. Wash**, p. 64, 1979.
- GOULDING, C. J.; MURRAY, J. C. "Polynomial taper equations that are compatible with tree volume equations". **New Zealand Journal of Forest Science**, v. 5, n. 3, p. 313-322, 1976.
- HRADETZKY, J. Analyse und interpretation statistischer Abhängigkeiten. (Biometrische Beiträge zu aktuellen Forschungsprojekten). Baden: **Württemberg Mitteilungen der FVA**, 1976. 146 p.
- HUSCH, B., MILLER, C. L., BEERS, T. E. **Forest mensuration**. 3^a ed. New York: J. Willey & Sons, 1982, p. 397.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. Anuário... **Relatório da Indústria Brasileira de Árvores**. São Paulo; 2015. 80 p.
- KOZAK, A., MUNRO, D. D., SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in Forest inventory. **Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.
- KRISNAWATI, H., KALLIO, M., KANNINEN, M. *Swietenia macrophylla* King: ecology, silviculture and productivity. **CIFOR**, p. 24, 2011.
- LEMMENS, R.H.M.J. *Khaya ivorensis* A.Chev. PROTA, 2008.
- LIMA, F. **Análise de funções de "taper" destinadas à avaliação de multiprodutos de árvores de *Pinus elliottii***. 1986. Dissertação (mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- LOETSCH, F.; ZOHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munich: BLV, 1973. v.2.

LOPES, E.D. **Desempenho inicial no campo de Khaya ivorensis implantado em área de pastagem na região semi-árida do médio Vale do Jequitinhonha.** In: Simpósio de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, 2012, Montes Claros. Anais: II Montes Claros: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. p. 131-136.

MAX, T. A., BURKHART, H. E. Segmented polynomial regression applied to taper equations. **Forest Science**, v. 22, n. 3, p. 283-289, 1976.

MENDONÇA, A. R. **Avaliação de uma metodologia para otimização do volume de toras comerciais de Eucalyptus sp. em função da qualidade do fuste.** 2006. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.

OLIVEIRA, X. M. de. **Equações volumétricas e de afilamento para mogno africano (Khaya ivorensis A. Chev.) nos Estados de Minas Gerais e Pará, Brasil.** 2017. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

OPUNI-FRIMPONG, E. et al. Silvicultural systems for plantation mahogany in Africa: influences of canopy shade on tree growth and pest damage. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 2, p. 328-333, 2008.

ORMEROD, D. W. A simples bole model. **The Forestry Chronicle**, v. 49, n. 3, p.136 – 138, 1973.

PELLICO NETO, S., BRENA, D. A. **Inventário Florestal.** Curitiba: UFPR, 1997.

PINHEIRO, A.L. Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilizações dos mognos africanos (Khaya spp.). **Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura**, 2011.

POLTRONIERI, L.S. Identificação de doenças em mogno-africano no Estado do Pará. Belém. **Embrapa Amazônia Oriental**, v. 13, n. 18, p. Circular Técnica, 2000.

PRODAN, M. Holzmesslehre. Frankfurt am Main: **Sauerlander's Verlag**, p. 644, 1965.

RIBEIRO, A., FILHO. A.C.F., SCOLFORO, J.R.S. O Cultivo do Khaya ivorensis (Khaya spp.) e o Crescimento da Atividade no Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 2-11, 2017.

SCOLFORO, J.R.S. **Biometria Florestal: Parte I: Modelos de Regressão Linear e Não Linear. Parte II: Modelos para Relação Hipsométrica, Volume, Afilamento, e Peso de Matéria Seca.** Lavras: UFLA, 2005, p. 350.

SCHOEPFER, W. Automatisierung des Masse, Sorten und Wertberechnung stender Waldbestände Schriftenreihe Bad. **Wurt-Forstl**, 1966.

SOARES, T. S. et al. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. *Revista Árvore*, v.27, n.6, p.811-820, 2003.

SOUZA, C.A.M. **Avaliação de modelos de taper não segmentados e segmentados na estimação da altura e volume comercial dos fustes de *Eucalyptus sp.*** 2007. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.

VAZ, M. A. B. **Estudo de delineamentos experimentais no esquema fatorial duplo com um tratamento adicional.** 2013. 103 f. Dissertação (mestrado em estatística e experimentação agrônômica) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

7 ANEXOS

Tabela 11: Acurácia para o modelo de Schöepfer no ajuste total dentro das classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Schöepfer												
TOTAL					CLASSE 1				CLASSE 2			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0325	15,9035	0,0111	0,0023	0,3006	0,7381	0,0417	0,0016	0,0227	2,4364	0,1659	0,1522
0,70	-0,0262	12,7937	0,0080	0,0016	-0,1434	0,3537	0,0291	0,0011	-0,0290	3,1134	0,1385	0,1271
1,30	-0,0127	6,1924	0,0046	0,0009	0,2115	0,5190	0,0343	0,0013	-0,0013	0,1484	0,7369	0,6760
2,00	0,0163	7,9781	0,0064	0,0013	0,2115	0,5191	0,0327	0,0013	0,0218	2,3408	0,1058	0,9710
3,00	0,0022	1,0543	0,0084	0,0017	-0,1224	0,3080	0,0012	0,0044	0,0045	0,4818	0,2321	0,2129
4,00	-0,0169	8,1897	0,0154	0,0032	-0,6032	1,4779	0,2848	0,0110	-0,0233	2,5061	0,4693	0,4306
5,00	-0,0450	21,5603	0,0363	0,0076	-0,1133	2,7757	0,9398	0,0361	-0,0643	6,9095	0,2004	0,1838
6,00	-0,0834	38,7795	0,0843	0,0181	-0,1688	4,1334	0,4006	0,0539	-0,1065	11,4492	0,0240	0,2200
7,00	-0,1334	58,3016	0,1825	0,0417	-0,2221	5,4369	0,0229	0,0880	-0,1690	18,1690	0,0650	0,0596
8,00	-0,1803	63,3744	0,1876	0,0531	-0,2731	6,6854	0,0412	0,1585	-0,2040	21,9283	0,0803	0,0737
9,00	-0,2428	63,1157	0,2072	0,0794	-0,2926	7,1621	0,0322	0,1240	-0,2458	26,4181	0,1012	0,9284
10,00	-0,3083	53,9491	0,2110	0,1192	-0,2849	6,9749	0,0286	0,1098	-0,2918	31,3682	0,1165	0,1068
11,00	-0,3793	37,9276	0,1742	0,1725	-0,2771	6,7823	0,2082	0,0801	-0,3515	36,3280	0,1742	0,1599
12,00	-0,4072	21,9797	0,1002	0,1822	-0,3551	8,6913	0,0358	0,1376	-0,2054	15,4706	0,1002	0,9193
13,00	-0,4939	18,2629	0,0963	0,2533	-0,4273	10,4586	0,0440	0,1694	-0,1722	10,6404	0,9626	0,0883
14,00	-0,5259	8,3853	0,0487	0,2862	-0,3438	6,5780	0,0487	0,1871	-0,0820	3,2127	0,4865	0,0446
15,00	-0,4858	3,3423	0,0206	0,2570	-0,1495	1,7342	0,0206	0,0791	-0,0357	0,8470	0,0206	0,0189
16,00	-0,4610	2,2266	0,0134	0,2237	-0,1064	0,9764	0,0134	0,0516	-0,0254	0,4769	0,0134	0,0123
CLASSE 3					CLASSE 4				CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0211	5,5064	0,5481	0,2092	0,0239	3,9803	0,3823	0,2276	0,0288	1,4266	0,8406	0,1648
0,70	-0,0356	9,2804	0,4536	0,1731	-0,0311	5,1857	0,3140	0,1869	-0,0202	1,0017	0,6114	0,1199
1,30	-0,0123	3,2048	0,2793	0,1066	-0,0057	0,9513	0,2108	0,1255	0,0089	0,4415	0,3920	0,7687
2,00	0,0154	4,0166	0,3793	0,1448	0,0166	2,7660	0,2950	0,1756	0,0235	1,1660	0,5552	0,1089
3,00	-0,0050	1,3098	0,5082	0,1940	-0,0012	0,2022	0,3165	0,1884	0,0067	0,3374	0,1505	0,2951
4,00	-0,0275	7,1717	0,1143	0,4362	-0,0294	4,9013	0,8415	0,5009	-0,0254	1,2586	0,3285	0,6442
5,00	-0,0573	14,9160	0,0282	0,1075	0,0298	0,2980	0,1075	0,6432	-0,0701	3,4682	0,1026	0,2012
6,00	-0,0910	23,6932	0,4142	0,1581	-0,1017	16,9356	0,3186	0,1896	-0,1244	6,1555	0,1648	0,3232
7,00	-0,1462	38,0846	0,1362	0,5198	-0,1510	25,1340	0,0752	0,4474	-0,1969	9,7448	0,3815	0,7479
8,00	-0,1770	46,1033	0,1393	0,5319	-0,1890	31,4692	0,1060	0,6311	-0,2380	11,7781	0,0539	0,1056

9,00	-0,2418	62,8743	0,2072	0,0791	-0,2434	40,5250	0,1456	0,0867	-0,2649	13,1098	0,0515	0,1011
10,00	-0,2083	44,4676	0,2110	0,8053	-0,2946	49,0553	0,1792	0,1067	-0,2722	13,4695	0,0508	0,0996
11,00	-0,1462	23,4317	0,1742	0,0665	-0,2280	29,2618	0,1742	0,1037	-0,3268	16,1738	0,0576	0,1128
12,00	-0,0855	9,9786	0,1002	0,0382	-0,1333	12,4613	0,1002	0,0596	-0,3931	19,4520	0,0820	0,1609
13,00	-0,0716	6,8631	0,0963	0,0367	-0,1117	8,5707	0,0963	0,0573	-0,3680	15,5555	0,0963	0,1887
14,00	-0,0341	2,0722	0,0487	0,0186	-0,0532	2,5878	0,0487	0,0290	-0,1753	4,6967	0,0487	0,0954
15,00	-0,0148	0,5463	0,0206	0,0078	-0,0231	0,6822	0,0206	0,0122	-0,0762	1,2383	0,0206	0,0403
16,00	-0,0106	0,3076	0,0134	0,0051	-0,0165	0,3841	0,0134	0,0080	-0,0542	0,6972	0,0134	0,0263

Tabela 12: Acurácia para o Schöepfer no ajuste total e nas classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Schöepfer												
TOTAL					CLASSE 1				CLASSE 2			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0325	15,9035	0,0111	0,0023	0,0002	0,0822	0,0017	0,0066	0,0059	1,3479	0,0027	0,0005
0,70	-0,0262	12,7937	0,0080	0,0016	-0,0034	0,1039	0,0011	0,0040	-0,0282	3,0779	0,0021	0,0019
1,30	-0,0127	6,1924	0,0046	0,0009	0,0086	0,2297	0,0015	0,0056	-0,0063	0,6841	0,0009	0,0008
2,00	0,0163	7,9781	0,0064	0,0013	-0,0110	0,2844	0,0026	0,0005	0,0176	1,9055	0,0016	0,0014
3,00	0,0022	1,0543	0,0084	0,0017	-0,0190	0,3528	0,0033	0,0176	0,0043	0,4712	0,0027	0,0025
4,00	-0,0169	8,1897	0,0154	0,0032	-0,0304	0,4295	0,0020	0,0133	-0,0064	0,7032	0,0044	0,0040
5,00	-0,0450	21,5603	0,0363	0,0076	-0,0061	0,1007	0,0014	0,0115	-0,0027	0,2988	0,0037	0,0034
6,00	-0,0834	38,7795	0,0843	0,0181	0,8571	2,5423	0,0181	0,2583	-0,0037	0,3904	0,0047	0,0045
7,00	-0,1334	58,3016	0,1825	0,0417	0,1329	0,3401	0,0012	0,0387	-0,0005	0,0679	0,0033	0,0037
8,00	-0,1803	63,3744	0,1876	0,0531	0,0916	0,2816	0,0020	0,0487	-0,0019	0,1274	0,0029	0,0046
9,00	-0,2428	63,1157	0,2072	0,0794	0,0956	0,7816	0,0014	0,0687	0,0043	0,1755	0,0014	0,0036
10,00	-0,3083	53,9491	0,2110	0,1192	0,0040	0,1990	0,0043	0,0097	0,0105	0,2351	0,0009	0,0038
11,00	-0,3793	37,9276	0,1742	0,1725	0,0463	0,1990	0,0004	0,0009	0,0251	0,3506	0,0003	0,0018
12,00	-0,4072	21,9797	0,1002	0,1822	0,0005	0,8978	0,0043	0,0873	0,0158	0,1113	0,0008	0,0005
13,00	-0,4939	18,2629	0,0963	0,2533	0,0032	0,0014	0,0042	0,0009	0,0339	0,1047	0,0008	0,0002
14,00	-0,5259	8,3853	0,0487	0,2862	0,0063	0,0014	0,0003	0,0017	0,0337	0,1205	0,0008	0,0019
15,00	-0,4858	3,3423	0,0206	0,2570	0,0325	0,1390	0,0928	0,0691	0,0662	0,7741	0,0008	0,0089
16,00	-0,4610	2,2266	0,0134	0,2237	0,0463	0,1078	0,0943	0,0010	-0,0031	0,3458	0,0050	0,0045
CLASSE 3					CLASSE 4				CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0507	13,2810	0,0235	0,0090	0,0289	4,8520	0,0015	0,0009	0,0289	1,4739	0,0003	0,0005
0,70	-0,0180	4,7307	0,0235	0,0089	-0,0283	4,7397	0,0012	0,0007	-0,0263	1,3417	0,0002	0,0004
1,30	-0,0115	3,0289	0,0245	0,0093	-0,0163	2,7354	0,0004	0,0002	-0,0169	0,8600	0,0007	0,0001
2,00	0,0225	5,9037	0,0257	0,0098	0,0139	2,3415	0,0008	0,0005	0,0172	0,8800	0,0002	0,0004
3,00	0,0170	4,4505	0,0244	0,0093	0,0111	1,8712	0,0014	0,0008	0,0127	0,6477	0,0004	0,0007
4,00	0,0113	2,9668	0,0229	0,0087	0,0055	0,9326	0,0013	0,0008	0,0114	0,5818	0,0003	0,0005
5,00	0,0059	1,5407	0,0229	0,0087	-0,0033	0,5632	0,0014	0,0009	0,0021	0,1146	0,0003	0,0005
6,00	0,0012	0,3322	0,0216	0,0085	-0,0074	1,2390	0,0016	0,0010	-0,0022	0,0411	0,0003	0,0006
7,00	-0,0015	0,3853	0,0210	0,0085	-0,0023	0,3798	0,0018	0,0011	-0,0014	0,0811	0,0003	0,0005
8,00	-0,0163	3,3076	0,0157	0,0077	0,0010	0,1424	0,0029	0,0021	-0,0039	0,1921	0,0015	0,0032
9,00	-0,0250	3,7019	0,0101	0,0068	-0,0009	0,1138	0,0026	0,0023	0,0051	0,2212	0,0013	0,0030
10,00	-0,0427	4,0601	0,0068	0,0071	-0,0037	0,3276	0,0027	0,0031	0,0071	0,2648	0,0013	0,0036
11,00	-0,0775	3,4862	0,0053	0,0115	-0,0093	0,4663	0,0010	0,0019	0,0020	0,0720	0,0005	0,0019

12,00	-0,1147	2,5699	0,0035	0,0154	-0,0085	0,2345	0,0005	0,0018	-0,0068	0,1116	0,0003	0,0016
13,00	-0,1248	2,1148	0,0028	0,0154	-0,0152	0,2765	0,0004	0,0021	-0,0145	0,1925	0,0003	0,0018
14,00	-0,0731	0,7531	0,0033	0,0301	0,0118	0,1075	0,0005	0,0005	-0,0070	0,0561	0,0007	0,0013
15,00	-0,1759	0,5309	0,0009	0,0232	0,0255	0,0929	0,0003	0,0008	0,0023	0,0893	0,0005	0,0026
16,00	-0,1979	0,4873	0,0009	0,0285	0,0362	0,0888	0,0003	0,0009	0,0053	0,0932	0,0003	0,0014

Tabela 13: Acurácia para o modelo de Hradetzky no ajuste total dentro das classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Hradetzky												
TOTAL					CLASSE 1				CLASSE 2			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,011	5,343	0,010	0,002	0,949	0,240	0,392	0,151	-0,252	0,281	0,155	0,141
0,70	-0,003	1,666	0,008	0,002	0,126	0,311	0,324	0,125	-0,262	0,289	0,122	0,111
1,30	0,003	1,354	0,002	0,001	0,234	0,574	0,202	0,775	0,011	1,145	0,412	0,374
2,00	0,005	2,276	0,006	0,001	0,513	0,131	0,024	0,907	0,726	0,789	0,781	0,710
3,00	-0,009	4,598	0,010	0,002	-0,820	0,217	0,151	0,579	-0,003	0,342	0,304	0,277
4,00	-0,002	0,951	0,012	0,002	-0,179	0,444	0,145	0,558	0,552	0,087	0,004	0,003
5,00	0,005	2,329	0,010	0,002	-0,199	0,491	0,109	0,042	0,950	0,117	0,003	0,003
6,00	0,007	3,083	0,011	0,002	-0,160	0,395	0,835	0,003	-0,362	0,396	0,003	0,002
7,00	0,004	1,589	0,011	0,002	-0,219	0,538	0,931	0,004	-0,115	1,247	0,003	0,003
8,00	-0,005	1,643	0,010	0,003	-0,348	0,853	0,134	0,005	-0,019	2,010	0,332	0,003
9,00	-0,011	2,844	0,007	0,003	-0,021	0,509	0,682	0,003	-0,020	2,159	0,398	0,004
10,00	-0,015	2,599	0,006	0,003	-0,014	0,344	0,000	0,165	-0,018	1,945	0,004	0,003
11,00	-0,012	1,161	0,004	0,004	-0,012	0,296	0,000	0,001	-0,011	1,107	0,389	0,004
12,00	-0,016	0,857	0,002	0,003	-0,014	0,347	0,001	0,228	-0,008	0,601	0,002	0,163
13,00	-0,010	0,366	0,001	0,004	-0,016	0,398	0,001	0,258	-0,003	0,212	0,001	0,124
14,00	0,012	0,210	0,001	0,004	0,008	0,164	0,001	0,277	0,002	0,080	0,001	0,656
15,00	0,014	0,112	0,000	0,003	0,004	0,058	0,000	0,817	0,001	0,028	0,000	0,193
16,00	0,002	0,031	0,000	0,001	0,000	0,014	0,032	0,124	0,000	0,007	0,003	0,293
CLASSE 3					CLASSE 4				CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,772	0,077	0,568	0,217	0,002	0,372	0,415	0,247	0,004	0,209	0,764	0,150
0,70	-0,132	3,430	0,409	0,156	-0,008	1,268	0,282	0,168	0,007	0,359	0,593	0,116
1,30	0,003	0,780	0,157	0,598	0,007	1,230	0,131	0,777	0,016	0,810	0,237	0,465
2,00	0,004	1,071	0,384	0,147	0,004	0,734	0,327	0,195	0,007	0,347	0,037	0,731
3,00	-0,016	4,209	0,695	0,265	-0,010	1,647	0,483	0,287	0,003	0,144	0,181	0,354
4,00	-0,012	3,062	0,813	0,310	-0,009	1,458	0,622	0,004	0,006	0,291	0,201	0,394
5,00	-0,703	1,833	0,638	0,244	-0,005	0,912	0,443	0,003	0,004	0,228	0,174	0,341
6,00	-0,003	0,811	0,550	0,210	-0,007	1,104	0,387	0,002	-0,002	0,124	0,141	0,277
7,00	-0,006	1,579	0,703	0,003	-0,010	1,639	0,673	0,002	-0,015	0,721	0,178	0,349
8,00	-0,011	2,995	0,764	0,292	-0,016	2,595	0,605	0,004	-0,028	1,394	0,023	0,004
9,00	-0,011	2,833	0,007	0,262	-0,016	2,739	0,485	0,289	-0,017	0,854	0,001	0,002
10,00	-0,010	2,142	0,605	0,231	-0,015	2,486	0,006	0,348	-0,014	0,691	0,001	0,002
11,00	-0,004	0,717	0,004	0,001	-0,007	0,895	0,004	0,314	-0,018	0,872	0,001	0,002

12,00	-0,003	0,389	0,002	0,001	-0,005	0,486	0,002	0,107	-0,020	1,006	0,140	0,003
13,00	-0,001	0,138	0,136	0,001	-0,002	0,172	0,001	0,810	-0,007	0,312	0,001	0,003
14,00	0,001	0,052	0,001	0,000	0,001	0,065	0,001	0,000	0,004	0,117	0,001	0,001
15,00	0,000	0,018	0,000	0,000	0,001	0,023	0,000	0,000	0,002	0,042	0,000	0,000
16,00	0,040	0,004	0,003	0,012	0,622	0,005	0,032	0,192	0,205	0,010	0,032	0,631

Tabela 14: Acurácia para o modelo de Hradetzky no ajuste total e nas classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Hradetzky												
TOTAL					CLASSE 1				CLASSE 2			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0109	5,3433	0,0102	0,0021	0,0367	0,9219	0,0020	0,0078	0,0025	0,5795	0,0028	0,0006
0,70	-0,0034	1,6661	0,0083	0,0017	0,0412	1,0330	0,0025	0,0096	-0,0124	1,3537	0,0016	0,0015
1,30	0,0028	1,3539	0,0025	0,0005	0,0259	0,6759	0,0015	0,0054	0,0003	0,0461	0,0006	0,0005
2,00	0,0047	2,2765	0,0056	0,0011	0,0270	0,7048	0,0020	0,0074	0,0083	0,9034	0,0013	0,0012
3,00	-0,0094	4,5975	0,0103	0,0021	0,0040	0,1360	0,0043	0,0009	-0,0031	0,3461	0,0034	0,0031
4,00	-0,0020	0,9514	0,0119	0,0024	-0,0475	0,8612	0,0072	0,0381	-0,0031	0,3458	0,0050	0,0045
5,00	0,0049	2,3292	0,0105	0,0022	-0,0295	0,4168	0,0021	0,0138	0,0056	0,6075	0,0045	0,0041
6,00	0,0066	3,0826	0,0108	0,0023	0,0022	0,0812	0,0015	0,0123	0,0030	0,3226	0,0052	0,0049
7,00	0,0036	1,5888	0,0109	0,0025	0,0623	0,3714	0,0013	0,0187	0,2891	25,7327	0,2393	0,2658
8,00	-0,0047	1,6430	0,0103	0,0029	0,1316	0,3395	0,0012	0,0398	0,3044	18,7195	0,1815	0,2881
9,00	-0,0109	2,8439	0,0069	0,0026	0,0914	0,2814	0,0015	0,0487	0,0038	0,0970	0,0002	0,0006
10,00	-0,0148	2,5987	0,0061	0,0034	0,0086	0,2297	0,0015	0,0056	0,0244	0,3868	0,0060	0,0263
11,00	-0,0116	1,1606	0,0039	0,0038	0,9002	0,4893	0,0065	0,0058	0,0251	0,3506	0,0003	0,0018
12,00	-0,0158	0,8574	0,0018	0,0033	0,0002	0,4874	0,0165	0,0311	0,0089	0,0510	0,0002	0,0020
13,00	-0,0098	0,3661	0,0014	0,0036	0,0092	0,4007	0,0566	0,0105	0,0285	0,0893	0,0001	0,0016
14,00	0,0124	0,2095	0,0007	0,0042	0,0101	0,0093	0,0008	0,0231	0,0337	0,1205	0,0001	0,0019
15,00	0,0139	0,1121	0,0002	0,0027	0,0024	0,0287	0,0786	0,0065	-0,0027	0,2988	0,0037	0,0003
16,00	0,0017	0,0308	0,0000	0,0005	0,0008	0,0389	0,0061	0,0753	0,0043	0,4712	0,0027	0,0025
CLASSE 3					CLASSE 4				CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0599	15,6899	0,0226	0,0086	0,0009	1,5433	0,0016	0,0010	0,0162	0,3764	0,0016	0,0031
0,70	0,3889	101,8967	0,3985	0,1515	-0,0040	0,6790	0,0008	0,0005	0,0275	0,5735	0,0007	0,0013
1,30	0,3866	101,2833	0,3975	0,1512	-0,0012	1,9858	0,0002	0,0001	0,0080	0,1691	0,0001	0,0003
2,00	0,3769	98,7355	0,3979	0,1513	0,0069	1,1602	0,0006	0,0004	0,0147	0,3073	0,0003	0,0006
3,00	0,3299	86,4289	0,3980	0,1513	0,0055	0,9265	0,0014	0,0008	0,0080	0,1816	0,0007	0,0013
4,00	0,3047	79,8338	0,4003	0,1522	0,0079	1,3234	0,0014	0,0008	0,0002	0,0573	0,0004	0,0009
5,00	0,2932	76,5330	0,3988	0,1516	0,0036	0,6035	0,0014	0,0008	0,0079	0,1699	0,0004	0,0008
6,00	0,2757	69,7450	0,3741	0,1473	-0,0026	0,4397	0,0016	0,0009	0,0091	0,1993	0,0007	0,0013
7,00	0,2725	66,7628	0,3768	0,1532	-0,0048	0,7778	0,0017	0,0010	0,0064	0,1483	0,0007	0,0014
8,00	0,2623	53,1225	0,3235	0,1586	-0,0086	1,1756	0,0030	0,0022	0,0012	0,0746	0,0009	0,0019
9,00	0,2461	36,4269	0,2288	0,1536	-0,0129	1,4830	0,0030	0,0026	0,0029	0,0904	0,0009	0,0022
10,00	0,2589	24,5917	0,1606	0,1673	-0,0118	1,0295	0,0030	0,0034	0,0039	0,0697	0,0004	0,0012
11,00	-0,0763	2,5645	0,0050	0,0108	-0,0054	0,2739	0,0011	0,0022	0,0014	0,0795	0,0007	0,0028
12,00	-0,0878	1,4630	0,0033	0,0145	0,0002	0,0464	0,0004	0,0015	0,0102	0,1049	0,0004	0,0028
13,00	-0,0799	0,8637	0,0022	0,0123	0,0011	0,2066	0,0003	0,0014	0,0163	0,0983	0,0001	0,0010
14,00	-0,0545	0,2198	0,0009	0,0081	0,0509	0,4554	0,0004	0,0042	0,0315	0,1010	0,0003	0,0059
15,00	-0,1655	0,5001	0,0008	0,0211	0,0741	0,2617	0,0002	0,0055	0,0326	0,1461	0,0002	0,0075
16,00	-0,1979	0,4873	0,0009	0,0285	0,0718	0,1801	0,0001	0,0044	0,0029	0,0965	0,0000	0,0016

Tabela 15: Acurácia para o modelo de Kozak no ajuste total dentro das classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Kozak												
TOTAL					CLASSE 1				CLASSE 2			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,343	167,906	0,220	0,045	0,290	7,111	0,009	0,036	0,304	32,959	0,038	0,034
0,70	0,004	2,049	0,021	0,004	-0,020	0,501	0,001	0,002	-0,018	1,920	0,003	0,003
1,30	-0,122	59,517	0,032	0,007	-0,085	2,069	0,001	0,004	-0,111	12,007	0,006	0,006
2,00	-0,125	61,082	0,052	0,011	-0,113	2,757	0,003	0,010	-0,117	12,729	0,010	0,009
3,00	-0,128	62,423	0,077	0,016	-0,105	2,567	0,007	0,028	-0,111	12,036	0,018	0,017
4,00	-0,088	42,665	0,059	0,012	-0,080	1,963	0,006	0,022	-0,073	7,968	0,016	0,015
5,00	-0,043	20,816	0,041	0,009	-0,033	0,819	0,003	0,013	-0,033	3,602	0,010	0,009
6,00	-0,002	0,940	0,041	0,009	0,012	0,314	0,004	0,013	-0,005	0,525	0,009	0,008
7,00	0,031	13,418	0,042	0,010	0,033	0,804	0,003	0,011	0,023	2,545	0,009	0,008
8,00	0,050	17,693	0,036	0,010	0,032	0,785	0,002	0,008	0,033	3,528	0,008	0,007
9,00	0,067	17,467	0,026	0,010	0,068	1,658	0,002	0,007	0,052	5,603	0,010	0,009
10,00	0,079	13,893	0,021	0,012	0,073	1,784	0,002	0,008	0,071	7,681	0,011	0,010
11,00	0,092	9,200	0,017	0,016	0,080	1,961	0,002	0,009	0,084	8,772	0,017	0,015
12,00	0,093	5,034	0,008	0,015	0,093	2,271	0,003	0,013	0,047	3,527	0,008	0,008
13,00	0,107	3,961	0,006	0,017	0,094	2,314	0,003	0,013	0,037	2,297	0,006	0,006
14,00	0,126	2,016	0,003	0,020	0,083	1,582	0,003	0,013	0,020	0,769	0,003	0,003
15,00	0,122	0,840	0,001	0,017	0,038	0,436	0,001	0,005	0,009	0,212	0,001	0,001
16,00	0,107	0,517	0,001	0,011	0,025	0,227	0,001	0,002	0,006	0,110	0,001	0,001
CLASSE 3					CLASSE 4				CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,313	81,600	0,103	0,039	0,312	52,027	0,066	0,039	0,307	15,206	0,019	0,037
0,70	-0,017	4,543	0,010	0,004	-0,017	2,807	0,007	0,004	-0,014	0,676	0,002	0,003
1,30	-0,121	31,456	0,017	0,007	-0,114	18,961	0,010	0,006	-0,100	4,972	0,003	0,005
2,00	-0,125	32,658	0,031	0,012	-0,123	20,509	0,022	0,013	-0,115	5,672	0,005	0,010
3,00	-0,139	36,240	0,051	0,019	-0,125	20,837	0,031	0,018	-0,095	4,727	0,009	0,018
4,00	-0,103	26,911	0,042	0,016	-0,093	15,506	0,029	0,017	-0,056	2,778	0,007	0,014
5,00	-0,062	16,088	0,026	0,010	-0,052	8,610	0,017	0,010	-0,015	0,753	0,005	0,010
6,00	-0,017	4,499	0,021	0,008	-0,016	2,606	0,014	0,008	0,015	0,737	0,005	0,010
7,00	0,015	3,919	0,022	0,008	0,015	2,497	0,013	0,008	0,000	0,221	0,008	0,015
8,00	0,034	8,937	0,021	0,008	0,031	5,225	0,015	0,009	0,034	1,694	0,004	0,007
9,00	0,067	17,400	0,026	0,010	0,056	9,371	0,015	0,009	0,062	3,046	0,003	0,007
10,00	0,054	11,451	0,021	0,008	0,078	12,907	0,020	0,012	0,072	3,588	0,004	0,008
11,00	0,035	5,684	0,017	0,006	0,055	7,098	0,017	0,010	0,081	4,002	0,005	0,010
12,00	0,020	2,286	0,008	0,003	0,031	2,854	0,008	0,005	0,087	4,323	0,006	0,012
13,00	0,016	1,489	0,006	0,002	0,024	1,859	0,006	0,004	0,080	3,374	0,006	0,013
14,00	0,008	0,498	0,003	0,001	0,013	0,622	0,003	0,002	0,042	1,129	0,003	0,007

15,00	0,004	0,137	0,001	0,001	0,006	0,171	0,001	0,001	0,019	0,311	0,001	0,003
16,00	0,002	0,071	0,001	0,000	0,004	0,089	0,001	0,000	0,013	0,162	0,001	0,001

Tabela 16: Acurácia para o modelo de Kozak no ajuste total e nas classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Kozak												
TOTAL					CLASSE 1				CLASSE 2			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,3434	167,9056	0,2198	0,0449	0,2604	6,5049	0,0225	0,0864	0,0777	17,8095	0,0660	0,0135
0,70	0,0042	2,0491	0,0214	0,0044	-0,0269	0,6923	0,0075	0,0290	-0,0201	2,1963	0,0059	0,0054
1,30	-0,1217	59,5167	0,0321	0,0065	-0,1536	3,9897	0,0106	0,0393	-0,1402	15,2112	0,0150	0,0136
2,00	-0,1249	61,0816	0,0519	0,0106	-0,1091	2,8370	0,0132	0,0490	-0,1424	15,4486	0,0218	0,0198
3,00	-0,1277	62,4229	0,0765	0,0156	-0,0541	1,3585	0,0121	0,0025	-0,1263	13,7654	0,0267	0,0243
4,00	-0,0882	42,6653	0,0595	0,0123	-0,0046	0,1745	0,0083	0,0436	-0,0776	8,4533	0,0203	0,0184
5,00	-0,0435	20,8155	0,0413	0,0086	0,0201	0,3045	0,0047	0,0312	-0,0190	2,0557	0,0122	0,0112
6,00	-0,0020	0,9396	0,0407	0,0087	0,0922	1,0126	0,0054	0,0449	0,0192	2,0166	0,0148	0,0139
7,00	0,0307	13,4177	0,0422	0,0096	0,1696	0,9959	0,0057	0,0818	0,0552	4,9095	0,0135	0,0151
8,00	0,0503	17,6926	0,0365	0,0103	0,3182	0,7999	0,0059	0,1971	0,0737	4,5339	0,0098	0,0156
9,00	0,0672	17,4672	0,0264	0,0101	0,1154	0,3107	0,0012	0,0395	0,0945	3,6836	0,0060	0,0150
10,00	0,0794	13,8926	0,0214	0,0121	-0,0079	0,2885	0,0223	0,0045	0,1177	2,5859	0,0050	0,0219
11,00	0,0920	9,1998	0,0165	0,0164	0,0339	0,5061	0,0077	0,0513	0,1670	2,3267	0,0059	0,0396
12,00	0,0932	5,0343	0,0083	0,0150	0,0339	0,5061	0,0077	0,0513	0,1570	1,0777	0,0028	0,0353
13,00	0,1071	3,9610	0,0065	0,0171	-0,0295	0,4168	0,0021	0,0138	0,2253	0,6767	0,0022	0,0554
14,00	0,1264	2,0161	0,0035	0,0204	-0,0541	1,3585	0,0121	0,0001	0,1018	0,3806	0,0010	0,0259
15,00	0,1221	0,8399	0,0013	0,0166	-0,0384	1,8512	0,0124	0,0047	0,1108	0,4163	0,0013	0,0318
16,00	0,1074	0,5171	0,0006	0,0108	-0,0746	0,3836	0,3624	0,0025	0,0093	0,8472	0,0409	0,0455
CLASSE 3				CLASSE 4				CLASSE 5				
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,3673	96,2295	0,2190	0,0833	0,3337	56,0551	0,0424	0,0251	0,3215	16,3898	0,0096	0,0185
0,70	0,0214	5,6286	0,1011	0,0384	0,0191	3,2025	0,0032	0,0019	0,0294	1,5032	0,0007	0,0014
1,30	-0,1111	29,1178	0,0993	0,0377	-0,1093	18,3093	0,0061	0,0036	-0,0966	4,9243	0,0012	0,0023
2,00	-0,1104	28,9203	0,1038	0,0395	-0,1260	21,1616	0,0109	0,0064	-0,1103	5,6220	0,0022	0,0043
3,00	-0,1181	30,9310	0,1084	0,0412	-0,1363	22,9036	0,0171	0,0101	-0,1382	7,0448	0,0046	0,0088
4,00	-0,0798	20,8997	0,0933	0,0355	-0,1002	16,8281	0,0119	0,0071	-0,1075	5,4832	0,0031	0,0059
5,00	-0,0355	9,2583	0,0810	0,0308	-0,0592	9,9424	0,0076	0,0045	-0,0735	3,7469	0,0019	0,0036
6,00	-0,0011	0,3512	0,0683	0,0269	-0,0197	3,2854	0,0055	0,0033	-0,0310	1,5823	0,0011	0,0021
7,00	0,0261	6,3860	0,0597	0,0243	0,0200	3,2349	0,0055	0,0034	0,0018	0,1090	0,0007	0,0013
8,00	0,0256	5,1859	0,0384	0,0188	0,0449	6,1580	0,0070	0,0050	0,0235	1,1068	0,0020	0,0042
9,00	0,0331	4,8970	0,0249	0,0167	0,0581	6,6777	0,0068	0,0058	0,0521	2,1885	0,0020	0,0047
10,00	0,0264	2,5119	0,0141	0,0147	0,0686	5,9668	0,0063	0,0071	0,0675	2,4281	0,0021	0,0058
11,00	-0,0068	0,3405	0,0082	0,0179	0,0750	3,7505	0,0034	0,0068	0,0718	1,7202	0,0012	0,0049
12,00	-0,0556	1,2508	0,0028	0,0123	0,0820	2,2116	0,0020	0,0070	0,0710	1,0619	0,0007	0,0042
13,00	-0,0512	0,8736	0,0016	0,0089	0,0880	1,5802	0,0015	0,0079	0,0815	1,0543	0,0008	0,0055
14,00	-0,0570	0,5740	0,0013	0,0114	0,1255	1,1169	0,0015	0,0150	0,0830	0,3148	0,0003	0,0061
15,00	-0,0978	0,3111	0,0005	0,0128	0,1575	0,5460	0,0007	0,0178	0,1215	0,1908	0,0002	0,0112
16,00	-0,0118	0,3008	0,0004	0,0012	0,1658	0,4073	0,0006	0,0200	0,1512	0,2293	0,0001	0,0032

Tabela 17: Acurácia para o modelo de Goulding e Murray no ajuste total dentro das classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Goulding e Murray												
TOTAL					CLASSE 1				CLASSE 2			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-16,841	8235,43	401,303	81,899	-16,002	391,67	24,383	93,781	-16,700	1811,81	91,750	83,409
0,70	-15,003	7336,57	412,950	84,276	-13,806	337,90	23,569	90,652	-14,715	1596,54	93,016	84,560
1,30	-12,161	5946,75	318,184	64,935	-10,593	259,26	15,810	60,809	-11,705	1269,90	68,001	61,819
2,00	-9,316	4555,70	203,094	41,448	-7,695	188,34	9,647	37,103	-8,806	955,35	42,787	38,897
3,00	-6,290	3075,57	106,249	21,683	-4,728	115,73	4,767	18,333	-5,749	623,78	21,637	19,670
4,00	-4,128	1997,86	49,482	10,202	-2,807	68,71	2,026	7,794	-3,605	391,17	9,698	8,816
5,00	-2,609	1249,82	21,669	4,514	-1,602	39,23	0,783	3,011	-2,174	235,89	4,003	3,639
6,00	-1,606	746,77	9,024	1,936	-0,970	23,74	0,315	1,212	-1,397	151,56	1,768	1,607
7,00	-0,980	428,39	3,623	0,827	-0,629	15,40	0,139	0,536	-0,845	91,64	0,736	0,669
8,00	-0,634	222,90	1,747	0,495	-0,467	11,44	0,073	0,282	-0,650	70,54	0,521	0,474
9,00	-0,423	109,92	0,524	0,201	-0,312	7,64	0,031	0,119	-0,469	50,91	0,263	0,239
10,00	-0,293	51,36	0,266	0,150	-0,285	6,99	0,028	0,108	-0,331	35,90	0,208	0,189
11,00	-0,196	19,62	0,105	0,104	-0,228	5,59	0,018	0,068	-0,178	18,51	0,105	0,095
12,00	-0,155	8,37	0,033	0,060	-0,159	3,89	0,013	0,052	-0,078	5,87	0,033	0,030
13,00	-0,064	2,35	0,014	0,037	-0,064	1,57	0,008	0,032	-0,022	1,36	0,014	0,013
14,00	0,016	0,37	0,010	0,060	0,019	0,44	0,010	0,039	0,005	0,21	0,010	0,009
15,00	0,033	0,26	0,001	0,014	0,014	0,18	0,001	0,004	0,003	0,09	0,001	0,001
16,00	-0,134	0,66	0,002	0,034	-0,031	0,29	0,002	0,008	-0,007	0,14	0,002	0,002
CLASSE 3					CLASSE 4				CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-16,864	4393,10	221,104	84,391	-16,762	3488,82	142,618	84,892	-16,432	813,16	45,617	89,445
0,70	-15,006	3909,13	226,925	86,612	-14,829	3086,42	144,240	85,857	-14,362	710,76	45,520	89,255
1,30	-12,120	3157,30	170,027	64,896	-11,867	2469,82	104,908	62,445	-11,270	557,72	32,218	63,172
2,00	-9,284	2418,42	109,170	41,668	-9,008	1874,69	66,600	39,643	-8,354	413,43	19,979	39,175
3,00	-6,307	1642,95	58,979	22,511	-6,025	1253,83	34,732	20,674	-5,288	261,70	9,557	18,739
4,00	-4,136	1077,52	28,161	10,749	-3,888	809,06	16,423	9,775	-3,202	158,48	3,987	7,818
5,00	-2,647	689,47	12,740	4,863	-2,437	507,05	7,150	4,256	-1,857	91,92	1,548	3,035
6,00	-1,643	427,96	5,488	2,095	-1,534	319,06	3,160	1,881	-1,140	56,42	0,683	1,340
7,00	-1,029	268,02	2,459	0,939	-0,973	202,50	1,394	0,830	-0,709	35,08	0,295	0,579
8,00	-0,708	184,37	1,513	0,577	-0,691	143,80	0,901	0,536	-0,529	26,16	0,158	0,310
9,00	-0,421	109,50	0,524	0,200	-0,467	97,01	0,410	0,244	-0,407	20,16	0,088	0,172
10,00	-0,198	42,21	0,266	0,101	-0,305	52,11	0,263	0,157	-0,318	15,72	0,063	0,123
11,00	-0,075	11,99	0,105	0,040	-0,117	14,97	0,105	0,062	-0,232	11,50	0,047	0,091
12,00	-0,033	3,80	0,033	0,013	-0,051	4,75	0,033	0,020	-0,175	8,64	0,031	0,060
13,00	-0,009	0,88	0,014	0,005	-0,014	1,10	0,014	0,008	-0,048	2,00	0,014	0,028
14,00	0,002	0,14	0,010	0,004	0,003	0,17	0,010	0,006	0,010	0,31	0,010	0,020
15,00	0,001	0,06	0,001	0,000	0,002	0,07	0,001	0,001	0,007	0,13	0,001	0,002
16,00	-0,003	0,09	0,002	0,001	-0,005	0,11	0,002	0,001	-0,016	0,21	0,002	0,004

Tabela 18: Acurácia para o modelo de Goulding e Murray no ajuste total e nas classes diamétricas dos diâmetros estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Goulding e Murray												
TOTAL					CLASSE 1				CLASSE 2			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-16,841	8235,434	401,303	81,899	5,907	147,487	10,0955	38,8287	0,0790	18,1086	0,1015	0,0207
0,70	-15,003	7336,571	412,950	84,276	2,046	51,110	1,9717	7,5834	0,0567	6,1865	0,0232	0,0211
1,30	-12,161	5946,746	318,184	64,935	0,366	9,521	0,1969	0,7293	0,1173	12,7225	0,0161	0,0147
2,00	-9,316	4555,700	203,094	41,448	0,014	0,427	0,0229	0,0847	0,1853	20,1057	0,0393	0,0358
3,00	-6,290	3075,574	106,249	21,683	0,005	0,256	0,0013	0,0026	0,1293	14,0969	0,0397	0,0361
4,00	-4,128	1997,863	49,482	10,202	0,056	1,032	0,0173	0,0911	0,1000	10,8956	0,0435	0,0396
5,00	-2,609	1249,816	21,669	4,514	0,013	0,251	0,0086	0,0571	0,1173	12,6732	0,0423	0,0388
6,00	-1,606	746,770	9,024	1,936	0,075	0,835	0,0084	0,0696	0,1284	13,4787	0,0543	0,0512
7,00	-0,980	428,388	3,623	0,827	0,173	1,028	0,0086	0,1222	0,1660	14,7727	0,0559	0,0622
8,00	-0,634	222,903	1,747	0,495	0,294	0,799	0,0079	0,2647	0,1888	11,6075	0,0430	0,0683
9,00	-0,423	109,917	0,524	0,201	0,085	0,276	0,0016	0,0530	0,2286	8,9106	0,0301	0,0754
10,00	-0,293	51,363	0,266	0,150	0,109	2,837	0,0132	0,0490	0,2713	5,9761	0,0252	0,1097
11,00	-0,196	19,623	0,105	0,104	0,005	0,174	0,0001	0,0436	0,3629	5,1192	0,0228	0,1523
12,00	-0,155	8,372	0,033	0,060	0,170	0,996	0,0057	0,0818	0,3442	2,4399	0,0100	0,1244
13,00	-0,064	2,351	0,014	0,037	0,062	0,371	0,0306	0,6634	0,4931	1,8462	0,0033	0,0816
14,00	0,016	0,370	0,010	0,060	0,294	0,676	0,0015	0,0954	0,1428	0,4947	0,0033	0,0816
15,00	0,033	0,264	0,001	0,014	0,859	0,607	0,0077	0,0733	0,1617	0,6182	0,0031	0,0776
16,00	-0,134	0,665	0,002	0,034	0,959	0,968	0,0471	0,0054	0,0192	2,0166	0,0148	0,0139
CLASSE 3					CLASSE 4				CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0249	6,5256	0,0071	0,0269	0,0055	0,9517	0,0157	0,0093	0,0162	0,3764	0,00164	0,0031
0,70	0,0192	5,0409	0,0324	0,0123	0,0119	1,0682	0,0080	0,0089	0,0275	0,5735	0,00065	0,0013
1,30	0,0012	0,3263	0,0026	0,0010	0,0085	0,7547	0,0003	0,0003	0,0080	0,1691	0,00015	0,0003
2,00	0,0195	5,1050	0,0156	0,0059	0,0107	0,9554	0,0040	0,0044	0,0147	0,3073	0,00032	0,0006
3,00	0,0252	6,6100	0,0472	0,0179	0,0331	2,9380	0,0091	0,0101	0,0080	0,1816	0,00069	0,0013
4,00	0,0052	1,3713	0,0459	0,0174	0,0087	0,7842	0,0068	0,0075	0,0002	0,0573	0,00044	0,0009
5,00	0,0045	1,1846	0,0408	0,0155	0,0053	0,4835	0,0066	0,0073	0,0079	0,1699	0,00040	0,0008
6,00	0,0049	1,2594	0,0390	0,0154	0,0076	0,6825	0,0062	0,0069	0,0091	0,1993	0,00070	0,0013
7,00	0,0100	2,4592	0,0433	0,0176	0,0067	0,6071	0,0056	0,0062	0,0064	0,1483	0,00075	0,0014
8,00	0,0066	1,3479	0,0358	0,0176	0,0003	0,1308	0,0124	0,0138	0,0012	0,0746	0,00091	0,0019
9,00	0,0039	0,5904	0,0193	0,0130	0,0009	0,1429	0,0110	0,0122	0,0029	0,0904	0,00094	0,0022
10,00	0,0076	0,7313	0,0136	0,0141	0,0036	0,3383	0,0109	0,0121	0,0039	0,0697	0,00044	0,0012
11,00	0,0083	0,3919	0,0056	0,0121	0,0015	0,1203	0,0037	0,0041	0,0014	0,0795	0,00069	0,0028
12,00	0,0247	0,5658	0,0025	0,0111	0,0011	0,0749	0,0021	0,0023	0,0102	0,1049	0,00044	0,0028
13,00	0,0377	0,6511	0,0008	0,0046	0,0022	0,0938	0,0014	0,0015	0,0163	0,0983	0,00014	0,0010
14,00	0,0713	0,7284	0,0009	0,0086	0,0030	0,0766	0,0001	0,0002	0,0315	0,1010	0,00030	0,0059
15,00	0,1451	0,5528	0,0001	0,0031	0,0023	0,0362	0,0002	0,0002	0,0326	0,1461	0,00015	0,0075
16,00	0,1024	0,3110	0,0001	0,0038	0,0020	0,0269	0,0002	0,0002	0,0029	0,0965	0,00003	0,0016

Tabela 19: Acurácia para o Schöpfer no ajuste total dentro das classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de

Khaya ivorensis no norte de Minas Gerais.

Schöepfer								
TOTAL					CLASSE 1			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-0,02103	10,28194	0,01319	0,00269	0,00557	0,13633	2,70346	0,10398
0,70	0,00191	0,93520	6,79683	0,13871	0,00175	0,04276	3,70380	0,14245
1,30	0,00017	0,08407	1,34110	2,73695	0,00010	0,00259	8,30980	0,31961
2,00	0,00368	1,79805	0,48345	9,86635	0,00265	0,06497	1,39335	0,53590
3,00	-0,00216	1,05462	0,02155	4,39814	-0,00146	0,03568	0,12787	0,49180
4,00	-0,00164	0,79483	0,16190	3,33819	-0,00160	0,03908	0,12110	0,46576
5,00	-0,00124	0,59597	0,01449	3,01831	-0,00173	0,04245	0,13040	0,50154
6,00	-0,00102	0,47556	0,14848	3,18627	-0,00137	0,03353	0,11806	0,45406
7,00	-0,00072	0,31512	0,84342	0,19256	-0,00159	0,03888	0,18197	0,69989
8,00	-0,00075	0,26367	0,18436	0,05223	-0,00154	0,03838	0,10816	0,41601
9,00	-0,00046	0,12095	0,61918	0,02372	0,00039	0,01126	0,75646	0,29095
10,00	-0,00061	0,10616	0,71919	0,40632	0,00355	0,08740	0,01869	0,00007
11,00	-0,00144	0,14436	0,40554	0,04015	-0,00147	0,03687	0,11743	0,04516
12,00	-0,00205	0,11107	0,16962	0,03084	-0,00046	0,01320	0,89427	0,34395
13,00	0,00179	0,06662	0,20808	0,00005	0,00098	0,02592	0,18759	0,00007
14,00	-0,00384	0,06331	0,04041	0,00024	-0,00407	0,07940	0,64997	0,00025
15,00	-0,01421	0,09921	0,03031	0,00038	-0,00624	0,07320	0,05389	0,00021
16,00	-0,01866	0,09119	0,27156	0,00045	-0,00650	0,05996	0,52910	0,00020
CLASSE 2					CLASSE 3			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,00669	0,72577	0,00137	0,12488	0,00721	1,87702	0,00004	0,00001
0,70	0,00191	0,20676	0,15595	0,14177	0,00188	0,49017	0,34299	0,13091
1,30	-0,00015	0,01599	0,28184	0,25622	-0,00048	0,12433	0,10588	0,40412
2,00	0,00348	0,37713	0,70528	0,64117	0,00334	0,86908	0,00001	0,56393
3,00	-0,00118	0,12781	0,31104	0,28277	-0,00174	0,45201	0,89639	0,34213
4,00	-0,00111	0,12071	0,30550	0,27772	-0,00143	0,37209	0,76110	0,29049
5,00	-0,00141	0,15259	0,47266	0,42969	-0,00163	0,42348	0,00001	0,40412
6,00	-0,00149	0,16166	0,48545	0,44132	-0,00158	0,41276	0,00001	0,42020
7,00	-0,00132	0,14325	0,25639	0,02331	-0,00128	0,33426	0,00006	0,00002
8,00	0,00030	0,03447	0,85730	0,07794	-0,00081	0,21201	0,00015	0,00006
9,00	-0,00040	0,04360	0,47306	0,31573	-0,00031	0,08057	0,00006	0,00002
10,00	0,00047	0,05156	0,02239	0,03657	-0,00020	0,04341	0,00007	0,00003
11,00	-0,00111	0,11510	0,03169	0,36652	-0,00046	0,07458	0,00004	0,00002
12,00	-0,00098	0,07390	0,17728	0,16117	-0,00041	0,04788	0,00002	0,67666
13,00	0,00038	0,02435	0,24769	0,22517	0,00016	0,01578	0,00002	0,94539
14,00	-0,00096	0,03860	0,00006	0,00006	-0,00040	0,02501	0,00006	0,00002
15,00	-0,00148	0,03559	0,00005	0,48987	-0,00062	0,02306	0,00005	0,00002
16,00	-0,00154	0,02915	0,00005	0,48100	-0,00065	0,01889	0,00529	0,00002
CLASSE 4					CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,00705	1,17383	0,22243	0,13240	0,00622	0,30783	0,59741	0,11714
0,70	0,00191	0,31729	0,02324	0,13835	0,00186	0,09194	0,73886	0,14487
1,30	-0,00039	0,06432	0,67683	0,40288	-0,00001	0,00080	0,12498	0,24506
2,00	0,00330	0,54876	0,97765	0,58194	0,00328	0,16210	0,32823	0,64359
3,00	-0,00159	0,26402	0,57216	0,34057	-0,00092	0,04570	0,15373	0,30143
4,00	-0,00139	0,23177	0,52795	0,31426	-0,00094	0,04649	0,14984	0,29381
5,00	-0,00165	0,27547	0,75387	0,44873	-0,00124	0,06152	0,16931	0,33198
6,00	-0,00169	0,28071	0,79179	0,47130	-0,00133	0,06579	0,16930	0,33197
7,00	-0,00103	0,17138	0,04835	0,30050	-0,00188	0,09310	0,39054	0,76577
8,00	-0,00052	0,08644	0,11336	0,67475	0,00086	0,04389	0,03309	0,64885
9,00	-0,00042	0,07044	0,00004	0,25811	-0,00052	0,02674	0,01606	0,31495
10,00	-0,00032	0,05328	0,00007	0,00004	0,00216	0,10717	0,00002	0,00005

11,00	-0,00072	0,09313	0,00004	0,00002	-0,00103	0,05146	0,00002	0,00004
12,00	-0,00064	0,05980	0,00002	0,00001	-0,00195	0,09667	0,00002	0,00003
13,00	0,00025	0,01970	0,00002	0,00001	0,00083	0,03576	0,00002	0,00005
14,00	-0,00063	0,03124	0,00006	0,00004	-0,00207	0,05669	0,00006	0,00013
15,00	-0,00097	0,02880	0,00005	0,00003	-0,00318	0,05227	0,00005	0,00011
16,00	-0,00101	0,02359	0,00005	0,00003	-0,00332	0,04281	0,00005	0,00010

Tabela 20: Acurácia para o modelo de Schöpfer no ajuste total e nas classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Schöpfer								
TOTAL					CLASSE 1			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0007565	3,6994293	0,0000071	0,0000014	0,0020153	0,0381929	0,0000007	0,0000034
0,70	0,0002012	0,0984058	0,0000071	0,0000001	0,0003949	0,0074919	0,0000001	0,0000003
1,30	0,0004923	0,2407276	0,0000020	0,0000004	0,0006031	0,0114398	0,0000001	0,0000007
2,00	0,0003494	1,0708351	0,0000030	0,0000060	0,0005431	0,0103281	0,0000003	0,0000015
3,00	0,0014804	0,7239056	0,0000149	0,0000030	0,0004526	0,0082065	0,0000006	0,0000033
4,00	0,0011657	0,5642064	0,0000115	0,0000024	0,0004069	0,0059187	0,0000011	0,0000073
5,00	0,0013036	0,6244320	0,0000146	0,0000030	0,0003345	0,0042244	0,0000014	0,0000114
6,00	0,0013731	0,6384951	0,0000175	0,0000037	0,0000440	0,0022487	0,0000010	0,0000011
7,00	0,0010446	0,4565177	0,0000861	0,0000197	0,1285875	0,8207775	0,0128384	0,1834055
8,00	0,0008585	0,3018736	0,0001917	0,0000543	0,0023611	0,0044388	0,0000003	0,0000158
9,00	0,0000310	0,0080874	0,0000625	0,0000024	0,1255611	0,0327071	0,0011547	0,0384911
10,00	0,0002980	0,0526640	0,0000710	0,0000401	0,0021767	0,0412514	0,0000008	0,0000039
11,00	0,0012052	0,1207140	0,0000403	0,0000399	0,0001770	0,0513514	0,0000010	0,0090432
12,00	0,0019504	0,1054687	0,0000177	0,0000322	0,0066254	0,0412138	0,0000005	0,0000013
13,00	0,0011075	0,0419793	0,0000248	0,0000652	0,0008963	0,0004179	0,0000042	0,0000389
14,00	0,0062215	0,1012156	0,0000650	0,0003823	0,0027897	0,0419835	0,0000082	0,0000019
15,00	0,0202861	0,1410812	0,0000539	0,0006736	0,0021970	0,0412790	0,0001956	0,0000656
16,00	0,0281868	0,1367373	0,0000529	0,0008818	0,0028567	0,0041961	0,0045877	0,0000911
CLASSE 2					CLASSE 3			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0008136	0,1865026	0,0000060	0,0000012	0,0045526	1,1927708	0,0000146	0,0000055
0,70	-0,0005112	0,0557173	0,0000002	0,0000002	-0,0004405	0,1154101	0,0000004	0,0000002
1,30	-0,0011069	0,1200966	0,0000010	0,0000009	-0,0014695	0,3850127	0,0000025	0,0000010
2,00	-0,0015328	0,1663070	0,0000026	0,0000024	-0,0022059	0,5779310	0,0000077	0,0000029
3,00	-0,0011137	0,1213836	0,0000026	0,0000024	-0,0017377	0,4552619	0,0000089	0,0000034
4,00	-0,0005955	0,0649213	0,0000061	0,0000056	-0,0009116	0,2388546	0,0000062	0,0000023
5,00	0,0000136	0,0019052	0,0000016	0,0000015	0,0003528	0,0921049	0,0000051	0,0000019
6,00	0,0000848	0,0092005	0,0000080	0,0000076	0,0000519	0,0144906	0,0000592	0,0000233
7,00	0,0003578	0,0318729	0,0000028	0,0000031	0,0007279	0,1783457	0,0000074	0,0000030
8,00	0,0002316	0,0143753	0,0000035	0,0000056	0,0006677	0,1352478	0,0000201	0,0000099
9,00	-0,0004170	0,0165520	0,0000053	0,0000132	0,0012299	0,1820382	0,0000089	0,0000060
10,00	0,6668267	14,6398866	0,1327621	0,5772265	0,0007312	0,0695197	0,0000078	0,0000081
11,00	0,0011461	0,0160233	0,0000005	0,0000035	0,0013303	0,0598534	0,0000016	0,0000034
12,00	0,0012764	0,0090193	0,0000006	0,0000071	0,0064327	0,1458118	0,0001332	0,0005791

13,00	0,0000503	0,0028545	0,0000003	0,0000084	0,0073800	0,1279934	0,0001494	0,0008302
14,00	0,0248007	0,0916679	0,0000596	0,0014888	0,0947323	0,9533069	0,0031072	0,0282470
15,00	0,0200248	0,0978804	0,0005683	0,0078934	0,1108673	0,3377491	0,0004315	0,0107876
16,00	0,0188916	0,0580925	0,0005866	0,0042385	0,1673374	0,4099490	0,0006118	0,0203940

CLASSE 4					CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0028214	0,2510825	0,0000021	0,0000023	0,0136813	0,1354827	0,0000029	0,0000266
0,70	-0,0002087	0,0253138	0,0000002	0,0000001	0,0002900	0,0029772	0,0000000	0,0000001
1,30	-0,9924721	88,3188709	0,2418574	0,2687305	-0,0018847	0,0186761	0,0000001	0,0000009
2,00	-0,0038436	0,3420453	0,0000050	0,0000056	-0,0034496	0,0342411	0,0000004	0,0000040
3,00	0,0427346	3,7779694	0,0001990	0,0002236	-0,0026940	0,0268670	0,0000005	0,0000045
4,00	-0,0026366	0,2320009	0,0000038	0,0000043	-0,0017345	0,0173767	0,0000003	0,0000027
5,00	-0,0015066	0,1340800	0,0000021	0,0000024	-0,0007461	0,0078905	0,0000002	0,0000022
6,00	-0,0003826	0,0340843	0,0000011	0,0000013	-0,0007204	0,0078271	0,0000003	0,0000030
7,00	-0,0004331	0,0383869	0,0000093	0,0000105	0,0003972	0,0050503	0,0000003	0,0000029
8,00	0,0003022	0,0228449	0,0000036	0,0000047	0,0012312	0,0114475	0,0000004	0,0000041
9,00	0,0001406	0,0105874	0,0000077	0,0000102	0,0022200	0,0177870	0,0000005	0,0000052
10,00	0,0001686	0,0104234	0,0000169	0,0000307	0,0021877	0,0129413	0,0000003	0,0000036
11,00	0,0003305	0,0140637	0,0000037	0,0000074	0,0028535	0,0167706	0,0000004	0,0000051
12,00	0,0005672	0,0118046	0,0000018	0,0000085	0,0024363	0,0117276	0,0000002	0,0000039
13,00	0,0182988	0,2213903	0,0000377	0,0002897	0,0005212	0,0042010	0,0000004	0,0000075
14,00	0,0115654	0,0520153	0,0000011	0,0000212	0,0001813	0,0021204	0,0000000	0,0000015
15,00	0,0526457	0,1662495	0,0000024	0,0001210	0,0072202	0,0102129	0,0000007	0,0000348
16,00	0,3297631	0,6535825	0,0036622	0,1220736	0,3280450	0,6605813	0,0000001	0,0000074

Tabela 21: Acurácia para o modelo de Hradetzky no ajuste total dentro das classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Hradetzky								
TOTAL					CLASSE 1			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-0,021026	10,281939	0,013186	0,002691	-0,030835	0,760253	0,000675	0,002595
0,70	0,001912	0,935202	0,000007	0,000001	0,001840	0,045045	0,425260	1,635614
1,30	0,000172	0,084074	0,000001	0,000000	0,000484	0,011865	0,817601	3,144619
2,00	0,003677	1,798055	0,000048	0,000010	0,002467	0,060391	0,117689	4,526507
3,00	-0,002157	1,054618	0,000022	0,000004	-0,001922	0,047082	0,169880	6,533853
4,00	-0,001642	0,794827	0,000016	0,000003	-0,001638	0,040144	0,135700	0,521923
5,00	-0,001244	0,595966	0,000014	0,000003	-0,001526	0,037389	0,113606	4,369452
6,00	-0,001023	0,475559	0,000015	0,000003	-0,001205	0,029526	0,977569	3,759881
7,00	-0,000721	0,315119	0,000084	0,000019	-0,001548	0,037929	0,174623	6,716269
8,00	-0,000750	0,263675	0,000184	0,000052	-0,001634	0,040676	0,111545	0,290191
9,00	-0,000465	0,120952	0,000062	0,000024	0,000126	0,006491	0,739186	0,028430
10,00	-0,000605	0,106159	0,000072	0,000041	0,003372	0,083091	0,185663	0,140876
11,00	-0,001442	0,144362	0,000041	0,000040	-0,001450	0,036314	0,108912	0,893613
12,00	-0,002055	0,111069	0,000017	0,000031	-0,000580	0,015583	0,811107	0,311964

13,00	0,001788	0,066621	0,000021	0,000055	0,001989	0,049440	0,015312	0,588921
14,00	-0,003835	0,063306	0,000040	0,000238	-0,002508	0,049661	0,404114	0,155428
15,00	-0,014210	0,099211	0,000030	0,000379	-0,004372	0,051478	0,030311	0,011658
16,00	-0,018660	0,091190	0,000027	0,000453	-0,004306	0,039990	0,027156	0,104445

CLASSE 2					CLASSE 3			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-0,014643	1,590148	0,001443	0,001312	-0,019636	5,115939	0,006641	0,002535
0,70	0,001895	0,205620	0,161392	0,146720	0,001785	0,465096	0,330718	0,001126
1,30	0,000433	0,046985	0,281498	0,255907	0,000174	0,045322	0,708488	0,270415
2,00	0,003416	0,370657	0,670842	6,098565	0,003442	0,896650	0,016712	0,637853
3,00	-0,001833	0,198905	0,455859	0,414417	-0,002399	0,624942	0,013075	0,499027
4,00	-0,001404	0,152318	0,371534	0,337758	-0,001889	0,491959	0,010407	0,397196
5,00	-0,001216	0,131949	0,420728	0,382480	-0,001569	0,408805	0,102236	0,390214
6,00	-0,001150	0,124816	0,401678	0,036516	-0,001245	0,324380	0,926299	0,353549
7,00	-0,001087	0,118128	0,025251	0,229556	-0,000960	0,250188	0,548717	0,020943
8,00	0,000402	0,044899	0,084069	0,764265	-0,000656	0,171028	0,478859	0,564450
9,00	-0,000518	0,056520	0,034268	0,311523	-0,000463	0,120489	0,619177	0,023633
10,00	0,000192	0,021974	0,404609	0,036783	-0,000409	0,087501	0,719193	0,027450
11,00	-0,001324	0,137644	0,000041	0,000037	-0,000556	0,089187	0,000041	0,000015
12,00	-0,001027	0,077821	0,000017	0,000015	-0,000431	0,050424	0,000017	0,000006
13,00	0,000618	0,038638	0,000021	0,000019	0,000259	0,025036	0,000021	0,000008
14,00	-0,000593	0,024144	0,000040	0,000037	-0,000249	0,015644	0,000040	0,000015
15,00	-0,001033	0,025027	0,000030	0,000028	-0,000434	0,016217	0,000030	0,000012
16,00	-0,001018	0,019442	0,000027	0,000025	-0,000427	0,012597	0,000027	0,000010

CLASSE 4					CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-0,016516	2,750895	0,006641	0,003953	-0,022923	1,137229	0,993109	0,001947
0,70	0,001846	0,307393	0,330718	0,196856	0,001898	0,093944	0,798281	0,156526
1,30	0,000229	0,038113	0,708488	0,421719	0,000492	0,024354	0,142681	0,279767
2,00	0,003357	0,558906	0,167118	0,994747	0,003146	0,155695	0,298354	0,585008
3,00	-0,002239	0,372817	0,130745	0,778245	-0,001513	0,074877	0,210558	0,412859
4,00	-0,001778	0,296020	0,104065	0,619437	-0,001109	0,054933	0,171145	0,335579
5,00	-0,001543	0,256895	0,102236	0,608547	-0,001011	0,050037	0,149186	0,292522
6,00	-0,001352	0,225072	0,926299	0,551369	-0,001065	0,052729	0,135427	0,265544
7,00	-0,000737	0,122887	0,548717	0,326617	-0,001768	0,087514	0,377487	0,740170
8,00	-0,000371	0,062482	0,014789	0,880273	0,000810	0,041390	0,335776	0,000066
9,00	-0,000548	0,091484	0,619177	0,368558	-0,000690	0,034746	0,157673	0,000031
10,00	-0,000626	0,104421	0,719193	0,000043	0,001940	0,096327	0,000023	0,000046
11,00	-0,000867	0,111378	0,000041	0,000024	-0,001225	0,060985	0,000018	0,000035
12,00	-0,000673	0,062970	0,000017	0,000010	-0,002023	0,100267	0,000014	0,000028
13,00	0,000404	0,031265	0,000021	0,000012	-0,002023	0,100267	0,000014	0,000028
14,00	-0,000388	0,019537	0,000040	0,000024	-0,001278	0,035458	0,000040	0,000079
15,00	-0,000677	0,020251	0,000030	0,000018	-0,002229	0,036756	0,000030	0,000059
16,00	-0,000666	0,015732	0,000027	0,000016	-0,002195	0,028553	0,000027	0,000053

Tabela 22: Acurácia para o modelo de Hradetzky no ajuste total e nas classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Hradetzky								
TOTAL					CLASSE 1			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-0,0210257	10,2819391	0,0131858	0,0026910	-0,0106130	0,2012924	0,0000364	0,0001821
0,70	0,0019125	0,9352021	0,0000068	0,0000014	0,0010062	0,0191217	0,0000006	0,0000030
1,30	0,0001719	0,0840744	0,0000013	0,0000003	0,0002726	0,0053718	0,0000005	0,0000027
2,00	0,0036770	1,7980550	0,0000483	0,0000099	0,0013222	0,0251165	0,0000013	0,0000067
3,00	-0,0021567	1,0546175	0,0000216	0,0000044	-0,0000873	0,0022053	0,0000008	0,0000042
4,00	-0,0016422	0,7948266	0,0000162	0,0000033	-0,0004457	0,0063799	0,0000008	0,0000051
5,00	-0,0012442	0,5959663	0,0000145	0,0000030	-0,0004599	0,0051313	0,0000004	0,0000031
6,00	-0,0010227	0,4755586	0,0000148	0,0000032	0,0003404	0,0031222	0,0000006	0,0000065
7,00	-0,0007210	0,3151193	0,0000843	0,0000193	0,1226686	0,7837525	0,0117976	0,1685364
8,00	-0,0007498	0,2636747	0,0001844	0,0000522	0,0035867	0,0066102	0,0000007	0,0000350
9,00	-0,0004647	0,1209519	0,0000619	0,0000237	0,0974976	0,2873965	0,0013653	0,0455104
10,00	-0,0006052	0,1061588	0,0000719	0,0000406	0,0567272	0,2641366	0,0372839	0,0946487
11,00	-0,0014421	0,1443618	0,0000406	0,0000402	0,0727160	0,2691414	0,0023728	0,0796729
12,00	-0,0020546	0,1110693	0,0000170	0,0000308	0,0500644	0,4136646	0,0023946	0,0094873
13,00	0,0017876	0,0666207	0,0000208	0,0000548	0,0716006	0,2134638	0,0028395	0,0948729
14,00	-0,0038351	0,0633060	0,0000404	0,0002377	0,0067272	0,0362691	0,0018720	0,0094649
15,00	-0,0142104	0,0992115	0,0000303	0,0003789	0,0005673	0,2078691	0,0896728	0,0940677
16,00	-0,0186605	0,0911903	0,0000272	0,0004526	0,0607160	0,2569141	0,0728395	0,0785691
CLASSE 2					CLASSE 3			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-0,0057473	1,3173906	0,0003062	0,0000625	-0,1226905	32,1444483	0,0099633	0,0037883
0,70	0,0014256	0,1553813	0,0000013	0,0000012	0,0021807	0,5713411	0,0000043	0,0000016
1,30	-0,0001408	0,0152831	0,0000001	0,0000001	0,0003589	0,0940266	0,0000006	0,0000002
2,00	0,0020309	0,2203454	0,0000037	0,0000034	0,0039074	1,0237268	0,0000203	0,0000077
3,00	-0,0008381	0,0913500	0,0000019	0,0000017	-0,0019334	0,5065391	0,0000094	0,0000036
4,00	-0,0004419	0,0481734	0,0000014	0,0000013	-0,0014603	0,3825888	0,0000076	0,0000029
5,00	-0,0005494	0,0593453	0,0000025	0,0000023	-0,0011611	0,3030569	0,0000073	0,0000028
6,00	-0,0009266	0,0973017	0,0000050	0,0000047	-0,0009353	0,2366379	0,0000064	0,0000025
7,00	-0,0012235	0,1088994	0,0000064	0,0000071	-0,0009453	0,2316451	0,0000303	0,0000123
8,00	-0,0010073	0,0619832	0,0000055	0,0000087	-0,0004087	0,0830360	0,0000618	0,0000303
9,00	0,0004640	0,0183639	0,0000051	0,0000129	-0,0004108	0,0610024	0,0000312	0,0000210
10,00	-0,6665599	14,6340292	0,1326527	0,5767511	-0,0000647	0,0084143	0,0000269	0,0000280
11,00	-0,0009746	0,0144546	0,0000042	0,0000281	-0,0003364	0,0159598	0,0000095	0,0000207
12,00	-0,0002115	0,0046539	0,0000016	0,0000206	-0,0015470	0,0347205	0,0000014	0,0000061
13,00	0,0029671	0,0101177	0,0000014	0,0000344	0,0029861	0,0510441	0,0000082	0,0000454
14,00	-0,0224151	0,1361869	0,0003999	0,0099978	0,0450240	0,4759930	0,0024165	0,0219684
15,00	-0,0228333	0,1376789	0,0004061	0,0101529	-0,0251938	0,0779326	0,0000278	0,0006950
16,00	-0,0608540	0,0685254	0,0252360	0,0453090	-0,0272340	0,0670193	0,0000166	0,0005522
CLASSE 4					CLASSE 5			

hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0793026	7,0570544	0,0010292	0,0011436	0,0097170	0,0962478	0,0000015	0,0000137
0,70	0,0017992	0,2181832	0,0000024	0,0000014	0,0042580	0,0421627	0,0000004	0,0000034
1,30	0,9943173	88,4830670	0,2427518	0,2697243	0,0004137	0,0042351	0,0000000	0,0000002
2,00	0,0046437	0,4132372	0,0000065	0,0000072	0,0069794	0,0691250	0,0000014	0,0000124
3,00	0,0400793	3,6046842	0,0001892	0,0001259	0,0026750	0,0266653	0,0000005	0,0000043
4,00	0,0019955	0,1755918	0,0000027	0,0000031	0,0019239	0,0191953	0,0000003	0,0000026
5,00	0,0017195	0,1530277	0,0000025	0,0000027	0,0016221	0,0162312	0,0000003	0,0000023
6,00	0,0018586	0,1654047	0,0000031	0,0000035	0,0014347	0,0144450	0,0000003	0,0000027
7,00	0,0002718	0,0263035	0,0000481	0,0000541	0,0020491	0,0206195	0,0000006	0,0000059
8,00	0,0019722	0,1480698	0,0000219	0,0000288	0,0028236	0,0257214	0,0000013	0,0000128
9,00	0,0012602	0,0873338	0,0000201	0,0000265	0,0005882	0,0013199	0,0000044	0,0000484
10,00	0,0011413	0,0605378	0,0000243	0,0000442	0,0001568	0,0009483	0,0000003	0,0000004
11,00	0,0013267	0,0553316	0,0000138	0,0000276	0,0017872	0,0106503	0,0000003	0,0000042
12,00	0,0007727	0,0169098	0,0000068	0,0000322	0,0032630	0,0159656	0,0000005	0,0000090
13,00	0,0142197	0,1727490	0,0000125	0,0000964	0,0024314	0,0115547	0,0000012	0,0000249
14,00	0,0182402	0,0797448	0,0000035	0,0000700	0,0020652	0,0084631	0,0000004	0,0000215
15,00	0,0321628	0,0077945	0,0000012	0,0000586	0,0119700	0,0169641	0,0000019	0,0000970
16,00	0,3269415	0,6511921	0,0036355	0,1211846	0,0063788	0,5114853	0,0010064	0,0503203

Tabela 23: Acurácia para o modelo de Kozak no ajuste total dentro das classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Kozak								
TOTAL					CLASSE 1			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,007565	3,699429	0,000706	0,000144	0,003887	0,095146	0,137542	0,529007
0,70	-0,007838	3,832930	0,000101	0,000207	-0,000388	0,009515	0,314559	0,120984
1,30	-0,021485	10,506363	0,000896	0,000183	-0,001014	0,024828	0,182670	0,702576
2,00	-0,031292	15,301709	0,002111	0,000431	-0,001732	0,042438	0,947126	0,364279
3,00	-0,049632	24,269706	0,006194	0,001264	-0,001463	0,035891	0,163209	0,627729
4,00	-0,066351	32,113741	0,011866	0,002447	-0,000900	0,022137	0,112469	0,432572
5,00	-0,082032	39,293024	0,019313	0,004024	-0,000271	0,006841	0,750925	0,288817
6,00	-0,096881	45,049408	0,028053	0,006020	0,000171	0,004432	0,534646	0,205633
7,00	-0,112331	49,088620	0,037584	0,008581	0,000218	0,005528	0,577664	0,222178
8,00	-0,128445	45,147506	0,053808	0,015243	-0,000159	0,005366	0,231401	0,890006
9,00	-0,146970	38,211665	0,041727	0,015987	0,000132	0,004412	0,205576	0,790677
10,00	-0,167647	29,338671	0,043990	0,024853	0,001147	0,037739	0,000142	0,000548
11,00	-0,186913	18,689576	0,032740	0,032416	0,005769	0,142622	0,000078	0,000301
12,00	-0,210589	11,368120	0,021221	0,038584	0,004333	0,108441	0,000089	0,000342
13,00	-0,208077	7,693712	0,015627	0,041125	0,017403	0,427469	0,000316	0,001216
14,00	-0,217052	3,460242	0,006907	0,040631	0,019791	0,382857	0,000862	0,003315
15,00	-0,172268	1,182469	0,002098	0,026220	0,024509	0,286210	0,000694	0,002668
16,00	-0,123498	0,594609	0,000850	0,014170	0,029474	0,269225	0,000863	0,003318

CLASSE 2					CLASSE 3			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,004027	0,436902	0,559656	0,508778	0,003918	1,020506	0,129861	0,495653
0,70	-0,000539	0,058442	0,238649	0,216954	-0,000627	0,163360	0,674073	0,257280
1,30	-0,001307	0,141826	0,945270	0,859337	-0,001547	0,403032	0,288480	0,110107
2,00	-0,002000	0,216997	0,331434	0,301304	-0,002552	0,664857	0,104491	0,398820
3,00	-0,001566	0,169877	0,434822	0,395293	-0,002283	0,594629	0,129264	0,493372
4,00	-0,000878	0,095258	0,316734	0,287940	-0,001614	0,420515	0,132519	0,505797
5,00	-0,000240	0,026099	0,218864	0,198967	-0,000835	0,217585	0,828252	0,316127
6,00	0,000091	0,010044	0,406336	0,369397	-0,000111	0,028969	0,841839	0,321313
7,00	-0,000009	0,003784	0,763644	0,694222	-0,000054	0,014517	0,180735	0,689828
8,00	-0,000432	0,048450	0,000109	0,000099	0,000239	0,063064	0,000199	0,761040
9,00	-0,000084	0,009952	0,000013	0,000012	0,000520	0,135313	0,000025	0,952416
10,00	0,000537	0,060002	0,000198	0,000180	0,000434	0,093269	0,000283	0,000108
11,00	0,001880	0,195638	0,000126	0,000115	0,000789	0,126765	0,000126	0,000048
12,00	0,002557	0,194020	0,000206	0,000187	0,001073	0,125717	0,000206	0,000079
13,00	0,003610	0,224913	0,000339	0,000309	0,001516	0,145734	0,000339	0,000130
14,00	0,004678	0,186135	0,000862	0,000784	0,001964	0,120607	0,000862	0,000329
15,00	0,005793	0,139147	0,000694	0,000631	0,002432	0,090161	0,000694	0,000265
16,00	0,006966	0,130890	0,000863	0,000784	0,002925	0,084811	0,000863	0,000329
CLASSE 4					CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,004008	0,667292	0,868113	0,516734	0,004120	0,203916	0,280596	0,550189
0,70	-0,000574	0,095639	0,427127	0,254242	-0,000436	0,021569	0,867229	0,170045
1,30	-0,001488	0,247795	0,000000	0,107416	-0,001150	0,056908	0,382306	0,749619
2,00	-0,002411	0,401488	0,665311	0,396018	-0,001697	0,084012	0,143592	0,281553
3,00	-0,002057	0,342533	0,810610	0,482506	-0,001168	0,057848	0,200712	0,393553
4,00	-0,001419	0,236207	0,883980	0,526178	-0,000506	0,025120	0,146090	0,286451
5,00	-0,000653	0,108789	0,000000	0,244668	0,000041	0,002614	0,113219	0,221999
6,00	-0,000086	0,014512	0,000005	0,308091	0,000368	0,018288	0,927726	0,181907
7,00	-0,000345	0,057532	0,000016	0,931543	0,000470	0,023328	0,109042	0,213808
8,00	0,000019	0,010977	0,000128	0,763004	-0,001212	0,060249	0,138914	0,272381
9,00	0,000352	0,058675	0,000015	0,895627	0,000097	0,005473	0,307267	0,602485
10,00	0,000796	0,133237	0,000275	0,000164	0,000663	0,037816	0,000154	0,000303
11,00	0,001231	0,158305	0,000126	0,000075	0,003286	0,163332	0,000088	0,000172
12,00	0,001674	0,156996	0,000206	0,000123	0,005378	0,267105	0,000204	0,000401
13,00	0,002364	0,181994	0,000339	0,000202	0,007787	0,330314	0,000339	0,000665
14,00	0,003063	0,150615	0,000862	0,000513	0,010090	0,273362	0,000862	0,001690
15,00	0,003793	0,112594	0,000694	0,000413	0,012495	0,204356	0,000694	0,001360
16,00	0,004561	0,105912	0,000863	0,000514	0,015026	0,192228	0,000863	0,001692

Tabela 24: Acurácia para o modelo de Kozak no ajuste total e nas classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Kozak								
TOTAL					CLASSE 1			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0075653	3,6994293	0,0000706	0,0000144	0,0021767	0,0412514	0,0000008	0,0000039
0,70	0,0020124	0,9840576	0,0000071	0,0000014	0,0005361	0,0101639	0,0000001	0,0000004
1,30	-0,0004923	0,2407276	0,0000020	0,0000004	-0,0002052	0,0039181	0,0000001	0,0000003
2,00	0,0034936	1,7083514	0,0000296	0,0000060	0,0009655	0,0183082	0,0000006	0,0000029
3,00	-0,0014804	0,7239056	0,0000149	0,0000030	-0,0002556	0,0048214	0,0000009	0,0000049
4,00	-0,0011657	0,5642064	0,0000115	0,0000024	-0,0004919	0,0069124	0,0000003	0,0000021
5,00	-0,0013036	0,6244320	0,0000146	0,0000030	-0,0003943	0,0044385	0,0000004	0,0000031
6,00	-0,0013731	0,6384951	0,0000175	0,0000037	0,0003413	0,0031458	0,0000006	0,0000068
7,00	-0,0010446	0,4565177	0,0000861	0,0000197	0,1277530	0,8163110	0,0128073	0,1829616
8,00	-0,0008585	0,3018736	0,0001917	0,0000543	0,0020177	0,0072355	0,0000008	0,0000424
9,00	-0,0003103	0,0808743	0,0000625	0,0000240	0,1092908	0,3018518	0,0012289	0,0409617
10,00	-0,0002980	0,0526640	0,0000710	0,0000401	0,1255611	0,3270710	0,0154732	0,0384911
11,00	-0,0012052	0,1207140	0,0000403	0,0000399	0,1561127	0,0270715	0,1732229	0,8491074
12,00	-0,0019504	0,1054687	0,0000177	0,0000322	0,5561127	0,7071515	0,0073223	0,0049107
13,00	0,0011075	0,0419793	0,0000248	0,0000652	0,0502738	0,3071035	0,0002856	0,0004974
14,00	-0,0062215	0,1012156	0,0000650	0,0003823	0,0010056	0,3071031	0,0411547	0,0368491
15,00	-0,0202861	0,1410812	0,0000539	0,0006736	0,0825561	0,7071015	0,0861547	0,0638491
16,00	-0,0281868	0,1367373	0,0000529	0,0008818	0,0025561	0,0270710	0,0185229	0,0049107
CLASSE 2					CLASSE 3			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0010200	0,2338006	0,0000092	0,0000019	0,0082715	2,1671102	0,0000440	0,0000167
0,70	0,0011586	0,1262754	0,0000009	0,0000008	0,0024712	0,6474366	0,0000053	0,0000020
1,30	-0,0001903	0,0206520	0,0000002	0,0000002	-0,0000979	0,0256530	0,0000005	0,0000002
2,00	0,0022423	0,2432820	0,0000044	0,0000040	0,0039745	1,0413153	0,0000192	0,0000073
3,00	-0,0008196	0,0893317	0,0000018	0,0000016	-0,0009792	0,2565396	0,0000055	0,0000021
4,00	-0,0007339	0,0799935	0,0000019	0,0000017	-0,0006270	0,1642906	0,0000047	0,0000018
5,00	-0,0007827	0,0845397	0,0000029	0,0000027	-0,0007787	0,2032425	0,0000059	0,0000023
6,00	-0,0008854	0,0929779	0,0000046	0,0000043	-0,0007964	0,2014890	0,0000058	0,0000023
7,00	-0,0009893	0,0880645	0,0000058	0,0000065	-0,0007520	0,1842813	0,0000295	0,0000120
8,00	-0,0006515	0,0401313	0,0000051	0,0000081	-0,0000137	0,0073183	0,0000603	0,0000296
9,00	0,0008460	0,0331270	0,0000054	0,0000136	0,0001773	0,0267157	0,0000311	0,0000208
10,00	-0,6665642	14,6341235	0,1326699	0,5768258	0,0005919	0,0565214	0,0000273	0,0000285
11,00	-0,0017691	0,0254267	0,0000076	0,0000510	0,0002207	0,0111058	0,0000091	0,0000197
12,00	-0,0016018	0,0134166	0,0000049	0,0000613	-0,0011694	0,0263192	0,0000018	0,0000076
13,00	-0,0042692	0,0140377	0,0000023	0,0000576	0,0032564	0,0556528	0,0000097	0,0000541
14,00	-0,0112136	0,0984161	0,0002546	0,0063655	0,0440052	0,4668152	0,0024263	0,0220576
15,00	-0,0124333	0,1022537	0,0002685	0,0067123	-0,0284938	0,0880935	0,0000353	0,0008821
16,00	0,0354801	0,0667880	0,0009552	0,0087893	-0,0335496	0,0824164	0,0000249	0,0008308
CLASSE 4					CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0106418	0,9470054	0,0000183	0,0000203	0,0139399	0,1380413	0,0000030	0,0000276
0,70	0,0015773	0,1912654	0,0000019	0,0000011	0,0040433	0,0400355	0,0000003	0,0000030
1,30	-0,9937146	88,4294328	0,2424602	0,2694003	-0,0008042	0,0080503	0,0000000	0,0000004
2,00	0,0046902	0,4173762	0,0000066	0,0000073	0,0065043	0,0644313	0,0000012	0,0000110

3,00	0,0409897	3,6237241	0,0001828	0,0002054	-0,0019750	0,0198061	0,0000004	0,0000034
4,00	-0,0018324	0,1612420	0,0000025	0,0000028	-0,0009067	0,0092581	0,0000002	0,0000015
5,00	-0,0019232	0,1711534	0,0000028	0,0000031	-0,0010950	0,0110627	0,0000002	0,0000017
6,00	-0,0022018	0,1959468	0,0000037	0,0000041	-0,0015375	0,0154375	0,0000003	0,0000028
7,00	-0,0004542	0,0414403	0,0000484	0,0000544	-0,0025401	0,0254320	0,0000008	0,0000070
8,00	-0,0018315	0,1375301	0,0000215	0,0000283	-0,0033303	0,0301584	0,0000015	0,0000146
9,00	-0,0008906	0,0618891	0,0000197	0,0000259	0,0003164	0,0129366	0,0000046	0,0000510
10,00	-0,0006006	0,0327126	0,0000239	0,0000434	-0,0015561	0,0093630	0,0000002	0,0000036
11,00	-0,0010798	0,0451713	0,0000135	0,0000270	-0,0014785	0,0088474	0,0000002	0,0000032
12,00	-0,0006753	0,0151132	0,0000066	0,0000314	-0,0029625	0,0145467	0,0000005	0,0000079
13,00	0,0123080	0,1473420	0,0000138	0,0001065	-0,0025837	0,0116358	0,0000011	0,0000213
14,00	0,0196143	0,0859339	0,0000039	0,0000779	0,0007978	0,0057087	0,0000002	0,0000101
15,00	0,0499516	0,1250346	0,0000018	0,0000889	0,0119297	0,0169460	0,0000019	0,0000973
16,00	0,3256883	0,6500973	0,0036233	0,1207779	0,3326036	0,6565802	0,0000006	0,0000280

Tabela 25: Acurácia para o modelo de Goulding e Murray no ajuste total dentro das classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Goulding e Murray								
TOTAL					CLASSE 1			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,532934	260,603759	0,358997	0,073265	-0,344399	8,430371	0,010570	0,040653
0,70	0,028665	14,017036	0,001377	0,000281	-0,026552	0,649885	0,000084	0,000324
1,30	0,047083	23,023382	0,004345	0,000887	-0,040076	0,980921	0,000217	0,000834
2,00	0,074803	36,578741	0,012002	0,002449	-0,058256	1,425948	0,000530	0,002038
3,00	0,070098	34,277422	0,012374	0,002525	-0,048549	1,188417	0,000476	0,001832
4,00	0,058193	28,165476	0,009358	0,001929	-0,034933	0,855224	0,000304	0,001170
5,00	0,043750	20,956200	0,005899	0,001229	-0,021870	0,535543	0,000150	0,000576
6,00	0,030558	14,209458	0,003234	0,000694	-0,014062	0,344440	0,075274	0,000290
7,00	0,020049	8,761361	0,001597	0,000365	-0,008376	0,205181	0,316277	0,000122
8,00	0,010942	3,846270	0,004525	0,001282	-0,005921	0,145148	0,177718	0,683529
9,00	0,007304	1,899034	0,000228	0,000087	-0,002770	0,068024	0,662522	0,254816
10,00	0,002808	0,491884	0,000952	0,000538	0,004910	0,130718	0,000709	0,002727
11,00	0,012264	1,230395	0,006394	0,006331	0,052197	1,291564	0,006308	0,024261
12,00	0,014499	0,787386	0,002684	0,004881	0,022195	0,555016	0,002174	0,008362
13,00	0,077161	2,860323	0,013319	0,035051	0,113065	2,777433	0,013315	0,051210
14,00	0,090003	1,451290	0,007613	0,044785	0,058848	1,138486	0,007613	0,029282
15,00	0,379541	2,629840	0,016912	0,211402	0,116782	1,364557	0,016912	0,065047
16,00	0,461611	2,234842	0,013293	0,221551	0,106526	0,980043	0,013293	0,051127
CLASSE 2					CLASSE 3			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-0,458433	49,737607	0,066094	0,060085	-0,525990	137,019265	0,192084	0,073315
0,70	-0,028731	3,117169	0,000341	0,000310	-0,028522	7,429993	0,000752	0,000287
1,30	-0,045531	4,939869	0,000982	0,892969	-0,046498	12,112699	0,002291	0,000874

2,00	-0,070039	7,598896	0,002577	0,002343	-0,073988	19,273732	0,006374	0,002433
3,00	-0,062805	6,814030	0,002470	0,002245	-0,069469	18,096580	0,006686	0,002552
4,00	-0,049133	5,330666	0,001726	0,001570	-0,057429	14,960189	0,005119	0,001954
5,00	-0,034173	3,707638	0,000973	0,884531	-0,043322	11,285329	0,003284	0,001253
6,00	-0,025183	2,732260	0,000593	0,539282	-0,030389	7,916289	0,001854	0,000708
7,00	-0,015403	1,671202	0,000291	0,264562	-0,020411	5,317109	0,001017	0,000388
8,00	-0,006746	0,735015	0,003510	0,003191	-0,012014	3,130025	0,004271	0,001630
9,00	-0,007651	0,830102	0,000102	0,928546	-0,007276	1,891772	0,000228	0,869252
10,00	-0,002744	0,299005	0,000837	0,761186	-0,001897	0,405435	0,000952	0,000363
11,00	0,011261	1,173135	0,006394	0,005813	0,004728	0,760140	0,006394	0,002440
12,00	0,007250	0,551681	0,002684	0,002440	0,003044	0,357465	0,002684	0,001025
13,00	0,026656	1,658898	0,013319	0,012108	0,011191	1,074893	0,013319	0,005084
14,00	0,013909	0,553500	0,007613	0,006921	0,005840	0,358644	0,007613	0,002906
15,00	0,027603	0,663410	0,016912	0,015375	0,011589	0,429861	0,016912	0,006455
16,00	0,025179	0,476470	0,013293	0,012085	0,010571	0,308732	0,013293	0,005074

CLASSE 4					CLASSE 5			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	-0,497727	82,869931	0,113515	0,067569	-0,402295	19,909231	0,025486	0,049972
0,70	-0,028616	4,764522	0,000501	0,000298	-0,027566	1,364202	0,000159	0,000311
1,30	-0,046095	7,674682	0,001483	0,000883	-0,042923	2,124168	0,000442	0,000866
2,00	-0,072234	12,026712	0,004049	0,002410	-0,064492	3,191581	0,001120	0,002196
3,00	-0,066818	11,124991	0,004090	0,002435	-0,056008	2,771782	0,001011	0,001983
4,00	-0,054083	9,004732	0,003059	0,001821	-0,042222	2,089545	0,000664	0,001301
5,00	-0,039793	6,625460	0,001877	0,001117	-0,028254	1,398327	0,000351	0,000689
6,00	-0,028111	4,680384	0,001077	0,000641	-0,018564	0,918826	0,000191	0,000374
7,00	-0,019126	3,184538	0,000608	0,000362	-0,010979	0,543439	0,844129	0,000166
8,00	-0,009698	1,615569	0,003800	0,002262	-0,009199	0,455428	0,795835	0,000156
9,00	-0,007822	1,302321	0,000169	0,000101	-0,005433	0,269010	0,302607	0,593347
10,00	-0,003008	0,501334	0,000949	0,000565	0,717552	0,037462	0,000728	0,001428
11,00	0,007373	0,949270	0,006394	0,003806	0,025844	1,286419	0,006333	0,012418
12,00	0,004747	0,446406	0,002684	0,001598	0,015623	0,778155	0,002681	0,005257
13,00	0,017453	1,342336	0,013319	0,007928	0,057493	2,436300	0,013319	0,026116
14,00	0,009107	0,447878	0,007613	0,004532	0,030001	0,812885	0,007613	0,014928
15,00	0,018073	0,536814	0,016912	0,010067	0,059536	0,974301	0,016912	0,033161
16,00	0,461611	2,040123	0,013293	0,221551	0,054307	0,699756	0,013293	0,026065

Tabela 26: Acurácia para o modelo de Gouling e Murray no ajuste total e nas classes diamétricas dos volumes estimados ao longo do fuste das árvores do povoamento de *Khaya ivorensis* no norte de Minas Gerais.

Gouling e Murray								
TOTAL					CLASSE 1			
hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,5329340	260,6037589	0,3589971	0,0732647	0,0383650	0,7269168	0,0002561	0,0012804
0,70	0,0286648	14,0170356	0,0013774	0,0002811	0,0387928	0,7350231	0,0003506	0,0017531

1,30	0,0470828	23,0233825	0,0043453	0,0008868	0,0382786	0,7252794	0,0004210	0,0021050
2,00	0,0748034	36,5787408	0,0120021	0,0024494	0,0374732	0,7100190	0,0004665	0,0023325
3,00	0,0700975	34,2774221	0,0123742	0,0025254	0,0381169	0,6839891	0,0005291	0,0027847
4,00	0,0581934	28,1654762	0,0093577	0,0019294	0,0384037	0,5349130	0,0004489	0,0029929
5,00	0,0437501	20,9562000	0,0058989	0,0012289	0,0368915	0,4024685	0,0003795	0,0031629
6,00	0,0305581	14,2094577	0,0032341	0,0006940	0,0341813	0,2692219	0,0002556	0,0028398
7,00	0,0200489	8,7613613	0,0015970	0,0003646	0,1012936	0,6860926	0,0100625	0,1866069
8,00	0,0109420	3,8462701	0,0045251	0,0012819	0,0177207	0,0392961	0,0000248	0,0012380
9,00	0,0073040	1,8990339	0,0002277	0,0000873	0,1131346	0,3072974	0,0011994	0,0399800
10,00	0,0028076	0,4918836	0,0009521	0,0005379	0,7497571	0,5528039	0,0001447	0,5437694
11,00	0,0122643	1,2303946	0,0063940	0,0063307	0,9757082	0,5645938	0,0002011	0,9864446
12,00	0,0144992	0,7873860	0,0026843	0,0048806	0,4975708	0,5271777	0,0004018	0,9708345
13,00	0,0771610	2,8603228	0,0133193	0,0350507	0,8570822	0,4184741	0,0005163	0,0069824
14,00	0,0900026	1,4512902	0,0076134	0,0447847	0,6852082	0,6459363	0,0013653	0,0455104
15,00	0,3795412	2,6298400	0,0169121	0,2114016	0,9657571	0,2873965	0,0129468	0,1834450
16,00	0,4616110	2,2348424	0,0132930	0,2215508	0,0698750	0,2645647	0,0001965	0,0431560

CLASSE 2**CLASSE 3**

hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,0684553	7,4270308	0,0021639	0,0019672	3,8885821	1018,7940153	9,9203002	3,7719773
0,70	0,0646916	7,0508145	0,0026007	0,0023643	0,4404243	115,3895060	0,1660290	0,0631289
1,30	0,0567380	6,1557772	0,0024317	0,0022107	0,5977863	156,6177461	0,3663417	0,1392934
2,00	0,0472707	5,1286262	0,0019048	0,0017317	0,7959553	208,5372863	0,7137339	0,2713817
3,00	0,0396959	4,3265156	0,0015691	0,0014265	0,6127213	160,5306996	0,4986533	0,1896020
4,00	0,0325429	3,5469077	0,0011937	0,0010851	0,4149522	108,7159791	0,2601657	0,0989223
5,00	0,0258356	2,7900413	0,0008432	0,0007736	0,2552852	66,6285687	0,1143428	0,0434763
6,00	0,0197707	2,0757657	0,0005654	0,0005334	0,1478279	37,4000008	0,0445233	0,0175289
7,00	0,0153995	1,3704269	0,0003356	0,0003729	0,0826909	20,2590615	0,0180787	0,0073491
8,00	0,0126661	0,7788987	0,0001682	0,0002670	0,0550851	11,1548215	0,0110324	0,0054080
9,00	0,0101043	0,3939092	0,0000749	0,0001874	0,0421054	6,2315709	0,0057014	0,0038264
10,00	0,6084269	14,4554758	0,1294321	0,5627484	0,0466305	4,4298715	0,0050625	0,0052735
11,00	0,0050759	0,0713485	0,0000191	0,0001273	0,0439798	1,9789309	0,0019419	0,0042216
12,00	0,0034044	0,0246402	0,0000062	0,0000777	0,1165673	2,6907290	0,1082782	0,4707746
13,00	0,0099555	0,0311876	0,0000077	0,0001933	0,1604256	2,8929610	0,1861297	1,0340537
14,00	0,0002027	0,0007926	0,0000683	0,0015317	0,8749707	8,8008293	0,2387028	2,1700256
15,00	0,0202712	0,0792626	0,0000613	0,0015317	3,7472517	11,4528337	0,5098041	12,7451032
16,00	0,1297645	0,3907111	0,0007575	0,0189381	2,6197395	6,6413847	0,1735063	5,7835438

CLASSE 4**CLASSE 5**

hi	D	SD	SSRR	RP	D	SD	SSRR	RP
0,30	0,4074418	36,2577854	0,0269733	0,0299704	0,3065398	3,0350141	0,0014866	0,0135145
0,70	0,0063281	0,7673730	0,0000297	0,0000176	0,0157131	0,1555683	0,0000050	0,0000457
1,30	0,9796561	87,1783833	0,2356978	0,2618864	0,0211737	0,2096240	0,0000107	0,0000973
2,00	0,0221219	1,9685999	0,0001344	0,0001493	0,0303166	0,3001561	0,0000243	0,0002209
3,00	0,0441685	3,8868012	0,0006019	0,0006763	0,0269188	0,2665445	0,0000225	0,0002046
4,00	0,0203449	1,7901216	0,0001448	0,0001626	0,0208838	0,2068248	0,0000150	0,0001362
5,00	0,0173333	1,5424715	0,0001150	0,0001278	0,0137269	0,1360705	0,0000079	0,0000720
6,00	0,0135656	1,2071882	0,0000766	0,0000851	0,0061528	0,0614292	0,0000033	0,0000303
7,00	0,0126071	1,1093563	0,0001388	0,0001560	0,0011351	0,0137191	0,0000020	0,0000180

8,00	0,0078355	0,5876164	0,0000486	0,0000639	0,0069536	0,0623172	0,0000040	0,0000401
9,00	0,0061431	0,4246762	0,0000675	0,0000889	0,0174381	0,1391212	0,0000250	0,0002777
10,00	0,0074357	0,3905285	0,0001100	0,0002001	0,0152749	0,0892070	0,0000086	0,0001226
11,00	0,0037945	0,1575562	0,0000400	0,0000801	0,0174863	0,1020362	0,0000120	0,0001710
12,00	0,0057418	0,1150865	0,0000246	0,0001171	0,0159345	0,0766681	0,0000107	0,0001780
13,00	0,0269057	0,3215368	0,0001222	0,0009396	0,0160534	0,0610400	0,0000134	0,0002685
14,00	0,0069201	0,0262520	0,0000023	0,0000458	0,0243999	0,0351346	0,0000077	0,0003847
15,00	0,0221306	0,0347778	0,0000089	0,0004472	0,1441585	0,2972553	0,0005311	0,0265541
16,00	0,2137402	0,4253154	0,0015509	0,0516952	0,1980986	0,3612771	0,0000001	0,0005032
