



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL
Departamento de Engenharia Florestal

Projecto Final

Quantificação De Carbono Sequestrado Em Povoamentos De *Eucalyptus spp*
Na Floresta De Inhamacari - Manica

Autor

Adolfo Xavier Zunguze

Supervisor

Prof. Doutor Almeida Siteo

Co-supervisor

Eng. Bernardo Guedes

Maputo, Junho de 2012

Quantificação De Carbono Sequestrado Em Povoamento De *Eucalyptus spp*

Projecto final apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal, Secção de Silvicultura, da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, para obtenção do Título de Licenciatura em Engenharia Florestal, sob a orientação do Prof. Doutor Almeida Siteo.

Maputo, Junho de 2012

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Xavier Uasse Zunguze (in Memoriam) e Quitéria Juanisse Come, meus criadores, que trouxeram-me ao mundo e de mim cuidaram, acreditaram e ensinaram a viver.

Em especial ao meu tio João Alson Zunguze, que em mim acreditou e apostou.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve financiamento do projecto REDD Sul-Sul, muito agradecido.

Em primeiro lugar à Deus criador do universo; ao meu supervisor Prof. Doutor Almeida Siteo pela paciência que teve comigo na elaboração deste trabalho passo a passo, ao Eng. Guedes pela orientação que deu-me na colheita de dados.

Ao meu tio João Alson Zunguze pela bondade e apoio durante a minha carreira estudantil no ensino secundário.

À minha mãe Quitéria Juanisse Come, para esta todas palavras que conheço são poucas para agradecer-lhe, apenas dizer amo lhe tanto.

Aos meus irmãos, e familiares em geral que duma forma directa ou indirecta contribuíram para que chegasse até aqui.

Aos meus colegas da Faculdade: Amanze, Mabjaia, Grácio, Nhaduco, Valgy, Francis, Nélia, Eunice, Floriana, Percina, Mirian, Nkassa, Marinze, Tondo, Humeide, Gedeão, Germano, Paunde, Sambo.

À turma de florestais de 2010, em particular destaque: Nido, Lisboa, Edson, Maia, Julieta, Jone, Macôo, Marcel, Jeremias, Cumbula e Nhanguatala, pela companhia na estadia em Machipanda.

Aos colegas da residência: em especial aos elementos do quarto 019, Aboo, Rassul, Spima, Gedeão, pela companhia durante o percurso e ao Eng. Jacob pela ajuda na organização do projecto.

À Cecília, minha namorada, que alguns momentos esteve comigo.

À todos cujos nomes não mencionei mas que directa ou indirectamente contribuíram para que chegasse até aqui.

Cem vezes por dia eu me lembro de que minha vida interior e exterior depende do trabalho de outros homens, que estão vivos e mortos, e que eu devo-me esforçar para me manifestar na mesma medida em que recebi ----- Albert Einstein

RESUMO

Nos últimos anos, as questões ambientais têm tido bastante relevância nas discussões internacionais devido aos sérios problemas enfrentados pela humanidade, decorrentes dos efeitos do aquecimento global. Desta forma, medidas devem ser tomadas para conter as ações antrópicas que desde a Revolução Industrial são responsáveis pelo aumento gradativo da temperatura global. Desta forma, medidas devem ser tomadas para conter as ações antrópicas que desde a Revolução Industrial são responsáveis pelo aumento gradativo da temperatura global. Visando à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, foram realizados diversos acordos em nível internacional, tendo seu marco em 1992 com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. O Protocolo de Quioto reconhece o papel do reflorestamento de florestas no ciclo global de carbono e estabeleceu mecanismos de emissão de créditos para redução de emissões e remoção de gases do efeito estufa, o chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Nesse contexto, podem-se levar em conta as perspectivas de incremento das reservas naturais de carbono pelo estabelecimento de novas plantações florestais, sistemas agro-florestais e pela recuperação de áreas degradadas.

Contudo, este estudo foi desenvolvido na floresta de Inhamacari, posto administrativo de Machipanda, distrito de Manica. Teve como objectivo geral quantificar o carbono sequestrado em três povoamentos de 6, 11 e com mais de 30 anos de *Eucalyptus spp* em Inhamacari, especificamente ajustar modelos matemáticos para estimar biomassa; Estimar o stock de biomassa e carbono totais e por compartimentos e comparar o potencial de fixação de carbono nas diferentes idades. Para o efeito foram aleatoriamente seleccionadas 30 árvores no total, medidos os diâmetros a altura do peito e altura total e posteriormente abatidas e pesadas. Para estimativa da biomassa e teor carbono foram de seguida estabelecidas 12 parcelas, 4 em cada classe etária, onde foram medidos os diâmetros a altura do peito todas árvores. Os resultados indicam que o modelo de regressão que melhor estima a biomassa e teor de carbono totais é $PST = 0.339 \times DAP^{2.141}$, com $R^2 = 93.6\%$ e $Syx = 13.60\%$, para tronco é $PSTT = 0.202 \times DAP^{2.237}$, com $R^2 = 0.935$ e $Syx = 14.34\%$; e para ramos com folhas é $PSTR = 0.167DAP^2 - 2.418DAP + 15.41$, $R^2 = 0.936$. Os teores de biomassa e carbono em diferentes idades são: para eucaliptos de 6 anos a biomassa é de 72.55 T/ha e 36.28 T/ha de carbono; para 11 anos a biomassa é de 177.61 T/ha e 88.80 T/ha de carbono; e para idade acima de 30 anos a biomassa é de 476.44 T/ha e 238.22 T/ha de carbono. Em relação aos teores de carbono por compartimento, a maior produção regista-se nos troncos com cerca de 81.7% de carbono total e 18.3% da componente da copa (ramos com folhas). Comparando, os resultados indicam que quanto maior for a idade maior é o teor de biomassa e carbono, mostrando valores crescentes dos 6 anos a mais de 30 anos.

Palavras-chave: carbono, biomassa e eucalipto

INDICE

| | |
|---|-----|
| Projecto Final..... | i |
| DEDICATÓRIA | iii |
| AGRADECIMENTOS..... | iv |
| RESUMO | v |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 PROBLEMA E JUSTIFICAÇÃO DE ESTUDO | 3 |
| 1.2. Objectivos..... | 4 |
| 1.2.1 Geral | 4 |
| 1.2.2 Específicos | 4 |
| 1.3 Limitações do estudo | 4 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 5 |
| 2.1 Protocolo de Quioto..... | 5 |
| 2.2 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL | 6 |
| 2.3 Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+) | 7 |
| 2.4 O Ciclo de Carbono e as florestas..... | 8 |
| 2.5 Biomassa florestal | 9 |
| 2.6 O conceito de sequestro de carbono | 10 |
| 2.7 Estimativa de biomassa | 11 |
| 2.7.1 Método directo | 11 |
| 2.7.2 Método indirecto | 12 |
| 2.8 Eucalipto e retenção de carbono retido..... | 13 |
| 2.9 Amostragem | 14 |
| 3. METODOLOGIA..... | 15 |
| 3.1 Descrição da Área..... | 15 |
| 3.2 Levantamento de dados..... | 16 |
| 3.3 Divisão em classes diamétricas | 17 |
| 3.4 Determinação da biomassa seca..... | 18 |
| 3.5 Determinação da biomassa..... | 18 |
| 3.6 Análise de dados | 18 |
| 3.6.1 Critério de selecção do melhor modelo..... | 18 |

| | |
|---|-------------------------------------|
| 3.6.2 Coeficiente de determinação ajustado | 19 |
| 3.6.3 Erro padrão da estimativa (Syx e Syx%) | 20 |
| 3.6.4 Análise gráfica dos resíduos | 21 |
| 3.6.5 Determinação da biomassa média por hectare (Bm) | 22 |
| 3.6.6 Estoque de carbono (C) | 22 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 24 |
| 4.1 RESULTADOS | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1.1 Descrição dos povoamentos | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1.2 Modelo de regressão para estimativa da biomassa | 25 |
| 4.1.3 Relação entre o volume e o peso seco | 30 |
| 4.1.4 Teor de carbono por compartimentos | 31 |
| 4.1.5 Comparação do potencial de fixação de carbono nas diferentes idades. | 34 |
| 4.2 DISCUSSÃO | 34 |
| 5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES | 37 |
| 5.1 Conclusão | 37 |
| 5.2 Recomendações | 37 |
| 6. BIBLIOGRAFIA | 38 |
| ANEXOS | 43 |

INDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Intervalos de classes diamétricas e número de árvores por classe..... | 17 |
| Tabela 2. Distribuição de biomassa por parcela | 27 |
| Tabela 3- comparando os valores de teores de carbono e incremento em diferentes estudos | 29 |
| Tabela 4. Comparação de volume e biomassa dos povoamentos | 30 |
| Tabela 5. Valores de IMA de vários países vizinhos | 31 |
| Tabela 6- Distribuição de teores de biomassa e carbono por compartimentos aéreos | 32 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: o ciclo do carbono na natureza. Fonte: Barbetta, 2003..... | 8 |
| Figura 2. Localização do posto administrativo de Machipanda | 15 |
| Figura 3. Distribuição diamétrica de eucaliptos com 6 anos de idade..... | 24 |
| Figura 4. Distribuição diamétrica de eucaliptos com 11 anos de idade..... | 25 |
| Figura 5. Distribuição diamétrica de eucaliptos com mais de 30 anos de idade | 25 |
| Figura 6- Peso seco total em função do DAP | 26 |
| Figura 7 – Distribuição dos resíduos | 26 |
| Figura 8- Relação da biomassa e volume | 27 |
| Figura 9- Teores de biomassa e carbono | 28 |
| Figura 10 - Incremento médio anual de estoque de carbono por cada idade..... | 29 |
| Figura 11 - Relação entre o volume e peso seco..... | 30 |
| Figura 12 - Relação do peso seco dos ramos + folhas e DAP | 31 |
| Figura 13 - Relação do peso seco do tronco e DAP | 32 |
| Figura 14 - Teor de carbono por compartimentos em eucaliptos com 6 anos de idade | 33 |
| Figura 16- Teor de carbono por compartimentos em eucaliptos com mais de 30 anos de idade | 33 |
| Figura 17 - Relação entre volume e altura | 43 |
| Figura 18 - Relação do volume e DAP | 43 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1: Equações de regressão e os seus respectivos gráficos | 43 |
| Anexo 2: Ficha de controle de humidade das amostras (ramos ou tronco) no laboratório | 44 |

INDICE DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

GEE – Gases de efeito estufa

RCE - Reduções Certificadas de Emissões

OGMs - Organismos geneticamente modificados

CO₂ - Dióxido de Carbono

CH₄ - Metano

N₂O - Óxido Nitroso

PFCs - Perfluorcarbonos

HFCs – Hidrofluorcarbonos

SF₆ - Hexafluoreto de Enxofre

INIA - Instituto de Investigação Agronómica

DEF – Departamento da engenharia florestal

DAP - Diâmetro na altura do peito

REDD - Redução das Emissões do Desmatamento e Degradação Florestal

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

1. INTRODUÇÃO

Sequestro de carbono refere-se ao processo de as plantas absorverem dióxido de carbono (CO₂) do ar e fixa-lo em forma de matéria lenhosa. Este mecanismo de sequestrar e fixar o carbono foi lançado na Convenção do Clima da ONU como instrumento de flexibilização dos compromissos da redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) dos países com metas de redução em virtude das questões ambientais que nos últimos anos têm tido bastante relevância nas discussões internacionais devido aos sérios problemas enfrentados pela humanidade, decorrentes dos efeitos do aquecimento global (IPCC, 2006).

Desta forma, medidas devem ser tomadas para conter as ações antrópicas que desde a Revolução Industrial são responsáveis pelo aumento gradativo da temperatura global. Visando à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, foram realizados diversos acordos em nível internacional, tendo seu marco em 1992 com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Em 1997, foi firmado o Protocolo de Quioto, acordo que ainda enfrenta alguns obstáculos para a sua efetiva implementação pelos actores internacionais (Apps et al. 1999).

Na Terra, existe um ciclo perpétuo e estável de carbono sendo fixado na biosfera e emitido para a atmosfera. A humanidade tem interferido neste ciclo através da queima de quantidades cada vez maiores de combustíveis fósseis (petróleo e carvão mineral) e queimadas nos desmatamentos. Isto tem ocasionado mudanças climáticas e suas consequências, através dos gases do efeito estufa (CO₂, metano, e outros gases) na atmosfera) (Fonseca, 2002).

Portanto, a evolução do ser humano perpassa prescipuamente, por sua capacidade de se relacionar. Neste sentido, busca de forma incansável encontrar meios de conviver objectivamente com pacificidade, priorizando o convívio como uma questão de sobrevivência, cuja finalidade é perpetuar a espécie humana, passando portanto, pela necessidade de preservar o ambiente na qual esta espécie está inserida (Galdino et al, 1999)

As Nações Unidas, através de reuniões internacionais vêm discutindo o tema a fim de identificar instrumentos que possam diminuir as emissões de GEE. Um dos instrumentos criados é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Através do MDL é possível gerar e comercializar Reduções Certificadas de Emissões (RCE) (Fronzizi, 2009).

O Protocolo de Quioto reconhece o papel do reflorestamento de florestas no ciclo global de carbono e estabeleceu mecanismos de emissão de créditos para redução de emissões e remoção

de gases do efeito estufa, o chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Nesse contexto, podem-se levar em conta as perspectivas de incremento das reservas naturais de carbono pelo estabelecimento de novas plantações florestais, sistemas agro-florestais e pela recuperação de áreas degradadas. A conservação de florestas naturais, o reflorestamento e um manejo das plantações florestais são os principais métodos mediante o qual o carbono pode ser fixado (Sanquetta e Balbinot, 2004).

A utilização de espécies exóticas potencialmente invasivas e/ou organismos geneticamente modificados (OGMs), no entanto, são questões polémicas, resultando no texto da Decisão 19/C.9, que determina que as Partes hospedeiras avaliem, de acordo com suas leis nacionais, os riscos associados ao uso destas espécies, bem como as Partes do Anexo I avaliem o uso de Reduções Certificadas de Emissões (tCERs) temporárias e/ou ICERs longo prazo resultantes de actividades de projecto que utilizam espécies exóticas invasivas e/ou organismos geneticamente modificados (Krug, 2004). Nesse contexto, as actividades de florestamento e reflorestamento surgem como uma possibilidade de projecto a pleitear créditos de carbono através do MDL (Cotta, 2005 T).

Portanto, este tema “quantificação de carbono sequestrado num povoamento de eucaliptos” enquadra-se no âmbito desenvolvimento sustentável de Moçambique, “Pense global e aja localmente. Pense no futuro e aja imediatamente!” (aquilo que você faz em seu pequeno mundo reflecte no planeta)”. Este é um dos principais conceitos do mundo sustentável, pois, nem tudo está perdido ainda é possível ajudar o planeta a se recuperar (Sussman, 2000).

E de facto, o Plano Estratégico do sector do ambiente reconhece que o desenvolvimento sustentável de Moçambique passa necessariamente por uma abordagem mais integrada dos aspectos económicos, sociais e ambientais do País. Por outro lado, O plano Estratégico reflecte a necessidade de se combater a pobreza através de promoção de uso sustentável dos recursos naturais, planeamento adequado dos espaços territoriais, benefício mútuo no uso e gestão de biodiversidade, eliminação das causas de doenças endémicas e disponibilização de água potável, bem como através de adopção de opção de “produção mais limpa” (Nuvunga, 2005).

Dai a ansiedade e necessidade dessa contribuição em discutir e propagar a informação pelo ponto do planeta onde me encontro, bem como divulgar as principais contribuições contemporâneos do sector florestal.

1.1 PROBLEMA E JUSTIFICAÇÃO DE ESTUDO

O interesse em relação a florestas plantadas como fixadoras de carbono já é evidente, devido à elevada taxa de crescimento, tendo com isto, também uma elevada capacidade de fixar CO₂ da atmosfera (Balbinot et al., 2003). Diante do exposto, o género *Eucalyptus* é de grande importância para o sequestro de carbono atmosférico, haja visto o seu rápido crescimento e a sua alta produtividade. Assim sendo, torna-se necessário desenvolver ou utilizar metodologias que possibilitem obter estimativas da quantidade de carbono em partes das árvores e em diferentes compartimentos da floresta.

Portanto, a realização deste tema sobre sequestro de carbono, como modalidade do MDL, e a sua divulgação em Moçambique são relevantes e oportunas uma série de motivos. Primeiro, porque a mudança climática tem abrangência global e é considerada como sendo uma das manifestações mais graves da crise ambiental contemporânea, sendo que os seus impactos prognosticados afectariam mais intensamente os países com menos recursos para se defenderem dos extremos climáticos. Segundo, Moçambique é um dos países com características edáficoclimáticas muito favoráveis para crescimento rápido das espécies de eucaliptos, e com grande extensão territorial.

Terceiro, o (MDL) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo é um instrumento que estabelece que as nações desenvolvidas promovam projectos de mitigação dos gases de efeito estufa nos países em desenvolvimento. Com esse mecanismo de flexibilização, pode haver transferência tecnológica e/ou transferência de novas informações de países desenvolvidos para os em desenvolvimento. Além disso, pode significar também uma fonte de recursos financeiros importantes para empresas de países em desenvolvimento (Fronzizi, 2009).

Quarto, no que diz respeito à pertinência científica do tema, esta se verifica no facto de que não existem estudos sistemáticos sobre os impactos ecológicos, económicos e sociais dos projectos de carbono florestal em Moçambique, numa visão integrada e crítica.

Quinto, o governo de Moçambique adoptou o Plano de Acção de Reflorestamento que visa promover plantações florestais para vários fins, conforme descrito a seguir. O zoneamento elaborado aquando do desenho desta estratégia, indica que cerca de 7 milhões de ha são aptos para plantações sendo as regiões Norte e centro as que possuem maior aptidão para as florestas comerciais enquanto no sul predomina a disponibilidade de terra para plantações energéticas e de conservação. E a E-REDD+ em linha com a Estratégia Nacional de Reflorestamento estima que o nível nacional de sequestro/remoção de carbono do país pode atingir 38 milhões tC em 2025

considerando os cerca de 380,000 ha de plantações por estabelecer até ao ano 2025 (Siteo e Guedes, 2011).

1.2. Objectivos

1.2.1 Geral

- Quantificar o carbono sequestrado em povoamentos de *Eucalyptus spp* em Inhamacari.

1.2.2 Específicos

- Ajustar modelos matemáticos para estimativa da biomassa de *Eucalyptus spp*;
- Estimar o stock de biomassa e carbono total e por compartimentos, nomeadamente troncos e ramos;
- Comparar o potencial de sequestro de carbono em povoamentos de *Eucalyptus spp* nas diferentes idades.

1.3 Limitações do estudo

Em relação as limitações, o desenvolvimento deste projecto não incluiu a componente subterrânea (raízes) da planta devido aos maiores custos de pagamento da mão-de-obra e ao factor tempo, restringindo-se apenas em quantificar o carbono sequestrado na parte aérea. Quanto ao tamanho da amostra, a maior limitação foi o transporte das amostras de Machipanda ao laboratório de secagem das amostras que é muito distante, limitando desta forma o tamanho da amostra com vista a facilitar o seu transporte.

Nos aspectos de amostragem, o número de indivíduos por intervalos de classe diamétrica não é constante, verificando-se neste caso classes com uma árvore, como na classe de DAP maior que 40 cm devido a dificuldades no abate, custos muito elevados e tempo gasto por árvore e outras classes com menor diâmetro com 5 árvores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Protocolo de Quioto

Em 16 de Fevereiro de 2005, após intenso debate político, efectivamente entra em vigor o Protocolo de Quioto, acordo multilateral originado em 1997, durante discussões sobre mudanças climáticas da Convenção das Partes, ligada às Nações Unidas. É considerado um dos mais significativos marcos políticos da história mundial relacionada a meio ambiente e que foi ratificado por 175 países, incluindo-se os 36 com compromissos reais de redução de emissão. Um passo importante realizado através do Protocolo foi o estabelecimento de três mecanismos de flexibilização que possibilitam o atendimento dos compromissos até então firmados. Dois destes - a “Implementação Conjunta” e o “Comércio de Emissões” -, têm sua actuação restrita aos chamados países do Anexo I ou desenvolvidos (Alemanha, Austrália, Federação Russa, Grã-Bretanha, Estados Unidos, Grã-Bretanha, França, Japão, etc.), lista disponível em site: <http://www.ecodesenvolvimento.org.br>.

Já o terceiro, o “Mecanismos de Desenvolvimento Limpo” (MDL), permite a participação de países em desenvolvimento, como é o caso do Moçambique. O MDL tem como objectivo a redução dos Gases do Efeito Estufa (GEE) em países em desenvolvimento, possibilitando a comercialização de créditos de carbono com países pertencentes ao Anexo I e que necessitam reduzir suas emissões (Fronzizi, 2009).

Portanto, no contexto das emissões de gases de efeito-estufa (GEE) e do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), definido pelo Protocolo de Quioto, uma das estratégias biotecnológicas ressaltadas consiste em plantar florestas destinadas a remoção das emissões de carbono (Cotta, 2005 T).

Marchezi e Amaral (2008) identificaram que os chamados GEE, grupo formado pelo Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Perfluorcarbonos (PFCs), Hidrofluorcarbonos (HFCs) e Hexafluoreto de Enxofre (SF₆), são os principais responsáveis pelo aumento da temperatura na Terra e pelas mudanças climáticas. “Sabe-se que desde a Revolução Industrial, a cerca de 150 anos atrás até hoje houve um acréscimo de 30% na concentração de CO₂ na atmosfera e que a média de temperatura do planeta aumentou entre 0,3 e

0,6 C no século XX” e que anualmente, o homem lança cerca de sete bilhões de toneladas de CO₂ na atmosfera (Krug, 2004).

2.2 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL

Constituindo o 12º artigo do Protocolo de Quioto, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL ou *Clean Development Mechanism* (CDM) foi desenvolvido a partir de uma proposta brasileira que sugeria inicialmente a formação de um fundo de Desenvolvimento Limpo, no qual os países com altos níveis de emissão, que não conseguissem reduzir suas emissões acordadas entre as partes, deveriam alocar uma verba para este fundo, seguindo-se o princípio 'poluidor-pagador'. Em Quioto, a ideia do fundo foi transformada em mecanismo, passando a ser chamado de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (Cotta, 2005 T).

Neste mecanismo de flexibilização, os países desenvolvidos podem desenvolver projectos de redução de emissão dos GEE nos países em desenvolvimento para cumprirem as suas metas de redução estabelecidas pelo Protocolo de Quioto. Ou seja, de acordo com o Protocolo de Quioto, os países desenvolvidos poderiam continuar a emitir os gases de efeito estufa, desde que compensassem essas emissões com a participação em algum projecto que reduza a emissão desses gases ou com a comercialização de certificados de projectos que tenham esse mesmo objectivo, dentro das metas estabelecidas pelo Protocolo. Se um projecto de MDL não é aceite, este pode ser reconsiderado para a validação e registo, mediante revisões apropriadas, devendo seguir os moldes estabelecidos para validação e registo (Cotta, 2005 T).

Para obter registo, validação e certificação, um projecto MDL deve demonstrar benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo (dentro dos propósitos da Convenção). Deve ainda representar uma redução de emissões que, na ausência do projecto, seria inexistente. No MDL não há penalidades para as acções antecipadas. Pelo contrário, há um incentivo para acção imediata no início de actividades que reduzam as emissões de GEE, para que os créditos relativos aos projectos possam futuramente ser contabilizados no período de compromisso respectivo (Galdino et al, 1999)

Face a isto, Moçambique está a elaborar a sua Estratégia de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (genericamente designada por E-REDD+).

2.3 Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+)

O REDD – Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação é um mecanismo que trata basicamente da redução de emissões do carbono florestal para mitigar as mudanças climáticas (www.rieam.uem.mz).

O REDD é um mecanismo que tem potencial não só de abordar as mudanças climáticas, mas também de contribuir para a conservação da biodiversidade e sustentação de vários serviços ambientais, como por exemplo a protecção de bacias hidrográficas e a regulação de cheias e inundações. A ideia básica do REDD é que os países dispostos e em condições de reduzir as emissões por desmatamento e degradação florestal deveriam ser recompensados financeiramente por fazê-lo. Moçambique é um dos vários países que manifestou a sua disponibilidade em aderir ao REDD (www.rieam.uem.mz)

Então, O mecanismo REDD+, significa Redução das Emissões do Desmatamento e Degradação Florestal, remoções do carbono atmosférico, conservação florestal e manejo florestal (Siteo e Guedes 2011).

Portanto, a expansão de REDD para REDD+ teve como razões exactamente: a valorização das iniciativas de sequestro de carbono através do reflorestamento e florestamento em curso e no âmbito de MDL; e permitir envolver e compensar os países que já estão protegendo suas florestas através de iniciativas que incluem a conservação florestal e o manejo florestal sustentável, enriquecimento de carbono nos ecossistemas florestais através da reabilitação e restauração de ecossistemas degradados e a implementação de sistemas agro-florestais (Siteo e Guedes, 2011).

2.4 O Ciclo de Carbono e as florestas

A dinâmica de um ecossistema depende de uma série de factores e ciclos, como os ciclos biogeoquímicos. Dentro dos ciclos biogeoquímicos, estão o da água, do nitrogénio, do fósforo, do carbono, do oxigénio e do enxofre. Contudo, neste projecto dá se mais ênfase o ciclo de carbono. O Ciclo do Carbono consiste na transferência do carbono na natureza, através das várias reservas naturais existentes, sob a forma de dióxido de carbono. Para equilibrar o processo de respiração, o carbono é transformado em dióxido de carbono. Outras formas de produção de dióxido de carbono são através das queimadas e da decomposição de material orgânico no solo. A figura 1 mostra um esquema do ciclo do carbono na natureza.

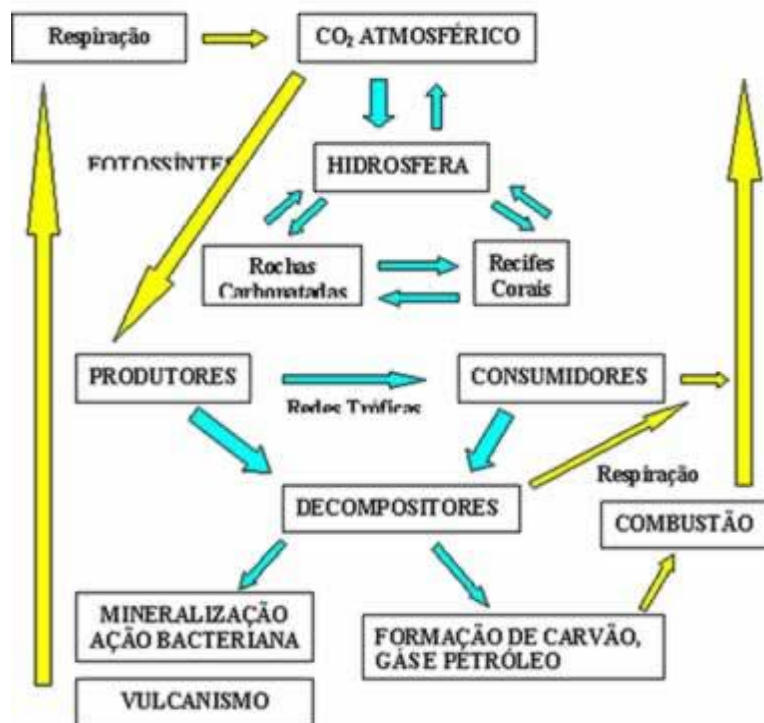


Figura 1: o ciclo do carbono na natureza. Fonte: Barbetta, 2003

Na presença da luz, as plantas retiram o dióxido de carbono, usam o carbono para crescer e retornam o oxigénio para atmosfera. Durante a noite, na respiração, este processo inverte, e a planta libera CO₂ excedente do processo de fotossíntese. O carbono pode ficar retido na biomassa (tanto na parte aérea, como nas raízes) ou ser liberado para a atmosfera, por exemplo quando este material vegetal for queimado (Barbetta, 2003).

Os reservatórios de CO₂ na terra e nos oceanos são maiores que os totais de CO₂ na atmosfera. Pequenas mudanças nestes reservatórios podem causar grandes efeitos na concentração atmosférica. O carbono emitido para atmosfera não é destruído, mas sim redistribuído entre diversos reservatórios de carbono, ao contrário de outros gases causadores do efeito estufa, que normalmente são destruídos por acções químicas na atmosfera (Baird, 2002).

A concentração de dióxido de carbono na atmosfera, por exemplo, é de apenas 0,035%. Apesar disto, tem um papel fundamental na manutenção da temperatura para o planeta, por absorver radiação infravermelha vinda do Sol. Além do mais, é o gás com a maior responsabilidade pelo agravamento do efeito estufa e que vem recebendo destaque dentre os projectos de redução de emissões de GEE (Baird, 2002).

A redução do desmatamento poderá contribuir consideravelmente para a redução do ritmo de aumento dos gases causadores do efeito estufa, possibilitando outros benefícios, como a conservação dos solos e da biodiversidade. Esta redução do desmatamento deve estar associada a alternativas económicas, para garantir a qualidade de vida das populações das regiões florestais (Scarpinela, 2002).

2.5 Biomassa florestal

Teixeira (2003), definiu a biomassa como a quantidade de material vegetal contida por unidade de área numa floresta. Em geral, os componentes utilizados na medição da biomassa são biomassa acima do solo, composição das árvores e arbustos, composição da serapilheira e troncos caídos (fitomassa morta acima do solo) e biomassa abaixo do solo (composição de raízes), e é medida em toneladas por hectares.

A acumulação de biomassa é afectada por factores ambientais e factores da própria planta. Para Kramer e Koslowski (1972), a acumulação de biomassa é influenciada por todos aqueles factores que afectam a fotossíntese e a respiração. Segundo eles, os principais factores são a luz, temperatura, concentração de CO₂ do ar, humidade e fertilidade do solo e doenças, além dos factores internos, como: idade, estrutura e disposição das folhas, distribuição e comportamento dos estomas, teor de clorofila, e acumulação de hidratos de carbono.

Os estudos de estimativa de biomassa fornecem informações indispensáveis em questões ligadas, entre outras, às áreas de climatologia e de manejo florestal. No caso do clima, a biomassa é utilizada para estimar os estoques de carbono, que por sua vez são usados para estimar a

quantidade de CO₂ que é armazenado com o crescimento do vegetal ou que é liberado para a atmosfera durante um processo de queimadas. No caso de manejo, a biomassa está relacionada com conteúdos de macro e micronutrientes da vegetação retirados do solo, que dependem da biomassa multiplicada pelas concentrações de cada nutriente (Higuchi et al., 1998).

2.6 O conceito de sequestro de carbono

O conceito de sequestro de carbono foi consagrado pela conferência de Quioto, em 1997, com a finalidade de conter e reverter o acúmulo de CO₂ na atmosfera, visando a diminuição do efeito estufa.

O sequestro de carbono refere-se a processos de absorção e armazenamento de CO₂ atmosférico, com intenção de minimizar seus impactos no ambiente, já que trata-se de um gás de efeito estufa (GEE). A finalidade desse processo é conter e reverter o acúmulo de CO₂ atmosférico, visando a diminuição do efeito estufa (Renner, 2004).

O sequestro de carbono florestal é uma alternativa viável para amenizar o agravamento do processo de elevação da temperatura global, pelo aumento de GEE. “Os vegetais, utilizando sua capacidade fotossintética, fixam o CO₂ atmosférico, biossintetizando na forma de carboidratos, sendo por fim depositados na parede celular” (Renner, 2004). Segundo Baird (2002), o dióxido de carbono pode ser removido da atmosfera como resultado do crescimento de plantas, quer em florestas nativas quer em plantações florestais, seleccionadas especialmente para essa finalidade. Quanto mais rápido for o crescimento mais rápida é a absorção de CO₂; devido ao vigoroso crescimento das árvores nos trópicos, um hectare desta floresta tropical sequestra muito mais carbono do que um hectare de floresta temperada (Renner, 2004).

A conservação de estoques de carbono nos solos, florestas e outros tipos de vegetação, a preservação de florestas nativas, a implantação de florestas e sistemas agroflorestais e a recuperação de áreas degradadas são algumas acções que contribuem para a redução da concentração do dióxido de carbono na atmosfera. A quantidade de carbono sequestrado pode ser quantificada através da estimativa da biomassa da planta acima e abaixo do solo, do cálculo de carbono estocado nos produtos madeireiros e pela quantidade de CO₂ absorvido no processo de fotossíntese (Goldemberg, 1998).

Para se proceder à avaliação dos teores de carbono dos diferentes componentes da vegetação (parte aérea, raízes, camadas decompostas sobre o solo, entre outros) e, por consequência, contribuir para estudos de balanço energético e do ciclo de carbono na atmosfera, é necessário inicialmente quantificar a biomassa vegetal de cada componente da vegetação (Sanquetta, 2002).

2.7 Estimativa de biomassa

2.7.1 Método directo

Para a determinação do peso de carbono em florestas, primeiramente se faz necessário quantificar a biomassa. Segundo Higuchi e Carvalho (1994), os métodos para a obtenção da biomassa podem tanto ser directos como indirectos. Métodos directos implicam em determinação, enquanto métodos indirectos geram estimativas. Determinação não é possível em grandes extensões, cabendo em áreas pequenas e amostras tomadas na população para ajustar e calibrar os modelos empregados nas estimativas de biomassa (Sanquetta, 2002).

Segundo o mesmo autor, os métodos directos de determinação de biomassa florestal implicam do corte, separação e pesagem das diferentes fracções: tronco, ramos, folhas e raízes. Os métodos indirectos são utilizados para estimar a biomassa de áreas florestais de grande extensão e, dependendo das informações disponíveis, são usadas relações empíricas entre a biomassa e algumas outras variáveis, determinando assim o valor da biomassa seca por hectare para então ser feita uma extrapolação para a área total considerada. As variáveis comumente disponíveis nos inventários florestais são: DAP (diâmetro a altura do peito – 1,30m), altura, volume – os quais são relacionados com a biomassa de alguma forma.

Um dos aspectos mais relevantes nos estudos de fixação de carbono em florestas, sem sombra de dúvidas, é a variável biomassa, a qual precisa ser determinada e estimada de forma fidedigna, caso contrário não haverá consistência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais (Sanquetta, 2002). Este autor relata ainda que, as determinações de biomassa em florestas vêm sendo feitas desde o longínquo passado, das mais diferentes maneiras, sem reflexão ou questionamento sério sobre a representatividade e validade das amostragens realizadas. Na quantificação da biomassa é indispensável a utilização de métodos e processos adequados para que seja possível obter estimativas confiáveis.

A intensidade amostral, ou seja, o dimensionamento da amostra é também muito importante para que se obtenham dados precisos (Crow e Schlaegel, 1988).

2.7.2 Método indirecto

Uma das maneiras da aplicação do método indirecto para se estimar a biomassa e o carbono florestal é usando modelos matemáticos. Conforme Sanquetta (1996), um modelo é a representação física ou abstracta da forma ou função de entidades ou objectos reais, como por exemplo: equações matemáticas de processos fisiológicos, figuras ou estátuas.

Segundo esse mesmo autor, os modelos possuem limitações. Um modelo biológico, por exemplo, não pode ser perfeito (certo ou errado), pode apenas ser uma representação bem-feita ou não da realidade. Portanto, os modelos não são perfeitos, são apenas uma aproximação da realidade, mas exercem um papel muito importante no ramo das ciências exactas e naturais pois permitem realizar predições presentes e futuras da situação de um elemento ou grupo de elementos mensuráveis.

No caso dos modelos para estimativa de biomassa e carbono em árvores, muitos são os esforços para estimar essas variáveis com a maior aproximação possível dos valores reais. Uma variedade de modelos de regressão vem sendo utilizada para essas estimativas, seja para árvores, seja para seus componentes separadamente.

Crow e Schlaegel (1988) afirmaram que equações de biomassa podem ter muitas formas, sendo que as mais comumente utilizadas são as do tipo linear e não linear. A escolha de uma destas formas ocorre em função da experiência em sua utilização, da relação entre as variáveis ou pela recomendação da literatura.

2.8 Eucalipto e retenção de carbono

O eucalipto pertence à família Mirtaceae. As espécies pertencentes a esta família são plantas lenhosas, arbustivas ou arbóreas, com folhas de disposições alternas ou opostas e às vezes cruzadas com estípulas muito pequenas (Scarpinella, 2002).

Segundo Peyor (1976), citado por Lima (1987), a maioria das espécies de eucalipto conhecidas são árvores típicas de florestas altas atingindo alturas que variam de 30 a 50 metros; e florestas abertas com árvores menores atingindo de 10 a 25 metros;

Cerca de 30 ou 40 espécies são arbustivas, conhecidas como Mallees, caracterizadas por apresentarem diversos troncos de um único núcleo lenhoso subterrâneo. Algumas espécies atingem alturas superiores a 70 metros como o *E.grandis* e o *E.deglupta*.

O eucalipto é originário da Austrália, com exceção de duas espécies (*E.urophylla* e *E.deglupta*) (Silva, 2001).

Em geral há uma boa relação entre a taxa de crescimento e a de acumulo de nutrientes na biomassa do eucalipto (Gonçalves et al., 1997), facto constatado para *E.grandis* (Pereira, 1990) e *E. urophylla* (Pereira, 1990) em Minas Gerais e para *E.grandis* em São Paulo.

Calcula-se que cada tonelada de madeira seca produzida em plantações retire da atmosfera 1.8 toneladas de CO₂ e devolva ao ambiente 1.3 tonelada de O₂. Além disso, o processo de conversão de CO₂ em madeira absorve calor, contribuindo para diminuir a temperatura. Outra estimativa que merece destaque é que cada árvore de eucalipto pode sequestrar até 20 Kg de gas carbónico por ano (Scarpinella, 2002).

A utilização do eucalipto para madeira serrada é uma contribuição ao meio ambiente, onde o produto final tem um emprego mais nobre, ao ser usado no sector de movelaria ou construção civil. O carbono ficaria retido na madeira por um período de tempo maior, se comparado com o produto final destinado aos sectores de celulose, papel ou carvão vegetal. Quantificar o carbono em uma floresta é uma das questões mais complexas travadas entre especialistas, pois envolve factores externos como a variação do clima, o perfil do solo, a temperatura local e o tipo de vegetação que lá se encontra. Para uma floresta de eucalipto, esta

operação torna-se um pouco mais simples, por tratar-se de uma monocultura onde se espera uma produtividade homogénea, de acordo com a variedade cultivada e com os dados para o cultivo que se dispõe da região. Mas continuam as variáveis de solo, clima, temperatura, enfim, da interacção da floresta com o meio (Balbinot et al., 2003).

2.9 Amostragem

Amostragem é a forma de estudar as relações existentes entre uma população e as amostras delas 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. Na selecção 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.

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, rectangular ou faixas), pontos amostrais ou árvores (Péllico Neto; Brena, 1997).

3. METODOLOGIA

3.1 Descrição da Área

A floresta de Inhamacari está situada numa região montanhosa, a norte de Machipanda, no distrito de Manica, província do mesmo nome. Faz fronteira com o Zimbabwe, numa extensão de 6 km. No que concerne a localização geográfica, situa-se a uma latitude meridional variando de 18°55'45" a 18°57'56" e longitude oriental entre os 32°41'52" e 32°44'17" (Chamba & Rokyta, 1994).

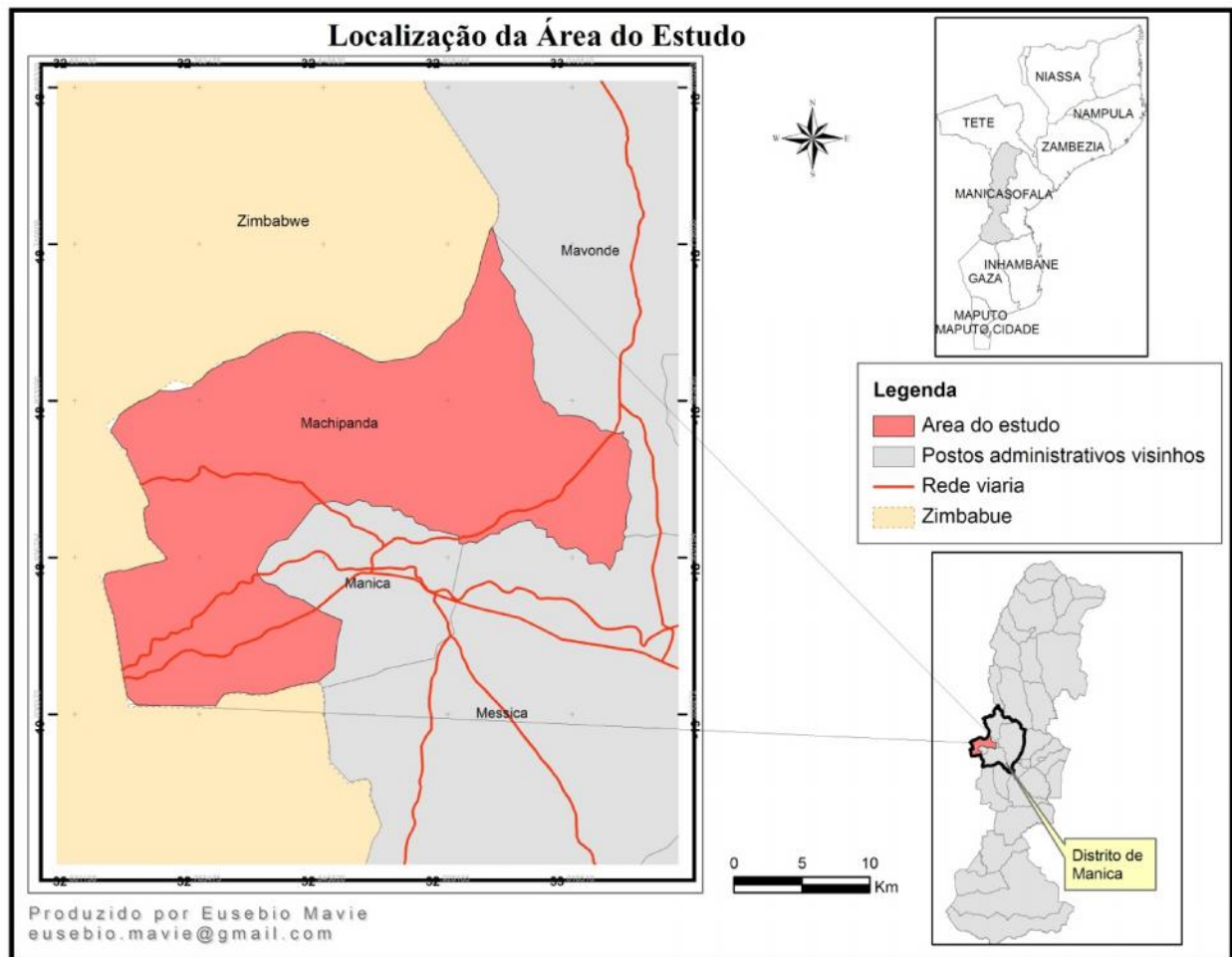


Figura 2. Localização do posto administrativo de Machipanda

Esta floresta ocupa uma área de aproximadamente 1000 ha (exactamente 994ha), de onde 50,10% corresponde a floresta nativa (cerca de 498 há) e 49,89% corresponde a área ocupada pelas plantações (cerca de 496 há) e a porção remanescente é ocupada por áreas habitacionais e Agricultura itinerante (DEF, 2009).

Segundo o Instituto de Investigação Agronómica (INIA), citado por Chamba & Rokyta (1994), os solos são vermelhos a castanhos, arenosos a argilosos, óxidos de textura média e dístricos. São de fácil erosão e baixa retenção de água, sendo pobres para a agricultura.

Em virtude da inexistência de uma estação meteorológica em Inhamacari, optou-se pela comparação de dados da Vila de Manica e Mutare, que são as regiões que se encontram próximas de Inhamacari, o que segundo Chamba & Rokyta (1994), o clima é moderado frio (15 a 20°C) a moderadamente quente, sendo no entanto modificado pela altitude.

3.2 Levantamento de dados

Este estudo foi realizado em povoamentos de *Eucalyptus spp* com idades de 6, 11 e com mais de 30 anos, o espaçamento entre plantas e entre linhas é de 3 × 3 m e 3 × 2 m, correspondente a uma densidade inicial de 1111 e 1667 árvores por hectare. Os povoamentos estudados nunca beneficiaram-se de tratamentos silviculturais desde seu estabelecimento (Sr. Alfredo, 2012-comunicação pessoal). Os povoamentos são compostos por junção de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloesiana*.

Em relação ao povoamento de 6 anos de idade, o diâmetro médio obtido é de cerca de 11.26 cm, 20.5 cm para povoamentos de 11 anos e cerca de 37.07 cm para povoamentos com mais de 30 anos.

Para o efeito deste estudo foi seleccionado aleatoriamente 30 árvores amostrais em três classes de idade, nomeadamente, 6 anos, 11 anos e com maior de 30 anos. Em cada classe de idade foram estabelecidas intervalos de classes diamétrica partindo dos diâmetros < 10 [, [10 – 20 [, [20 – 30 [, [30 – 40 [e > [40 cm. Em cada classe diamétrica fez-se uma selecção aleatória de árvores amostrais da classe por cada idade.

As árvores seleccionadas foram medidas os DAP e diâmetro na base, abatidas e separadas em duas partes: ramos + folhas e tronco, após a separação em partes mediu-se o comprimento total de cada árvore. De seguida pesou-se as duas partes separadas, todos ramos + folhas de cada árvore por uma balança mecânica registando o peso verde total em uma ficha de campo em anexo, em cada peso verde total de ramos + folhas foi tirada, pesada e codificada uma amostra verde por uma balança electrónica registando-se o seu peso. Analogamente aos (ramos + folhas), o tronco foi seccionado, pesado e registado todo seu peso verde. De seguida foram tiradas,

pesadas, codificadas e registadas amostras verdes (discos) do tronco a 1.3m, e estas amostras foram levadas ao laboratório com vista a determinação do peso seco.

3.3 Divisão em classes diamétricas

A divisão em classes diamétricas foi definida com o uso da seguinte fórmula de Mário Triola (2005):

$$K = 30^{1/2}, K = 5.47$$

$$Amplitude = R/K, R = D_{max} - D_{min}$$

$$Amplitude = (40 - 5) / 5 = 9 \text{ cm, aproximadamente a } 10 \text{ cm}$$

Onde:

K = número de intervalos de classes

30 = Quantidade de amostra

R = variação entre extremo máximo e mínimo dos diâmetros a medir

Tabela 1. Intervalos de classes diamétricas e número de árvores por classe

| Intervalos de classes diamétricas (cm) | N de árvores por classe | 6 anos | 11 anos | 30 anos |
|--|-------------------------|--------|---------|---------|
| <10 | 7 | 5 | 2 | |
| [10-20[| 9 | 5 | 4 | |
| [20-30[| 8 | | 5 | 3 |
| [30-40[| 5 | | 2 | 3 |
| >40 | 1 | | | 1 |

Posteriormente, em cada classe de idade estabeleceram-se 4 parcelas de 50 * 20 m por cada idade, totalizando 12 parcelas em toda área de estudo, mediram-se DAPs para todas árvores da parcela, com objectivo de captar a variabilidade natural do povoamento, de modo a fornecer estimativas médias de distribuição diamétrica de volume e de carbono de eucalipto e para efeitos de calibração da equação.

3.4 Determinação da biomassa seca

A biomassa seca do fuste e ramos + folha foi obtida através da fórmula utilizada por Soares (1995).

$$BS = Ph (c) * Ps (a)/Ph (a)$$

Onde:

BS = biomassa total em kg

Ph (c) = peso húmido total no campo em kg

Ps(a) = peso seco da amostra em kg

Ph(a) = peso húmido da amostra em kg

3.5 Determinação da biomassa

A biomassa total de cada árvore foi obtida pelo somatório das biomassas dos compartimentos

$$BTA = BT + B (R+F)$$

Onde:

BTA = biomassa total da árvore (Kg)

BT = biomassa do tronco (Kg)

B (R+F) = biomassa dos ramos com folhas (Kg)

3.6 Análise de dados

3.6.1 Critério de selecção do melhor modelo

A partir dos pares de dados reais da altura e diâmetro, obtidos através da cubagem de algumas árvores no campo, foi possível ajustar modelo para estimar a biomassa das árvores mensuradas. Para tal, foram construídos diversos gráficos de dispersão de combinações da variável dependente (peso seco) com variáveis independentes (DAP, altura total e volume) com objectivo de verificar a presença de outliers entre os dados, o que é uma característica comum em relações biológicas. Para cada gráfico de dispersão foram testados diferentes modelos de regressão que melhor se ajustavam aos dados.

Em relação ao volume, foi calculado usando-se o factor de forma de 0.45, determinado por Oliveira et al., (1999), em *Eucalyptus grandis* e *cloesiana*, com base na seguinte fórmula:

$$V = \frac{3.14}{4} \times DAP \times h \times ff$$

$ff = 0.45$ e DAP em metros

Para a selecção das melhores equações ajustadas para fins de quantificação de biomassa e carbono, foram utilizados três critérios de verificação da qualidade dos ajustes: coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa em percentagem ($Syx\%$), ambos recalculados para as equações onde a variável dependente sofreu transformação, e análise gráfica dos resíduos.

3.6.2 Coeficiente de determinação ajustado

O coeficiente de determinação (R^2) indica a quantidade de variação da variável dependente que é explicada pelas variáveis independentes. Este coeficiente é produto do coeficiente de correlação (r), elevado ao quadrado, e pode variar entre $0 \leq R^2 \leq 1$. Uma correlação perfeita entre as variáveis dependentes e independentes resultaria em $R^2 = 1$, e uma correlação muito boa resulta em um valor próximo de 1. Uma correlação muito baixa resulta em um valor de R^2 próximo de 0.

O coeficiente de determinação é dado pela expressão:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})}$$

Onde:

y_i - Valor real de cada observação;

\hat{y}_i - Valor estimado de cada observação;

\bar{y} - Média aritmética real;

n - número de observações.

Diante da necessidade de comparar equações com diferentes números de parâmetros utilizou-se o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), o qual pondera o R^2 pelos graus de liberdade da regressão (numerador) e dos graus de liberdade totais (denominador).

O R^2 ajustado é calculado pela seguinte expressão matemática:

$$R_{aj}^2 = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \times \left(\frac{SQ_{res}}{SQ_{total}} \right)$$

Onde:

R^2_{aj} - coeficiente de determinação ajustado;

n - número de observações;

p - número de coeficientes do modelo;

SQ_{res} - Soma de quadrados dos resíduos, calculados com a variável dependente pura dos valores observados e estimados;

SQ_{total} - Soma de quadrados totais, calculados com a variável dependente pura dos valores observados e estimados.

Nos modelos em que a variável dependente sofreu transformação logarítmica, fez-se necessário realizar o recálculo do coeficiente de determinação utilizando na fórmula a soma de quadrados dos resíduos recalculados, a fim de corrigir sua estimativa, uma vez que o mesmo não foi calculado a partir da variável pura. Nesses modelos o R^2 recalculado foi realizado após fazer a correção da discrepância logarítmica.

3.6.3 Erro padrão da estimativa (Syx e Syx%)

O erro padrão da estimativa é uma medida de dispersão entre os valores observados e estimados pela regressão, quanto menor o valor maior a precisão da equação, portanto na comparação entre equações segundo esse critério, aquela que apresente o menor valor é considerada a melhor equação (Schneider, 1998). O erro padrão da estimativa foi obtido a partir da raiz entre a soma do quadrado médio do erro e a diferença entre o número de observações e o número de parâmetros de cada equação:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n - p)}}$$

Onde:

y_i - Valor real de cada observação;

\hat{y}_i - Valor estimado de cada observação;

n - número de observações;

p - número de coeficientes de cada equação, incluindo b_0 .

Posteriormente o erro padrão da estimativa em percentagem, foi obtido pela fórmula:

$$S_{yx\%} = \frac{S_{yx}}{\bar{y}} \times 100$$

Onde:

S_{yx} - Erro padrão da estimativa;

\bar{y} - Média aritmética real da variável dependente.

3.6.4 Análise gráfica dos resíduos

Em uma regressão linear, a análise gráfica dos resíduos tem um papel muito importante para a apreciação da qualidade dos ajustes, pois com a utilização dessa ferramenta é possível visualizar possíveis tendências de subestimarias ou sobrestimarias, tornando-se assim um instrumento fundamental na escolha da melhor equação.

A fim de se verificar possível existência de tendências realizou-se a análise gráfica de resíduos em percentagem. Segundo Triola (2005), a análise gráfica dos resíduos em sua forma relativa (percentagem), em função da variável dependente estimada é a maneira mais adequada de se verificar possíveis tendências (sobre ou subestimarias) das estimativas em relação ao valor real ao longo da linha de regressão.

Espera-se como adequado que a equação produza resíduos independentes, média igual a zero e variância constante Triola (2005).

3.6.5 Determinação da biomassa média por hectare (Bm)

Dentro de cada parcela calculou-se o peso total seco adicionando o peso seco dos troncos e ramos. Para a execução dos cálculos levou-se em consideração a área das parcelas e as classes de idade, tendo a área de cada parcela estabelecida que foi de 1000 m² (50*20 m²), equivalente a 0,1 ha, determinou-se a biomassa média por hectare usando a seguinte fórmula:

$$\mathbf{Bm = Pst/A}$$

Onde:

Pst - peso total seco (dentro de cada parcela) (kg)

A - área da parcela (ha)

Bm - biomassa média por hectare (Kg/ha)

A Bm depois foi convertida em toneladas por hectare.

3.6.6 Estoque de carbono (C)

O estoque de carbono é a quantidade de carbono existente na matéria seca. Os dados da literatura citam valores em torno de 50%. Assim, uma tonelada de matéria seca de biomassa contém cerca de 0.5 tonelada de carbono (FAO, 2010).

No trabalho realizado pela FAO em titulado Global Forest Resources Assessment 2010, a maioria dos países usam 0.47 recomendado no Guião do IPCC (2006), enquanto alguns países usam 0.5 sugerido por IPCC (2003).

Neste estudo adoptou se 0.5 para a relação carbono e matéria seca. Portanto, a partir dos dados de biomassa foram estimados os estoques de carbono por compartimentos Ramirez e tal, (1997) e Ortiz (1997), mediante o emprego da seguinte expressão:

$$\mathbf{EC = 0.5 * Bm}$$

Em que:

EC - estoque de carbono em toneladas por hectare (T/ha)

Bm - biomassa média em toneladas por hectare (T/ha)

0.5 - Factor de conversão de biomassa em carbono.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Descrição dos povoamentos

Os povoamentos de 6 anos de idade os diâmetros variam de 5 a 18 cm e um diâmetro médio de cerca de 11.26, para 11 anos os diâmetros variam de 10 a 38 cm e cerca de 20.5 cm de diâmetro médio e para povoamento com mais de 30 anos os diâmetros são de 23 e 74 cm e cerca de 37.07 de diâmetro médio. Os povoamentos de 6 e com mais de 30 anos são de espaçamento de 3×3 m, correspondente a uma densidade inicial de 1111 indivíduos por hectare e o povoamento de 11 anos é de espaçamento de 3×2 m, correspondente a uma densidade de 1667 indivíduos.

Em relação a frequência, para os povoamentos de 6 anos de idade, a maior frequência é de indivíduos com idades compreendidos entre intervalos de 15 a 20 cm, seguida por indivíduos de 10 a 15 cm e pouca frequência abaixo de 10 cm de diâmetro, para idade de 11 anos a maior frequência regista-se nos intervalos de 20 a 25cm, seguida de 15 a 20 cm e 10 a 15 cm e poucos indivíduos acima de 25 cm de diâmetro e abaixo de 10 cm, e para eucaliptos com idade maior que 30 anos regista maior frequência de indivíduos nos intervalos entre 35 a 40 cm, 30 a 35cm e 40 a 45 cm, como ilustram as figuras a baixo.

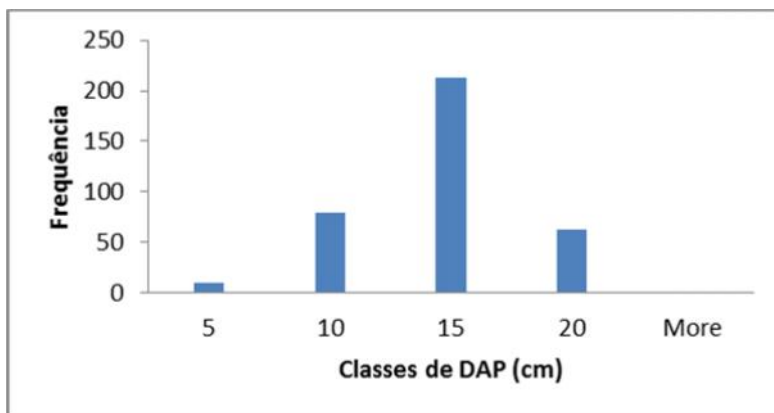


Figura 3. Distribuição diamétrica de eucaliptos com 6 anos de idade

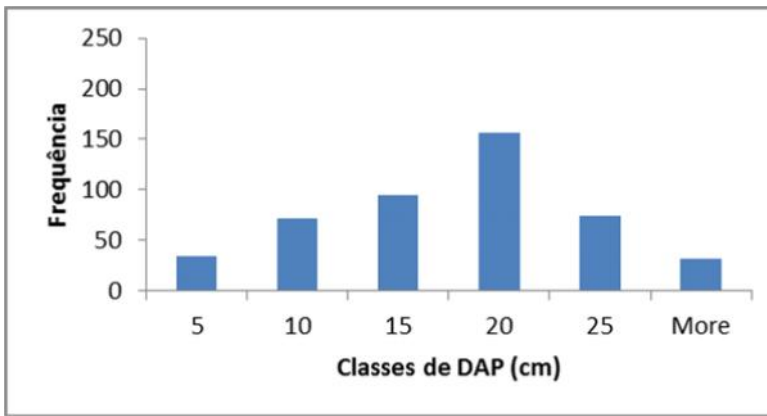


Figura 4. Distribuição diamétrica de eucaliptos com 11 anos de idade

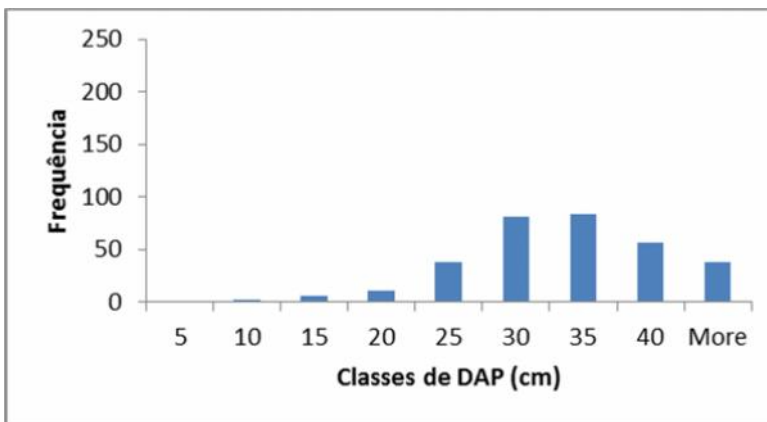


Figura 5. Distribuição diamétrica de eucaliptos com mais de 30 anos de idade

4.1.2 Modelo de regressão para estimativa da biomassa

Da posse de dados de DAP obtidos no campo, ajustou-se a seguinte equação hipsométrica: $PST = 0.339 \times DAP^{2.141}$, com $R^2 = 93.6\%$, $Syx = 13.60\%$ e $n = 30$ árvores, que estima o peso seco total em função do DAP.

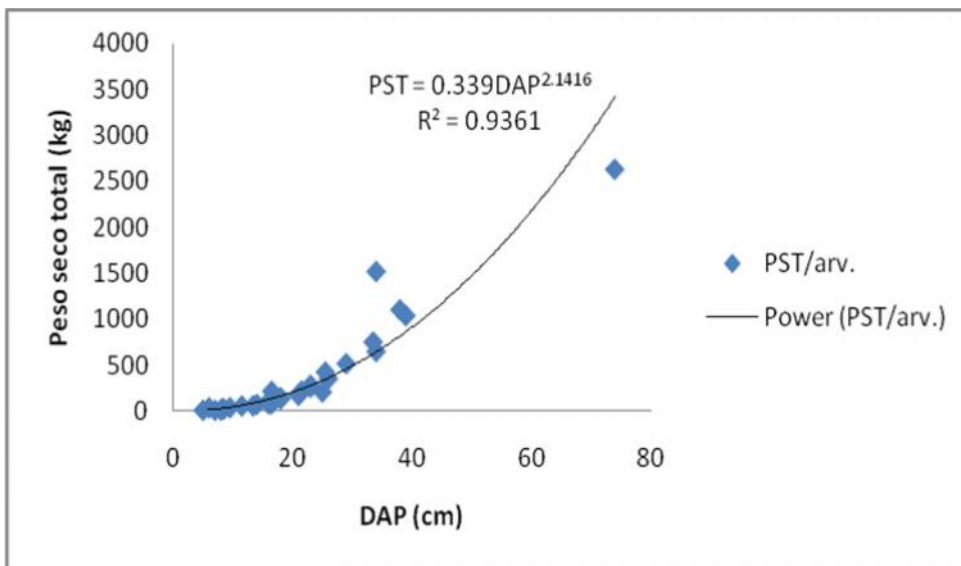


Figura 6- Peso seco total em função do DAP

Em relação a distribuição dos resíduos percentuais, (figura 7) verifica-se que eles estão distribuídos aleatoriamente não apresentando tendência de heterocedasticidade.

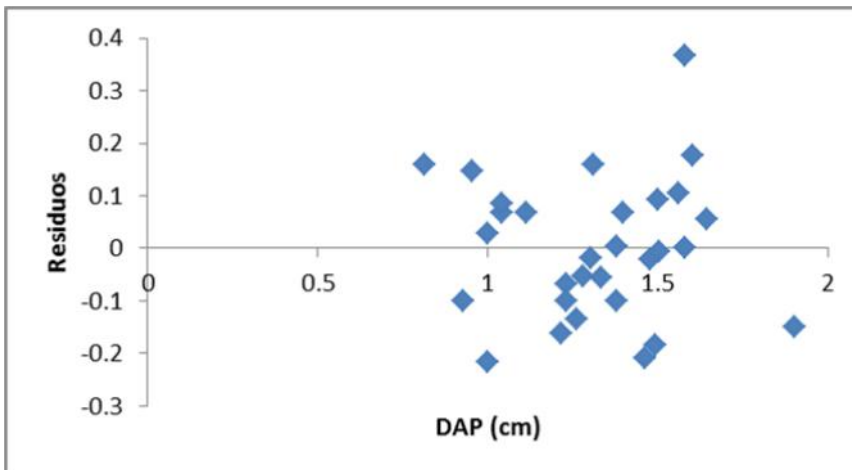


Figura 7 – Distribuição dos resíduos

Da posse do modelo da regressão foi possível estimar os teores de biomassa por parcela e do volume por parcela através do modelo de regressão do volume em função do DAP, com vista a relacionar a biomassa e tabelas de volume, como ilustra a tabela e o gráfico a seguir.

Tabela 2. Distribuição de biomassa e volume por parcela

| Parcelas.ano | Biomassa (T/ha) | Volume (m3/ha) |
|--------------|-----------------|----------------|
| 1.6 | 81.356 | 111.7705 |
| 2.6 | 81.18 | 115.801 |
| 3.6 | 71.25 | 94.988 |
| 4.6 | 56.41 | 74.0395 |
| 1.11 | 221.99 | 381.818 |
| 2.11 | 205.6 | 362.861 |
| 3.11 | 163.99 | 289.368 |
| 4.11 | 118.86 | 209.995 |
| 1.30 | 582.84 | 1243.153 |
| 2.30 | 485.22 | 1022.627 |
| 3.30 | 435.71 | 928.948 |
| 4.30 | 402 | 834.248 |

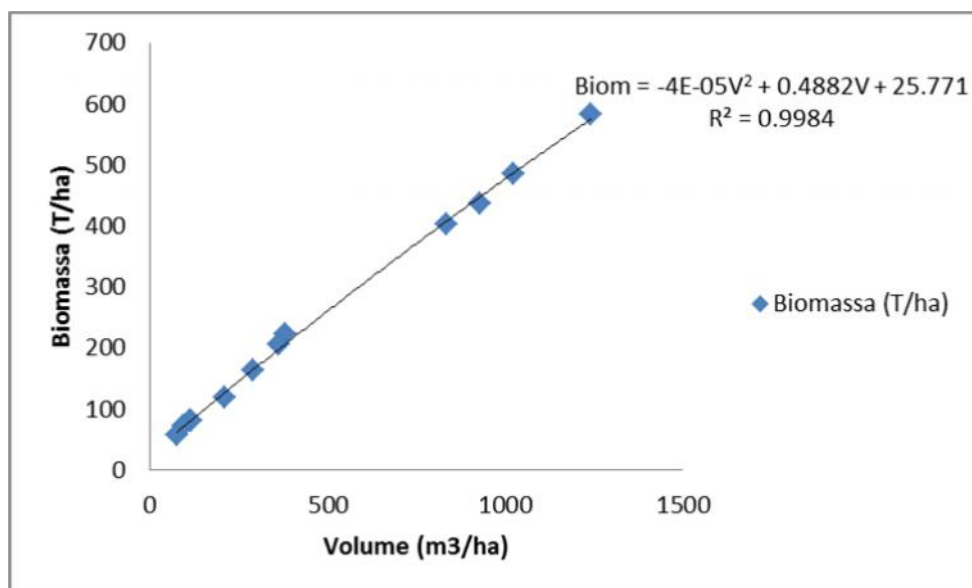


Figura 8- Relação da biomassa e volume

O gráfico ilustra a relação entre o teor de biomassa e volume com objectivo de fazer aproveitamento das tabelas de volume na estimativa de biomassa das plantações florestais.

Portanto, o modelo de regressão acima indicado através dela pode-se estimar a biomassa florestal a partir de dados de inventário, tabelas de volume.

Segundo Schöne e Schulte (1999), o volume de carbono armazenado por árvore ou em formações florestais pode ser estimado da seguinte fórmula:

$$C = V \cdot Db \cdot Fb \cdot Fc$$

Em que:

C = carbono em toneladas;

V = volume em m³

Db = densidade básica da madeira (g/cm³);

Fb = factor de expansão de biomassa;

Fc = factor para a determinação do peso seco da biomassa em C (0,50), sugerido pelo IPCC (2001).

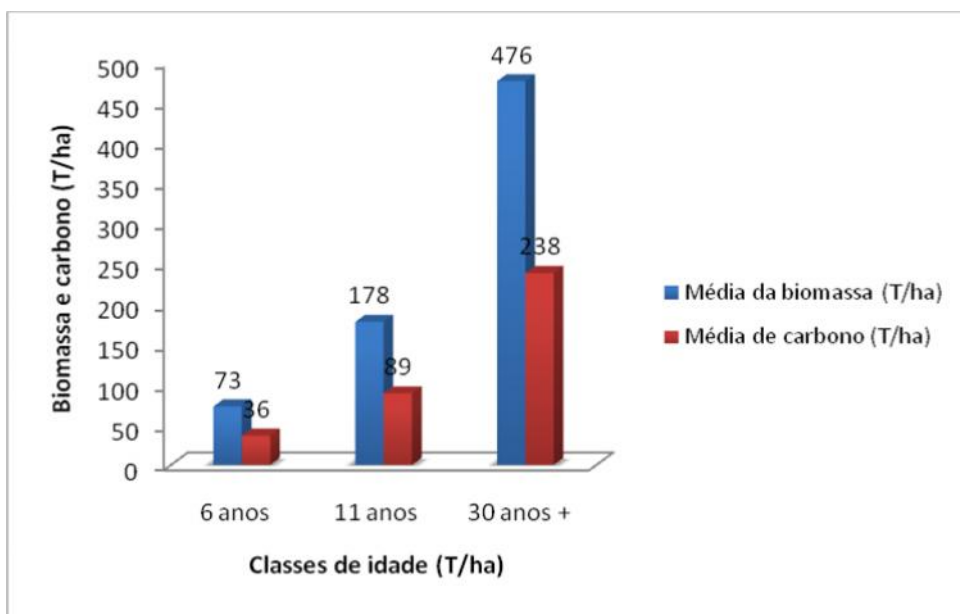


Figura 9- Teores de biomassa e carbono.

A figura refere-se aos teores totais médios de biomassa e carbono distribuídos em classes de idades, com um desvio padrão de 5.87 para idade dos 6 anos, 23.07 para idade de 11 anos e 39.37 para idade maior que 30 anos, correspondente as médias de teor de carbono. Analisando a distribuição do carbono estocado nos componentes da parte aérea das árvores em diferentes

classes de diâmetro (figura 9), observa-se que quanto maior o tamanho das árvores, maior é a quantidade de carbono estocada.

A partir dos valores médios de teor carbono e respectivas idades foi possível estimar o incremento médio anual por hectare por ano de toneladas de carbono, como ilustra a figura 10 a baixo.

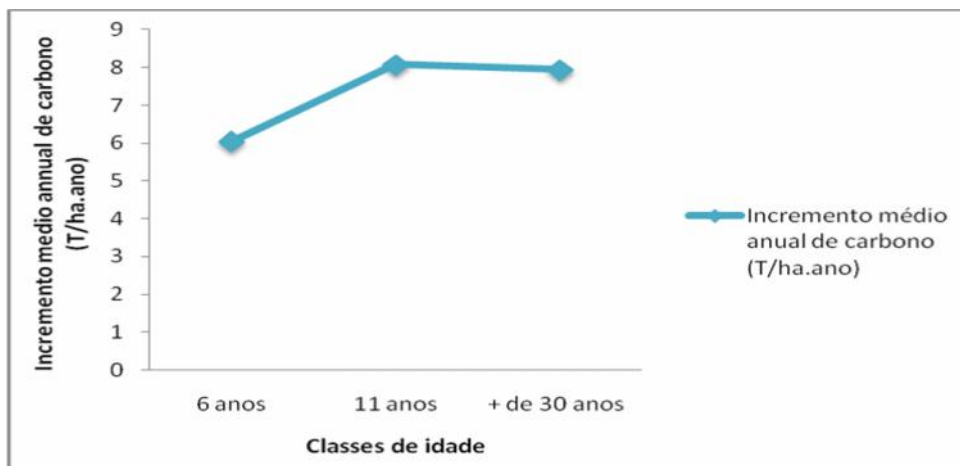


Figura 10 - Incremento médio anual de estoque de carbono por cada idade.

Tabela 3- comparando os valores de teores de carbono e incremento em diferentes estudos

| Espécie | Espac. | Idade | Local de estudo | Conteúdo de carbono (T/ha) | Incremento médio anual (T/ha.ano) | Referências bibliográficas |
|----------------------|---------|-----------|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| <i>E.grandis</i> | 3 × 3 m | 6 anos | Inhamacari | 36.28 | 6.05 | Presente estudo |
| <i>E.grandis</i> | 3 × 2 m | 11 anos | Inhamacari | 88.8 | 8.07 | Presente estudo |
| <i>E.cloesiana</i> | 3 × 3 m | + 30 anos | Inhamacari | 238.22 | 7.94 | Presente estudo |
| <i>E.grandis</i> | 3 × 2 m | 6 anos | Brasil | 47.7 | 7.95 | Paixão (2004) |
| <i>E.grandis</i> | 3 × 3 m | 6 anos | Brasil | 37 | 6.17 | Chang et al, (2008) |
| <i>E.grandis</i> | 3 × 3 m | 11 anos | Brasil | 53.11 | 4.83 | Chang et al, (2008) |
| <i>E.grandis</i> | 3 × 2 m | 6 anos | Brasil | 47.8 | 7.97 | Schumacher et al, (1994) |
| <i>Eucalyptus sp</i> | - | - | - | 50 - 150 | 14.5 | IPCC (2006) |

Como ilustram os resultados na tabela 3, os valores de teores de carbono são diferentes para mesma espécie, mesma idade e mesmo espaçamento, para áreas de estudo diferentes e mesmo dentro do mesmo País, pois a biomassa é influenciado pelo espaçamento, índice do sítio e outros factores.

4.1.3 Relação entre o peso seco e o volume

Para fins ilustrativos, com a posse de dados das parcelas foi estimado o volume, considerando factor de forma de 0.45, com vista a relacionar o volume e o peso seco, Figura 11, bem como comparar o volume médio e biomassa por povoamentos, como indica a tabela 4. Os resultados mostram que quanto maior for o volume maior é o peso seco pois, o volume é directamente proporcional ao diâmetro.

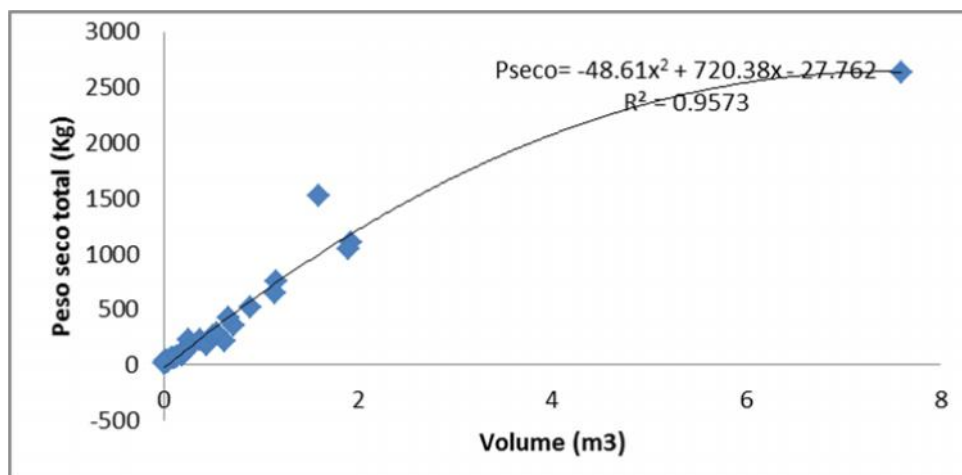


Figura 11 - Relação entre o volume e peso seco

Tabela 4. Comparação de volume e biomassa dos povoamentos

| Povoamentos | Volume médio(m³/ha) | Biomassa(T/ha) |
|----------------|---------------------|----------------|
| 6 anos | 99.14975 | 73 |
| 11 anos | 311.0105 | 178 |
| 30 anos | 1007.244 | 476 |

Os valores indicam que a biomassa aumenta com o aumento do volume.

Uma vez que o volume está directamente relacionado com a biomassa e não encontrando dados referentes a biomassa e carbono na região circunvizinha, tomou-se em dados de volume, segundo ilustra a figura 10. Foi possível fazer comparações do incremento médio anual de volume para diferentes Países da região com vista a fazer uma provável estimativa do carbono que as plantações locais poderão sequestrar, como indica a tabela abaixo.

Tabela 5. Valores de IMA de vários países vizinhos

| Espécie | local | IMA (m3/ha.ano) | Referências bibliográficas |
|------------|-------------|-----------------|----------------------------|
| E. grandis | Zimbabwe | 40 | FAO 2001 |
| E. grandis | A. Sul | 35 | FAO 2001 |
| E. robusta | Malawi | 21 | FAO 2001 |
| E. grandis | Swazilândia | 18 | FAO 2001 |
| E. robusta | Madagascar | 35 | FAO 2001 |

4.1.4 Teor de carbono por compartimentos

Com as equações de alométricas ajustadas, as unidades de amostras (parcelas) foram somadas obtendo-se as estimativas médias de carbono por hectare para fuste e ramos+folhas. Portanto, para estimar a biomassa e carbono por compartimentos da árvore foram ajustados os seguintes modelos de regressão para o tronco e ramos com folhas: $PSTT = 0.202 \times DAP^{2.237}$, com $R^2 = 0.935$ e $Sy_x = 14.34\%$; $PSTR = 0.167DAP^2 - 2.418DAP + 15.41$, $R^2 = 0.936$, respectivamente. Os seus gráficos são indicados a seguir.

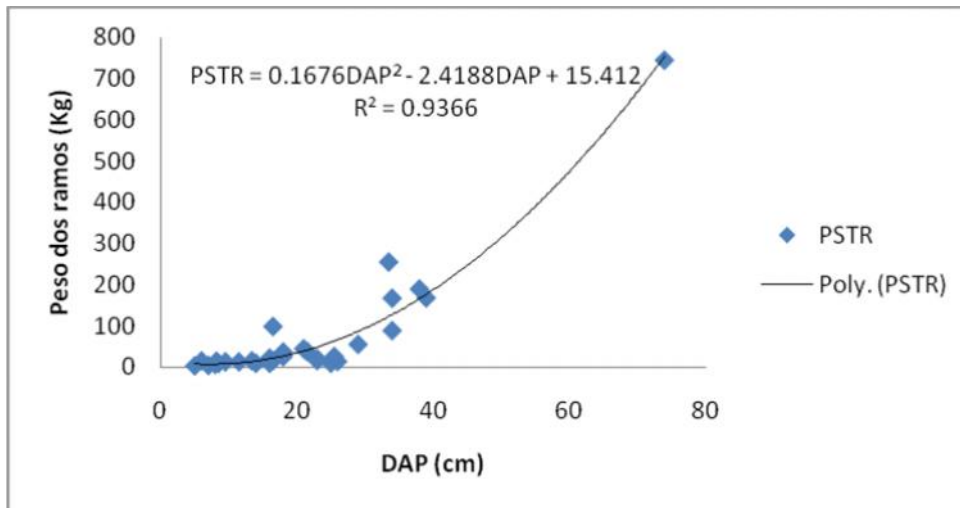


Figura 12 - Relação do peso seco dos ramos + folhas e DAP

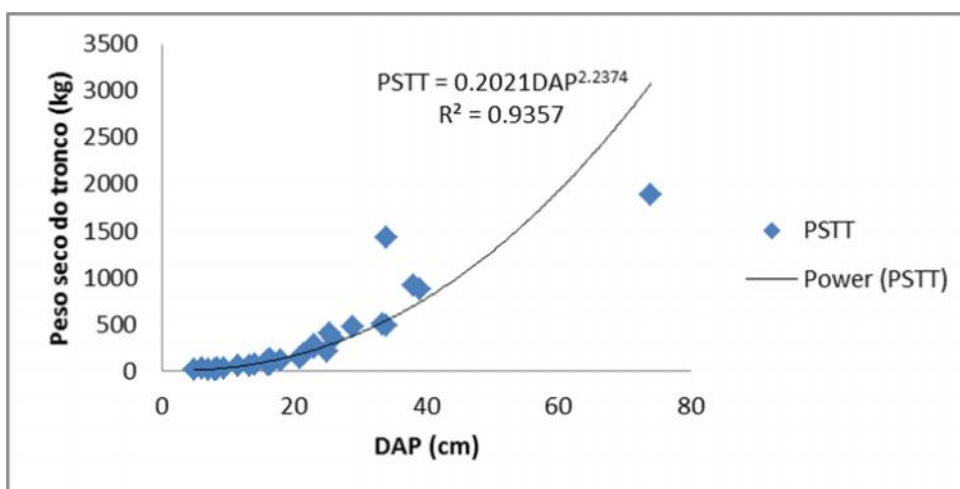


Figura 13 - Relação do peso seco do tronco e DAP

Tabela 6- Distribuição de teores de biomassa e carbono por compartimentos acima do solo

| Classes de idade | 6 anos | 11 anos | 30 anos + |
|------------------------------------|--------|---------|-----------|
| Biomassa dos ramos + folhas (T/ha) | 12.27 | 30.60 | 93.54 |
| Carbono dos ramos + folhas (T/ha) | 6.14 | 15.30 | 46.77 |
| Biomassa do tronco (T/ha) | 55.56 | 141.05 | 399.48 |
| Carbono do tronco (T/ha) | 27.78 | 70.52 | 199.74 |
| Total de biomassa (T/ha) | 83.33 | 211.57 | 599.23 |
| Total de carbono (T/ha) | 41.67 | 105.79 | 299.62 |

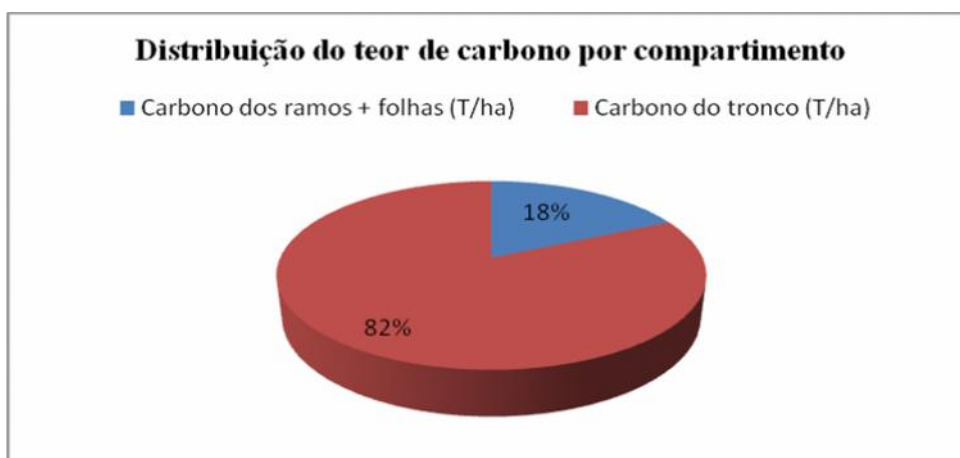


Figura 14 - Teor de carbono por compartimentos em eucaliptos com 6 anos de idade

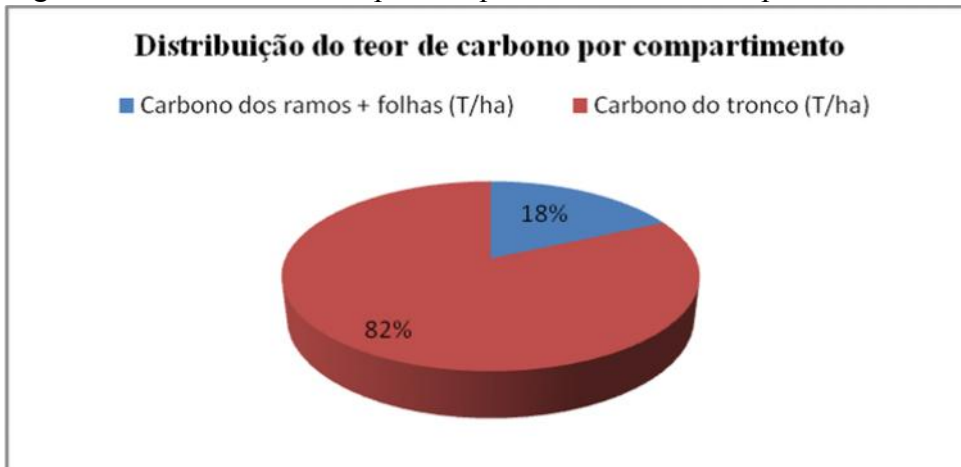


Figura 15 - Teor de carbono por compartimentos em eucaliptos com 11 anos de idade

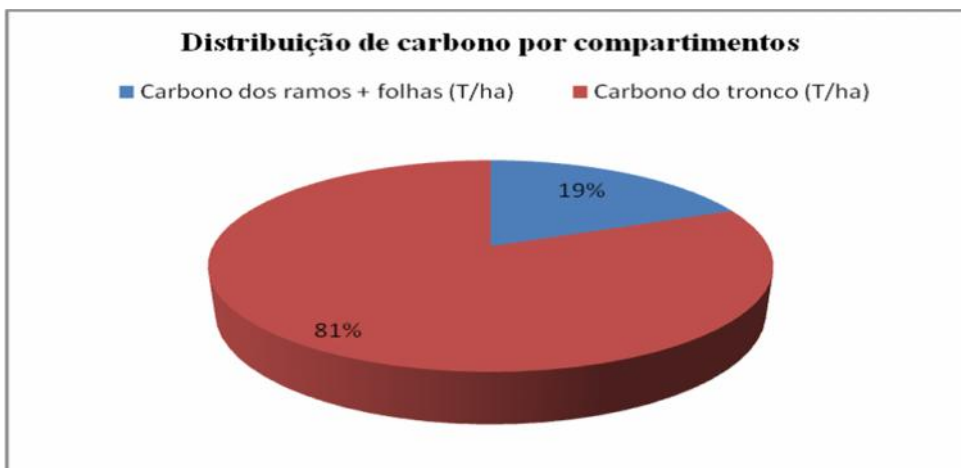


Figura 16- Teor de carbono por compartimentos em eucaliptos com mais de 30 anos de idade

Conforme observado nas três figuras, o tronco é a parte que apresenta maior teor de carbono para todas idades, representando cerca de 81.7% de carbono total e a componente ramos com folhas com um teor de carbono de 18.3% de carbono total. Os valores indicam que a proporção da distribuição de teores de carbono por compartimentos não varia acentuadamente com a idade.

Marcolin (2006), em seu estudo de *Eucalyptus camaldulensis* com 4 anos de idade, estimou os teores de carbono em cerca de 65% da contribuição de tronco, enquanto a contribuição da parte da árvore composta pela copa e raiz foi de cerca de 35% dos valores estimados para o carbono

fixado. Quatro anos após, trabalhou com o mesmo povoamento, então com 8 anos de idade, e encontrou um valor de 16.9% da produção da copa e 83.1% do tronco.

O estudo desenvolvido por Schumacher e Poggiani (1993) com florestas plantadas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus grandis*, ambas com 9 anos de idade, e *Eucalyptus torelliana* com 12 anos, os autores observaram que, para as três espécies, o tronco representou em média 90% do total da matéria seca produzida pela parte aérea das árvores. A copa, composta por folhas e ramos, contribui com apenas 10%.

4.1.5 Comparação do potencial de fixação de carbono nas diferentes idades.

Para fins comparativos, a estimativa de biomassa e carbono médios por classes de idade, foram usados dados de DAP das medições feitas em 12 parcelas distribuídas em três idades. A biomassa foi estimada pela seguinte equação de peso seco total em função do diâmetro a altura do peito (DAP): $PST = 0.339 \times DAP^{2.141}$

Os resultados da tabela 2 indicam que quanto maior for a idade maior é o teor de biomassa e carbono, mostrando valores crescentes dos 6 anos a mais de 30 anos.

4.2 DISCUSSÃO

Em relação ao modelo de regressão, Paixão (2004), em sua tese em Minas Gerais (Brasil), “Para fuste $\ln(Y) = -1.695267 + 3.888792 * \ln(DAP) - 2.492777 * \ln(Ht)$, com $R^2 = 98.90\%$ e $CV = 14.98\%$, em *Eucalyptus grandis* com 6 anos de idade.

O IPCC (2006), indica o $Y = 1.22 \times DBH^2 \times HT \times 0.01$, com $R^2 = 0.97$, onde DBH é o DAP e HT altura total, comumente usado nos trópicos para *Eucalyptus sp.* E para o presente estudo o modelo é: $PST = 0.339 \times DAP^{2.141}$, com $R^2 = 93.6\%$ e $Syx = 13.60\%$.

Fazendo a comparação dos três modelos pode se notar as diferenças estão nos dados de altura que os modelos de IPCC (2006) e Paixão (2004) apresentam e o modelo do presente estudo foi calibrado apenas em função de DAP. Portanto, os modelos de IPCC e de Paixão têm coeficientes de determinação próximos relativamente ao do presente estudo em Inhamacari. Porém, não se sabe com que tamanho de amostra foi calibrado o modelo da IPCC.

Dos três modelos, o modelo de Zunguze (presente estudo) apresenta maior linearidade relativamente aos outros, seguido do modelo do IPCC, ambos comportam-se da mesma forma. A

maior disformidade nota-se no modelo de Paixão. Portanto, o modelo de Zunguze melhor estima o peso para o presente estudo, seguido do modelo do IPCC, e o modelo de Paixão não se mostra compatível para o caso desse estudo.

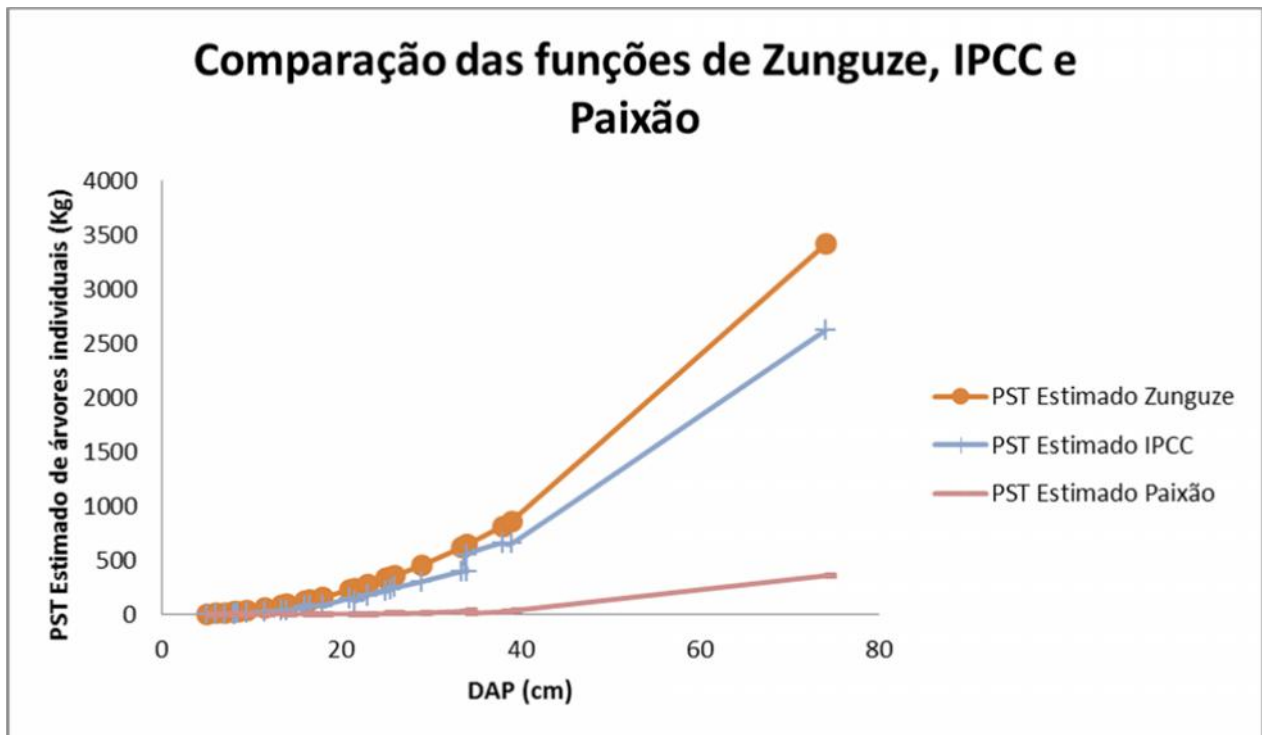


Figura 17. Comparação dos modelos de IPCC (2006), Paixão (2004) e do presente estudo (2012).

Segundo Siteo e Guedes (2011), a capacidade de sequestro de carbono das plantações de espécies exóticas de rápido crescimento é elevada em linha com a taxa de crescimento (podendo chegar a 10 m³/ha/ano contra os cerca de 1 m³/ha/ano das florestas nativas) das árvores de espécies exóticas escolhidas e com a típica densidade de plantação de 1100-2500 árvores por hectare. Estimativas do IPCC indicam que uma floresta plantada madura pode conter até 100 tC/ha, o que é bastante elevado quando comparado com a média estimada de 26-35 tC/ha das florestas de miombo. Olhando para estes indicadores, é possível deduzir que as florestas plantadas constituem um mecanismo rápido de sequestrar carbono.

Em relação a diferenças no teor de biomassa nas diferentes espécies de eucaliptos e dentro da mesma espécie, Kramer e Koslowski (1972) sustentam que a acumulação de biomassa é afectada por factores ambientais e factores da própria planta. Os mesmos autores ainda afirmam que, a acumulação de biomassa é influenciada por todos aqueles factores que

afectam a fotossíntese e a respiração. Segundo eles, os principais factores são a luz, temperatura, concentração de CO₂ do ar, humidade e fertilidade do solo e doenças, além dos factores internos, como: idade, estrutura e disposição das folhas, distribuição e comportamento dos estomas, teor de clorofila, e acumulação de hidratos de carbono.

Segundo Zobel (1987) a escolha do espaçamento inicial de plantio tem influência nas características da árvore e do povoamento e a decisão de adoptar um determinado espaçamento e arranjo de plantio depende do conjunto de factores de natureza ambiental, silvicultural e económico-financeira, que todos influenciam a biomassa.

Por isso os diferentes teores de carbono para mesma espécie, mesmo espaçamento e idade podem ser influenciados por factores de natureza ambiental e tratamentos silviculturais, bem como a fertilidade do solo.

Em relação a diferenças de teores para espaçamentos diferentes, afirma-se que espaçamentos reduzidos produzem diâmetros menores, conseqüentemente menor teor de carbono individual, sendo que, em termos de produção total por área é maior o teor de carbono para espaçamentos menores e o contrário ocorre em espaçamentos maiores (Ortiz, 1997).

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

1. O modelo da regressão que estima o peso seco e a partir deste a biomassa e carbono é a seguinte: $PST = 0.339 \times DAP^{2.141}$, com $R^2 = 93.6\%$ e $Sy_x = 13.60\%$.
2. Os teores de biomassa e carbono em diferentes idades são: para eucaliptos de 6 anos a biomassa é de 72.55 T/ha e 36.28 T/ha de carbono; para 11 anos a biomassa é de 177.61 T/ha e 88.80 T/ha de carbono; e para idade acima de 30 anos a biomassa é de 476.44 T/ha e 238.22 T/ha de carbono.
3. Em relação aos teores de carbono por compartimento, a maior produção regista-se nos troncos com cerca de 81.7% de carbono total e 18.3% da componente da copa (ramos com folhas).

5.2 Recomendações

Recomenda-se que os estudos sejam feitos em povoamentos que beneficiam de tratamentos silviculturais com vista a fazer comparações com este estudo.

E nos próximos estudos que se faça a estimativa de biomassa e carbono incluindo as raízes pois, a maior parte de estudos publicados não incluem a biomassa da parte subterranea (Houghton, 1994 e Fearnside, 1994).

6. BIBLIOGRAFIA

- ALEMDAG, I. S. 1980. Manual of data collection and processing for the development of forest biomass relationships. Ottawa: Minister of Supply and Services Canada,. 38 p.
- APPS, MJ, WA Kurz, SJ Beukema, and JS Bhatti. 1999. Carbon budget of the Canadian forest product sector. *Environmental Science and Policy* 2 :25–41
- BAIRD, C. 2002. Química ambiental. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman,. C&T Brasil. Entendendo a mudança do clima: um guia para iniciantes da Convecção-Quadro das Nações Unidas e seu Protocolo de Quioto.
- BALLONI, E. A. 1983. Influência do espaçamento de plantio na produtividade florestal. *Silvicultura*, v.8, n.31, p.588-592.
- BARBETTA, P. A. 1996. Estatística aplicada às ciências sociais. 5ª ed., UFSC, Florianópolis, 454 p, 2003. PETER, A.; MACDICKEN, K. e CHANDLER, D., *Comparative inventory of sequestered carbon in a plantation of Eucalyptus camaldulensis and in 17 year-old natural regeneration in Brazil's Cerrado*. Forest-96. Belo Horizonte.
- BEIGUELMANN, B. 1996. Curso prático de bioestatística. 4ª Ed., Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 254 p.
- CALDEIRA, M. V. W. 2003. Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, F.Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Sector de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Paraná. 176.
- COTTA, M.K. 2005. Quantificação de biomassa e análise económica do consórcio seringueira-cacau para geração de créditos de carbono., 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Apps, MJ, WA Kurz, SJ Beukema, and JS Bhatti. 1999. Carbon budget of the Canadian forest product sector. *Environmental Science and Policy* 2 :25–41
- CHAMBA, E. e ROKYTA, K. (1994). Inventario Florestal das Plantacoes de Inhamacari. FAEF/UEM. Maputo.

- CHANG, MANYU; SCHAITZA, ERICH; OLIVEIRA, EDILSON. 2008. Recomposição de reserva legal em pequenas propriedades no Estado do PR: um modelo de sequestro de carbono com conservação ambiental, inclusão social e viabilidade económica.
- CROW, T. R.; SCHLAEGEL, B. E. 1988. A guide to using regression equations for estimating tree biomass. Northern Journal of Applied Forestry, Bethesda, v. 5, n.1, mar.
- DEF/UEM (2009).<http://www.uem.mz/faculdade/agronomia/eflorestal/html/machip.html>. acessado em: 15 de Outubro de 2011
- FAO. 2010 Global Forest Resources Assessment.
- FONSECA, Sérgio de M. 2002. Reflorestamento de Ecossistemas Manguezais Como Contribuição.
- FEARNSIDE, P. M. 2003. As Florestas e a Mitigação do Efeito Estufa no Brasil: oportunidades no sector florestal para a mitigação do efeito estufa sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. p. 69-91.
- FRONDIZI, MARIA DE REZENDE LOPES. 2009. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: guia de orientação 2009/(coordenação geral Isaura)- Rio de Janeiro: Imperial novo Milenio: FIDES.
- KRAMER, R. J.; KOSLOWSKI, T. T. 1972. Fisiologia das árvores. Lisboa: Fundação Kalouste Goulbenkian, 745p
- KRUG, T. 2004. Projetos de florestamento e reflorestamento no mecanismo de desenvolvimento limpo: estado actual das metodologias submetidas por empresas brasileiras. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br>, acessado em 20 de Dezembro de 2011
- GALDINO, Valéria Silva; WEBER Gisele Bergamasc 2008 o. Do Protocolo de Kioto: mecanismo de desenvolvimento limpo e seqüestro de carbono. In: *Revista de Direito Ambiental*, n.52, p. 199-210, São Paulo.
- GOLDEMBERG, J. 1998. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. Trad. André Koch, São Paulo: Edusp, 233p.
- GONÇALVES, J.L.M.; BARROS, N.F.; NAMBIAR, E.K.S.; NOVAIS, R.F. 1997. Soil and stand management for short-rotation plantations. Canberra: ACIAR, P.379- 418.
- HOUGHTON, R. A. 1994. The worldwide extent of land-use change. *BioScience*, v.44, n.5, p.305-313,

HIGUCHI, N. CARVALHO JUNIOR, J. A. 1994. De Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: EMISSÃO × sequestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Rio de Janeiro: [s.n.], p. 125-153.

LIMA, W. P. O. 1987. O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais. São Paulo: Art Press, 114p.

Land Use land-use change and forest. 2001. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>, acessado em: 02 de Março de 2012

IPCC 2006. Guidelines for greenhouse gas inventories Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.

IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC Guidelines), 1996

MARCOLIN, MOACIR. Emissões e remoções de dióxido de carbono por mudanças nos estoques de florestas plantadas 2006.

INTRODUCTION TO THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change**. 2001. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pub/un/syren/wg2spm.pdf>>. Acesso em Maio de 2005.

NUVUNGA, BOAVENTURA. 2005.MICOA: Estudo sobre o Papel das Convenções Internacionais sobre meio ambiente no Alívio a Pobreza em Moçambique - uma análise de Consistência (Relatório Final).

OLIVEIRA, E. B.; OLIVEIRA, Y. M. M. 1999. SisPinus – desenvolvimento e perspectivas. In: 20. Encontro Brasileiro de economia e planejamento florestal, Curitiba. Anais. Colombo: EMBRAPA. 199, v. 2. P 347 – 360.

ORTIZ, R. 1997. Costa Rican secondary forest: na economic option for joint implementation initiatives to reduce atmospheric CO₂. Draft paper presented for inclusion in the Beijer seminar in Punta Leona. Costa Rica, 19p

PAIXAO, FÁUSTO ARAÚJO. 2004. Quantificação de estoque de carbono e avaliação económica de alternativas de uso de um povoamento de eucalipto.

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

PEREIRA, A. R. 1990. Biomassa e ciclagem de nutrientes minerais em povoamentos jovens de Eucalyptus grandis e E. urophylla em região de cerrado. Viçosa, 167p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

RAMIREZ, O; GOMES, M; SHULTZ, S. 1997. Valuing the contribution of plantation forestry to the national accounts of Costa Rica from the ecological economics perspective. Beijer Research seminar. Costa Rica. 28p.

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

SANQUETTA, C. R. 1996. Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal. Curitiba: FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ, Curitiba. 49 p. (Série Didáctica, n. 8).

SANQUETTA, C. R. 2002. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA C. R. et al. (ed.). As florestas e o carbono. Curitiba: [s.n.], p. 119-140.

SANQUETTA, C.R. & BALBINOT, R. 2004. Metodologias para a determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C.R. et al. Fixação de Carbono – actualidades, projetos e pesquisas.

SOARES, C. P. B 1995. Modelos para estimar a biomassa da parte aérea de um povoamento de *Eucalyptus grandis*, na região da Viçosa Minas Gerais. 86f Dissertação (mestrado em ciências florestais) - Universidade federal da Viçosa. Viçosa MG.

SITOE, A. e GUEDES, B. 2011. O significado da opção “plus”no mecanismo REDD+: oportunidades e desafios para Moçambique.

SUSSMAN, A. 2000. Guia do planeta Editora: Cultrix.

SCHUMACHER, M. V; POGGIANI, F. 1993. Produção da biomassa e remoção de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus camaldulensis e grandis*. Ciência florestal, V.11, n.1 p. 21-34.

SCHÖNE, D.; SCHULTE, A. 1999. Forstwirtschaft Nach Kyoto: Ansätze zur quantifizierung und betrieblichen Nutzung von Kohlenstoffsenken. Forstarchiv, Hannover, v. 70, p. 167-176,

SILVA, J. C. 2001. Eucalipto – a madeira do futuro. Revista da Madeira. Curitiba, 114p.

SCARPINELLA, G. D. A. 2002. Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Kyoto. 182f. Dissertação (Mestrado em energia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

TEIXEIRA, L. M. 2003. Influência da intensidade de exploração selectiva de madeira no crescimento e respiração do tecido lenhoso das árvores em uma floresta tropical de terra-firme na região de Manaus. 61 F. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

URBANO, E. 2007. Estimativa da biomassa aérea e do peso de carbono fixado em árvores de bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Sector de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba,

UFPA, 2004. Ao Sequestro Do Carbono Atmosférico, projeto de tese para doutorado, Rio de Janeiro, mimeo, 2002 O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: guia de orientação 2009/(coordenação geral Isaura Maria de Rezende Lopes Frondizi)- Rio de Janeiro: Imperial novo Milenio: FIDES, 2009. p.77-93.

TRIOLA, MARIO F.,2005 Introdução à estatística , 9ª edição – 2005. 682 pgs. ISBN 85.

ZOBEL B.; B.VAN BUIJTENEN Wood variation: its causes and control. Nova York: SpringVerlag, 1989.363p.

www.rieam.uem.mz/index

<http://www.ecodesenvolvimento.org.br>

ANEXOS

Anexo 1: Equações de regressão e os seus respectivos gráficos

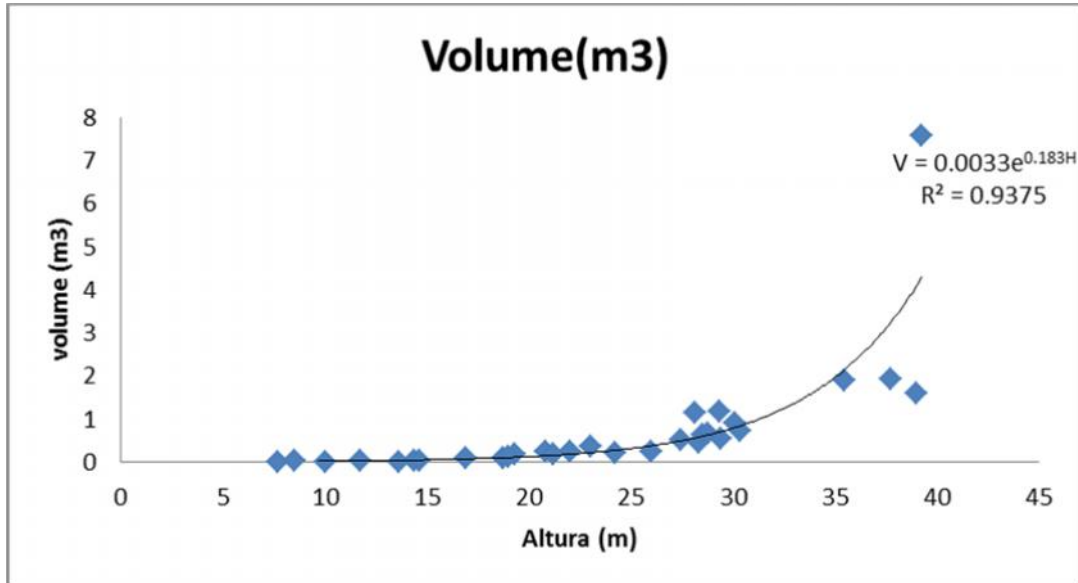


Figura 18 - Relação entre volume e altura

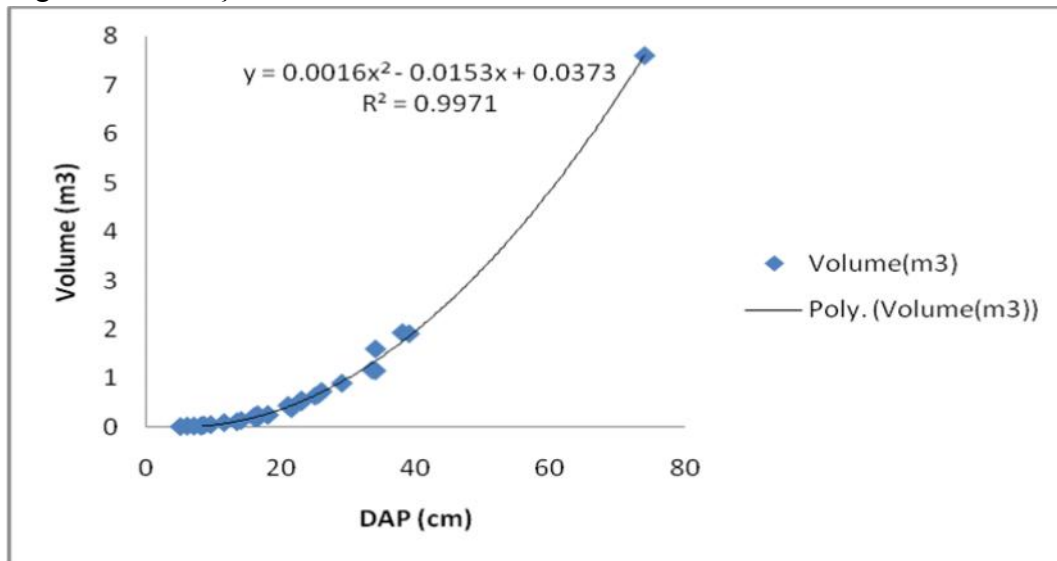


Figura 19 - Relação do volume e DAP

Anexo 2: Ficha de controle de humidade das amostras (ramos ou tronco) no laboratório

| Peso em Kg | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N árvore | 1 dia | 2 dia | 3 dia | 4 dia | 5 dia | 6 dia | 7 dia |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | |