

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA
E CARBONO EM POVOAMENTOS DE
Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze
EM CAÇADOR, SANTA CATARINA**

AMADOR TOMASELLI

BLUMENAU

2005

AMADOR TOMASELLI

**DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA
E CARBONO EM POVOAMENTOS DE
Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze
EM CAÇADOR, SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada à Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: **Dr. Nelson Y. Nakajima**

Blumenau – SC

2005

**DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA E CARBONO
EM POVOAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze
EM CAÇADOR, SANTA CATARINA**

por
AMADOR TOMASELLI

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Regional de Blumenau – FURB.

Esta folha já tem a original para a impressão final

Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima
Orientador

Prof. Dr. Adilson Pinheiro
Coordenador do PPGEA

Banca examinadora:

Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima
Presidente

Dr. Carlos Leomar Kreuz
Examinador

Dr. Luiz Toresan
Examinador

Prof. Dr. Marcos Vinícius Winckler Caldeira (FURB)
Examinador

Blumenau, 23 de março de 2005

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda a minha família:

- Maria Salete Nascimento Tomaselli (esposa)
- Marcelo Antônio Nascimento Tomaselli (filho)
- Alexandre Nascimento Tomaselli (filho)
- Simone Nascimento Tomaselli (filha)
- Augusto Gordo Tomaselli (neto)

São estas pessoas que me motivam e me incentivam a prosseguir na luta por uma vida e um mundo melhor.

Em especial a meus pais (*in memoriam*) que apesar de serem do meio rural e terem vivido na década de 50, tiveram a sábia decisão de incentivar seus filhos para o estudo, cientes de que teríamos um futuro melhor.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador professor Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima pelas orientações, sugestões, colaborações, conhecimentos transmitidos, apoio e motivação, a quem sou eternamente grato.

Ao gerente regional da EPAGRI de Caçador Engenheiro Agrônomo Dr. Carlos Leomar Kreuz pelo apoio, colaboração e no auxílio na elaboração das análises laboratoriais.

Aos empresários Ardelino Grando e Maurício Grando; pela cessão e permissão na coleta dos dados nas suas propriedades e pelas colaborações pessoais e empresariais da Madepinus nos trabalhos de coleta de dados, que possibilitaram a realização deste estudo.

À Universidade do Contestado (UnC), campus de Caçador-SC, pela concessão de auxílio pós-graduação, possibilitando a viabilização econômica do mestrado.

À coordenação do Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da FURB, na pessoa do professor Dr. Adilson Pinheiro pelas orientações administrativas.

Aos professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da FURB, pelas aulas que ministraram na minha formação.

À secretária do Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da FURB, na pessoa da amiga Solange da Veiga Coutinho pelas orientações administrativas e colaborações especiais.

Ao laboratorista da EPAGRI, Luiz Gustavo Kaminski pela execução das análises laboratoriais.

À colega Márcia Mondardo pela ajuda nas análises estatísticas dos dados.

Aos companheiros de trabalho de campo na coleta dos dados, Vilson Luiz Galina e Dionísio Conte, pelo esforço pessoal, sem o qual não seria possível todo o levantamento realizado.

Aos amigos Ireus Carlos de Souza Junior e Ederson Luiz de Souza Santos pelo trabalho de digitar e formatar todo o trabalho.

À bibliotecária da UnC, Célia De Marco, pela revisão e normatização.

À colega Olga Tordo pelas hospedagens e pela colaboração na revisão literária.

À colega Beloni Celso pelo envio de bibliografias sobre o tema.

Ao meu amigo José Aloísio Loyolla pelas aulas de inglês e pelas traduções de textos realizadas.

À funcionária da UnC, Vilmari Aparecida Maçaneiro, pela revisão da redação e de português.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Nascido em 25 de janeiro de 1949, filho de João Tomaselli (*in memoriam*) e Dilecta Montagna Tomaselli (*in memoriam*), em Guaporé, estado do Rio Grande do Sul.

Concluiu o curso primário em 1961 na Escola Municipal Marechal Floriano, em Guaporé-RS. Em 1966 concluiu o curso de Mestre Agrícola na Escola de Mestria Agrícola Canadá, em Viamão-RS. Formou-se Técnico Agrícola em 1969 na Escola Agrotécnica João Simplício Alves de Carvalho, em Viamão-RS.

Como Técnico Agrícola trabalhou na extensão rural de Santa Catarina (ACARESC), na implantação e desenvolvimento do Projeto de Fruticultura de Clima Temperado (PROFIT), na região de Videira-SC, de 1970 a 1986.

Em 1986 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), graduando-se em 1991.

Durante o curso de Agronomia trabalhou na sede da ACARESC, em Florianópolis-SC, no setor de Administração Rural, efetuando análise econômica e gerencial das propriedades rurais acompanhadas pela empresa em todo o Estado.

Com a conclusão do curso trabalhou como Engenheiro Agrônomo na ACARESC e na sua sucessora (EPAGRI) como gerente regional do programa de Microbacias Hidrográficas na região de Caçador e como instrutor do curso de Administração Rural do Centro de Treinamento, de Videira-SC, de 1992 a 2002.

Prestou assessoria em Desenvolvimento Municipal em vários municípios de Santa Catarina e do Paraná.

Em 2003 passou a desenvolver pesquisa em florestas na EPAGRI, Estação Experimental de Caçador-SC, função que continua desempenhando atualmente.

Presta assessoria em Desenvolvimento Florestal, em várias empresas e propriedades do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e desde 1993 é professor universitário da UnC (Universidade do Contestado) campus de Caçador SC.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi estimar a produtividade volumétrica e o carbono seqüestrado em povoamentos de *Araucaria angustifolia* com diferentes idades (19; 20; 23; 28; 32 e 34 anos) plantados no município de Caçador, SC. Em cada idade foi instalada unidade amostral de 400 m² e a intensidade amostral de 8 a 10 unidades. Para cada idade foram estabelecidas 7 classes diamétricas. Nas coletas de dados foram utilizadas (cortadas) 42 árvores (7 árvores por 6 idades), bem como, dentro de cada idade foram coletadas, aleatoriamente, 30 amostras de serapilheira acumulada através de gabarito de 1 m². Em ordem decrescente o volume total (m³/ha) foi: 552,26 (34anos); 544,37 (32anos); 536,29 (28 anos); 439,01 (23 anos); 386,00 (20 anos); e 353,85 (19 anos). A menor produtividade total e comercial foi no povoamento com 34 anos (16,24 e 15,22 m³/ha/ano). A maior produtividade total em m³/ha/ano foi observada no povoamento com 20 anos (19,30) e a comercial no de 23 anos (18,00). Em relação à biomassa total (fuste + ponta e toco + galhos + folhas + serapilheira acumulada) foi observado que a medida que o povoamento fica mais velho maior é a biomassa, ou seja; 19 anos (220,70 Mg/ha); 20 anos (233,47 Mg/ha); 23 anos (262,75 Mg/ha); 28 anos (323,35 Mg/ha); 32 anos (335,97 Mg/ha) e 34 anos (372,70 Mg/ha). No que se refere a biomassa de serapilheira acumulada (Mg/ha) foi observado que a maior produção ocorreu aos 23 anos (6,31); 20 anos (5,42); 34 anos (5,37); 28 anos (5,01); 32 anos (4,94) e 19 anos (4,81). Levando em consideração as seis idades, o teor médio de carbono no fuste e no tronco foi, respectivamente 257,5 e 271,8 Kg/m³. Os povoamentos com 20 e 34 anos apresentaram, respectivamente os maiores e os menores teores de carbono no fuste (566,8 g/kg e 533,2 g/kg), Entretanto, os povoamentos com 32 e 23 anos apresentaram, respectivamente os maiores e os menores teores de carbono nos galhos (551,5 g/kg e 438,8 g/kg). Em ordem decrescente os maiores teores de carbono (g/kg) nas folhas foram observados nos povoamentos com 23 anos (574,3); 34 anos (541,3); 32 anos (524,6); 20 anos (521,9) 28 anos (482,6) e 19 anos (409,6). A análise econômica mostrou que a medida que o povoamento fica mais velho menor é a taxa interna de retorno, tanto com quanto sem valorização do carbono: 18,05 e 15,69% ao ano (19 anos); 17,53 e 15,28% ao ano (20 anos); 15,29 e 13,28% ao ano (23 anos); 13,37 e 11,81% ao ano (28 anos); 11,67 e 10,33% ao ano (32 anos) e 11,04 e 9,76% ao ano (34 anos), respectivamente.

Palavras-chave: *Araucaria angustifolia*, produtividade, biomassa, carbono.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the volumetric productivity and the carbon imprisoned in areas covered with *Araucaria angustifolia* with different ages (19; 20; 23; 28; 32; and 34 years), planted in the municipality of Caçador, SC. For each stand age it was installed a sample unit with 400 m² and the sample intensity in 8 to 10 samples for each age. For each age it was established seven diametric intervals. Forty two trees were (cut) used for the collection of data (7 diametric intervals x 6 ages) as well as for each age, 30 burlap samples were collected at Random, from each age, from the accumulated burlap as shown in the answer sheet of 1m². In a decreasing order, the total volume (m³/ha) was: 552,26 (34 years); 544,37 (32 years); 536,29 (28 years); 439,01 (23 years); 386,00 (20 anos); and 353,85 (19 anos). Respectively, the smallest commercial and total productivity was in the area with 34 years stand (16,24 and 15,22 m³/ha/year). The biggest total productivity in m³/ha/year was observed in the stand with 20 year trees (19,30) and the commercial productivity in the area with 23 year old (18,00). As far as the total biomass is concerned (shaft + tip and stump + branches + leaves + accumulated burlap) it was observed that the older the trees the smaller is the biomass; example: 19 years (220,70 Mg/ha); 20 years (233,47 Mg/ha); 23 years (262,75 Mg/ha); 28 years (323,35 Mg/ha); 32 years (335,97 Mg/ha); and 34 years (372,70 Mg/ha). As far as the accumulated burlap biomass is concerned (Mg/ha) the biggest production occurred at 23 years (6,31); 20 years (5,42); 34 years (5,37); 28 years (5,01); 32 years (4,94); and 19 years (4,81). Considering the six ages, the average content of carbon in the shaft and in the stem was respectively 257,5 and 271,8 Kg/m³. The areas with 20 and 34 years old trees presented, respectively, the biggest and the smallest content of carbon in the shaft (566,8 g/kg and 533,2 g/kg). However, the areas with 32 and 23 year old trees, presented respectively, the biggest and the smallest content of carbon in the twigs (branches) (551,5 g/kg and 438,8 g/kg). In a decreasing order, the biggest content of carbon (g/kg) in leaves, was observed in stand with 23 year old trees (574,3); 34 years (541,3); 32 years (524,6); 20 years (521,9); 28 years (482,6); and 19 years (409,6). The economical analysis has shown that as the stand get older, smaller is the inside rate of return in profits; with or without the valuation of the carbon: 18,05 and 15,69% per year (19 years); 17,53 and 15,28% per year (20 years); 15,29 and 13,28% per year (23 years); 13,37 and 11,81% per year (28 years); 11,67 and 10,33% per year (32 years) and 11,04 and 9,76% per year (34 years), respectively.

Key Words: *Araucaria angustifolia*, productivity, biomass, carbon.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:	DISTRIBUIÇÃO DAS FLORESTAS NATIVAS DO SUL DO BRASIL.....	025
FIGURA 2:	CICLO DE UM PROJETO DE MDL.....	042
FIGURA 3:	LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAÇADOR - SC.....	056
FIGURA 4:	ESQUEMA DOS PONTOS DE COLETA DOS DADOS E DAS AMOSTRAS DO TRONCO.....	066

LISTA DE TABELAS

TABELA 1:	PRODUÇÃO DE MUDAS DE PINUS E ARAUCÁRIA NO BRASIL.....	027
TABELA 2:	EFEITO DA DENSIDADE SOBRE A PRODUÇÃO, CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE <i>Araucaria angustifolia</i>	032
TABELA 3:	TENDÊNCIAS DO VOLUME POR IDADE (M ³ /HA/ANO) EM PLANTAÇÕES DE <i>Araucaria angustifolia</i> COM 1000 ÁRVORES POR HECTARE NO BRASIL	032
TABELA 4:	VALORES MÉDIOS DO VOLUME NAS DIFERENTES DENSIDADES E MOMENTO DE RALEIO EM <i>Araucaria angustifolia</i>	033
TABELA 5:	PERCENTUAL MÉDIO DE CARBONO DE ACORDO COM A IDADE EM ÁRVORES DE <i>Araucaria angustifolia</i> PLANTADAS NO SUL DO ESTADO DO PARANÁ	037
TABELA 6:	COMPARAÇÃO ENTRE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE DE TUKEY NO TOCANTE AO PERCENTUAL MÉDIO DE CARBONO POR PARTE DA ÁRVORE EM INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE <i>Araucaria angustifolia</i> PLANTADOS NO SUL DO ESTADO DO PARANÁ.....	037
TABELA 7:	CARBONO NA MATÉRIA SECA E UMIDADE NA MATÉRIA NATURAL	038
TABELA 8:	CONTRIBUIÇÃO DAS ATIVIDADES NA EMISSÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA	046
TABELA 9:	QUANTIDADE DE CARBONO ARMAZENADO E EQUIVALÊNCIA DE OXIGÊNIO LIBERADO.....	051
TABELA 10:	FLUXOS DE CAIXA ANUAL E A TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR) DE 1 HA DE FLORESTA DE PINUS, NA REGIÃO DE CAÇADOR, SC(A) E EM PALMAS, PR(B).....	053
TABELA 11:	PREÇO MÉDIO DE INSUMOS E FATORES DE PRODUÇÃO FLORESTAL – SANTA CATARINA – 2000 A 2004 FLORESTAIS – SANTA CATARINA – 1997-2002	075
TABELA 12:	RESULTADOS MÉDIOS DA AMOSTRAGEM EM ARAUCÁRIA CULTIVADA COM 19 ANOS DE IDADE.....	077

TABELA 13:	RESULTADOS MÉDIOS DA AMOSTRAGEM EM ARAUCÁRIA CULTIVADA COM 20 ANOS DE IDADE.....	077
TABELA 14:	RESULTADOS MÉDIOS DA AMOSTRAGEM EM ARAUCÁRIA CULTIVADA COM 23 ANOS DE IDADE.....	078
TABELA 15:	RESULTADOS MÉDIOS DA AMOSTRAGEM EM ARAUCÁRIA CULTIVADA COM 28 ANOS DE IDADE.....	079
TABELA 16:	RESULTADOS MÉDIOS DA AMOSTRAGEM EM ARAUCÁRIA CULTIVADA COM 32 ANOS DE IDADE.....	079
TABELA 17:	RESULTADOS MÉDIOS DA AMOSTRAGEM EM ARAUCÁRIA CULTIVADA COM 34 ANOS DE IDADE.....	080
TABELA 18:	CÁLCULO DO NÚMERO DE CLASSES SEGUNDO VIEIRA (1999).....	082
TABELA 19:	CÁLCULO DO NÚMERO DE CLASSES PELA FÓRMULA DE STURGES.....	083
TABELA 20:	FATOR DE FORMA EM POVOAMENTO DE ARAUCÁRIA COM 19 ANOS DE IDADE.....	084
TABELA 21:	FATOR DE FORMA EM POVOAMENTO DE ARAUCÁRIA COM 20 ANOS DE IDADE.....	085
TABELA 22:	FATOR DE FORMA EM POVOAMENTO DE ARAUCÁRIA COM 23 ANOS DE IDADE.....	085
TABELA 23:	FATOR DE FORMA EM POVOAMENTO DE ARAUCÁRIA COM 28 ANOS DE IDADE.....	086
TABELA 24:	FATOR DE FORMA EM POVOAMENTO DE ARAUCÁRIA COM 32 ANOS DE IDADE.....	086
TABELA 25:	FATOR DE FORMA EM POVOAMENTO DE ARAUCÁRIA COM 34 ANOS DE IDADE.....	087
TABELA 26:	FATOR DE FORMA PARA O VOLUME TOTAL E COMERCIAL.....	088
TABELA 27:	RESULTADO DO VOLUME E DA PRODUTIVIDADE DA ARAUCÁRIA.....	089
TABELA 28:	DENSIDADE DA BIOMASSA DO FUSTE E DO TRONCO.....	095

TABELA 29:	COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA DENSIDADE DA BIOMASSA DAS CLASSES DIAMÉTRICAS.....	097
TABELA 30:	COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA DENSIDADE DA BIOMASSA DAS PARTES DA ÁRVORE	099
TABELA 31:	BIOMASSA DO FUSTE E DO TRONCO.....	100
TABELA 32:	BIOMASSA TOTAL DA ARAUCÁRIA.....	101
TABELA 33:	PRODUTIVIDADE DE BIOMASSA DO FUSTE E DO TRONCO	102
TABELA 34:	TEOR MÉDIO DE CARBONO DO FUSTE E DO TRONCO	105
TABELA 35:	COMPARAÇÃO ENTRE MÉDIAS DOS TEORES DE CARBONO.....	107
TABELA 36:	COMPARAÇÃO ENTRE MÉDIAS DO TEOR DE CARBONO DAS PARTES DA ÁRVORE.....	108
TABELA 37:	COMPARAÇÃO ENTRE MÉDIAS DO PERCENTUAL MÉDIO DE CARBONO NAS PARTES DAS ÁRVORES.....	109
TABELA 38:	QUANTIDADE DE CARBONO CONTIDA NAS PARTES DA ÁRVORE.....	110
TABELA 39:	VOLUME POR CLASSE COMERCIAL.....	112
TABELA 40:	VALOR DA PRODUÇÃO POR CLASSE COMERCIAL	113
TABELA 41:	FLUXOS DE CAIXA PARA FLORESTA EMPRESARIAL DE ARAUCÁRIA POR HECTARE	115
TABELA 42:	FLUXO DE CAIXA PARA FLORESTA EMPRESARIAL DE ARAUCÁRIA, POR HECTARE, NA REGIÃO DE CAÇADOR, SC COM A VALORIZAÇÃO DO CARBONO SEQÜESTRADO	119

SIGLAS

ACARESC – ASSOCIAÇÃO DE CRÉDITO E ASSISTÊNCIA RURAL DE SC

BACEN – BANCO CENTRAL DO BRASIL

BM&F – BOLSA DE MERCADORIAS E FUTURO

BRDE – BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

CAP – CIRCUNFERÊNCIA A ALTURA PEITO

CC – COM CASCA

CH₄ – METANO

CO₂ – DIÓXIDO DE CARBONO

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

COP – CONFERÊNCIA DAS PARTES

DAP – DIÂMETRO A ALTURA PEITO

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SC

FATMA – FUNDAÇÃO DE AMPARO AO MEIO AMBIENTE

FLONA – FLORESTA NACIONAL

FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS

g - ÁREA TRANSVERSAL DE UMA ÁRVORE

G – ÁREA BASAL

GEE – GASES DO EFEITO ESTUFA

HC – ALTURA COMERCIAL DA ÁRVORE

HT – ALTURA TOTAL DA ÁRVORE

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

IBC – ÍNDICE DE BENEFÍCIO/CUSTO

ICEPA – INSTITUTO CATARINENSE DE ECONOMIA E PESQUISA
AGROPECUÁRIA

IGP-di – ÍNDICE GERAL DE PREÇOS – DISPONIBILIDADE INTERNA

KCL – CLORETO DE POTÁSSIO

LULUCF – ATIVIDADES SILVICULTURAIS DE MUDANÇA DO USO DA TERRA

MDL – MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

Mg – MEGAGRAMA

MS – MATÉRIA SECA

SC – SEM CASCA

T – TONELADA

TERÇO 1 – TERÇO INFERIOR DO FUSTE

TERÇO 2 – TERÇO CENTRAL DO FUSTE

TERÇO 3 – TERÇO SUPERIOR DO FUSTE

TIR – TAXA INTERNA DE RETORNO

VC – VOLUME COMERCIAL

VCA – VOLUME COMERCIAL DA ÁRVORE

VLP – VALOR LÍQUIDO PRESENTE

VTA – VOLUME TOTAL DA ÁRVORE

VT – VOLUME TOTAL

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	019
2 OBJETIVOS.....	021
2.1 OBJETIVO GERAL.....	021
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	021
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	022
3.1 <i>Araucaria angustifolia</i>	022
3.2 AMOSTRAGEM	027
3.3 PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE	030
3.4 DENSIDADE DA BIOMASSA.....	035
3.5 BIOMASSA E CARBONO EM <i>Araucaria angustifolia</i>	036
3.6 CRÉDITOS DE CARBONO	039
3.7 PROTOCOLO DE QUIOTO	044
3.8 CUSTO DE PRODUÇÃO	051
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	055
4.1 LOCALIZAÇÃO	055
4.2 SOLO	057
4.2.1 Considerações sobre a Utilização Agrícola	057
4.3 CLIMA.....	058
4.4 ALTITUDE.....	059
4.5 CARACTERIZAÇÃO DOS REFLORESTAMENTOS	059
4.6 AMOSTRAGEM	061
4.6.1 Unidade Amostral.....	061
4.6.2 Intensidade Amostral.....	062
4.6.3 Coleta dos Dados a Campo	062
4.6.4 Corte de Árvores e Coleta das Amostras Laboratoriais	063
4.6.5 Divisão em Classes Diamétricas.....	064
4.6.6 Número de Árvores Abatidas	065

4.6.7 Coleta de Dados das Árvores Abatidas.....	065
4.6.8 Coleta de Amostras para Análise Laboratorial.....	067
4.6.9 Preparo das Amostras para Análises.....	070
4.7 CÁLCULO DO VOLUME	070
4.8 CÁLCULO DA BIOMASSA	071
4.9 PREPARO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES DE CARBONO	072
4.10 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO	073
4.11 ANÁLISE ECONÔMICA	074
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	076
5.1 AMOSTRAGEM	076
5.2 NÚMERO DE CLASSES DIAMÉTRICAS.....	082
5.3 FATOR DE FORMA.....	084
5.4 VOLUME	088
5.5 DENSIDADE DA BIOMASSA.....	092
5.6 BIOMASSA	099
5.7 SERAPILHEIRA	102
5.8 TEOR DE CARBONO	104
5.9 ANÁLISE ECONÔMICA	111
5.9.1 Análise Econômica da Araucária Cultivada com Valorização do Carbono Seqüestrado.....	116
6 CONCLUSÕES	120
7 CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES.....	122
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
9 APÊNDICES	130
APÊNDICE A: VALORES MÉDIOS COM BASE NAS AMOSTRAGENS POR CLASSE DIAMÉTRICA.....	130

APÊNDICE B: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 19 ANOS DE IDADE.....	133
APÊNDICE C: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 20 ANOS DE IDADE.....	136
APÊNDICE D: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 23 ANOS DE IDADE.....	139
APÊNDICE E: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 28 ANOS DE IDADE.....	142
APÊNDICE F: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 32 ANOS DE IDADE.....	145
APÊNDICE G: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 34 ANOS DE IDADE.....	148

1 INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, a emissão de gases e partículas poluentes na atmosfera vem continuamente crescendo, em especial o gás carbônico. Em consequência do acúmulo desses gases na atmosfera surgiu o fenômeno chamado efeito estufa, causando nas últimas décadas, transformações significativas das condições climáticas do planeta, provocando severos danos ao meio ambiente e flagelando milhares de pessoas.

Outro fator que influi, diretamente, no aumento da emissão de CO₂ (dióxido de carbono) é o crescimento demográfico do planeta. Para atender suas necessidades, tanto de alimentos quanto de bens e utensílios, cada vez mais recursos naturais são consumidos, entre eles os combustíveis fósseis e as árvores e seus derivados.

O efeito estufa tem despertado nos pesquisadores uma atenção especial para estudos e análises mais profundas dos processos de mudanças climáticas e suas consequências, há mais de uma década.

As análises dos resultados dessas pesquisas alertam para uma necessidade de medidas corretivas urgentes, através de ações que reduzam as atuais taxas de emissões de gases que causam o efeito estufa, retirando da atmosfera as quantias excedentes destes gases fixando-os na forma de reservas e de produtos, através da implantação de florestas.

As maiores fontes emissoras desses gases para a atmosfera são a queima de combustíveis fósseis e as alterações no uso do solo, devido ao acentuado aumento populacional mundial e a consequente demanda por alimentos e terras para produção. Soma-se a isto o fato de haver muitas queimadas em campos e

florestas no mundo inteiro.

Com o objetivo de contenção do aumento do efeito estufa e sua reversão, muitos países começaram a se unir para desenvolver programas de trabalho conjunto, para o combate à ameaça iminente, precavendo assim, maiores conseqüências no futuro.

Da união e esforços de alguns países, surgiram as idéias e sugestões, para a atenuação dos problemas causados pelo efeito estufa, que nortearam no documento denominado Protocolo de Quioto.

Uma das alternativas ao combate do efeito estufa proposto pelo Protocolo é a implantação de florestas para capturar e fixar o carbono atmosférico.

Desta forma, pesquisou-se a viabilidade sócio-econômico-ambiental dos projetos de reflorestamentos com araucária, através da quantificação da biomassa e do carbono seqüestrado por volume produzido, nas diferentes partes das árvores e nas diversas idades dos reflorestamentos com araucária.

Foi realizada a análise econômica do valor atual da madeira produzida e da valorização do carbono seqüestrado, após a adesão da Rússia ao Protocolo de Quioto, onde estimou-se a viabilidade do cultivo desta espécie florestal nativa na região.

A produção de madeira de araucária pode voltar a ser uma alternativa para a região de Caçador, onde originalmente ocorria, além de recompor o ambiente ainda poderia render economicamente aos agricultores e empresários.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral foi avaliar a produtividade volumétrica e o seqüestro de carbono em plantações de araucária em diferentes idades: 19; 20; 23; 28; 32 e 34 anos, na região do Alto Vale do Rio do Peixe, no município de Caçador, SC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram:

- Estimar o volume total e comercial, bem como a produtividade volumétrica;
- Estimar a produção de biomassa, o estoque e a produtividade de carbono;
- Analisar a viabilidade econômica dos reflorestamentos com araucária.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Araucaria angustifolia*

Segundo JOLY (2002), a araucária tem a seguinte classificação taxonômica:

Reino: *Metaphyta* ou *Plantae*

Divisão (Filo): *Gymnospermae*

Classe: *Coniferopsida*

Ordem: *Coniferae*

Família: *Araucariaceae*

Gênero: *Araucaria*

Espécie: *Araucaria angustifolia*

Espécie conhecida no Brasil com vários nomes populares: paraná-pine, curi, curiúva, pinheiro-do-paraná, pinheiro, pinho, cori, pinho-brasileiro, pinheiro-brasileiro, pinheiro-são-josé, pinheiro-macaco, pinheiro-caiová, pinheiro-das-missões (LORENZI, 1986).

O gênero *Araucaria* possui 16 espécies, com distribuição geográfica na Oceania, com apenas duas exceções: *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch., da Argentina e Chile e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., do Brasil e Argentina (MATTOS, 1994).

É uma espécie emergente e marcadora da fisionomia da vegetação com fraca regeneração natural em ambientes pouco perturbados, sendo colonizadora dos campos e forma o estrato superior da floresta. Também encontrada nas áreas de Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa. Árvore perenifólia com tronco reto, colunar e quase cilíndrico de 20 ou mais metros de comprimento;

casca grossa; ramificação em pseudo-verticilos; folhas simples alternas, espiraladas lineares, lanceoladas e coreáceas; flores dióicas (estróbilos); pseudo-frutos (chamado de pinha); sementes com origem nas brácteas do amentilho feminino (chamado pinhão); polinização alógama efetuada principalmente pelo vento; frutificação de fevereiro a dezembro e dispersão geralmente por autocoria e algumas vezes é zoocórica (em especial aves e roedores) (ESPÉCIES FORESTAIS BRASILEIRAS, 2004).

Segundo Reitz & Klein (1966), o pinheiro-do-paraná é uma espécie pioneira e heliófila, avançando e irradiando-se sobre os campos de modo a formar continuamente novos capões.

Já Imaguire (1979) considera o pinheiro-do-paraná uma espécie secundária longeva, mas de temperamento pioneiro. Thomé (1995), no entanto, o considera secundário, diz que os capões de pinheiro são precedidos por outras espécies que formam com ele associações pioneiras e sempre forma a mata com outras espécies.

Ainda, segundo Mattos (1994), a *Araucaria angustifolia* é a que tem a maior área de distribuição no mundo, dentre as espécies existentes.

A região do Alto Vale do Rio do Peixe, onde se encontra Caçador, era originalmente uma floresta quase contínua com predominância da araucária (THOMÉ, 1995).

Presente no planeta desde a última glaciação – que começou há mais de um milhão e quinhentos mil anos, a araucária, segundo o engenheiro florestal Paulo Carvalho, da Embrapa de Colombo, PR, já ocupou área equivalente a 200 mil quilômetros quadrados no Brasil, predominando nos territórios do Paraná (80000 km²), Santa Catarina (62000 km²) e Rio Grande do Sul (50000 km²), com manchas esparsas em Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, que juntos, não ultrapassam 4% da área originalmente ocupada pela *Araucaria angustifolia* no país (JARDIM DE FLORES, 2004, p.2).

Fossati et al. (1997) descrevem que as florestas de pinheiro brasileiro ocupavam originalmente, no ano de 1979 e em 1997 como sendo: 2,16% do

território do Estado de São Paulo, 36,67% do Paraná, 60,13% em Santa Catarina e 17,38% no Rio Grande do Sul, abrangendo ao todo 182.295 km². A ocorrência em 1979 já era somente 4,9%, 3,18% e 1,18% para o Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, respectivamente. Em 1997 encontram-se apenas fragmentos de vegetação, representando 0,7% de sua área original.

Os cerca de 20 milhões de hectares que eram de Floresta Ombrófila Mista, incidente no planalto, representava no início do século XX ainda a maior parte da cobertura vegetal dos Estados de Santa Catarina e Paraná, rivalizando em potencial com a Mata Atlântica, característica da faixa litorânea e encostas. Os registros mais antigos do Brasil distribuíam os pinhais em 40% para o Paraná, 32% para Santa Catarina, restando 25% para o Rio Grande do Sul e 3% para São Paulo (THOMÉ, 1995, p.28).

Para Simões; Lino (2001) a araucária é a única espécie de seu gênero com ocorrência natural no Brasil e suas florestas ocupavam cerca de 20 milhões de hectares. Estando no Paraná (40%), em Santa Catarina (31%) e no Rio Grande do Sul (25%). Em São Paulo (3%) em manchas dispersas, indo até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro, em áreas de maior altitude (1%).

Segundo ESPÉCIES FLORESTAIS BRASILEIRAS (2004), a *Araucaria angustifolia* no Brasil, vai da latitude 19° 15' Sul em Conselheiro Pena – MG, até a latitude 31° 30' Sul em Canguçu – RS, mas as manchas com interesse econômico ficam entre 22° e 28° Sul. Ocorre preferencialmente no clima temperado úmido: Cfb, subtropical úmido: Cfa e subtropical de altitude: Cwb.

De acordo com Simões; Lino (2001) a Floresta Ombrófila Mista está circunscrita a uma região de clima pluvial subtropical, ocorrendo abaixo do trópico de Capricórnio, limitado entre as latitudes 19° 15' e 31° 30' S e entre as longitudes 41° 30' W e 54° 30' W. Ocorre em altitudes que vão de 500 m a 1200 m nos estados do Sul do Brasil. Áreas disjuntas de Floresta Ombrófila Mista ocorrem nos estados de

São Paulo e Minas Gerais, em pontos mais elevados da serra da Mantiqueira e suas ramificações.

Lorenzi (1989) afirma que a concentração de ocorrência é de Minas Gerais e Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul em regiões de altitudes acima de 900 m (no sul acima de 500 m).

Ledru; Labouriau; Lorscheitter (1997) (Figura 1) mostram a distribuição original das florestas nativas do sul do Brasil, dentre elas a de araucária.

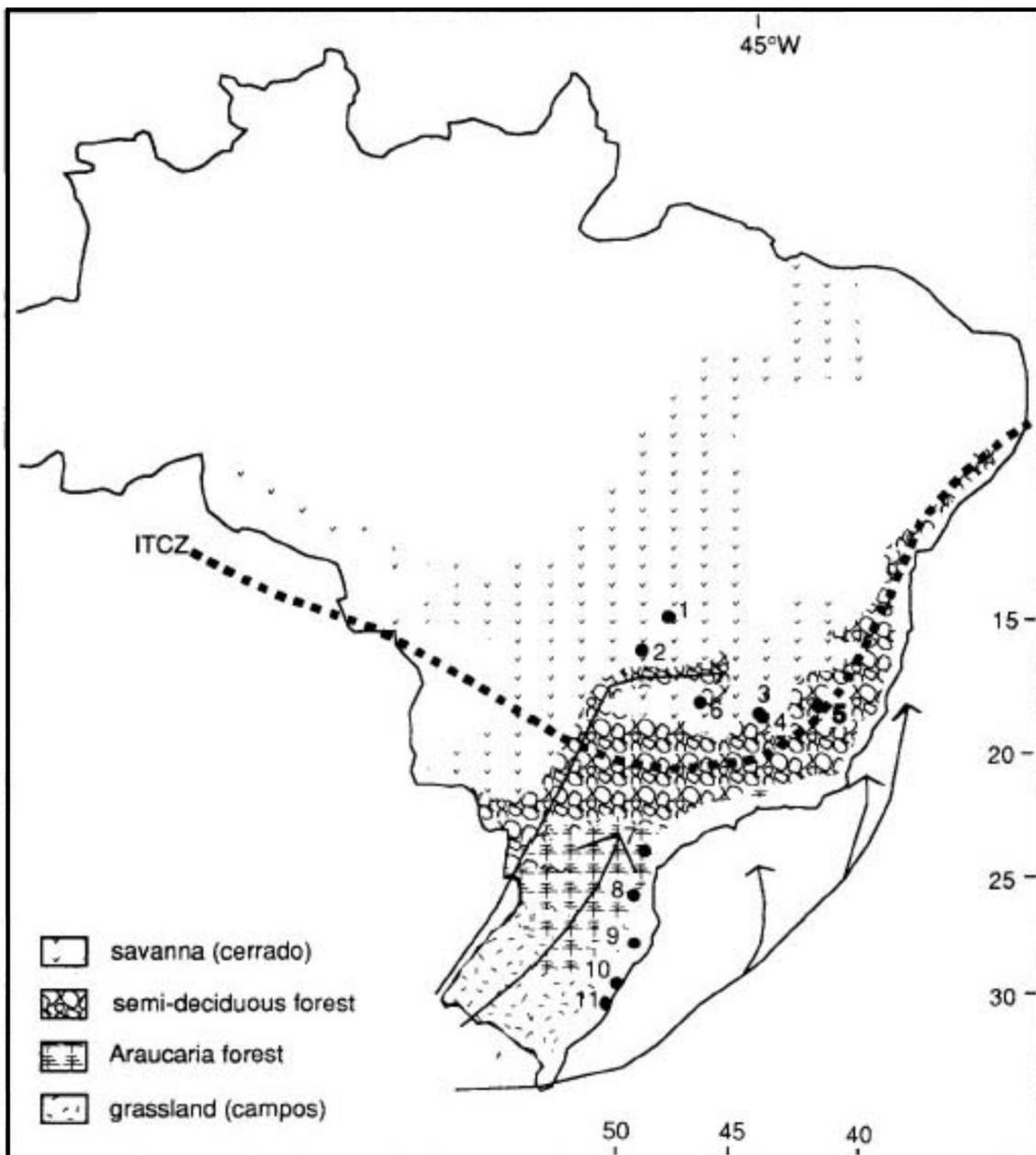


Figura 1: Distribuição das florestas nativas do sul do Brasil
 Fonte: (Ledru; Labouriau; Lorscheitter, 1997)

Thomé (1995) descreve que a Floresta Ombrófila Mista ou Floresta de Araucária, cobria 75% da região, onde se encontra Caçador, e que esta difere da Mata Atlântica e da Mata Caducifólia.

Na região de Canoinhas, SC, a Floresta Ombrófila Mista ocorre diferencialmente, sendo então denominada de Floresta Ombrófila Mista Montana. Essa formação é caracterizada pela ocorrência da *Araucaria angustifolia*, vegetação típica do planalto meridional, onde ocorria com maior frequência. Apresentava quatro formações distintas: aluvial, em terraços antigos ao longo de rios; submontana, de 50 até mais ou menos 400 m de altitude; montana, de 400 até mais ou menos 1000 m de altitude e altomontana, situada a mais de 1000 m de altitude (FOSSATI et al., 1997).

Simões; Lino (2001), se reportando a toda a região sul, afirmam que no início do século XX cerca de 35% da cobertura vegetal dos 3 estados do Sul do Brasil estavam representados pela Floresta Ombrófila Mista. Com características interessantes e com uma madeira de comportamento muito estável a araucária passou a ser uma árvore cobiçada economicamente desde muito tempo, antes mesmo do século XX.

A *Araucaria angustifolia* é uma árvore útil: pode-se dizer que tudo nela é aproveitável, desde a amêndoa, no interior dos pinhões, até a resina que, destilada fornece alcatrão, óleos diversos, terebentina e breu, para variadas aplicações industriais. As sementes são ricas em amido, proteínas e gorduras, constituindo um alimento bastante nutritivo (FORES E JARDINS, 2004, p2).

Lorenzi (1989) comenta que a utilidade da madeira é própria para produção desde forros, molduras, ripas, cabos de vassoura, caixotaria, brinquedos, estruturas de móveis, palitos de fósforos, pás de sorvete, lápis, carretéis, utensílios domésticos, entre outras.

Apesar de não se ter dados de área existente e cultivada de araucária, pode-se ter certeza que, mesmo com as restrições impostas à sua exploração, há plantios desta espécie no Brasil. O censo agropecuário do IBGE (BRAMBILA, 2003) mostra que mais de 160 milhões de árvores de araucárias existiam no País naquele ano.

Neste mesmo censo do IBGE foi constatado que mais de 1,9 bilhão de mudas de pinus e de araucária foram produzidas pelos viveiros registrados no País (Tabela 1), das quais cerca de 260 milhões (pouco mais de 13%) eram de araucárias, mostrando que mesmo com todas as restrições ainda se continuou cultivando esta espécie nativa no Brasil.

Tabela 1: Produção de mudas de pinus e araucária no Brasil

Número de árvores – Unidades – Brasil – 1996				
Espécies	Condição do Produtor			
	<i>Proprietário</i>	<i>Arrendatário</i>	<i>Parceiro</i>	<i>Ocupante</i>
Pinheiro Brasileiro (araucária)	227.832.858	29.597.505	1.206.058	1.984.370
Pinus americano	1.574.301.947	43.427.234	22.263.355	9.531.900

Fonte: (Brambila, 2003)

Schaffer; Prochnow (2002) concluíram que em 1963 a área total de florestas no Paraná era cerca de 6.500.000 ha, em 1995 restavam somente 1.730.500 ha de florestas primárias e secundárias, a área total com remanescentes de araucária era estimada em 1.500.000 ha e em 2001 restavam cerca de 80.000 ha.

O estudo estimou em 45.000.000 m³, o estoque total de madeira de Araucária no Estado do Paraná naquele ano. Estimou também que, a continuar o corte anual de 3.000.000 m³, a reserva de madeira se esgotaria em 15 anos a contar daquele ano.

3.2 AMOSTRAGEM

Amostragem é a forma de estudar as relações existentes entre uma população e as amostras dela extraídas, estas devem ser escolhidas de modo a serem representativas da população, a fim de que as conclusões da amostragem e

da inferência estatística sejam válidas (SPIEGEL, 1985). Na seleção dos elementos que farão parte da amostra é preciso estabelecer a unidade amostral (Barbetta, 2003).

A amostra pode ser definida como o conjunto de observações extraídas de uma população, segundo determinadas regras e critérios (Beiguelmann, 1996); constituída por um número menor de elementos tirados de uma determinada população (LEVIN, 1987).

Péllico Neto; Brena (1997) definem a unidade amostral como sendo o espaço físico sobre o qual são observadas e medidas as características quantitativas e qualitativas da população.

As unidades amostrais, em inventários florestais, podem ser constituídas por parcelas de área fixa (em geral com forma circular, quadrada, retangular ou faixas), pontos amostrais ou árvores (PÉLLICO NETO; BRENA, 1997).

Crechi et al. (2001) usaram uma unidade amostral de 819 m², pois necessitavam avaliar densidades muito altas até muito baixas no trabalho. O IBDF (1978), no inventário florestal realizado no Paraná, utilizou amostras de 500 metros quadrados no sistema casualizado.

Watzlawick (2003) utilizou amostras de 144 metros quadrados em Floresta Umbrófila Mista Montana nativa e 64 metros quadrados em plantações de pinus e araucária. Em um povoamento de *Araucaria angustifolia* com 17 anos de idade, em Pinhal Grande – RS, o experimento foi instalado, de forma aleatória, em cinco parcelas de 10 x 20 m (SCHUMACHER et al., 2004).

Já Longhi et al. (1992) num capão natural contendo araucárias adotou o tamanho da amostra de 10 x 50m (500m²) para DAP acima de 10,0cm.

Como se observa os vários pesquisadores adotaram amostras de tamanho variável desde 144 até 819 m². Vieira (1999) sugere que se adote o que é usual na região nos inventários realizados pelos profissionais nas empresas.

Quanto a amostragem de serapilheira Watzlawick (2003) usou 8 unidades amostrais de 0,25 x 0,25 m (0,0625 m²) na floresta natural e 4 unidades, do mesmo tamanho, nas plantações florestais; já Schumacher, Hoppe; Barbieri (2000) usaram 6 unidades amostrais de 0,25 x 0,25 m por parcela em floresta cultivada de araucária.

Quanto ao número de classes, Vieira (1999) recomenda que seja igual à raiz quadrada do número de dados amostrados:

$$k = n^{1/2}$$

Onde:

k = número de classes

n = número de dados.

CRESPO (1993) sugere a adoção da fórmula de STURGES para o cálculo do número de classes de distribuição de freqüência.

Fórmula de STURGES para o cálculo do número de classes de freqüência:

$$NC = (3,3 \logaritmo A) + 1$$

Onde:

NC = número de classes;

A = amplitude dos dados (neste estudo da circunferência a altura do peito).

Para determinação da intensidade amostral Cochran (1965) recomenda a seguinte fórmula:

$$n = (S^2 \cdot t^2) / E^2$$

Onde:

n = intensidade amostral;

S² = variância;

t = Valor de t para nível de significância de 5% para n - 1 graus de liberdade;

E = erro aceitável (neste estudo foi de 10% da média aritmética).

3.3 PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

A produtividade da araucária ainda é pouco estudada em cultivos maciços; pois são raros os reflorestamentos com esta espécie no País e no mundo.

As florestas naturais (Ombrófila Mista) com a araucária representando 83% do seu volume total (THOMÉ, 1995), com 428 m³ por hectare em média, na década de 60, representavam a maior concentração de madeira de lei por área. Neste mesmo levantamento se constatou uma média de 127 árvores adultas por hectare com mais de 40 cm de diâmetro; o que significa 3,37 m³ por árvore.

Da Croce (1991) no estudo da reserva florestal natural da EMBRAPA/EPAGRI de Caçador – SC obteve um volume médio: 595,76 m³/ha da araucária existente nos mais de 1000 hectares analisados.

A produtividade das florestas, nas várias partes do mundo, varia muito em função de vários fatores. Na Finlândia alcançam 5m³/ha/ano, em Portugal

10m³/ha/ano, nos Estados Unidos 15 m³/ha/ano, na África do Sul 18 m³/ha/ano e no Brasil, em média, 25 m³/ha/ano (HOEFLICH, 2004).

Segundo Wachtel (2001) as plantações de Araucária têm crescimento de 10 a 15 m³/ha/ano, as plantações de pinus crescimentos de 25 a 40 m³/ha/ano.

Alguns estudos realizados mostram que a variação do volume e do diâmetro das árvores depende da sua densidade, além dos fatores ambientais, entre eles o clima e o solo.

As informações levantadas junto às empresas do Paraná, por Mattos (1994), revelam que nos reflorestamentos com araucária, o incremento médio anual, incluindo os volumes dos desbastes, foi de 13 m³/ha/ano. O corte final estaria previsto aos 45 anos com uma produção esperada de 280 m³/ha de madeira.

Um trabalho realizado por Machado; Mello; Barros (2000) mostra que aos 18 anos de idade o volume variou de 346,82 m³ a 429,10 m³ por hectare quando a densidade de árvores por hectare variou de 540 a 3.636, respectivamente.

Neste mesmo trabalho, Machado; Mello; Barros (2000) (Tabela 2), observaram que a produtividade aos 18 anos foi de 19,27 m³/ha/ano a 23,84 m³/ha/ano, conforme a densidade de árvores. Já aos 24 anos de idade o volume variou de 451,75 m³ para 501,29 m³ com a densidade variando de 520 para 1.031 árvores por hectare. A produtividade aumentou, aos 24 anos, para 18,82 m³/ha/ano até 20,89 m³/ha/ano (Tabela 2). A variação do volume por hectare foi de 23,72% aos 18 anos e de 10,97% aos 24 anos. No entanto a variação do volume por árvore foi de 170% aos 18 anos e de 79% aos 24 anos, mostrando que as árvores tiveram um maior diâmetro quando em menor densidade.

Tabela 2: Efeito da densidade sobre a produção, crescimento e sobrevivência de *Araucaria angustifolia*

Idade (anos)	Árvores/ha inicial	Volume total m ³	Árvores/ha após desbaste	Volume por árvore	Proporção dos volumes
6	4444	82,80	3636	0,02277	1,00
	1111	69,00	1018	0,06778	2,98
	625	38,00	540	0,07198	3,16
18	4444	429,10	1780	0,2411	1,00
	1111	411,88	944	0,4363	1,18
	625	346,82	533	0,6507	2,70
24	4444	501,29	1031	0,4862	1,00
	1111	514,66	778	0,6615	1,36
	625	451,75	520	0,8687	1,79

Fonte: (Machado; Mello; Barros, 2000)

Resultados semelhantes foram obtidos por outro estudo feito em Curitiba – PR (Tabela 3), onde além de mostrar a produtividade ao longo dos anos, apresenta a variação em função da altura média das árvores. Quando considerado apenas as árvores com altura média de 18 a 22 metros tem-se a produtividade de 20,7; 20,5; 19,7 e 18,7 m³/ha/ano aos 20; 25; 30 e 35 anos, respectivamente, com 1000 árvores por hectare.

Tabela 3: Tendências do volume por idade (m³/ha/ano) em plantações de *Araucaria angustifolia* com 1000 árvores por hectare no Brasil

Idade (Anos)	Índice do sítio (altura da árvore em metros aos 25 anos de idade)		
	18-22	14-18	10-14
10	14,1	4,9	3,3
15	19,3	9,4	4,5
20	20,7	10,0	4,8
25	20,5	10,0	4,8
30	19,7	9,6	4,6
35	18,7	9,1	4,4

Fonte: (Ejemplos de selección de la rotación. <www.fs.fed.us>. Acesso em 23/08/04)

Em outro estudo (Tabela 4) Crechi et al. (2001) obtiveram, aos 13 anos de idade, um volume total por hectare entre 112,2 a 275,6 m³/ha, dependendo da intensidade e do intervalo de raleio das árvores.

Tabela 4: Valores médios do volume nas diferentes densidades e momento de raleio em *Araucaria angustifolia*

Tratamento\Anos	5	7	9	11	13	Tratamento
T1F1	63,6	117,7	164,9	198,4	212,6	66% de T0 desbastado a cada 2 anos
T2F1	63,6	70,7	97,6	111,2	117,5	33% de T0 desbastado a cada 2 anos
T1F2	63,6	120,2	185,1	196,3	227,6	66% de T0 desbastado a cada 4 anos
T2F2	63,6	67,3	116,3	108,6	141,0	33% de T0 desbastado a cada 4 anos
T1F3	63,6	115,7	179,8	225,8	209,6	66% de T0 desbastado a cada 6 anos
T2F3	63,6	71,0	118,0	157,3	112,2	33% de T0 desbastado a cada 6 anos
T0	63,6	150,0	214,7	263,1	275,6	Área basal máxima sem desbaste

Fonte: Adaptado de Crechi et al. (2001)

Estes trabalhos foram realizados com povoamentos de araucária onde não se tem ainda um trabalho de melhoramento genético e a produção se mostra semelhante à floresta natural ou espontânea com as mesmas densidades.

No caso do eucalipto, com melhoria tecnológica e melhoramento genético, a produtividade passou de 10m³/ha/ano em 1965 para valores de até 60m³/ha/ano em 2003. Da mesma forma, a madeira de pinus, em produtividade, passou de 15m³/ha/ano para 35m³/ha/ano no mesmo período (SBCS,2004).

É admissível esperar um incremento volumétrico anual de 10 a 23 m³/ha/ano (WEBB, et al., 1984 apud ESPÉCIES FLORESTAIS BRASILEIRAS, 2004) em casos excepcionais, podem atingir 30 m³/ha/ano com casca. O fuste é quase cilíndrico com um fator de forma de 0,75 a 0,80 (Bueno, 1965). Árvores jovens emitem dois pseudo-verticilos por ano, e árvores adultas um pseudo-verticilo (Bueno, 1965 apud ESPÉCIES FLORESTAIS BRASILEIRAS, 2004) e com produtividade de 12 a 18 m³/ha/ano.

Wehr; Tomazello (2000) estudando os anéis de crescimento de araucária até os 25 anos verificaram que ocorreram diferenças significativas, para os valores de incrementos anuais nesse período de 7,5 a 15,0 mm/ano. Esta variação repercute diretamente na produtividade dos povoamentos com o passar dos anos e tem a

influência direta da densidade. Constataram ainda, que as oscilações maiores na largura dos anéis de crescimento, aos 18-20 e 22-25 anos, em função da classe de diâmetro das árvores é uma reação das árvores devida à aplicação de desbastes e/ou mortalidade de árvores de araucária, proporcionando a liberação dos fatores de crescimento, principalmente a densidade, em seguida, se estabelece novamente a competição entre as plantas e o crescimento dos anéis volta a diminuir.

Para Mattos (1994) incrementos médios de 20 m³/ha/ano, em bons sítios de produção, são possíveis de serem obtidos com essa espécie em comparação com incrementos médios de 30 m³/ha/ano, observados para pinus.

As florestas de araucária, como as demais florestas depositam serapilheira sobre o solo que com o tempo vai se decompondo, primeiro as partes mais antigas e mais tenras depois as mais novas e mais duras, enquanto novo material vai sendo depositado.

Num estudo realizado por Schumacher et al., (2004) onde o material foi coletado mensalmente, durante um ano, houve a deposição de 6,96 Mg/ha de biomassa de serapilheira, sendo composta por 74% de acículas e 26% de galhos. Shumacher, Hoppe e Barbieri (2000) encontraram a quantidade média de 11,83 Mg/ha de matéria natural em araucária cultivada na região de Quedas do Iguaçu – Paraná.

Num trabalho da SBCS (2004), constataram que em plantações de eucalipto houve maior acúmulo de serapilheira em comparação com florestas nativas. Considerou a maior razão para isto a relação entre carbono e nitrogênio (acima de 40 em eucalipto, comparada com cerca de 25 em florestas nativas).

3.4 DENSIDADE DA BIOMASSA

Com relação à densidade da biomassa da araucária os diversos estudos mostram algumas variações cujos fatores que influem nela não foram devidamente discutidos.

Wehr; Tomazello (2000) encontraram uma densidade média de 0,30 a 0,50 g/cm³ com casca e em relação ao lenho uma densidade média na faixa de 0,40 a 0,50 g/cm³, mostrando que há uma maior variabilidade quando incluída a casca.

Posteriormente, Wehr; Tomazello (2000) determinaram valores de densidade básica de 0,37 – 0,52 g/cm³, para madeira juvenil e adulta, respectivamente.

Tomazelli (apud WEHR; TOMAZELLO, 2000) apresentou valores de 0,44 g/cm³ para a densidade básica da madeira com a casca de árvores de araucária, aos 18 anos de idade. O peso específico aparente (12% de umidade) da madeira das amostras da base das árvores foi de 0,47 a 0,54 g/cm³, para a madeira juvenil e adulta, respectivamente, em média de 0,50 g/cm³; sendo menores na altura da metade do tronco, com variações de 0,36 a 0,44 g/cm³ para a madeira juvenil e adulta.

Azambuja (1948) reportou valores de peso específico aparente (15% umidade) de 0,54 g/cm³, enquanto Carvalho (1982) apresentou valores de densidade média de 0,60 g/cm³. Posteriormente, Carvalho (1994) indicou valores de massa específica aparente (15% de umidade) da madeira de araucária de 0,50 a 0,61 g/cm³ e densidade básica de madeira de 0,42 a 0,48 g/cm³. A madeira do pinheiro-do-paraná é considerada moderadamente densa (0,50 a 0,61 g/cm³), a 15%

de umidade (PEREIRA; MAINIERI, 1957). A araucária tem uma massa específica entre 0,42 e 0,48 g/cm³ (JANKOWSKY et al., 1990 apud ESPÉCIES FLORESTAIS BRASILEIRAS, 2004).

Reitz (1986) cita entre as características gerais o peso específico de 0,50 a 0,61 tonelada por m³ e Lorenzi (1986) diz que a madeira é leve com densidade de 0,55 g/cm³.

3.5 BIOMASSA E CARBONO EM *Araucaria angustifolia*

Quanto a biomassa arbórea em povoamentos de araucária com 23 a 32 anos de idade, Watzlawick (2003) encontrou de 209,16 a 334,87 Mg/ha e de 60,6 a 141,56 Mg/ha de carbono e Schumacher, Hoppe e Barbieri (2000) encontraram 43,15 Mg/ha de biomassa e 17,65 Mg/ha de carbono na parte aérea em cultivos com 14 anos de idade e 4,84 Mg/ha de carbono na serapilheira. Enquanto que Watzlawick (2003) encontrou 2,82 Mg/ha de carbono na serapilheira e 102,83 Mg/ha na biomassa aérea com 23 a 32 anos de idade.

Schumacher, Hoppe e Barbieri (2000) encontraram 43,15 Mg/ha e 173,83 Mg/ha de biomassa aos 14 e 17 anos respectivamente; enquanto Watzlawick (2003) obteve 326,27; 73,01; 209,16; 141,43; 295,18; 312,85 e 334,87 Mg/ha aos 23; 24; 25; 29; 30; 31 e 32 anos de idade.

Nas florestas estudadas observou-se que o carbono representa cerca de 50% da biomassa (EMBRAPA, 2000). A atividade de reflorestamento segundo SCARPINELLA (2002), no final do ciclo de 14 anos, continha 17,36 toneladas de carbono por hectare. Neste aspecto, o Brasil tem plenas condições de desenvolvimento de projetos florestais tanto pelo clima quanto a extensão territorial.

Conforme Tabela 5, Weber et al. (2003) encontraram valores entre 42,0 e 44,9% de carbono no fuste; de 39,7 a 40,6% na casca; de 43,0 a 45,4% na folhagem e de 40,0 a 43,0% nos galhos vivos com a idade variando de 24 até 33 anos.

Tabela 5: Percentual médio de Carbono de acordo com a idade em árvores de *Araucaria angustifolia* plantadas no sul do Estado do Paraná.

IDADE (anos)	FUSTE	CASCA	FOLHAGEM	GALHO VIVO	GALHO MORTO
24	42,8	40,1	44,6	41,1	45,0
25	44,5	40,2	45,4	40,0	42,4
26	44,4	40,1	44,3	41,6	43,2
30	45,5	39,5	43,3	43,0	43,0
31	45,2	40,6	43,7	42,1	42,2
32	42,0	39,7	43,8	41,8	42,6
33	44,9	40,5	43,0	42,5	42,2

Fonte: (Weber et al., 2003)

Na Tabela 6, Weber et al. (2003) mostram o percentual média de carbono nas partes da planta, onde a mesma variou de 40,1% na casca até 44,1% no fuste; sendo as médias do fuste, folhagem e galhos significativamente superiores às da raiz e da casca.

Tabela 6: Comparação entre médias através do teste de Tukey no tocante ao percentual médio de carbono por parte da árvore em indivíduos da espécie *Araucaria angustifolia* plantados no sul do Estado do Paraná.

Médias Ordenadas	N° Repetições	Comparações
Fuste: 44,1%	28	A
Folhagem: 44,0%	28	A
Galho morto: 42,9%	27	A
Galho vivo: 41,7%	27	B
Raiz: 40,5%	21	B
Casca: 40,1%	7	B

Fonte: (Weber et al., 2003)

Observa que o carbono contido nas florestas varia muito em função das partes da planta em que se considera, além de variar a quantidade em cada uma dessas partes em função do volume que possuem.

O que se negocia é o carbono armazenado nas florestas que depende, além da quantidade de biomassa produzida, do teor nela existente; pois os valores são por tonelada de carbono.

Rochadelli (2001) estudando a *Mimosa scabrella* (bracatinga) obteve, em média, aproximadamente 50% de carbono. Em termos relativos, por árvore, apresentou valores que variam entre 40 e 55%. Utilizando-se o valor de 50% de carbono contido na matéria seca e adotando o menor valor (100 toneladas de biomassa/ha) haveria uma imobilização de 50 toneladas de carbono/ha sob a forma de tecido vegetal no período de 20 anos. Isto representaria apenas 2,5 Mg/ha/ano.

Análises laboratoriais realizadas pela EPAGRI de Caçador – SC, (tabela 7) em material do tronco com casca de pinus e bracatinga revelaram, em média, 41,7% de carbono para o pinus e 58,2% para a bracatinga na matéria seca. Observou-se que existe uma grande diferença na porcentagem de umidade entre as duas espécies.

Tabela 7: Carbono na matéria seca e umidade na matéria natural

Espécie florestal	C (%)	Umidade (%)
Pinus (17 anos)	41.7	62.1
Bracatinga (8 anos)	58.2	10.5

Fonte: (EPAGRI, 2002 – Laboratório de Análises de Tecido Vegetais - Caçador - SC).

Behling (2002) descreve a quantidade de carbono armazenado nos vários tipos de florestas brasileiras, tendo a floresta de araucária aumentado em 108% nas

últimas décadas. No entanto o desmatamento intensivo no último século afetou fortemente o armazenamento do carbono nas florestas tropicais.

O aumento das florestas é a única atividade significativa, que pode ser executada imediatamente, para diminuir o aumento do carbono atmosférico com o seqüestro biológico na biomassa que pode ter o impacto maior por um período de poucas décadas. Por isso, o seqüestro de carbono é visto como uma medida provisória para os próximos 50 ou 60 anos até que se consiga atingir os cortes necessários nas emissões de CO₂ (ANTENA VERDE, 2004).

3.6 CRÉDITOS DE CARBONO

O reflorestamento é apenas uma das formas de minimizar o problema do carbono, já que seria necessária uma área grande de cultivo anual para absorver o incremento de carbono.

O plantio de 60 milhões de hectares por ano (EMBRAPA, 2000), durante 10 anos, absorveria o carbono, que corresponderia ao incremento líquido anual de CO₂ atmosférico de todas as fontes.

O carbono armazenado nas florestas pode ser negociado, através de créditos de carbono, (RENNER, 2004). Esses são certificados que autorizam o direito de poluir. O mercado de créditos de carbono deve ocorrer nas bolsas de valores e se dá na forma dos Certificados de Redução de Emissões.

As agências de proteção ambiental reguladoras emitem certificados autorizando emissões de toneladas de dióxido de enxofre, monóxido de carbono e outros gases poluentes. As empresas recebem bônus negociáveis na proporção de suas responsabilidades. Cada bônus, cotado em US\$, equivale a uma tonelada de poluentes. Quem não cumpre as metas da redução progressivas estabelecidas por lei, tem que comprar certificados das empresas bem sucedidas. O sistema tem a vantagem de permitir que cada empresa estabeleça seu próprio ritmo de adequação às leis ambientais. Estes certificados podem ser comercializados através das Bolsas e de Mercadorias (RENNER, 2004, p.26).

Para Renner (2004), os créditos de carbono já estão sendo comercializados com antecedência no mercado, mesmo que ainda não haja uma regulamentação de preços.

Segundo Reklef (apud Renner, 2004), nas primeiras duas semanas de janeiro de 2004 houve 5 transações no sistema de comercialização de emissões da União Européia, perfazendo um total de 51.000 toneladas de CO₂.

Cada tonelada de carbono valia de US\$ 3,00 a US\$ 5,00 em 2002, segundo o programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento e segundo FUJIHARA (apud Scarpinella, 2002), o valor pago por tonelada do carbono para projetos florestais de MDL tinha uma cotação entre U\$ 4 e U\$ 7.

Os valores no final de 2002 estavam em torno de 10 a 15 dólares por tonelada de carbono fixada (VEIGA, 2002), mas a tendência é de alta nos preços (Renner, 2004), de 7 euros por tonelada de CO₂ em julho de 2003 evoluindo gradativamente para 12,30 euros por tonelada de CO₂ em janeiro de 2004. Calcula-se que até 2010, serão negociados anualmente no mercado de carbono por até US\$ 17/T de CO₂ (REFLORESTAMENTO ..., 2002).

Com a entrada em operação do Protocolo de Quioto, após a assinatura da Rússia, completando o percentual mínimo exigido para entrar em vigor, estima-se que o preço da tonelada de carbono aumente cerca de sete vezes, de US\$ 5 para até US\$ 35 (VALOR DO CO₂ SEQÜESTRADO, 2004).

Este preço varia em função das incertezas que o projeto apresenta, quanto maior a incerteza de um projeto, menor será o valor a ser pago (SCARPINELLA, 2002), por isso o valor a ser pago para projetos florestais é medido pelas incertezas quanto à permanência do carbono nelas.

O Brasil tem um projeto do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior de criação no Brasil de uma bolsa para negociar créditos de carbono. O cronograma de implantação das condições para negociação em parceria com a FGV e a BM&F está na fase final. Com a entrada em operação do Protocolo de Quioto, estima-se que o preço da tonelada de carbono aumente cerca de sete vezes, de US\$ 5 para até US\$ 35 (GRUPO BANCO MUNDIAL, 2004).

Para se credenciar na obtenção de recursos (Figura 2) há um processo de encaminhamento, análise para validação, monitoramento, verificação e registro para depois emitir os certificados.

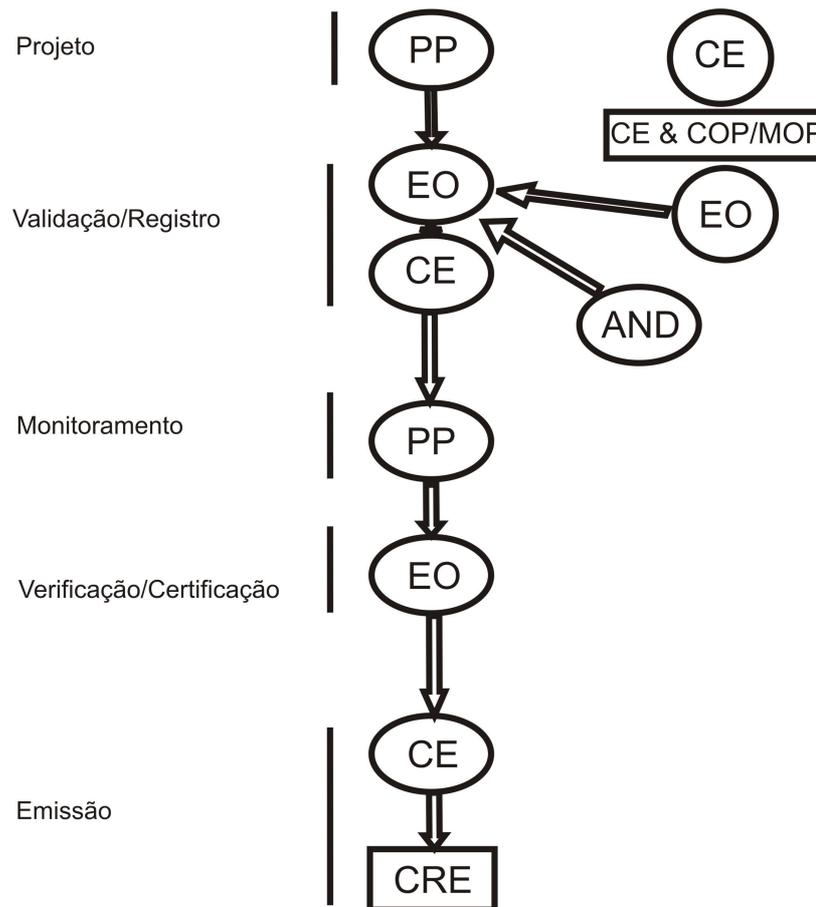


Figura 2: Ciclo de um projeto de MDL
 Fonte: Scarpinella (2002)

Legenda:

PP – Participantes do Projeto

EO – Entidade Operacional

CE – Comitê Executivo

AND – Autoridade Nacional Designada

COP/MOP – Conferencia das Partes/Membros das Partes

CRE – Certificados de Redução de Emissões

Segundo a FAO (2004) as florestas têm quatro papéis principais na mudança do clima: como uma fonte do dióxido de carbono quando destruído ou degradado; como um indicador sensível de um clima em mudança; como uma fonte de biocombustível para substituir combustíveis fósseis e como um dissipador do carbono, quando controlado sustentavelmente. Removendo o dióxido de carbono da atmosfera, armazenando-o na biomassa, nos solos e nos produtos, e oferecendo

uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis, elas fornecem um serviço ambiental original.

Os primeiros negócios com certificados de crédito de carbono foram brasileiros e, justamente com florestas “nesta quarta-feira (15/11/04), o Ministério do Meio Ambiente, a Itaipu Binacional e a Secretaria de Meio Ambiente do Paraná assinaram acordo de cooperação técnica para a formulação de projetos, visando a obtenção dos créditos de carbono, com o apoio do Prototype Carbon Fund, administrado pelo Banco Mundial” (GRUPO BANCO MUNDIAL, 2004).

Um destes projetos creditados é o programa Arpa (Áreas Protegidas da Amazônia do MMA) onde o Ministério do Meio Ambiente vai contar com investimentos de US\$ 80 milhões nos próximos anos. Esse dinheiro será usado na criação e conservação das áreas protegidas da Amazônia brasileira. As áreas são criadas para preservar os recursos naturais da região amazônica, além de garantir o desenvolvimento sustentável com o uso racional dessas riquezas. Neste programa já foram criadas unidades de conservação num total de 9 milhões de hectares, metade do previsto para a primeira fase do programa, que vai até 2007. Até 2013 serão protegidos 37 milhões de hectares da Amazônia brasileira.

Outro credenciado é o Projeto Gerar, de Nova Iguaçu, foi o primeiro no mundo a ser oficialmente inscrito como projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto. O registro no MDL, ocorreu em 15/11/04 na sede do MDL em Bonn, Alemanha, que assinalou a criação e entrada em vigor efetiva do mercado de créditos de carbono, um importante mecanismo para reduzir emissões de gases que causam o aquecimento global e outras formas de poluição.

3.7 PROTOCOLO DE QUIOTO

O protocolo de Quioto tem como principal função, estabelecer princípios e formas de controle no acréscimo dos gases do efeito estufa, em especial o gás carbônico, pois os cientistas do mundo todo estão alertando para alguns dos efeitos maléficos disso. O principal deles é o chamado efeito estufa.

Cenamo; Brusckhorst; Gavalvão (2004) relatam que os cientistas de maneira geral concordam que a temperatura da superfície terrestre sofreu um aumento de aproximadamente $0,7^{\circ}\text{C}$ nos últimos 100 anos.

Durante milênios (EFEITO ESTUFA, 2003) os ciclos da água e do gás carbônico, mantiveram a entrada e a saída do calor na atmosfera de forma equilibrada, de tal forma que as variações do clima no planeta foram vagarosas, mesmo obedecendo às variações de temperaturas do dia para a noite, inverno e verão e assim por diante.

Os gases como o vapor d'água, o gás carbônico e o gás metano mantêm as temperaturas da Terra em uma média de cerca de 15°C . Sem as suas presenças, esta média cairia para um grau abaixo de 0°C (EFEITO ESTUFA, 2003).

No decorrer dos últimos 100 anos a quantidade de gás carbônico na atmosfera tem aumentado consideravelmente de forma muito rápida em função da explosão demográfica, do desenvolvimento industrial acelerado, desmatamentos e queimadas de florestas.

Nas últimas décadas vem ocorrendo um crescente aumento, a nível global, do gás carbônico na atmosfera, muito em função da queima de combustíveis fósseis (EFEITO ESTUFA, 2003), Numa análise feita com dados dos últimos 150 anos

constatou que o conteúdo de gás carbônico aumentou 25% e a temperatura média global aumentou na faixa de 0,3 a 0,6° C.

Estudos mostram que o aumento da concentração dos GEE, gerada em grande parte por atividades econômicas e industriais, poderá causar um aumento da temperatura média do planeta entre 3 a 5° C nos próximos 100 anos. Entre os gases do efeito estufa, que estão aumentando de concentração, o dióxido de carbono (CO₂), o metano e o óxido nitroso são os mais importantes. Devido a grande quantidade emitida, o CO₂ é o que apresenta a maior contribuição para o aquecimento global. Se a concentração de CO₂ continuar aumentando, a elevação da temperatura da Terra causará um aumento no nível dos mares e alteração na variabilidade de eventos hidrológicos, colocando em risco a vida no planeta (RENNER, 2004, p.01).

EMBRAPA (2000) cita que a concentração de gás carbônico ou CO₂ no ar era cerca de 290 ppmv (parte por milhão, em volume) no início da Revolução Industrial e vem crescendo, desde então, com maior intensidade após a Segunda Guerra, devendo atingir cerca de 380 ppmv no ano 2010.

Mesmo o gás carbônico estando numa concentração muito pequena, apenas 350 ppm, ele é capaz de absorver os raios infravermelhos (EXPLICAÇÃO DO EFEITO ESTUFA, 2003).

Este acréscimo na concentração de gás carbônico é um dos responsáveis pelo efeito estufa. Efeito estufa é, portanto, o efeito proveniente da absorção, pela atmosfera, da radiação solar. O acúmulo de gases não libera o calor da atmosfera para o espaço provocando o aquecimento (EFEITO ESTUFA, 2003).

O termo efeito estufa é usado popularmente referindo-se à influência que determinados componentes variáveis da camada mais baixa da atmosfera têm sobre as temperaturas da superfície.

O nome efeito estufa (EFEITO ESTUFA, 2003) originou-se das estufas de plantas. O teto de vidro das estufas deixa entrar a luz trazendo o “calor”, mas não deixa sair aquecendo-a.

Webber; Sanquetta; Mello (2003) citam que o carbono faz parte de dois gases: metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂) é o elemento “mestre” nos ciclos globais chamados ciclos biogeoquímicos.

O carbono que se encontra estocado nos ecossistemas terrestres até 100 centímetros no solo, 1330-1500 giga toneladas de carbono, é mais que o dobro do estocado na biomassa vegetal (C&T BRASIL, 2003).

Da emissão total de 7,1 (± 1,1) bilhões de toneladas de carbono por ano, emitidos por ações antrópicas, estima-se que 3,4 (± 0,2) permanecem na atmosfera (BRANDÃO, 2002). A nível mundial é a geração de energia a principal atividade contribuidora de gases do efeito estufa, em seguida a agricultura junto ao desmatamento. A indústria representava em 1995 (Tabela 8) a menor fonte contribuidora com os gases do efeito estufa com apenas 3% do total.

Tabela 8: Contribuição das atividades na emissão dos gases de efeito estufa.

Atividade	Contribuição (%)
Energia	57
CFC	17
Agricultura	14
Desmatamento	9
Indústria	3
Total	100

Fonte: (GOLDEMBERG apud Scarpinella, 2002)

Baral; Guha (2004) comentam que as emissões do carbono do desmatamento são ainda ao redor de 2 bilhões de toneladas por ano. Práticas de conservação e manejo, junto com orientação técnica de reflorestamento pode captar o carbono fornecido pelo ecossistema terrestre.

Em Marrakesh, na Conferência das Partes de outubro de 2001, da qual participaram 167 países, foram aprovadas as regras básicas do mercado de

carbono, através da criação dos Certificados de Redução de Emissões e da Transferência de direitos e bônus de emissão.

O protocolo foi ratificado pela maioria dos países participantes, restando ainda os principais atores nesse contexto: EUA e Canadá (VEIGA, 2002). A Rússia assinou o tratado recentemente, em fins de 2004, fazendo com que o mesmo entrasse em vigor; pois agora mais de 55% dos maiores emissores o assinaram.

O protocolo de Quioto prevê atividades silviculturais de mudanças do uso da terra (LULUCF) que são incluídas no artigo 3.3 do Protocolo de Quioto. É permitido utilizar os resultados dessas atividades pelas partes, afim de que alcancem suas metas estabelecidas no Protocolo para o primeiro período de compromisso (que serão requeridos para o segundo período de compromisso).

Na questão do uso da terra, o Art. 3.3 do Protocolo de Quioto visa somar várias categorias de sumidouros adicionais como administração de florestas e terras agrícolas.

Na 9ª Conferência das Partes (COP 9), realizada em Milão (dezembro de 2003), na Itália, o Mecanismo do Desenvolvimento Limpo teve suas regras aprovadas e as questões relativas ao seqüestro de carbono (plantio de florestas em países em desenvolvimento) encaminhadas. Também foram tomadas decisões sobre as modalidades e procedimentos para projetos e atividades de florestamento e reflorestamento, no contexto do MDL. Para a próxima conferência, serão também consideradas e submetidas às partes as possíveis modalidades de projetos de pequena escala e os procedimentos simplificados para sua implementação.

Em março de 2001 (O EFEITO ESTUFA, 2003) os Estados Unidos anunciaram que não ratificariam o protocolo de Quioto, e em fevereiro de 2002 estabeleceram sua própria iniciativa da mudança do clima, como as reduções

voluntárias da intensidade da emissão. Além disso, as companhias dos Estados Unidos podem comprar créditos de carbono no mercado internacional.

O senado americano afirmou (TIESZEN, 2004) ter sido apoiado por diversos outros países desenvolvidos, que não ratificariam o Protocolo a menos que todos os países em desenvolvimento também o fizessem.

“A preocupação é, em especial, com China, Índia, Brasil e Coréia do Sul, países com emissões ainda baixas, mas rapidamente crescentes, assim como suas economias e competitividade” (TIESZEN, 2004). Para se entender as razões dessas divergências é necessário reconhecer que há uma injustiça fundamental no problema da mudança do clima. Os países ricos são os principais responsáveis pelo aumento dos gases de efeito estufa. Os países em desenvolvimento temem que tenham que restringir suas atividades industriais devido à margem de segurança de poluição da atmosfera já ter sido esgotada.

A posição oficial brasileira (ANTENA VERDE, 2004) em relação a este assunto tem sido muito enfática, no sentido de manter o país sem assumir compromissos oficiais, ainda que estimulando ações no sentido da eficiência energética ou de projetos de seqüestro de CO₂.

A COP – 8 (C&T BRASIL, 2003) sugere desenvolver e recomendar, modalidades e procedimentos simplificados para as atividades de projeto de pequena escala do mecanismo de desenvolvimento limpo como as atividades de projeto de energia renovável com capacidade máxima de produção equivalente a até 15 megawatts (ou uma equivalência adequada).

Já quanto à elegibilidade das atividades de projeto de uso da terra (C&T BRASIL, 2003), mudança no uso da terra e florestas, no âmbito do mecanismo de desenvolvimento limpo, limita-se ao florestamento e ao reflorestamento.

O Brasil (C&T BRASIL, 2003) tem 2/3 dos solos ainda sob vegetação, detém a maior área com floresta densa do mundo e tem a maior taxa de desmatamento, aproximadamente 15.000 km²/ano.

Com a entrada em vigor do Protocolo de Quioto abre-se um mercado enorme, a nível global no sequestro de carbono em florestas nativas ou cultivadas.

Para se habilitar aos créditos de carbono (VEIGA, 2002) é feito um projeto técnico-científico e financeiro, onde são prescritas as quantidades de carbono fixado, bem como os montantes financeiros atribuídos, uma vez formalizado o projeto, poderá ocorrer a negociação entre as partes: a que se interessa em adquirir créditos de carbono e aquela detentora da floresta.

Com o uso das árvores na absorção do carbono (VEIGA, 2002) se forçaria os países industrializados a reduzirem as emissões de poluentes compensando, assim, financeiramente os países em desenvolvimento que preservarem e/ou manejarem sua cobertura florestal.

Com a preservação ou recuperação da vegetação do planeta, no Brasil, o recebimento de recursos para recuperação de áreas degradadas e no reflorestamento, ajudaria a recompor nossas florestas. Recursos estes de certificados de seqüestro de carbono. Já os desmatamentos e queimadas representam liberação do carbono fixado na floresta (VEIGA, 2002).

Antecipando-se nesta questão do carbono os ministros de Meio Ambiente dos 15 países que compõem a União Européia (UE) aprovaram por unanimidade o estabelecimento do primeiro mercado internacional de trocas de emissões de gases que geram o efeito estufa, especialmente o gás carbônico (CO₂) (BBC BRASIL, 2003). Uma vez aprovado pelo Parlamento Europeu o mercado funcionará a partir de 2005 e permitirá que os países contabilizem as emissões de CO₂ por suas

principais indústrias, permitindo que essas empresas comprem e vendam direitos de emitir o gás.

Segundo o Ministro do Meio Ambiente da Dinamarca, Hans Christian Schimidt o “sistema de troca de cotas de CO₂ permitirá que as indústrias européias reduzam as suas emissões de maneira mais efetiva e mais barata”. “É bom para o meio ambiente, para as empresas e para a economia”, completou (BBC BRASIL, 2003). As vegetações em crescimento acelerado (EMBRAPA, 2000), liberam mais oxigênio, por unidade de área, que as florestas maduras, como a Amazônia, por estarem armazenando carbono.

“Por isso, o dito: ‘a Amazônia é o pulmão do mundo’ tem alguma razão apenas quanto a fixação (“seqüestro”) de carbono (C), isto é, quanto à imobilização de C na biomassa da floresta” (EMBRAPA, 2000).

Cerca de 80% de todo o carbono terrestre está estocado na vegetação e cerca de 40% deste carbono presentes nos solos (RENNER, 2004).

As florestas são responsáveis por mais de 1/3 do carbono armazenado e pelo oxigênio liberado em função deste armazenamento (Tabela 9).

Além disso, com o advento do Protocolo de Quioto e o reconhecimento nele do uso das atividades florestais e sugadouros de carbono como instrumentos aceitáveis para abordar o aumento do carbono atmosférico, o papel das florestas plantadas como seqüestradores de carbono adquiriu um novo significado. Em alguns países, como por exemplo os Estados Unidos, esta abordagem tornou-se um elemento explícito de política nacional. O Protocolo de Quioto autorizou a criação de um mercado internacional para esquemas de seqüestro de carbono, onde os países desenvolvidos podem comprar as reduções de emissões, externamente certificadas, dos países em desenvolvimento, para compensar os seus limites nacionais para emissões (CRIAÇÃO E SUGADORES ..., 2003)

A maior quantidade de carbono se encontra armazenada nos oceanos (48,72%), sendo o maior contribuinte com oxigênio na atmosfera (48,31%), (tabela 9) e a menor quantidade nas terras aráveis (19,23%) contribuindo com 19,32% do

oxigênio emitido, ficando as florestas (32,05%) numa posição intermediária com a contribuição de 32,37% do total de equivalência de oxigênio liberado (Tabela 9).

Tabela 9: Quantidade de carbono armazenado e equivalência de oxigênio liberado

Local	C (Mg/ha)	O ₂ (Mg/ha)
Oceanos	3,8	10,0
Florestas	2,5	6,7
Terras aráveis	1,5	4,0

Fonte: EMBRAPA (2000)

3.8 CUSTO DE PRODUÇÃO

No que se refere ao custo com os reflorestamentos, foi realizado uma análise econômica de um hectare de pinus para empresários e para agricultores. Este estudo foi realizado numa empresa onde considerou-se apenas os custos dos empresários (KREUZ; BAÚ, 2001) e outro estudo semelhante feito por Souza; Kreuz; Motta (2004), na região de Palmas – PR, também com pinus em empresas, que mostra uma rentabilidade maior, devido à valorização da madeira, além de inflação, pelo melhor preço internacional.

O custo inicial no trabalho de Kreuz; Baú (2001) (Tabela 10) se deve ao fato de ser para uma condição que necessitava de uma limpeza antes do plantio, já no caso de Souza; Kreuz; Motta (2004) isto não era necessário nos campos de Palmas onde o plantio é realizado sem nenhum preparo inicial do local. Neste segundo estudo também se observa a grande diferença no valor da madeira entre 2001 e 2004, tendo um aumento significativo neste período; por isso um valor muito maior na produção que repercutiu na análise econômica.

Apenas o valor da terra é que foi aquele divulgado pelo ICEPA-SC com valores para 2004; pois as terras, com aptidão para reflorestamento, tiveram uma grande valorização nos últimos 5 anos (ICEPA , 2004)

O preço da madeira, comparativamente à de pinus, atinge até 85% a mais dependendo do diâmetro das toras. Para madeira processada o preço atinge até 36% a mais em relação à de pinus. Em 1998, os preços médios recebidos pelos produtores por m³ de tora de primeira variavam entre R\$ 60,00 e R\$ 80,00 para a araucária e de R\$ 30,00 e R\$ 40,00 para pinus. A proporção m³ tora/m³ tábua é de 1,6 para araucária e de 2,3 para pinus. Assim, a viabilidade econômica para a araucária é alcançada quando o incremento médio é de 17 m³/ha/ano, enquanto para pinus esse valor só é alcançado em áreas com incremento médio de 35 m³/ha/ano (MATTOS, 1994, p.142).

No entanto, desde o começo de sua comercialização (por volta de 1910) até hoje, a madeira de araucária vem gozando de uma ótima aceitação no mercado nacional e internacional devido às suas propriedades e amplas possibilidades de aproveitamento. Hoje, sua madeira tem um valor de mercado duas vezes maior que o do pinus (WACHTEL, 2001, p.03).

Tabela 10: Fluxos de caixa anual e a taxa interna de retorno (TIR) de 1 ha de floresta de pinus, na região de Caçador, SC(A) e em Palmas, PR(B)

Ano de ocorrência	Caçador (A)	Palmas (B)
0	-1498,00	-1033,94
1	-300,00	-167,85
2	-300,00	-111,90
3	-300,00	-274,15
4	-150,00	-162,25
5	----	0,00
6	-150,00	0,00
7	----	-207,01
8	----	2044,38
9	480,00	0,00
10	----	0,00
11	----	0,00
12	----	3786,63
13	----	0,00
14	2240,00	0,00
15	----	0,00
16	----	8898,13
17	----	0,00
18	14800,00	0,00
19	----	0,00
20	----	36590,65
Custo real	2698,00	1957,10
Custo da terra(*)	5679,33	6381,30
Custo total	8377,33	8338,39
Valor	17520,00	51319,79
Saldo	9142,67	42981,40
VLP	8097,18	15366,15
TIR a.a.	12,48%	23,58%
TIR a.m.	0,89%	1,78%
Saldo líquido	3463,34	36600,10

Fonte: (A) Kreuz; Baú (2001)

(B) Souza; Kreuz; Motta (2004)

(*) Custo oportunidade de 6% ao ano

Adaptados e atualizados pelo IGP-di para abril de 2004

Estes são valores para outubro de 2000 (Caçador-A) e para junho de 2003 (Palmas-B) que foram atualizados para poder compará-los. A estes valores deve ser adicionado o custo oportunidade do valor da terra. Neste estudo, foi considerado o rendimento da poupança como custo oportunidade da terra em 6% ao ano.

A diferença de valores da produção se deve, basicamente, ao maior valor unitário relativo da madeira em 2003, em relação a 2000.

Além do valor comercial dos produtos físicos das florestas é possível também valorizar o carbono por elas armazenado, pois o tratado de Quioto já está vigorando e os primeiros negócios de crédito de carbono já foram realizados.

As florestas podem ser manejadas para reduzir a concentração atmosférica de gás carbônico e, desta forma, mitigar as mudanças climáticas globais. Este processo de manejo pode incluir: produção de madeira para indústria e energia, proteção dos recursos naturais, recreação, recuperação de áreas degradadas, etc (ROCHADELLI, 2001).

Além do valor da madeira comercial (fuste), prevista nos cálculos de Kreuz; Baú (2001), há os outros produtos como a casca, a serragem e os ramos que têm valor no mercado. Agora existe também mais um valor, o carbono armazenado durante o processo produtivo que pode ser valorizado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO

O levantamento dos dados da pesquisa foi realizado em áreas de araucária cultivada pela empresa MADEPINUS, de propriedade da Família Grando, no município de Caçador, Estado de Santa Catarina.

O município de Caçador localiza-se no meio oeste catarinense, às margens do Rio do Peixe, logo abaixo da sua nascente. Esta região é denominada de Alto Vale do Rio do Peixe (Figura 3).

A área, onde se localizam os projetos de araucárias, é no interior do município, no distrito de Taquara Verde. É nesta localidade que estão os 6 projetos, objeto da presente pesquisa

Os projetos estão localizados em áreas separadas por pequenas distâncias entre si, no máximo 3 quilômetros, tendo a sede do distrito e da serraria como um ponto mais ou menos central deles.

Na sede do distrito de Taquara Verde se localiza a serraria da MADEPINUS, cujo terreno faz divisa com a Floresta Nacional (FLONA) de Caçador.

A rodovia estadual asfaltada SC 451, que liga a sede do município à BR 153 no município de Água Doce, passa em frente à serraria e à sede da FLONA. Dista 30 quilômetros da cidade de Caçador no sentido oeste.



Figura 3: Localização do município de Caçador, SC

Três das áreas do estudo localizam-se antes da sede do distrito, duas a norte e uma a oeste da mesma.

Cada uma das 6 áreas, onde se realizou a pesquisa, têm idades diferentes entre si; em novembro de 2003, época da realização da pesquisa os povoamentos de araucária estavam com 19; 20; 23; 28; 32 e 34 anos de idade.

Para facilitar sua identificação foram nomeados com a idade dos mesmos precedidos da letra P maiúscula. Assim, o reflorestamento com 19 anos será denominado projeto 19 e simplificado como P19, aquele com 20 anos de projeto 20 como P20, e assim por diante.

4.2 SOLO

Apesar das áreas dos projetos estarem distantes em até três quilômetros entre uma área e a da outra, o tipo de solo é o mesmo conforme classificação da EMBRAPA (1999) como sendo dentro do grupo Terra Bruna Estruturada álica (TBa4).

São solos fortemente ácidos, com baixa reserva de nutrientes, e com alta saturação por alumínio trocável.

Terra Bruna Estruturada Álica (TBa4) tem textura muito argilosa e argilosa e diferencia-se dos demais por ser constituído por solos que apresentam um horizonte superficial com cerca de 25 a 30 centímetros de espessura (A proeminente). São encontrados principalmente nas microrregiões Campos de Curitiba e Colonial do Rio do Peixe, estando concentrada nos municípios de Caçador, Curitiba e Treze Tílias.

O relevo é ondulado e, as partes de topografia mais movimentada, forte ondulado. São solos fortemente ácidos, conforme atestam os valores médios de pH do horizonte A (4,6) e do B (4,9). Em todas as amostras coletadas na área destes solos, em número de 9, o pH (H₂O) é sempre maior que o pH (KCl), indicando predominância de cargas negativas no complexo coloidal.

4.2.1 Considerações sobre a Utilização Agrícola

Caracteriza-se por apresentar baixa fertilidade natural, aliada aos elevados teores de alumínio trocável como a principal restrição ao uso agrícola, necessitando,

conseqüentemente, de grandes quantidades de fertilizantes e doses maciças de corretivos, além de um manejo adequado para solos de textura muito argilosa. Além da deficiência de fertilidade, tem sua utilização limitada pela pequena espessura do perfil, pela pedregosidade, pela suscetibilidade a erosão e pelo impedimento à mecanização.

Ainda quanto à capacidade de uso do solo, Rosso; Pundek (1991) o descrevem como classe 3, recomendado para pastagens e florestas com restrições a culturas anuais. Os principais fatores restritivos à mecanização são a baixa fertilidade, altos teores de alumínio e a declividade.

4.3 CLIMA

Segundo Köeppen, descrito por Pereira (2002), o clima é úmido, grupo C, mesotérmico (temperado quente) com temperatura do mês mais frio entre -3°C e 18°C (temperado úmido); subgrupo subtropical, sem estação seca e temperatura do mês mais quente inferior a 22°C . Caracterizado por um clima temperado, Cfb, constantemente úmido, sem estação seca, com verão fresco (temperatura média do mês mais quente $< 22,0^{\circ}\text{C}$). As temperaturas do mês mais frio variam entre $10,0$ e $11,5^{\circ}\text{C}$. As temperaturas médias normais máximas variam entre $20,7$ e $23,7^{\circ}\text{C}$. As temperaturas médias normais mínimas entre $9,1$ e $10,8^{\circ}\text{C}$. A temperatura média se situa entre $14,4$ e $16,3^{\circ}\text{C}$.

A precipitação média anual é de 1.672 mm, com máxima de $2.633,8$ mm e mínima de $948,8$ mm de chuva.

4.4 ALTITUDE

A altitude média do local é de 1.100 metros acima do nível do mar, com variações desde 950 até 1.250 metros acima do nível do mar devido à declividade acentuada da região.

4.5 CARACTERIZAÇÃO DOS REFLORESTAMENTOS

Entre os primeiros reflorestamentos cultivados na região de Caçador, no fim da década de 60 e início da década de 70, a MADEPINUS foi pioneira e mais tarde outras empresas do município implantaram reflorestamentos. A empresa implantou os primeiros projetos de florestas cultivadas com araucárias e pinus.

Os plantios, que fazem parte deste estudo, foram realizados de 1.969 a 1.984, ano em que fora plantado o último projeto com araucárias pela MADEPINUS.

As áreas onde foram cultivados os 6 projetos, já haviam sido desprovidas de suas florestas nativas para o cultivo com cereais (na época com milho e trigo, muito raramente pequenas áreas com feijão).

No momento do plantio as áreas estavam em pousio de inverno; isto é, a cultura anual de verão havia sido colhida e não se cultivou a de inverno naquele ano.

Normalmente eram realizadas uma roçada e uma queimada antes do plantio.

Os pinhões, para o plantio, eram colhidos de árvores da própria localidade ou localidades vizinhas por pessoas que ali moravam. A coleta não obedecia

nenhum critério de seleção, simplesmente ao acaso onde os pinhões estavam maduros. Daí eram levados até a sede da empresa e esta os destinava ao plantio.

Os pinhões eram plantados diretamente no local definitivo, 2 a 3 por cova de cerca de 10 centímetros de profundidade, num espaçamento de 2 metros entre filas e 2 metros entre plantas; ou seja, 2.500 covas por hectare. Sempre que necessário eram realizadas roçadas e coroamento com cerca de 1 metro de diâmetro em torno das covas.

No inverno seguinte ao do plantio era executado o raleio de plantas nas covas deixando-se apenas 1 muda por cova, restando 2.500 plantas por hectare nesta fase inicial do cultivo.

O primeiro desbaste foi realizado aos 10 anos de idade cortando-se cerca de 50% das árvores, restando cerca de 1.250 árvores por hectare; o segundo foi aos 15 anos cortando-se cerca de 33% das árvores remanescentes, restando em torno de 835 árvores por hectare e o terceiro, e último desbaste, foi aos 20 anos cortando-se novamente 33% das árvores existentes, restando em média 560 árvores por hectare. Nos 3 desbastes sempre foram cortadas as árvores mais finas ou defeituosas (desbaste seletivo).

Não foram realizadas as desramas; pois havia a queda natural dos ramos, devido a alta densidade e a conseqüente deiscência dos ramos. Além disso, naquela época não era executada esta prática nos reflorestamentos.

Os resíduos do primeiro e do segundo desbaste foram deixados no próprio local; pois não havia mercado para eles. No terceiro desbaste foram aproveitadas as partes do fuste que possuíam diâmetro superior a 20 centímetros, pela própria empresa, e o resíduo das árvores desbastadas permaneceu no local.

4.6 AMOSTRAGEM

Para o levantamento dos dados necessários ao desenvolvimento da pesquisa, foi adotado o método da amostragem casual simples que é constituída de elementos retirados ao acaso da população, onde todo o elemento da população tem probabilidade fixa de ser amostrado (VIEIRA, 1999). Cada uma das 6 idades foi amostrada separadamente.

Na amostragem foi estabelecido o tamanho de cada parcela amostral (tamanho da unidade amostral) e o número delas em cada projeto para que representasse a população dentro de uma margem de erro aceitável (intensidade amostral).

4.6.1 Unidade Amostral

Adotou-se o tamanho da unidade amostral, utilizada pelas empresas da região na realização dos inventários florestais das mesmas ou seja 20 x 20 metros. Além disso, este tamanho está num valor intermediário aos vários valores utilizados pelos diversos autores no estudo de povoamentos de araucária.

Para o sorteio das unidades amostrais foi adotado o processo de amostragem aleatória simples ou casualizada.

Como as florestas foram plantadas em espaçamento de 2 x 2m, iniciou-se a marcação das unidades amostrais no meio da linha de árvores. Esta linha servia como linha básica. A partir dela era marcado o quadrado de 20 metros de lado, onde as demais linhas eram demarcadas com ângulo de 90º entre elas obtendo-se um quadrado de 400 m² de área por unidade amostral.

Os ângulos retos foram obtidos através de um triângulo retângulo, formado com a própria trena nas dimensões de 6; 8 e 10 metros cada lado do mesmo.

Foram consideradas como pertencentes à unidade amostral as árvores que possuíam mais de 50% do seu diâmetro dentro da demarcação da mesma.

4.6.2 Intensidade Amostral

A intensidade amostral é o número de unidades amostrais a serem coletadas na população afim de que o erro amostral ou a probabilidade de representatividade da mesma fique em níveis aceitáveis. Neste trabalho o erro máximo aceitável foi de 10% da média.

A intensidade amostral foi estimada a partir de um erro amostral máximo de 10% da média dos volumes totais (do tronco) e comerciais (do fuste) com base na fórmula de Cochran (1965, p.30) ($n = (S^2 \cdot t^2) / E^2$).

O estudo teve como parâmetro básico inicial o volume, desta forma foram utilizados os dados dos volumes total e comercial, tanto para a variância quanto para a média. Para determinação da intensidade amostral foram levantados os dados em 8 unidades amostrais no povoamento com 28 anos de idade e após foi aplicada a fórmula de Cochran (1965) e calculadas as intensidades amostrais para o número de árvores, volume total e volume comercial.

4.6.3 Coleta dos Dados a Campo

O levantamento de campo foi realizado no período de setembro de 2003 a fevereiro de 2004.

Dentro de cada unidade amostral foram coletados os seguintes dados: altura total (HT), altura comercial (HC) e circunferência a altura do peito (CAP). A altura foi tomada com hipsômetro modelo Blume-Leiss da Winkel, escala de 0,5 metro, fazendo-se a leitura a 20 metros de distância com auxílio de uma trena de igual comprimento. Desta distância das árvores, anotou-se a leitura na base (no colo da árvore), no fim do fuste e na extremidade da copa. A diferença entre a leitura do fim do fuste e da base foi considerada como altura comercial. A diferença entre a leitura da extremidade da copa e da base corresponde a altura total da árvore.

A circunferência a altura do peito foi tomada com trena flexível modelo Level, marca Fanyi com 1,5 metro de comprimento e com divisões de 1 centímetro.

4.6.4 Corte de Árvores e Coleta das Amostras Laboratoriais

Para os cálculos dos volumes reais das árvores, estimativa da biomassa e do carbono dos reflorestamentos em estudo, coletou-se amostras das várias partes das mesmas em toda a amplitude diamétrica para análises laboratoriais, pelo método destrutivo de árvores distribuídas.

Para melhor definir as árvores e os demais parâmetros a serem analisados e calculados, além de se abater o menor número de árvores possível, devido esse processo ser destrutivo trabalhoso e caro, assim sendo, nos 6 projetos, foram realizadas a distribuição em classes diamétricas. Outra razão para a divisão em classes diamétricas é o fato dos dados serem do tipo quantitativos contínuos, isto é, há a possibilidade de ocorrência de um número grande de dados diferentes e esta diferença é muito pequena e com uma precisão limitada, neste caso a CAP, lida no

campo, tinha uma precisão de 1 milímetro; pois esta era a escala marcada na fita métrica.

4.6.5 Divisão em Classes Diamétricas

A divisão em classes diamétricas foi definida com o uso de duas fórmulas diferentes: uma sugerida por Vieira (1999) e a outra de Sturges (CRESPO, 1993).

Na primeira é calculado o número de classes com base na quantidade de dados amostrados, independente da sua amplitude. A segunda, a de Sturges, utiliza a amplitude dos dados amostrados para calcular o número de classes.

Neste estudo as classes foram determinadas em função do diâmetro (amplitude da CAP), por isso utilizou-se a fórmula de Sturges.

O cálculo do tamanho ou intervalo das classes foi baseado na seguinte fórmula:

$$TC = A/N$$

Onde:

TC = tamanho da classe;

A = amplitude da CAP;

N = número de classes pela fórmula de STURGES.

O extremo inferior e superior de cada classe foi estabelecido partindo-se pela fixação do limite inferior, da primeira classe, como sendo a menor CAP de cada faixa etária, adicionando-se a este valor o tamanho da classe, obteve-se o extremo superior desta, que é o extremo inferior da segunda classe, e assim por diante até a sétima e última classe.

4.6.6 Número de Árvores Abatidas

Neste estudo, adotou-se por cortar uma árvore média por classe diamétrica de cada idade perfazendo ao todo 42 árvores (7 classes diamétricas x 6 idades). Cada árvore destas representava a sua respectiva classe, por isso devia ter a CAP média e também a altura total e a altura comercial média da mesma. Assim, cada um dos intervalos estaria representado nos 3 parâmetros básicos da amostragem: CAP, altura total e altura comercial.

Como cada uma destas árvores representou a sua classe no respectivo projeto elas foram cuidadosamente selecionadas em toda a área de cada idade.

4.6.7 Coleta de Dados das Árvores Abatidas

Definida cada árvore o funcionário da empresa a abatia com o uso de uma motosserra.

Destas árvores foram coletados os seguintes dados:

- a) Comprimento do toco que restou abaixo do corte do tronco;
- b) Comprimento do fuste (altura comercial);
- c) Comprimento da ponta acima do fuste;
- d) Diâmetro da base do corte do fuste com casca e sem casca ($h_{0,0000}$);
- e) Diâmetro a 16,67% da altura comercial acima da base com casca e sem casca ($h_{0,1667}$);
- f) Diâmetro a 33,33% da altura comercial acima da base com casca e sem casca ($h_{0,3333}$);

- g) Diâmetro a 50,00% da altura comercial acima da base com casca e sem casca ($h_{0,5000}$);
- h) Diâmetro a 66,67% da altura comercial acima da base com casca e sem casca ($h_{0,6667}$);
- j) Diâmetro a 83,33% da altura comercial acima da base com casca e sem casca ($h_{0,8333}$);
- l) Diâmetro a 100,00% da altura comercial acima da base; ou seja, na extremidade superior do fuste, com casca e sem casca ($h_{1,0000}$);
- m) Diâmetro a 50,00% do comprimento da ponta do tronco (acima do fuste) com casca e sem casca;
- n) Peso dos galhos finos (até 5 centímetros de diâmetro na base de inserção no tronco);
- o) Peso dos galhos médios (de 5 a 10 centímetros de diâmetro na base de inserção no tronco);
- p) Peso dos galhos grossos (mais de 10 centímetros de diâmetro na base de inserção no tronco)
- q) Peso das folhas (grimpas) que foram separadas dos galhos;

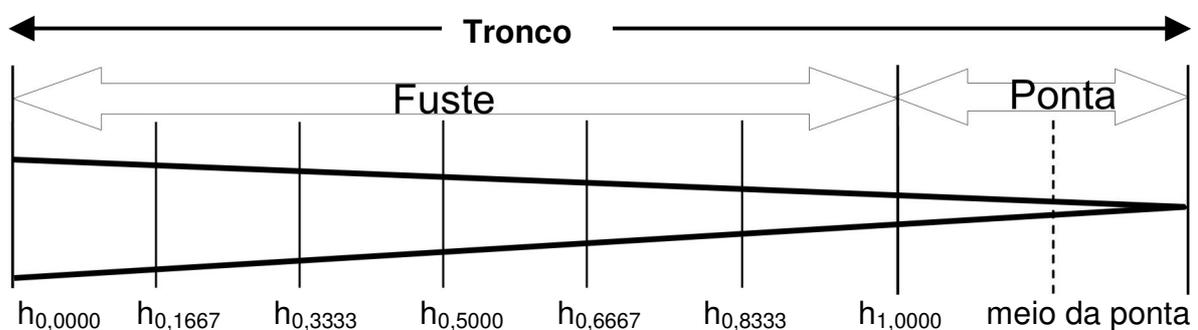


Figura 4: Esquema dos pontos de coleta dos dados e das amostras do tronco

Observações: 1) $h_{x,xxxx}$ = distância da base em relação à altura ou comprimento do fuste.

2) O comprimento de cada um dos 6 segmentos da altura do fuste é igual e corresponde a 16,67% da mesma.

4.6.8 Coleta de Amostras para Análise Laboratorial

Para proporcionar condições de analisar os teores de carbono contido em cada parte da planta, esta foi dividida em seus vários segmentos constituintes.

Neste trabalho foram coletadas amostras separadas do fuste, da ponta do tronco, do toco, dos galhos e das folhas das árvores abatidas.

4.6.8.1 Amostras do tronco

Neste estudo foram coletadas 5 amostras (discos) do tronco, sendo uma do toco, três do fuste e uma da ponta do tronco.

4.6.8.2 Amostras do fuste

Com a finalidade de detectar se havia diferença nos teores de carbono e de densidade na biomassa, ao longo do fuste, decidiu-se por coletar amostras do meio de cada um dos terços do seu comprimento. Apesar de haver a possibilidade de se coletar 5 amostras, no meio de cada sexto seccionado do fuste, já que assim foram feitas as secções na coleta de dados dele, constatou-se que resultaria um número muito grande de amostras para análise, em decorrência aumentaria muito os custos laboratoriais, além do que, 3 amostras já possibilitaria detectar possíveis diferenças.

As 3 amostras, discos ou fatias (Figura 40), foram coletadas com cerca de 5 centímetros de espessura com uso de motosserra. Para tanto, o fuste ao ser dividido em seis partes iguais para a coleta de dados serviu também para definir os três pontos de coleta dos discos amostrais, ou seja, um no meio do terço inferior ($h_{0,1667}$)

do comprimento do fuste que coincide com o limite superior do primeiro sexto do mesmo, outro no meio do terço central ($h_{0,5000}$) que coincide com o limite superior do terceiro sexto e outro no meio do terço superior ($h_{0,83333}$) que coincide com o limite superior do quinto sexto do comprimento do fuste ou da altura comercial.

4.6.8.3 Amostra da ponta

Além das 3 amostras do fuste ainda foi coletado uma fatia da ponta do tronco (parte do tronco acima do fuste). A retirada do disco como amostra, com cerca de 5 centímetros de espessura, foi no meio do comprimento total da ponta.

4.6.8.4 Amostra do toco

Da parte do fuste que ficou abaixo do corte do mesmo retirou-se uma fatia, com cerca de 5 centímetros de espessura, do seu topo, para servir como amostra deste segmento.

4.6.8.5 Amostras dos ramos

As amostras laboratoriais dos ramos foram coletadas no mesmo momento das demais; porém houve a necessidade de prepará-los antes. Dos ramos foram retiradas suas folhas separando-se assim em galhos e em folhas e de cada um destes materiais foram coletadas amostras separadas.

Para amostragem dos galhos, dividu-se em 3 classes: finos com menos de 5 centímetros de diâmetro na base; médios de 5 a 10 centímetros de diâmetro na base e grossos com mais de 10 centímetros diâmetro na base.

De cada classe de ramo coletou-se uma amostra com cerca de 10 centímetros de comprimento da parte central de 10 galhos.

4.6.8.6 Amostra das folhas

Seguindo o critério, de ter na amostra material das várias partes da copa, coletou-se todas as folhas da planta (separando-as dos galhos com facão), misturou-se e pesou-se, (com balança de varão com precisão de hectograma). Após a pesagem, as mesmas foram picadas com o facão, misturadas e coletada uma amostra de um quilo da miscelânea para servir como amostra.

4.6.8.7 Amostra da serapilheira

A biomassa de serapilheira foi obtida através de 30 unidades amostrais aleatórias, de 1 m² cada, distribuídas em cada um dos 6 projetos. As demarcações de 1 m² foram obtidas com um quadrado de madeira. Este era lançado aleatoriamente sobre o solo e coletada a serapilheira dentro do espaço do mesmo.

Depois de feita a coleta e pesadas cada unidade amostral, uma pequena amostra era retirada e juntada às outras amostras. As 30 amostras foram misturadas, num local limpo e picadas com facão, misturadas e coletada uma amostra laboratorial homogênea de um quilo.

Todas as amostras, após coletadas, foram acondicionadas em sacos de papel pardo comum e levadas ao laboratório no mesmo dia.

4.6.9 Preparo das Amostras para Análises

Antes de serem realizados os cálculos e as análises laboratoriais, as amostras passaram por um preparo adequado a cada uma das fases posteriores. Para se definir quais eram os cuidados e ações a serem executados foi consultada a equipe técnica do laboratório de Análises de Tecido Vegetal da EPAGRI, da Estação Experimental de Caçador. Com o auxílio dos funcionários desse laboratório, foram efetuados o preparo, os cálculos e as análises laboratoriais.

4.7 CÁLCULO DO VOLUME

Para o cálculo do volume do tronco foi adotado o método de Smalian (FINGER, 1992) adaptado, em que cada parte do mesmo é calculado com fórmula própria:

A) Toco:

$$V_t = g_t \cdot h_t$$

Onde:

V_t = volume do toco (m^3);

g_t = área do topo do toco (m^2);

h_t = comprimento do toco (m).

B) Fuste:

$$Vf = \sum_1^6 ((gi + gs).0,5).(cf / 6)$$

Onde:

Vf = volume do fuste;

gi = área da parte inferior de cada uma das 6 secções (m²);

gs = área da parte superior de cada uma das 6 secções (m²);

cf = comprimento do fuste (m).

C) Ponta:

$$Vp = (gp. cp)/3$$

Onde:

Vp = volume da ponta (m³);

gp = área da base da ponta (m²);

cp = comprimento da ponta (m).

4.8 CÁLCULO DA BIOMASSA

Para o cálculo da biomassa, isto é, sem a água originalmente existente nas amostras elas foram submetidas à secagem a 105°C por 96 horas, mas antes foram mensuradas ou pesadas, conforme o caso, para se calcular as densidades secas.

As amostras do tronco (fatias do fuste, da ponta e do toco), foram medidas com régua plástica de 50 centímetros de comprimento e com precisão de 1 milímetro. As medidas tomadas foram do diâmetro (com casca e sem casca) em dois sentidos, perpendiculares entre si e calculada a média aritmética deles, e da espessura também foi a média de duas medidas. Com estes dados foi calculado o

volume de cada amostra com casca e sem casca. Em seguida, foi separada a casca do lenho e pesadas separadamente antes de serem secadas.

As amostras dos galhos e das folhas foram somente pesadas. As amostras das folhas e da serapilheira já vieram pesadas do campo.

Todas as amostras foram pesadas em balança digital com precisão de décimo de grama e posteriormente secas.

Neste estudo a secagem de todas as amostras foi feita em estufa de renovação e circulação de ar a 105°C. O tempo de permanência na estufa foi definido através de acompanhamento diário até que, num período de 24 horas, não houvesse variação do peso.

Para possibilitar o cálculo da biomassa todas as amostras foram novamente pesadas após a secagem.

Com os dados da amostra natural e depois de seca foi calculada a densidade da biomassa pela fórmula:

$$D = M/V$$

Onde:

D = densidade (t/m³)

M = massa seca (t)

V = volume da amostra verde (m³)

4.9 PREPARO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES DE CARBONO

Cada uma das amostras do tronco, tanto do lenho quanto da casca, foi dividida ao meio pelo diâmetro, sendo uma dessas metades preparada para análise de carbono.

Cada uma das 10 amostras de toretes dos galhos de 10 centímetros de comprimento foi serrada ao meio no sentido longitudinal e uma das metades foi preparada para análise de carbono.

Tanto as amostras do tronco quanto as amostras dos galhos foram passadas num cepilho elétrico até transformá-la totalmente em maravalha; esta foi toda recolhida, homogeneizada e coletada amostra de 100 gramas.

As amostras, assim obtidas, foram submetidas a 3 moagens: a primeira em moedor da MANESCO & GUARNIERI tipo MR330, a segunda no moedor da MANESCO & GUARNIERI tipo WILLEY-20 e a terceira no moedor JICA, Vibrating Sample Mill, CMT-TI-200. Na primeira moagem foi transformada em farelo, na segunda em pequenos grânulos e na terceira em pó bem fino.

As amostras das folhas e da serapilheira foram passadas inicialmente num moedor comum de cereais, homogeneizadas, coletadas 100 gramas e depois passadas nas três moagens acima descritas.

Depois deste preparo foram novamente homogeneizadas e coletados 20 gramas, de cada uma, e embaladas em frascos de plástico com tampa e mantidas secas em estufa com renovação e circulação de ar a 65°C. Após cada etapa de preparo e de manuseio as amostras voltavam para essa câmara para serem mantidas secas.

4.10 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO

As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de Análise de Tecido Vegetal da EPAGRI, Estação Experimental de Caçador.

Estas análises determinaram os teores de carbono, expressos em porcentagem na matéria seca (MS). Das 20 gramas de cada amostra, depois de completamente preparadas, foram utilizados 0,05 gramas para as análises.

A determinação do teor de carbono na biomassa foi realizada segundo a metodologia de Tedesco; Volkswiss; Bohnen (1985).

Após determinar a porcentagem de carbono, foi calculado o carbono contido na matéria seca através da fórmula:

$$CC = (\%C.D)/100$$

Onde:

CC = carbono contido (t/m³);

%C = porcentagem de carbono na biomassa;

D = densidade da biomassa (t/m³).

4.11 ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica foi realizada com base nos custos do pinus, mas com as devidas diferenças existentes entre os dois sistemas (pinus e araucária) tanto no cultivo em si quanto no mercado da produção.

Os reflorestamentos com araucária têm um custo de produção muito semelhante ao do pinus na região de Caçador, já que algumas das fases são muito semelhantes como o plantio, número de mudas, alguns tratos culturais e desbastes, havendo algumas diferenças como o raleio um ano após o plantio, a idade dos desbastes e o valor do material desbastado. Para estes itens foram usados os coeficientes técnicos do pinus (SOUZA; KREUZ; MOTTA, 2004) e com os valores para abril de 2.004.

O cálculo do custo de produção foi baseado no do pinus; tendo por base os estudos de Kreuz; Baú (2001) e Souza; Kreuz; Motta (2004) (Tabela 10), alterando-se apenas os itens que não coincidem com estes. Os itens que se diferenciam no cultivo da araucária em relação ao do pinus são: o raleio das plântulas um ano após o plantio das sementes, os desbastes que foram aos 10, 15 e 20 anos de idade e o não aproveitamento do produto dos desbastes feitos aos 10 e 15 anos.

Para a análise de viabilidade econômica do investimento foram testados três indicadores econômicos: valor líquido presente (VLP), taxa interna de retorno (TIR) e índice de benefício/custo (IBC). O valor líquido presente refere-se ao valor atual (em reais para abril de 2004) descontando-se a taxa de 6% ao ano como custo oportunidade; já a taxa interna de retorno é a porcentagem anual que a atividade remunera o investimento no final do ciclo.

O valor da madeira foi obtido junto ao sindicato madeireiro de Caçador em abril de 2004.

Com base nos valores do ICEPA (2004) para terras de campo e reflorestamento (Tabela 11), em maio de 2004, de R\$ 2.109,10 resulta num custo oportunidade, em 20 anos, de R\$ 4.655,07 à base de juro composto de 6% ao ano, que é o rendimento da caderneta de poupança do governo federal. Neste estudo, foi considerado este valor como sendo a remuneração mínima do capital terra e do investimento realizado ao longo do tempo em que a floresta se desenvolve.

Tabela 11: Preço médio de insumos e fatores de produção florestal – Santa Catarina
– 2000 a 2004

Produto	Medida	2000	2001	2002	2003	2004
Terra de campo/reflorest. (R\$ de maio 04)	Hectare	1064,56	1224,35	1364,20	1502,15	2109,10

Fonte: (Adaptado de ICEPA <www.icepa.com.br>)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AMOSTRAGEM

A amostragem foi realizada por projeto, em função da idade, utilizando parcelas de 400 m² em cada idade.

A intensidade amostral, por idade, foi de 8 parcelas nos projetos de 19 e 28 anos e de 10 nos demais projetos com 20; 23; 32 e 34 anos de idade.

Nos resultados da amostragem, em cada parcela, consta: número de árvores, altura total média (HT), altura comercial média (HC), circunferência a altura do peito média (CAP), área basal média, volume total da unidade amostrada (VT) e volume comercial da unidade amostral (VC) (Tabelas 12; 13; 14; 15; 16; e 17). Consta ainda o número amostral (número mínimo de parcelas para representar em 90% a população) e o erro amostral (porcentagem do erro ocorrido com as amostras realizadas) para os parâmetros do número de árvores, volume total e volume comercial de cada povoamento.

A Tabela 12 mostra que a intensidade amostral, para o povoamento com 19 anos foi de 4,82 para a estimativa do número de árvores, de 6,23 para o volume total e de 9,40 para o volume comercial. O erro amostral foi de 7,76%; 8,83% e 10,84% para o número de árvores, volume total e volume comercial, respectivamente.

A intensidade amostral e o erro amostral, na idade de 19 anos, ficaram abaixo ou muito próximos aos 10% de erro previsto como aceitável.

Tabela 12: Resultados médios da amostragem em povoamento de araucária com 19 anos

Parcela	Nº de árvores	HT(m)	HC(m)	CAP(cm)	g(m ²)	VT(m ³)	VC(m ³)
1	29	13,55	10,34	88,76	0,063	14,066	13,577
2	36	13,86	10,79	76,89	0,047	13,403	13,205
3	35	14,18	10,12	78,22	0,049	13,796	12,464
4	37	14,08	9,53	76,21	0,046	13,748	11,775
5	30	13,91	9,85	91,66	0,067	15,930	14,268
6	35	13,77	10,66	89,45	0,064	17,516	17,171
7	36	13,56	9,66	75,43	0,045	12,620	11,373
8	30	12,80	9,51	88,67	0,063	13,718	12,895
Média	33,50	13,71	10,06	83,16	0,055	14,350	13,341
Desvio	3,251	0,431	0,503	7,024	0,009	1,584	1,809
CV(%)	9,71	----	----	----	----	11,04	13,56
Nº amostral	4,82	----	----	----	----	6,23	9,40
Erro amostral(%)	7,76	----	----	----	----	8,83	10,84

No povoamento com 20 anos (Tabela 13), tanto a intensidade amostral para as estimativas do número de árvores, volume total e comercial (2,61; 4,13 e 6,56), quanto para o erro amostral (5,11%; 6,43% e 8,10%) respectivamente, foram representativos, abaixo do erro admissível de 10%.

Tabela 13: Resultados médios da amostragem em povoamento de araucária com 20 anos

Parcela	Nº de árvores	HT(m)	HC(m)	CAP(cm)	g(m ²)	VT(m ³)	VC(m ³)
1	34	14,81	10,69	82,13	0,054	15,033	13,779
2	36	14,38	11,13	81,88	0,053	15,359	15,096
3	37	15,39	11,43	76,81	0,047	14,870	14,025
4	33	14,40	10,19	91,22	0,066	17,504	15,731
5	30	13,95	10,61	98,96	0,078	18,148	17,518
6	37	14,96	10,01	75,74	0,046	14,052	11,942
7	35	15,58	11,40	78,60	0,049	14,916	13,852
8	33	15,39	11,35	84,35	0,057	15,989	14,971
9	29	13,99	9,62	96,31	0,074	16,660	14,544
10	30	14,88	10,86	85,23	0,058	14,357	13,299
Média	33,4	14,77	10,73	85,12	0,06	15,689	14,476
Desvio	2,387	0,580	0,558	7,860	0,011	1,409	1,639
CV(%)	7,15	----	----	----	----	8,98	11,32
Nº amostral	2,61	----	----	----	----	4,13	6,56
Erro amostral(%)	5,11	----	----	----	----	6,43	8,10

A intensidade amostral, para o povoamento com 23 anos (Tabela 14), para as estimativas do número de árvores, volume total e comercial foram de 7,39; 6,74 e 7,69; respectivamente.

O erro amostral foi de 8,60; 8,21% e 8,77% para o número de árvores, volume total e volume comercial, respectivamente.

Tabela 14: Resultados médios da amostragem em povoamento de araucária com 23 anos

Parcela	Nº de árvores	HT(m)	HC(m)	CAP(cm)	g(m ²)	VT(m ³)	VC(m ³)
1	20	15,09	12,10	102,75	0,084	15,061	13,962
2	22	16,81	13,40	93,38	0,069	15,241	14,046
3	19	13,79	10,70	102,60	0,084	13,037	11,695
4	25	17,12	13,30	85,90	0,059	14,928	13,408
5	23	16,28	12,90	91,80	0,067	14,916	13,664
6	26	18,26	15,20	92,13	0,068	19,046	18,329
7	27	16,74	13,50	89,25	0,063	17,018	15,867
8	23	15,67	13,80	92,30	0,068	14,513	14,777
9	20	14,57	13,10	98,25	0,077	13,296	13,821
10	21	17,38	14,50	96,80	0,075	16,166	15,592
Média	22,6	16,17	13,25	94,52	0,071	15,322	14,516
Desvio	2,716	1,379	1,235	5,513	0,008	1,758	1,780
CV(%)	12,02	----	----	----	----	11,48	12,26
Nº amostral	7,39	----	----	----	----	6,74	7,69
Erro amostral(%)	8,60	----	----	----	----	8,21	8,77

Para o povoamento com 28 anos, a intensidade amostral para as estimativas do número de árvores, volume total e comercial foram de 7,60; 4,12 e 6,76, para o erro amostral foram de 9,74%; 7,18% e 9,19%, respectivamente. Neste povoamento os valores do erro amostral foram mais próximos do erro aceitável, mas ainda assim todos abaixo do mesmo (Tabela 15).

Nesta idade a intensidade amostral e o erro amostral do número de árvores amostradas são maiores que nas idades mais jovens, especialmente na de 20 anos, quando seria realizado o desbaste.

Tabela 15: Resultados médios da amostragem em povoamento de araucária com 28 anos

Parcela	Nº de árvores	HT(m)	HC(m)	CAP(cm)	DAP(cm)	g(m ²)	VT(m ³)	VC(m ³)
1	18	16,42	10,89	124,968	39,7784	0,124	22,125	16,98
2	24	16,36	13,14	100,848	32,101	0,081	19,147	17,783
3	23	15,44	13,83	102,219	32,5372	0,083	17,784	18,431
4	22	16,80	14,01	104,094	33,134	0,086	19,201	18,524
5	23	17,26	12,83	105,964	33,7292	0,089	21,364	18,375
6	18	14,77	10,84	117,969	37,5505	0,111	17,731	15,065
7	24	18,02	15,97	102,469	32,6167	0,084	21,763	22,318
8	25	17,14	13,88	101,939	32,4482	0,083	21,341	19,997
Média	22,125	16,52	13,17	107,559	34,237	0,093	20,057	18,434
Desvio	2,696	1,037	1,699	8,920	2,839	0,016	1,800	2,119
CV(%)	12,18	----	----	----	----	----	8,97	11,49
Nº amostral	7,60	----	----	----	----	----	4,12	6,76
Erro amostral(%)	9,74	----	----	----	----	----	7,18	9,19

A intensidade amostral, para o povoamento com 32 anos (Tabela 16), para as estimativas do número de árvores, volume total e comercial foram de 10,16; 3,47 e 3,75; respectivamente. O erro amostral foi de 10,08%; 5,89% e 6,13% para o número de árvores, volume total e volume comercial, respectivamente.

Tabela 16: Resultados médios da amostragem em povoamento de araucária com 32 anos

Parcela	Nº de árvores	HT(m)	HC(m)	CAP(cm)	g(m ²)	VT(m ³)	VC(m ³)
1	25	16,17	12,75	106,12	0,090	20,549	19,840
2	21	16,17	12,75	108,33	0,093	17,988	17,367
3	20	18,08	14,83	102,17	0,083	17,043	17,114
4	27	17,29	13,14	98,02	0,076	20,245	18,844
5	24	17,92	13,58	96,12	0,074	17,936	16,647
6	21	17,58	13,23	107,83	0,093	19,384	17,855
7	28	17,42	13,92	99,57	0,079	21,825	21,350
8	21	18,67	14,83	107,83	0,093	20,578	20,018
9	22	16,80	13,51	106,57	0,090	18,951	18,662
10	18	17,25	13,5	111,67	0,099	17,479	16,746
Média	22,70	17,33	13,61	104,42	0,087	19,198	18,444
Desvio	3,199	0,800	0,742	5,132	0,008	1,581	1,580
CV(%)	14,09	----	----	----	----	8,23	8,57
Nº amostral	10,16	----	----	----	----	3,47	3,75
Erro amostral(%)	10,08	----	----	----	----	5,89	6,13

O povoamento com 34 anos apresentou 4,77; 9,19 e 9,76 (Tabela 17) como intensidade amostral para as estimativas do número de árvores, volume total e comercial, e como erro amostral de 6,91%; 9,59% e 9,88%, respectivamente.

Tabela 17: Resultados médios da amostragem em povoamento de araucária com 34 anos

Parcela	Nº de árvores	HT(m)	HC(m)	CAP(cm)	g(m ²)	VT(m ³)	VC(m ³)
1	20	16,88	13,50	111,30	0,099	19,281	17,418
2	23	16,63	13,19	106,63	0,090	20,048	17,957
3	20	16,75	13,75	98,01	0,076	14,841	13,757
4	23	17,69	13,69	106,38	0,090	21,230	18,551
5	24	16,94	13,13	109,25	0,095	22,376	19,579
6	25	16,94	13,88	103,51	0,085	20,924	19,355
7	27	16,56	13,25	107,25	0,092	23,723	21,430
8	23	17,44	14,69	109,75	0,096	22,279	21,190
9	21	16,56	12,75	102,01	0,083	16,692	14,510
10	22	17,43	13,64	110,25	0,097	21,495	18,999
Média	22,8	16,98	13,55	106,43	0,090	20,289	18,275
Desvio	2,201	0,402	0,528	4,176	0,007	2,719	2,524
CV(%)	9,65	----	----	----	----	13,40	13,81
Nº amostral	4,77	----	----	----	----	9,19	9,76
Erro amostral(%)	6,91	----	----	----	----	9,59	9,88

A menor intensidade amostral (2,61) e o menor erro amostral (5,11%) para o número de plantas amostradas (Tabela 13) ocorreu na amostragem do povoamento com 20 anos de idade. Os maiores valores (10,16 e 10,08%), respectivamente foram no povoamento com 32 anos (Tabela 16).

A menor intensidade amostral e o menor erro amostral, aos 20 anos, se devem ao fato de ter sido a amostragem com o maior número total de árvores amostradas e a que apresentou o menor coeficiente de variação entre o número de árvores por parcela. Diferentemente do que ocorreu na amostragem do povoamento de 32 anos onde o número de árvores amostradas foi menor, mesmo tendo o mesmo número de parcelas amostradas e o coeficiente de variação entre o número de árvores, por parcela foi o maior.

As maiores intensidades amostrais (9,19 e 9,76) para o volume total e para o volume comercial das plantas amostradas (Tabela 17) ocorreram na amostragem do povoamento com 34 anos de idade, enquanto que os menores valores (3,47 e 3,75), respectivamente foi no povoamento com 32 anos (Tabela 16).

As maiores intensidades amostrais, para o volume total e comercial, aos 34 anos se deve ao maior coeficiente de variação dos mesmos, mostrando que houve a maior variabilidade destes parâmetros nesta idade, do que nos demais povoamentos. O inverso ocorreu com a variabilidade destes parâmetros no povoamento de 32 anos de idade.

O maior erro amostral para o volume total (Tabela 17) ocorreu no povoamento com 34 anos (9,59%) e o menor no povoamento com 32 anos (5,89%); sendo que neste último também ocorreu o menor erro amostral para o volume comercial (6,13%) (Tabela 16) enquanto que o maior foi no povoamento de 19 anos (Tabela 12).

As variações do erro amostral são diretamente proporcionais aos respectivos coeficientes de variação. A exceção que ocorreu com o erro amostral para o volume comercial no povoamento de 19 anos, onde o coeficiente de variação foi menor que aos 34 anos devido ao menor número de parcelas amostradas do que no povoamento de 34 anos.

A amostragem do povoamento com 32 anos (Tabela 16) apresentou a maior variabilidade (coeficiente de variação) entre o número de plantas por parcela (14,09%), mas a menor variabilidade entre o volume total e comercial das mesmas, demonstrando que, nesta idade, a variação do número de plantas por área não representou uma variação direta no volume total (8,23%) e no volume comercial

(8,57%); pois estas não são as maiores variabilidades destes parâmetros nas amostragens das várias idades.

No povoamento com 23 anos (Tabela 14) foi onde ocorreu a maior variabilidade do número de plantas por parcela (12,02%), mais semelhante à variabilidade do volume total (11,48%) e, à do volume comercial (12,26%). Nesta idade a variabilidade do número de plantas por parcela apresentou uma variabilidade semelhante no volume total e comercial.

5.2 NÚMERO DE CLASSES DIAMÉTRICAS

Como os dados da CAP são do tipo contínuo houve necessidade de se dividi-los em classes, de igual tamanho de intervalo, para estudar e comparar os dados das diferentes idades dos povoamentos.

O estabelecimento do número de classes diamétricas foi baseado na fórmula de Sturges (CRESPO, 1993) (Tabela 19) em comparação com a de Vieira (1999) (Tabela 18) e dentro da faixa sugerida por vários autores.

O cálculo do número de classes a ser adotado nos cálculos e análises estatísticas dos dados, foi feito a partir da CAP (circunferência a altura do peito).

A Tabela 18 mostra o número de classes em cada projeto, ou seja, nas 6 idades pela fórmula de Vieira (1999) (Tabela 18) e a Tabela 19 pela fórmula de Sturges (CRESPO, 1993); adotou-se o resultado do segundo autor.

Tabela 18: Cálculo do número de classes, segundo VIEIRA (1999)

Item\projeto	P19	P20	P23	P28	P32	P34
Nº de dados	268	334	226	177	227	228
Nº de classes	16	18	15	13	15	15

Tabela 19: Cálculo do número de classes pela fórmula de Sturges

Número do projeto	Circunferência altura do peito (cm)		Número de classes	
	Intervalo	Amplitude	Pela fórmula	Arredondamento
P19	47 a 117	70	7,089	7
P20	50 a 120	70	7,089	7
P23	70 a 119	49	6,578	7
P28	62 a 153	91	7,465	7
P32	66 a 143	77	7,225	7
P34	71 a 142	71	7,109	7

Como se observa na Tabela 19 nas 6 diferentes idades o número de classes pela fórmula de Sturges foi absolutamente o mesmo: 7 classes.

No caso de Vieira (1999) (Tabela 18) houve uma grande variação entre o número de classes nas diferentes idades que, para se fazer as comparações dos resultados entre elas, haveria uma maior dificuldade.

Se adotado o resultado do primeiro caso (Tabela 18), o número de árvores a serem destruídas seria muito maior e conseqüentemente o trabalho de campo e de escritório também aumentaria.

A fórmula de Sturges (Tabela 19) mostrou-se mais adequada, estando dentro do número de classes comumente recomendadas. Acrescente-se a isso o fato de que, o número de classes foi dentro das recomendações aceitáveis dos autores, e é igual em todas as idades estudadas.

Além de confirmar sua adequação, de estar entre 5 e 15 intervalos de classes, conforme Cochran (1965) ou 5 a 20 intervalos na sugestão de Vieira (1999), este é um número ímpar; o que possibilita conter a árvore média na classe diamétrica mediana. Outro aspecto importante de ser o mesmo número de classes, sem necessidade de ajustes, é a possibilidade de se efetuar comparações dentro das classes de mesma idade entre si e nas diferentes idades. Todos os intervalos de classes têm o mesmo tamanho na mesma idade.

O tamanho dos intervalos de classes variou em cada idade devido a amplitude da CAP ser diferente entre as diversas idades estudadas.

5.3 FATOR DE FORMA

O fator de forma adotado foi o artificial (Finger, 1992) e obtido a partir do volume calculado total e comercial, dividido pelo volume do cilindro tendo como base a área transversal correspondente ao DAP, em cada uma das idades e em cada uma das classes diamétricas, para os dois volumes comercial e total.

A média dos fatores de forma foi obtida ponderadamente entre este fator em cada classe diamétrica e a freqüência de árvores nas mesmas.

Para cada classe diamétrica foi cubada uma árvore média da classe totalizando 7 árvores em cada idade.

O fator de forma do tronco aos 19 anos de idade foi maior na classe diamétrica 1 e menor na classe 4 (mediana), havendo uma tendência de ser menor nas classes intermediárias (Tabela 20) e maior nas classes extremas. Já o fator de forma do fuste foi maior na classe diamétrica 1 e menor na classe 7; com uma clara proporcionalidade inversa ao DAP das árvores.

Tabela 20: Fator de forma em povoamento de araucária com 19 anos de idade

Classe DAP	Intervalo da classe (cm)	HT m	HC m	VTA m ³	VCA M ³	Volume do cilindro (m ³)		Fator de forma	
						Tronco	Fuste	Tronco	Fuste
1	14,98-18,16	11,86	7,32	0,16	0,14	0,26	0,16	0,62	0,90
2	18,16-21,34	12,67	8,72	0,22	0,20	0,39	0,27	0,57	0,76
3	21,34-24,52	13,46	9,58	0,33	0,30	0,56	0,40	0,58	0,75
4	24,52-27,70	13,65	10,02	0,40	0,36	0,73	0,54	0,55	0,68
5	27,70-30,88	14,46	10,54	0,55	0,50	0,97	0,71	0,56	0,71
6	30,88-34,06	14,83	11,83	0,71	0,67	1,23	0,98	0,58	0,68
7	34,06-37,24	15,09	12,78	0,89	0,83	1,51	1,28	0,59	0,65
Média	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,57	0,72

Aos 20 anos de idade o fator de forma do fuste foi maior (0,84) na menor classe diamétrica com diminuição quase constante até a classe 7, onde é o menor (0,64) (Tabela 21). O mesmo ocorreu com o fator de forma do tronco: maior (0,63) na classe 1 e menor (0,52) na classe 7. Com esta idade (20 anos) os fatores de forma da maior classe de DAP foram os menores e na menor classe de DAP foram maiores, tanto do tronco quanto do fuste.

Tabela 21: Fator de forma em povoamento de araucária com 20 anos de idade

Classe DAP	Intervalo da classe(cm)	HT m	HC m	VTA m ³	VCA m ³	Volume do cilindro (m ³)		Fator de forma	
						Tronco	Fuste	Tronco	Fuste
1	15,90-19,08	12,93	8,55	0,20	0,17	0,31	0,21	0,63	0,84
2	19,08-22,26	13,28	8,91	0,25	0,23	0,45	0,30	0,57	0,75
3	22,26-25,44	14,32	10,05	0,35	0,32	0,64	0,45	0,55	0,72
4	25,44-28,62	15,58	11,88	0,49	0,45	0,89	0,68	0,54	0,66
5	28,62-31,80	15,82	12,27	0,62	0,58	1,13	0,88	0,55	0,66
6	31,80-34,98	15,22	11,19	0,71	0,66	1,33	0,98	0,53	0,67
7	34,98-38,16	16,36	12,16	0,89	0,82	1,72	1,28	0,52	0,64
Média	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,56	0,71

Aos 23 anos de idade o fator de forma do fuste e do tronco foi aumentando da classe diamétrica até a classe 3 (Tabela 22) e, a partir desta, foi diminuindo até a classe diamétrica 7 (maior DAP).

Tabela 22: Fator de forma em povoamento de araucária com 23 anos de idade

Classe DAP	Intervalo da classe (cm)	HT m	HC m	VTA m ³	VCA m ³	Volume do cilindro (m ³)		Fator de forma	
						Tronco	Fuste	Tronco	Fuste
1	22,28-24,51	16,10	13,10	0,41	0,39	0,69	0,56	0,60	0,69
2	24,51-26,74	15,50	12,68	0,49	0,47	0,80	0,65	0,62	0,72
3	26,74-28,97	16,13	13,50	0,62	0,59	0,99	0,83	0,63	0,71
4	28,97-31,20	15,94	12,94	0,66	0,63	1,13	0,92	0,59	0,68
5	31,20-33,43	16,50	13,31	0,78	0,74	1,35	1,09	0,58	0,68
6	33,43-35,66	15,76	13,28	0,85	0,83	1,47	1,24	0,58	0,67
7	35,66-37,89	17,75	14,75	1,02	0,98	1,88	1,56	0,54	0,63
Média	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,59	0,69

O fator de forma do tronco e do fuste aos 28 anos foi maior na classe diamétrica 1 (Tabela 23); o menor no tronco foi na classe 6; enquanto que no fuste o menor fator de forma ocorreu na classe 7. Em ambos (tronco e fuste) houve uma tendência de diminuição dos valores à medida que aumentou o DAP da classe.

Tabela 23: Fator de forma em povoamento de araucária com 28 anos de idade

Classe DAP	Intervalo da classe (cm)	HT m	HC m	VTA m ³	VCA m ³	Volume do cilindro (m ³)		Fator de forma	
						Tronco	Fuste	Tronco	Fuste
1	19,74-23,88	14,46	12,61	0,39	0,35	0,54	0,47	0,71	0,74
2	23,88-28,02	15,55	12,88	0,50	0,46	0,82	0,68	0,61	0,68
3	28,02-32,16	15,20	12,55	0,72	0,68	1,08	0,89	0,67	0,77
4	32,16-36,30	16,54	13,15	0,89	0,84	1,52	1,21	0,59	0,69
5	36,30-40,44	16,93	13,02	1,08	1,02	1,96	1,51	0,55	0,68
6	40,44-44,58	18,92	13,84	1,31	1,25	2,69	1,97	0,49	0,63
7	44,58-48,72	18,21	14,11	1,59	1,52	3,11	2,41	0,51	0,63
Média	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,60	0,70

No fuste e no tronco do povoamento de araucária com 32 anos de idade o fator de forma apresentou o maior valor na classe diamétrica de menor DAP e o menor no fuste foi nas classes 6 e 7 (Tabela 24), no tronco o menor valor deste fator ocorreu nas classes diamétricas 3; 5; 6 e 7 e o maior na classe 1.

Tabela 24: Fator de forma em povoamento de araucária com 32 anos de idade

Classe DAP	Intervalo da classe (cm)	HT m	HC m	VTA m ³	VCA m ³	Volume do cilindro (m ³)		Fator de forma	
						Tronco	Fuste	Tronco	Fuste
1	21,01-24,51	16,20	12,30	0,42	0,40	0,66	0,50	0,64	0,80
2	24,51-28,01	16,50	12,18	0,52	0,49	0,89	0,66	0,58	0,74
3	28,01-31,51	17,23	12,59	0,65	0,62	1,20	0,88	0,55	0,71
4	31,51-35,01	17,04	13,91	0,84	0,80	1,48	1,21	0,57	0,66
5	35,01-38,51	18,12	13,81	1,06	1,00	1,92	1,47	0,55	0,68
6	38,51-42,01	18,44	15,25	1,30	1,25	2,35	1,94	0,55	0,64
7	42,01-45,51	17,77	15,00	1,47	1,43	2,67	2,26	0,55	0,64
Média	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,57	0,70

O fator de forma apresentou-se variável, apresentando os maiores valores nas menores classes de DAP (1 e 2), tanto no tronco quanto no fuste, com tendência

de decrescer com o aumento da classe diamétrica aos 34 anos de idade (Tabela 25); onde os menores valores foram na classe 6 no fuste e na classe 5 no tronco.

Tabela 25: Fator de forma em povoamento de araucária com 34 anos de idade

Classe DAP	Intervalo da classe (cm)	HT m	HC m	VTA m ³	VCA m ³	Volume do cilindro(m ³)		Fator de forma	
						Tronco	Fuste	Tronco	Fuste
1	22,60-25,83	16,13	13,13	0,50	0,46	0,74	0,61	0,67	0,76
2	25,83-29,06	15,50	13,67	0,63	0,59	0,92	0,81	0,69	0,73
3	29,06-32,29	16,13	13,50	0,73	0,69	1,19	1,00	0,62	0,69
4	32,29-35,52	15,94	12,94	0,82	0,77	1,44	1,17	0,57	0,66
5	35,52-38,75	16,50	13,83	0,90	0,85	1,79	1,50	0,50	0,57
6	38,75-41,98	15,76	13,28	1,12	1,06	2,02	1,70	0,56	0,63
7	41,98-45,21	17,75	14,28	1,42	1,36	2,65	2,13	0,54	0,64
Média	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,58	0,65

De um modo geral, nas 6 diferentes idades, os maiores valores do fator de forma ocorreram normalmente nas classes de menor DAP e os menores valores foi nas classes de maior DAP; evidenciando uma correlação inversamente proporcional entre esse fator e a grossura das árvores (Tabelas 19 a 25); quando se utiliza o método de cálculo do fator de forma artificial .

Comparando a média do fator de forma do tronco com as diferentes idades, observa-se que a ordem decrescente (Tabela 26) foi a seguinte: 28 anos > 23 anos > 34 anos > 19 anos > 32anos > 20 anos. No que se refere a média do fator de forma do fuste, a ordem decrescente foi a seguinte: 19 anos > 20anos > 28 anos > 32 anos > 23 anos > 34 anos.

O fator de forma do tronco manteve-se com valores de 0,56 a 0,60 sendo o menor valor aos 20 anos, antes do desbaste, e o maior aos 28 anos de idade, oito anos após o desbaste (Tabela 26) e do fuste foi de 0,65 aos 34 anos e 0,62 aos 19 anos. Aos 19; 20; 23; 28 e 32 anos ao fatores de forma foram bem semelhantes.

Tabela 26: Fator de forma para o volume total e comercial em povoamentos de araucária com 6 idades diferentes

Idade (anos)	Média ponderada do fator de forma do tronco	Média ponderada do fator de forma do fuste
19	0,57	0,72
20	0,56	0,71
23	0,59	0,69
28	0,60	0,70
32	0,57	0,69
34	0,58	0,65

Os valores encontrados para o fator de forma no presente estudo foram inferiores em relação ao trabalho de Bueno (1965 apud ESPÉCIES FLORESTAIS BRASILEIRAS, 2004) com araucária de 0,75 a 0,80.

5.4 VOLUME

Os volumes do fuste e do tronco foram calculados separadamente para proporcionar um estudo entre o volume comercial e o volume total, por idade.

Estes volumes foram calculados através dos dados coletados das árvores que foram cortadas, utilizando-se a fórmula de cubagem de Smalian (Finger, 1992). Cada árvore representou a média da classe diamétrica de cada idade.

O maior volume total e comercial foi observado no povoamento de 34 anos de idade (Tabela 27), porém a maior produtividade total foi aos 28 anos e a comercial aos 23 anos de idade.

As maiores produtividades totais e comerciais foram semelhantes e ocorreram nos povoamentos com 20; 23 e 28 anos.

Tabela 27: Resultado do volume (m³/ha) e da produtividade (m³/ha/ano) em araucária

Idade (anos)	Volume total	Produtividade total	Volume comercial	Produtividade comercial
19	353,85	18,62	325,22	17,12
20	386,00	19,30	355,82	17,79
23	439,01	19,09	414,01	18,00
28	536,29	19,15	501,58	17,91
32	544,37	17,01	515,06	16,10
34	552,26	16,24	517,36	15,22

O volume produzido no 19^o e no 20^o ano foi de 353,85 m³/ha com 837 árvores por hectare e 386,00 m³/ha com 835 árvores por hectare, respectivamente. Machado; Mello; Barros (2000) encontraram um volume de 346,82 m³/ha com 625 árvores por hectare e 411,88 m³/ha com 1111 árvores por hectare, aos 18 anos de idade. Considerando que 19 e 20 anos são próximos desta idade (18) e que, o número de árvores neste trabalho (835), está entre o número de árvores do estudo de Machado; Mello; Barros (2000), os resultados são bastante semelhantes entre si; pois são superiores aos de 625 árvores por hectare, mas inferiores aos de 1111 árvores por hectare. Estes resultados foram bem superiores ao trabalho de Crechi et al. (2001) (de 117,5 a 275,6 m³/ha), pois os resultados por eles apresentados foram com idade de 13 anos, contra 19 e 20 anos nesse trabalho.

As produtividades (18,62 e 19,30 m³/ha/ano) aos 19 e 20 anos respectivamente, foram um pouco inferiores aos 20,70 m³/ha/ano (EJEMPLOS DE SELECCIÓN ..., 2004), mas dentro do esperado por Webb et al. (1984) de 10 a 23 m³/ha/ano.

Na idade de 23 anos o volume existente foi de 439,01 m³/ha e produtividade de 19,09 m³/ha/ano com 561 árvores por hectare (Tabela 27) Machado; Mello; Barros (2000) encontraram volume 451,75 m³/ha e produtividade de 18,82 m³/ha/ano com 625 árvores por hectare e 501,29 m³/ha e produtividade de 20,89 m³/ha/ano

com 1111 árvores por hectare, aos 24 anos de idade. Com esta idade o resultado aqui obtido é inferior àqueles; porém com densidade populacional também menor.

Aos 28; 32 e 34 anos o volume total foi de 536,29; 544,37 e 552,26 m³/ha, produtividade de 19,15; 17,01 e 16,24 m³/ha/ano com 554; 572 e 572 árvores por hectare, respectivamente (Tabela 27). Nessas idades a produção se manteve quase estável, enquanto que no trabalho Ejemplos de Selección (2004) foi de 512,50 m³/ha aos 25 anos e de 654,50 m³/ha aos 35 anos com 1000 árvores por hectare.

Todas as produtividades estiveram dentro da faixa de 10 a 30 m³/ha/ano descritas por Webb et al. (1984) e muito semelhantes aos incrementos médios em bons sítios citados por Mattos (1994) de 20 m³/ha/ano até os 20 anos de idade, aumentando para mais de 19 m³/ha/ano até 28 anos de idade e depois diminuíram para pouco mais de 17 e 16 m³/ha/ano aos 32 e 34 anos de idade, respectivamente.

A produtividade se manteve em torno dos 19 m³/ha/ano até os 28 anos de idade e teve uma diminuição acentuada aos 32 e 34 anos de idade.

As equações que melhor estimam a produção e a produtividade volumétrica total por hectare foram:

$$VT = - 537,17933 + 65,771i - 0,99323i^2 \quad (R^2=0,99 \text{ e } S_{xy} = 2,14\%)$$

$$PT = 2,19 + 1,45636i - 0,03078i^2 \quad (R^2 = 0,95 \text{ e } S_{xy} = 1,96\%)$$

Onde:

VT = volume total (m³/ha)

PT = produtividade total (m³/ha/ano)

i = idade (anos)

A estimativa da produção e da produtividade volumétrica comercial por hectare é estimada pelas equações:

$$VC = -574,417 + 66,678i - 1,017i^2 \text{ (R}^2=0,99 \text{ e Sxy}=1,39\%)$$

$$PC = - 1,43487 + 1,612114i - 0,03308i^2 \text{ (R}^2 = 0,98 \text{ e Sxy} = 1,28\%)$$

Onde:

VC = volume comercial (m³/ha)

PC = produtividade comercial (m³/ha/ano)

i = idade (anos)

As equações de regressão que melhor estimaram a produção e a produtividade total e comercial são de 2º grau, mostrando estas variáveis crescendo até certa idade e depois decrescendo nos povoamentos mais velhos.

A produtividade do pinus cultivado pela MADEPINUS, na mesma época da araucária, teve uma produtividade média em torno de 26,00 m³/ha/ano aos 20 anos de idade e, a única área remanescente com 34 anos de idade, apresentou uma produtividade, pelo inventário da empresa, de 24,60 m³/ha/ano contra os 15,22 m³/ha/ano da araucária (Tabela 27) com a mesma idade. O pinus manteve uma média de produtividade superior à araucária em torno de 7,00 m³/ha/ano.

Atualmente o pinus tem uma produtividade próxima aos 40,00 m³/ha/ano (WACHTEL, 2001) devido ao melhoramento genético, o que não ocorreu com a araucária.

A produtividade total e comercial máxima (m³/ha/ano), pela estimativa das equações, teria ocorrido próximo aos 24 anos de idade.

Deve-se observar que estes povoamentos não tiveram critérios de melhoria genética e de sistema de produção. Com estas melhorias a produtividade deverá ser bem maior, como aconteceu com o pinus e o eucalipto.

5.5 DENSIDADE DA BIOMASSA

As médias foram obtidas ponderadamente considerando-se cada densidade com os respectivos volumes e a frequência de árvores em cada classe diamétrica.

$$DB = (\sum_1^7 D * V) / (\sum_1^7 V)$$

Onde:

DB = densidade média da classe (g/cm³)

D = densidade de cada classe (g/cm³)

V = volume de cada classe (cm³)

A densidade média do fuste, das seis idades diferentes, com casca foi de 0,58 g/cm³ (Tabela 29). Esta densidade média está um pouco superior da faixa encontrada num estudo feito por Wehr; Tomazello (2000) de 0,30 a 0,50 g/cm³ e também do limite superior entre 0,37 e 0,52 g/cm³, num segundo estudo destes autores.

Foi igualmente superior à faixa encontrada por Tomazelli (apud WEHR; TOMAZELLO, 2000) entre 0,47 a 0,54 g/cm³, de Azambuja (1948) de 0,54 g/cm³ e de Lorenzi (1986) de 0,55 g/cm³. Próxima ao limite superior à faixa de 0,50 a 0,61 g/cm³ encontradas por Reitz (1966) e por Pereira; Guarnieri (1957) e do valor de 0,60 g/cm³ encontrada por Carvalho (1982 apud ESPÉCIES FLORESTAIS BRASILEIRAS, 2004).

Os povoamentos com 19 e 20 anos apresentaram médias de 0,44 e 0,49 g/cm³, respectivamente (tabela 28), um pouco abaixo do limite inferior da faixa de Tomazelli (apud WEHR; TOMAZELLO, 2000) entre 0,47 a 0,54 g/cm³ (para madeira juvenil e adulta, respectivamente).

Os povoamentos mais velhos com 32 e 34 anos apresentaram 0,56 e 0,74 g/cm³, respectivamente; a primeira um pouco abaixo e a segunda acima do limite superior da faixa das apresentadas por Tomazelli (apud WEHR; TOMAZELLO, 2000).

A densidade média do lenho de 0,38 g/cm³ (Tabela 28), foi inferior à faixa encontrada por Carvalho (1996) e por Jankowsky et al., (1990 apud ESPÉCIES FLORESTAIS BRASILEIRAS, 2004) de 0,42 a 0,48 g/cm³ e também de Pereira; Manieri (1957) de 0,50 a 0,61 g/cm³ com 15% de umidade. Se a densidade acima fosse comparada com 15% de umidade daria 0,45 g/cm³; dentro da faixa descrita pelo autor acima, mas um pouco inferior da descrita por Tomazelli (apud WEHR; TOMAZELLO, 2000) de 0,44 g/cm³ para a densidade básica da madeira.

As equações de regressão para a estimativa da densidade da biomassa média do fuste e do tronco em função da idade foram:

$$DBF = - 25,72969 + 248,6393\log i - 85,22119i^{0,5} + 4,193507i$$

$$(R^2 = 0,89 \text{ e } S_{xy} = 9,34\%)$$

$$DBT = -36,38928 + 341,5856\log i - 116,7488i^{0,5} + 5,731989i$$

$$(R^2 = 0,93 \text{ e } S_{xy} = 10,27\%)$$

Onde:

DBF = densidade média da biomassa do fuste (g/cm³)

DBT = densidade média da biomassa do tronco (g/cm³)

i = idade (anos)

A densidade da biomassa média do fuste e do tronco, em função da classe diamétrica, teve um comportamento linear crescente estimada pelas equações de regressão:

$$BF = 0,370435 + 0,04462CD \text{ (R}^2 = 0,94 \text{ e Sxy} = 4,51\%)$$

$$BT = 0,39806 + 0,057381CD \text{ (R}^2 = 0,94 \text{ e Sxy} = 5,03\%)$$

Onde:

BF = densidade média da biomassa do fuste (g/cm³)

BT = densidade média da biomassa do tronco (g/cm³)

CD = classe diamétrica

Tabela 28: Densidade da biomassa do fuste e do tronco

Idade (anos)	Parte da árvore	Tipo de material	Classe diamétrica (g/cm ³)							Média (*) g/cm ³
			1	2	3	4	5	6	7	
19	Fuste	Lenho	0,34	0,36	0,38	0,39	0,38	0,38	0,36	0,38
		Casca	0,46	0,44	0,51	0,51	0,64	0,61	0,65	0,57
		Média (**)	0,38	0,38	0,42	0,42	0,47	0,46	0,47	0,44
	Tronco	Lenho	0,34	0,36	0,38	0,39	0,38	0,38	0,36	0,38
		Casca	0,45	0,43	0,50	0,50	0,62	0,61	0,64	0,56
		Média (***)	0,38	0,39	0,43	0,43	0,48	0,47	0,48	0,45
20	Fuste	Lenho	0,39	0,39	0,39	0,40	0,38	0,40	0,39	0,39
		Casca	0,52	0,49	0,58	0,59	0,74	0,71	0,76	0,66
		Média (**)	0,44	0,42	0,46	0,46	0,52	0,51	0,53	0,49
	Tronco	Lenho	0,39	0,39	0,39	0,40	0,38	0,39	0,39	0,39
		Casca	0,51	0,49	0,57	0,58	0,73	0,70	0,76	0,65
		Média (***)	0,49	0,47	0,50	0,49	0,56	0,55	0,57	0,52
23	Fuste	Lenho	0,38	0,37	0,40	0,38	0,38	0,37	0,37	0,38
		Casca	0,61	0,57	0,74	0,77	0,74	1,13	1,07	0,85
		Média (**)	0,48	0,44	0,55	0,56	0,52	0,74	0,72	0,59
	Tronco	Lenho	0,38	0,37	0,40	0,38	0,38	0,37	0,37	0,38
		Casca	0,62	0,59	0,73	0,77	0,75	1,09	1,10	0,85
		Média (***)	0,54	0,50	0,62	0,65	0,60	0,82	0,87	0,68
28	Fuste	Lenho	0,39	0,38	0,40	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
		Casca	0,76	0,71	0,73	0,85	0,96	0,87	1,15	0,89
		Média (**)	0,54	0,51	0,52	0,58	0,63	0,58	0,73	0,60
	Tronco	Lenho	0,39	0,38	0,40	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
		Casca	0,72	0,69	0,73	0,85	0,92	0,94	1,17	0,90
		Média (***)	0,62	0,58	0,58	0,69	0,75	0,71	0,88	0,71
32	Fuste	Lenho	0,37	0,37	0,37	0,38	0,37	0,39	0,38	0,38
		Casca	0,60	0,57	0,55	0,74	0,88	1,07	1,05	0,85
		Média (**)	0,45	0,44	0,43	0,53	0,57	0,70	0,66	0,56
	Tronco	Lenho	0,37	0,37	0,37	0,38	0,37	0,39	0,38	0,38
		Casca	0,59	0,57	0,55	0,74	0,91	1,08	1,08	0,87
		Média (***)	0,50	0,50	0,47	0,61	0,72	0,84	0,79	0,67
34	Fuste	Lenho	0,38	0,40	0,39	0,39	0,38	0,39	0,38	0,39
		Casca	0,52	0,70	0,68	0,94	1,27	1,26	1,62	1,16
		Média (**)	0,43	0,51	0,50	0,62	0,81	0,80	1,16	0,74
	Tronco	Lenho	0,38	0,39	0,38	0,39	0,38	0,39	0,38	0,39
		Casca	0,53	0,68	0,67	0,94	1,25	1,24	1,59	1,14
		Média (***)	0,49	0,59	0,58	0,75	1,02	1,02	1,39	0,91
Média	Fuste	Lenho	0,38	0,38	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38
		Casca	0,58	0,58	0,63	0,73	0,87	0,94	1,05	0,85
		Média	0,45	0,45	0,48	0,53	0,59	0,63	0,71	0,58
	Tronco	Lenho	0,38	0,38	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38
		Casca	0,57	0,57	0,62	0,73	0,86	0,94	1,06	0,84
		Média	0,50	0,50	0,53	0,61	0,69	0,74	0,83	0,67

(*) – média ponderada das 7 classes diamétricas

(**) – média ponderada do fuste com casca

(***) – média ponderada do tronco com casca

A densidade da biomassa do lenho, tanto no fuste quanto no tronco, não teve variações significativas com a idade dos povoamentos, com valores próximos a $0,38 \text{ g/cm}^3$ (Tabela 28). Na casca do fuste e do tronco a densidade da biomassa aumentou diretamente proporcional à idade dos povoamentos, o mesmo ocorrendo com a média do lenho mais a casca.

Nos povoamentos com 19; 20; 23; e 28 anos não houve diferença significativa das densidades de biomassa (Tabela 29) entre as classes diamétricas no lenho e na casca do fuste e do tronco. No povoamento com 32 anos de idade houve diferença significativa somente na casca do tronco, sendo menores nas classes 1, 2 e 3; intermediárias nas classes 4 e 5 e superiores nas classes 6 e 7.

Com 34 anos de idade só não houve diferença significativa nas densidades da biomassa do lenho e do fuste do tronco entre as classes diamétricas. Na casca do fuste a classe 7 apresentou densidade superior às demais e a classe 1 inferior às outras classes. As classes 2, 3, 4, 5 e 6 tiveram densidades intermediárias às classes extremas de menor e maior DAP. Na casca do tronco a classe 7 teve densidade superior e as classes 1, 2 e 3 inferior às demais e as classes 4, 5 e 6 tiveram densidades intermediárias (Tabela 29).

Entre as classes diamétricas, de todas as diferentes idades, apresentaram diferença significativa na densidade da casca do fuste no povoamento de 34 anos e na casca do tronco os de 32 e 34 anos de idade.

As diferenças significativas entre as médias da densidade da biomassa ocorreram somente nos povoamentos mais velhos (32 e 34 anos).

Tabela 29: Comparação da diferença entre médias da densidade da biomassa das classes diamétricas

Idade anos	Segmento da árvore	Partes do segmento	Classe diamétrica							
			1	2	3	4	5	6	7	
19	Fuste	Lenho	a-B	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-B	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
20	Fuste	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
23	Fuste	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
28	Fuste	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
32	Fuste	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	b-A	b-A	b-A	ab-A	ab-A	a-A	a-A	
34	Fuste	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	b-A	ab-A	ab-A	ab-A	ab-A	ab-A	ab-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	b-A	b-A	b-A	ab-A	ab-A	ab-A	ab-A	a-A

Médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Notas: 1) As letras minúsculas se referem à comparação entre as médias das classes nas mesmas partes do segmento da árvore (linha)

2) As letras maiúsculas se referem à comparação das médias das classes nos segmentos da árvore nas diferentes idades (coluna)

Quanto as médias das várias partes dos segmentos da árvore (Tabela 29) houve diferença significativa na densidade da biomassa do lenho do fuste e do tronco na classe diamétrica 1, onde estas foram menores que as demais. Nas demais classes diamétricas não houve diferenças.

Aos 19 anos de idade as densidades da biomassa foram significativamente superiores no lenho e na casca do toco e na casca do terço 1, inferiores no lenho e na casca da ponta e na casca dos terços 2 e 3 e foram intermediárias no lenho dos terços 1, 2 e 3 (Tabela 30). Porém aos 20 anos as densidades foram superiores no

lenho e na casca do toco e do terço 1, inferiores no lenho e na casca da ponta e na casca do terço 2 e foram intermediárias no lenho dos terços 2 e 3.

No povoamento com 23 anos as densidades foram significativamente superiores no lenho e na casca do toco e do terço 1, inferiores na casca da ponta e do terço 3 e foram intermediárias no lenho e na casca do terço 2 e no lenho do terço 3 e da ponta. No entanto, aos 28 anos as densidades foram superiores a todas as demais no lenho e na casca do toco e inferiores a todas as demais na casca e no lenho do terço 3. As densidades do lenho e da casca na ponta foram inferiores a do toco e superiores as do terço 3. As densidades do lenho e da casca dos terços 1 e 2 foram intermediárias as do terço 3 e da ponta.

A Tabela 30 mostra que no povoamento com 32 anos as densidades da casca de todas as partes da árvore e do lenho do terço 1 foram superiores às do lenho, a densidade do lenho da ponta foi inferior as demais e as densidades do lenho do toco e dos terços 2 e 3 foram intermediárias as demais.

No povoamento mais velho (34 anos) as densidades da casca de todas as partes da árvore e do lenho do terço 1 foram superiores as demais, a densidade do lenho da ponta foi inferior e as densidades do lenho do toco e dos terços 2 e 3 foram intermediárias.

As médias das densidades da biomassa no toco foram superiores no lenho aos 28 anos de idade e na casca aos 28 e 34 anos (Tabela 30) e as demais foram intermediárias a estas. No terço 1 foram superiores com 20 anos no lenho e aos 23; 28 e 32 anos na casca, no terço 2 não houve diferença nas médias do lenho, mas foram superiores na casca aos 28 e 34 anos e inferiores aos 19; 20 e 32 anos. Na ponta as médias não diferiram no lenho e nem na casca.

Tabela 30: Comparação da diferença entre médias da densidade da biomassa das partes da árvore

Partes da árvore	Material	Idade anos						
		19	20	23	28	32	34	
Toco	Lenho	b-A	ab-A	ab-A	a-A	ab-AB	ab-AB	
	Casca	b-A	ab-A	ab-A	a-A	ab-A	a-A	
Fuste	Terço 1	Lenho	b-AB	a-A	ab-A	ab-BC	ab-A	ab-A
		Casca	ab-A	ab-A	a-A	a-BC	a-A	b-A
	Terço 2	Lenho	a-AB	a-AB	a-AB	A-bc	a-AB	a-AB
		Casca	b-B	ab-B	ab-AB	ab-BC	ab-A	a-A
	Terço 3	Lenho	a-AB	a-AB	a-AB	a-C	a-AB	a-AB
		Casca	b-B	b-B	ab-B	a-C	b-A	a-A
Ponta	Lenho	a-B	a-B	a-AB	a-B	a-B	a-B	
	Casca	a-B	a-B	a-B	a-B	a-A	a-A	

Médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Notas: 1) terço 1 = terço inferior do fuste; terço 2 = terço médio do fuste e terço 3 = terço superior do fuste.

2) As letras minúsculas se referem à comparação entre as médias do mesmo material das partes da árvore na diferentes idades (linha)

3) As letras maiúsculas se referem à comparação entre as médias dos diferentes materiais das partes da árvore na mesma idade (coluna)

5.6 BIOMASSA

Os resultados da biomassa, nas 6 diferentes idades a araucária, foram obtidos através dos dados das dimensões e dos resultados das análises laboratoriais das amostras da árvore média de cada classe diamétrica, multiplicado pela frequência de árvores na mesma.

A quantidade de biomassa (Mg/ha) (Tabela 31) foi crescente com o passar dos anos tanto no tronco quanto no fuste, respectivamente: 156,86 e 136,35 (19 anos); 172,83 e 160,12 (20 anos) 197,04 e 175,21 (23 anos); 247,99 e 217,00 (28 anos); 248,29 e 217,19 (32 anos) e 293,89 e 250,14 (34 anos).

Da biomassa do fuste (Tabela 31) em média 59,02% estavam no lenho e 40,98% na casca, no tronco estas percentagens foram de 55,87% e 44,13% respectivamente e em média 87,78% da biomassa total do tronco encontrava-se no fuste.

Tabela 31: Biomassa (Mg/ha) do fuste e do tronco

Idade anos	Biomassa Seca	Fuste		Tronco		Total	
		Lenho	Casca	Lenho	Casca	Fuste	Tronco
19	Total	90,98	45,36	100,56	56,30	136,35	156,86
	Porcentagem	66,73	33,27	64,11	35,89	86,92	100,00
20	Total	103,24	56,88	111,75	61,09	160,12	172,83
	Porcentagem	64,48	35,52	64,65	35,35	92,64	100,00
23	Total	96,87	78,34	103,36	93,68	175,21	197,04
	Porcentagem	55,29	44,71	52,45	47,55	88,92	100,00
28	Total	125,94	91,07	135,23	112,76	217,00	247,99
	Porcentagem	58,03	41,97	54,53	45,47	87,50	100,00
32	Total	131,31	85,88	139,70	108,59	217,19	248,29
	Porcentagem	60,46	39,54	56,26	43,74	87,47	100,00
34	Total	133,94	116,20	145,18	148,71	250,14	293,89
	Porcentagem	53,55	46,45	49,40	50,60	85,11	100,00
	Porcentagem média	59,02	40,98	55,87	44,13	87,78	100,00

Da biomassa total existente, a média geral dos 6 povoamentos com idades diferentes apresentou 66,10% no fuste (Tabela 32), variando de 68,58% aos 20 anos; 67,11% aos 34 anos; 66,68% aos 23 anos; 64,64% aos 32 anos e 61,78% aos 19 anos. A ponta e o toco juntos tiveram 9,20% em média da biomassa total dos povoamentos, variando de 11,74% (a maior) aos 34 anos, o povoamento mais velho, a 5,45% (a menor) aos 20 anos na época do desbaste.

Nos galhos a porcentagem média da biomassa total foi de 13,35%, com pequena variação total entre as diferentes idades (14,67% aos 32 anos e 12,36% aos 28 anos). Nas folhas esta média foi de 9,53%, com a maior (14,09%) no povoamento mais jovem e a menor (6,29%) no povoamento mais velho. Isso sugere que há, proporcionalmente, uma maior quantidade de folhas nos povoamentos jovens e que diminui com o avanço da idade.

A serapilheira representou a menor porcentagem da biomassa total nos diferentes povoamentos com 1,82% em média, crescendo de 2,18% aos 19 anos até 2,40% aos 23 anos e decresceu de 1,55% aos 28 anos até 1,44% aos 34 anos de idade.

A composição da biomassa total (Tabela 32) em média foi de 75,30% no tronco, 22,88% nos galhos e folhas e 1,82% na serapilheira.

A produtividade total de biomassa (Mg/ha/ano) cresceu dos 19 anos de idade (11,62) aos 20 anos (11,67), depois decaiu aos 28 anos (11,55), aos 23 anos (11,42) aos 34 anos (10,96) e para a menor produtividade aos 32 anos (10,50) (Tabela 32). As diferenças não foram significativas, mostrando que a produtividade de biomassa total se manteve quase constante até os 34 anos de idade. Mesmo aos 23 anos (3 anos após o desbaste) foi muito semelhante àquelas dos 19 e 20 anos, lembrando que foi considerada a biomassa retirada no desbaste realizado no 20º ano.

Tabela 32: Biomassa total (Mg/ha) e produtividade (Mg/ha/ano) da araucária

Idade (anos)	Biomassa	Fuste	Ponta e toco	Galhos	Folhas	Serapilheira	Total
19	Total	136,35	20,51	27,94	31,09	4,81	220,70
	Porcentagem	61,78	9,29	12,66	14,09	2,18	100,00
	Produtividade	7,18	1,08	1,47	1,64	0,25	11,62
20	Total	160,12	12,72	29,53	25,68	5,42	233,47
	Porcentagem	68,58	5,45	12,65	11,00	2,32	100,00
	Produtividade	8,01	0,64	1,48	1,28	0,27	11,67
23	Total	175,21	21,83	36,78	22,61	6,31	262,75
	Porcentagem	66,68	8,31	14,00	8,61	2,40	100,00
	Produtividade	7,62	0,95	1,60	0,98	0,27	11,42
28	Total	217,00	30,99	39,96	30,39	5,01	323,35
	Porcentagem	67,11	9,58	12,36	9,40	1,55	100,00
	Produtividade	7,75	1,11	1,43	1,09	0,18	11,55
32	Total	217,19	31,11	49,28	33,45	4,94	335,97
	Porcentagem	64,64	9,26	14,67	9,96	1,47	100,00
	Produtividade	6,79	0,97	1,54	1,05	0,15	10,50
34	Total	250,14	43,75	50,00	23,45	5,37	372,70
	Porcentagem	67,11	11,74	13,41	6,29	1,44	100,00
	Produtividade	7,36	1,29	1,47	0,69	0,16	10,96
Média da porcentagem		66,10	9,20	13,35	9,53	1,82	100,00

Aos 14 anos de idade Schumacher; Hoppe; Barbieri (2000) encontraram 43,15 Mg/ha de biomassa, inferior àquela aqui obtida aos 19 anos (220,70 Mg/ha) com 5 anos mais velho (Tabela 32).

Watzlawick (2003) obteve uma biomassa total de 209,16 Mg/ha aos 23 anos inferior as 262,75 Mg/ha deste estudo com a mesma idade; 141,43 Mg/ha aos 29 anos contra as 323,35 Mg/ha aos 28 anos deste trabalho. Aos 32 anos Watzlawick (2003) obteve 334,87; resultado muito semelhante com as 335,97 Mg/ha deste trabalho com a mesma idade.

A maior produtividade de biomassa do fuste (Tabela 33) ocorreu no povoamento com 20 anos (8,01 Mg/ha/ano), a menor (6,79 Mg/ha/ano) com 32 anos, mas no tronco a maior foi de 8,86 Mg/ha/ano com 28 anos e a menor continuou a de 32 anos (7,76 Mg/ha/ano).

Tabela 33: Produtividade de biomassa (Mg/ha/ano) do fuste e do tronco

Idade Anos	Produtividade do fuste		Produtividade do tronco	
	Com casca	Sem casca	Com casca	Sem casca
19	7,18	4,79	8,26	5,29
20	8,01	5,16	8,64	5,59
23	7,62	4,21	8,57	4,49
28	7,75	4,50	8,86	4,83
32	6,79	4,10	7,76	4,37
34	7,36	3,94	8,64	4,27

5.7 SERAPILHEIRA

A biomassa de serapilheira nos seis povoamentos estudados variou de 4,81 Mg/ha aos 19 anos até 6,31 Mg/ha aos 23 anos, com uma média de 5,31 Mg/ha. A maior quantidade de biomassa de serapilheira constatada no povoamento com 23 anos de idade se deve possivelmente aos resíduos do desbaste realizado aos 20

anos. Em se desconsiderando esta diferença as demais quantidades são semelhantes, mostrando que dos 19 anos em diante a variação média de serapilheira é pequena. A quantidade produzida neste período de estudo (dos 19 aos 34 anos) é praticamente igual à quantidade mineralizada nos cultivos de araucária.

O que deve ocorrer é um aproveitamento dos nutrientes originados pela decomposição da serapilheira pelas árvores; pois a quantidade de biomassa destas aumentou quando os povoamentos ficaram mais velhos. É possível que uma parte destes nutrientes seja lixiviada ou carregada pelo escoamento das águas da chuva.

Neste estudo o ponto de equilíbrio entre a biomassa de serapilheira existente, a sua deposição pela floresta de araucária e a velocidade de decomposição da mesma se dá ao redor da média constatada de 5,31 Mg/ha. A velocidade de decomposição é influenciada pelo meio ambiente do local do cultivo (clima, solo, exposição, declividade e densidade entre outros).

A maior produção de biomassa de serapilheira acumulada (Tabela 32) foi aos 23 anos com 6,31 Mg/ha, menor do que a descrita por Watzlawick (2003), com a mesma idade, onde obteve 8,20 Mg/ha. Esta diferença a maior, encontrada por este autor, pode ser reflexo das condições ambientais onde foi realizado o cultivo ou, até mesmo, pela qualidade genética das árvores e sua densidade.

Schumacher; Hoppe; Barbieri (2000) encontraram 11,83 Mg/ha com 14 anos de idade; bem superior às 4,81 Mg/ha aos 19 anos e das 5,31 Mg/ha da média deste trabalho. Esta maior quantidade pode ser devido aos 14 anos a quantidade depositada de matéria orgânica pelo povoamento era maior que a decomposição no mesmo período, por isso a biomassa existente no cultivo mais jovem foi maior do que o mais velho. Estes mesmos autores obtiveram 5,78 Mg/ha aos 32 anos, um

pouco superior às 4,94 deste trabalho com a mesma idade, mas não tão diferente como aos 14 anos. É possível que com esta idade já esteja estabilizada a quantidade de serapilheira nas 5,78 Mg/ha o que ensejaria uma diferença menor que 1 Mg/ha entre aquele estudo e este.

Schumacher et al. (2004) constataram uma biomassa média de serapilheira de 6,96 Mg/ha que foi superior à média de 5,31 Mg/ha deste estudo. A média por eles apresentada se refere a cultivos com várias idades diferentes com uma média de 1,65 Mg/ha maior. Esta diferença passa a ser mais significativa que os casos anteriores, mesmo que seja a quantidade de estabilização de acúmulo de serapilheira em cultivo de araucária. Isso pode representar uma condição de sítio ou clima de onde ocorreu o estudo.

5.8 TEOR DE CARBONO

O teor médio de carbono foi calculado a partir dos resultados laboratoriais das amostras coletadas nas diversas idades. Em todos os teores foram calculadas as médias ponderadas, em cada classe e no tipo do componente da biomassa, entre o seu teor e o volume de biomassa correspondente.

A quantidade média de carbono no lenho do fuste foi de 229,7 kg/m³ e do tronco 228,6 kg/m³ (Tabela 34). Não foi significativamente diferente entre si, nem mesmo nas diferentes idades, mas na casca ela foi crescente com o aumento da idade, onde o teor médio de carbono foi de 316,8 kg/m³ no fuste e de 319,8 kg/m³ no tronco.

A média geral da quantidade de carbono na biomassa no fuste foi de 270,9 Kg/m³ e no tronco de 271,5 Kg/m³.

Tabela 34: Teor médio de carbono no fuste e no tronco

Idade (anos)	Parte da árvore	Tipo de Material	Classe diamétrica							Média (*) Kg/m ³
			1	2	3	4	5	6	7	
19	Fuste	Lenho	204,0	201,4	214,9	232,0	218,2	234,5	223,3	220,8
		Casca	210,6	195,8	221,2	211,0	266,3	265,7	288,2	229,1
		Média (**)	204,8	199,2	213,9	223,6	227,5	238,3	236,3	224,7
	Tronco	Lenho	199,6	204,3	213,8	230,1	216,5	232,9	221,8	219,1
		Casca	209,7	198,0	227,2	220,5	271,3	273,8	289,2	236,1
		Média (***)	188,5	188,9	200,7	206,9	212,8	226,6	217,4	227,6
20	Fuste	Lenho	242,7	236,3	238,6	230,2	232,6	234,0	237,1	235,6
		Casca	240,0	247,8	253,7	250,8	342,3	327,5	331,4	276,3
		Média (**)	240,3	240,0	239,2	231,9	257,2	254,4	254,8	253,5
	Tronco	Lenho	237,2	234,9	237,7	231,6	229,6	235,3	234,9	234,2
		Casca	235,3	246,4	250,2	260,5	337,3	329,8	351,0	278,3
		Média (***)	220,5	223,9	226,5	228,7	243,1	246,3	249,6	253,9
23	Fuste	Lenho	229,8	227,8	247,5	231,0	220,8	225,3	222,2	230,1
		Casca	255,7	238,8	328,1	331,7	311,8	385,8	466,0	318,8
		Média (**)	236,6	228,5	272,4	260,8	242,2	258,4	281,0	271,9
	Tronco	Lenho	228,6	227,5	242,5	231,0	221,7	224,6	223,2	229,3
		Casca	271,0	254,2	312,7	329,2	332,1	366,8	481,2	321,9
		Média (***)	231,4	222,5	249,6	245,5	236,0	239,5	268,1	272,3
28	Fuste	Lenho	230,6	228,5	248,3	231,7	221,5	226,0	223,0	231,2
		Casca	323,0	297,9	294,3	342,0	419,8	410,5	497,9	353,3
		Média (**)	251,5	243,5	255,1	255,3	263,7	266,9	280,3	289,4
	Tronco	Lenho	230,6	230,8	241,9	232,9	222,1	226,3	226,0	231,6
		Casca	307,0	289,1	317,6	356,6	396,3	434,5	537,8	358,0
		Média (***)	227,8	228,6	246,2	241,4	234,4	254,1	271,1	290,6
32	Fuste	Lenho	220,1	219,3	206,3	232,5	231,6	238,7	235,8	225,8
		Casca	275,9	269,3	274,8	348,6	420,2	458,8	429,2	344,1
		Média (**)	230,4	227,7	223,4	263,2	270,1	288,8	273,7	282,6
	Tronco	Lenho	217,8	222,1	207,3	230,5	227,3	235,7	234,2	224,6
		Casca	276,1	275,0	276,3	354,3	433,5	457,7	442,0	348,9
		Média (***)	216,5	217,2	213,0	247,3	243,1	265,9	255,6	284,1
34	Fuste	Lenho	229,3	240,8	232,8	234,1	234,9	238,9	229,1	234,8
		Casca	235,1	347,8	349,0	327,1	438,2	454,6	559,9	379,0
		Média (**)	229,7	264,7	263,9	252,5	276,0	277,8	321,8	303,4
	Tronco	Lenho	226,6	237,5	228,9	234,2	232,6	235,1	231,3	233,0
		Casca	248,5	337,4	344,3	333,8	423,3	452,2	528,6	375,3
		Média (***)	220,1	239,9	242,6	233,6	244,3	246,3	291,8	300,7
Média	Fuste	Lenho	226,1	225,7	231,4	231,9	226,6	232,9	228,4	229,7
		Casca	256,7	266,2	286,8	301,9	366,4	383,8	428,8	316,8
		Média	232,2	233,9	244,7	247,9	256,1	264,1	274,6	270,9
	Tronco	Lenho	223,4	226,2	228,7	231,7	225,0	231,7	228,6	228,6
		Casca	257,9	266,7	288,1	309,2	365,6	385,8	438,3	319,8
		Média	217,5	220,2	229,8	233,9	235,6	246,5	258,9	271,5

(*) – média ponderada das 7 classes diamétricas

(**) – média ponderada do fuste com casca

(***) – média ponderada do tronco com casca

No lenho o teor médio de carbono sempre foi inferior àquele encontrado na casca em todas as idades, tanto no fuste quanto no tronco.

Na comparação entre médias de teor de carbono das classes diamétricas (Tabela 35) não houve diferenças significativas entre os teores existentes no lenho do fuste e do tronco nas seis idades estudadas.

Na casca do fuste o teor médio de carbono aos 34 anos de idade foi inferior na classe 1, superior na classe 7 e intermediários nas demais classes. Nesta idade o teor de carbono na casca foi crescente diretamente às classes diamétricas.

Os teores médios de carbono, na casca do tronco, foram menores nas classes 1; 2 e 3 e foram maiores nas classes 6 e 7 no povoamento de 32 anos. No povoamento de 34 anos na classe 1 foi inferior e na classe 7 foi superior e as demais tiveram teores intermediários.

Quando comparadas as médias dos teores de carbono de cada uma das 7 classes entre as 6 idades, as classes 1; 2 e 3 no lenho do fuste e do tronco nos povoamentos de 19 e 32 anos tiveram teores inferiores, as classes 1 e 2 foram superiores no povoamento com 20 anos e na classe 2 com 34 anos. Na classe 3 os teores foram superiores nos povoamentos com 23 e 28 anos e foram inferiores com 19 e 32 anos. Nas classes 4; 5; 6 e 7 não houve diferenças significativas nas 6 idades diferentes. Os teores médios de carbono na casca do fuste e do tronco não apresentaram diferenças significativas nas classes entre as diferentes idades.

Tabela 35: Comparação entre médias do teor de carbono

Idade anos	Segmento da árvore	Partes do segmento	Classe diamétrica						
			1	2	3	4	5	6	7
19 anos	Fuste	Lenho	a-B	a-B	a-B	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-B	a-B	a-B	a-A	a-A	a-A	ab-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
20 anos	Fuste	Lenho	a-A	a-A	a-AB	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-A	a-A	a-AB	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
23 anos	Fuste	Lenho	a-AB	a-AB	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-AB	a-AB	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
28 anos	Fuste	Lenho	a-AB	a-AB	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-AB	a-AB	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
32 anos	Fuste	Lenho	a-B	a-B	a-B	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-B	a-B	a-B	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	b-A	b-A	b-AB	ab-A	ab-A	a-A	ab-A
34 anos	Fuste	Lenho	a-AB	a-A	a-AB	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	b-A	ab-A	ab-A	ab-A	ab-A	ab-A	a-A
	Tronco	Lenho	a-AB	a-A	a-AB	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	b-A	ab-A	ab-A	ab-A	ab-A	ab-A	a-A

Médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Notas: 1) As letras minúsculas se referem à comparação entre as médias das classes nas mesmas partes do segmento da árvore (linha)

2) As letras maiúsculas se referem à comparação entre as médias das classes nos segmentos da árvore nas diferentes idades (coluna)

A comparação entre médias da porcentagem de carbono das partes dos segmentos da árvore (Tabela 36) em função da idade não apresentou diferenças significativas nos segmentos toco, fuste e ponta e nem no lenho e na casca nas seis diferentes idades.

No toco as médias do teor de carbono foram inferiores no lenho com 19; 32 e 34 anos e na casca com 34 anos de idade (Tabela 36); no terço 1 foram inferiores no lenho com 19 anos e na casca com 34 anos. No terço 2 somente a média da casca com 34 anos foi inferior às demais; no terço 3 não houve diferenças significativas no lenho e, na casca e na ponta foram inferiores às demais médias do lenho com 20 anos e na casca com 34 anos.

Houve mais diferenças nas idades extremas (19 e 34 anos) e não houve nas idades de 23 e 28 anos de idade.

Tabela 36: Comparação entre médias do teor de carbono das partes da árvore

Partes da árvore	Material	Idade anos						
		19	20	23	28	32	34	
Toco	Lenho	b-A	a-A	ab-A	ab-A	b-A	b-A	
	Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	b-A	
Fuste	Terço 1	Lenho	b-A	ab-A	a-A	ab-A	ab-A	ab-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	b-A
	Terço 2	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	b-A
	Terço 3	Lenho	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
		Casca	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A	a-A
Ponta	Lenho	ab-A	b-A	a-A	ab-A	a-A	a-A	
	Casca	ab-A	a-A	ab-A	a-A	a-A	b-A	

Médias não ligadas por mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Notas: 1) terço 1 = terço inferior do fuste; terço 2 = terço médio do fuste e terço 3 = terço superior do fuste

2) As letras minúsculas se referem à comparação entre as médias dos diferentes materiais das partes da árvore nas diferentes idades (linha)

3) As letras maiúsculas se referem à comparação entre as médias dos diferentes materiais das partes da árvore na mesma idade (coluna)

A diferença entre médias do percentual de carbono nas partes da árvore (Tabela 37) apresentou diferença significativa maior no toco, fuste, e ponta, aos 19 anos de idade, sendo inferior, a estas, nos galhos e ainda menor nas folhas; porém com 20 anos de idade foram superiores no toco e no fuste, seguidas da média da ponta, das folhas e por último dos galhos. Com 23 e 34 anos de idade apresentou média inferior nos galhos e aos 32 anos nas folhas.

Com a idade de 28 anos a média dos galhos foi inferior às demais, do toco e do fuste foram superiores seguidas pela da ponta e esta pela das folhas.

Quase não houve variação do teor de carbono no tronco e no fuste, houve pouca na ponta; porém, foram grandes as variações em relação aos galhos e às folhas em todas as idades.

As médias gerais da porcentagem de carbono de toda a árvore, incluindo o toco, tronco, galhos e folhas, não apresentou diferenças significativas entre si nas seis idades estudadas.

Tabela 37: Comparação entre médias do percentual médio de carbono nas partes das árvores

Idade anos	Porcentagem média de carbono e comparação entre elas nas partes da árvore										Comparação das médias de toda a árvore
	Toco	Compa- ração	Fuste	Compa- ração	Ponta	Compa- ração	Galhos	Compa- ração	Folhas	Compa- ração	
19	55,14	a	55,37	a	55,57	a	44,97	b	40,96	c	A
20	58,39	a	56,68	ab	54,50	bc	45,47	d	52,19	c	A
23	54,96	a	53,98	a	53,46	a	43,88	b	54,73	a	A
28	57,18	a	55,93	ab	54,53	b	45,58	d	48,26	c	A
32	56,40	a	55,86	a	55,54	a	55,15	a	52,46	b	A
34	53,10	a	53,32	a	53,26	a	47,63	b	54,13	a	A

Médias com letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey nas partes da árvore com a mesma idade

Médias com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey, nas médias gerais da árvore, nas diferentes idades

As porcentagens médias de carbono nas partes da árvore foram todas superiores àquelas encontradas por Weber et al. (2003). No fuste os autores encontraram 44,12% e neste trabalho 55,19%, nos galhos 41,79% contra 47,11% respectivamente. Nas folhas também foi diferente com 44,00% para Weber et al. (2003) e 50,46% neste trabalho.

Quanto à comparação entre médias das partes da árvore, para Weber et al. (2003) a média da porcentagem de carbono no fuste foi superior à das folhas, mas não foi diferente da porcentagem de carbono dos galhos. Neste trabalho a porcentagem de carbono no fuste foi sempre significativamente superior à dos galhos e das folhas.

Entre as médias de porcentagem de carbono dos galhos e das folhas não houve diferença significativa (em algumas idades uma média foi superior e noutras

foi inferior), enquanto que para Weber et.al. (2003) houve diferença entre as duas médias.

A quantidade de carbono contida nas árvores de araucária (Tabela 38) foi sempre crescente com o aumento da faixa etária.

Em média 68,94% do carbono estavam contidos no fuste da planta, 8,97% no toco e ponta, 11,52% nos galhos e 9,07% nas folhas. A serapilheira contribuiu em média com 1,49% do total de carbono contido nos povoamentos (tabela 38).

A quantidade de carbono contido na serapilheira variou de 1,90 Mg/ha aos 28 anos de idade, até 2,79 Mg/ha aos 23 anos de idade, com uma média de 2,29 Mg/ha.

Schumacker; Hoppe; Barbieri (2000) encontram 4,84 Mg/ha aos 14 anos de idade e Watzlawick (2003) obteve uma média de 2,82 Mg/ha, ambas superiores à média encontrada neste estudo. Watzlawick (2003) encontrou aos 23 anos de idade 3,45 Mg/ha enquanto que neste estudo a média foi menor com 2,79 Mg/ha; enquanto que aos 32 anos de idade aquele autor encontrou 2,04 Mg/ha de carbono na serapilheira, uma quantia muito semelhante às 2,05 Mg/ha deste trabalho.

Tabela 38: Quantidade de carbono (Mg/ha) contida nas partes da árvore e na serapilheira

Idade (anos)	Fuste	Toco e ponta	Galhos	Folhas	Serapilheira	Total	Produtividade
19	75,32	10,95	12,52	12,73	2,24	113,75	5,99
20	90,46	9,13	13,28	13,34	2,44	128,65	6,43
23	95,24	11,20	16,06	12,37	2,79	137,65	5,99
28	121,78	16,68	18,16	14,86	1,90	173,37	6,19
32	121,89	16,27	22,44	17,47	2,05	180,13	5,63
34	129,96	20,36	23,62	12,75	2,31	189,00	5,56
Média	105,77	13,77	17,68	13,92	2,29	153,42	5,97
%	68,94	8,97	11,52	9,07	1,49	100,00	-

A produtividade de carbono foi crescente até os 28 anos de idade (máxima) e depois decresceu até os 34 anos onde foi mínima.

A equação de regressão que estima a produtividade de carbono em araucária cultivada em função da idade foi:

$$PC = - 5,979 + 0,98619i - 0,01856i^2 \quad (R^2 = 0,91 \text{ e } Sxy = 2,69\%)$$

Onde:

PC – produtividade de carbono (Mg/ha/ano)

i – idade (anos)

5.9 ANÁLISE ECONÔMICA

Para os cálculos econômicos foram levantados os preços pagos aos produtores na propriedade e com as árvores em pé; isto é, o comprador se encarrega do corte e transporte até a indústria.

Tomou-se como base de custo e comparativo de renda, dois estudos com pinus: um realizado por Kreuz; Baú (2001) e outro por Souza; Kreuz; Motta (2004), com todos os valores atualizados pelo IGP-di da Fundação Getúlio Vargas para abril de 2004.

Tabela 39: Volume por classe comercial e por idade

Diâmetro\idade	19	20	23	28	32	34
6-15cm	6,33	14,92	63,70	64,10	56,65	56,09
15-20cm	99,96	107,34	61,03	33,92	66,19	49,47
20-40cm	218,93	233,57	289,27	385,54	353,18	398,11
> 40cm	0,00	0,00	0,00	18,02	39,04	13,69
Total (m ³ /ha)	325,22	355,82	414,01	501,58	515,06	517,36

A produção volumétrica foi sempre crescente em todas as faixas etárias, com maior intensidade até a idade de 28 anos e menor nas idades de 32 e 34 anos,

com tendência de estabilização nesta idade. A densidade de árvores continuou a mesma (cerca de 560 árvores/ha) após o 20º ano de idade, ocasião do último desbaste. Caso esta prática fosse realizada outras vezes (CRECHI et al., 2001) a produção comercial poderia continuar aumentando por mais tempo.

Este ritmo de crescimento da produção comercial é estimado pela equação de regressão:

$$PC = - 491,4495 + 61,69747i - 0,927184i^2 \quad (R^2 = 0,99 \text{ e } S_{xy} = 2,32\%)$$

Onde:

PC – produção comercial por hectare (m³/ha)

i – idade (anos)

A equação acima mostra que a produção comercial tende a se estabilizar por volta dos 33 a 34 anos de idade.

O valor da produção comercial (Tabela 40) foi crescente com o aumento da idade; sendo o menor valor aos 19 anos e o maior aos 32 anos e continuou praticamente igual aos 34 anos de idade. Assim como a produção comercial estabilizou nas idades mais velhas, isto também ocorreu com o seu valor.

Na classe comercial de 6 a 15 cm de diâmetro (Tabela40) o valor da produção foi menor dos 23 aos 34 anos, do que no 19º e no 20º ano devido ao desbaste das árvores mais finas realizado nesse ano. Já na classe de 15 a 20 cm de diâmetro o valor da produção foi crescente até os 32 anos de idade, diminuindo na idade de 34 anos por que nessa idade aumentou na classe de diâmetro maior de 40 cm. Na classe de 20 a 40 cm o valor da produção deixou de ser crescente aos 32 e 34 anos de idade. A classe maior que 40 cm de diâmetro só apresentou valores dos

28 aos 34 anos. Isto se deve ao fato de que somente nestas idades parte das árvores atingiram o diâmetro desta classe comercial.

Tabela 40: Valor da produção por classe comercial

Diâmetro comercial	Valor R\$/m ³	Valor do volume produzido por classe comercial (R\$)					
		19 anos	20 anos	23 anos	28 anos	32 anos	34 anos
6-15cm	35,00	221,44	522,06	2229,59	2243,47	1982,86	1962,98
15-20cm	50,00	4998,10	5366,96	3051,51	1696,09	3309,58	2473,55
20-40cm	75,00	16419,95	17517,43	21695,62	28915,29	26488,24	29858,15
> 40cm	110,00	0,00	0,00	0,00	1982,40	4294,08	1505,97
Total (R\$/ha)	-----	21639,49	23406,45	26976,72	34837,25	36074,75	35800,64

Valores de Caçador – SC, abril de 2004

Com relação à análise econômica (Tabela 41) a taxa interna de retorno do investimento, sem a valorização do carbono seqüestrado, foi sempre decrescente dos 19 até os 34 anos. Aos 19 e 20 anos de idade essas taxas são praticamente iguais decaindo mais bruscamente a partir de 20 anos: 14,89% (19 anos); 14,52% (20 anos); 13,30% (23 anos); 11,96% (28 anos); 10,56% (32 anos) e 9,92% (34 anos).

Somente as TIR dos 19; 20 e 23 anos foram superiores à TIR de 12,48% encontrada por Kreuz; Baú (2001) e todas as demais foram inferiores a esta e bem inferiores àquela de 23,58% do estudo de Souza, Kreuz; Motta (2004).

A margem bruta (lucro mais remuneração da terra) teve seu máximo aos 32 anos de idade (R\$ 34.390,75), momento em que a sobra financeira, sem considerar a remuneração da terra foi máxima e a menor ocorreu no povoamento com 19 anos de idade (R\$ 19.955,49).

O lucro (margem bruta menos a remuneração da terra) teve o seu máximo aos 28 anos de idade (R\$ 24.481,29) e o mínimo aos 19 anos de idade (R\$15.683,30). Dos valores obtidos nos fluxos de caixa houve um lucro e um valor

da produção superiores, na araucária aos 19 anos (R\$ 16.842,68 e R\$ 22.863,87 respectivamente), quando comparados aos do pinus com 18 anos (R\$ 3.463,34 e R\$ 17.520,00 respectivamente) (KREUZ; BAÚ, 2001), mas foram inferiores aos do pinus com 20 anos no trabalho de Souza; Kreuz; Motta (2004) (Tabela 10) que foram de R\$ 36.600,10 e R\$ 51.319,79, respectivamente.

O índice benefício/custo (IBC), que é o valor líquido presente do fluxo de benefícios sobre o valor líquido presente do fluxo de investimentos (Kreuz et al., 2003), foi de 4,04 (19 anos); 4,13 (20 anos); 4,05 (23 anos); 3,99 (28 anos); 3,34 (32 anos) e 2,98 (34 anos). Isto significa, por exemplo, que aos 19 anos de idade retornam R\$ 4,04 para cada R\$ 1,00 aplicado hoje além do que teria retornado se esse real tivesse sido aplicado aos 6% (previsto no cálculo com custo oportunidade). Vale dizer que representa uma rentabilidade adicional de 303% no final de 19 anos.

Com base na TIR e no IBC (Tabela 41) economicamente as idades de 19 anos, com TIR de 14,98% ao ano e IBC de 4,04; e de 20 anos com 14,52% e 4,13; respectivamente, são as idades que apresentam os melhores resultados financeiros. Aos 19 anos a TIR é maior (0,46% ao ano) que aos 20 anos, mostrando que por este critério de análise é o melhor desempenho. Quando se utiliza para análise econômica o IBC é maior (0,09) aos 20 anos em relação aos 19 anos, o que significa que por este critério seria mais viável a exploração aos 20 anos.

Como a diferença entre os valores das duas idades (19 e 20 anos) é pequena pode-se afirmar que o melhor desempenho econômico está entre estas duas idades com resultados financeiros não muito diferentes.

O custo total de produção foi crescente em função do custo oportunidade da terra, de 6% ao ano, que se somou aos demais custos anualmente.

Tabela 41: Fluxos de caixa para floresta empresarial de araucária por hectare

Ano de ocorrência	Idade (anos)					
	19	20	23	28	32	34
0	-924,00	-924,00	-924,00	-924,00	-924,00	-924,00
1	-270,00	-270,00	-270,00	-270,00	-270,00	-270,00
2	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00
3	-245,00	-245,00	-245,00	-245,00	-245,00	-245,00
4	-145,00	-145,00	-145,00	-145,00	-145,00	-145,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	21639,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20		23406,45	2012,78	2134,37	1982,86	1962,98
21			0,00	0,00	0,00	0,00
22			0,00	0,00	0,00	0,00
23			24963,94	0,00	0,00	0,00
24				0,00	0,00	0,00
25				0,00	0,00	0,00
26				0,00	0,00	0,00
27				0,00	0,00	0,00
28				32702,88	0,00	0,00
29					0,00	0,00
30					0,00	0,00
31					0,00	0,00
32					34091,89	0,00
33						0,00
34						33837,67
Desembolso (R\$)	1684,00	1684,00	1684,00	1684,00	1684,00	1684,00
Custo da terra (R\$)(*)	4272,19	4655,07	5947,13	8671,96	11501,74	13184,04
Custo total (R\$)	5956,19	6339,07	7631,13	10355,96	13185,74	14868,04
Valor da produção (R\$)	21639,49	23406,45	26976,72	34837,25	36074,75	35800,64
Margem bruta (R\$)	19955,49	21722,45	25292,72	33153,25	34390,75	34116,64
VLP (R\$)	5078,64	5216,48	5088,97	4994,72	3898,38	3311,22
TIR (% ao ano)	14,89%	14,52%	13,30%	11,96%	10,56%	9,92%
Lucro (R\$)	15683,30	17067,38	19345,59	24481,29	22889,01	20932,61
Índice benefício/custo	4,04	4,13	4,05	3,99	3,34	2,98

5.9.1 Análise Econômica da Araucária Cultivada com Valorização do Carbono Seqüestrado

Com a assinatura do Protocolo de Quioto pela Rússia e com os primeiros negócios de seqüestro de carbono acontecendo de fato, estimou-se o valor da tonelada de CO₂ seqüestrado com um valor intermediário aos citados em literatura de 10 a 15 dólares por tonelada (VEIGA, 2002), 7 euros por Renner (2004), de 5 a 35 dólares (GRUPO BANCO MUNDIAL, 2004).

Adotou-se como valor mediano de 7 euros (1 euro = R\$ 3,43) por tonelada de CO₂ seqüestrado nos cálculos deste trabalho (valores negociados antes mesmo da entrada em vigor do tratado de Quioto, segundo Renner, 2004).

Na análise econômica com a valorização do carbono seqüestrado (Tabela 42) a taxa interna de retorno do investimento, a exemplo da Tabela 41, foi sempre decrescente: 17,37% (19 anos); 16,88% (20 anos); 15,29% (23 anos); 13,57% (28 anos); 12,01% (32 anos) e 11,34% (34 anos).

As TIR dos 19; 20; 23 e 28 anos foram superiores à TIR de 12,48% encontrada por Kreuz; Baú (2001), porém bem inferiores àquela de 23,58% do estudo de Souza, Kreuz; Motta (2004) mesmo com a valorização do carbono seqüestrado.

A margem bruta teve seu máximo aos 34 anos de idade (R\$ 50.748,34), momento em que a sobra financeira, sem considerar a remuneração da terra, foi máxima e a menor ocorreu no povoamento com 19 anos de idade (R\$ 29.965,44).

Com a valorização do carbono seqüestrado continuou tendo o seu máximo aos 28 anos de idade (R\$ 39.738,06) e o mínimo aos 19 anos de idade (R\$ 25.693,25). Os valores obtidos no fluxo de caixa (Tabela 42) mostram um lucro e um

valor total da produção, na araucária aos 19 anos (R\$ 25.693,25 e R\$ 31.649,44 respectivamente), superiores aos do pinus com 18 anos (R\$ 3.463,34 e R\$ 17.520,00 respectivamente) conforme estudo de Kreuz; Baù (2001), mas continuaram sendo inferiores aos do pinus com 20 anos do trabalho de Souza; Kreuz; Motta (2004) (Tabela 10) que foram de R\$ 36.600,10 e R\$ 51.319,79, respectivamente.

O índice benefício/custo (IBC), foi de 5,91 (19 anos); 6,05 (20 anos); 5,87 (23 anos); 5,74 (28 anos); 4,81 (32 anos) e 4,37 (34 anos). Isto significa, por exemplo, que aos 19 anos de idade retornam R\$ 5,91 para cada R\$ 1,00 aplicado hoje, além do que teria retornado se esse real tivesse sido aplicado aos 6% (previsto no cálculo com custo oportunidade). Vale dizer que representa uma rentabilidade adicional de 505% no final de 20 anos.

A maior TIR foi aos 19 anos de idade com 17,37% ao ano e o maior IBC foi aos 20 anos com 6,05 (Tabela 42); sugerindo, como no fluxo sem valorização do carbono, que o melhor desempenho econômico estaria entre estas duas idades com resultados financeiros pouco diferentes.

A taxa interna de retorno do capital investido foi maior em média 15,00% quando se valorizou o carbono seqüestrado, o lucro em 67,10% e o índice benefício/custo em 45,21%.

O negócio do seqüestro de carbono seria altamente vantajoso se tivesse entrada financeira anual, a partir dos primeiros anos de idade dos povoamentos. Nesta fase de desenvolvimento o valor do carbono cobriria os custos de produção e o produtor teria o retorno do capital investido quando o povoamento estaria em pleno desenvolvimento cobrindo inclusive o custo oportunidade da terra e diminuindo em muito o tempo de retorno do capital.

A margem bruta média, não sendo considerado o custo oportunidade da terra, foi 48,00% maior quando se incluiu o valor do carbono no final do ciclo; aumentando de R\$ 20.020,35 para R\$ 33.475,96 por hectare em média.

Como o custo oportunidade da terra é um valor atribuído ao capital investido, no caso da terra ela permanece, às vezes mais valorizada, sendo altamente viável economicamente a valorização do carbono contido na araucária cultivada; pois a rentabilidade foi significativamente maior.

Em ambas as análises financeiras, com e sem valorização do carbono sequestrado, o desempenho econômico seria atrativo Tabelas (42 e 43). Além do custo oportunidade do capital investido houve uma taxa interna de retomo mínima de 9,92% ao ano no povoamento de 34 anos sem valorização do carbono sequestrado e máxima de 17,37% ao ano no povoamento de 19 anos com a valorização do mesmo.

Tabela 42: Fluxos de caixa para floresta empresarial de araucária, por hectare, na região de Caçador, SC com a valorização do carbono seqüestrado

Ano de ocorrência	Idade (anos)					
	19	20	23	28	32	34
0	-924,00	-924,00	-924,00	-924,00	-924,00	-924,00
1	-270,00	-270,00	-270,00	-270,00	-270,00	-270,00
2	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00
3	-245,00	-245,00	-245,00	-245,00	-245,00	-245,00
4	-145,00	-145,00	-145,00	-145,00	-145,00	-145,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00	-185,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	31649,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20		34337,11	2916,40	3068,96	2954,25	2874,95
21			0,00	0,00	0,00	0,00
22			0,00	0,00	0,00	0,00
23			36173,18	0,00	0,00	0,00
24				0,00	0,00	0,00
25				0,00	0,00	0,00
26				0,00	0,00	0,00
27				0,00	0,00	0,00
28				47025,06	0,00	0,00
29					0,00	0,00
30					0,00	0,00
31					0,00	0,00
32					48972,24	0,00
33						0,00
34						49557,39
Custo real(R\$)	1684,00	1684,00	1684,00	1684,00	1684,00	1684,00
Custo da terra(R\$)(*)	4272,19	4655,07	5947,13	8671,96	11501,74	13184,04
Custo total(R\$)	5956,19	6339,07	7631,13	10355,96	13185,74	14868,04
Valor da produção(R\$)	21639,49	23406,45	26976,72	34837,25	36074,75	35800,64
Valor do carbono(R\$)	10009,95	10930,67	12112,86	15256,77	15851,75	16631,69
Valor total(R\$)(**)	31649,44	34337,11	39089,58	50094,02	51926,49	52432,34
Margem bruta(R\$)	29965,44	32653,11	37405,58	48410,02	50242,49	50748,34
VLP	8199,79	8431,79	8123,22	7912,89	6359,42	5624,70
TIR a.a.	17,37%	16,88%	15,29%	13,57%	12,01%	11,34%
Lucro(R\$)	25693,25	27998,04	31458,44	39738,06	38740,76	37564,30
Índice benefício/custo (IBC)	5,91	6,05	5,87	5,74	4,81	4,37

6 CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada e nos resultados obtidos durante este trabalho conclui-se que:

- Nas médias da densidade da biomassa das classes diamétricas só houve diferença nas densidades da casca do tronco com 32 e 34 anos e da casca do fuste com 32 anos, com exceção da densidade média do lenho no fuste;

- As médias do teor de carbono, entre as classes diamétricas, apresentaram mais diferenças entre si nos povoamentos mais velhos, especialmente na casca, já dentro da mesma classe diamétrica nas diferentes idades as diferenças apareceram nas classes intermediárias; não apresentando diferenças nas classes extremas;

- Quanto à porcentagem média do teor de carbono, nas partes da árvore, sempre foram superiores no toco e no fuste e geralmente inferiores nos galhos e nas folhas em todas as idades;

- O volume comercial (m^3/ha) também se mostrou crescente nos povoamentos com mais idade. Foi de 325,22 aos 19 anos; 355,82 aos 20 anos; 414,01 aos 23 anos; 501,58 aos 28 anos); 515,06 aos 32 anos e 517,36 aos 34 anos;

- A produtividade do tronco se manteve com pouca variação até os 28 anos de idade reduzindo-se nos povoamentos de 32 e 34 anos; pois mesmo a produção sendo superior à dos anos anteriores seu ritmo de crescimento diminuiu;

- A produtividade total de biomassa se manteve com pouca variação, apenas aos 32 anos houve uma redução, mas voltando aos níveis anteriores aos 34 anos;

- O teor de carbono no tronco (kg/m^3) foi aumentando proporcionalmente com a idade dos povoamentos;
- Os melhores resultados econômicos, tanto sem quanto com valorização do carbono, considerando a TIR e o IBC, ocorreram na faixa dos 19 e 20 anos de idade.
- Dos 19 aos 34 anos de idade os povoamentos de araucária armazenaram em média 5,97 Mg/ha/ano de carbono, o equivalente a 21,89 Mg/ha/ano de CO_2 que a 7 euros a tonelada valeriam R\$ 525,58 por hectare por ano nesta faixa de idade.
- Tanto com a inclusão do valor do carbono quanto sem, a melhor rentabilidade econômica foi aos 19 anos de idade com 17,37% e 14,89% ao ano de taxa interna de retorno do capital, ambas bem acima da inflação média dos últimos 10 anos e mais que o dobro da remuneração da poupança. Isto demonstra a viabilidade de se cultivar araucárias mesmo sem um melhoramento genético como foi neste caso.

7 CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES

Com base neste estudo recomenda-se:

- Aumentar o número de árvores mensuradas em cada classe diamétrica;
- Realizar estudo semelhante em outras espécies de outras regiões;
- Incluir o sistema radicular no estudo para determinação do carbono em toda a árvore;
- Estudar outras espécies utilizadas em cultivos comerciais;

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBIENTE BRASIL. **Nível de CO₂ na atmosfera cresce mais que o esperado.** Disponível em: <www.ambientebrasil.com.br/noticias/index.php3?action=lerid=16465>. Acesso em: 27 out. 2004.

ANTENA VERDE. **Injeção de CO₂ na terra pode diminuir efeito estufa.** Disponível em: <www.antenaverde.org.br/fatos_noticias1.asp?cod=350>. Acesso em: 22 nov. 2004.

BARAL, A; GUHA, G. S. **Trees for carbon sequestration or fossil fuel substitution: the issue of cost vs. carbon benefit.** Biomass & bioenergy. p. 41-45, 2003.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais.** 5ª ed., UFSC, Florianópolis, 454 p, 2003.

BBC BRASIL.COM. **União europeia cria mercado de gás carbônico.** Disponível em: <www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2002//021210_climamtc.shtml>. Acesso em: 12 mar. 2003.

BEIGUELMANN, B. **Curso prático de bioestatística.** 4ª ed., Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 254 p, 1996.

BEHLING, H. **Carbon storage increases by major forest ecosystems in tropical South América since the last Glacial Maximum and the early Holocene.** Global and Planetary Change, p. 107-116, 2002.

BRAMBILA, S.F. **Seqüestro de carbono.** [S.l: s.n.], 2003.

BRANDÃO, L.G. **Programa de seqüestro de carbono do Brasil para o planeta terra.** Disponível em: <http://www.obancomundial.org/index.php/content/view_document12179.html>

CENAMO, C. M; BRUNCKHORST, A; GAVALDÃO, M. **Glossário Internacional de termos em mudanças Climáticas, Protocolo de Quioto e Mercado de Carbono.** Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada CEPEA – ESALQ/USP. Piracicaba, Abril, 2004.

COCHRAN, W. **Técnicas de amostragem**. Ed. Fundo de Cultura, Rio de Janeiro, p. 555, 1965.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. Editora Saraiva, 10ª ed. São Paulo, 1993.

Criação e reforço dos sugadouros de carbono. Disponível em: <<http://lead.virtualcenter.org/pt/dec/toolbox/Grazing/CaarbSiEA..htm>>. Acesso em: 14 mar. 2003.

CROCE, M. D. **Caracterização espacial estrutural e fitossociológica da reserva genética florestal de caçador – SC, através da análise de componentes principais e sistemas de informações geográficas**. Santa Maria, RS-Brasil, 1991.

Espécies Florestais Brasileiras. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pauloernani/temp/index_especies.htm>. Acesso em: 26 nov. 2004.

Efeito estufa. Disponível em: <<http://intermega.com.br/rgregio/efeito%20estufa.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2003.

Ejemplos de Selección de la Rotación. Disponível em: <www.fs.fed.us/research/publications/production_spanish/apen.i.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2004.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de Santa Catarina**. Boletim n° 6, Rio de Janeiro, 1999, 735 p.

EMBRAPA. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília, DF, 2000.

C&T BRASIL. **Emissão de CO₂ pelos solos devido às mudanças do uso da terra e manejo**. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/solo.htm>. Acesso em: 28 jan. 2003.

EPAGRI. **Plano municipal de desenvolvimento rural**. Epagri, Caçador, 2002.

Explicação do efeito estufa – quantidade de gás carbônico no ar. Disponível em: <<http://quimica.fe.usp.br/global/ca6/ca6in.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2003.

FAO. **Base de dados estatísticos**. Disponível em: <www.Fao.org>. Acesso em: 18 mai. 2004.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. UFSM/CEPEF/FATEC, Santa Maria, p. 269, 1992.

FLORES E JARDINS, **Araucária angustifolia: a árvore do pinhão**. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/A20pinhao.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2004

FOSSATI, L. C; BONETES, L; SANTOS, A. L. W; KOEHLER, J. H. **Caracterização dendrológica da floresta com araucária – resultados preliminares**. Agropecuária Catarinense, v. 10, n° 3. 1997.

GRUPO BANCO MUNDIAL. **Brasil tem primeiro projeto de redução de carbono registrado no mundo**. Disponível em: <www.obancomundial.org.br/index.php/content/view_document/2179.html>. Acesso em: 19 nov. 2004.

HOEFLICH, V. A. **O papel das florestas para o desenvolvimento da sociedade brasileira: a contribuição dos segmentos de madeiras sólidas e de papel e celulose**. <<http://intermega.com.br/rgregio/efeito%20estufa.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2003.

ICEPA. <www.icepa.com.br/produtos/sc-agro/pdf/terras1.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2004

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13ª Ed. São Paulo, p. 777, 2002.

KREUZ, C.L.; BAÚ, N. Análise da rentabilidade do cultivo de pínus (*Pinus taeda*) na região de Caçador, SC. In... **Agropecuária Catarinense**. v.14, n° 2, julho, 2001. EPAGRI, p. 8-10.

KREUZ, C. L.; SOUZA, A.; PERFEITO, J.; SCHROEDER, I. Análise da viabilidade financeira do *agribusiness* da maçã. In... **R.Negócios**. v.8, n° 1, p.127-135 abr/junho 2003.

LEDRU, M; LABOURIAU, M. L. S; LORSCHUITTER, M. L. **Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10000 year B.P.** Review of Palaeobotany and Palynology, p. 131-142, 1998.

LEVIN, J. **Estatística aplicada às ciências sociais.** 2ª ed., HARBRA, São Paulo, 392 p, 1987.

LONGHI, J. S; SELLE, L. G; RAGAGNIN, M. I; DAMIANI, E. J. **Composição florística e estrutura Fitosociológica de um “capão” de Podocarpus lambertii Klotz., no Rio Grande do Sul.** v.2, nº1, p. 9-26, 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Editora Plantarum Ltda. São Paulo, 1949.

MACHADO, S. A; MELLO, J. M; BARROS, D. A. **Comparação entre métodos para a avaliação de volume total de madeira por unidade de área, para o pinheiro do Paraná, na região sul do Brasil.** Cerne, v.6, p.55-66, 2000.

MATTOS, R. J. **O pinheiro Brasileiro.** 1º v., 2ª ed. revisada e ampliada.

NAKAJIMA, N. Y. **Utilização do sistema indonésio de corte seletivo para simular a produção contínua de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze em floresta primária.** Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, 1993.

O efeito estufa. Disponível em: <<http://www.eco2025.hpg.ig.com.br/estufa.html>>. Acesso em: 14 mar. 2003.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal.** Editorado pelos autores, Curitiba, p. 316, 1997.

PEREIRA, A. R. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Editora Agropecuária, Guaíba, 436 p. 2002.

PUNDEK, M; MOLINARI, A. J. **Curso de identificação, uso e manejo dos solos da região oeste de Santa Catarina.**

Reflorestamento ciliar pode virar commodity ambiental. Disponível em: <<http://www.agua.org.br/PublicaÃÃes/jornal/Agua%20Viva%20Maio/agua%20viva>>. Acesso em: 12 dez. 2002.

REITZ, R. **Araucárias Cultivadas em Santa Catarina.** Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí, 1986.

REITZ, R. P; KLEIN, M. R. **Araucariáceas.** Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí, 1966.

RENNER, M. R. **Seqüestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil.** Curitiba, 2004.

ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamentos.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) UFPR para obtenção de Dr. UFPR; Curitiba, 2001.

SCARPINELLA, G. D. **Reflorestamento no Brasil e o protocolo de Quioto.** Dissertação (Mestrado em Energia) Universidade de São Paulo, 2002.

SCHÄFFER, B. W; PROCHNOW, M. **Como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira.** Brasília, 2002.

SCHUMACHER, M. V; BRUN, E. J; HERNANDES, I. J; KÖNIG, G. F. **Produção de serapilheira em uma floresta de Araucária angustifolia (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS.** p. 29-37, 2004.

SCHUMACHER, M. V., HOPPE, J. M.; BARBIERI, S. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes no primeiro desbaste de uma floresta de Araucária angustifolia (Bertoloni) Otto Kuntze na região de Quedas do Iguaçu-PR.** UFSM, Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais, 2000.

SIMÕES, L. L; LINO C. F. **A exploração de seus recursos florestais.** Sustentável Mata Atlântica –. Ed. Senac S.P. 2001

Simpósio Itino-Americano sobre Manejo Florestal. Santa Maria. Anais do 2º Simpósio. p. 153-172, 14/09/2001.

SOUZA, A; KREUZ, C. L; MOTTA C.S. Análise de empreendimentos florestais (pinus) como alternativa de renda para o produtor rural na região dos Campos de Palmas . **Revista de administração da UFLA**. v. 6, N°1, p.8-21, 2004.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 2ª edição, McGraw-Hill do Brasil, 454 p. 1985.

TEDESCO M. J.; VOLKSWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Boletim técnico nº 5**. UFRGS. Porto Alegre, 1985.

THOMÉ, N. **Ciclo da madeira**. Imprensa Universal. Caçador. 212 p. 1995.

TIESZEN, L. L; TAPPAN, G. G; TOURÉ, A. **Sequestration of carbon in soil organic matter in Senegal: an overview**. Journal of Arid Environments, 2004.
Uma Análise dos Impactos do Protocolo de Kyoto na Indústria Brasileira. Disponível em: <www.infomet.com.br/vista_opinioes_php?id=15>. Acesso em: 22 nov. 2004.

TORESAN, L. **Desempenho do setor florestal**. In... Síntese anual da agricultura de Santa Catarina, 2002-2003, Instituto CEPA, Florianópolis, 2004. p. 164-184.

Valor do CO₂ seqüestrado. Disponível em: <<http://floresta.org.br/noticias.htm>>. Acesso em: 14 set. 2004.

VEIGA, J. O. S. **O seqüestro de carbono na atmosfera**. Disponível em: <http://www.polmil.sp.gov.br/unidades/cpfm/curupira/curup170/170_carbono.htm>. Acesso em: 12 dez. 2002.

VIEIRA, S. **Princípios de estatística**. Editora Pioneira, São Paulo, p. 144, 1999.

WACHTEL, S. M. **Produção de madeira com melhor valor comercial agregado e implantações de *Pinus taeda* no sul do Brasil**. GTZ, Eschborn, 2001.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em floresta ombrófila mista e plantações florestais**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) UFPR. 2003.

WEBER, K. S; et al. Variação nos teores de carbono orgânico em povoamento araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. **Revista Brasil Florestal**, Brasília. v. 22, n° 76, p. 23-28, 2003.

WEHR, N. J; FILHO, M. T. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raios X. **Sciencia Forestalis**, n° 58, p. 161-170, 2000.

9 APÊNDICES

APÊNDICE A: VALORES MÉDIOS COM BASE NAS AMOSTRAGENS POR CLASSE DIAMÉTRICA

Tabela A.1: Valores médios de cada classe diamétrica da araucária cultivada com 19 anos de idade

Classe DAP (cm)	HT m	HC m	DAP m	g m ²	VTA m ³	VCA m ³	VTC m ³ /ha	VCC m ³ /ha	Árvores por ha
14,98-18,16	11,86	7,32	16,57	0,022	0,145	0,110	10,038	7,614	69
18,16-21,34	12,67	8,71	19,75	0,031	0,221	0,187	22,067	18,657	100
21,34-24,52	13,46	9,58	22,93	0,041	0,316	0,276	53,425	46,727	169
24,52-27,70	13,65	10,02	26,11	0,054	0,416	0,375	106,429	96,007	256
27,70-30,88	14,45	10,55	29,29	0,067	0,554	0,497	60,364	54,164	109
30,88-34,06	14,84	11,82	32,47	0,083	0,699	0,684	58,703	57,470	84
34,06-37,24	15,09	12,78	35,65	0,100	0,856	0,892	42,818	44,583	50
Média ou total	13,72	10,11	26,11	0,057	0,442	0,574	353,845	325,222	837

Tabela A.2: Valores médios de cada classe diamétrica da araucária cultivada com 20 anos de idade

Classe DAP (cm)	HT m	HC m	DAP m	G m ²	VTA m ³	VCA m ³	VTC m ³ /ha	VCC m ³ /ha	Árvores por ha
15,90-19,08	12,92	8,56	17,49	0,024	0,169	0,140	16,931	14,015	100
19,08-22,26	13,28	8,91	20,67	0,034	0,243	0,204	30,387	25,472	125
22,26-25,44	14,32	10,05	23,85	0,045	0,349	0,306	52,351	45,886	150
25,44-28,62	15,58	11,88	27,03	0,057	0,488	0,464	95,125	90,555	195
28,62-31,80	15,82	12,27	30,21	0,072	0,619	0,599	74,240	71,887	120
31,80-34,98	15,22	11,19	33,39	0,088	0,727	0,668	65,418	60,098	90
34,98-38,16	16,36	12,17	36,57	0,105	0,937	0,871	51,551	47,909	55
Média ou total	14,79	10,72	27,03	0,061	0,505	0,465	386,003	355,821	835

Tabela A.3: Valores médios de cada classe diamétrica da araucária cultivada com 23 anos de idade

Classe DAP (cm)	HT m	HC m	DAP m	G m ²	VTA m ³	VCA m ³	VTC m ³ /ha	VCC m ³ /ha	Árvores por ha
22,28-24,51	16,10	13,10	23,4	0,043	0,406	0,382	29,231	27,537	72
24,51-26,74	15,50	12,67	25,6	0,052	0,469	0,444	39,859	37,711	85
26,74-28,97	16,13	13,50	27,9	0,061	0,576	0,559	54,762	53,079	95
28,97-31,20	15,94	12,94	30,1	0,071	0,665	0,625	76,430	71,831	115
31,20-33,43	16,50	13,30	32,3	0,082	0,794	0,741	65,096	60,748	82
33,43-35,66	15,75	13,28	34,5	0,094	0,866	0,845	53,689	52,391	62
35,66-37,89	17,75	14,75	36,8	0,106	1,106	1,064	55,299	53,202	50
Média ou total	16,24	13,36	30,09	0,073	0,697	0,666	374,366	356,500	561

Tabela A.4: Valores médios de cada classe diamétrica da araucária cultivada com 28 anos de idade

Classe DAP (cm)	HT m	HC m	DAP m	g m ²	VTA m ³	VCA m ³	VTC m ³ /ha	VCC m ³ /ha	Árvores por há
19,74-23,88	14,45	12,60	21,81	0,037	0,307	0,321	25,771	26,933	84
23,88-28,02	15,55	12,89	25,95	0,053	0,468	0,464	42,552	42,231	91
28,02-32,16	15,20	12,55	30,09	0,071	0,614	0,608	57,746	57,118	94
32,16-36,30	16,54	13,15	34,23	0,092	0,865	0,824	100,375	95,617	116
36,30-40,44	16,93	13,01	38,37	0,116	1,113	1,024	73,453	67,591	66
40,44-44,58	18,91	13,84	42,51	0,142	1,526	1,337	90,008	78,898	59
44,58-48,72	18,21	14,10	46,65	0,171	1,770	1,641	77,865	72,209	44
Média ou total	16,54	13,16	34,23	0,097	0,952	0,888	467,771	440,598	554

Tabela A.5: Valores médios de cada classe diamétrica da araucária cultivada com 32 anos de idade

Classe DAP (cm)	HT m	HC m	DAP m	g m ²	VTA m ³	VCA m ³	VTC m ³ /ha	VCC m ³ /ha	Árvores por ha
21,01-24,51	16,20	12,30	22,76	0,041	0,369	0,339	23,265	21,359	63
24,51-28,01	16,50	12,17	26,26	0,054	0,501	0,446	39,054	34,822	78
28,01-31,51	17,23	12,59	29,76	0,070	0,671	0,593	67,141	59,327	100
31,51-35,01	17,04	13,91	33,26	0,087	0,829	0,819	116,128	114,600	140
35,01-38,51	18,12	13,81	36,76	0,106	1,077	0,993	100,204	92,365	93
38,51-42,01	18,45	15,25	40,26	0,127	1,316	1,315	85,537	85,493	65
42,01-45,51	17,75	15,00	43,76	0,150	1,496	1,528	49,358	50,438	33
Média ou total	17,33	13,57	33,26	0,091	0,894	0,862	480,687	458,405	572

Tabela A.6: Valores médios de cada classe diamétrica da araucária cultivada com 34 anos de idade

Classe DAP(cm)	HT M	HC m	DAP m	g m ²	VTA m ³	VCA m ³	VTC m ³ /ha	VCC m ³ /ha	Árvores por ha
22,60-25,83	16,10	13,11	24,22	0,046	0,419	0,388	12,574	11,634	30
25,83-29,06	15,50	13,67	27,45	0,059	0,518	0,519	35,247	35,309	68
29,06-32,29	16,13	13,50	30,68	0,074	0,674	0,641	67,364	64,078	100
32,29-35,52	15,94	12,94	33,91	0,090	0,813	0,750	132,585	122,281	163
35,52-38,75	16,50	13,83	37,14	0,108	1,010	0,962	104,051	99,106	103
38,75-41,98	15,75	13,28	40,37	0,128	1,139	1,091	77,474	74,190	68
41,98-45,21	17,75	14,26	43,60	0,149	1,498	1,367	59,909	54,673	40
Média ou total	16,24	13,51	33,91	0,094	0,867	0,817	489,205	461,270	572

APÊNDICE B: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 19 ANOS DE IDADE

Tabela B.1: Porcentagem de carbono na matéria seca do fuste da árvore média da classe diamétrica da araucária com 19 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (%)		Terço 2 (%)		Terço 3 (%)		Média (%)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
14,98-18,16	57,06	51,07	60,59	45,09	62,55	47,08	60,06	47,75
18,16-21,34	56,66	51,07	57,84	41,90	55,88	42,29	56,79	45,09
21,34-24,52	55,49	47,08	56,66	51,47	57,06	50,27	56,40	49,61
24,52-27,70	57,45	45,49	62,15	45,89	60,98	48,68	60,19	46,68
27,70-30,88	56,66	45,49	58,23	48,68	61,37	49,08	58,76	47,75
30,88-34,06	61,37	49,08	59,80	47,88	62,55	46,28	61,24	47,75
34,06-37,24	62,15	45,89	62,94	49,08	58,62	51,07	61,24	48,68
Média	58,12	47,88	59,74	47,14	59,86	47,82	59,24	47,61

Tabela B.2: Carbono na matéria seca do fuste da árvore média da classe diamétrica da araucária com 19 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (Mg/ha)		Terço 2 (Mg/ha)		Terço 3 (Mg/ha)		Fuste (Mg/ha)		Total (Mg/ha)
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	
14,98-18,16	0,580	0,300	0,451	0,204	0,362	0,132	1,392	0,637	2,029
18,16-21,34	1,399	0,539	0,915	0,316	0,691	0,251	3,005	1,106	4,111
21,34-24,52	3,618	1,767	2,422	0,982	1,739	0,513	7,780	3,262	11,042
24,52-27,70	7,803	2,904	5,320	1,154	3,383	0,895	16,506	4,953	21,458
27,70-30,88	4,199	2,484	2,773	1,041	1,720	0,677	8,692	4,202	12,894
30,88-34,06	4,687	2,439	2,844	1,105	2,064	0,642	9,594	4,186	13,780
34,06-37,24	3,401	1,725	2,110	0,906	1,368	0,496	6,879	3,127	10,006
Total	25,687	12,158	16,834	5,708	11,326	3,606	53,848	21,472	75,320

Tabela B.3: Porcentagem de carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 19 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta		Toco	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca
14,98-18,16	61,77	46,50	57,66	49,87
18,16-21,34	57,33	43,00	57,11	50,74
21,34-24,52	56,56	49,66	56,21	48,28
24,52-27,70	60,89	48,08	57,68	47,88
27,70-30,88	60,66	48,47	56,88	47,64
30,88-34,06	61,11	45,71	60,11	50,32
34,06-37,24	59,32	50,10	61,88	47,98
Média	59,66	47,36	58,22	48,96

Tabela B.4: Carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 19 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta (Mg/ha)		Toco (Mg/ha)		Total (Mg/ha)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
14,98-18,16	0,158	0,081	0,050	0,046	0,208	0,127
18,16-21,34	0,263	0,147	0,078	0,074	0,341	0,221
21,34-24,52	0,636	0,458	0,286	0,321	0,922	0,780
24,52-27,70	1,270	0,945	0,542	0,609	1,812	1,554
27,70-30,88	0,648	0,503	0,294	0,428	0,941	0,931
30,88-34,06	0,547	0,410	0,270	0,441	0,817	0,851
34,06-37,24	0,403	0,407	0,233	0,400	0,636	0,807
Total	3,92	2,95	1,75	2,32	5,68	5,27

Tabela B.5: Porcentagem e carbono na matéria seca dos galhos da araucária com 19 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Galhos (%)			Carbono nos galhos (Mg/ha)			Total (Mg/ha)
	Grossos	Médios	Finos	Grossos	Médios	Finos	
14,98-18,16	43,99	41,65	49,44	0,077	0,112	0,209	0,397
18,16-21,34	48,66	43,99	40,48	0,313	0,303	0,324	0,940
21,34-24,52	39,32	50,99	44,77	0,596	0,939	0,682	2,217
24,52-27,70	43,77	40,29	51,13	1,527	1,489	1,835	4,851
27,70-30,88	49,97	39,13	47,65	0,489	0,602	0,689	1,780
30,88-34,06	46,87	47,26	42,22	0,333	0,504	0,619	1,456
34,06-37,24	44,94	51,13	36,80	0,175	0,349	0,353	0,877
Total	---	---	---	3,510	4,298	4,711	12,518

Tabela B.6: Porcentagem e carbono nas folhas e na serapilheira da araucária com 19 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Carbono (%)		Carbono (Mg/ha)	
	Folhas	Serapilheira	Folhas	Serapilheira
14,98-18,16	41,67	---	0,646	---
18,16-21,34	40,91	---	1,959	---
21,34-24,52	41,15	---	2,814	---
24,52-27,70	40,75	---	3,612	---
27,70-30,88	41,33	---	1,597	---
30,88-34,06	40,78	---	1,095	---
34,06-37,24	40,14	---	1,004	---
Total	---	46,58	12,727	2,239

**APÊNDICE C: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES
MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 20 ANOS DE IDADE**

Tabela C.1: Porcentagem de carbono na matéria seca do fuste da araucária com 20 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (%)		Terço 2 (%)		Terço 3 (%)		Média (%)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
15,90-19,08	60,19	51,07	63,33	47,08	62,55	45,49	62,02	47,88
19,08-22,26	62,15	47,88	62,55	51,87	58,23	53,47	60,98	51,07
22,26-25,44	61,76	49,48	60,98	49,08	59,41	49,48	60,72	49,34
25,44-28,62	59,02	46,68	56,66	47,48	59,02	50,27	58,23	48,15
28,62-31,80	62,15	52,67	61,37	51,87	60,59	51,47	61,37	52,00
31,80-34,98	60,19	52,67	59,41	49,88	59,80	48,28	59,80	50,27
34,98-38,16	57,06	46,28	63,72	49,88	63,33	46,68	61,37	47,61
Média	60,36	49,53	61,15	49,59	60,42	49,31	60,64	49,48

Terço 1 = da base até 33,33% do fuste

Terço 2 = de 33,33% a 66,67% do fuste

Terço 3 = de 66,67% a 100,00% do fuste

Tabela C.2: Carbono na matéria seca do fuste da araucária com 20 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (Mg/ha)		Terço 2 (Mg/ha)		Terço 3 (Mg/ha)		Fuste (Mg/ha)		Total (Mg/ha)
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	
15,90-19,08	1,290	0,604	0,912	0,417	0,756	0,234	2,958	1,255	4,214
19,08-22,26	2,278	0,743	1,530	0,630	1,085	0,517	4,893	1,890	6,783
22,26-25,44	3,931	2,019	2,617	1,051	1,843	0,544	8,390	3,614	12,004
25,44-28,62	7,681	3,227	4,330	1,341	3,425	0,995	15,436	5,564	20,999
28,62-31,80	6,087	4,024	3,730	1,670	2,280	1,059	12,097	6,753	18,850
31,80-34,98	5,228	3,148	3,177	1,369	2,006	0,858	10,411	5,376	15,787
34,98-38,16	3,773	2,137	2,585	1,105	1,626	0,592	7,984	3,834	11,818
Total	30,268	15,902	18,881	7,584	13,021	4,800	62,170	28,286	90,456

Terço 1 = da base até 33,33% do fuste

Terço 2 = de 33,33% a 66,67% do fuste

Terço 3 = de 66,67% a 100,00% do fuste

Tabela C.3: Porcentagem de carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 20 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta		Toco	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca
15,90-19,08	58,36	46,51	63,08	46,87
19,08-22,26	56,87	51,00	63,49	47,40
22,26-25,44	57,99	47,93	64,73	46,21
25,44-28,62	57,99	48,73	61,44	48,61
28,62-31,80	57,62	49,82	61,85	48,60
31,80-34,98	59,48	48,70	64,32	48,12
34,98-38,16	55,75	47,82	65,14	58,75
Média	57,72	48,65	63,43	49,22

Tabela C.4: Carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 20 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta (Mg/ha)		Toco (Mg/ha)		Total (Mg/ha)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
15,90-19,08	0,269	0,116	0,086	0,026	0,355	0,142
19,08-22,26	0,386	0,194	0,147	0,031	0,533	0,226
22,26-25,44	0,507	0,169	0,276	0,104	0,783	0,272
25,44-28,62	0,829	0,247	0,355	0,114	1,184	0,360
28,62-31,80	0,445	0,221	0,347	0,210	0,793	0,431
31,80-34,98	0,482	0,205	0,278	0,115	0,761	0,321
34,98-38,16	0,394	0,171	0,261	0,148	0,655	0,318
Total	3,313	1,323	1,750	0,747	5,063	2,070

Tabela C.5: Porcentagem e carbono na matéria seca dos galhos da araucária com 20 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Galhos (%)			Carbono nos galhos (Mg/ha)			Total (Mg/ha)
	Grossos	Médios	Finos	Grossos	Médios	Finos	
15,90-19,08	46,49	45,71	48,81	0,132	0,121	0,128	0,380
19,08-22,26	44,94	44,55	47,65	0,317	0,332	0,527	1,175
22,26-25,44	46,10	45,32	46,49	0,445	0,521	0,738	1,704
25,44-28,62	49,20	46,49	41,84	0,694	0,769	1,129	2,591
28,62-31,80	48,42	43,77	40,67	0,804	0,865	0,592	2,262
31,80-34,98	44,16	43,00	46,10	1,273	0,943	0,576	2,791
34,98-38,16	44,94	46,10	44,16	1,171	0,795	0,410	2,376
Total	---	---	---	4,835	4,344	4,100	13,279

Tabela C.6: Porcentagem de carbono e carbono nas folhas e na serapilheira da araucária com 20 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Carbono (%)		Carbono (Mg/ha)	
	Folhas	Serapilheira	Folhas	Serapilheira
15,90-19,08	53,46	----	0,382	----
19,08-22,26	52,68	----	1,296	----
22,26-25,44	53,07	----	2,573	----
25,44-28,62	51,91	----	3,436	----
28,62-31,80	50,75	----	3,032	----
31,80-34,98	52,30	----	1,510	----
34,98-38,16	51,13	----	1,115	----
Total	----	44,94	13,343	2,437

**APÊNDICE D: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES
MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 23 ANOS DE IDADE**

Tabela D.1: Porcentagem de carbono na matéria seca do fuste da árvore média da classe diamétrica da araucária com 23 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (%)		Terço 2 (%)		Terço 3 (%)		Média (%)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
22,28-24,51	61,76	43,99	60,59	43,99	59,02	47,10	60,45	45,03
24,51-26,74	61,37	43,99	60,59	45,54	62,15	42,04	61,37	43,86
26,74-28,97	63,33	43,60	62,15	44,77	62,15	47,10	62,55	45,16
28,97-31,20	63,72	45,54	60,19	45,54	62,15	43,99	62,02	45,03
31,20-33,43	58,93	45,54	57,77	43,21	58,55	44,77	58,42	44,51
33,43-35,66	61,25	44,77	63,18	41,65	58,93	43,21	61,12	43,21
35,66-37,89	60,48	54,89	61,64	49,44	59,71	48,27	60,61	50,86
Média	61,55	46,04	60,87	44,88	60,38	45,21	60,93	45,38

Terço 1 = da base até 33,33% do fuste

Terço 2 = de 33,33% a 66,67% do fuste

Terço 3 = de 66,67% a 100,00% do fuste

Tabela D.2: Carbono na matéria seca do fuste da árvore média da classe diamétrica da araucária com 23 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (Mg/ha)		Terço 2 (Mg/ha)		Terço 3 (Mg/ha)		Fuste (Mg/ha)		Total (Mg/ha)
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	
22,28-24,51	2,111	1,229	1,571	0,635	0,854	0,409	4,536	2,274	6,810
24,51-26,74	3,358	1,296	2,066	0,785	1,210	0,486	6,634	2,567	9,202
26,74-28,97	4,937	2,240	3,028	1,887	1,681	1,557	9,645	5,683	15,329
28,97-31,20	6,144	3,457	3,534	2,625	2,110	1,414	11,787	7,496	19,283
31,20-33,43	4,564	2,558	3,337	1,692	1,916	0,895	9,816	5,144	14,961
33,43-35,66	4,314	4,132	2,896	1,298	1,468	0,555	8,679	5,985	14,663
35,66-37,89	4,112	4,403	2,656	1,652	1,364	0,801	8,132	6,856	14,988
Total	29,540	19,315	19,087	10,574	10,602	6,117	59,230	36,005	95,235

Terço 1 = da base até 33,33% do fuste

Terço 2 = de 33,33% a 66,67% do fuste

Terço 3 = de 66,67% a 100,00% do fuste

Tabela D.3: Porcentagem de carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 23 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta		Toco	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca
22,28-24,51	59,56	46,36	62,12	44,15
24,51-26,74	61,00	42,56	61,46	44,65
26,74-28,97	61,22	46,78	62,99	43,54
28,97-31,20	60,90	44,58	63,89	45,79
31,20-33,43	60,00	44,67	60,00	45,79
33,43-35,66	59,18	43,55	61,67	45,33
35,66-37,89	59,33	47,66	61,20	55,34
Média	60,17	45,16	61,90	46,37

Tabela D.4: Carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 23 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta (Mg/ha)		Toco (Mg/ha)		Total (Mg/ha)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
22,28-24,51	0,208	0,159	0,174	0,227	0,382	0,386
24,51-26,74	0,324	0,204	0,199	0,274	0,523	0,477
26,74-28,97	0,407	0,408	0,316	0,524	0,723	0,932
28,97-31,20	0,519	0,691	0,405	0,908	0,924	1,599
31,20-33,43	0,435	0,542	0,242	0,565	0,677	1,108
33,43-35,66	0,134	0,220	0,228	0,626	0,362	0,846
35,66-37,89	0,108	0,179	0,273	1,701	0,381	1,879
Total	2,135	2,403	1,837	4,824	3,972	7,228

Tabela D.5: Porcentagem e carbono na matéria seca dos galhos da araucária com 23 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Galhos (%)			Carbono nos galhos (Mg/ha)			Total (Mg/ha)
	Grossos	Médios	Finos	Grossos	Médios	Finos	
22,28-24,51	44,94	42,61	45,71	0,340	0,311	0,217	0,869
24,51-26,74	42,22	45,71	44,94	0,525	0,637	0,577	1,738
26,74-28,97	45,32	43,39	40,29	0,742	0,732	0,878	2,351
28,97-31,20	39,13	46,49	45,71	0,931	1,012	1,111	3,054
31,20-33,43	44,16	42,22	46,49	0,841	0,868	0,942	2,652
33,43-35,66	46,87	40,67	42,61	1,040	0,777	0,913	2,731
35,66-37,89	44,55	38,74	48,81	1,063	0,675	0,927	2,665
Total	---	---	---	5,483	5,012	5,565	16,060

Tabela D.6: Porcentagem de carbono e carbono nas folhas e na serapilheira da araucária com 23 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Carbono (%)		Carbono (Mg/ha)	
	Folhas	Serapilheira	Folhas	Serapilheira
22,28-24,51	54,23	---	0,852	---
24,51-26,74	55,40	---	1,351	---
26,74-28,97	53,85	---	2,322	---
28,97-31,20	55,01	---	2,818	---
31,20-33,43	54,23	---	2,091	---
33,43-35,66	54,62	---	1,552	---
35,66-37,89	55,78	---	1,379	---
Total	---	44,16	12,365	2,787

**APÊNDICE E: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES
MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 28 ANOS DE IDADE**

Tabela E.1: Porcentagem de carbono na matéria seca do fuste da árvore média da classe diamétrica da araucária com 28 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (%)		Terço 2 (%)		Terço 3 (%)		Média (%)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
19,74-23,88	61,14	50,43	59,98	49,27	58,42	48,88	59,85	49,53
23,88-28,02	60,75	48,11	59,98	51,59	61,53	52,75	60,75	50,82
28,02-32,16	62,69	46,28	61,53	47,88	61,53	42,29	61,92	45,49
32,16-36,30	63,08	49,88	59,59	47,48	61,53	45,09	61,40	47,48
36,30-40,44	58,34	50,67	57,19	51,87	57,96	49,88	57,83	50,81
40,44-44,58	60,63	52,27	62,55	51,47	58,34	51,47	60,51	51,74
44,58-48,72	59,87	49,88	61,02	54,66	59,10	54,66	60,00	53,07
Média	60,93	49,65	60,26	50,60	59,77	49,29	60,32	49,85

Terço 1 = da base até 33,33% do fuste

Terço 2 = de 33,33% a 66,67% do fuste

Terço 3 = de 66,67% a 100,00% do fuste

Tabela E.2: Carbono na matéria seca do fuste da árvore média da classe diamétrica da araucária com 28 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (Mg/ha)		Terço 2 (Mg/ha)		Terço 3 (Mg/ha)		Fuste (Mg/ha)		Total (Mg/ha)
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	
19,74-23,88	2,200	1,767	1,653	0,757	1,059	0,377	4,913	2,902	7,814
23,88-28,02	3,187	2,524	2,109	0,871	1,533	0,596	6,828	3,991	10,819
28,02-32,16	5,669	3,032	4,047	1,180	2,353	0,800	12,069	5,012	17,081
32,16-36,30	8,808	6,148	4,955	2,408	3,094	1,221	16,857	9,778	26,634
36,30-40,44	5,463	4,420	3,574	2,246	2,135	0,919	11,172	7,585	18,758
40,44-44,58	6,241	4,359	4,160	2,495	2,387	1,009	12,788	7,863	20,652
44,58-48,72	5,654	4,986	3,930	2,207	2,098	1,146	11,682	8,339	20,020
Total	37,222	27,236	24,428	12,164	14,659	6,069	76,309	45,470	121,778

Terço 1 = da base até 33,33% do fuste

Terço 2 = de 33,33% a 66,67% do fuste

Terço 3 = de 66,67% a 100,00% do fuste

Tabela E.3: Porcentagem de carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 28 anos de idade.

Classe DAP(cm)	Ponta		Toco	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca
19,74-23,88	58,27	48,83	62,08	49,01
23,88-28,02	60,96	44,82	60,94	49,57
28,02-32,16	60,83	49,27	62,70	48,33
32,16-36,30	61,21	46,95	63,36	50,83
36,30-40,44	58,55	47,05	58,74	50,83
40,44-44,58	58,29	45,87	61,02	50,32
44,58-48,72	58,74	50,20	60,27	61,43
Média	59,55	47,57	61,30	51,47

Tabela E.4: Carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 28 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta (Mg/ha)		Toco (Mg/ha)		Total (Mg/ha)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
19,74-23,88	0,459	0,298	0,113	0,146	0,573	0,444
23,88-28,02	0,471	0,287	0,216	0,257	0,687	0,543
28,02-32,16	0,517	0,476	0,314	0,483	0,830	0,959
32,16-36,30	0,686	0,778	0,678	1,841	1,365	2,619
36,30-40,44	0,518	0,660	0,351	1,114	0,869	1,773
40,44-44,58	0,393	0,559	0,316	1,676	0,709	2,235
44,58-48,72	0,340	0,524	0,242	1,964	0,582	2,488
Total	3,385	3,583	2,230	7,480	5,615	11,062

Tabela E.5: Porcentagem e carbono na matéria seca dos galhos da araucária com 28 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Galhos (%)			Carbono nos galhos (Mg/ha)			Total (Mg/ha)
	Grossos	Médios	Finos	Grossos	Médios	Finos	
19,74-23,88	42,43	48,66	43,99	0,221	0,601	0,432	1,254
23,88-28,02	48,27	43,99	46,71	0,331	0,838	0,623	1,792
28,02-32,16	48,66	43,60	43,99	0,696	1,183	0,655	2,535
32,16-36,30	47,10	44,77	41,65	1,970	1,791	0,847	4,608
36,30-40,44	40,87	45,93	49,44	1,180	0,973	0,548	2,701
40,44-44,58	43,60	48,66	46,32	1,145	1,134	0,636	2,914
44,58-48,72	48,66	40,09	49,83	1,046	0,722	0,585	2,353
Total	---	---	---	6,589	7,243	4,325	18,157

Tabela E.6: Porcentagem de carbono e carbono nas folhas e na serapilheira da araucária com 28 anos de idade.

Classe DAP(cm)	Carbono (%)		Carbono (Mg/ha)	
	Folhas	Serapilheira	Folhas	Serapilheira
19,74-23,88	46,87	---	0,642	---
23,88-28,02	48,42	---	2,297	---
28,02-32,16	49,58	---	3,253	---
32,16-36,30	50,36	---	4,257	---
36,30-40,44	48,03	---	1,923	---
40,44-44,58	46,87	---	1,236	---
44,58-48,72	47,65	---	1,250	---
Total	---	37,96	14,858	1,903

**APÊNDICE F: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES
MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 32 ANOS DE IDADE**

Tabela F.1: Porcentagem de carbono na matéria seca do fuste da árvore média da classe diamétrica da araucária com 32 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (%)		Terço 2 (%)		Terço 3 (%)		Média (%)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
1-21,01-24,51	58,23	48,68	60,19	48,28	58,62	47,08	59,02	48,01
2-24,51-28,01	57,06	52,67	57,45	48,68	62,94	47,08	59,15	49,48
3-28,01-31,51	57,45	51,87	57,06	50,67	57,84	50,67	57,45	51,07
4-31,51-35,01	61,76	50,67	61,37	51,07	61,37	48,28	61,50	50,01
5-35,01-38,51	60,98	51,87	63,33	48,68	62,15	50,67	62,15	50,41
6-38,51-42,01	62,94	45,54	61,37	45,54	60,98	47,49	61,76	46,19
7-42,01-45,51	61,76	45,93	62,94	46,32	62,15	47,10	62,28	46,45
Média	60,03	49,61	60,53	48,46	60,87	48,34	60,47	48,80

Terço 1 = da base até 33,33% do fuste

Terço 2 = de 33,33% a 66,67% do fuste

Terço 3 = de 66,67% a 100,00% do fuste

Tabela F.2: Carbono na matéria seca do fuste da árvore média da classe diamétrica da araucária com 32 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (Mg/ha)		Terço 2 (Mg/ha)		Terço 3 (Mg/ha)		Fuste (Mg/ha)		Total (Mg/ha)
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	
1-21,01-24,51	1,915	0,860	1,366	0,486	0,972	0,300	4,253	1,646	5,899
2-24,51-28,01	2,965	1,478	1,705	0,716	1,483	0,480	6,152	2,674	8,827
3-28,01-31,51	5,226	1,947	2,714	1,592	1,805	0,837	9,745	4,377	14,122
4-31,51-35,01	10,943	5,037	5,179	3,126	3,280	2,361	19,402	10,523	29,926
5-35,01-38,51	8,840	4,261	4,860	2,554	3,064	1,968	16,764	8,784	25,547
6-38,51-42,01	8,295	4,914	4,078	2,532	2,439	1,867	14,813	9,312	24,125
7-42,01-45,51	5,171	2,588	2,280	1,208	1,349	0,853	8,800	4,649	13,449
Total	43,356	21,085	22,182	12,214	14,392	8,666	79,929	41,965	121,894

Terço 1 = da base até 33,33% do fuste

Terço 2 = de 33,33% a 66,67% do fuste

Terço 3 = de 66,67% a 100,00% do fuste

Tabela F.3: Porcentagem de carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 32 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta		Toco	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca
21,01-24,51	57,89	46,88	59,00	49,08
24,51-28,01	62,00	46,79	57,87	52,88
28,01-31,51	58,23	50,45	58,32	52,29
31,51-35,01	61,22	48,11	62,00	51,09
35,01-38,51	61,56	50,45	61,39	52,30
38,51-42,01	59,89	47,28	62,78	45,92
42,01-45,51	61,56	46,90	62,08	46,32
Média	60,34	48,12	60,49	49,98

Tabela F.4: Carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 32 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta (Mg/ha)		Toco (Mg/ha)		Total (Mg/ha)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
21,01-24,51	0,204	0,147	0,102	0,115	0,306	0,262
24,51-28,01	0,403	0,239	0,215	0,289	0,618	0,529
28,01-31,51	0,418	0,324	0,247	0,343	0,665	0,667
31,51-35,01	0,737	0,950	0,609	1,537	1,346	2,487
35,01-38,51	0,522	1,004	0,598	2,476	1,120	3,480
38,51-42,01	0,267	0,441	0,456	1,990	0,723	2,431
42,01-45,51	0,109	0,139	0,219	1,173	0,328	1,313
Total	2,660	3,245	2,445	7,923	5,106	11,168

Tabela F.5: Porcentagem e carbono na matéria seca dos galhos da araucária com 32 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Galhos (%)			Carbono nos galhos (Mg/ha)			Total (Mg/ha)
	Grossos	Médios	Finos	Grossos	Médios	Finos	
21,01-24,51	48,03	49,58	44,16	0,348	0,346	0,385	1,079
24,51-28,01	46,10	44,55	45,71	0,610	0,725	0,638	1,973
28,01-31,51	44,94	47,65	49,20	1,044	0,966	0,775	2,785
31,51-35,01	44,16	45,71	46,49	1,597	1,655	0,914	4,166
35,01-38,51	43,77	44,94	48,03	2,192	1,567	1,283	5,042
38,51-42,01	47,26	45,32	43,39	2,173	1,076	1,170	4,419
42,01-45,51	46,49	47,26	49,58	1,539	0,655	0,786	2,980
Total	---	---	---	9,504	6,989	5,951	22,444

Tabela F.6: Porcentagem de carbono e carbono nas folhas e na serapilheira da araucária com 32 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Carbono (%)		Carbono (Mg/ha)	
	Folhas	Serapilheira	Folhas	Serapilheira
21,01-24,51	53,46	---	0,869	---
24,51-28,01	53,85	---	2,041	---
28,01-31,51	51,52	---	3,297	---
31,51-35,01	51,91	---	4,622	---
35,01-38,51	52,68	---	3,261	---
38,51-42,01	51,13	---	2,129	---
42,01-45,51	52,68	---	1,252	---
Total	---	41,45	17,473	2,048

**APÊNDICE G: DADOS E VALORES OBTIDOS COM BASE NAS ÁRVORES
MÉDIAS DA CLASSE DIAMÉTRICA DA ARAUCÁRIA COM 34 ANOS DE IDADE**

Tabela G.1: Porcentagem de carbono na matéria seca do fuste da árvore média da classe diamétrica da araucária com 34 anos de idade.

Classe DAP(cm)	Terço 1 (%)		Terço 2 (%)		Terço 3 (%)		Média (%)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
22,60-25,83	57,77	48,66	62,02	47,10	58,55	48,66	59,45	48,14
25,83-29,06	59,32	52,55	62,80	52,55	62,41	51,77	61,51	52,29
29,06-32,29	61,25	51,38	61,64	53,33	61,25	51,77	61,38	52,16
32,29-35,52	59,71	37,37	62,80	37,37	59,32	38,93	60,61	37,89
35,52-38,75	60,09	38,15	60,86	40,09	64,34	40,09	61,77	39,45
38,75-41,98	61,25	43,21	62,80	39,32	62,41	40,87	62,15	41,13
41,98-45,21	60,09	38,54	60,09	39,32	59,71	43,21	59,96	40,35
Média	59,93	44,27	61,86	44,15	61,14	45,04	60,97	44,49

Terço 1 = da base até 33,33% do fuste

Terço 2 = de 33,33% a 66,67% do fuste

Terço 3 = de 66,67% a 100,00% do fuste

Tabela G.2: Carbono na matéria seca do fuste da árvore média da classe diamétrica da araucária com 34 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Terço 1 (Mg/ha)		Terço 2 (Mg/ha)		Terço 3 (Mg/ha)		Fuste (Mg/ha)		Total (Mg/ha)
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca	
22,60-25,83	1,033	0,446	0,774	0,237	0,499	0,210	2,306	0,893	3,198
25,83-29,06	3,293	1,967	2,383	1,124	1,564	0,525	7,240	3,616	10,856
29,06-32,29	5,963	2,868	3,803	2,098	2,161	1,384	11,927	6,350	18,277
32,29-35,52	10,632	5,655	7,702	2,878	3,984	1,666	22,318	10,199	32,517
35,52-38,75	7,375	4,931	5,186	3,234	3,070	1,278	15,632	9,443	25,074
38,75-41,98	6,019	4,694	4,773	2,566	2,640	0,793	13,432	8,053	21,486
41,98-45,21	4,418	4,191	2,904	4,472	1,532	1,035	8,854	9,698	18,552
Total	38,733	24,752	27,525	16,607	15,451	6,892	81,709	48,251	129,960

Terço 1 = da base até 33,33% do fuste

Terço 2 = de 33,33% a 66,67% do fuste

Terço 3 = de 66,67% a 100,00% do fuste

Tabela G.3: Porcentagem de carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 34 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta		Toco	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca
22,60-25,83	58,30	47,987	58,14	48,78
25,83-29,06	62,13	50,023	59,00	53,10
29,06-32,29	60,89	51,224	61,67	51,90
32,29-35,52	59,06	39,116	60,08	38,01
35,52-38,75	64,06	39,999	60,47	38,52
38,75-41,98	62,13	41,105	62,00	43,49
41,98-45,21	59,44	42,898	60,40	39,14
Média	60,86	44,62	60,25	44,71

Tabela G.4: Carbono na matéria seca da ponta e do toco da araucária com 34 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Ponta (Mg/ha)		Toco (Mg/ha)		Total (Mg/ha)	
	Lenho	Casca	Lenho	Casca	Lenho	Casca
22,60-25,83	0,169	0,114	0,064	0,084	0,233	0,198
25,83-29,06	0,503	0,513	0,207	0,305	0,709	0,818
29,06-32,29	0,699	0,842	0,407	0,568	1,106	1,410
32,29-35,52	1,127	1,132	0,798	1,859	1,925	2,991
35,52-38,75	0,781	0,890	0,488	2,014	1,269	2,904
38,75-41,98	0,529	0,827	0,463	2,163	0,992	2,990
41,98-45,21	0,281	0,477	0,326	1,733	0,608	2,209
Total	4,088	4,795	2,754	8,726	6,842	13,521

Tabela G.5: Porcentagem e carbono na matéria seca dos galhos da araucária com 34 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Galhos (%)			Carbono nos galhos (Mg/ha)			Total (Mg/ha)
	Grossos	Médios	Finos	Grossos	Médios	Finos	
22,60-25,83	49,58	53,07	46,49	0,436	0,537	0,319	1,292
25,83-29,06	46,87	44,55	50,36	1,076	1,013	0,893	2,982
29,06-32,29	49,20	45,71	48,42	1,300	1,371	1,081	3,752
32,29-35,52	50,36	42,61	46,10	2,124	1,968	2,049	6,141
35,52-38,75	48,03	46,87	46,49	1,595	1,477	1,341	4,412
38,75-41,98	48,03	47,26	48,81	1,299	0,903	0,909	3,111
41,98-45,21	47,26	47,26	46,87	0,858	0,633	0,439	1,930
Total	-----	----	-----	8,687	7,902	7,030	23,619

Tabela G.6: Porcentagem de carbono e carbono nas folhas e na serapilheira da araucária com 34 anos de idade.

Classe DAP (cm)	Carbono (%)		Carbono (Mg/ha)	
	Folhas	Serapilheira	Folhas	Serapilheira
22,60-25,83	52,45	---	0,426	---
25,83-29,06	51,99	---	1,698	---
29,06-32,29	56,04	---	2,368	---
32,29-35,52	52,22	---	2,505	---
35,52-38,75	55,56	---	2,660	---
38,75-41,98	56,12	---	2,013	---
41,98-45,21	54,56	---	1,077	---
Total	---	43,00	12,746	2,308