

ANA ANGÉLICA ROSA TERESA BAREMBUEM

AVALIAÇÃO DA BIOMASSA AÉREA DE
BRACATINGA [*Mimosa scabrella Benth*]
PARA FINS ENERGÉTICOS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau e título de Mestre em Ciências Florestais.

CURITIBA

1 9 8 8



MINISTERIO DA EDUCACÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIENCIAS AGRARIAS
COORDENACÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

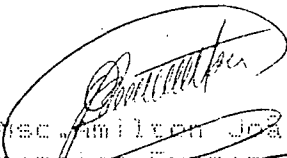
P A R E C E R

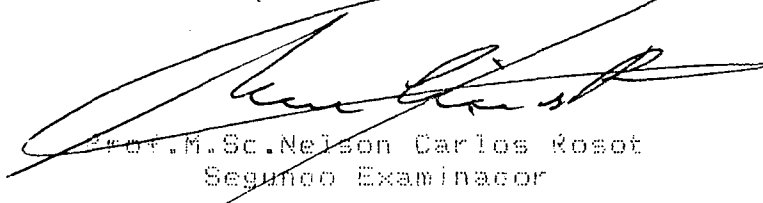
Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pela candidata ANA ANGELICA ROSA TERESA BAREMBUEM, sob o título "AVALIAÇÃO DA BIOMASSA AEREA DE BRACATINGA PARA FINS ENERGETICOS." para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná Área de concentração: SILVICULTURA, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais.

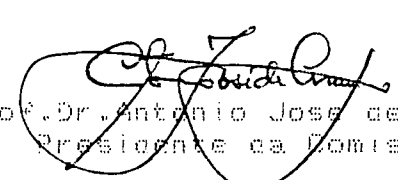
Observação:

O critério de aprovação da Dissertação e Defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas, APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 23 de fevereiro de 19


Prof. Msc. Milton João Baggio
Primeiro Examinador


Prof. M.Sc. Nelson Carlos Rosot
Segundo Examinador


Prof. Dr. Antonio Jose de Araujo
Presidente da Comissão

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Antonio J. de Araujo pela orientação, estímulo na realização do trabalho e por sua amizade.

Ao professor M.Sc. Nelson C. Rosot pela sua orientação, dedicação no processamento dos dados, críticas, e por sua amizade.

Ao professor Dr. Roberto T. Hosokawa pelo apoio e sugestões apresentadas.

Ao engenheiro M.Sc. Jorge Glade pelas valiosas idéias, críticas e processamento dos dados para a conclusão do trabalho.

À Fundação IPARDES, pelo apoio e possibilidade que me ofereceu, de realizar o curso.

À EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, pelo interesse e apoio brindado na execução do trabalho de campo.

Ao engenheiro M.Sc. Higa, pelo seu interesse e apoio na fase de coleta de dados.

Ao senhor Constantino Valesky e sua família que me permitiram realizar o estudo em sua propriedade, e me prestaram todo o apoio na execução do trabalho de campo.

À engenheira Elizabette Brugnollo pela colaboração durante o trabalho de campo.

À engenheira Elizabeth Hildebrand, pela dedicação e colaboração no trabalho de laboratório, e ao engenheiro Jefferson Bueno Mendes pelo estímulo permanente.

Aos professores, colegas e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR que me apoiaram durante

o trabalho, e ao pessoal da Biblioteca do Setor de Ciências Agrárias, pela sua permanente colaboração.

Ao Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias, pela execução das análises de solos.

À Antônia Schwinden pelo seu apoio e colaboração na redação e correção do trabalho.

À América Guerra pela sua colaboração na datilografia.

Ao amigos Nélida e Horácio Boero e Alícia Glade, e todos aqueles que de diferentes formas colaboraram para a conclusão do trabalho.

Ao engenheiro Miguel Hueriga, meu esposo, pelo permanente estímulo, críticas e colaboração.

Aos meus filhos, Karen, Juan Miguel e Leandro, pelo apoio e compreensão durante todo o trabalho.

SUMÁRIO

	<u>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</u>	vi
	<u>LISTA DE TABELAS</u>	vii
	<u>RESUMO</u>	viii
	<u>BIOGRAFIA</u>	ix
1	<u>INTRODUÇÃO</u>	1
2	<u>REVISÃO DA LITERATURA</u>	5
2.1	CARACTERÍSTICAS DA BRACATINGA.....	5
2.1.1	Posição sistemática.....	5
2.1.2	Composição fito-sociológica.....	5
2.1.3	Regeneração natural e artificial.....	7
2.1.4	Usos.....	8
2.2	CARACTERÍSTICAS DAS CULTURAS AGRÍCOLAS MILHO E FEIJÃO.....	9
2.3	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA BRACATINGA-MILHO-FEIJÃO.....	9
2.4	CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS RELEVANTES.....	11
2.5	A BIOMASSA FLORESTAL COMO RECURSO ENERGÉTICO RENOVÁVEL.....	12
2.5.1	O peso da madeira e sua determinação.....	15
2.5.2	Crescimento e produção das florestas e sua avaliação....	22
3	<u>MATERIAIS E MÉTODOS</u>	26
3.1	LOCALIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS.....	26
3.2	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL.....	26
3.3	ANTECEDENTES DOS POVOAMENTOS.....	27
3.4	PROCESSO DE AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS.....	29

3.5	DETERMINAÇÃO DO PESO VERDE E PESO SECO DAS ÁRVORES...	32
3.6	CÁLCULO DA BIOMASSA DAS PARCELAS.....	34
3.7	ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM FUNÇÃO DA IDADE.....	35
3.8	ANÁLISE DA PRODUÇÃO E DO CRESCIMENTO DA BRACATINGA: IMA-ICA.....	37
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	38
4.1	PESO VERDE E PESO SECO DAS ÁRVORES.....	38
4.2	BIOMASSA DAS PARCELAS.....	48
4.3	PRODUÇÃO DA BIOMASSA AÉREA EM FUNÇÃO DA IDADE.....	48
4.4	ANÁLISE DO CRESCIMENTO: IMA-ICA.....	56
5	<u>CONCLUSÕES</u>	59
	<u>SUMMARY</u>	61
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	62

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

1	ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO NATURAL DA BRACATINGA.....	6
2	LOCALIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS.....	28
3	PESO VERDE (kg) OBSERVADO EM FUNÇÃO DO DAP (cm)....	41
4	PESO SECO (kg) OBSERVADO EM FUNÇÃO DO DAP (cm).....	42
5	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS PERCENTUAIS DO PESO VERDE EM FUNÇÃO DO DAP.....	46
6	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS PERCENTUAIS DO PESO SECO EM FUNÇÃO DO DAP.....	47
7	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS (MODELO DE SCHUMACHER).....	51
8	ÁREA BASAL EM FUNÇÃO DA IDADE.....	52
9	ALTURA DOMINANTE EM FUNÇÃO DA IDADE (MODELO DE PRODAN)....	53
10	PESO SECO EM FUNÇÃO DA IDADE (MODELO DE SCHUMACHER)...	54
11	PESO SECO EM FUNÇÃO DA IDADE (MODELO DE CHAPMAN- RICHARDS).....	55
12	ICA E IMA EM FUNÇÃO DA IDADE (MODELO DE SCHUMACHER)....	57
13	ICA E IMA EM FUNÇÃO DA IDADE (MODELO DE CHAPMAN- RICHARDS).....	57

LISTA DE TABELAS

TABELAS

1	TAMANHO E NÚMERO DE PARCELAS POR IDADE.....	30
2	NÚMERO DE ÁRVORES AMOSTRADAS POR CLASSE DIAMÉ- TRICA E IDADE EM FUNÇÃO DO DESVIO PADRÃO E DO DAP MÉDIO.....	31
3	MODELOS DE REGRESSÃO PARA A ESTIMATIVA DE PESO VERDE E PESO SECO.....	33
4	MATRIZ DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE A VARIÁVEL DEPENDENTE PESO VERDE E AS VARIÁVEIS INDEPEN- DENTE PARA TODAS AS IDADES.....	39
5	MATRIZ DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE A VARIÁVEL DEPENDENTE PESO SECO E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES PARA TODAS AS IDADES.....	40
6	COEFICIENTES DE REGRESSÃO E INDICADORES DE AJUSTE DOS MODELOS TESTADOS PARA PESO VERDE.....	43
7	COEFICIENTES DE REGRESSÃO E INDICADORES DE AJUSTE DOS MODELOS TESTADOS PARA PESO SECO.....	44
8	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DOS POVOAMENTOS COM ÁRVORES ACIMA DE 4 cm DE DAP	49

RESUMO

No presente trabalho foi avaliada a produção de biomassa aérea para fins energéticos de povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*) de um (1) a sete (7) anos de idade, regenerados naturalmente através da queima, e localizados no Município de Quatro Barras, Estado do Paraná. Trata-se de uma propriedade de 25 hectares, sob regime de produção contínua num sistema de exploração silvi-agrícola de bracatinga - milho-feijão. Os dados das parcelas por idade permitiram ajustar equações para peso verde e peso seco das árvores em função do DAP e H, e calcular a biomassa aérea por unidade da área. Calculados a altura dominante, área basal, idade e peso seco das parcelas, foram ajustados modelos de produção e analisados o crescimento e a produção do sistema. Verificou-se a alta correlação existente entre o DAP e o peso verde e peso seco das árvores. A produção está muito condicionada pelos raleios, não-controlados, efetuados nos povoamentos, o que dificulta as estimativas das variáveis de produção. A equação de Schumacher apresentou melhor ajuste aos dados observados, verificando-se o IMA máximo na idade de 5 anos com 10,18 t/ha. O crescimento em altura das árvores aumenta ainda no 7º período vegetativo e a área basal atinge o máximo entre o 5º e o 6º período quando começa o declínio pela mortalidade das bracatingas que são substituídas pelas espécies folhosas do sub-bosque.

BIOGRAFIA

ANA A. R. T. BAREMBUEM, nasceu em Santa Rosa, La Pampa, Argentina no dia 3 de setembro de 1945. Em 1974 graduou-se como Engenheira Agrônoma na Universidade Nacional de Buenos Aires. De 1973 a 1974 trabalhou no Ministério de Assuntos Agrários do Estado de Buenos Aires, e de 1974 a 1976 no CESTAH (Centro de Estudios Territoriales y Ambiente Humano) de Buenos Aires, e na Universidade de Buenos Aires, como docente nas cátedras de Introdução às Ciências Agrárias e Introdução à Ecologia. De 1977 até 1984, trabalhou na Fundação IPARDES-Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, do Estado do Paraná e de 1985 até 1987 na Administração de Parques Nacionais da Argentina, como técnica assessora da Presidência.

1. INTRODUÇÃO

A energia é um elemento fundamental do sistema sócio-econômico, tanto do mundo desenvolvido como do subdesenvolvido. Isto envolve não só problemas científicos e técnicos, mas também sociais e políticos.

Neste sentido, as graves conseqüências da crise energética dos últimos anos evidenciam que a atividade humana futura deverá basear-se em fontes renováveis de energia: a curto prazo, para sobreviver à especulação dos países produtores de petróleo e, a longo prazo, para enfrentar o seu inevitável esgotamento. Além disso, é importante que a exploração dessas fontes renováveis cause o mínimo de danos ao ambiente.

Paralelamente, a situação de pobreza em que se encontra mais da metade da população mundial exige o aperfeiçoamento de alternativas energéticas para o petróleo, de baixo custo e mínima sofisticação tecnológica, sobretudo nos países subdesenvolvidos. Atualmente, até mesmo países desenvolvidos direcionaram substanciais recursos para a pesquisa voltada ao aproveitamento da floresta como fonte de energia.

Neste contexto, a energia solar, e em especial a obtida da biomassa florestal, ocupa um lugar de destaque no panorama energético do futuro. Em especial, deve considerar-se que uma grande vantagem da madeira como combustível é o seu baixo teor de enxofre (alto poluente e corrosivo), quando comparado com o petróleo e o carvão mineral (LISBÃO JR.³⁷).

Isto é especialmente válido para o Brasil, pelas privilegiadas condições do seu território e a variada disponibilidade de ecossistemas que são ou foram naturalmente ocupados por formações florestais.

Assim, é de fundamental importância o conhecimento das espécies com potencial energético bem como a avaliação das vantagens ecológicas e econômicas de sua utilização.

De modo geral, existem carências significativas de informação a respeito das espécies nativas. O grande interesse despertado pelas espécies exóticas de rápido crescimento e alta rentabilidade, como o *Pinus*, *Eucalyptus* e outras, é uma das causas dessa carência.

Entretanto, mesmo que essas espécies exóticas dominem o panorama florestal futuro, não poderão substituir completamente as nativas que garantem um melhor equilíbrio entre a dinâmica do solo e o clima regional. (KLEIN³²).

Embora seja desaconselhável a utilização das florestas primárias remanescentes para fins energéticos, é imprescindível o conhecimento daquelas espécies nativas adequadas para tais fins, sobretudo em termos de produção sustentada e economicamente rentável. Desta forma, poder-se-á contar com um importante substituto do petróleo e ao mesmo tempo promover a necessária reposição da cobertura arborea tão drasticamente depauperada.

Na região Sul, junto às matas de Araucária, ocorre a bracinga (*Mimosa scabrella* Benth), espécie pioneira de rápido crescimento que vem sendo utilizada com sucesso como lenha ou carvão.

A importância da bracinga pode desagregar-se em três aspectos fundamentais: a indiscutível capacidade combustível de sua madeira, a excelente capacidade de regeneração natural e

por tratar-se de uma espécie leguminosa para usos múltiplos.

Essas três características tornam a bracatinga muito apropriada em especial para os pequenos produtores de baixa renda pela facilidade e baixo custo de implantação, comparada a outras espécies aproveitadas como combustível. Paradoxalmente, os reflorestamentos de bracatinga não são enquadrados nos benefícios da Lei de Incentivos Fiscais, pelo fato de prescindir de mudas na sua reposição.

As informações disponíveis sobre o potencial produtivo dessa espécie são escassas e insuficientes, tanto em termos biológicos como econômicos, embora esteja incluída nos Planos de Alternativas Energéticas do Estado do Paraná (PARANÁ⁵³).

Nesse sentido, bem como em função de problemática energética apontada, é importante contar com dados de produtividade de bracatingais a fim de facilitar o planejamento futuro de sua oferta. Ainda podem ser melhorados os métodos silviculturais, considerando o uso desta espécie no suprimento das necessidades energéticas da região.

Assim, este trabalho visa fornecer informações que contribuam para o conhecimento de um importante sistema de aproveitamento do solo, pela integração de uma espécie florestal energética com duas culturas alimentares.

Neste contexto, é importante a produção de biomassa aérea da bracatinga em unidades de peso por ser o mais adequado para a finalidade energética.

Para tanto, constituem objetivos do presente estudo:

- a) avaliar a biomassa aérea das árvores em unidades de peso verde e peso seco em função do diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (H) num sistema de pro-

- dução contínua de bracatinga - milho e feijão;
- b) avaliar a produção e determinar a evolução de biomassa produzida por unidade de área e idade;
 - c) determinar o ponto ótimo de corte do sistema de produção contínua de biomassa nas condições estudadas.

Ressalva-se que as populações utilizadas neste estudo não foram especificamente planejadas e controladas para a pesquisa, o que, evidentemente, é importante para a avaliação do tipo de dados obtidos e definidor dos limites e alcances da própria pesquisa.

Este trabalho procurou ainda sistematizar o conhecimento acumulado sobre o tema, com o intuito de tornar disponível mais um instrumento para a exploração racional do sistema.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DA BRACATINGA

A bracatinga é uma espécie característica das florestas da região Sul do Brasil. Segundo ROTTA *et alii*, apresenta uma área de ocorrência compreendida entre as latitudes de 23º 50' S e 29º 40' S e longitude de 48º 30' W e 53º 50' W, sempre dentro do território brasileiro, onde predomina o clima Cfb, segundo a classificação climática de Koeppen, em altitudes que variam de 500 a 1500 m⁶⁶.

Segundo MATTOS *et alii*, a área de ocorrência abrange parte dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, podendo ocorrer em áreas restritas dos estados de São Paulo e Minas Gerais (figura 1)⁴⁵. Para KLEIN, a bracatinga ocupa áreas de 300 a 1800 m de altitude e apresenta capacidade para adaptar-se em diferentes ambientes³².

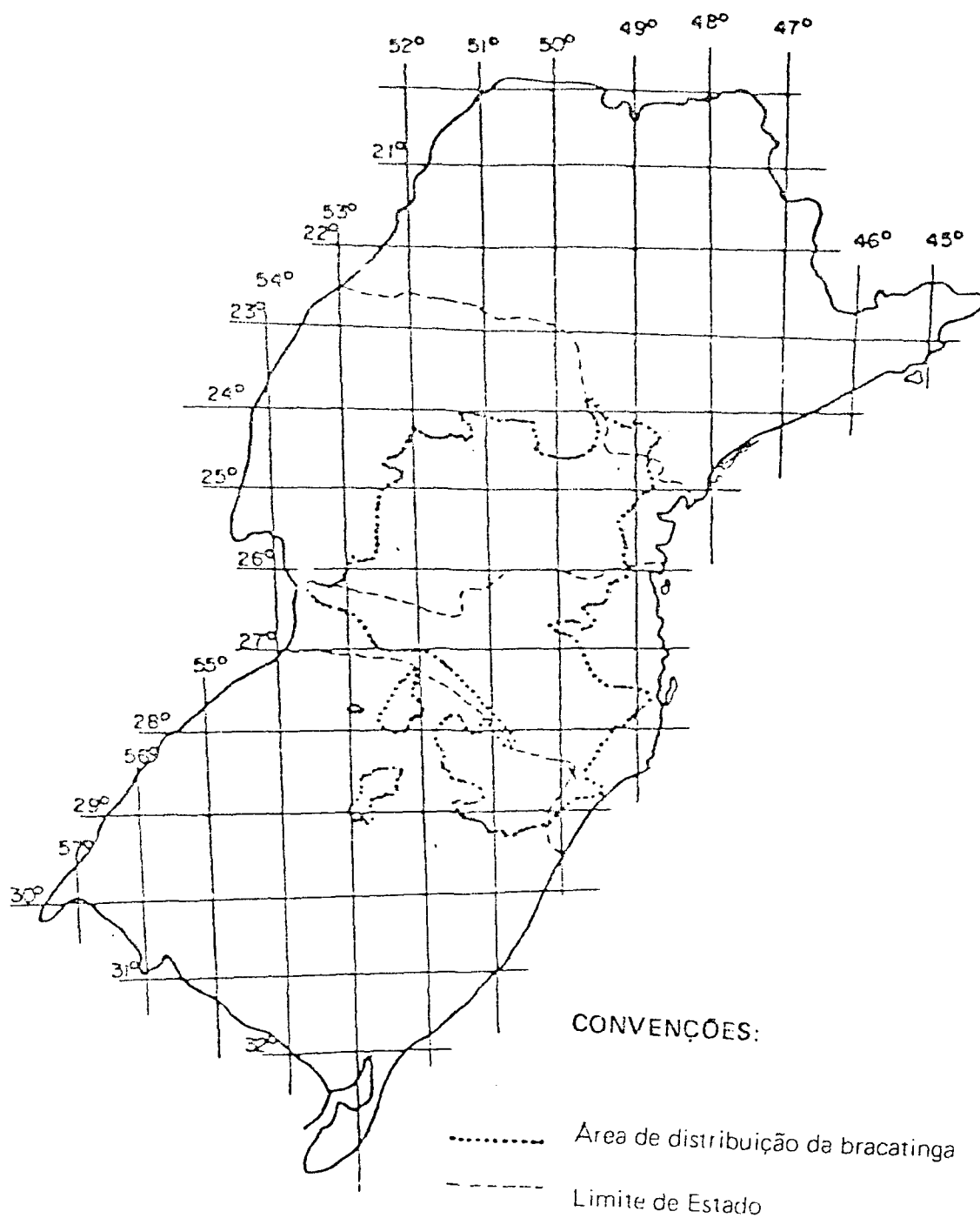
2.1.1 Posição sistemática

A *Mimosa scabrella* é uma leguminosa arbórea da subfamília das *mimosoidae*, conhecida como bracatinga, abracatinga, abracatinga, paracatinga e bracatinho, segundo diversos autores.

2.1.2 Composição fito-sociológica

KLEIN a define como espécie fortemente heliõfila, com significativa frequência nas matas desbastadas de *Araucaria angustifolia* ou em clareiras originadas na floresta pela morte

FIGURA 1 - ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO NATURAL DA BRACATINGA

FONTE: ROTTA et alii⁶⁶

de grandes árvores ou por causa de incêndios³². Nas florestas densas da região Sul, sua presença é esporádica e descontínua.

Quando aparece nas áreas queimadas, forma matas quase puras e nos estágios iniciais encontra-se associada ao fumo-bravo (*Solanum erianthum*), caporeroça (*Rapanea ferrugínea*), aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius*) e outras. Nos estágios mais avançados, pode predominar a canela guaicã (*Ocotea puberula*) que, segundo KLEIN, provavelmente substitui a bracatinga na sucessão, porém, esse tema ainda não foi suficientemente pesquisado³².

Trata-se de uma espécie que se comporta como pioneira, segundo REITZ *et alii*, de rápido crescimento, desenvolvendo um tronco reto e cilíndrico, inerte, e de casca marron áspera. A copa é densa, arredondada, de cor verde cinzento, característico e inconfundível na floresta⁶⁴.

2.1.3 Regeneração natural e artificial

A bracatinga floresce abundantemente no inverno e suas sementes ficam no solo até que o fogo quebre a sua latência, formando então povoamentos quase puros. Isto torna a espécie muito interessante para o reflorestamento, especialmente no caso de pequenas propriedades.

Além disso, a bracatinga é implantada com êxito fora de sua área de ocorrência, mediante sementeira direta, desde que as sementes sejam tratadas com água quente de 80 a 90°C durante um minuto, para superar a impermeabilidade de seu tegumento (BIANCHETTI⁹). No entanto, nas sucessivas rotações futuras, a sementeira se torna dispensável, desde que a bracatinga tenha florescido antes do corte final e a seguir tenham sido queimados

os resíduos para induzir a regeneração natural.

Algumas pesquisas para a produção de mudas foram realizadas visando atender às necessidades de reflorestamento da espécie, fora de sua área de ocorrência (STURION⁷²).

Por enquanto, o sistema de exploração da bracatinga para lenha ou carvão é baseado no manejo da regeneração natural, principalmente.

2.1.4 Usos

Várias são as aplicações atuais da espécie e alta a sua potencialidade de aproveitamento futuro. As informações a respeito do potencial produtivo da bracatinga são escassas, embora esteja incluída nos planos de alternativas energéticas do Estado do Paraná (PARANÁ⁵⁴, FUNDAÇÃO IPARDES²⁴).

A espécie é indicada para revegetação de áreas marginais desmatadas onde a mecanização agrícola é impossível (KLEIN³²). É recomendada por REICHMANN para recomposição de áreas degradadas, tais como as imediações das usinas hidroelétricas, em função da capacidade melhoradora das condições físicas e químicas do solo⁶¹ (POGGIANI, *et alii*⁵⁸).

Considera-se que, além da indiscutível capacidade combustível de sua madeira, esta espécie apresenta uma potencialidade produtiva tal que permitiria melhorar as condições de estagnação econômica dos produtores de baixa renda através da exploração agroflorestal (FUNDAÇÃO IPARDES²⁴).

Ainda, é recomendada por BARRICHELO & BRITO como matéria-prima para a produção de celulose sulfato branqueada, destinada a papéis de escrita e impressão que não requeiram alta resistência física⁶. Além disso, pode substituir ao eucalipto como pro-

durota de fibra curta em região com limitações a seu cultivo (BARRICHELO *et alii*⁵).

Como combustível, vem sendo usada como lenha e carvão pelo seu elevado poder calorífico, para olarias, fornos de cal, panificadoras, uso doméstico, desde muitos anos atrás (PARANÁ⁵⁴). RAMALHO a recomenda para fabricação de aglomerados⁶⁰.

Também é utilizada como varas para a cultura de tomate e para construção civil (ZACCHI *et alii*⁷⁸); e suas flores para a produção de mel.

2.2 CARACTERÍSTICAS DAS CULTURAS DE MILHO E FEIJÃO

As culturas mais usadas no consórcio com a bracatinga são o milho (*Zea mays*) e o feijão (*Phaseolus vulgaris*). Ambas as espécies são plantadas de três (3) a cinco (5) sementes por cova, em espaçamentos diferentes, que variam de 1 a 2 m para o milho e de 0,4 a 0,6 m para o feijão (CAMPOS¹⁴).

Difícilmente são aplicados adubos e, durante o ciclo, as culturas são capinadas duas a três vezes (CAMPOS¹⁴; ZACCHI⁷⁸).

A origem das sementes é na sua maioria do próprio local, ainda que existam casos de utilização de milho híbrido.

O destino da produção é geralmente o autoconsumo.

BAGGIO cita como ocasionais substitutos no consórcio a abóbora e a mandioca, porém em baixa proporção⁴.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA BRACATINGA-MILHO-FEIJÃO

Este sistema responde às características de exploração do modelo Floresta - Agricultura - Floresta, onde ocorre um aproveitamento inicial e transitório das espécies agrícolas possibilitado pela abundante disponibilidade de luz no primeiro ano

da rotação, quando as mudas da espécie arbórea ainda são pequenas (COZZO¹⁸). Trata-se de um sistema de manejo silvo-agrícola, em função da predominância da exploração florestal sobre a agrícola.

O sistema de produção baseado na exploração de *Mimosa scabrella* Benth, conhecida como bracatinga, junto ao milho e ao feijão, é realizado em pequenas áreas, quase nunca superiores a dois (2) hectares, por pequenos produtores, fundamentalmente, na região de ocorrência da bracatinga.

Em primeiro lugar, é limpo o terreno, mediante o roçado e queima de resíduos orgânicos, realizada na maioria dos casos no final do inverno. Esta prática favorece a quebra da dormência das sementes de bracatinga que se encontravam no solo, sempre que na área ocorra a bracatinga naturalmente. BAGGIO recomenda a realização da queima após a primeira quinzena de setembro, para evitar os danos nas mudas por ocasião de precoces geadas⁴.

O preparo do solo é realizado com arado para a semeadura do milho e o feijão consorciados, entre agosto e outubro. O milho é plantado num espaçamento de aproximadamente 1 m x 0,6 m entre as plantas e o feijão entre elas.

São efetuadas uma ou duas capinas, oportunidade em que é realizado o primeiro raleio da bracatinga, procurando deixar uma distância regular entre plantas, mediante uma escolha não muito rigorosa dos indivíduos da população.

Uma vez que o milho e o feijão atingem a maturidade comercial, são colhidos manualmente, permanecendo o bracatingal já implantado. Um ano após o início deste ciclo, uma nova parcela será tratada da forma descrita e assim sucessivamente até atingir o ponto de corte da parcela queimada em primeiro lugar.

Desta forma, tem-se instalado um sistema de exploração silvo-agrícola, cuja rotação é de seis (6) ou sete (7) anos, em média, para bracatinga com uma colheita de milho e feijão por ano, conforme o número de áreas tratadas.

Segundo BAGGIO, quando em uma determinada área nunca antes tenha vegetado a bracatinga, em primeiro lugar, os novos plantios deverão ser realizados por semeadura direta. O habitual é colocar quatro (4) ou seis (6) sementes por cova a distância de 1 m x 1 m ou 1 m x 3 m; alguns produtores semeiam a lanço. Quando as mudas atingem cinco (5) ou dez (10) centímetros de comprimento, é realizado um raleio, deixando apenas uma planta por cova⁴.

Destaca-se que, neste sistema, durante os anos da rotação é depositada abundante matéria orgânica no solo. Por ser a bracatinga uma leguminosa, isso constitui um fator de fertilização para os originalmente solos pobres da região.

No primeiro ano verifica-se uma melhor captação da energia solar e aumenta a capacidade de controle de erosão, processo natural de características alarmantes na área de exploração da bracatinga. No entanto, BAGGIO considera que o sistema tende a exaurir o solo pela queima dos resíduos orgânicos e a curta rotação da bracatinga⁴.

2.4 CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS RELEVANTES

A vantagem do sistema reside, por um lado, na ótima capacidade de regeneração natural da bracatinga e, por outro, na facilidade de implantação da espécie por semeadura direta. Neste sentido, supera ao *Eucalyptus* e a outras espécies também utilizadas como biomassa energética, porém implantadas

somente através de mudas.

Esta é a característica que torna o modelo tecnológico descrito acessível para pequenos produtores rurais, de grande importância na região do "Paraná Tradicional" (FUNDAÇÃO IPARDES²⁴). Esta região coincide quase totalmente com a região de ocorrência da bracatinga e corresponde, desde o ponto de vista sócio-econômico, a uma região "deprimida", onde há predominância de pequenos produtores, conhecidos como de "baixa renda", que em muitos casos sobrevivem apenas pela prática de "pousio"*. (FUNDAÇÃO IPARDES²⁴).

Esse tipo de agricultor ocupa sempre os terrenos mais inclinados, muito suscetíveis à erosão hídrica, e a propriedade dificilmente supera 5 ha. Para ele, a bracatinga representa a possibilidade de aumentar a renda significativamente. Um sistema como o descrito lhe possibilita um melhor controle da erosão e uma otimização do aproveitamento do espaço, tudo sem aumentar de forma significativa a demanda de insumos, mão-de-obra, nem bens de capital (FUNDAÇÃO IPARDES²⁴).

2.5 A BIOMASSA FLORESTAL COMO RECURSO ENERGÉTICO RENOVÁVEL

O conhecimento da produção de biomassa está metodologicamente ligado à determinação das formas de uso adequado dos ecossistemas florestais. Ela é condicionada pelos mecanismos que relacionam a luz com os sistemas ecoló-

*Pousio é caracterizado pela exploração de uma pequena parcela com milho e feijão durante 4 ou 5 anos. Quando diminuem os rendimentos, é desmatada uma parcela contínua para um novo ciclo com culturas agrícolas, deixando em descanso a primeira.

gicos e como é transformada no interior dos mesmos (ODUM⁴⁹).

A biomassa quando medida em quantidade de peso seco ou matéria seca por unidade de superfície e tempo, representa a produtividade primária dos ecossistemas. Este parâmetro é fundamental na determinação da potencialidade produtiva em termos de aproveitamento energético e, em termos ecológicos, para definir sistemas de armazenamento de energia renovável. Isto é, o importante não é apenas a determinação de quanto de biomassa produz uma floresta num dado momento, senão em que condições ela pode repetir ciclos sucessivos desse potencial de produção. Dentro desta concepção, tem-se que através da biomassa pode-se avaliar a quantidade de matéria orgânica e energia armazenadas num ecossistema, bem como conhecer a ciclagem de nutrientes do mesmo (GOLLEY *et alii*²⁷).

Quando a biomassa é expressa como peso verde, representa a matéria orgânica mais a água acumulada. Já o peso seco representa a quantidade de carboidratos (celulose e lignina) e pequenas quantidades de material proteico, uma vez eliminada a água. Do ponto de vista energético específico, interessa determinar o conteúdo de carboidratos que junto à densidade básica da madeira determinam o poder calorífico da mesma (BRITO *et alii*¹¹). Neste sentido, tem-se que, à medida que aumentam o conteúdo de carboidratos* e a densidade básica, maior é o poder calo-

*Conteúdo de carboidratos é integrado pelo teor de lignina mais a quantidade de carbono fixo.

rífico da madeira. No caso a bracatinga supera ao *Eucalyptus grandis* em poder calorífico, por apresentar maiores teores de carboidratos e densidade básica (LISBÃO³⁷).

A densidade básica de madeira, segundo KOCH* citado por ROSOT, é definida como a matéria seca da porção lenhosa da árvore expressada em gramas por unidade de volume (cm³)⁶⁵. É também um ótimo indicador da qualidade da madeira, porém sujeito a grande variação dentro de uma mesma planta, espécie ou também espaçamento entre indivíduos e idade (BURGER¹³). A procedência, os pontos de amostragem e as variações climáticas anuais também condicionam a variação da densidade básica (PARDE⁵⁵). Paralelamente, tem-se que estes parâmetros aumentam também com a idade dos povoamentos e a qualidade dos solos (LISBÃO³⁷), o que condiciona, por sua vez, a densidade básica e, por conseguinte, o poder calorífico da madeira.

LISBÃO, comparando a produtividade energética da bracatinga com a do *Eucalyptus viminalis* (através de dados bibliográficos), determinou que ambas as espécies apresentam produtividade energética semelhante³⁷.

A bracatinga possui alta densidade básica e altos teores de lignina e carbono fixo que produzem um bom rendimento energético, com a restrição de apresentar alto teor de cinzas. LISBÃO recomenda, ainda, "esforços para aumentar o rendimento volumétrico e a produtividade

*KOCH, P., Utilizations of the Southern pines. Washington, USDA For. Serv. Southern For. Exp. Sta., 1972. V.1 (Agriculture Handbook, 420).

energética a custos compatíveis". O rendimento volumétrico atual é de 26 m³/ha/ano, podendo ser aumentado³⁷.

2.5.1 O peso da madeira e sua determinação

A avaliação da produção florestal é um campo de pesquisa que se desenvolveu mais intensamente a partir da década de cinquenta. Os métodos dendrométricos visam especialmente à avaliação do volume das árvores e à estimativa das leis médias de crescimento respectivo.

O volume é definido por HUSCH* - citado por ROSOT⁶⁵ - como a magnitude tridimensional de um objeto e no campo florestal se expressa de modo geral em metros cúbicos. O método de utilização do volume na determinação de biomassa apresenta dois tipos de limitações: os usos a que essa biomassa é destinada e as características de crescimento da espécie em estudo.

No primeiro caso, observa-se a partir dos anos sessenta que as indústrias produtoras de papel, celulose e química manifestam um interesse crescente pela comercialização de sua matéria-prima em unidades de peso.

Na mesma época, com a criação do IBP (International Biological Programme) em 1963, que objetiva a determinação da

*HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. Forest mensurations. 2ª ed., New York, Ronald Press, 1971. 410 p.

Produtividade Primária (PP) dos ecossistemas da biosfera, aumenta a demanda de dados de biomassa em unidades de peso seco ou matéria seca por unidade de superfície e tempo (DUVIGNEAUD¹⁹).

Por último, com a eclosão da crise do petróleo, essa tendência se acentua pela necessidade crescente de conhecer a produção das florestas naturais e implantadas para fins energéticos, em termos de peso seco por unidade de superfície.

A segunda limitação para o uso do volume é determinada pela irregularidade do tronco e pelo tipo de crescimento simpidial, como é característico da bracatinga, que dificultam a definição da densidade básica da madeira. Ainda podem resultar em dados menos precisos que aqueles obtidos diretamente pelo peso seco.

Para POLGE*, citado por PARDE, a diversidade de métodos existentes demonstra que o problema da determinação precisa da densidade da madeira não tem sido resolvido, dado que nenhum deles tem prevalecido para ser usado como referência⁵⁵.

Como na atualidade a maioria dos dados dendrométricos encontra-se expressa em volume e para sua conversão a peso seco deve ser determinada a densidade básica dos mesmos (LOETSCH *et alii*³⁸), PARDE recomenda a elaboração direta de tabelas de peso, através de parâmetros biométricos⁵⁵. Isto se ajusta muito bem às necessidades de dados atuais e futuros, expressos em peso seco de madeira, tanto no campo comercial como científico.

Nesse sentido, existe consenso na literatura que os parâmetros dendrométricos válidos para a determinação do volume do

*POLGE, H. Établissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants. Annales des Sciences Forestières 23(1). 215 p.

tronco são os mesmos que se correlacionam com o peso total ou parcial das árvores.

YOUNG, H. E. opina que, embora a determinação do peso seja mais demorada, oferece maior precisão na avaliação da biomassa de árvores e povoamentos do que a determinação do volume⁷⁶. Entretanto, os instrumentos, sistemas de inventários e os parâmetros dendrométricos utilizáveis, em ambos os casos, são os mesmos.

Segundo ROSOT, qualquer tabela de volume pode ser convertida para uma base de peso, se uma relação peso e volume for estabelecida⁶⁵.

Na França, AYRAL & ABADIE utilizavam a seguinte equação de volume para calcular a biomassa de árvores com bons resultados³:

$$V = a + bc^2 \quad \text{e} \quad V = a' + b' d^2$$

onde:

v = volume (m^3)

c = circunferência a 1,30 m

d = diâmetro a 1,30 m

a e b = coeficientes da equação

Essa equação também foi utilizada na Rússia com bons resultados, segundo PARDE, e na Europa, segundo METAYER também foi aplicada com sucesso^{55, 46}.

No início da década de 70, ART e MARKS realizaram uma síntese dos trabalhos existentes e disponíveis sobre o tema biomassa e produtividade primária. Estes assuntos foram caracterizados pela origem e idade dos povoamentos, locais, autores, data de publicação e método utilizado¹.

Mais recente é o resumo de YOUNG, que em 1976 destaca a grande heterogeneidade de critérios de amostragem, unidades de

medida, variáveis dendrométricas em equações de regressão e métodos de determinação⁷⁷.

Assim, tem-se que os primeiros trabalhos foram realizados por OVINGTON em 1956, que determinou a biomassa como peso seco mediante o corte e secagem em laboratório, de amostras de uma ou várias árvores de dimensões médias, identificadas nos povoa-mentos⁵⁰.

Uma variante do método anterior é a estratificação de amostras extraídas das classes diamétricas encontradas em povoa-mentos de diferentes idades.

Outro método é pelo cálculo de regressão muito utilizado na atualidade, cuja aplicação foi iniciada em 1961 por WITTAKER. São citados ainda na literatura o método da área unitária; o da área de canópi e o da proporção de área basal, menos difundidos mas com bons resultados e alta correlação com o peso.

De acordo com OVINGTON *et alii*, há uma crescente necessidade de melhorar a compreensão do funcionamento e relações existentes entre os organismos e o ambiente nas florestas, em função de cada vez mais intenso uso das mesmas. A amostragem então deve refletir a média do povoamento para evitar erros significativos na determinação do seu peso, isto é, a escolha das árvores deve ser representativa do resto⁵². Eles estudaram comparativamente os três métodos de determinação de biomassa numa monocultura de *Pinus radiata* de oito anos: de área unitária, da árvore média e de análise de regressão. Eles concluíram que o DAP é o parâmetro dendrométrico mais adequado para estimar o peso das árvores. Os métodos de árvore média e de análise de regressão foram os mais satisfatórios para a determinação dos principais componentes das árvores.

Segundo PARDE, nos últimos 20 anos as funções alométricas são o elemento fundamental das tabelas de peso elaboradas pelos diferentes autores⁵⁵.

RIBE destaca a grande flexibilidade das funções de regressão na pesquisa da biomassa e de sua aplicação na pesquisa florestal⁶².

MADGWICK utilizou a análise de regressão na estimativa do peso de troncos, ramos e ramos finos num povoamento de *Pinus virginiana*, mediante uma equação logarítmica do peso em função do logaritmo do DAP, com bons resultados⁴³.

HONER, a partir de povoaamentos de diferentes características de *Pinus sp.* analisou as inter-relações existentes entre peso/DAP/altura das árvores. Concluiu que uma certa melhoria na estimativa do peso é conseguida quando se inclui a densidade básica como variável independente. Para a determinação do peso seco das árvores e componentes utilizou a relação

$$Dw = a (c/b)$$

onde:

Dw = peso seco da árvore em kg.

a = peso verde do tronco em kg.

b = peso verde de amostra em gramas.

c = peso seco da amostra em gramas.

e para o peso seco do povoamento utilizou a equação logarítmica que inclui o G (área basal), e a Hdom (altura dominante) como variáveis independentes²⁹.

BRUNIG analisou a conveniência de utilizar áreas de amostragem pequenas, nas áreas de florestas tropicais com elevada diversidade de espécies. Além disso, observou que a variação do estoque de biomassa (expressa como área basal) está relacionada

com a fase da sucessão e depende da qualidade do sítio (em especial, disponibilidade hídrica), tipo de solos e da fisiografia¹².

HAKKILA*, citado por PARDE, tem determinado o peso seco do tronco e raízes através da densidade básica⁵⁶, ao passo que MALKONEN utilizou o método de estimação por regressão, para calcular o peso seco do material lenhoso (resíduos) da colheita mediante uma equação que inclui o DAP e a altura total como variáveis independentes⁴⁴.

HAKKILA pesquisando a produção de ramos, tocos e raízes como biomassa aproveitável na Finlândia, determinou a alta correlação existente entre o peso seco do toco e o diâmetro sem casca²⁸.

As equações logarítmicas também foram usadas por BASKER VILLE com o DAP como única variável independente na estimação do peso dos componentes das árvores⁷.

YOUNG *et alii* usaram o logaritmo do DAP e da altura total como variáveis independentes, em equações derivadas de árvores de povoamentos naturais⁷⁵.

HONER destaca que seu objetivo não é gerar novas equações para descrever as inter-relações entre peso/DAP/H, e sim usar equações logarítmicas nas avaliações do peso que facilitem a comparação entre os dados conseguidos pelos diferentes autores²⁹. CLARK III *et alii* na procura de um modelo para avaliar peso de troncos de *Pinus* nos EUA estabeleceram que o D^2H são as variáveis independentes mais correlacionadas com o peso¹⁵.

Segundo OVINGTON & HEITKAMP; OVINGTON & MADWICK; MADWICK;

*HAKKILA, P. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood Commun. Inst. For. Fenn. 1966, 61.5.

ATTIWILL & OVINGTON; SATOO e YOUNG, o DAP é suficientemente preciso para a avaliação do biomassas parciais e totais de florestas temperadas^{51,50,43,1,68,69,75}.

Nas regiões tropicais e subtropicais se destacam os trabalhos de SALAS* citado por KRAPPENBAUER, A. & ANDRAE, na Colômbia; GOLLEY, no Panamá e KIRA, no Japão, que confirmam a utilidade do DAP como parâmetro adequado de estimação da biomassa^{35,37,31}.

No Brasil, os trabalhos de KRAPPENBAUER; PINHEIRO; UFPR; HOSOKANA e ROSOT, tratando de diferentes espécies com relação a estimativas de peso da madeira, coincidem na validade do DAP como parâmetro de correlação^{35,55,73,30,65}.

SCHNEIDER, para estimar o peso da casca em povoamentos de acácia negra, desenvolveu modelos de regressão lineares e logarítmicos, para construir tabelas de peso utilizando o processo FORWARD⁶⁷.

ROSOT utilizou para estimar o peso seco da madeira de *Pinus taeda* o DAP e a H (altura total), privilegiando-os em função da facilidade de obtenção no campo. Também foram testados modelos lineares e logarítmicos, dentre os quais foi escolhida uma da seguinte forma⁶⁵:

$$\log P = b_0 + b_1 \log (D^2 H)$$

onde:

D = DAP com casca em cm.

H = altura total em m.

As mesmas variáveis foram utilizadas por POGGIANI *et alii*,

*SALAS, G. de la. *Eigenschaften und Dynamik. Livres Waldstandorts im Grenzberich des immergruenem tropischen regenwaldes im mittlerem Magdalenental (Kolubien). Goettingen Bodenkundliche Berichte, 27:1-206, 1973.*

avaliando biomassa e nutrientes de uma plantação de *Eucalyptus grandis*, com bons resultados para avaliação de troncos e folhas⁵⁹.

Um trabalho de determinação de biomassa energética de bra-catinga foi realizado pela FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS, tendo sido testados 22 modelos de regressão. Nestes o DAP, a altura total e a altura comercial em diferentes combinações foram as variáveis independentes utilizadas, concluiu-se que o DAP é a variável simples mais eficiente na estimativa dos pesos secos de todos os componentes das árvores. A inclusão de outras variáveis ou a sofisticação dos modelos não demonstraram melhor ajuste em nenhum dos casos²³.

Para a estimativa de peso seco são recomendadas as seguintes equações:

- Para o tronco:

$$\text{Log Ps} = - 0,7064 + 2,0356 \text{ Log D}$$

$$R^2 = 0,863$$

- Para a copa:

$$\text{Log Ps} = - 1,8869 + 2,7953 \text{ Log D}$$

$$R^2 = 0,817$$

- Para a árvore (total):

$$\text{Log Ps} = - 0,7989 + 2,2966 \text{ Log D}$$

$$R^2 = 0,924$$

2.5.2: Crescimento e Produção das Florestas e sua Avaliação

Para avaliar a potencialidade de uma espécie em termos de biomassa energética, é necessário determinar não apenas o rendimento energético da sua madeira mas também a produção líquida ou rendimento em peso através do tempo, em diferentes sítios.

A informação disponível sobre o tema rendimento energético,

embora escassa, foi abordada no item 2.2, quanto ao segundo tema, destaca-se o consenso entre os diferentes autores a respeito da carência de dados sobre a produtividade dos bracatingais.

Neste sentido, CAMPOS *et alii* determinaram, em povoamentos de 1 a 10 anos, a produtividade volumétrica média por idade (em m^3/ha), a densidade de plantas e a participação do sub-bosque dentro das florestas originadas de regeneração por queima. Na idade de 7 anos foi determinada a máxima produção volumétrica acumulada dos bracatingais, com $135,8 m^3/ha^{14}$.

Estudos que determinem o ponto ótimo para o corte dos bracatingais ainda não foram desenvolvidos, porém, há consenso entre os produtores que esse momento ocorre entre o 4º e o 7º ano da rotação.

HOSOKAWA *et alii* ajustaram uma equação volumétrica geral para elaborar uma tabela de volume e outra de produção a partir de povoamentos de 1,5; 4; 6 e 8 anos, num mesmo sítio e produto de regeneração por queima. Dadas as variações nas densidades dos povoamentos, foram testadas duas equações de densidade variável para produção total. Entre as conclusões mais importantes destaca-se que a produção volumétrica varia muito em função da densidade inicial e dos tratamentos durante a fase de implantação e condução dos povoamentos de bracatinga³⁰.

A determinação do momento ótimo de corte é possível através da estimação de dois parâmetros fundamentais: o incremento médio anual (IMA) e o incremento corrente anual (ICA).

Segundo BURGER, o incremento é o aumento de um elemento (altura, volume, peso, etc.) dentro de um intervalo de tempo¹³.

Assim, neste caso, interessa estabelecer o ICA, expresso em unidades de peso correspondente ao incremento durante um ano,

e o IMA corresponde ao incremento em peso durante um período determinado, dividido por esse intervalo. Ambos os parâmetros são apresentados em curvas de incremento em função da idade, com um ponto de incremento que corresponde com a máxima produção biológica. Outro ponto indica não apenas o máximo incremento médio anual, mas também, o momento ótimo para o corte da bractin-ga, também denominado ponto de rotação (CLUTTER *et alii*¹⁶).

Segundo ALDER*, citado por GLADE, para estimar o crescimento e a produção de florestas homogêneas existem três modelos básicos²⁶:

- a) globais, utilizando como variáveis independentes idade e sítios, ou idades, densidade e sítio;
- b) por classe diamétrica, no qual também se usam as variáveis independentes anteriores, para estimar os parâmetros da função de frequência de diâmetros e de altura das classes;
- c) de árvore individual, no qual, além da idade, densidade e sítio, é utilizada a concorrência entre indivíduos sem oferecer mais informação ou precisão, porém com modelos sofisticados.

Segundo CLUTTER, as primeiras equações para avaliar a produção em povoamentos com densidade variável foram baseadas no método desenvolvido por MACKINNEY *et alii* e SCHUMACHER, através da seguinte equação¹⁶:

$$I_n V = B_0 + B_1 A^{-1} + B_2 f(S) + B_3 f(D_s)$$

onde:

V = produção em volume, peso, etc.

*ALDER, D. & CATTLEZ, F. Forest volume estimation and yield production. Rome, FAO, 1980, v.2 (FAO Forestry paper, 22).

A = idade do povoamento

$f(S)$ = função do Índice de sítio

$f(D_S)$ = função da densidade do povoamento

Vários autores, a partir da equação de SCHUMACHER descrita, ajustaram modelos de produção para diferentes espécies. Entre eles podem destacar-se: BENNET *et alii*, para plantações de *Pinus elliotii* na Georgia e Carolina (USA), e para povoamentos naturais da mesma espécie⁸; LEAK *et alii* para *Pinus strobus* em Maine, Massachusetts e New Hampshire³⁶; PERALA, para povoamentos de *Picea Mariana*; SULLIVAN e CLUTTER, citados por CLUTTER, para povoamentos naturais de *Pinus taeda* na Virgínia, Carolina do Sul e Georgia^{56, 16}; HOSOKAWA, para avaliar a produção total em bra-catingais³⁰.

Segundo CLUTTER, o modelo de CHAPMAN-RICHARDS é derivado de uma base biológica, já que expressa a taxa de crescimento da população estudada como resultado da "construção" anabólica e "destruição" catabólica da mesma. Outra característica do modelo é a sua flexibilidade, que somada à sua base biológica o torna de extrema importância na atualidade¹⁶.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS

Para a execução do trabalho foram procurados povoamentos de bracatinga em idade seqüencial, num mesmo local dentro da Região Metropolitana de Curitiba. Após uma exaustiva procura, foi localizada a área de pesquisa no município de Quatro Barras, na localidade de Campininha, a 40 km da cidade de Curitiba, conforme pode ser observado na figura 2.

Trata-se da propriedade do Senhor Constantino Valesky, cuja superfície é de 25 ha, aproximadamente. Aí foram escolhidos sete povoamentos de um a sete anos de idade, todos provenientes de regeneração natural pelo uso do fogo, sendo que cada povoamento ocupa uma área de 2 ha, aproximadamente.

3.2 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

A área do estudo encontra-se dentro do primeiro Planalto Paranaense, quase no seu limite Leste, nas últimas porções ocupadas pelas matas de *Araucaria angustifolia*. Na região, atualmente, predomina a mata secundária, com abundantes samambaias e as terras sujeitas a roçadas periódicas, com pequenas parcelas cultivadas com espécies olerícolas.

Segundo MAACK, a área pertence à região de clima quente temperado subtropical fresco até frio no inverno, com temperaturas médias anuais de 16,5°C; o mês mais quente, 20,4°C e o mês mais frio, uma média de 12,7°C⁴⁰.

O mês mais chuvoso é janeiro e o menos chuvoso, agosto, sem déficit hídrico durante o ano e com uma precipitação anual de 1450 mm. O clima predominante, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Cfb.

O relevo da área varia de ondulado a plano, com declividades de menos de 20% até 45%, sendo a predominante, entre 20% e 35%.

Os solos são predominantemente distróficos, isto é, de baixa fertilidade natural e álicos pelo elevado teor de alumínio tóxico (maior de 1,5 m.e. em percentagem). O pH atinge entre 3,9 e 4,5-indicadores de elevada acidez natural (IPARDES²⁵).

3.3 ANTECEDENTES DOS POVOAMENTOS

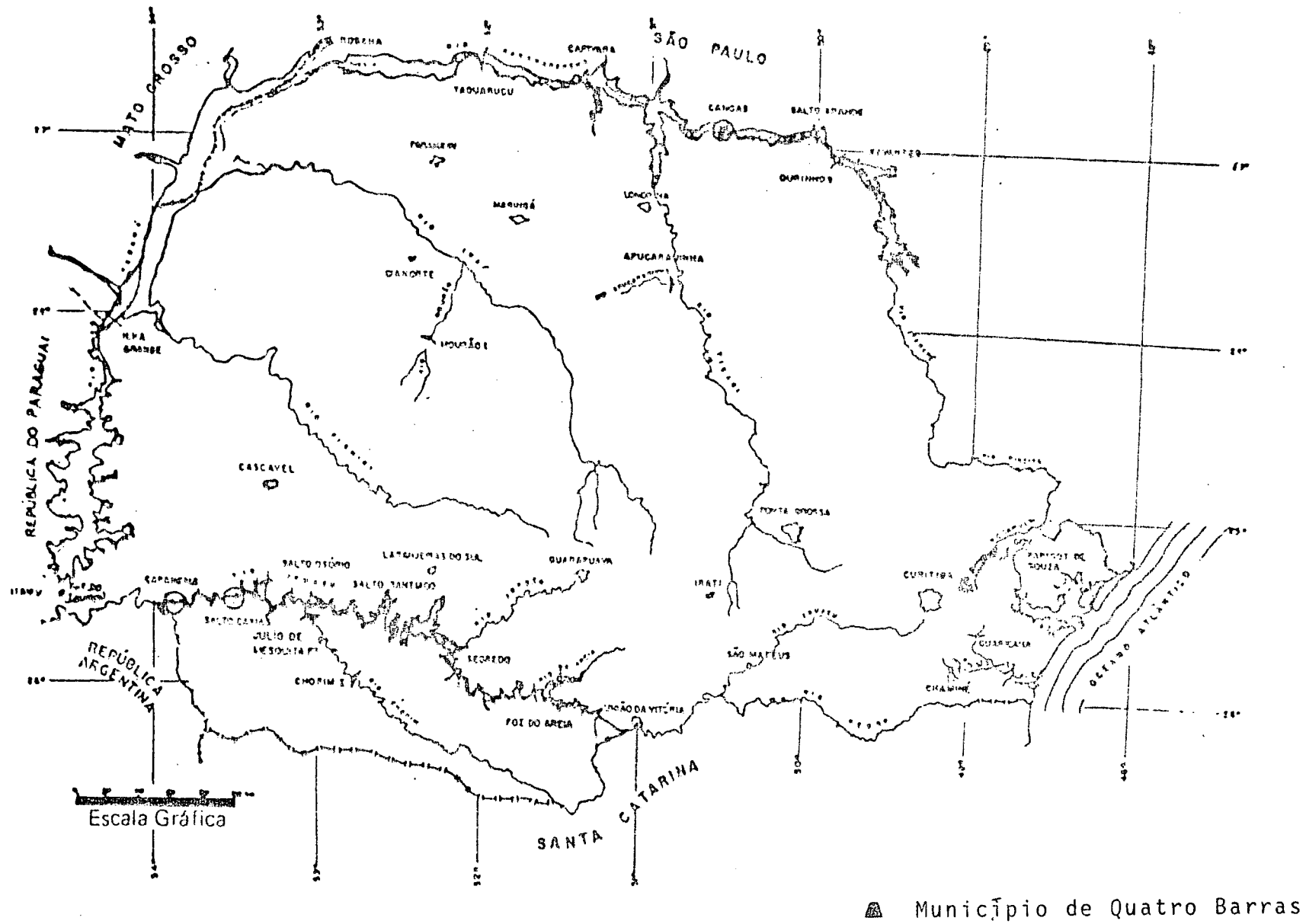
Segundo o proprietário da área, as atividades de exploração da bracatinga datam de 35 anos atrás, não havendo registro do número de rotações efetuadas nos povoamentos e mediante um sistema de produção contínua de bracatinga-milho e feijão, como o descrito no item 2.3.

Deve destacar-se que não existe qualquer registro ou controle a respeito das diferentes operações realizadas na propriedade, tais como: datas de plantio, épocas e magnitude dos raleios, rendimentos das colheitas das culturas, bem como da biomassa extraída da bracatinga ou das outras folhosas do sub-bosque.

Quanto à época, as atividades são iniciadas no inverno com a queima dos resíduos orgânicos e no início da primavera são plantados o milho e o feijão, após o preparo do terreno. Desta forma, a bracatinga alcança no inverno seguinte um porte que lhe permite tolerar as baixas temperaturas.

Após a emergência das culturas e da bracatinga, por oca-

FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DOS POVOAMENTOS



sião das capinas, é realizado um raleio que favorece os melhores indivíduos e regulariza, de certa forma, uma determinada densidade de plantas de bracatinga.

No verão é colhido o feijão e no início do outono, o milho, permanecendo somente as bracatingas.

No 3º ano é realizado um novo raleio dos indivíduos dominados, cuja madeira destina-se à cultura de tomate, e, às vezes, é usada também como lenha.

Destaca-se que, a menos que sejam instaladas parcelas controladas, é impossível determinar o total de biomassa extraída.

3.4 PROCESSO DE AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS

Após o reconhecimento da propriedade e da localização dos povoamentos, foi realizado um levantamento dendrométrico, mediante a instalação de parcelas, distribuídas ao acaso. Em cada parcela, foram medidas todas as árvores acima de 4 cm de DAP; a circunferência à altura do peito (CAP) com fita e a altura total (H) com o hipsometro Blume-Leiss.

Dados o reduzido tamanho das populações (não mais de 2,5 ha) e a forma irregular das suas áreas, as parcelas foram alocadas tentando abranger a maior variabilidade de sítio possível. Dessa forma em todos os casos, foram representadas as áreas correspondentes à alta, baixa e meia encosta. Na tabela 1 detalham-se o tamanho e o número de parcelas, segundo a idade*.

*A pesquisa de campo foi realizada entre os meses de dezembro e fevereiro de 1984.

TABELA 1 - TAMANHO E NÚMERO DE PARCELAS POR IDADE

IDADE (ANO)	TAMANHO (m ²)	NÚMERO DE PARCELAS
1	25	8
2	25	9
3	100	6
4	100	6
5	400	3
6	400	3
7	400	4

Para ajustar modelos de regressão foram abatidas e cubadas 176 árvores acima de 4 cm de DAP com casca, escolhidas em igual número, dentro de cada classe diamétrica, conforme o recomendado por KOZAK e que se detalham na tabela 2³⁴.

Os diâmetros foram obtidos por medição das circunferências a altura do peito com fita e as alturas totais com trena.

TABELA 2 - NÚMERO DE ÁRVORES AMOSTRADAS POR CLASSE DIAMÉTRICA E IDADE EM FUNÇÃO DO DESVIO PADRÃO E DO DAP MÉDIO

IDADE	CLASSE I	Nº DE ÁRVORES	CLASSE II	Nº DE ÁRVORES	CLASSE III	Nº DE ÁRVORES	CLASSE IV	Nº DE ÁRVORES	CLASSE V	Nº DE ÁRVORES
1	4.1 - 4.3	5	4.3 - 4.6	5	4.6 - 4.9	5	4.9 - 5.2	5	5.2 - 5.5	0
2	4.0 - 4.4	5	4.4 - 4.8	5	4.8 - 5.2	5	5.2 - 5.6	5	5.6 - 6.0	5
3	4.1 - 6.2	5	6.2 - 8.3	5	8.3 - 10.3	5	10.3 - 12.4	5	12.4 - 14.5	5
4	4.0 - 6.1	5	6.1 - 8.3	5	8.3 - 10.6	5	10.6 - 12.8	5	12.8 - 15.0	5
5	4.0 - 7.3	5	7.3 - 10.9	5	10.9 - 14.5	5	14.5 - 18.1	5	18.1 - 21.7	5
6	4.0 - 6.5	5	6.5 - 9.5	4	9.5 - 12.6	5	12.6 - 15.6	5	15.6 - 18.7	4
7	4.0 - 7.8	7	7.8 - 11.6	5	11.6 - 15.4	5	15.4 - 19.2	5	19.2 - 23.0	6

3.5 DETERMINAÇÃO DO PESO VERDE E DO PESO SECO DAS ÁRVORES

O peso verde das árvores abatidas foi determinado numa balança tipo KAL-KOB de 60 kg, mediante a pesagem do tronco e de todos os galhos com casca de até 4 cm de diâmetro.

Para estimar o peso seco, foram extraídas seções transversais do tronco e galho até 4 cm de diâmetro com casca, a intervalos constantes de dois metros.

Tanto as árvores como as seções foram cortadas com motosserra e separados os componentes, troncos e galhos acima de 4 cm de diâmetro.

A *posteriori*, os discos extraídos foram codificados e embalados em sacos plásticos para o seu transporte ao laboratório com o mínimo de perda de água.

As amostras ou discos foram pesadas e secadas em estufa a 105°C até atingir peso constante e depois pesadas novamente em balança de precisão.

Para calcular o peso seco das árvores, foi utilizada a relação seguinte:

$$P_s = \frac{P_v \times P_{sam}}{P_{vam}}$$

onde:

P_s = peso seco da seção da árvore em kg

P_v = peso verde da seção da árvore em kg

P_{sam} = peso seco de amostra em g

P_{vam} = peso verde da amostra em g

Para a determinação do peso seco e do peso verde de todas as árvores da parcela, foi utilizada uma equação de regressão selecionada entre quatorze testadas. Os modelos foram ajustados de forma independente para cada idade e para o conjunto das mesmas.

As variáveis dependentes e independentes utilizadas nos

modelos testados se detalham a seguir:

<u>Variáveis dependentes</u>	<u>Variáveis independentes</u>
Pv = peso verde	Diâmetro e altura do peito: DAP = D
log Pv = logaritmo de Pv	altura total = H
Ps = peso seco	log D; log ² D; log H, Log ² H log D ² H
log Ps = logaritmo de Ps	D ² ; DH; D ² H

onde:

log = logaritmo decimal

Na tabela 3 detalham-se as equações ajustadas.

TABELA 3 - MODELOS DE REGRESSÃO PARA A ESTIMATIVA DE PESO VERDE E PESO SECO

NÚMERO	EQUAÇÃO	AUTOR
1	$P = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 dh + b_4 d^2 h + b_5 h$	MEYER
2	$P = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 dh + b_4 d^2 h$	MEYER
3	$P = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 dh^2 + b_4 h^2$	NASLUND (modificada)
4	$P = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h$	STOATE
5	$P = d^2 (b_0 + b_1 h)$	OGAYA
6	$P = b_0 + b_1 d^2 h$	S.H. SPURR (1952)
7	$P = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	HOHENADL-KRENN
8	$P = b_0 + b_1 d^2$	KOPEZKY—GEHRHARDT
9	$\log P = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log^2 d + b_3 \log h + b_4 \log^2 h$	Forest Research Institute Baden-Wuerttemberg (RFA)
10	$\log P = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	SCHUMACHER-HALL
11	$\log P = b_0 + b_1 \log (d^2 h)$	S.H. SPURR (1952)
12	$\log P = b_0 + b_1 \log d + b_2 / d$	BRENAC
13	$\log P = b_0 + b_1 \log d$	B. HUSCH (1963)
14	$P = H(b_0 + b_1 d + b_2 d^2)$	

Nas equações onde a variável dependente foi logaritimizada, o erro padrão da estimativa (syx) e o coeficiente de variação (cv) foram corrigidos para serem comparáveis com as equações onde a variável dependente não foi logaritimizada. Para tal fim, utilizou-se a equação proposta por FURNIVAL*, citado por ROSOT⁶⁵.

$$\text{syx corrigido} = \frac{1}{\log e} \cdot \text{anti log.} \frac{\sum \log P}{n} \times \text{syx}$$

onde:

n = nº de observações

log P = logaritmo do peso seco ou verde, segundo o caso.

3.6 CÁLCULO DA BIOMASSA DAS PARCELAS

A partir das variáveis dendrométricas medidas nas árvores das parcelas, utilizou-se uma equação de regressão para estimar o peso verde e peso seco de árvores individuais. O peso total da parcela foi obtido pelo somatório dos pesos individuais das árvores.

A partir dos dados da área basal (G), idade (Id) e altura dominante (Hdom) observados e processados de cada parcela, foram ajustadas equações para estimar e descrever o comportamento da área basal em função da idade, e Hdom em função da idade. Ambas as funções são variáveis independentes do modelo de Schumacher.

Para ajustar esta função, foi utilizada o seguinte modelo:

*FURNIVAL, G.M. An index for comparing equations used in constructing volume tables. For. Sci., 7(4): 337-341, 1961.

$$G = b_0 + b_1 Id + b_2 Id^2$$

onde:

G = área basal em m²/ha

Id = idade em anos

b₀, b₁ e b₂ = coeficientes da equação

A Hdom foi utilizada como indicadora de qualidade do sítio, o que é recomendado por diferentes autores.

3.7 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM FUNÇÃO DA IDADE

Uma vez avaliadas a biomassa aérea das árvores e parcelas, foi analisada a produção de biomassa aérea dos povoamentos através do tempo. Para tal fim foram testados dois modelos de produção: o de Schumacher e o de Chapman-Richards.

Modelo de Schumacher para peso seco (CLUTTER *et alii*¹⁶)

$$\ln (Ps) = b_0 + b_1 \frac{1}{Id} + b_2 Hdom + b_3 \ln (G)$$

Modelo de Chapman-Richards para peso seco (CLUTTER *et alii*¹⁶)

$$Ps = b_1 \left[(1 - b_2 \text{Exp} (-b_3 Id)) \right]^{(1/1-b_4)}$$

onde:

Ps = peso seco em kg/ha

Id = idade em anos

Hdom = altura dominante em metros

G = área basal em metros quadrados por hectare (m²/ha)

b₀, b₁, b₂, b₃ e b₄ = coeficientes de regressão para cada equação

Hã diferentes critérios para estimar a Hdom.

Neste trabalho, optou-se pelo critério usado pela IUFRO, que consiste em utilizar a altura média das cem árvores mais grossas por hectare ⁸.

Para o ajuste da altura dominante em fun o da idade, foram testados os modelos de Schumacher e Prodan. Os modelos utilizados foram os seguintes:

Modelo de Prodan (LOETSCH *et alii*^{3B})

$$H_{dom} = \frac{I d^2}{b_0 + b_1 Id + b_2 Id^2}$$

Modelo de Schumacher (CLUTTER *et alii*²⁶)

$$\log H_{dom} = b_0 + b_1/Id$$

onde:

d = diametro (DAP) em cm

Hdom = altura dominante em metros

Id = idade em anos

b₀, b₁ e b₂ = coeficientes da equa o

Ao conjunto de dados, composto pelos valores observados de Hdom,  rea basal e produ o total, submeteu-se o ajuste da fun o de produ o de Schumacher para determinar a evolu o do peso seco ou biomassa área em fun o da idade dos povoamentos.

As equa es foram ajustadas pelo método dos mínimos quadrados. O ajuste de cada equa o aos dados observados e estimados foi analisado comparativamente através dos seguintes critérios:

- a) análise de variância (valor F);
- b) erro padrão da estimativa (syx) e coeficiente de varia o (cv);
- c) coeficiente de determina o (R²);

d) amplitude e tendenciosidade da distribuição gráfica dos resíduos.

Junto ao modelo de produção empírico de Schumacher, ajustou-se o modelo biológico de Chapman-Richards, para conhecer o seu comportamento em povoamentos de Bracatinga.

Foi utilizada a técnica de regressão não-linear proposta por BORATTO, na qual os coeficientes da função são estimados por interações sucessivas, procurando minimizar a soma dos desvios ao quadrado¹⁰.

O ajuste desse modelo foi avaliado através das seguintes estatísticas:

- a) coeficiente de determinação R^2 ;
- b) erro padrão da estimativa (syx) e coeficiente de variação (cv)
- c) observação gráfica do modelo ajustado e os valores observados de peso seco.

3.8 ANÁLISE DA PRODUÇÃO E DO CRESCIMENTO DE BRACATINGA: IMA-ICA

A partir da equação de produção ajustada de Schumacher e de Chapman-Richards, foi construída a curva de produção em função de idade, para cada um dos modelos, com o objetivo de analisar sua evolução através do tempo.

Utilizando as mesmas equações, foram calculados para cada idade o incremento médio anual (IMA) e o incremento corrente anual (ICA); valores que foram plotados em função da idade para determinar o ponto de cruzamento das curvas, o qual corresponde com a idade ótima de exploração ou corte do sistema agroflorestal em estudo, atendendo ao critério da máxima produtividade segundo CLUTTER *et alii*⁶.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PESO VERDE E PESO SECO DAS ÁRVORES

Uma vez calculado o peso verde e o peso seco das árvores amostradas, foi analisado o comportamento destas variáveis em função das variáveis independentes.

Nas tabelas 4 e 5 apresenta-se a correlação simples existente entre as 13 variáveis utilizadas nos modelos testados para a estimativa do peso verde e peso seco das árvores. As matrizes de correlação simples, por idade, mostraram valores similares.

Destaca-se a alta correlação verificada entre o DAP e o peso das árvores. A variável D^2 (DAP ao quadrado) é a que oferece a maior correlação com as variáveis dependentes peso seco e peso verde, apresentando um coeficiente de correlação: $r = 0.9881$ e $r = 0.9074$, respectivamente. Portanto, constatou-se que o DAP é uma variável dendrométrica suficiente para estimar a biomassa aérea das árvores.

Os resultados obtidos uma vez plotados os dados, são apresentados nas figuras 4 e 5. Nelas observa-se a tendência dos pontos correspondentes ao peso seco e peso verde das árvores amostradas em quilogramas, em função do DAP em cm.

Entre os modelos testados para estimar o peso das árvores foram escolhidos aqueles que apresentaram melhor ajuste aos dados.

Os indicadores estatísticos utilizados na escolha da melhor equação, bem como os coeficientes da regressão encontram-se nas tabelas 6 e 7.

TABELA 4 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE A VARIÁVEL DEPENDENTE PESO VERDE E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES PARA TODAS AS IDADES

VARIÁVEIS	D	D ²	DH	D ² H	H	LOG D	LOG ² D	LOG H	LOG ² H	LOG D ² H	1/D	PESO VERDE	LOG P. VERDE
D	1.00	0.98	0.98	0.96	0.81	0.98	0.95	0.78	0.76	0.95	-0.93	0.96	0.94
D ²	0.98	1.00	0.95	0.98	0.73	0.92	0.89	0.69	0.67	0.89	-0.84	0.98	0.87
DH	0.98	0.95	1.00	0.97	0.88	0.96	0.94	0.84	0.81	0.96	-0.91	0.95	0.94
D ² H	0.96	0.98	0.97	1.00	0.76	0.91	0.87	0.71	0.69	0.88	-0.83	0.98	0.86
H	0.81	0.73	0.88	0.76	1.00	0.86	0.88	0.98	0.97	0.92	-0.88	0.72	0.91
LOG D	0.98	0.92	0.96	0.91	0.86	1.00	0.99	0.84	0.82	0.98	-0.98	0.89	0.98
LOG ² D	0.95	0.89	0.94	0.87	0.88	0.99	1.00	0.86	0.84	0.99	-0.99	0.86	0.99
LOG H	0.78	0.69	0.84	0.71	0.98	0.84	0.86	1.00	0.99	0.91	-0.87	0.68	0.90
LOG ² H	0.76	0.67	0.81	0.69	0.97	0.82	0.84	0.99	1.00	0.89	-0.85	0.66	0.88
LOG D ² H	0.95	0.89	0.96	0.88	0.92	0.98	0.99	0.91	0.89	1.00	-0.98	0.86	0.99
1/D	-0.93	-0.84	-0.91	-0.83	-0.88	-0.98	-0.99	-0.87	-0.85	-0.98	1.00	-0.81	-0.98
PESO VERDE	0.96	0.98	0.95	0.98	0.72	0.89	0.86	0.68	0.66	0.86	-0.81	1.00	0.85
LOG P. VERDE	0.94	0.87	0.94	0.86	0.91	0.98	0.99	0.90	0.88	0.99	-0.98	0.85	1.00

TABELA 5 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE A VARIÁVEL DEPENDENTE PESO SECO E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES PARA TODAS AS IDADES

VARIÁVEIS	D	D ²	DH	D ² H	H	LOG D	LOG ² D	LOG H	LOG ² H	LOG D ² H	1/D	PESO SECO	LOG P. SECO
D	1.00	0.98	0.98	0.96	0.81	0.98	0.95	0.78	0.76	0.95	-0.93	0.96	0.94
D ²	0.98	1.00	0.95	0.98	0.73	0.92	0.89	0.69	0.67	0.89	-0.84	0.98	0.87
DH	0.98	0.95	1.00	0.97	0.88	0.96	0.94	0.84	0.81	0.96	-0.91	0.94	0.94
D ² H	0.96	0.98	0.97	1.00	0.76	0.91	0.87	0.71	0.69	0.88	-0.83	0.98	0.86
H	0.81	0.73	0.88	0.76	1.00	0.86	0.88	0.98	0.97	0.92	-0.88	0.72	0.90
LOG D	0.98	0.92	0.96	0.91	0.86	1.00	0.99	0.84	0.82	0.98	-0.98	0.89	0.98
LOG ² D	0.95	0.89	0.94	0.87	0.88	0.99	1.00	0.86	0.84	0.99	-0.99	0.85	0.98
LOG H	0.78	0.69	0.84	0.71	0.98	0.84	0.86	1.00	0.99	0.91	-0.87	0.68	0.86
LOG ² H	0.76	0.67	0.81	0.69	0.97	0.82	0.84	0.99	1.00	0.89	-0.85	0.65	0.88
LOG D ² H	0.95	0.89	0.96	0.88	0.92	0.98	0.99	0.91	0.89	1.00	-0.98	0.86	0.99
1/D	-0.93	-0.84	-0.91	-0.83	-0.88	-0.98	-0.99	-0.87	-0.85	-0.98	-1.00	-0.81	-0.98
PESO SECO	0.96	0.98	0.94	0.98	0.72	0.89	0.85	0.68	0.65	0.86	-0.81	1.00	0.85
LOG P. SECO	0.94	0.87	0.94	0.86	0.90	0.98	0.98	0.89	0.88	0.99	-0.98	0.85	1.00

FIGURA 3 - PESO VERDE (kg) OBSERVADO EM FUNÇÃO DO DAP (cm)

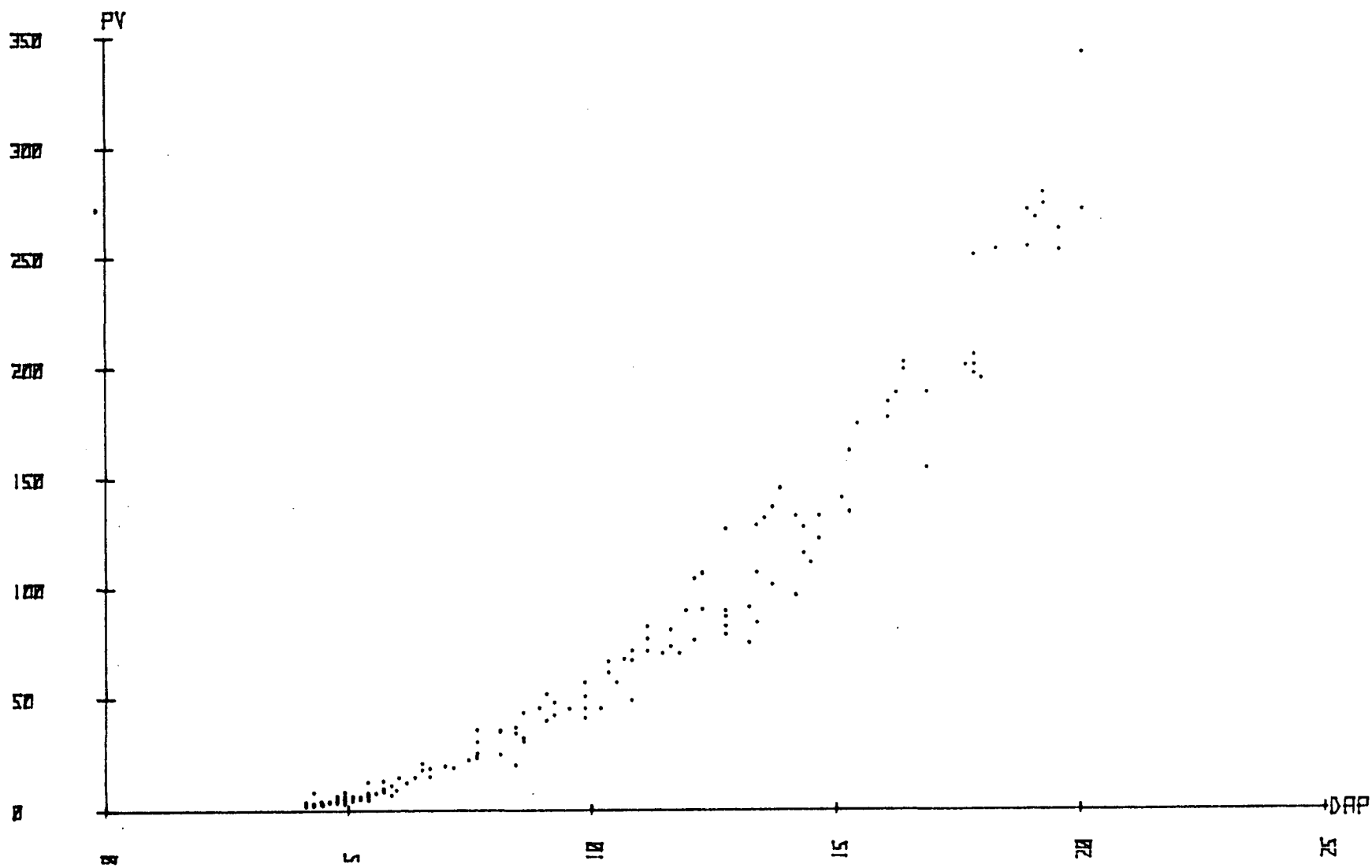


FIGURA 4 - PESO SECO (kg) OBSERVADO EM FUNÇÃO DO DAP (cm)

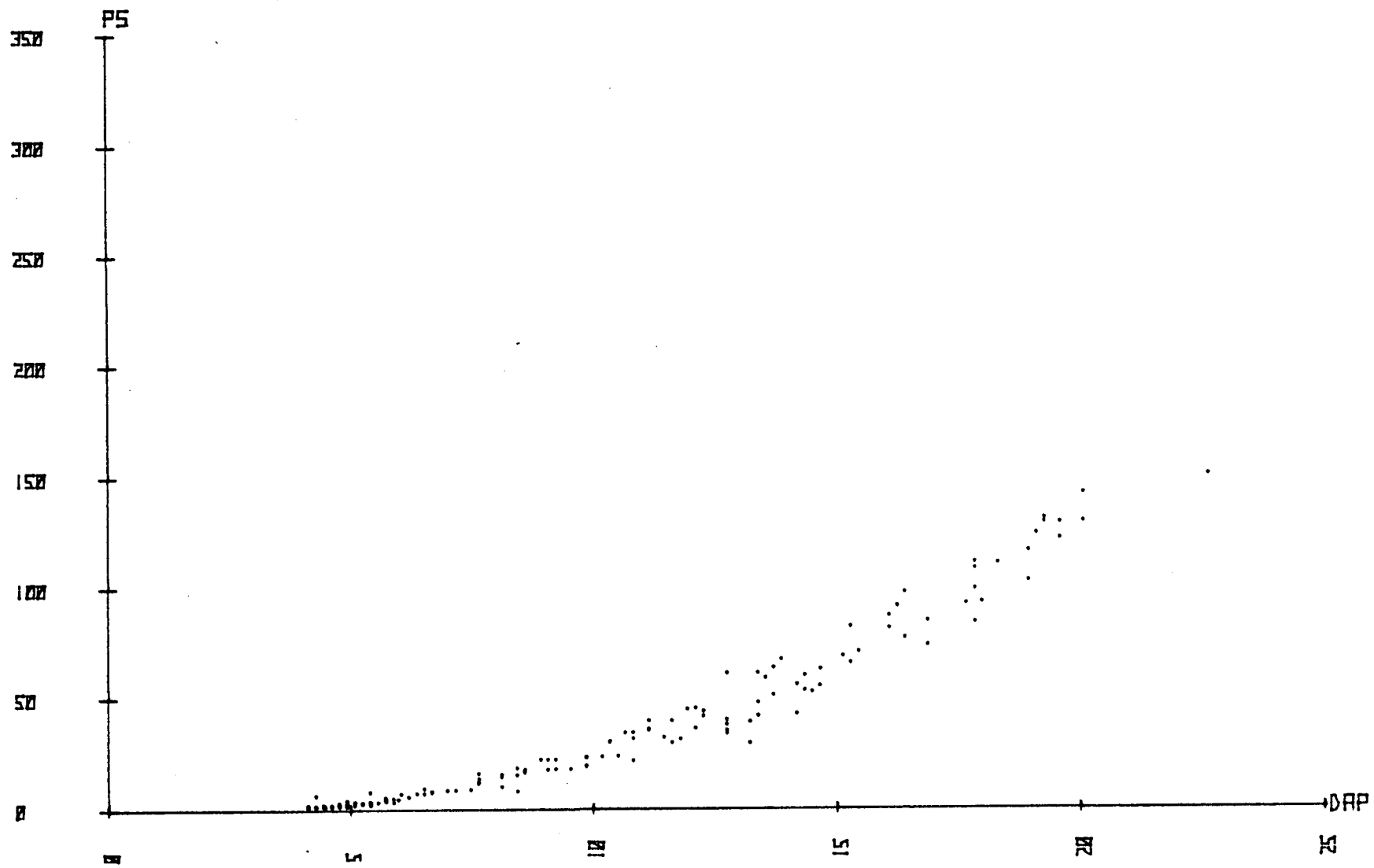


TABELA 6 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO E INDICADORES DE AJUSTE DOS MODELOS TESTADOS
PARA PESO VERDE

IDADES 1 A 7 ANOS - PESO VERDE

- ESPECIE: MIMOSA SCABRELLA

- COM CASCA

EQUACOES TESTADAS

1 P= 20.051951200 + -8.0413003000 + 0.78518532102 + 0.3340558030H + 0.00287707902H + -1.024988400H
 2 P= 8.121499300 + -5.2450854100 + 0.66117250202 + 0.1088084370H + 0.01257981602H
 3 P= -10.402669714 + 0.40030205902 + 0.02004902102H + -0.0000185090H2 + -0.000157233H2
 4 P= -2.396015520 + 0.36930971302 + 0.02330049002H + -0.852131319H
 5 P= 0.16447206002 + 0.03259293302H
 6 P= -4.411011153 + 0.04464301902H

7 P= -0.042994470 + -3.2112740030 + 0.85891309602
 8 P= -14.576045562 + 0.71934140502

9 LOGP= -3.279408130 + 4.643635415LOGD + -1.076281793LOG2D + 1.932556100LOGH + -0.576917270LOG2H
 10 LOGP= -1.950772554 + 2.458561235LOGD + 1.049080049LOGH
 11 LOGP= -2.010208757 + 1.185122959LOG(D2H)

12 LOGP= 1.076863908 + 1.283620816LOGD + -6.334340840/D
 13 LOGP= -1.440666287 + 3.082909894LOGD

14 P=HC 0.007380461 + -0.125031358D + 0.05169253802)

EQUACAO	SY.X	C.V.X	R2	F
1	11.44455	17.56	0.9801	2336.55
2	11.42189	17.52	0.9801	2814.93
3	11.76847	18.06	0.9789	2649.60
4	11.56784	17.75	0.9795	3429.12
5	13.29946	20.41	0.9726	5166.77
6	13.26683	20.36	0.9727	5192.64
7	12.39327	19.02	0.9763	3975.73
8	12.72217	19.52	0.9749	5654.34
9	12.17081	18.67	0.9904	17274.98
10	16.61917	25.50	0.9871	21700.90
11	16.03517	24.60	0.9868	32067.98
12	12.50263	19.18	0.9824	15975.53
13	28.45685	43.66	0.9713	14710.14
14	13.04144	20.01	0.9713	3515.93

TABELA 7 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO E INDICADORES DE AJUSTE DOS MODELOS TESTADOS
PARA PESO SECO

IDADES 1 A 7 ANOS - PESO SECO - ESPECIE: MIMOSA SCABRELLA - COM CASCA

EQUAÇÕES TESTADAS

1 P= 16.147764200 + -5.9864399700 + 0.51277501102 + 0.2697546050H + -0.00720020102H + -0.738913790H
 2 P= 7.547125100 + -3.9706496600 + 0.42337421902 + 0.1073738420H + -0.00020950102H
 3 P= -5.342962145 + 0.22256182702 + 0.00688939102H + -0.0000091970H2 + -0.000083009H2
 4 P= -1.277240859 + 0.20682410802 + 0.008540355602H + -0.432730519H
 5 P= 0.10143262002 + 0.01333250402H
 6 P= -2.010953752 + 0.02056436702H

7 P= 1.241155600 + -1.7723757800 + 0.40917138302
 8 P= -6.779968460 + 0.33213856702

9 LOGP= -3.590141310 + 4.4061485101000 + -0.95010741410020 + 2.1644235901000H + -0.71902497010002H
 10 LOGP= -2.222285906 + 2.4618614031000 + 0.9878532041000H
 11 LOGP= -2.302461036 + 1.1713652231000(02H)

12 LOGP= 0.587796771 + 1.3846915891000 + -5.861861930/0
 13 LOGP= -1.741950674 + 3.0497715671000

14 P=HC 0.113725100 + -0.0823769870 + 0.02495799102)

F

EQUAÇÃO	SY.X	C.V.X	R2	F
1	5.21309	17.35	0.9807	2396.28
2	5.21035	17.34	0.9806	2878.40
3	5.48244	18.25	0.9785	2596.49
4	5.37429	17.89	0.9792	3279.02
5	6.34776	21.13	0.9706	4819.00
6	6.47072	21.54	0.9695	4634.32
7	5.47364	18.22	0.9783	4340.92
8	5.70739	19.00	0.9763	5981.54
9	5.59496	18.62	0.9845	7200.85
10	7.46432	24.85	0.9816	10216.58
11	7.30229	24.31	0.9811	15002.25
12	5.57048	18.54	0.9771	8190.18
13	11.99859	29.94	0.9674	8648.32
14	6.34167	21.11	0.9671	3052.97

Através das estatísticas expostas nas tabelas 6 e 7, observa-se que algumas das equações logarítmicas apresentam os valores mais elevados em relação ao coeficiente de determinação. Os valores correspondentes ao erro padrão da estimativa são um tanto elevados - acima de 10% - porém considerados muito satisfatórios por tratar-se de uma equação de peso, em que não é incluída a variável densidade básica.

Para estimar o peso verde e o peso seco das árvores, foi escolhida a equação 11 a partir do modelo de SPURR (tabela 3).

$$\log P = -2.0102 + 1.1851 (D^2H)$$

onde:

P = peso verde em kg.

D = DAP em cm.

H = altura total em m.

-2.0102 e 1.1851 = coeficientes da equação

e

$$\log P = -2.3024 + 1.1713 \log D^2H$$

onde:

P = peso seco das árvores em kg.

D = DAP em cm.

H = altura total em m.

2.3024 e 1.1713 = coeficientes da equação

As figuras 6 e 7 mostram a distribuição gráfica dos resíduos das duas equações em função do DAP, os quais não apresentam tendenciosidade definida, o que foi confirmado mediante o alto valor obtido no teste F da análise de variância.

FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS PERCENTUAIS DO PESO VERDE EM FUNÇÃO DO DAP

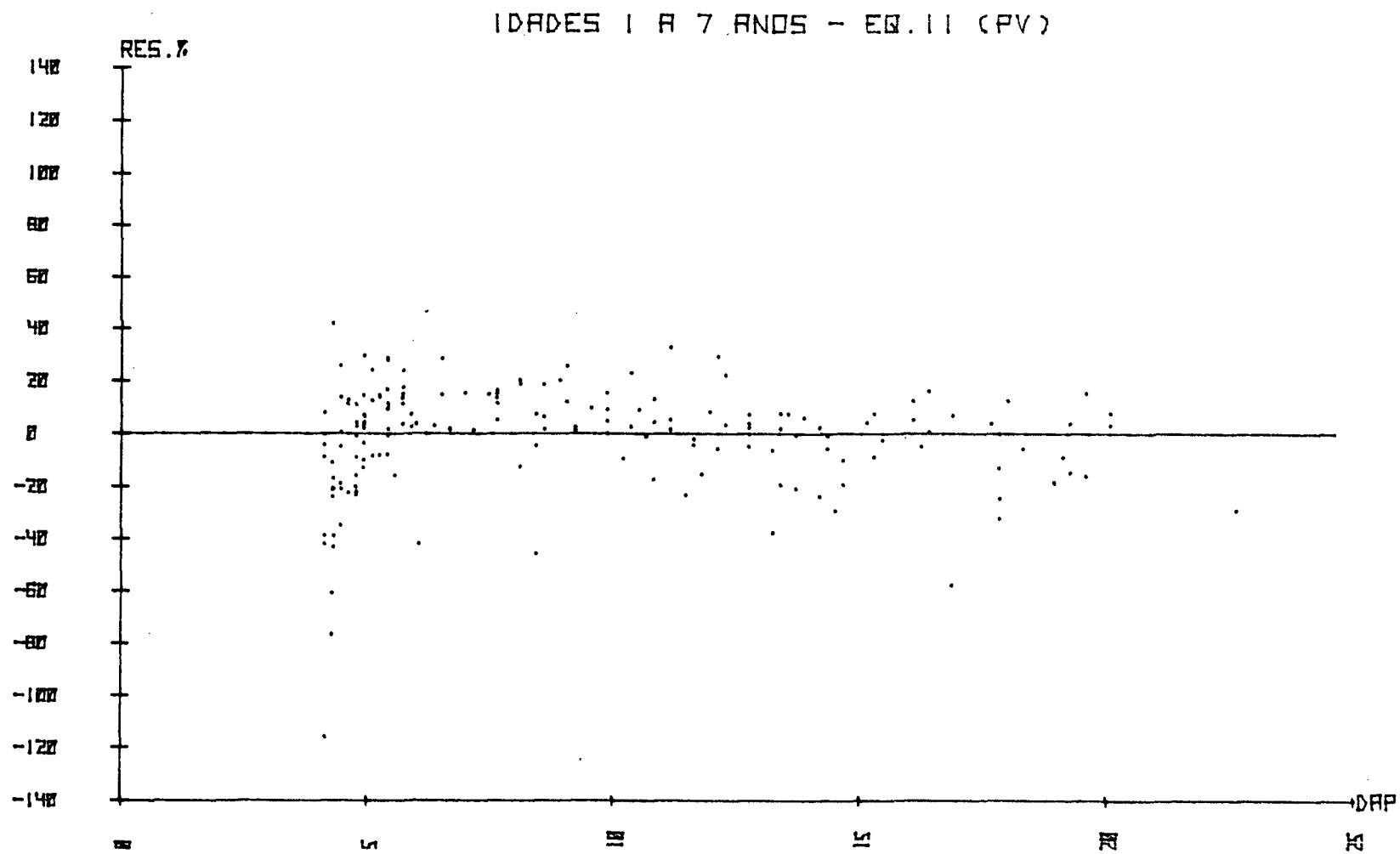
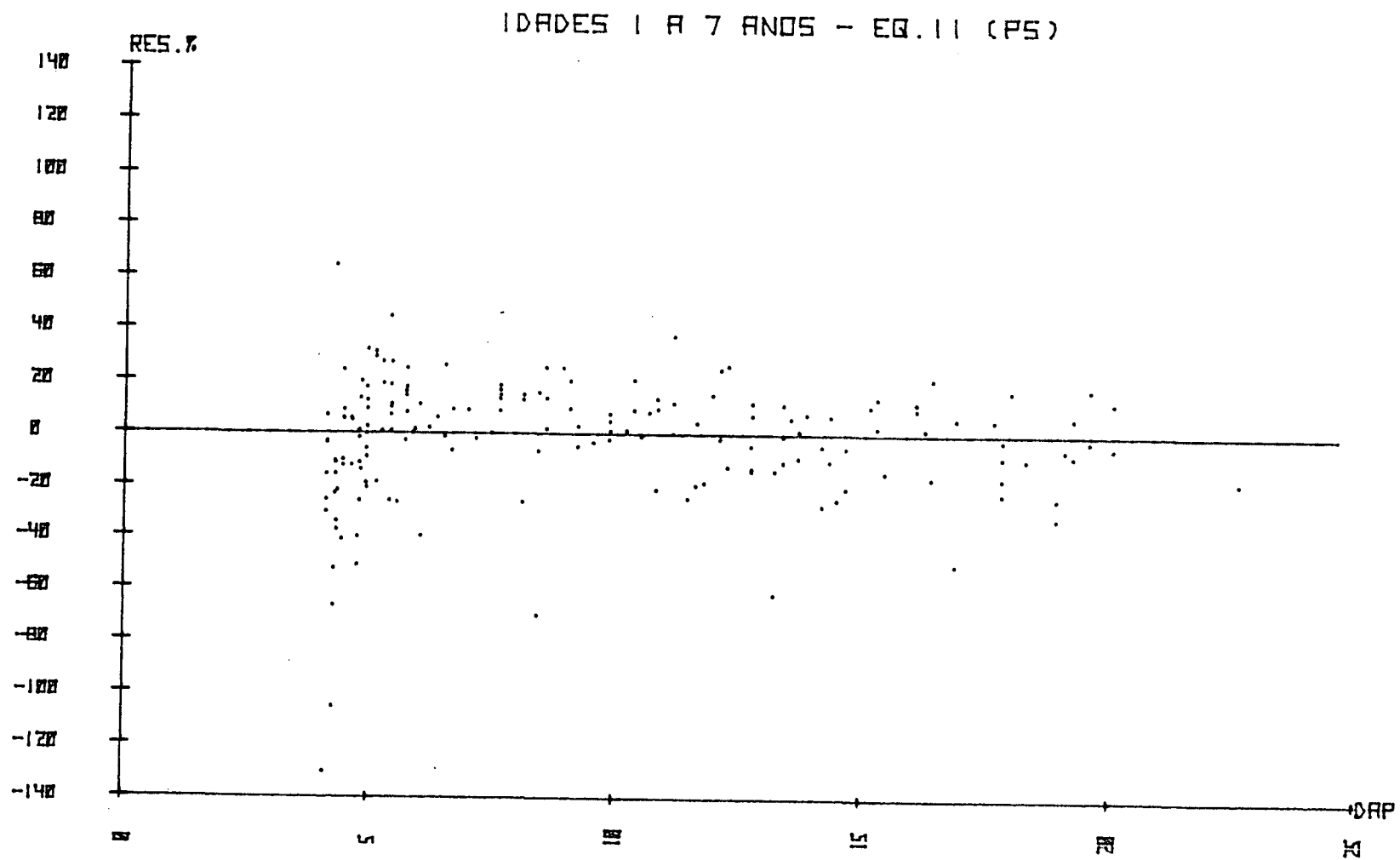


FIGURA 6 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS PERCENTUAIS DO PESO SECO EM FUNÇÃO DO DAP



4.2 BIOMASSA DAS PARCELAS

Na tabela 8 apresentam-se os principais resultados dendrométricos obtidos em cada parcela a partir dos dados de inventário e as equações ajustadas. Da análise surge em primeiro lugar que a densidade ou número de plantas por hectare é bastante variável nos primeiros anos de vida, o que é atribuído aos raleios praticados nos povoamentos. Destaca-se também que os baixos valores do número de plantas nesses anos são explicados pela medição em campo de somente árvores acima de 4 cm de DAP.

Nesse sentido, BAGGIO *et alii* detectaram, em povoamentos de um ano, que a densidade mais freqüente na região é entre 10 e 40 mil plantas por hectare e destacam que, como consequência dos raleios, a distribuição das plantas remanescentes é extremamente desuniforme⁴. Esta afirmação coincide com as observações feitas nas parcelas estudadas e nas diferentes áreas percorridas na região.

Para CAMPOS *et alii*, a densidade predominante, após o fogo, é de 16.200 plantas por hectare na idade 1; na idade 2 de 7.500; na idade 4, de 2.350, na idade 10 sobreviveram 1525 plantas por hectare, que significa uma redução populacional da ordem de 90%¹⁴. Isto é coincidente com os resultados obtidos neste estudo e confirma a existência de uma precoce concorrência intraespecífica da bracatinga, e também com as folhosas que vegetam no sub-bosque.

4.3 PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM FUNÇÃO DA IDADE

Para determinar o crescimento e produção das populações em termos de biomassa aérea para fins energéticos, foram ajustadas duas equações, conforme o recomendado por HOSOKAWA *et alii* em estudos de bracatingais regenerados naturalmente após o

TABELA 8 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DOS POVOAMENTOS
COM ÁRVORES ACIMA DE 4 CM DE DAP

IDADE	DENSIDADE Nº Arv./ha	ÁREA BASAL (m ² /ha)	PESO VERDE (kg/ha)	PESO SECO (kg/ha)	ALTURA DOMINANTE (m)
1	400	0,53794	946,25	452,98	6,00
1	800	1,24936	2.159,20	1.031,94	6,00
1	800	1,29313	2.353,75	1.123,89	6,00
1	400	0,62388	1.017,44	486,64	5,50
1	800	1,29632	2.091,52	999,94	5,50
1	2.000	3,22925	5.185,51	2.479,27	5,50
2	1.200	1,96397	3.726,57	1.778,24	6,20
2	2.000	3,35578	6.400,94	3.053,00	6,50
2	3.600	5,78607	10.547,13	5.035,09	6,50
2	1.200	2,01411	3.753,19	1.790,64	6,20
2	3.600	6,30572	12.034,55	5.736,41	6,00
2	2.000	3,56427	7.409,13	3.527,00	6,80
2	4.000	6,84366	14.080,75	6.707,22	7,00
2	2.800	4,26774	8.563,88	4.086,14	6,80
3	3.500	14,94485	76.245,66	35.427,64	13,38
3	4.100	14,273,31	65.788,57	30.692,76	12,25
3	3.400	18,12416	104.173,08	48.282,97	13,50
3	4.700	18,67424	84.730,92	39.487,12	11,13
3	3.300	16,03625	95.380,66	44.216,31	14,00
3	2.900	14,71745	70.867,16	32,931,93	12,13
4	3.300	20,02209	106.914,06	49.413,67	12,38
4	4.500	16,03347	66.467,79	31.052,35	11,38
4	4.100	19,06039	91.206,59	42.425,03	12,25
4	4.400	19,99463	98.623,64	45.862,38	12,50
4	3.000	13,36782	80.908,55	37.498,96	14,75
4	3.400	12,73577	58.707,13	27.369,94	12,38
5	2.025	14,53517	88.983,52	40.995,51	11,13
5	1.750	13,10800	81.887,68	37.725,36	13,63
5	2.625	20,35104	147.299,44	67.517,64	15,13
6	2.875	18,79928	132.801,48	61.086,95	15,13
6	2.025	14,32046	97.669,19	44.904,35	14,13
6	4.075	18,35862	105.108,41	48.722,17	14,75
7	1.075	11,97143	122.736,80	55.818,50	18,75
7	1.775	17,66654	132.727,76	60.766,25	15,13
7	1.225	12,65774	131.456,73	60.041,67	19,88
7	2.925	16,99968	128.038,06	58.928,50	18,00

fogo, e sujeitos a desbastes não controlados³⁰. Assim, foram testadas as equações de Schumacher e Chapman-Richards, através da utilização dos dados observados na tabela 8.

A partir dos dados estimados de peso seco (Ps), altura dominante (Hdom), área basal (G) e idade (Id), ajustou-se a equação de produção de Schumacher:

$$\text{Ln}(Ps) = 6,4250 - 0,3780/(\text{Id}) + 0,08849 (\text{Hdom}) + 1,1234 \text{ Ln}(G)$$

onde:

Ln = logaritmo neperiano

Os indicadores de ajuste obtidos foram:

Coefficiente de determinação (R^2) = 0,99

Erro padrão da estimativa corrigido (syx) = 2000,82

Coefficiente de variação corrigido (cv) = 6,8%

Análise de variância (F) = 1.414

As estatísticas de ajuste foram satisfatórias e os resíduos não mostraram tendenciosidade, como pode ser observado na figura 7.

Para estimar a área basal em função da idade, foram ajustados os dados das parcelas da tabela 8, obtendo-se a seguinte equação:

$$G = -9.7943 + 10.6603 \cdot \text{Id} - 1.0244 \cdot \text{Id}^2$$

onde:

G = área basal (m^2)

Id = idade (anos)

Os indicadores de ajuste obtidos foram:

Coefficiente de determinação (R^2) = 0.80

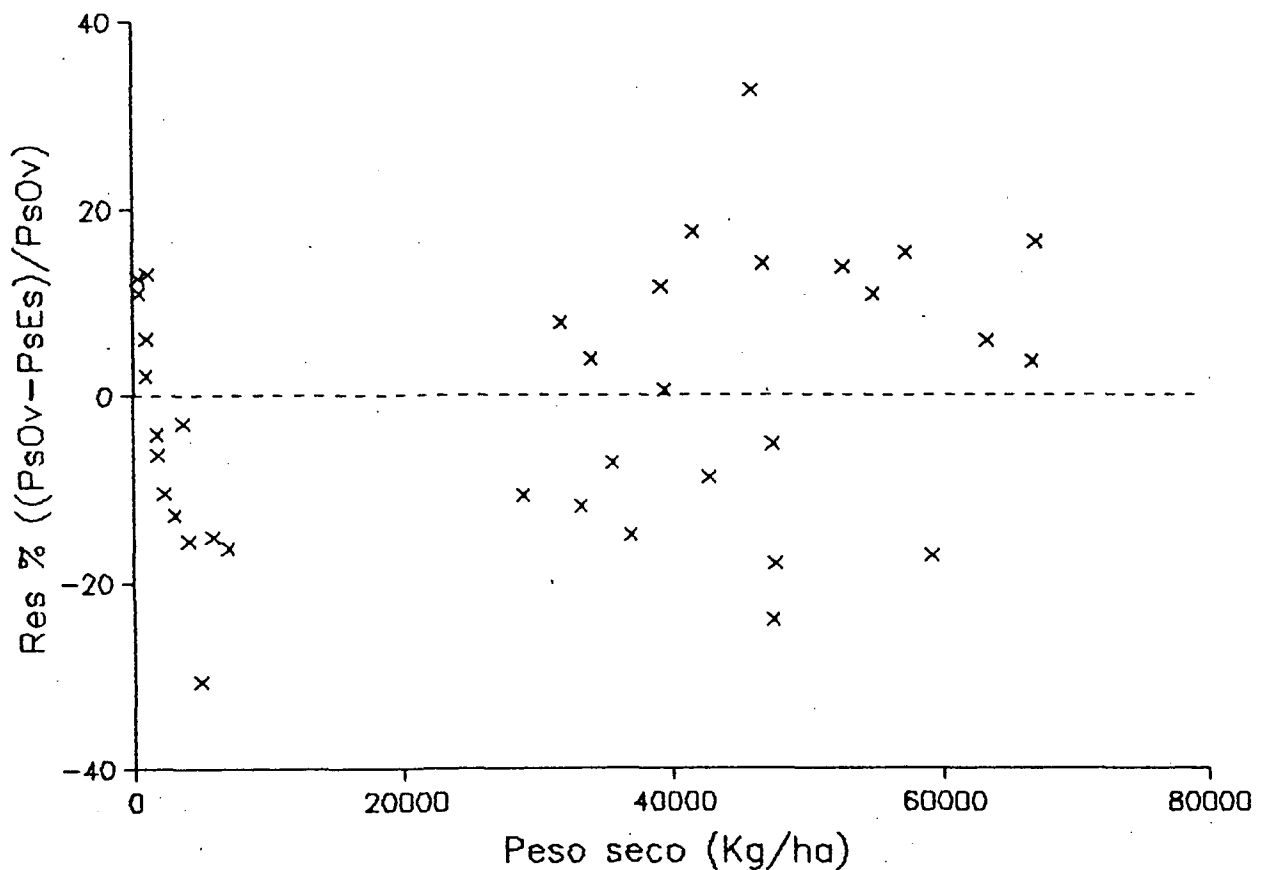
Erro padrão da estimativa (s_{yx}) = 3.18

Coefficiente de variação (cv) = 28.7%

Análise de Variância (F) = 67

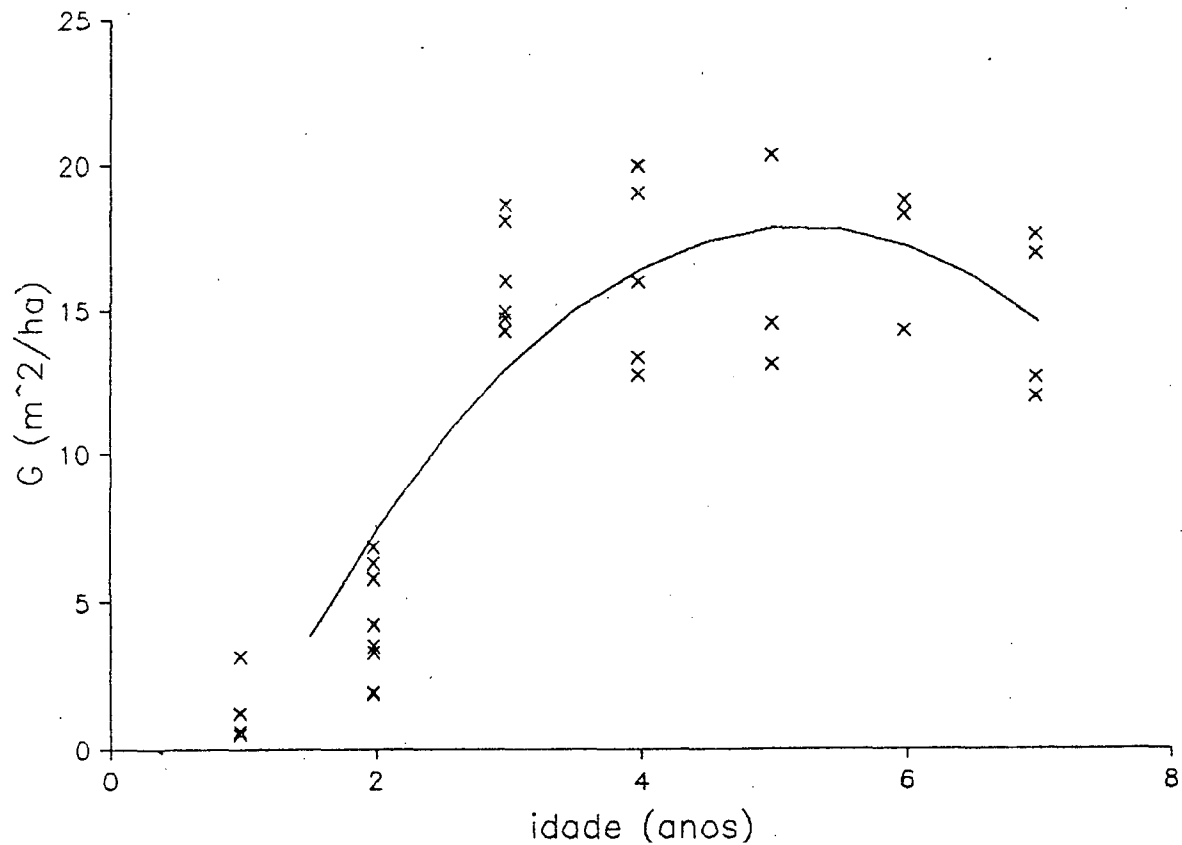
DURBIN-WATSON = 1.36

FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS (MODELO DE SCHUMACHER)



Estes indicadores foram satisfatórios, embora o valor do coeficiente de variação seja elevado, porém, aceitável para uma curva média como a descrita a seguir:

FIGURA 8 - ÁREA BASAL EM FUNÇÃO DA IDADE



Para estimar a Hdom em função da idade foram ajustados os dados das parcelas da tabela 7 pela equação de PRODAN:

$$Hdom = Id^2 / (-0,07749 + 0,2470 \cdot Id + 0,02462 \cdot Id^2)$$

onde:

Hdom = altura dominante (m)

Id = idade (anos)

Os indicadores de ajuste foram considerados satisfatórios e se detalham a seguir:

Coefficiente de determinação (R^2) = 0.96

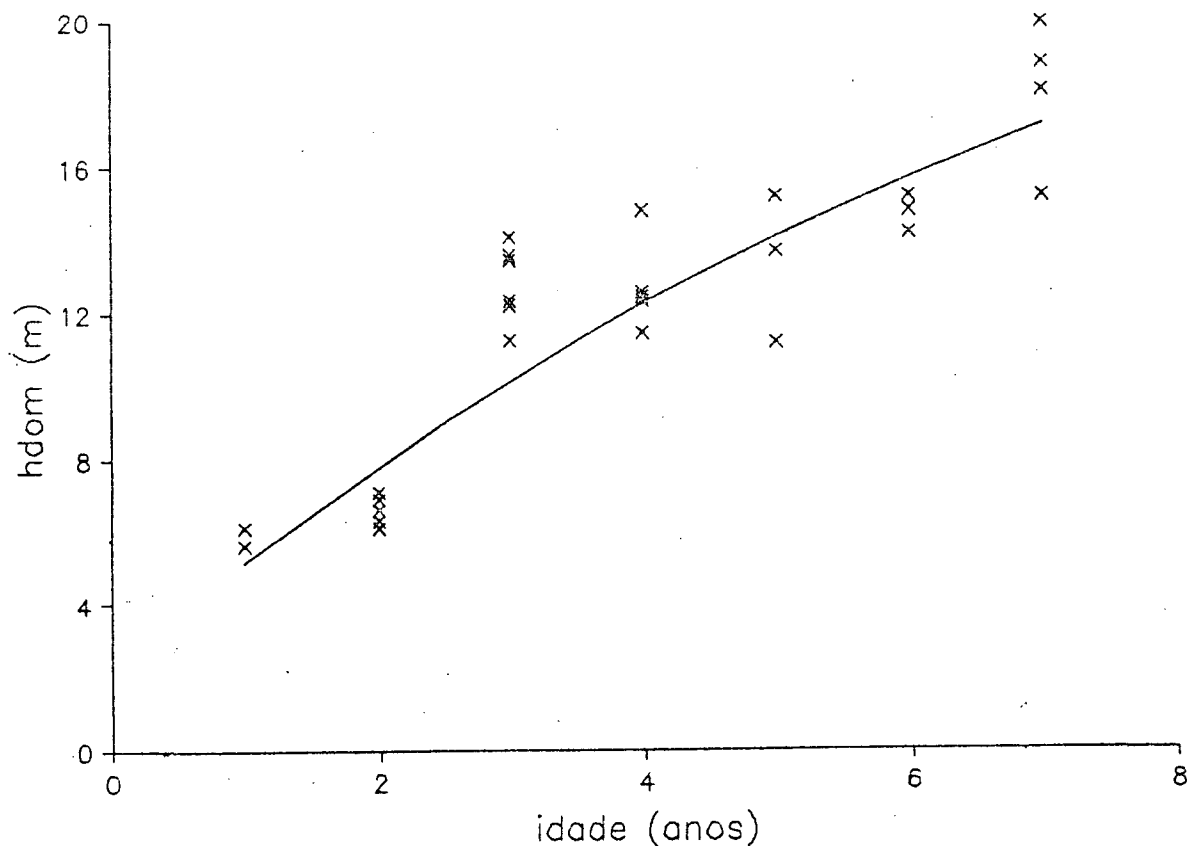
Erro padrão da estimativa corrigido (syx) = 1.71

Coefficiente de variação (cv) = 15.6%

Análise de variância (F) = 400

DURBIN-WATSON = 1.90

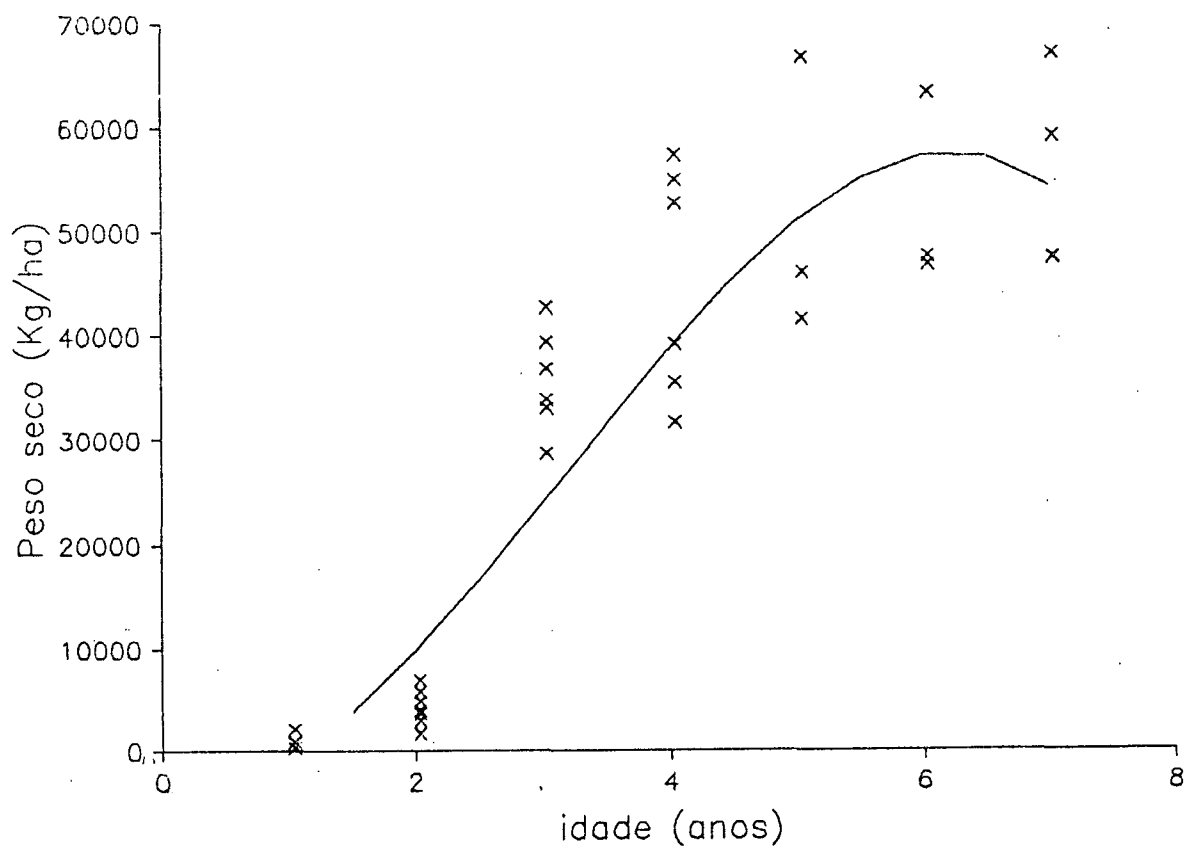
FIGURA 9 - ALTURA DOMINANTE EM FUNÇÃO DA IDADE (MODELO DE PRODAN)



Destaca-se que, enquanto a Hdom cresce com a idade, a área basal (G) aumenta até o 6º ano, quando começa o seu declínio. Este fato pode ser explicado pela ocorrência de mortalidade da bracinga, já detectada no campo. Neste ponto há coincidência entre diferentes autores. Assim sendo, COSTA recomenda o corte da bracinga antes do 6º período vegetativo em virtude da mortalidade verificada na espécie¹⁷. Segundo CAMPOS *et alii*, a partir do 5º ano a produção volumétrica das espécies associadas à bracinga aumenta proporcionalmente ao declínio desta última¹⁴.

A partir da equação de Schumacher e dos valores estimados da altura dominante e área basal foi construída a curva (figura 10), que apresenta a produção de biomassa aérea em função da idade.

FIGURA 10 - PESO SECO EM FUNÇÃO DA IDADE (MODELO DE SCHUMACHER)



Observa-se que a curva expressa adequadamente a média de dispersão dos dados observados e atinge o ponto de máxima produção do sistema entre o sexto e o sétimo ano de crescimento. A partir desse momento começa o seu declínio, o qual é coincidente com as observações feitas no campo, sobre o comportamento das bracatingas da região.

Simultaneamente à equação anterior, foi ajustada a produção em função da idade, obtendo-se a equação biológica de Chapman-Richards a seguir:

$$Ps = 57.36 \cdot [1 - 0.1506 \text{ Exp. } (-Id)]^{1/(1-0.9883)}$$

onde:

PS = peso seco/100 (em kg/ha)

Id = idade (anos)

Os indicadores de ajuste foram satisfatórios:

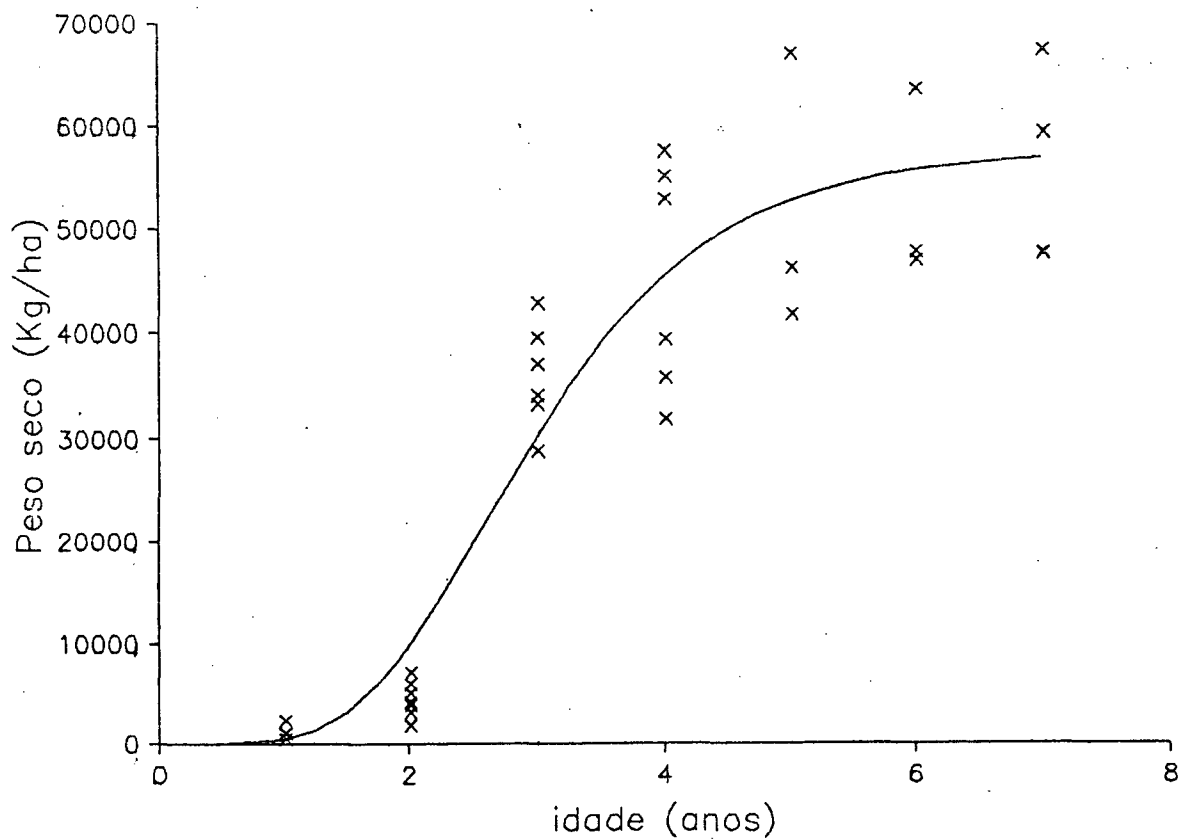
Coefficiente de determinação (R^2) = 0,89

Erro padrão da estimativa (syx) = 7,7064

Coefficiente de variação (cv) = 25.6%

Na figura 11 são apresentados os valores observados de peso seco em função da idade.

FIGURA 11 - PESO SECO EM FUNÇÃO DA IDADE (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS)



O comportamento da curva da figura 11 indica também um adequado ajuste aos dados observados, no entanto ela se estabiliza a partir do sexto ano, tornando-se assintótica.

Este resultado é coincidente com o expressado por FERRAZ & FONSECA*, citados por FONSECA, os quais, usando radiação gama num estudo dos anéis de crescimento da bracatinga em povoamentos naturais, demonstraram que as árvores crescem aceleradamente até o 5º ou 6º ano, quando atingem um patamar de lento crescimento até o 9º ou 10º ano, após o qual entram em declínio vital²².

4.4 ANÁLISE DO CRESCIMENTO: IMA-ICA

A partir das equações de produção apresentadas no item anterior, foram calculados o incremento médio anual (IMA) e o incremento corrente anual (ICA) expressos em quilogramas de peso seco por hectare. (figura 12).

Nas figuras 12 e 13 tem-se determinada a máxima produção possível em peso seco por hectare, segundo as duas equações apresentadas.

Nas condições ambientais e de manejo estudadas foi determinado o momento ótimo para o corte da bracatinga, no 5º ano da rotação, segundo a equação de Schumacher; e segundo a equação biológica de Chapman-Richards, esse momento ocorre no 4º período vegetativo.

*FERRAZ, E.S.B. & FONSECA, S.M. da. Estudo do padrão de crescimento de Mimosa bracatinga pela análise de densidade dos anéis usando radiação gama. Circular Técnica. IPEF, Piracicaba (113):1-7, Set. 1980.

FIGURA 12 - ICA E IMA EM FUNÇÃO DA IDADE (MODELO DE SCHUMACHER)

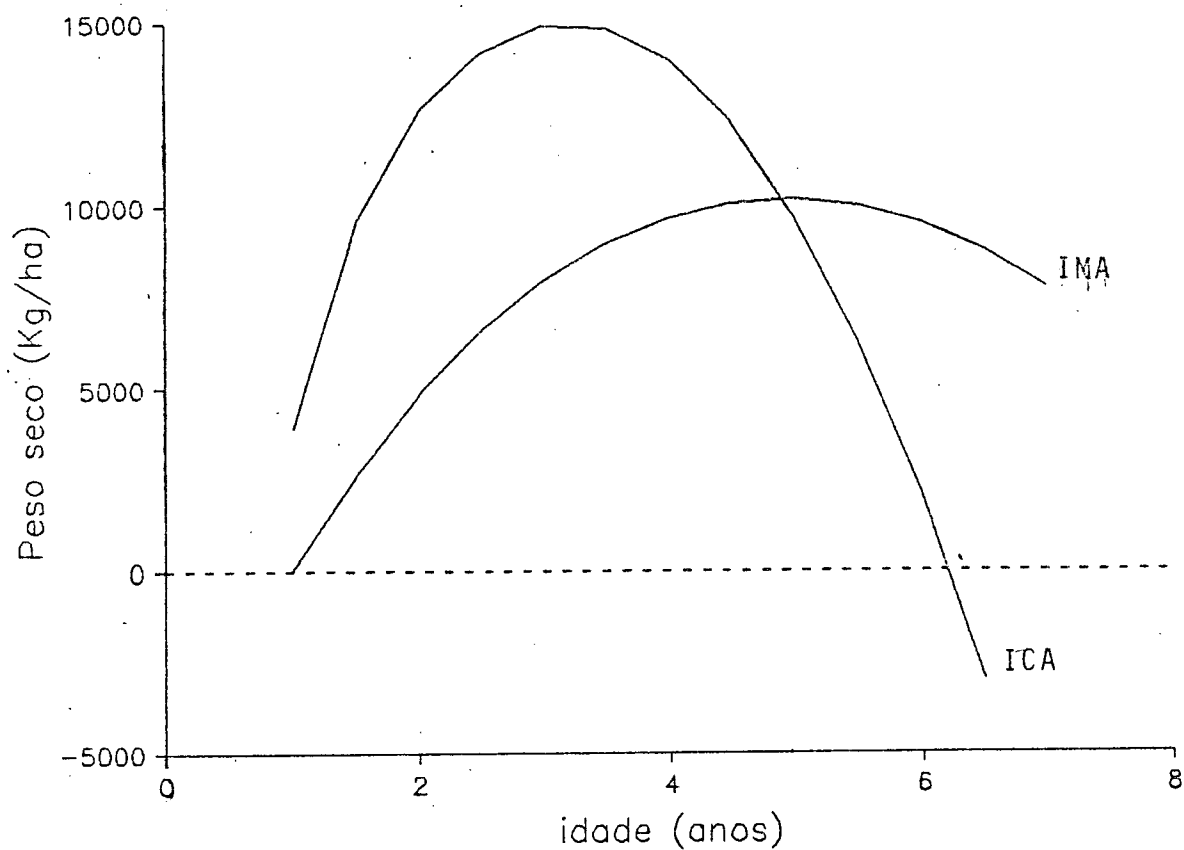
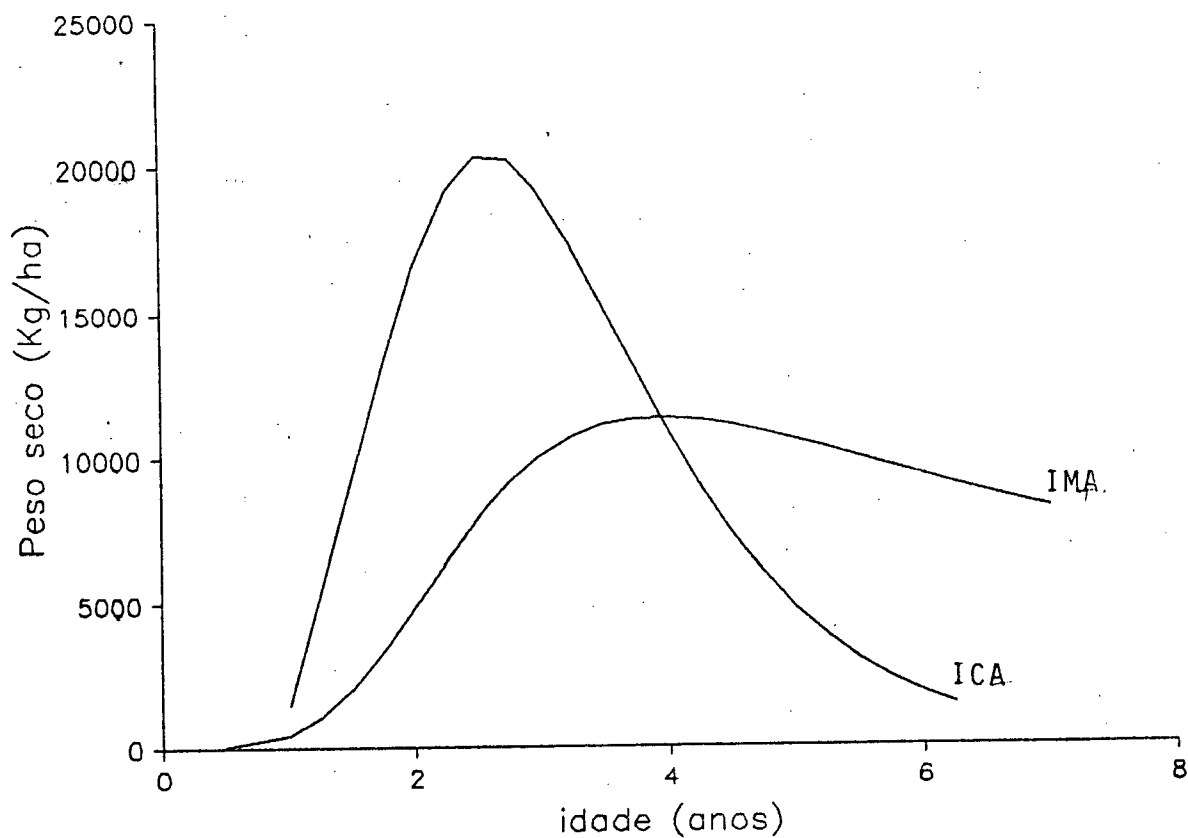


FIGURA 13 - ICA E IMA EM FUNÇÃO DA IDADE (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS)



Não foi elaborada uma tabela de produção em virtude das pequenas áreas dos povoamentos estudados. Os resultados são considerados válidos apenas para as condições ambientais em que foram obtidos.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

1. A variável DAP demonstrou uma alta eficácia para estimar a produção de biomassa aérea das árvores de bracinga expressa em peso seco. Além disso, é uma variável dendrométrica de fácil medição no campo.
2. A sofisticação dos modelos pela inclusão de outras variáveis não melhorou significativamente o ajuste das equações aos dados, em relação ao ajuste obtido, utilizando somente o DAP como variável independente.
3. Nas condições naturais de crescimento dos bracingais estudados, as árvores atingem já no 3º período uma produção de biomassa em peso seco de 38,4 t/ha em média.
4. A produção de biomassa aérea expressa como peso seco dentro do sistema atual de exploração bracinga-milho-feijão está muito condicionada pelos raleios efetuados nos povoamentos. Estas práticas alteram a densidade populacional de forma incontrolada e dificultam as estimativas dos parâmetros de produção.
5. A equação de produção de Schumacher para diferentes sítios, áreas basais e idades é a que apresentou melhor ajuste aos dados obtidos nas condições ambientais analisadas.
6. O incremento médio anual (IMA) em kg/ha determinado nos povoamentos atinge seu ponto máximo na idade de cinco

- (5) anos com 10.183 kg/ha, o que corresponde ao ponto ótimo de rotação para o corte das bracatingas.
7. O crescimento em altura da bracatinga aumenta ainda no sétimo período vegetativo. A área basal atinge o máximo no 5º período do ciclo e logo diminui pela mortalidade das bracatingas quando começa a aumentar o crescimento das espécies do sub-bosque.

SUMMARY

The present work evaluates the production of aerial biomass for energy purposes of bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) stands ranging from 1 (one) to 7 (seven) years, naturally regenerated through fire, located in the municipality of Quatro Barras, state of Paraná. Data was collected from plots distributed according to age, in a 25 ha farm under continuous production with an agroforestry system of bracatinga-corn-bean. Equations for green weight and dry weight were adjusted according to DBH and H and the aerial biomass per hectare was calculated. Dominant height, basal area, age and dry weight were obtained and production models were adjusted. Growth and production of the system were then analysed. A high degree of correlation was found between DBH and green or dry weight of trees. Production was found to be highly dependent of non-controlled thinnings of the stand. Schumacher equation presented the best fitness to the observed data and the best MAI occurred at age 5 with 10.18 t/ha. Height growth still increases in the 7th vegetative period and maximum basal area was found between the 5th and 6th periods, after which a decline occurs due to bracatinga mortality which is replaced by understory species.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ART, H.W. and MARKS, P.L. "A Summary table of biomass and Net Annual Primary Production in Forest Ecosystems of the World". in: FOREST BIOMASS STUDIES. Orono University of Maine, College of Science and Agriculture. 1971. p. 51-62.
2. ATTIWILL, & OVINGTON, J.D. Determination of forest biomass Forest Science, 14:13-5, 1968.
3. AYRAL, P; ABADIE, J. Méthode de calcul du Volume des peuplements sur pied dans les places d'essai de sylviculture. Annales de l'Ecole Nationale de Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Experiences 15 (1), 1-135.
4. BAGGIO, A.J.; CARPANEZZI, A.P.; GRAÇA, L.R.; CECCON, E. Sistema agroflorestal tradicional da bracatinga com culturas agrícolas anuais. In: Boletim de Pesquisa Florestal nº 12. junho 1986. EMBRAPA p. 73-82.
5. BARRICHELO, L.E.G. & FOÉKEL, C.E.B. Utilização de madeiras de essências florestais nativas na obtenção de celulose: bracatinga (*Mimosa bracatinga*), embaúba (*Cecropia sp*), ceixeta (*Tabebuia cassinoïdes*) e boleira (*Joannesia príncips*). IPEF, Piracicaba, (10):43-56, ago. 1975.
6. BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J. O. Celulose sulfato branqueada de bracatinga, Brasil Florestal. Ano XII - nº 49. 1982. p. 45-50.
7. BASKEVILLE, G.L. Estimation of dry weight of tree components and total standing crop in conifer stands. Ecol., vol. 46, nº 6, 867-869.

8. BENNETT, F.A.; Mc GEE, C.E.; & CLUTTER, J.L. Yield of old-field slash pine plantations U.S.D.A. For. Serv., S.E. For. Exp. Sta. Paper nº 107.
9. BIANCHETTI, A. Produção e tecnologia de sementes de bracinga. In: Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais. "Bracinga uma alternativa para reflorestamento", 4, Curitiba, 1981. Anais. Curitiba, EMBRAPA - URPFCS, 1981, p. 25-37.
10. BORATTO, F. Basic para engenheiros e cientistas. Livros técnicos e científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1985. 120 p.
11. BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E. & FONSECA, S.M. Bracinga: características primeiras do carvão vegetal. Brasil Madeira 3(33):6-7, 1979.
12. BRUNIG, E.F. Biomass diversity and biomass utilization in tropical rainforest. in: INFRO BIOMASS STUDIES. Orono, University of Maine, College of Life Sciences and Agriculture, 1973, p.
13. BURGER, D. Ordenamento florestal I. A produção florestal. 2 ed. Curitiba, Setor de Ciências agrárias. Curso de Engenharia Florestal, 1976. n.p.
14. CAMPOS, C.H.O.; GRAÇA, L.R. & RIBAS, L.C. A produtividade do bracingal tradicional através do tempo. In: Boletim de Pesquisa Florestal. Curitiba, (12), EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas Florestais, 1986 p. 35-46.
15. CLARK III, A. & TARAS, M.A. Slash pine sawtimber stems Weiplits and sawmill yields, U.S. For. Serv. Res. Pap. SE - 122, 1975. 14.p.
16. CLUTTER *et alii*. Timber management. A quantitative approach. John Wiley & Sons. New York, 1983. 333 p.

17. COSTA, E.C. Antropodes associados à bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*). Curitiba, 1986. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
18. COZZO, D. Notas sobre una tecnologia agro-florestal de interés para la provincia de Misiones, las plantaciones arbóreas en "alineación" intercaladas com cultivos agrícolas. TURRIALBA, COSTA RICA, CATIE, 1982. 7p.
19. DUVIGNEAUD, P. Productivity of forest ecosystems. Paris, Unesco, 1971. 707 p.
20. FERNANDEZ VAZQUEZ, Silvestre. "Comportamento inicial da bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*) em consórcio com milho (*Zea mays L.*) e feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) com e sem aplicação de fertilizantes minerais em solo de campo na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná. 1987. Tese Doutorado Ciências Florestais. 137 p.
21. FONSECA, S.M. da. Variações fenotípicas e genéticas em bracatinga *Mimosa scabrella Benth*. Piracicaba. Escola Sup. Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo. 1982. Tese de mestrado.
22. FREESE, F. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. USDA For. Serv. Manual de agricultura 317. Wisconsin, 1970. 140 p.
23. FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ. Estudo sobre biomassa energética da bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*). Curitiba, 1982, 46 p.
24. FUNDAÇÃO IPARDES. Programa de apoio à população carente da região do Alto Ribeira - Pró-Ribeira - diagnóstico e proposta de ação. Curitiba, 1980. 153 p.
25. _____. Estudos para a formulação de políticas de desenvolvimento do setor florestal. Curitiba, 1982, v.1.

26. GLADE, J. Prognose de volume por classes diamétricas para *Eucalyptus grandis* HILL EX-MAIDEN. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 1986. Tese de Mestrado. 93 p.
27. GOLLEY, F.B.; Mc GINNIS, J.; CLEMENTS, R. & DUEVER, M. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida. São Paulo, EPU: Ed. da Universidade de São Paulo, 1978, 256p.
28. HAKKILA, P. Branches, stumps and roots as a future raw material source in Finland, in: FOREST BIOMASS STUDIES. Orono University of Maine, College of Life Sciences and Agriculture, 1971, p. 51-62.
29. HONER, T.G. Weight relationships in open-and forest-grown balsam fir trees, in: IUFRO BIOMASS STUDIES. Orono, University of Maine. College of Life Sciences and Agriculture, 1973 p. 65-78.
30. HOSOKAWA, Roberto T.; HILDEBRAND, E.; FARIAS, G.L, e MENDES, J. B. Avaliação preliminar de produção de povoamentos da bracatinga (*Mimosa scabrella*) FUPEF. Curitiba-PR. 1981. p.17
31. KIRA, T. Primary productions of forests. in: COOPER J.P., Photosynthesis and productivity in different environments. Cambridge, Cambridge University Press, 1975. V.3, p. 5-40.
32. KLEIN, R.M. Aspectos fitosociológicos da bracatinga (*Mimosa scabrella*). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS. "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento ", 4, Curitiba, 1981. Anais. Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 1981 p. 145-148.
33. _____. Sugestões e dados ecológicos de algumas árvores nativas a serem empregadas no reflorestamento do norte e oeste paranaense. In: SIMPÓSIO DE REFLORESTAMENTO DA REGIÃO DA ARAUCÁRIA, 1, Curitiba, 1963. Anais. Curitiba, Federação das Indústrias do Paraná, 1964. p. 158-173.

34. KOZAK, A. Notas sobre regressão e análise de correlação como instrumento importante em pesquisa florestal. In: CONGRESSO MUNDIAL, 16. Oslo, Norway. Proceedings IUFRO, 1976, (fotocopiado).
35. KRAPFEMBAUER, A & ANDRAE, F. Inventário de um reflorestamento de Araucária de 17 anos em Passo Fundo, RS. in: Pesquisas Austro-Brasileiras 1973-82 sobre *Araucaria angustilofia*, *Podocarpus lambertii* e *Eucalyptus saligna*. Santa Maria-RS, Universidade de Santa Maria, 1983. p. 16-55.
36. LEAK, W.B.; ALLEN, P.H.; BARRET, S.P.; BEYER, F.K.; MADER, D.L. MAWSON, J.C. & WILSON, R.K., 1970. Yields of eastern white pine in New England related to age, site and stocking. U.S.D.A. For. Serv., Res. Paper NE-176.
37. LISBÃO JR., L. Bracatinga como fonte energética. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS. "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento", 4, Curitiba, 1981. Anais. Curitiba, EMBRAPA - URPFCS, 1981. p. 133-143 (documentos, 5).
38. LOETSCH, F.; ZÖRER, F. & HALLER, K.E. Forest inventory. Berlin B.L.V., 1975. v.2, 369 p.
39. LOUREIRO, A.C. Estudos de crescimento e produção de algumas espécies florestais com interesse para a região montana subatlântica de Portugal. Vila Real - Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro, 1986.
40. MAACK, R. Geografia física do estado do Paraná. Curitiba. Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 450 p.
41. MACHADO, S.A. Tabela de volume para *Pinus taeda* na região de Telêmaco Borba, PR, Rev. Floresta, 10(1):29-35. 1979.

42. MADWICK, H.A.I. Biomass and productivity models of forest canopies. In: REICHLE, D.E. Analysis of temperate ecosystems. London, Chapman & Hall, 1970. p.47-54 (Ecological studies, v.1).
43. _____. The accuracy and precision of estimates of the dry matter in stems, branches and foliage in an old-field *Pinus virginiana* stand. in: FOREST BIOMASS STUDIES. Orono, University of Maine, College of Life Sciences and Agriculture. 1971. p.105-112.
44. MALKONEN, E. Effect of complete tree utilization on the nutrient reserves of forest soils. in: IUFRO BIOMASS STUDIES. Orono, University of Maine, College of Life Sciences and Agriculture, 1973, p. 377-386.
45. MATTOS, J.R. & MATTOS, N.F. A bracinga. In: Congresso Florestal Brasileiro, 2., Curitiba, 1973. Anais. Curitiba, FIEP, 1974. p.88-9.
46. METAYERS, S. Evaluation de la biomasse aérienne des taillis: étude méthodologique sur trois taillis purs de charme de chêne et de bouleau. INRA, Centre de recherches forestiers d'Orléans. Limitéd - distribution publication. 1979. 84 p.
47. MEYER, H. A. A correction for systematic error occuring in the application of the logarithmic volume equation. Pennsylvania For. School Res. Paper - 7, 1971. 3p.
48. _____. The standard error of estimatè of tree volume from the logarithmic volume equation. Jour. Forestry, 36: 340-342. 1938.
49. ODUM, E.P. Ecologia. 3^a ed. México, Interamericana, 1972. 639p.

50. O'VINGTON, S.D. & MADWICK, H.A.I. Distribution of organic matter and plant nutrients in a plantation of scots pine. Forest Science, 5: 344-355, 1959
51. O'VINGTON, J.D. & HEITKAMP, D. The accumulation of energy in forest plantations in Britain. Journal Ecology, 48: 639-646, 1960.
52. O'VINGTON, J.D.; FORRES, W.G.; ARMSTRONG, J.E. Tree biomass estimation. In: Symposium on primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems. Ecological Society of America. American Association for the Advancement of Science 13th. Annual Meeting. New York City, Dec. 27, 1967 (H.E. Young, Chairman) 4-31 pp.
53. PARANÁ. Conselho Estadual de Energia. Plano energético do Paraná. Curitiba, 1980. 36 p.
54. _____. Plano energético do Paraná. Programa de implantação de florestas energéticas. Curitiba, 1980. 86p.
55. PARDE, J. Forest biomass. Forestry abstracts, 41(8):343-361, 1980.
56. PERALA, D.A. Growth and yield of black spruce on organic soils in Minnesota. U.S.D.A. For. Serv., Res. Paper NC-56.
57. PINHEIRO, G.S. Estimativa do peso de copas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa* através de parâmetros dendrométricos. Curitiba, 1980. 105p. Tese mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
58. POGGIANI, R.; SIMÕES, J.W.; BALLONI, E.A.; RORIZ, M.S.; LEITE, J.C.C. & VIDIGAL, R.M. Utilização das espécies florestais de rápido crescimento na recuperação de áreas degradadas. IPEF. Série Técnica. Piracicaba, 2(4):1-25, 1981.

59. POGGIANI, F. Exportação de biomassa e nutrientes através de exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. IPEF. Piracicaba, 1983.
60. RAMALHO, C.P.E. Comportamento de bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*) em plantios experimentais. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento", 4, Curitiba, 1981. Anais. Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 1981, p.53-65.
61. REICHMANN, N.F. Recomposição vegetal com espécies florestais e forrageiras em "Áreas de empréstimos" da Hidrelétrica PARIGOT DE SOUZA. Curitiba, 1981, 109 p. Tese Mestrado Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
62. RIBE, J. H. A study of multi-stage sampling and dimensional analysis of puckerbrush stands. Bulletin, Complete Tree Institute, University of Maine at Orono n° 1. 1979. 108 p.
63. RIEDACKER, A. Measurements of different components of trees for physiological investigations. In Forest Biomass Studies. Working Group on Forest Biomass Studies. Section 25, Yield and Growth, International Union of Forest Research Organizations. XVth IUFRO Congress, University of Florida, Gainesville, Florida, USA, March 15-20, 1971 (H.E.Young, Chairman), pp. 223-240 (supplementary section). Life Sciences and Agriculture Experiment Station, University of Maine at Orono, 1971.
64. REITZ, R.; KLEIN, R. & REIS, A. Madeiras do Brasil. Florianópolis, Lunardelli, 1979. 320 p.
65. ROSOT, N. C. Estimativa do peso da madeira seca de *Pinus taeda* L. por ocasião do primeiro desbaste. Curitiba, 1980. 79p. (Boletim da Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 3).

66. ROTTA, E. & MALHEIROS de O. Y. M. Área de distribuição natural da bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS. "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento", 4, Curitiba, 1981. Anais. Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 1981. p.1-23.
67. SCHNEIDER, P.R. Modelos de equação e tabelas para avaliar o peso de casca de Acacia negra (*Acacia mearnsii* de Wild). Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 1978 149p. Tese de Mestrado.
68. SATOO, T. A synthesis of studies by the harvest method: primary production relations in the temperate deciduous forest of Japan. In: REICHLER, D.E. Analyse of temperate ecosystems. London, Chapman & Hall, 1970. p.55-72. (Ecological studies, v.1).
69. _____. Primary production relations of coniferous forest in Japan. In: DUVIGNEAUD, P. Productivity of forest ecosystems. Paris. UNESCO, 1971. p. 181-205.
70. SPURR, S.H. Forest inventory. New York, Ronald Press, 1952. 476p.
71. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.N. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw Hill, 1960. 481p.
72. STURION, J. A. Produção de mudas de *Mimosa scabrella Benth*. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS. "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento", 4, Curitiba, 1981. Anais. Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 1981, p. 39-51.
73. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Estudo da relação entre elementos dendrométricos e o peso da madeira de *Eucalyptus grandis*. 28p. (não publicado).

74. YOUNG, H.E., STRAND, L.; ALTEMBERG, R. Preliminary fresh and dry weight tables for seven tree species in Maine. Maine Agri. Exp. Sta. Bull. 12, 76pp. 1964.
75. _____. Growth, yield and inventory in terms of biomass. in: IUFRO BIOMASS STUDIES. Orono, University of Maine, College of Life Sciences and Agriculture. 1973. p.1-9.
76. _____. Biomass sampling methods for puckerbrush stands. In. IUFRO Congress, 15, Gainesville, Florida, 1971. Forest biomass studies. Orono, University of Maine, Life Sciences and Agriculture Experiment Station, 1971. p.179-190.
77. YOUNG, H. E. A summary and analysis of weight table studies. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF IUFRO, 16. Oslo, 1976. Forest biomass studies. Orono, College of Life Sciences and Agriculture. University of Maine at Orono. p.251-282.
78. ZACCHI, C. & RODRIGUES, A.H. Custo de exploração da bracatinga na região de Campina Grande do Sul e Quatro Barras. In: ACARPA. Informe de Administração Rural. Curitiba, 1983. p.67-81.