

EFEITOS DA DENSIDADE INICIAL E DO SÍTIO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE BRACATINGAIS NATIVOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Sebastião do Amaral Machado¹

Ana Elizabete N. Tonon²

Edilson Batista de Oliveira³

Afonso Figueiredo Filho⁴

Antonio Aparecido Carpanezi⁵

RESUMO

Foram analisados os efeitos da densidade inicial e do sítio sobre o desenvolvimento das variáveis: DAP, volume individual (v), área transversal (g), altura média (h) e a altura dominante (h_{dom}) de povoamentos naturais de Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) na região metropolitana de Curitiba. Os dados provieram de um experimento de diferentes densidades iniciais, delineados em blocos ao acaso, com quatro tratamentos, instalados em cinco propriedades diferentes, distribuídos em três classes de sítio (blocos). As parcelas experimentais tinham 325 m² de área, nas quais, as densidades iniciais (tratamentos) adotadas foram de 2, 4 e 8 mil plantas por hectare e as testemunhas, que em média tinham 25 mil plantas por hectare. Estas parcelas permanentes foram medidas nas idades de 1; 2; 4,1; 5,1; 6,3 e 7,6 anos. Os efeitos da densidade inicial e do sítio sobre cada uma das variáveis consideradas foram examinados através de análise de variância, seguida do teste de Tukey, quando pertinente. Detectou-se efeito significativo e uma relação inversamente proporcional das densidades iniciais sobre as médias do DAP, v , g e h em todas as idades de medição. A altura dominante não foi influenciada pela densidade inicial. Sítios melhores favoreceram o crescimento das variáveis DAP, volume e alturas médias, bem como a altura dominante em todas as idades.

PALAVRAS-CHAVE: *Mimosa scabrella*, densidade inicial, sítio, crescimento.

1. Engenheiro Florestal, Doutor, Professor Sênior do Depto.de Ciências Florestais da UFPR.

2. Engenheiro Florestal, Mestre, Curso de Pós-Graduação em Eng. Florestal da UFPR.

3. Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*.

4. Engenheiro Florestal, Doutor, Prof.da Unicentro e Sênior do Depto. de Eng. Florestal da UFPR.

5. Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*.

EFFECTS OF INITIAL DENSITY AND SITE ON THE DEVELOPMENT OF NATIVE "BRACATINGAIS" OF THE METROPOLITAN REGION OF CURITIBA

SUMMARY

The objectives of the present research paper were to analyse the effects of initial density and site quality on the growth and yield of the variables dbh, individual volume (v), sectional area (g) and total height (h) means, as well as, on the dominant height (h_{dom}) of native bracatinga stands (*Mimosa scabrella* Benth.) in the metropolitan region of Curitiba. The data set came from a density trial, designed in random blocks, with 4 treatments, implanted in 5 different places, covering 3 different site classes. The experimental plots had an area of 325 m² in which the initial densities were 2, 4, and 8 thousands plants per hectare, plus the control plots, whose number of plantas/ha was in average 25, 15 thousands. These permanent sample plots were measured (dbh, total height of all trees) at ages of 1; 2; 4.1; 5.1; 6.3; and 7.6 years. The effects of initial density and site on each one of the considered variables were examined through analysis of variance, followed by the Tukey test, when pertinent. It was detected significant effect, and a relationship inversely proportional of the initial densities on the average of the variables dbh, volume, sectional area, total height in all ages of measurement. The dominant height was not affected by the initial densities. Better sites favoured the growth of the variables mean dbh, volume, total height, and dominant height at all ages.

KEY WORDS: *Mimosa scabrella*, Natural stands, growth, density and site effects.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) é realizada, predominantemente, em propriedades agrícolas de até 50 hectares (Baggio et al., 1986; EMBRAPA, 1988). A implantação tradicional é feita por regeneração natural via sementes, induzida pela queima dos restos da exploração florestal anterior. No primeiro ano a bracatinga é consorciada com culturas de ciclo curto, principalmente milho e feijão. Após a colheita das culturas agrícolas, não são realizados tratamentos culturais no povoamento florestal, não havendo, portanto, custos de implantação ou manutenção do bracatingal (EMBRAPA, 1988).

O principal e mais importante uso da madeira de bracatinga é para energia, como lenha e, secundariamente, como carvão. É utilizada também para produção de celulose, como planta apícola e forrageira, na recuperação de áreas degradadas e como sombreadora em cafezais (EMBRAPA, 1988). Serve ainda como escora

na construção civil, na fabricação de aglomerados (Carvalho, 1981), como material de construção e para cercados e afins (Graça et al., 1986) e outras pequenas construções rurais. Outros usos citados são como planta ornamental e paisagística, como adubo verde, para produção de compensados e madeira serrada no fabrico de caixotaria e em acabamentos internos na construção civil (Lorenzi, 1992). Rochadelli (1997) citou ainda o uso em peças para estaleiros para olericultura e na fabricação de móveis, após tratamento adequado de secagem e usinagem.

O sistema tradicional de produção da bracatinga, na Região Metropolitana de Curitiba, começou no início do século, objetivando a produção de lenha que continua a ser ainda a principal utilização dessa espécie.

Após o corte do bracatingal, os resíduos da exploração são queimados, causando a quebra de dormência das sementes armazenadas no solo e a conseqüente regeneração natural da floresta. Após a queima, que é realizada na primavera para impedir que as plântulas sofram com geadas, são feitos novos cultivos agrícolas. Durante as capinas dessas culturas, aproveita-se para retirar o excesso de mudas de bracatinga. Após a colheita da cultura agrícola, o número de bracatingas é alto e variável, e as plantas são dispostas irregularmente. Bracatingais com um ano de idade apresentam entre 10 e 40 mil plantas/ha (EMBRAPA, 1988; Baggio et al., 1986).

De modo geral, não há raleio depois da colheita agrícola, estabelecendo-se forte competição e, conseqüentemente, alta mortalidade até a idade de quatro a cinco anos, quando o número de árvores/ha estabiliza. Entre os seis e oito anos de idade (época mais comum para o corte), a densidade dos bracatingais normalmente varia entre 1400 e 3000 árvores/ha, com DAP acima de 5cm.

A exploração dos bracatingais, tradicionalmente, ocorre entre os seis e os oito anos de idade. Diversos trabalhos científicos indicam que esta faixa de idade realmente é a mais vantajosa para se fazer o corte (EMBRAPA, 1988; Hosokawa et al., 1981; Campos et al., 1986, Graça et al. 1986). Rochadelli (1997), no entanto, sugeriu a antecipação do corte para cinco anos, tendo como critério a antecipação da renda bruta.

Um regime de manejo pode ser definido como uma seqüência específica de tratamentos aplicados a um povoamento, durante todo o período de sua vida, visando a obtenção de produtos de melhor qualidade e em maior quantidade por unidade de área. O controle da densidade do povoamento florestal certamente é um dos itens mais importantes e de fácil manipulação de um regime de manejo. Esse controle, no caso de povoamentos de bracatinga, é a principal forma de se atingir esse objetivo.

Para povoamentos oriundos da regeneração natural após a queima dos resíduos da exploração, a densidade inicial é muito alta (entre 10 e 40 mil plantas por hectare), mesmo após o raleamento ocorrido durante as capinas das culturas anuais. Esse número elevado inclui muitas plantas pequenas, que não chegarão à idade de corte final, mas que prejudicam o crescimento daquelas que alcançarão a idade de rotação (6 a 8 anos), competindo por luz, água e nutrientes até que

definitivamente morram. Assim um raleamento mais intenso após o cultivo agrícola é recomendado, por possibilitar aumento em produtividade das árvores remanescentes.

Mediante o exposto, os objetivos desta pesquisa foram analisar os efeitos da densidade inicial de plantas por hectare e da qualidade de sítio sobre as seguintes variáveis: diâmetro médio (DAP), altura média, altura dominante, área transversal e volumes individuais, durante o período de crescimento dos 2 a 7 anos de idade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área

Os dados provêm de parcelas permanentes estabelecidas nos municípios de Colombo e Bocaiúva do Sul, PR. Segundo IAPAR (1994), esses municípios, têm precipitação média anual de 1400 mm e umidade relativa do ar de 80%. A precipitação máxima acontece no mês de janeiro (200 mm) e as mínimas (75-100 mm/mês) ocorrem entre abril e agosto. A temperatura média anual é de 17°C, com média das mínimas de 12°C e das máximas de 23°C. Acontecem entre 10 e 25 geadas por ano.

Segundo o sistema de classificação de Köppen, o tipo climático é Cfb, que corresponde ao clima temperado propriamente dito. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C, com verões frescos; a temperatura média do mês mais quente fica abaixo de 22°C e não há estação seca definida.

Os solos da região, via de regra, são Cambissolos, com diferentes graus de profundidade e fertilidade (Baggio e Carpanezi, 1997). A altitude é de aproximadamente 950 m acima do nível do mar.

2.2 Implantação do experimento de densidade inicial

O experimento foi implantado e medido pela Embrapa Florestas. O primeiro passo para o seu estabelecimento, segundo relatórios dessa instituição, foi o contato com proprietários de áreas de bracingais e a procura de áreas com 12 meses de idade. Foram escolhidas 4 propriedades, cujos dados de identificação e localização estão apresentados na tabela 1.

TABELA 1. Blocos do experimento de densidade (localização e identificação)

Proprietário	Localização	Bloco	Classe de Sítio	Índice de Sítio (m)
Antônio Trevisan	Bocaiúva do Sul	AT	I	16,8
Benjamin Scremin	Bocaiúva do Sul	BS	II	13,5
Felício Costa Curta	Bocaiúva do Sul	CC	II	13,5
Daniel Rosenente	Colombo	ADR	III	10,2
Daniel Rosenente	Colombo	BDR	III	10,2

As parcelas foram implantadas entre agosto de 1984 e janeiro de 1985. Utilizou-se delineamento em blocos ao acaso. Na propriedade de Daniel Rosenente foram instalados 2 blocos e nas demais 1 em cada, totalizando 5 blocos. Os blocos, daqui por diante, serão identificados pelas siglas constantes na tabela 1.

Cada bloco constituiu-se de quatro parcelas de 325 m² (13 x 25 m). Ao redor de cada parcela, foram deixadas bordaduras de 5 m, resultando numa área total de 805 m². Fez-se então um desbaste nas parcelas e bordaduras, deixando apenas o número de árvores correspondente à densidade desejada. O desbaste foi feito à foice e, paralelamente, foi efetuada uma roçada, eliminando mato-competição. Nas parcelas testemunha não foi realizado desbaste. Os tratamentos são apresentados na tabela 2

TABELA 2. Tratamentos do experimento de densidade inicial.

Tratamento	Nº PLANTAS/ha	Nº plantas/parcela
1	2000	65
2	4000	130
3	8000	260
4	testemunha	Total

De modo geral, foram retiradas as árvores menores, com base nos dados obtidos no levantamento preliminar das sub-parcelas. Após o desbaste, realizou-se nova medição de altura de todas as árvores remanescentes. Esses dados correspondem à medição 1.

2.3. Coleta de dados das parcelas permanentes

Nas parcelas permanentes, realizaram-se medições conforme a tabela 3. Nas duas primeiras medições, foram determinados altura (h) e número de árvores/ha (N) e nas seguintes mediu-se h, N e DAP. Foram usadas varas telescópicas para a medição das alturas e sutas para os DAPs.

Os meses foram transformados em decimais, porque, várias vezes, as remedições dos blocos não foram realizadas na mesma época. Dessa forma foi possível isolar diferenças devidas à idade e não ao tratamento e/ou sítio. Não houve medição na idade de 3 anos. Em média, utilizaram-se as idades 1; 2,2; 4,1; 5,1; 6,3 e 7,6 na elaboração de gráficos.

O bloco AT foi derrubado após a medição 4, sem explicação do proprietário. O bloco BS teve os piquetes delimitadores de suas parcelas arrancados. Dessa forma, não se pôde contar com as duas últimas medições de AT e a última de BS.

2.4 Base de dados

Cada parcela permanente teve seus dados de campo organizados em um arquivo. As variáveis N, DAP e h foram medidas diretamente no campo e suas médias computadas por parcela. A altura dominante foi determinada pela média de altura das 3 árvores de maiores DAPs na parcela de 325 m², o que significa que utilizou-se o método das 100 maiores árvores/ha. O volume individual (v) foi estimado utilizando-se a equação desenvolvida por Ahrens (1981): $v = 0,3879 \cdot \text{DAP}^2 \cdot h$ (DAP e altura em metros).

Para as parcelas permanentes, calculou-se ainda a mortalidade percentual, segundo a fórmula: $M\% = [(N1 - N2)/N1] \cdot 100$, onde N1 é o número de árvores na medição anterior e N2 é o número de árvores na medição atual. Para completar a base de dados, fez-se a distribuição das parcelas nas classes de sítio, de acordo com a classificação desenvolvida por Machado et al. (1997) reorganizado por Tonon (1998)

TABELA 3. Data e idade de medição das parcelas permanentes.

	Bloco	Data (mês/ano)	Idade (anos)
MEDIÇÃO 1	e T	01/85	1,0
	BS	11/84	1,0
	ee	10/84	1,0
	e DR	09/84	1,0
	BDR	09/84	1,0
MEDIÇÃO 2	e T	01/86	2,0
	BS	01/86	2,2
	ee	12/85	2,2
	e DR	11/85	2,2
	BDR	11/85	2,2
MEDIÇÃO 3	e T	12/87	3,9
	BS	11/87	4,0
	ee	11/87	4,1
	e DR	11/87	4,2
	BDR	11/87	4,2
MEDIÇÃO 4	e T	11/88	4,8
	BS	11/88	5,0
	ee	10/88	5,0
	e DR	02/89	5,4
	BDR	02/89	5,4
MEDIÇÃO 5	BS	01/90	6,2
	ee	01/90	6,3
	e DR	01/90	6,3
	BDR	01/90	6,3
MEDIÇÃO 6	ee	04/91	7,5
	e DR	04/91	7,6
	BDR	04/91	7,6

2.5. Análise dos efeitos da densidade e do sítio na produção.

Para essa análise, foram utilizados os dados das parcelas permanentes do experimento de densidades anteriormente descrito. Avaliaram-se os efeitos da densidade (número de árvores/ha) inicial sobre os seguintes parâmetros: DAP médio, altura média (h), altura dominante (Hdom), área transversal individual (g) média e volume individual médio (v).

2.5.1. Análise gráfica.

Fez-se uma observação visual preliminar da influência da densidade e do sítio sobre as diversas variáveis avaliadas, através de gráficos. Plotou-se a evolução no tempo de cada variável como função dos tratamentos e então como função dos blocos. Esses gráficos deram uma boa idéia da tendência das variáveis. Para a construção dos gráficos para os tratamentos, no entanto, fez-se necessário estimar as variáveis que estavam faltando nas últimas medições.

2.5.2. Estimativas dos blocos ausentes nas últimas medições.

Conforme já explicado no item 2.3, não se tem informações do bloco AT na 5ª medição nem dos blocos AT e BS na 6ª. Para se compreender o comportamento dos tratamentos no tempo, no entanto, essa ausência seria um problema. Como os blocos faltantes são justamente o único da classe de sítio I e um dos 2 da classe II, muitas vezes ter-se-ia a impressão que os valores das variáveis diminuem nessas duas épocas.

Resolveu-se, então, estimar os valores desses blocos somente para facilitar a análise gráfica do efeito médio dos tratamentos (ou seja, esses dados estimados só foram usados no item .1 de cada grupo de variáveis). Todas as estimativas se iniciaram a partir da equação de classificação de sítio desenvolvida por Machado et al. (1997), que rearranjada para estimar altura dominante a uma determinada idade a partir de Hdom a uma outra idade, ficou assim:

$$Hdom_2 = Hdom_1 \frac{1 - \exp\left(-0,08325 I_2\right)}{1 - \exp\left(-0,08325 I_1\right)}^{0,58798}$$

onde: Hdom₂ = altura dominante na idade 2 (m)
Hdom₁ = altura dominante na idade 1 (m)
I₂ = idade em que se quer estimar Hdom (anos)
I₁ = idade de Hdom conhecida (anos).

A partir das alturas dominantes foram estimadas as demais variáveis. A altura média, que apresentou um coeficiente de correlação de 0,92 com a altura dominante, foi estimada como função dessa variável. A estimativa do DAP a princípio foi tentada por meio de relação hipsométrica, mas essa revelou-se muito

fraca. Acrescentou-se então a variável idade, que melhorou os resultados. No entanto, algumas vezes o DAP estimado, só com base na altura e idade, era igual ou menor que o DAP médio da mesma parcela na medição anterior. Por isso, adicionaram-se ainda as variáveis DAP médio da parcela na medição anterior e densidade inicial.

Os valores estimados de DAP permitiram a estimativa de dg_e , a partir desse, da área transversal. Tanto dg como g apresentaram um coeficiente de correlação de 0,99 com o DAP. Com relação ao volume, utilizou-se a equação de Ahrens (1981) para cada árvore individual. Nesse caso, no entanto, o que se queria estimar era o volume médio de cada parcela a partir de dados médios de DAP e h .

2.5.3. Análise de variância

A seguir, fez-se a avaliação estatística desses efeitos através de análise de variância, que desdobra a variância em fontes de variação identificáveis. A análise de variância foi efetuada utilizando-se o valor médio por tratamento e bloco, separadamente por variável e idade de medição. Um valor crítico de 5% foi usado para "F".

2.5.4. Comparação entre densidades iniciais

Quando a fonte de variação da análise de variância é de natureza quantitativa, como no caso dos tratamentos de densidade inicial, a comparação é feita através de uma análise de tendências. Assim, foram testados diversos modelos para representar a variável de interesse em função dos níveis quantitativos referentes aos tratamentos (2 mil, 4 mil, 8 mil ou 25,2 mil plantas/ha). O índice de sítio foi incluído como variável independente, numa tentativa de melhorar as estimativas. Os modelos foram selecionados a partir da análise gráfica do comportamento da variável. Os critérios de escolha da melhor equação foram R^2 ajustado, erro padrão da estimativa e distribuição dos resíduos.

Após escolha da equação, foram feitas representações gráficas da tendência da evolução das variáveis em função da densidade inicial para as diversas idades. A comparação entre os diferentes tratamentos foi feita através desses gráficos.

2.5.5. Comparação entre classes de sítio

Quando a fonte de variação é de natureza qualitativa, como no caso das classes de sítio, a comparação entre os fatores deve ser feita através de um teste de comparação múltipla de médias. O teste de Tukey, ao nível de 5%, foi utilizado para detectar diferenças significativas entre eles.

A realização desse teste, no entanto, requereu o uso de um artifício. Como pode ser observado na tabela 3, as medições não foram realizadas exatamente na mesma idade. Ou seja, na mesma medição 4, por exemplo, um bloco foi medido aos 4,8, outros dois aos 5,0 e os dois restantes aos 5,4 anos de idade. Assim, a diferença nas médias das variáveis poderiam ser também devidas a essa desigualdade.

Para se fazer a comparação entre os blocos, essa diferença devida à idade precisou ser eliminada. Para isso, usou-se interpolação para se obter todas as medições à mesma idade. Portanto, só para a realização desse teste, assumiu-se que, se para um determinado tratamento e sítio, o DAP medido era de 8,1 cm aos 4,2 anos de idade e de 8,8 cm na idade de 5,4, na idade de 5 anos o DAP esperado seria de 8,6 cm. Apesar de se saber que o padrão de evolução dessas variáveis no tempo não é linear, usou-se esse tipo de interpolação por tratar-se de intervalos de idade muito pequenos.

Assim, foram esses os dados, interpolados ou observados, mas sempre à mesma idade, que foram utilizados no teste de Tukey.

2.6. Análise de tendência das variáveis.

Para se compreender a tendência de evolução de cada uma das variáveis no tempo, os valores observados para cada uma delas foram plotados contra idade, para cada combinação de tratamento e sítio das parcelas permanentes.

Os parâmetros mostraram comportamentos diferentes, alguns lineares, outros revelaram uma curva de produção quase perfeita e outros ainda não apresentaram padrão algum. Testaram-se modelos que se ajustassem bem ao comportamento exibido por cada variável.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito da densidade inicial e do sítio sobre as médias das variáveis diâmetro (d), área transversal (g) e volume individual (v)

O primeiro passo para a análise da evolução dessas variáveis em função das densidades iniciais foi a estimativa dos valores das últimas medições para os blocos AT e BS. Para a variável DAP, utilizando-se o método stepwise de seleção de variáveis, chegou-se à equação abaixo:

$$DAP_2 = -1,22126 + 0,85734 * DAP_1 + 0,22767 * h + 0,14189 * I$$

com $R^2_{ajustado} = 0,965$; $S_{xy} = 0,2912$ (3,9%) e onde:

DAP_2 = DAP médio da parcela na idade I (cm)

DAP_1 = DAP médio da parcela na medição anterior (cm)

h = altura média estimada na idade atual (m)

I = idade atual, em que se quer estimar DAP (anos).

A equação seguinte estimou dg, que por sua vez permitiu o cálculo de g:

$$dg = 0,330621 + 0,989821 * DAP$$

com $R^2_{ajustado} = 0,997$ e $S_{xy} = 0,084$ (1,1%).

Já a equação a seguir foi considerada a melhor para a estimativa do volume individual médio a nível de parcela:

$$v = 0,0000531996 * DAP^{1,79806} * h^{1,09014}$$

que apresenta $R^2_{ajustado} = 0,996$; $S_{xy} = 0,0007289$ (2,8%).

As estimativas obtidas foram agregadas aos dados observados para a confecção dos gráficos de evolução das variáveis DAP, g e v.

Os tratamentos, ou seja, as densidades iniciais, afetaram essas 3 variáveis de maneira muito semelhante. Conforme era esperado, os povoamentos com menor número de plantas/ha apresentaram os maiores valores desses parâmetros, e vice-versa.

As figuras 1, 2 e 3 mostram o efeito do tratamento na evolução das 3 variáveis ao longo do tempo.

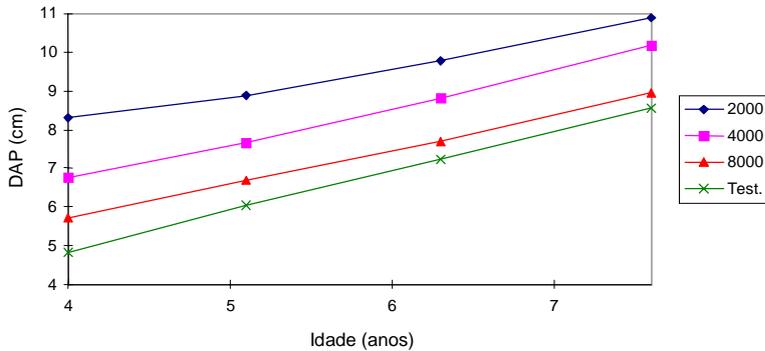


FIGURA 1. DAP médio em função da densidade inicial e da idade.

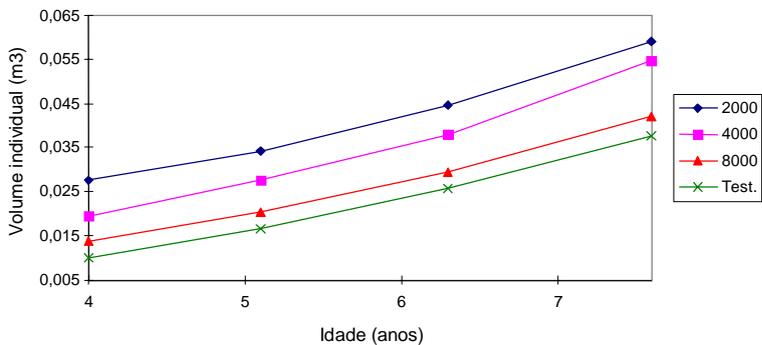


FIGURA 2. Volume individual médio em função da densidade inicial e da idade.

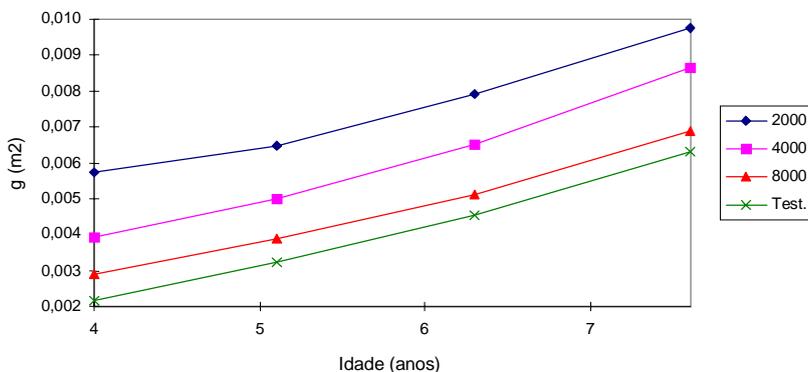


FIGURA 3. Área transversal média em função da densidade inicial e da idade.

Percebe-se que os valores médios do tratamento 3 (8 mil plantas/ha) e da testemunha convergiram com o passar do tempo. Na última medição atingiram 7,8 e 7,6 cm de DAP e 0,0277 e 0,0261 m³ de volume, respectivamente. Já os valores médios dos tratamentos 1 e 2 (2 mil e 4 mil plantas/ha) foram consideravelmente maiores.

Quanto aos incrementos, para DAP, o IMA já tinha atingido seu pico à idade de quatro anos, estando em decréscimo para todas as densidades. Os valores de IMA foram inversamente proporcionais à densidade inicial.

Para volume e área transversal médios os padrões dos incrementos foram um pouco diferentes. Tanto o IMA como o IPA ainda estavam aumentando, até a idade de 7,6 anos, embora para a área transversal esse comportamento não fosse tão regular quanto para volume. Com relação ao efeito dos tratamentos, a tendência foi a mesma observada para o DAP: o IMA foi inversamente proporcional à densidade inicial da parcela e o IPA não apresentou tendência muito clara, embora o valor do tratamento 2 tenha sido sempre o maior entre todos. A tendência inversamente proporcional do IMA à densidade foi confirmada por Catie (1986), muito embora os valores tenham sido muito maiores.

Em resumo, as árvores das parcelas com menor densidade inicial cresceram mais, em termos de DAP médio, nos primeiros quatro anos, devido à menor competição. A partir do momento em que a mortalidade natural diminuiu essa competição, as árvores das parcelas mais densas passaram a crescer mais rapidamente, tendendo a compensar a diferença da fase inicial. O tratamento 2, de modo geral, apresentou crescimento corrente maior que os demais.

3.2. Crescimento em função do sítio

Ao analisar o efeito dos blocos (sítios), verificou-se que estes também influenciaram a evolução do DAP, volume e área transversal médios. Essa influência pode ser visualizada nas figuras 4, 5 e 6. Para melhor compreensão dos gráficos, convém lembrar que os blocos ficaram assim distribuídos: AT na classe de sítio I, BS e CC na classe II e ADR e BDR (localizados na mesma propriedade) na classe de sítio III.

Pode-se perceber o agrupamento preciso dos blocos em seus sítios, confirmando a prévia classificação dos mesmos.

3.3. Análise de variância para efeitos de densidade e sítio

Foram realizadas então análises de variância para cada medição, a fim de se isolar os efeitos exercidos pelos blocos e pelos tratamentos na evolução de cada variável. Os resultados se encontram nas tabelas 4, 5 e 6.

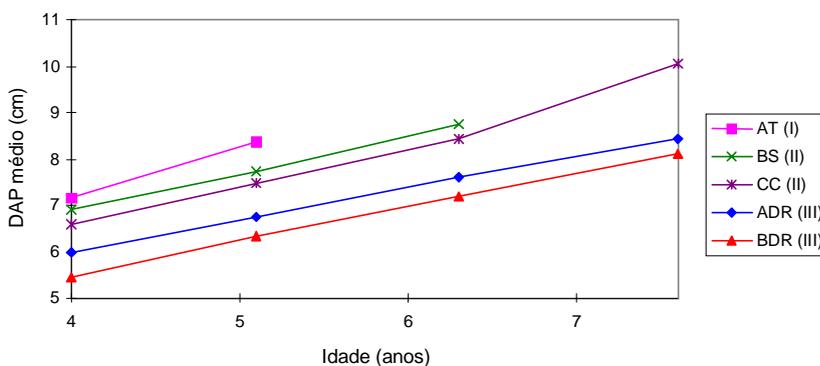


FIGURA 4. DAP médio em função dos blocos e da idade.

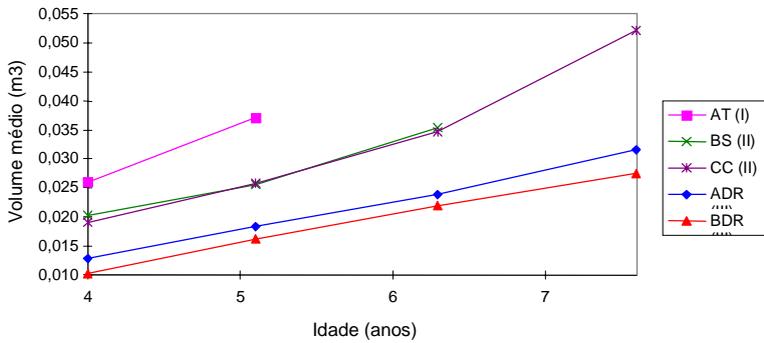


FIGURA 5. Volume médio em função dos blocos e da idade.

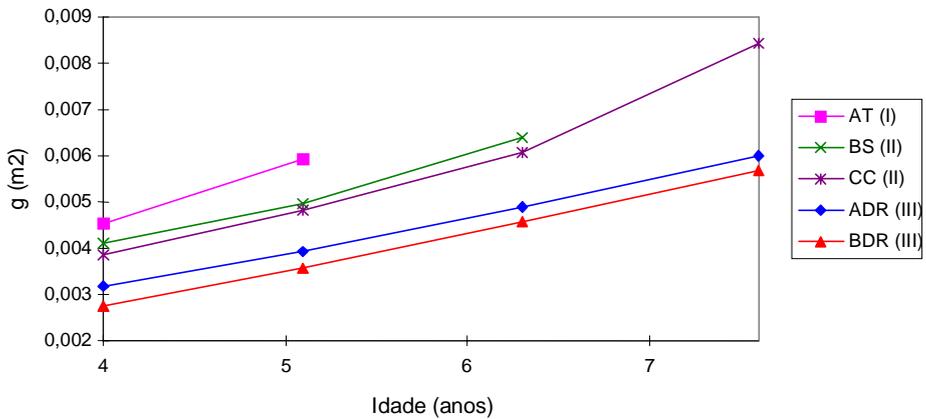


FIGURA 6. Área transversal média em função dos blocos e da idade.

TABELA 4. Análises de variância para dap médio para cada idade de medição

MEDIÇÃO 3					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	33,42150	11,14050	67,99898	0,0000**
Sítio	4	7,61800	1,90450	11,62462	0,0004**
Erro	12	1,96600	0,16383		
TOTA L	19	43,00550			
MEDIÇÃO 4					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	22,60550	7,53517	21,85690	0,0000**
Sítio	4	10,25500	2,56375	7,43655	0,0030**
Erro	12	4,13700	0,34475		
TOTA L	19	36,99750			
MEDIÇÃO 5					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	16,36688	5,45563	10,33561	0,0028**
Sítio	3	6,17188	2,05729	3,89751	0,0489*
Erro	9	4,75063	0,52785		
TOTA L	15	27,28938			
MEDIÇÃO 6					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	17,35333	5,78444	8,56602	0,0137*
Sítio	2	8,58167	4,29083	6,35418	0,0330*
Erro	6	4,05167	0,67528		
TOTA L	11	29,98667			

TABELA 5. Análises de variância para volume individual para cada idade de medição.

MEDIÇÃO 3					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	0,00087	0,00029	41,38061	0,0000**
Sítio	4	0,00061	0,00015	21,80636	0,0000**
Erro	12	0,00008	0,00001		
TOTA L	19	0,00157			
MEDIÇÃO 4					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	0,00090	0,00030	26,22771	0,0000**
Sítio	4	0,00107	0,00027	23,37173	0,0000**
Erro	12	0,00014	0,00001		
TOTA L	19	0,00212			
MEDIÇÃO 5					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	0,00074	0,00025	12,21245	0,0016**
Sítio	3	0,00059	0,00020	9,69424	0,0035**
Erro	9	0,00018	0,00002		
TOTA L	15	0,00152			
MEDIÇÃO 6					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	0,00125	0,00042	7,35623	0,0196*
Sítio	2	0,00138	0,00069	12,21295	0,0077**
Erro	6	0,00034	0,00006		
TOTA L	11	0,00296			

TABELA 6. Análises de variância para área transversal média para cada idade de medição.

MEDIÇÃO 3					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	$3,56.10^{-5}$	$1,19.10^{-5}$	59,60142	0,0000**
Sítio	4	$8,28.10^{-6}$	$2,07.10^{-6}$	10,40496	0,0007**
Erro	12	$2,39.10^{-6}$	$1,99.10^{-7}$		
TOTA L	19	$4,62.10^{\text{f}}$			
MEDIÇÃO 4					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	$3,03.10^{-5}$	$1,01.10^{-5}$	23,23317	0,0000**
Sítio	4	$1,37.10^{-5}$	$3,41.10^{-6}$	7,84224	0,0024**
Erro	12	$5,22.10^{-6}$	$4,35.10^{-7}$		
TOTA L	19	$4,92.10^{\text{f}}$			
MEDIÇÃO 5					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	$2,53.10^{-5}$	$8,43.10^{-6}$	9,99332	0,0032**
Sítio	3	$9,37.10^{-6}$	$3,12.10^{-6}$	3,70122	0,0553 ns
Erro	9	$7,60.10^{-6}$	$8,44.10^{-7}$		
TOTA L	15	$4,23.10^{\text{f}}$			
MEDIÇÃO 6					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	$3,33.10^{05}$	$1,11.10^{05}$	9,27105	0,0114*
Sítio	2	$1,82.10^{05}$	$9,12.10^{06}$	7,61683	0,0226*
Erro	6	$7,19.10^{06}$	$1,20.10^{06}$		
TOTA L	11	$5,87.10^{05}$			

Para o DAP e volume médios, tanto a diferença devida aos tratamentos como a devida aos blocos são estatisticamente significativas ao nível de 5% para todas as medições. Para a variável g, somente o efeito dos blocos na 5ª medição não resultou significativo. Logo, tanto as diferentes densidades iniciais como os diferentes sítios afetaram significativamente o crescimento das variáveis em questão.

Percebe-se que, com o passar do tempo, o nível de significância da diferença entre os tratamentos vai diminuindo. Isso indica que, à medida que o povoamento envelhece, as médias de diâmetro, área transversal e volume das diferentes densidades iniciais se aproximam.

A significância do efeito dos blocos também diminuiu com o passar do tempo. Essa diminuição é mais facilmente interpretada: o único bloco da classe de sítio I deixou de ser avaliado na 5ª medição e um dos blocos da classe II foi eliminado na 6ª. Dessa forma, é compreensível que a disparidade das médias devidas aos blocos tenha diminuído. Para as variáveis DAP e g, a significância foi ainda menor na 5ª medição (sendo inclusive não significativa para a última), devido à exclusão da classe de sítio I (índice de 16,8 m).

3.4. Teste de Tukey para o efeito do sítio

Pelas razões já justificadas, os dados usados para o teste de Tukey, cujos resultados encontram-se nas tabelas 7, 8 e 9, foram interpolados para uma mesma idade. Não houve diferença significativa devida aos blocos para a variável g, medição 5 (aproximadamente 6,3 anos de idade), conforme Tabela 6.

TABELA 7. Média de DAP dos blocos.

Blocos	4,1 anos		5,1 anos		6,3 anos		7,6 anos	
	Média		Média		Média		Média	
BDR	5,3	a	6,1	a	7,1	a	8,0	a
ADR	5,9	a b	6,5	a b	7,5	a b	8,4	a b
CC	6,5	b c	7,5	b c	8,3	a b	10,1	b
BS	6,9	c	7,7	b c	8,8	b	-----	
AT	7,3	c	8,6	c	-----		-----	

Letras iguais indicam grupos homogêneos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

TABELA 8. Média de volume individual dos blocos.

Blocos	4,1 anos		5,1 anos		6,3 anos		7,6 anos	
	Média		Média		Média		Média	
BDR	0,00938	a	0,0143	a	0,0213	a	0,0275	a
ADR	0,0120	a	0,0166	a	0,0233	a	0,0316	a
CC	0,0183	b	0,0258	b	0,0339	b	0,0535	b
BS	0,0203	b	0,0257	b	0,0354	b	-----	
AT	0,0272	c	0,0396	c	-----		-----	

Letras iguais indicam grupos homogêneos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

TABELA 9. Média de área transversal dos blocos.

Blocos	4,1 anos		5,1 anos		6,3 anos		7,6 anos	
	Média		Média		Média		Média	
BDR	0,00938	a	0,0143	a	0,0213	a	0,0275	a
ADR	0,0120	a	0,0166	a	0,0233	a	0,0316	a
CC	0,0183	b	0,0258	b	0,0339	b	0,0535	b
BS	0,0203	b	0,0257	b	0,0354	b	-----	
AT	0,0272	c	0,0396	c	-----		-----	

Letras iguais indicam grupos homogêneos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os resultados dos testes de Tukey ratificam a classificação de sítios feita com base na altura dominante. A variável volume, devido à influência da altura, teve os blocos mais claramente agrupados por classes de sítio. Para DAP e área transversal, percebe-se que esse agrupamento dos blocos fica mais claro com a idade.

Os testes para volume individual confirmaram que sítios melhores produzem árvores maiores, o que interessa a quem quiser produzir bracatinga para outros fins que não lenha.

3.5. Efeito da densidade inicial e do sítio sobre a altura média (h) e altura dominante (Hdom)

As alturas dominantes para as últimas medições dos blocos AT e BS foram estimadas através da equação 3. Em seguida, estimou-se a altura média para as mesmas idades e parcelas através da seguinte equação:

$$h = 0,885653 * H_{dom}$$

que apresentou as seguintes estatísticas: $R^2_{ajustado} = 0,997$; S_{xy} (erro padrão da estimativa) = 0,5795 (7,5%) e boa distribuição de resíduos.

É esperado que a densidade não afete a altura tanto quanto afeta o diâmetro. A altura dominante, por sua vez, deveria ser ainda menos influenciada por diferenças de densidade que a altura média. As figuras 7 e 8 confirmam essas expectativas. Apenas a última medição de altura dominante parece apresentar maiores diferenças, mas somente o resultado da análise de variância poderá esclarecer se essas são significativas ou não.

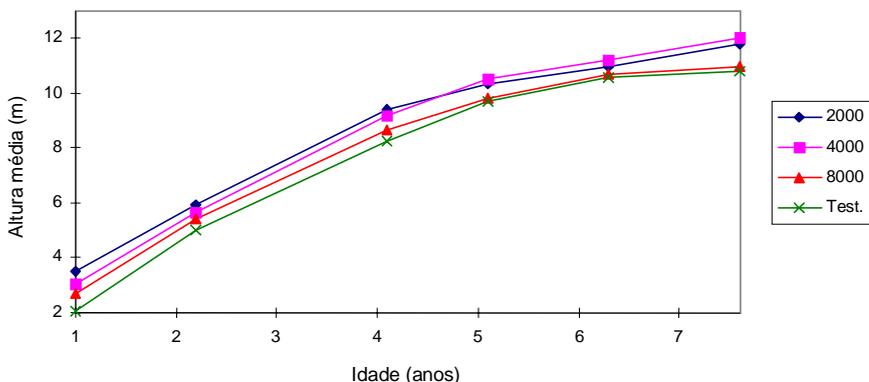


FIGURA 7. Altura média em função da densidade inicial e da idade.

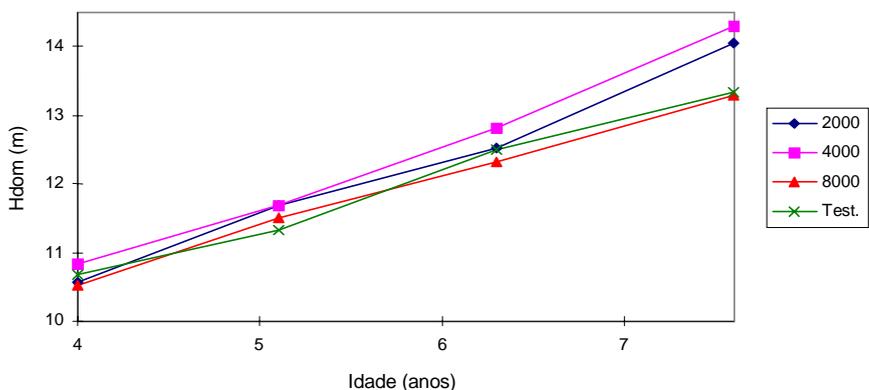


FIGURA 8. Altura dominante em função da densidade inicial e da idade.

Com relação aos incrementos, a tendência do IMA e do IPA para a variável altura foi mais clara que para o DAP: ambos estavam em declínio desde o segundo período de medição. Ou seja, o maior IMA foi o obtido à idade de um ano e o maior IPA no período entre 2,2 e um ano. O IMA foi inversamente proporcional à densidade inicial, com exceção do tratamento 2, que apresentou os maiores valores a partir da quarta medição. O IPA, por sua vez, não pareceu seguir nenhum padrão. Esse resultado não é surpreendente, uma vez que o comportamento do IMA é mais estável que o do IPA (ou ICA).

Para altura dominante, o valor máximo de IMA também foi atingido na primeira medição (4 anos), ou antes. Embora os valores tenham diminuído um pouco com o aumento da densidade inicial, as diferenças foram muito pequenas. Ou seja, o tratamento pareceu não influenciar o incremento médio anual em Hdom, o que confirma a teoria a respeito dessa variável. A série de IPA, por sua vez, não demonstrou nenhuma tendência visível.

Os valores de altura média obtidos nesse experimento parecem ser coerentes com valores obtidos por outros autores, para bracatingais originados pelo sistema de manejo tradicional. Populações implantadas através de mudas ou adubadas não devem ser comparáveis a esses dados.

Mattos e Mattos (1980) afirmaram que a bracatinga é uma das espécies brasileiras de crescimento mais rápido, atingindo 5 m de altura aos 2 anos de idade. O presente trabalho ratifica essa afirmação, sendo 5 m a altura média atingida pela testemunha à idade de 2,2 anos.

Quanto à densidade inicial influenciando a altura, Carpanezzi (1994), em medições até 2,4 anos de idade, encontrou médias mais altas para bracatingais sem consorciação com culturas agrícolas, mas com densidade reduzida por desbaste para 9,5 mil plantas/ha e a mais baixa para um bracatingal também sem consorciação, mas com densidade inicial intocada. Cabe notar que o desbaste foi realizado com base no vigor das plantas e que, portanto, os diferentes tratamentos devem tender a uma aproximação, até que não haja mais diferença significativa, como no presente trabalho.

3.6. Crescimento em função do sítio.

A princípio, espera-se uma forte influência dos blocos (sítios) sobre as variáveis altura média e altura dominante, uma vez que a classificação dos mesmos em sítios foi feita com base nessa última variável. As figuras 9 e 10 ilustram esses efeitos, onde mais uma vez se percebe a nítida separação dos blocos em suas classes de sítio.

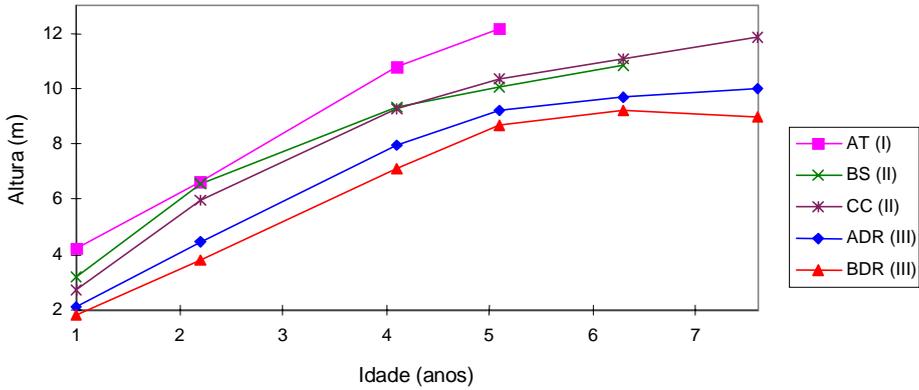


FIGURA 9. Altura média em função dos blocos e da idade.

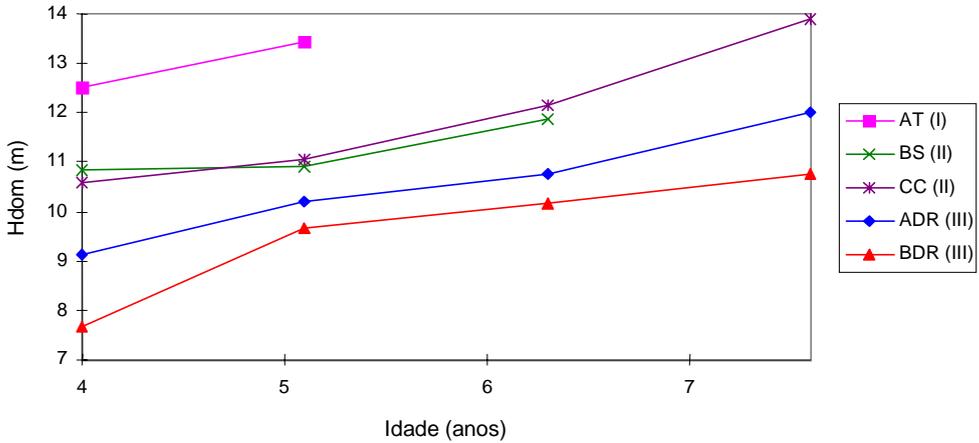


FIGURA 10. Altura dominante em função dos blocos e da idade.

3.7. Análise de Variância Para Efeitos de Densidade e Sítio.

Os resultados da análise de variância para alturas média e dominante encontram-se nas tabelas 11 e 12.

TABELA 11. Análises de variância para altura média.

MEDIÇÃO 1					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	5,75139	1,91713	11,18934	0,0009**
Sítio	4	14,85026	3,71256	21,66840	0,0000**
Erro	12	2,05603	0,17134		
TOTA L	19	22,65768			
MEDIÇÃO 2					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	2,35522	0,78507	5,98900	0,0098**
Sítio	4	26,50113	6,62528	50,54156	0,0000**
Erro	12	1,57303	0,13109		
TOTA L	19	30,42938			
MEDIÇÃO 3					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	4,02440	1,34147	8,40979	0,0028**
Sítio	4	32,14705	8,03676	50,38327	0,0000**
Erro	12	1,91415	0,15951		
TOTA L	19	38,08560			
MEDIÇÃO 4					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	2,18354	0,72785	5,12766	0,0164*
Sítio	4	28,27418	7,06854	49,79777	0,0000**
Erro	12	1,70334	0,14195		
TOTA L	19	32,16105			
MEDIÇÃO 5					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	1,49255	0,49752	2,51186	0,1244 ns
Sítio	3	9,50145	3,16715	15,99032	0,0006**
Erro	9	1,78260	0,19807		
TOTA L	15	12,77660			
MEDIÇÃO 6					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	6,37403	2,12468	3,11398	0,1098 ns
Sítio	2	17,68772	8,84386	12,96178	0,0066**
Erro	6	4,09382	0,68230		
TOTA L	11	28,15557			

* = significativo ao nível de 5%

** = significativo ao nível de 1% ns = não significativo.

TABELA 12. Análises de variância para altura dominante.

MEDIÇÃO 3					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	0,25818	0,08606	0,33474	0,8005 ns
Sítio	4	53,12178	13,28045	51,65646	0,0000**
Erro	12	3,08510	0,25709		
TOTA L	19	56,46506			
MEDIÇÃO 4					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	0,45185	0,15062	0,65859	0,5931 ns
Sítio	4	33,68007	8,42002	36,81727	0,0000**
Erro	12	2,74437	0,22870		
TOTA L	19	36,87629			
MEDIÇÃO 5					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	0,67572	0,22524	0,63222	0,6125 ns
Sítio	3	10,71642	3,57214	10,02652	0,0031**
Erro	9	3,20643	0,35627		
TOTA L	15	14,59857			
MEDIÇÃO 6					
FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Densidade	3	5,01600	1,67200	3,47929	0,0906 ns
Sítio	2	20,07185	10,03592	20,88388	0,0020**
Erro	6	2,88335	0,48056		
TOTA L	11	27,97120			

Os resultados da A NOVA foram os esperados para as variáveis altura média e dominante: pouca influência da densidade inicial (tratamentos) e forte influência do sítio (blocos). Os resultados significativos para tratamentos nas primeiras medições de altura média são compreensíveis: no estabelecimento do experimento, quando se fez o desbaste à idade de 1 ano, retiraram-se as árvores mais baixas. Assim, as parcelas com maior densidade ficaram com uma altura média consideravelmente menor e vice-versa. Depois que a altura média dessas parcelas alcançou as das demais, o que aconteceu em 4 a 5 anos, o tratamento passou a ser irrelevante no crescimento dessa variável.

No caso da altura dominante, os resultados apresentados comprovam a teoria a respeito dessa variável: nenhuma diferença devida à densidade e diferenças altamente significativas causadas pelo sítio. Outro dado fornecido pela análise de variância foi que mesmo a última medição de altura dominante não apresentou diferença estatisticamente significativa devido aos tratamentos, como a figura 8 poderia fazer supor.

Como já havia acontecido para as variáveis anteriores, também para as alturas percebe-se uma diminuição das diferenças com o passar do tempo. O motivo é o mesmo: eliminação das medições da classe de sítio I e de um dos blocos da classe II, o que diminui consideravelmente a variação causada por essa fonte.

3.8. Efeito do sítio

Os dados utilizados foram obtidos por interpolação para a mesma idade. Os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas 13, 14 e 15.

TABELA 13. Média de altura dos blocos - 1ª, 2ª e 3ª medições.

Blocos	1 ano			2,2 anos			4,1 anos			
	Média			Média			Média			
BDR	1,83	a		3,79	a		6,83	a		
ADR	2,10	a		4,49	a		7,73		b	
CC	2,72	a	b	5,98		b	9,15			c
BS	3,23		b	6,56		b c	9,32			c
AT	4,25		c	7,08		c	10,93			d

Letras iguais indicam grupos homogêneos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

TABELA 14. Média de altura dos blocos - 4ª, 5ª e 6ª medições

Blocos	5,1 anos		6,3 anos		7,6 anos	
	Média		Média		Média	
BDR	8,14	a	9,16	a	8,95	a
ADR	8,79	a	9,62	a	10,01	a
BS	10,08	b	10,83	b	-----	
CC	10,34	b	11,01	b	11,96	b
AT	12,44	c	-----		-----	

Letras iguais indicam grupos homogêneos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

TABELA 15. Altura dominante média dos blocos.

Blocos	4,1 anos		5,1 anos		6,3 anos		7,6 anos	
	Média		Média		Média		Média	
BDR	7,35	a	9,00	a	10,10	a	10,76	a
ADR	8,96	b	9,85	a	10,69	a b	12,02	a
BS	10,83	c	10,92	b	11,88	b c	-----	
CC	10,56	c	11,05	b	12,08	c	14,05	b
AT	12,60	d	13,66	c	-----			

Le tras quais indicam grupos homogêneos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de

Como se pode observar pelos resultados, o agrupamento dos blocos e classes de sítio é ainda mais evidente para as variáveis altura média e altura dominante dos blocos do que para o DAP, volume individual (v) e área transversal (g) médios, principalmente nas últimas medições.

4. CONCLUSÕES

- Menores densidades iniciais geraram aumento significativo nas variáveis DAP, volume e área transversal médios, em todas as idades.
- O tratamento 2 (4 mil plantas/ha) apresentou os maiores valores de altura média, a partir dos cinco anos. Com exceção de esse tratamento, a relação entre a produção dessa variável e a densidade inicial foi inversamente proporcional. A altura dominante não foi influenciada pela densidade inicial.
- Quatro mil plantas/ha é, portanto, a densidade inicial sugerida para novos povoamentos, entre as quatro testadas nesse estudo.
- Sítios melhores favoreceram significativamente as variáveis DAP, volume e altura médios e altura dominante, em todas as idades.
- As diferenças geradas por diferentes densidades iniciais foram mais expressivas para o sítio de qualidade mais baixa, ou seja, quanto pior o sítio, mais importante foi o desbaste na produção e em DAP e volume médios e em volume/ha.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, S. Um modelo matemático para volume tria comercial de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. **Anais:** Bracatinga uma Opção para Reflorestamento. Colombo: EMBRAPA-CNPq, 1981. p. 77-89.

- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A.; GRAÇA, L. R.; CECCON, E. Sistema agroflorestal tradicional da bracatinga com culturas agrícolas anuais. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 12, p. 73-82, jun. 1986.
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. Exportação de nutrientes na exploração de bracatingais. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 34, p. 3-15, jan./jun. 1997.
- CAMPOS, C. H. O.; GRAÇA, L. R.; RIBAS, L. C. A produtividade do bracatingal tradicional através do tempo. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 12, p. 35-46, 1986.
- CARPANEZZI, O. T. B. *Produtividades florestal e agrícola em sistemas de cultivo de bracatinga (Mimosa scabrella Benth) em Bocaiuva do Sul, Região Metropolitana de Curitiba - Paraná*. 77 f. 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CARVALHO, P. E. R. Comportamento da bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*) em plantios experimentais. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. *Anais*: Bracatinga uma Opção para o Reflorestamento. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1981. p. 53-65.
- CATIE. *Silvicultura de espécies promisoras para producción de leña en América Central*: resultados de cinco años de investigación. Turrialba, 1986. 219 p. (CATIE. Informe Técnico, 86).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas *Manual técnico da bracatinga (Mimosa scabrella Benth)*. Curitiba, 1988. 70 p. (EMBRAPA-CNPQ. Série Documentos, 20).
- GRAÇA, L. R.; RIBAS, L. C.; BAGGIO, A. J. A rentabilidade econômica da bracatinga no Paraná. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 12, p. 47-72, 1986.
- HOSOKAWA, R. T.; HILDEBRAND, E.; FARIAS, G. L.; MENDES, J. B. *Avaliação preliminar de produção de povoamentos de bracatinga*: relatório final. Curitiba: FUPEF, 1981. não paginado.
- IAPAR. *Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994*. Londrina, 1994. (IAPAR. Documento, 18).
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.
- MACHADO, S. A.; OLIVEIRA, E. B. de; CARPANEZZI, A. A.; BARTOSZEK, A. C. P. S. Classificação de sítio para bracatingais na Região Metropolitana de Curitiba *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, v. 35, p. 21-37, 1997.
- MATTOS, J.R.; MATTOS, N.F. A bracatinga. *Publicação IPRNR*, Porto Alegre, n. 5, p. 1-40, 1980.
- ROCHADELLI, R. *Contribuição sócio-econômica da bracatinga (Mimosa scabrella Benth) na Região Metropolitana de Curitiba-Norte (RMC-N)*. 1997. 83 f. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

TONON, A. E. N. *Efeitos da densidade inicial e do sítio sobre o crescimento e a produção de Bracatingais da região metropolitana de Curitiba*. 1998. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.