



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

**DINÂMICA DE CARBONO DE UMA FLORESTA PRIMÁRIA
NA RESEX AUATÍ-PARANÁ, FONTE BOA, AMAZONAS**

PRISCILA CASTRO DE BARROS

Manaus, Amazonas

Agosto, 2009



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

**DINÂMICA DE CARBONO DE UMA FLORESTA PRIMÁRIA
NA RESEX AUATÍ-PARANÁ, FONTE BOA, AMAZONAS**

ORIENTADOR: Joaquim dos Santos, Dr.

CO-ORIENTADOR: Niro Higuchi, PhD.

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre na área de concentração em Manejo Florestal.

Manaus, Amazonas

Agosto, 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

B277

Barros, Priscila Castro de

Dinâmica de carbono de uma floresta primária na Resex Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas / Priscila Castro de Barros .--- Manaus : [s.n.], 2009. xiii, 77 f. : il. color.

Dissertação (mestrado)-- INPA/UFAM, Manaus, 2009

Orientador : Joaquim dos Santos

Co-orientador : Niro Higuchi

Área de concentração : Manejo Florestal

1. Inventário florestal. 2. Reserva Extrativista Auatí-Paraná. 3. Biomassa florestal - Teor de carbono. I. Título.

CDD 19. ed. 574.52642

Sinopse:

Foram analisados os estoques de carbono total e acima do nível do solo em uma floresta clímax, as diferenças de estoque e as taxas de recrutamento e mortalidade. Posteriormente foi feita a projeção da dinâmica florestal para o ano 2010 para a mesma região.

Palavras chave: Inventário florestal contínuo, biomassa, manejo florestal, cadeia de Markov

Aos meus pais Cláudio e Janice
Aos meus irmãos Marco Aurélio, Cláudia, Cássio e Cristiane
Às minhas avós Aloísia e Cimodócia,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS por estar presente em todos os momentos de minha vida sempre dando forças para que em cada ação realizada fosse retirado um aprendizado;

Aos doutores Joaquim dos Santos e Niro Higuchi pela orientação e amizade;

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) pela formação técnica e científica;

A toda a equipe do Laboratório de Manejo Florestal (LMF), em especial aos amigos da ZF-2 pelo apoio em campo;

Aos companheiros de laboratório, Liliane, Vilany, Adélia, Rose, Fabiana, Romeu, Adriano, Lidyane, Dayse, Itaney;

A FAPEAM pela bolsa de estudos;

Aos meus pais Cláudio e Janice, os maiores contribuintes para a minha educação, formação pessoal e agora, profissional;

A minha avó Aloísia e demais familiares por terem me recebido de braços abertos e por todo o carinho de mãe e auxílio moral em todos os momentos da minha vida acadêmica.

Ao meu irmão Marco Aurélio por todos os momentos de descontração nos momentos de folga e demais irmãos, Cássio José, Cláudia e Cristiane que, de uma forma ou outra contribuíram para este momento e acreditaram na minha formação;

A todos os meus amigos da UFAM, em especial os floresteiros Ramon, Zan e Jaranda (*em memória*) e aos meus amigos queridos da computação, André, Théo, Klessius, George e Leandro pelo simples fato de fazerem parte da minha vida;

A todos os amigos do INPA, em especial os amigos do CFT por todos os momentos de descontração;

Aos demais amigos não citados aqui, pois são todos especiais para mim.

RESUMO

Dinâmica de carbono de uma floresta primária na Resex Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas: A maior floresta tropical contínua do mundo encontra-se na região amazônica. Proteger esta floresta tem sido a grande preocupação do Estado brasileiro, que tem adotado, como estratégia de ação, a criação de unidades de conservação (UC). A maioria destas unidades está em processo de elaboração de planos de manejo. Entre os vários produtos contemplados no plano de manejo da UC, os madeiráveis e não madeiráveis sempre aparecem como potenciais. Para estes produtos, o inventário florestal é o primeiro passo na elaboração de um projeto de manejo florestal sustentável. Diante da necessidade de combinar conservação com aproveitamento dos recursos naturais das UCs, o inventário florestal tem sido obrigado a ampliar o seu conceito incluindo levantamentos sócio-ambiental, de solos, botânico e de madeira caída. Este trabalho é parte do projeto de inventário florestal contínuo da Reserva Extrativista (Resex) Auatí-Paraná, Fonte Boa (AM) nas coordenadas 02° 30' 50,4" W e 66° 05' 31,2" S, que objetiva monitorar a dinâmica do carbono da vegetação desta Resex. O Laboratório de Manejo Florestal do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (LMF/INPA) instalou, em 2004, 20 parcelas permanentes de ¼ de hectare cada na comunidade São José do Inambé da Resex. Em 2007, estas parcelas foram remedidas e foram instaladas mais 24 parcelas permanentes em outras duas comunidades, Buriti e Vencedor dentro da mesma Resex. Este trabalho objetivou: analisar os estoques e diferenças de estoques de carbono total (acima do nível do solo e de raízes grossas), avaliar as taxas de recrutamento e mortalidade e fazer uma projeção de estoques para 2010. Para estimar os estoques de massa fresca foram utilizadas duas equações alométricas distintas de simples entrada, uma para massa fresca total e outra para massa fresca acima do nível do solo. Com base nas alturas dominantes de onde foi desenvolvida a equação e da área inventariada, um fator de correção igual a 0.9388 foi introduzido nas equações alométricas aplicadas na Resex. Para a obtenção da massa seca foi utilizado o teor de água de 41,6% e para o carbono foi utilizado o teor de 48,5%. Foram aplicadas ANOVA para verificar os estoques de carbono entre as três comunidades, ANOVA para parcelas repetidas para verificar as diferenças de acumulação de carbono com o passar do tempo na comunidade São José do Inambé e ANOVA para carbono de raízes. Para a projeção dos estoques de carbono para o ano 2010 e para analisar as taxas de recrutamento e mortalidade para a comunidade São José do Inambé foi utilizada a cadeia de transição probabilística de Markov com posterior teste de Qui-quadrado. Entre as três comunidades da Resex, a ANOVA mostrou que não há diferença nos estoques de carbono total e acima do nível do solo entre as mesmas, com $p=0,976$ e $p=0,991$, respectivamente e incertezas menores que 10%. Quanto ao estoque de carbono de raízes, a ANOVA verificou diferença entre as três comunidades ($p=0,002$) e o teste Tukey ($p\leq 0,01$) mostrou que a comunidade Buriti apresenta a maior diferença ($p=0,003$) sobre as demais. Nas diferenças de acumulação de carbono entre os anos 2004 e 2007 a ANOVA verificou que a floresta da comunidade São José do Inambé não acumulou carbono em níveis significativos ($p=0,731$). As estimativas de biomassa seca e de carbono total foram, respectivamente, 339,58 t.ha⁻¹ e 164,70 t.ha⁻¹. As taxas de recrutamento e mortalidade no período de 2004 a 2007 para essa mesma comunidade foram, respectivamente 4,24% e 3,48%. O teste Qui-quadrado (X^2 tab 0,05) foi igual a 6,87 indicando que os dados analisados se ajustam à Cadeia de Markov. Esses resultados sugerem que as florestas das três comunidades estudadas apresentam-se em equilíbrio quanto aos estoques de carbono total e acima do nível do solo e, os níveis de recrutamento maiores que mortalidade mostra que essa área está estocando carbono e mantém balanço positivo em sua dinâmica. O acúmulo foi de 0,91 t C.ha⁻¹.ano⁻¹.

Palavras chave: Inventário florestal contínuo; biomassa; manejo florestal; cadeia de Markov.

ABSTRACT

Carbon dynamic in a primary forest at Auatí-Paraná Resex, Fonte Boa Amazonas. The world's largest continuous tropical forest is located in the Amazon region. Protecting this forest has been a great concern of the Brazilian state, that chose the creation of conservation units (UC) as its action strategy. Most of these units are currently elaborating their management plans. Among the various products that must be contemplated in the management plans, the woody and non timber products always appear as potential. For these products, the forest inventory is the first step for the elaboration of a sustainable forest management project. Facing the necessity to combine natural resources conservation with their usage in the UCs, it has become mandatory for the forest inventory to expand its concept to include social-environmental, soil, botanical and fallen trees assessments as well. This study is part of the continuous forest inventory project of the Extractive Reserve (RESEX) Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas State, Brazil, localized at 02° 30' 50,4" W e 66° 05' 31,2" S that looks at monitoring the carbon dynamics of this Resex. The Forest Management Laboratory of the National Amazon Research Institute (LMF/INPA) setup, in 2004, 20 permanent plots of ¼ hectare each in the São José do Inambé community, within the Resex. In 2007 these plots were remeasured and other 24 permanent plots were installed in two other communities, Buriti and Vencedor in the same Resex. This study aimed at: to analyze the stocks and the difference of stocks of total carbon (above ground and thick roots), to evaluate the recruitment and mortality and to make a stock projection for 2010. Two distinct allometric equations of simple entry were used to estimate the fresh mass stock, one for total fresh mass and one for fresh mass above ground level. The dominant heights from both where the equation was developed and the inventoried area were the basis of a correction coefficient equal to 0.9388 that was introduced in the allometric equations applied in the Resex. Dry mass values were obtained by using a moisture content of 41,6% and carbon values by using one of 48,5%. ANOVA was applied to verify the carbon stocks between the three communities, ANOVA for repeated plots to verify the differences of carbon accumulation over times at the São José do Inambé community and ANOVA for roots carbon to project the carbon stocks of the year 2010 and to analyze the recruitment and mortality rates for the São José do Inambé community. The Markov probabilistic transition chain was used, followed by the Qui-quadrado test. The ANOVA showed that there are no differences between the total carbon stocks and the above ground carbon stocks among the three communities in the Resex, with $p=0,976$ and $p=0,991$, respectively and uncertainties inferior than 10%. Concerning the carbon stock in roots, however, the ANOVA verified difference between the three communities ($p=0,002$) and the Tukey test ($p\leq 0,01$) showed that the Buriti community presents the largest difference ($p=0,003$) related to the others. In relation to the differences at carbon accumulation between the years 2004 and 2007, the ANOVA verified that the forest of the São José do Inambé community did not accumulate carbon at significant levels ($p= 0,731$). The dry biomass and total carbon estimates were respectively $339,58 \text{ t.ha}^{-1}$ e $164,70 \text{ t.ha}^{-1}$. The recruitment and mortality rates during the period of 2004 to 2007 for the same community were respectively 4,24% and 3,48%. The chi-square (χ^2 tab 0,05) test was equal to 6,87 indicating that the analyzed data adjust to the Markov chain. These results suggest that the forests of the three studied communities are balanced in relation to the stocks of both total carbon and above ground. Also a recruitment level larger than mortality shows that this area is stocking carbon and keeps a positive balance in its dynamic. The build up reached $0,91 \text{ t C.ha}^{-1}.\text{year}^{-1}$.

Key words: Continuous forest inventory; biomass; forest management, Markov chain.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 HIPÓTESES	03
3 OBJETIVOS	04
4 REVISÃO DE LITERATURA	05
4.1 Inventário Florestal Contínuo - IFC	05
4.2 Dinâmica florestal	07
4.2.1 Recrutamento	08
4.2.2 Mortalidade	08
4.2.3 Cadeia de transição probabilística (Markov)	09
4.3 Dinâmica de carbono	10
4.3.1 Biomassa	10
4.3.2 Alometria	12
4.3.3 Altura dominante e fatores de correção	14
4.4 Carbono	15
4.5 Aspectos legais e o Brasil	16
4.6 O Estado do Amazonas e a Lei Estadual N ^o . 3.135.....	19
4.7 Mercado de Carbono	20
4.8 Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)	15
5 MATERIAL E MÉTODOS	23
5.1 Caracterização da área de estudo	23
5.1.1 Localização	24

5.2 Coleta de dados: inventário florestal	26
5.2.1 Equações volumétricas	28
5.2.2 Determinação da altura dominante e fator de correção	29
5.3 Estimativas das variáveis utilizadas	30
5.3.1 Peso da massa fresca	30
5.3.2 Peso seco	30
5.3.3 Carbono e estoque de carbono por hectare	31
5.3.4 Teste estatístico estoque de carbono (hipótese 1)	31
5.3.5 Teste estatístico para diferença de carbono (hipótese 2)	31
5.4 Área basal e volume	31
5.5 Projeção dos estoques de carbono para 2010	32
5.6 Taxas anuais de recrutamento e mortalidade	32
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6.1 Área basal e volume	33
6.2 Fator de correção	34
6.3 Estoques de biomassa e carbono total	35
6.4 Estoques de biomassa e carbono acima do nível do solo	38
6.5 Estimativas de estoques de biomassa e carbono de raízes	40
6.6 Estoques de biomassa e carbono para a região da Resex	43
6.7 Diferenças de estoque: biomassa e carbono acima do nível do solo	44
6.8 Taxas de incremento	47
6.9 Taxas de recrutamento e mortalidade	47
6.10 Projeção para o ano 2010	49

7 CONCLUSÃO	56
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativas de biomassa total para florestas primárias	12
Tabela 2. Área basal (G) e volume (V) por parcela e por hectare	33
Tabela 3. Estoques de biomassa e carbono total por parcela	36
Tabela 4. Estoques de biomassa e carbono total por hectare	37
Tabela 5. ANOVA para carbono total	38
Tabela 6. Estoques de biomassa e carbono total por parcela	39
Tabela 7. Biomassa e carbono acima do nível do solo por hectare	40
Tabela 8. ANOVA para carbono acima do nível do solo	41
Tabela 9. Estimativas de biomassa e carbono de raízes por parcela	42
Tabela 10. Biomassa e carbono de raízes por hectare	43
Tabela 11. ANOVA para carbono de raízes	43
Tabela 12. Matriz de comparação de probabilidades	44
Tabela 13. Estoques gerais de carbono	45
Tabela 14. Estimativas de estoques totais para a Resex	45
Tabela 15. Estimativas de estoques acima do nível do solo para a Resex ...	46
Tabela 16. Diferenças de estoques com o passar do tempo	46
Tabela 17. ANOVA para diferenças de estoques	47
Tabela 18. Incrementos da floresta de SJI	48
Tabela 19. Matriz de transição do estado i para o estado j no período de 2004 a 2007	52

Tabela 20. Matriz de transição probabilística do estado i para o estado j no período de 2004 a 2007	53
Tabela 21. Matriz de transição probabilística para o ano 2010.	54
Tabela 22. Freqüências esperadas para as classes ou estados	55
Tabela 23. Tabela-resumo das freqüências esperadas	56
Tabela 24. Comparações entre freqüências observadas (O) em 2007 e esperadas (E) para 2010	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Distribuição das parcelas permanentes no Brasil	06
Figura 02. Desenho esquemático de localização da RESEX Auatí-Paraná ..	23
Figura 03. Comunidade da Resex	24
Figura 04. Casa flutuante na Resex	24
Figura 05. Desenho esquemático de localização da região de estudo.....	24
Figura 06. Instalação de parcelas permanentes	26
Figura 07. Medição do diâmetro a altura do peito	26
Figura 08. Localização das Parcelas Permanentes	27
Figura 09. Desenho esquemático da disposição das parcelas	27
Figura 10. Desenho esquemático da disposição dos transectos.....	28
Figura 11. Inventário de madeira caída	29
Figura 12 Medição da altura total e comercial	29
Figura 13. Carbono total por parcelas para as 3 comunidades	38
Figura 14. Estoques de carbono acima do nível do solo	41
Figura 15. Variação de carbono de raízes	44
Figura 16. Comportamento do carbono em duas ocasiões	48
Figura 17. Variação da mortalidade por classe de diâmetro	49

1 INTRODUÇÃO

Pesquisas com biomassa e balanço de carbono vem sendo desenvolvidas para se conhecer os estoques e diferenças de estoque desse elemento frente à atuação das florestas como fonte ou sumidouro de C, bem como fatores que podem estar interferindo nas mudanças climáticas globais. Silveira *et al.* (2008) atribuem o interesse a esses estudos para quantificar a ciclagem de nutrientes, para fins energéticos e para estudos de seqüestro de carbono.

As mudanças climáticas são visíveis em grande parte decorrentes de ações antrópicas como a queima de combustíveis fósseis que alimentam os processos de industrialização. Além disso, as mudanças no uso do solo como queimadas e desmatamento são atividades que contribuem para a liberação de estoques de carbono, dióxido de carbono (CO₂) e outros gases para a atmosfera.

As preocupações aumentam especialmente quando pensamos que a maior área contínua de floresta tropical úmida do mundo encontra-se na Amazônia, sendo estimada em mais de 300 milhões de hectares de mata primária (Higuchi *et al.*, 2006). Proteger esta floresta tem sido uma grande preocupação e, para isso, uma estratégia de ação do Estado brasileiro é a criação de unidades de conservação (UC).

Nesse sentido, o Governo do Estado do Amazonas criou em 2007 a Lei Estadual N. 3.135 sobre Mudanças Climáticas como estratégia de preservação das Unidades de Conservação Estaduais visando promover ações de incentivo a pesquisa e projetos voltados à mitigação dos efeitos das mudanças no clima.

Nesta ocasião são incluídos os projetos de monitoramento de carbono, onde o inventário florestal é preferível para estimar os estoques desse elemento, pois abrange com maior realidade as fontes de variação dos dados sobre o volume por hectare em todos os tipos florestais (Fang *et al.*, 1998).

Nesse contexto, as atividades de inventário florestal por meio da instalação de parcelas temporárias e permanentes permitem o monitoramento de áreas para estudos de dinâmica da floresta, quantificação de biomassa e, conseqüentemente

carbono fornecendo resultados sobre os fluxos de entrada e saída desse elemento bem como as reações e o papel das florestas nessas interações, auxiliando, dessa forma nas tomadas de decisões.

Diante do exposto acima, o Laboratório de Manejo Florestal (LMF) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) vem atuando há 28 anos em pesquisas relacionadas ao manejo de florestas tropicais e, atualmente dentre outras atividades, desenvolve pesquisas para a avaliação de estoque e diferenças de estoque de carbono em diversas localidades no Estado do Amazonas.

Em 2004 por meio do projeto Inventário Florestal Contínuo no Estado do Amazonas (Projeto CHICHUÁ) financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) foram instaladas 20 parcelas permanentes (5 ha) na Reserva Extrativista Auatí-Paraná, localizada na região do Alto Solimões, município de Fonte Boa, Amazonas com o objetivo de monitoramento e avaliação da dinâmica de carbono nessa área.

Essas parcelas foram remedidas em 2007 e na mesma ocasião foram instaladas mais 24 parcelas permanentes ao longo da área da Resex a fim de avaliar a dinâmica daquela floresta. A presente pesquisa é parte desse projeto cujo objetivo é o monitoramento da dinâmica de carbono nessa Resex.

2 HIPÓTESES

Hipótese 1: Estoques de carbono

H0: Não há diferença significativa nos estoques de C para as florestas primárias nas 3 Comunidades estudadas.

Hipótese 2: Diferenças de estoque de carbono

H0: A floresta primária da Comunidade São José do Inambé não acumula C ao longo do tempo.

3 OBJETIVOS

3.2 Objetivo geral

Analisar o balanço de carbono de uma floresta primária do Alto Solimões, município de Fonte Boa por meio do Inventário Florestal Contínuo (IFC).

3.3 Objetivos específicos

3.3.1 Avaliar os estoques de biomassa e carbono total.

3.3.2 Avaliar o balanço do carbono da vegetação primária por meio de uma equação alométrica para saber se a floresta, nessas condições, está funcionando como fonte ou sumidouro de carbono.

3.3.3 Avaliar o crescimento e incremento em área basal e volume da floresta primária considerando todos os indivíduos arbóreos amostrados com $DAP \geq 10$ cm;

3.3.4 Avaliar as taxas de recrutamento e mortalidade;

3.3.5 Realizar a projeção dos estoques de carbono para o ano 2010.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Inventário Florestal Contínuo

O Inventário Florestal Contínuo (IFC) como ferramenta utilizada por meio da instalação e monitoramento de unidades amostrais permite obter informações da dinâmica florestal analisando fatores entre duas ou mais ocasiões cooperando também para consolidar políticas públicas no setor florestal (Higuchi *et al.*, 2007).

De acordo com Higuchi *et al.* (1982), o objetivo do inventário florestal é obter o máximo de informações, com a máxima precisão, a um mínimo custo. Para isso, a definição do tamanho, da forma e da suficiência amostral é fundamental para estudos da vegetação e elaboração de planos de manejo florestal.

Queiroz (1998) classifica as unidades amostrais de inventário florestal de acordo com a alocação destas: i) parcelas temporárias: ii) parcelas permanentes e iii) parcelas mistas. Para Silva (2007) o IFC pode ser realizado utilizando-se parcelas temporárias também, sendo o ideal as parcelas mistas, ou seja, a combinação de parcelas temporárias com permanentes de maneira sucessiva.

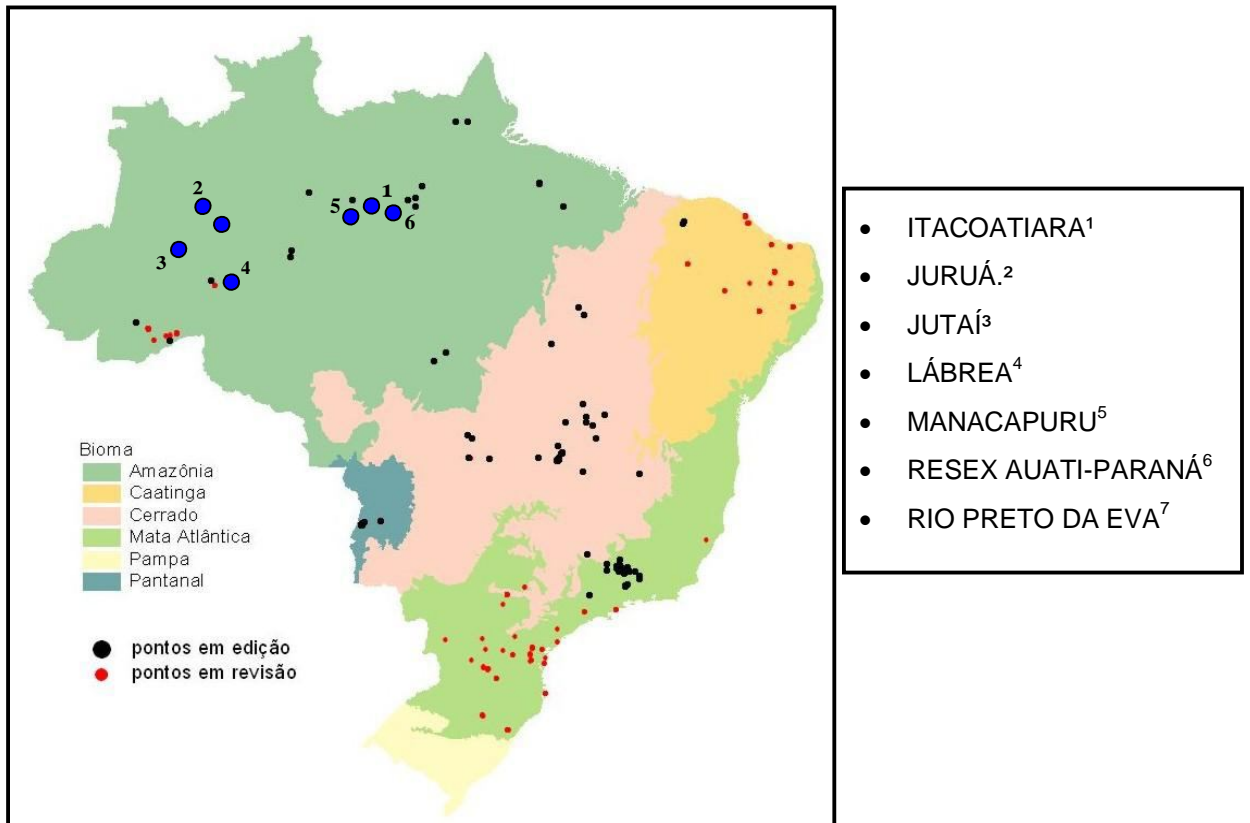
Tamãha é a importância do IFC que, ao tratar sobre as mudanças no clima, esses inventários devem gerar informações sobre biomassa florestal. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) recomenda a utilização do IFC para estimar estoques e mudanças de estoques de carbono da vegetação. Para cada produto gerado, as estimativas e as incertezas devem ser mencionadas.

Atualmente, existem poucos estudos com monitoramento contínuo ou, estes ainda estão em suas fases iniciais, nos primeiros anos de monitoramento. Em sua grande maioria, estes apresentam resultados não satisfatórios para a dinâmica de florestas devido ao pouco tempo de instalação ou falhas na remedição (Silva, 2007).

Como exemplo de um antigo e grande projeto de monitoramento, tem-se as parcelas alocadas pelo projeto RADAMBRASIL em 1970, como as da Floresta Nacional (Flona) do Tapajós no estado do Pará. O objetivo desse inventário era a exploração madeireira. A figura 1 apresenta a distribuição de parcelas permanentes

no Brasil até Julho de 2007, segundo a Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária (EMBRAPA - 2007), com adaptações.

Figura 01. Distribuição das parcelas permanentes no Brasil.
Adaptado do site da Embrapa (2007). www.embrapa.br



O Laboratório de Manejo Florestal do INPA (LMF/Inpa) trabalha desde 2004 com um projeto de IFC no Estado do Amazonas. Por esse projeto, segundo dados do LMF já foram instaladas 699 parcelas permanentes e temporárias de ¼ ha em vários sítios. Outras parcelas estão em fase de instalação. Os pontos destacados em azul se referem a esses sítios.

Portanto, as metodologias visando o manejo florestal devem empregar práticas bem feitas em campo, devem evitar falhas de continuidade de monitoramento para que, dessa forma crie-se um arquivo ou banco de dados consistente com o passar do tempo, pois, nem sempre os resultados de inventários florestais são de qualidade.

4.2 Dinâmica Florestal

Segundo Silva (2007) o estudo da dinâmica de florestas do tipo tropical úmida manejada ou não é um desafio à ciência florestal em virtude de que os modelos clássicos de produção foram desenvolvidos para florestas temperadas.

Os estudos de dinâmica florestal envolvem o conhecimento de taxas de recrutamento, mortalidade, incremento entre outros. Para os modelos de produção o conhecimento do índice de sítio e da idade das árvores são muito utilizadas as variáveis mais utilizadas nesses modelos são o índice de sítio e a idade da árvore (Alder, 1980; Clutter *et al.*, 1983).

O índice de sítio é baseado na altura média das árvores dominantes em diferentes idades e é utilizado para definir o potencial de sítios florestais. Para as florestas da Amazônia é muito difícil ter acesso a essas variáveis, uma vez que é praticamente impossível enxergar as copas das árvores em florestas densas como nas florestas tropicais.

Quanto a definição da idade das árvores, Chambers *et al.* (1998) encontrou idades de árvores com DAP > 50 cm variando entre 200 para mais de 1400 anos na região de Manaus. Entretanto, os autores chamam a atenção para o fato de que a idade das árvores é baseada em extrapolações em parcelas permanentes com um intervalo de tempo muito pequeno. Comparando essas extrapolações com a longevidade da maioria das árvores os resultados estão sujeitos a erros.

Para Lewis *et al.* (2004), as estimativas de mortalidade e recrutamento são fundamentais para descrever as populações de árvores em florestas e a comparação entre esses estudos é importante para entender e inferir sobre as causas dinâmica florestal. Segundo Rossi *et al.* (2007), um dos maiores interesses em pesquisa em biometria florestal é desenvolver modelos de crescimento e produção que envolvam a mortalidade, o recrutamento e os componentes de incremento.

O conjunto das condições ambientais pode interferir tanto na condição de equilíbrio como não-equilíbrio da floresta. Para Rossi *et al.* (2007) as florestas

apresentam a dinâmica de forma contínua havendo equilíbrio nas florestas naturais porque quando uma árvore morre existem outras para substituí-la. Para Pillar (1994) esse equilíbrio é alcançado quando existe o balanço entre a vegetação e o clima presente. Porém, segundo o mesmo autor o balanço entre a vegetação e clima é difícil de ser atingido porque o tempo necessário para que isso ocorra pode ser demorado e as alterações climáticas estão em constante mudança.

Para as florestas tropicais úmidas os estudos das mudanças na vegetação são mais difíceis e lentos por causa do grande número de espécies e pouco conhecimento sobre as mesmas. Os estudos de dinâmica florestal são feitos por meio de observações diretas no tempo no qual Pillar (1994) descreve os mecanismos a serem verificados nesses estudos onde são destacados: colonização, espaço ocupado, competição, estratégias para que a planta se estabeleça, interações inter-espécies e influência de outros organismos como herbivoria e danos.

4.2.1 Recrutamento

O recrutamento é a admissão de um ser em uma determinada população ou comunidade (Carvalho, 1997). Para Rossi *et al.* (2007) o recrutamento de plântulas pode ser confundido com o seu aparecimento ou germinação e, muitas vezes o recrutamento também é chamado de ingresso, definido, por exemplo, pelo aparecimento de um indivíduo numa parcela permanente, após a primeira medição.

Segundo Kohyama e Takada (1998), as taxas de recrutamento são obtidas pela simples contagem de árvores que são menores que um tamanho mínimo num primeiro momento de inventário florestal, mas que atingiram esse tamanho mínimo numa segunda ocasião, ou seja, num segundo inventário.

Essa variável permite acompanhar, comparar e inferir o tempo de crescimento das espécies florestais em um determinado período auxiliando os estudos de dinâmica florestal, no qual a taxa de crescimento é um dos fatores principais para o seu entendimento.

4.2.2 Mortalidade

A floresta é um ecossistema complexo no qual a estrutura e desenvolvimento envolve muitos fatores e, dentre eles, o conhecimento da probabilidade de sobrevivência de cada árvore é essencial para representar a progressão da floresta sendo difícil determinar quando a mortalidade ocorre exatamente (Buchman *et al.*, 1983).

Hann (1980) classifica a mortalidade em catastrófica e não-catastrófica. A morte catastrófica resulta de distúrbios em massa e são normalmente imprevisíveis como incêndios, tempestades, ventos, epidemias de doenças e ataques de insetos; a mortalidade não-catastrófica acompanha o desenvolvimento normal do povoamento. Carey *et al.* (1994) afirmam que o período de tempo é difícil em estudos de mortalidade de árvores porque enquanto o crescimento é um processo constante, a morte é instantânea.

Por vezes, as taxas e a distribuição da mortalidade são também indicadoras da funcionalidade de ecossistemas. Para Rossi (2007), entender os processos da mortalidade de árvores contribui para o conhecimento dos sistemas naturais tendo em vista que os dados de demografia podem auxiliar a detectar pressões nesses sistemas.

4.2.3 Cadeia de transição probabilística – Cadeia de Markov

Uma vez dispondo dos dados de incremento individual, recrutamento e mortalidade de um povoamento, podem-se utilizar diferentes ferramentas para a avaliação da dinâmica florestal. Sanquetta *et al.* (1996) dispõe três exemplos de modelos não espaciais que expressam o desenvolvimento do povoamento por meio de processos descritivos da evolução das distribuições diamétricas ou de outra variável em classes, são eles: funções probabilísticas, matrizes de transição e os processos de difusão.

O uso da cadeia de transição probabilística como ferramenta é importante para descrever os processos de dinâmica florestal por meio da avaliação das taxas de crescimento, recrutamento e mortalidade num intervalo de tempo. Para Higuchi (1987) o uso da matriz de transição é uma alternativa para os estudos de crescimento de florestas naturais por não se basear em variáveis de difícil acesso como idade e índice de sítio.

A cadeia de transição probabilística é um processo estocástico em que as probabilidades de transição durante um intervalo de tempo (t e $t+1$) dependem apenas do estado do indivíduo no tempo t ou no conhecimento do passado imediato no tempo $t+1$ sendo utilizadas na análise de vários problemas biológicos (Enright e Ogden, 1979).

Segundo Rocha (2001) o entendimento desses componentes é importante para definir o tempo que uma espécie ou grupos de espécies demora a atingir uma determinada dimensão para, posteriormente definir ciclo de corte, tratamentos silviculturais e se a floresta funciona como fonte ou sumidouro de CO_2 . Na presente pesquisa será utilizada a Cadeia de Markov para fazer uma projeção da dinâmica de carbono na área estudada.

4.3 Dinâmica de Carbono

Para Larcher (1986) a matéria seca que forma a biomassa é constituída principalmente por carbono e por nutrientes minerais e essas concentrações variam de acordo com a espécie, fase de desenvolvimento, estado nutricional, condições edafoclimáticas e com a parte do vegetal considerada. Portanto, estimar a quantidade da biomassa florestal é o primeiro passo para a obtenção de estimativas e dinâmica de carbono.

4.3.1 Biomassa

A biomassa florestal, de acordo com Araújo *et al.* (1999) é a quantidade do material lenhoso contido numa área de floresta, sendo expressa em unidade de massa. Para o IPCC (2004) as estimativas de biomassa e carbono devem ser feitas separadamente considerando:

(1) biomassa/carbono acima do nível do solo, que compreende a porção do tronco, galhos grossos e finos, flores, frutos, folhas e casca;

(2) biomassa/carbono abaixo do nível do solo, que compreende as raízes maiores que 2 mm de diâmetro na ponta e

(3) biomassa/carbono de matéria morta ou necromassa que é todo o material vegetal morto não contido na serapilheira, estando este em pé, no chão ou no solo.

Ao falar de biomassa é preciso que se conheçam alguns termos, segundo o IPCC (2007): 1) Estoque de biomassa/carbono: é a quantidade de material presente numa determinada área, num dado momento; 2) Diferença de estoque: é a diferença de material contabilizada com o passar do tempo, expressa entre o que entrou e o que saiu do sistema nesse período.

Para a realização desse tipo de estudo, o inventário florestal contínuo (IFC) é a principal ferramenta, pois é a partir da instalação de parcelas fixas e/ou temporárias e de monitoramento sucessivo que se obtém os dados para inferir os estoques e as diferenças de estoque.

Outro procedimento para os estudos de dinâmica florestal utiliza Eddy Covariance como os estudos de Grace *et al.*, (1995a) para as medições de fluxos de CO₂ entre a floresta e a atmosfera. A técnica Eddy Covariance estuda os processos de medição de fluxo atmosférico e possui diversas aplicações, dentre elas, a afinação de modelos climáticos globais.

As pesquisas com biomassa florestal utilizam tanto o método direto como o indireto. O primeiro é caracterizado como o mais difícil e trabalhoso, pois consiste na derrubada e pesagem de todas as árvores que ocorrem em parcelas fixas (Brown *et al.*, 1989). No método indireto, as estimativas vêm de dados de inventários florestais e

com base nas variáveis DAP e altura, por meio de equações alométricas é possível estimar a biomassa (Salati 1994).

Apesar de existirem vários estudos utilizando ambos o método direto e o indireto, as discussões sobre essas metodologias ainda são grandes, principalmente porque existem estimativas desiguais quando o mesmo banco de dados é analisado (Fearnside *et al.*, 1993; Brown *et al.*, 1989 e Foster Brown *et al.*, 1995).

Foster Brown *et al.* (1995) criticam estes bancos de dados pois consideram os erros não-amostrais de mensuração das alturas das árvores sem aparelhos de medição. A Tabela 1 apresenta algumas estimativas de biomassa para floresta primária sob diferentes metodologias, ilustrando esses desencontros de informações.

Tabela 1. Estimativas de biomassa total para florestas primárias.

Fonte: Laboratório de Manejo Florestal do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (LMF/Inpa)

Localidade	Biomassa (t ha⁻¹)	Fonte
Reserva Egler, Manaus, AM	357	Fearnside, 1994
Projeto Jari, AP	438	Fearnside, 1994
Manaus, AM	357	Fearnside, 1994
Jari, AP	368,9	Fearnside, 1994
RO	290-495	Alves <i>et al.</i> , 1997
ZF-2, Manaus, AM	349,8	Higuchi <i>et al.</i> , 1998
UHE Balbina, AM	252,1	Irmão e Higuchi <i>et al.</i> , 1999
Autazes, AM	163	Lima <i>et al.</i> , 1999
Barreirinha, AM	260	Lima <i>et al.</i> , 1999
Borba, AM	223	Lima <i>et al.</i> , 1999
Maués, AM	191	Lima <i>et al.</i> , 1999
Nova O. do Norte, AM	209	Lima <i>et al.</i> , 1999
Parintins, AM	280	Lima <i>et al.</i> , 1999
Tarumã mirim, AM	250,2	Lima <i>et al.</i> , 1999
Flona Tapajós, PA	222-270	Keller <i>et al.</i> , 2001
Am Central	350	Gehring, 2003
Costa Rica	490,1	Nadkarni <i>et al.</i> , 2004
Manacapuru, AM	286,7	Lima <i>et al.</i> , 2005
Auati Paraná, Fonte Boa, AM	317,3	Lima <i>et al.</i> , 2005
Resex Jutaí, AM	320,3	Lima <i>et al.</i> , 2005

Segundo Salati (1994) os processos de medidas diretas servem para “calibrar” as equações utilizadas pelas medidas indiretas e estas, por sua vez, são utilizadas

para estimar a biomassa de grandes áreas de floresta. Para Fearnside (1992) as estimativas diretas de biomassa produzem informações mais representativas quando se trata do estoque regional de carbono.

4.3.2 Alometria

Em virtude das dificuldades de mensuração de biomassa total pelo método direto há o consenso entre os estudiosos desse tema de que é impossível determinar a biomassa de cada árvore ao executar um inventário florestal. Desse modo, as análises de regressão para o desenvolvimento de modelos estatísticos devem ser utilizadas para melhorar os métodos indiretos, estimar a biomassa de árvores em pé e para obter estimativas confiáveis (Higuchi e Carvalho Jr., 1994).

As análises de regressão são uma forma de estabelecer uma equação matemática linear que descreva a relação entre duas variáveis. Isto é, verifica uma relação de causa e efeito entre as variáveis.

Em estudos recentes, Silva (2007) trabalhou com alometria e definiu esse termo dentro do jargão florestal como sendo o estudo da biomassa e carbono representando o 'todo' em função do DAP, altura total e altura comercial representando as 'partes do todo'. Em outras palavras, a alometria estuda as variações das formas e dos processos dos organismos.

Na Amazônia, segundo Higuchi F.G., (2007) as equações utilizadas para estimar o volume são, em sua maioria, de simples entrada. Dentre as variáveis aleatórias, o diâmetro à altura do peito (DAP) tem sido a mais importante em inventários realizados na Amazônia e utilizado em equações alométricas.

Higuchi *et al.*, (1988) desenvolveram modelos estatísticos para biomassa individual de árvores em pé para a região de Manaus. Para esse estudo foram testados modelos lineares, não-lineares e logarítmicos utilizando o peso da massa fresca como variável dependente e as variáveis diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total como variáveis independentes. Resultados como os de Silva (2007) mostraram que os modelos de equações alométricas de simples entrada são tão consistentes quanto aos modelos de dupla entrada que utilizam a variável altura.

Salomão *et al.*, (1996) fazem referência a apenas dois modelos estatísticos utilizados na Amazônia; um proposto por Sandra Brown e colaboradores e, outro, proposto por Christopher Uhl e colaboradores. O primeiro requer o conhecimento da densidade da madeira de cada indivíduo, que é praticamente impossível obter durante o inventário; e o segundo, é recomendado para florestas secundárias.

Algumas pesquisas realizadas anteriormente têm empregado também a variável densidade da madeira nas equações alométricas em virtude de se obter resultados mais consistentes. A densidade básica é a relação entre o peso seco e o volume saturado da madeira (Trugilho *et al.*, 1990; Souza *et al.*, 1997) ou, em outras palavras, expressa a relação entre massa e volume.

Para Putz *et al.*, (1983) e Muller-Landau (2004) a densidade da madeira vai mais além de suas características físicas, pois para florestas tropicais está intimamente relacionada com a resistência das árvores aos impactos causados pelo vento e as taxas relativas de crescimento e mortalidade.

Higuchi *et al.*, (2004) atentam ainda pra o fato que mesmo dentro de uma mesma parte, há variações no sentido medula-casca havendo, desse modo, a necessidade de estudos aprofundados sobre a densidade de espécies. Para Nogueira (2004), a obtenção de estimativas de biomassa requer valores da densidade básica de todo o fuste.

Silva (2007) verificou que, em geral, a densidade média usada é aquela do DAP, o que torna essa variável menos consistente pelo fato de não existirem comparações da densidade a essa altura com a densidade de outras partes da árvore.

4.3.3 Altura dominante e fatores de correção

Como já discutido antes, vários estudos apresentam estimativas de biomassa por meio do uso de equações alométricas. No entanto, as equações desenvolvidas para essa finalidade, em geral, são específicas para uma determinada região. Uma

saída para o emprego dessas equações em outros lugares com características semelhantes é o uso de fatores de correção.

Grande parte de discussões no meio científico decorrem do fato de incluir ou não a variável altura para a correção de estimativas. Essa é uma variável de difícil acesso em campo, sendo por vezes impossível visualizar o topo das copas das árvores, podendo induzir aos erros não-amostrais.

Segundo Finger *et al.*, (2000) ao desenvolver uma curva de altura uniforme, pode-se reduzir o número de medições de altura em levantamentos dendrométricos e também reduzir o tempo e o custo do inventário florestal. Finger (1992) descreve essas relações hipsométricas entre as variáveis diâmetro e altura e explica que a associação entre essas duas variáveis pode determinar funções matemáticas para descrever a altura como variável resposta a partir do diâmetro da árvore, sem perda significativa de precisão.

Do mesmo modo, para Vanclay (1994) as curvas da relação hipsométrica podem fornecer alturas de árvores que tiveram somente o diâmetro medido, serem usadas para determinar as alturas dominantes, para cálculos de volumes de árvores, bem como em cálculos de produtividade do sítio e fatores de correção.

Vários autores têm estudado essas relações, principalmente a questão da inclusão da altura dominante para estimativas de biomassa e carbono (Fearnside, 2007), dentre eles Loetsch *et al.*, (1973) e Kramer *et al.*(1982) . Segundo definição de Loetsch *et al.* (1973) a altura dominante significa a média de 20% das árvores de maior diâmetro do arquivo de dados.

Em estudo recente de Gomes (2007) foi gerado um fator de correção para a área da Resex Auatí-Paraná por meio da altura dominante para o lugar. A altura dominante da Resex foi obtida com base no inventário de madeira caída realizado pelo Laboratório de Manejo Florestal (LMF), no qual foram mensuradas as alturas total e comercial de todas as árvores no chão que apresentavam-se em bom estado fitossanitário ou sem decomposição aparente.

Nesse caso, a altura dominante encontrada para a Resex foi igual a 26,85m e, o produto entre esse valor e a altura dominante encontrada para Manaus resultou num fator de correção igual a 0.9388. A presente dissertação usa esse fator de correção nas equações alométricas desenvolvidas por Silva (2007) para a região de Manaus.

4.4 Carbono

O carbono é um elemento químico com massa atômica 12 podendo ser encontrado na natureza de diversas formas, estando incorporado a milhões de compostos de carbono, sendo um elemento indispensável à vida do planeta.

Apesar de estar estocado na atmosfera, oceanos, solos, rochas e estar presente nos combustíveis fósseis, esse elemento não fixa em nenhum desses lugares e, por meio de diversas interações existentes nesses ambientes ocorrem os fluxos contínuos de carbono de um lugar para o outro (IPAM, 2002).

O carbono orgânico encontra-se estocado também em quantidades expressivas nas florestas, onde participa não somente dos processos de fotossíntese como também dos processos que ocorrem no solo (Machado, 2005).

Segundo a UNESCO (1978) só a floresta Amazônica detém cerca de 30% dos estoques de carbono da vegetação em pé do mundo. Em revisão de estudos anteriores (Fearnside, 2000; Fearnside, 1997 e Fearnside, 2003), Fearnside (2007) estima que há aproximadamente 138 milhões de toneladas de carbono estocado até 8m de profundidade nos solos da Amazônia Legal.

Mediante a facilidade dinâmica do carbono e a intensificação crescente das alterações antrópicas no ambiente com o passar do tempo, essas atividades remetem a uma condição maior que é a inclusão de outros elementos químicos nas interações normais do ambiente com o carbono causando mudanças severas.

Dentre essas alterações destaca-se a liberação dos gases do efeito estufa (GEE), em especial o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), por serem os gases liberados em maiores quantidades para a atmosfera,

estando, portanto em maior quantidade nesse sistema (IPAM, 2002), refletindo em alterações no sistema climático.

O efeito estufa é um processo natural que sempre existiu, porém em níveis menores do que os atuais (Furriela, 2005). No entanto, desde o advento da Revolução Industrial onde atividades de queima de carvão, petróleo e gás natural ganharam força, os investimentos em atividades agrícolas e industriais aumentaram e são propulsores nas atividades de desmatamento de grandes áreas de floresta. Essa talvez seja a questão mais discutida na atualidade em âmbito global pela significativa perda de áreas florestais no mundo.

4.5 Aspectos legais e o Brasil

A Constituição Brasileira de 1988 estabelece que a Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional e a sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

De acordo com o Decreto Nº 5.975 de 30 de Novembro de 2006 que regulamenta os Arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei no 4.771, de 15 de Setembro de 1965, o art. 4o, Inciso III, da Lei no 6.938, de 31 de Agosto de 1981, o Art. 2o da Lei no 10.650, de 16 de Abril de 2003, em seu Capítulo III, Art. 1º dispõe sobre a exploração de florestas e de formações sucessoras. Esse Decreto que trata o Art. 19 da Lei no 4.771, de 15 de Setembro de 1965, estabelece em seu Art. 2º que a exploração de florestas e formações sucessoras sob o regime de manejo florestal sustentável, tanto de domínio público como de domínio privado, dependerá de prévia aprovação do Plano de Manejo Florestal Sustentável- PMFS pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.

O Art. 15 do Código Florestal Brasileiro (Lei Nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965) dispõe sobre a proibição da exploração sob forma empírica das florestas primitivas da Bacia Amazônica que só poderão ser utilizadas em observância a

planos técnicos de condução e manejo a serem estabelecidos por ato do Poder Público.

O pano de fundo ao qual remete essas leis retrata as questões inerentes aos processos de mudanças no uso da terra, o desmatamento e a exploração 'insustentável' dos recursos florestais de maneira a exauri-los. A floresta Amazônica está inserida nessas discussões por sua grande extensão territorial, biodiversidade e expressivo número de espécies de interesse econômico.

Para Higuchi, F.G., (2007) quando se trata da Amazônia não há outra saída senão proteger a biodiversidade, pois o Brasil detém poucos recursos. Em artigo publicado por Clement & Higuchi (2006), os autores afirmam que os recursos naturais do Brasil têm baixa densidade econômica, ou seja, baixo valor econômico-financeiro. Além disso, Fearnside (2006) atenta para o fato de que o mau uso do solo causa impactos sobre a biodiversidade, ciclagem da água e o armazenamento do carbono.

Os impactos negativos causados pela intervenção humana no meio ambiente como um todo vem causando mobilização mundial ao longo do tempo. Essas ações provocam discussões com o intuito de debater as mudanças, impactos e encontrar maneiras de minimizar as mudanças no clima, pois todos os países colaboram e deverão sofrer as conseqüências dessas intervenções (Soares e Higuchi, 2006).

Dentre esses debates, se destacam aqueles discutidos na Convenção-Quadro Internacional sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), assinada no Rio de Janeiro em junho de 1992 durante a Rio-92. Como instrumento jurídico, o objetivo dessa Convenção é a estabilização das concentrações de GEEs na atmosfera até o ano de 2012 de modo que as intervenções antrópicas exerçam influências mínimas sobre o meio ambiente (MCT, 2008).

Outro marco nas questões relacionadas às mudanças no clima foi o Protocolo de Quioto, assinado em dezembro de 1997 no Japão. Nesse Protocolo foram instituídos os limites para emissões dos GEEs para os países desenvolvidos (PDs), os principais responsáveis pelos níveis de poluição do ar.

O Protocolo também estabeleceu alguns mecanismos no qual os países em desenvolvimento (PEDs) participam, são eles: 1) Comércio de Emissões; 2) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e 3) Implementação Conjunta, sendo

que o Brasil pode participar no MDL. Segundo Higuchi et al. (2007) o Protocolo abriu caminho às nações para as possibilidades de uso de energia limpa, renovável e eficiente, que fortalecerá a economia global e protegerá o meio ambiente global.

Com isso houve a necessidade de transformar o Protocolo em Lei e para que isso ocorresse havia a necessidade que um dos grandes emissores de CO₂ como EUA ou Rússia ratificassem ao documento. Em 2005 a Rússia aderiu ao Protocolo e este, por sua vez passou a ser lei internacional. Atualmente, o maior emissor desse gás é a China que ultrapassou os Estados Unidos que liderava essa posição desde 1980 (Auffhammer e Carson, 2008).

Nessas discussões, Fearnside (2003a) descreve as emissões líquidas de gases do efeito estufa como uma oportunidade de negócio porque o valor em potencial de não desmatar cada hectare é maior que o valor de venda de mercadorias tradicionais como a própria madeira. Soares e Higuchi (2006) descrevem bem os aspectos relacionados à Convenção do Clima destacando a atuação brasileira frente às ações decorridas nesse tempo com ênfase a legislação ambiental do Estado do Amazonas.

4.6 O Estado do Amazonas e a Lei Estadual Nº. 3.135

Segundo Soares e Higuchi (2006) o Estado do Amazonas apresenta o menor índice de desmatamento e preserva ainda cerca de 97% de suas florestas intactas. Isso quer dizer que o Amazonas é o estado mais conservado do país e, podendo ser inserido dentro dos mecanismos criados pelo Protocolo de Quioto.

Apesar desse número, estudos anteriores (Fearnside, 2007, Soares e Higuchi, 2006) têm mostrado que o Brasil contribui com a emissão de gases do efeito estufa principalmente devido ao desmatamento. Nesse contexto, como uma forma de criar mecanismos para viabilizar ações de combate, preservação e conservação das florestas, numa ação voluntária do Estado do Amazonas em 2007 foi criada a Lei Estadual Nº. 3.135.

Essa Lei visa estimular regimes de mercado de créditos de carbono via emissão evitada para dar suporte à política de mudanças climáticas e à gestão de unidades de conservação (SDS, 2008). Dentre as disposições para a sua criação está

o reconhecimento das florestas ante as atividades antrópicas que provocam efeitos nocivos ao clima e a criação de Unidades de Conservação (UC).

Entre os principais objetivos dessa Lei destacam-se: i) criação e o fomento de instrumentos que viabilizem a implementação de projetos de redução de emissões do desmatamento (RED), energia limpa (EL), de emissões líquidas de GEE dentro ou fora do Protocolo de Quioto, MDL entre outros; ii) realização de um inventário estadual de emissões; iii) promoção de ações para ampliação da educação ambiental e iv) conscientização da população e difusão do conhecimento acerca das mudanças climáticas e suas conseqüências.

A Lei dispõe ainda de sete sistemas e programas, todos voltados às metas de redução de emissão e inserção do Estado do Amazonas dentro desse mercado voluntário de carbono. São eles: i) Programa Estadual de Educação sobre Mudanças Climáticas; ii) Programa Estadual de Monitoramento Ambiental; iii) Programa Estadual de Proteção Ambiental; iv) Programa Estadual de Intercâmbio de Tecnologias Limpas e Ambientalmente Responsáveis; v) Programa Estadual de Capacitação de Organismos Públicos e Instituições Privadas; vi) Programa Estadual de Incentivo à Utilização de Energias Alternativas Limpas e Redutoras da Emissão dos Gases do Efeito Estufa e vii) Programa Bolsa Floresta.

Mais que uma estratégia, as discussões pertinentes à criação dessa lei envolvem a prioridade de viabilização de um novo modelo de desenvolvimento para a região amazônica tendo como base a inclusão social por meio da divulgação de pesquisas, a viabilização de atividades econômicas e o uso sustentável dos recursos naturais.

4.7 Mercado de Carbono

Mediante todas as providências tomadas ao longo dos anos e os mecanismos gerados, o carbono tornou-se mercadoria (commodity), sendo valorizado dentro do mercado de carbono, seja no âmbito do Protocolo de Quioto ou pelo mercado livre ou voluntário de compra e venda de créditos de carbono.

Os créditos de carbono são certificados de redução de emissões de poluentes lançados negociados no campo do MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) — um instrumento do Protocolo de Quioto para auxiliar a redução dos gases poluentes na atmosfera (PNUD, 2007).

O mercado de créditos de carbono foi criado oficialmente em 1997, quando foi assinado o Protocolo de Quioto - que estabeleceu metas de redução de emissões de dióxido de carbono para os países mais industrializados do planeta. Para que esses países consigam atingir suas metas, o protocolo permite a compra de outras nações (MCT, 2007).

O mecanismo de funcionamento desse mercado é simples: consiste em gerar créditos de carbono para um país industrializado quando este, por sua vez conseguir reduzir suas emissões. Cada tonelada de dióxido de carbono (CO₂) removido da atmosfera equivale a um (1) crédito de carbono. O valor do crédito é negociado de acordo com o tipo de empreendimento, tamanho do projeto, quantidade de CO₂ retirada da atmosfera e outros podendo ser vendidos em mercados financeiros nacionais e internacionais.

Entre os objetivos dos projetos idealizados pelo Protocolo têm-se a redução das emissões e o aumento de sumidouros (Protocolo de Quioto, 1997). Dentre esses mecanismos o Brasil pode atuar nos projetos de MDL no qual os países industrializados que não consigam reduzir suas emissões podem comprar créditos de carbono de países em desenvolvimento que promovam o seqüestro de carbono da atmosfera, contabilizando dessa forma, uma redução líquida de suas emissões.

Alguns exemplos de projetos inseridos nesse sentido compreendem os reflorestamentos, a recuperação de áreas degradadas levando-se em consideração o tempo e a permanência dessa área como sumidouro, podendo envolver tanto entidades privadas como públicas (MCT, 2008). A manutenção de florestas protegidas não é válida para o MDL, pois para o IPCC (2000), a preservação de uma floresta não garante a mitigação do efeito estufa em longo prazo devido aos riscos de fugas e reversibilidade por meio de atividades humanas, distúrbios ou mudanças ambientais.

Esse tema gera muitas discussões, pois, a conservação das florestas tropicais é dificultada, caso não seja dada alguma compensação aos donos de áreas florestais pelos serviços ambientais gerados, incluindo o estoque de carbono. Mas por outro lado há quem acredite que a conservação florestal deixa de lado aspectos sociais e todos os bens e serviços que as florestas podem gerar.

4.8 Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas ou IPCC na sigla em inglês é um órgão científico criado pela World Meteorological Organization (WMO) e pelo United Nations Environment Programme (UNEP) sendo representado por governos, cientistas e a comunidade com um todo (IPCC, 2008).

O IPCC foi criado com o objetivo de fornecer informações sobre as causas das mudanças climáticas, conseqüências sócio-econômicas e ambientais e as opções de adaptação e mitigação em resposta a essas mudanças sendo também o responsável por subsidiar as partes da Convenção além de determinar os métodos a serem empregados para quantificação de biomassa e carbono.

Esses métodos estão incluídos no Guia de Boas Práticas, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gás Inventories e devem ser empregados pelos órgãos e instituições de pesquisa que atuem em prol do desenvolvimento de programas e projetos que têm efeitos sobre a mudança do clima. Para maiores detalhes sobre o IPCC, tem-se o site <http://www.ipcc.ch>.

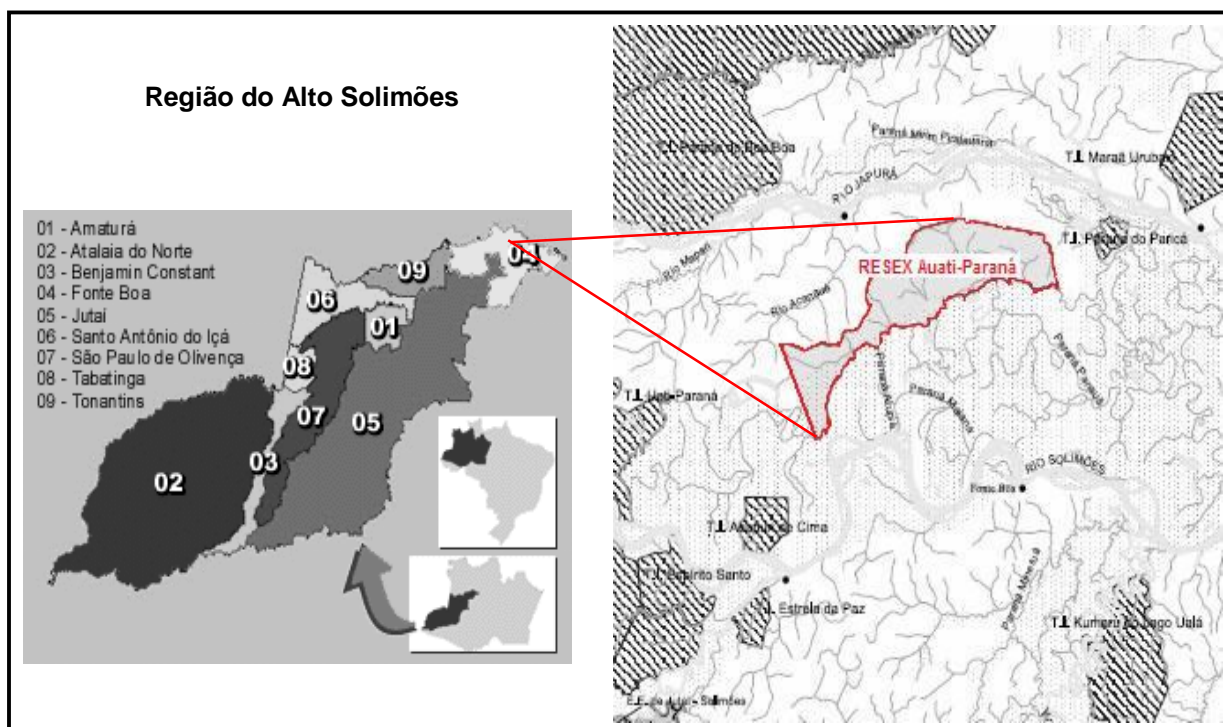
A metodologia descrita pelo IPCC para inventários florestais deve incluir métodos auditáveis e replicáveis, o que significa dizer que uma mesma metodologia usada num determinado lugar poderá ser utilizada sem problemas em outros lugares. Silva (2007) adverte que para inventários sob a chancela do Protocolo de Quioto, o tamanho da incerteza associado a media estimada é tão importante quanto a própria média e que a incerteza depende da qualidade e da quantidade de dados utilizados bem como dos processos de coletas e inferências.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

A Reserva Extrativista (Resex) Auati-Paraná está localizada na região do Alto Solimões no município de Fonte Boa (Figura 02). A Resex foi criada pelo Decreto Federal de 07 de Agosto de 2001 e possui uma área de 146.950,82ha, com população residente de 1500 habitantes distribuídos em 17 comunidades familiares (IBAMA, 2007b).

Figura 02. Desenho esquemático de localização da RESEX Auati-Paraná.

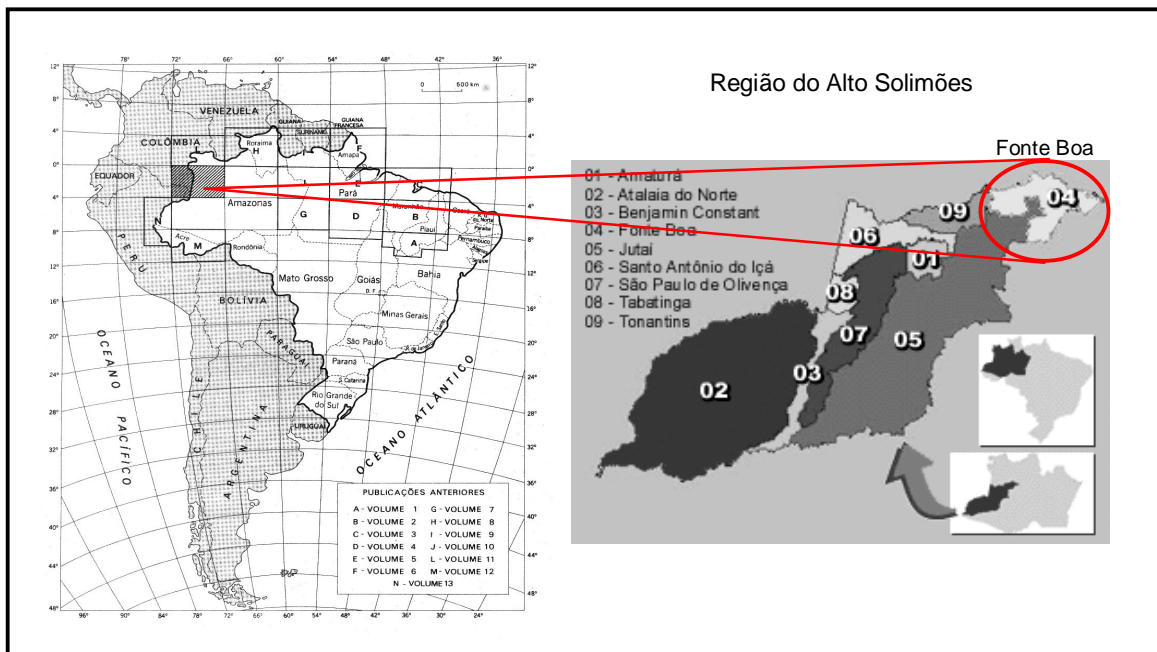


O processo de criação dessa Resex surgiu a partir do interesse das comunidades locais motivadas por trabalhos da Comissão Pastoral da Terra (CPT) e o apoio do CNPT/Ibama. As comunidades da Resex Auati-Paraná estão localizadas ao longo do rio Paraná Auati-Paraná, em ambos os lados, constituídas por casas em terra e também casas do tipo “flutuante” (Figuras 03 e 04).

Figura 03. Comunidade da Resex**Figura 04.** Casa flutuante na Resex

5.1.1 Localização

O município de Fonte Boa está localizado à margem direita do Rio Solimões (Figura 5) em latitude de $-2,51^{\circ}$ e Longitude $-66,09^{\circ}$ distante de Manaus 680 km em linha reta e 1033 km por via fluvial, 62m acima do nível do mar. Possui uma área de 12.111 km² e uma população de 19.726 habitantes (IBGE, 2007).

Figura 05. Desenho esquemático de localização da região de estudo.

5.1.2 Características da região

- Clima, geologia e relevo

De acordo com Ranzani (1980) o clima é do tipo Af (equatorial úmido) segundo a classificação de Köppen. Apresenta temperatura média em torno de 25°C, com máxima de 31°C e mínima de 20°C. Segundo o RADAMBRASIL (1978) o município de Fonte Boa apresenta características de latossolo amarelo álico de relevo plano a suavemente ondulado e solos bem drenados compreendendo formações diferenciadas, como seqüência natural da variação ecológica.

- Tipologia florestal e atividades pesqueiras

A classificação do lugar é baseada, primariamente, no relevo. Desta forma, são reconhecidas: florestas de terra-firme e florestas inundáveis (várzea e igapó), com predominância da primeira.

A região possui uma grande quantidade de lagos dentro de uma bacia hidrográfica, influenciado por 70% de várzea e 30% de terra firme. Isso contribui para a economia do município de Fonte Boa por meio das atividades de pesca realizada pelas comunidades que realizam o manejo do pirarucu (*Arapaima gigas*) com posterior comercialização do pescado (IDS, 2009)

- Áreas de preservação

Fonte Boa apresenta quatro áreas de preservação ambiental municipal, uma na área federal e uma reserva indígena, dentre eles tem-se: Reserva Municipal da Campina, Reserva Municipal Mineruá, Reserva Extrativista (RESEX) Auati-Paraná, Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Mamirauá e Terra Indígena Acapuri de Cima.

5.2 Coleta de dados: inventário florestal

Em 2004 por meio do projeto Inventário Florestal Contínuo no Estado do Amazonas (Projeto CHICHUÁ) foram instaladas 20 parcelas permanentes em cinco hectares na floresta da comunidade São José do Inambé (SJI) dentro da Resex Auatí-Paraná. Essas parcelas foram remeidas em 2007 (Figuras 06 e 07) e, na mesma ocasião foram instaladas mais 24 parcelas permanentes, sendo 12 na comunidade Buriti e 12 na Comunidade Vencedor, num total de três hectares em cada lugar totalizando 44 parcelas permanentes analisadas em 11 hectares.

Figura 06. Instalação de parcelas permanentes.

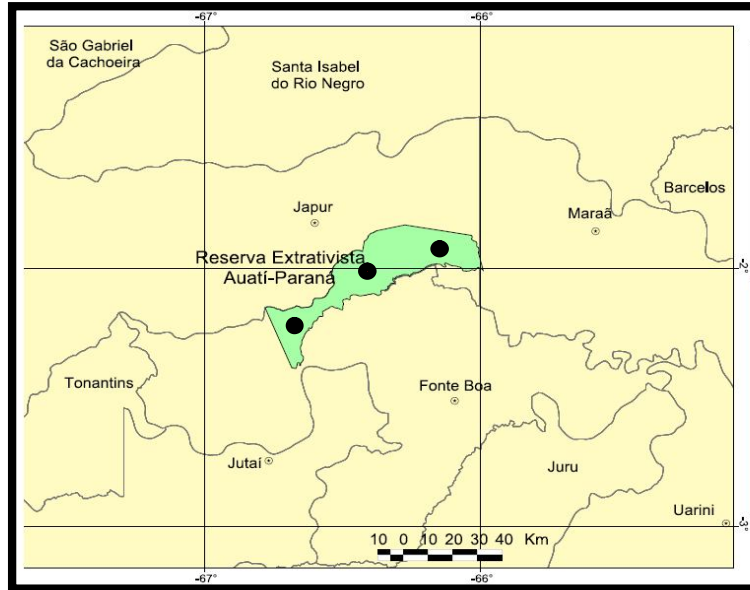


Figura 07. Medição do diâmetro a altura do peito.



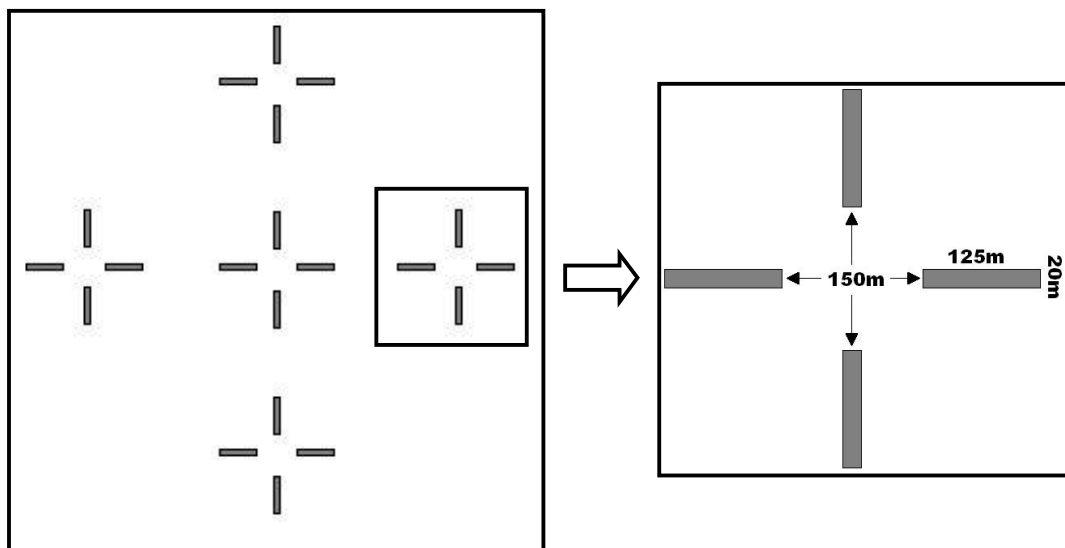
As parcelas permanentes foram distribuídas em florestas de comunidades no início, meio e fim da área da Resex (Figura 08). A comunidade São José do Inambé, situada no meio da reserva ocupa área de terra firme quase em toda a sua extensão ao passo que as comunidades Buriti e Vencedor, nas extremidades, ocupam área com maior presença de várzea.

Figura 08. Localização das Parcelas Permanentes.



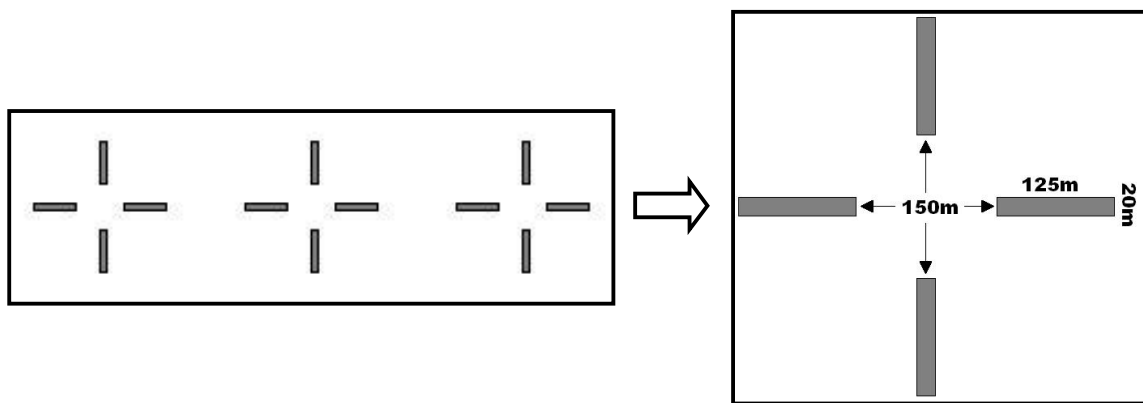
Para a comunidade São José do Inambé o sistema adotado no ano de instalação foi conglomerado em forma de cruz no qual cada parcela mede 20m de largura por 125m comprimento, totalizando 0,25 ou $\frac{1}{4}$ de hectare de acordo com Higuchi *et al.* (1982). A distância entre cada parcela é de 150m e a distância de uma cruz à outra é de 200m. O esquema de alocação das parcelas é mostrado na Figura 09.

Figura 09. Desenho esquemático da disposição das parcelas.



Para as parcelas inseridas nas florestas das demais comunidades, Buriti e Vencedor foram adotados os mesmos tamanhos e distâncias que da comunidade São José do Inambé, porém o sistema de instalação das parcelas foi em transectos (Figura 10). Foram mensurados todos os indivíduos arbóreos com diâmetro a altura do peito (DAP) maior ou igual a 10 cm, ou, aqueles já estabelecidos em ambas as medições em 2004 e 2007.

Figura 10. Desenho esquemático da disposição dos transectos.



5.2.1 Equações volumétricas

Gomes (2007) realizou estudos para volume de madeira caída na Resex Auatí-Paraná com o objetivo de desenvolver modelos alométricos para essa região a partir da cubagem de madeiras que se encontravam no chão. Para se chegar aos resultados, foram trabalhados 40.1 hectares dentro de 15 comunidades na Resex sendo esses dados de grande utilidade para a elaboração de um plano de manejo visando o aproveitamento desse recurso.

Foram cubadas todas as árvores caídas no chão em 70 parcelas, distribuídas em transectos de 6 parcelas, sendo um transecto por comunidade. Um dos resultados desse estudo foi uma equação de volume de simples entrada para madeira caída para a região da Resex Auatí-Paraná. Para os cálculos de volume nesta dissertação será empregada essa equação:

$$V = 0,001481 * DAP^{1,891552}$$

Onde:

V: volume de madeira (m^3)

DAP: diâmetro a altura do peito

5.2.2 Determinação da altura dominante e fator de correção

No mesmo trabalho de Gomes (2007), com a cubagem de todas as árvores caídas nas parcelas e possíveis de recuperar o DAP foram medidas as alturas comercial e total, o DAP e os diâmetros das seções ao longo do fuste (Figuras 11 e 12). Como resultado foi encontrada a altura dominante da Resex (26,85m) seguindo as recomendações de Loetsch *et al.* (1973).

Por meio da altura dominante da Resex e da altura dominante encontrada por Silva (2007) para a região de Manaus foi gerado um fator de correção com a finalidade de ponderar as equações alométricas utilizadas para determinação dos teores de massa fresca. Essas determinações estão explicadas mais a frente.

Figura 11: Inventário de madeira caída.



Figura 12. Medição da altura total e comercial



5.3 Estimativas das variáveis utilizadas:

5.3.1 Peso da massa fresca:

A massa fresca foi calculada individualmente para as três comunidades usando duas equações alométricas de simples entrada desenvolvidas por Silva (2007) para indivíduos com $DAP \geq 10$ cm. A primeira equação foi utilizada para estoques de massa fresca total e a segunda equação foi utilizada para estimar os estoques de massa fresca acima do nível do solo. São elas:

$$\text{Equação 1) } M.F = (2,7179 * DAP^{1,8774})$$

$$\text{Equação 2) } MF = (2,2737 * DAP^{1,9156})$$

No qual: PF: Peso da massa fresca;

D: DAP

Os estudos de simples entrada (utilizando apenas a variável DAP) para biomassa total realizados por Silva (2007) indicaram que esse modelo explicou 94% da variação dos dados com um $r^2 = 0,940$, com um erro de 3,9% em relação à média. A autora recomenda a utilização dessa equação apenas para a região de Manaus, portanto, para a sua aplicação na área da Resex Auati-Paraná foi aplicado um fator de correção.

5.3.2 Peso seco:

O peso seco foi estimado pelo produto da massa fresca e o teor de água obtido em madeiras da região. Foi utilizado o teor de água igual a 41,6% para toda a árvore, de acordo com as indicações de Higuchi e Carvalho Jr. (1994) e Silva (2007).

5.3.3 Carbono e Estoque de carbono por hectare

O estoque de carbono para cada comunidade foi estimado pelo produto do peso da massa seca de cada indivíduo arbóreo e o teor de Carbono igual a 48,5% determinada por Silva (2007).

5.3.4 Teste estatístico para estoque de carbono (hipótese 1):

Foi utilizada a análise de variância (ANOVA) para as Comunidades São José do Inambé, Cordeiro e Miriti (n=44) comparando-se ao final os valores de F e P. A ANOVA permite obter valores de comparações de médias e, dessa maneira, indicar o valor médio de distribuição para cada grupo analisado.

5.3.5 Teste estatístico para diferença de estoque de carbono (hipótese 2):

Foi utilizada a análise de variância de simples entrada usando as diferenças em acumulação de carbono na vegetação para ano de 2004 e de 2007 apenas para a floresta da Comunidade São José do Inambé, pois é a única com duas medições. Para o cálculo, as variáveis de entrada foram as médias de carbono de cada parcela como variáveis dependentes e as parcelas como variáveis categóricas.

5.4 Área basal e volume

A área basal é a somatória de todas as áreas transversais. Para esses cálculos foi utilizada a seguinte fórmula usual para área basal:

$$G = \pi DAP^2 / 4$$

Onde: G= área basal em m²

DAP= diâmetro a altura do peito

Para os cálculos de volume, foi utilizada a equação desenvolvida por Gomes (2007) com $r^2=0,820$ e $Sy.x= 1,66$ para a região da Resex Auatí-Paraná:

$$V = 0,001481 * DAP^{1,891552}$$

Onde: V= volume em m³

DAP= diâmetro a altura do peito

5.5 Projeção dos estoques de carbono para 2010

Por meio da cadeia de transição probabilística de Markov foi feita a projeção dos estoques de carbono para a área da Resex para o período de 2007 a 2010. Essa ferramenta disponibiliza também todos os passos para obtenção da matriz final, desde a matriz de probabilidade de transição até o quadro final com a aplicação do teste de Qui-quadrado (χ^2) para medir a probabilidade das diferenças encontradas nos dois grupos da amostra ocorrer ao acaso.

5.6 Taxas anuais de recrutamento e mortalidade:

Essas taxas foram determinadas entre as duas ocasiões medidas. O recrutamento considerou apenas a inclusão de indivíduos na primeira classe de DAP ($DAP \geq 10$ cm) e para a mortalidade não foram obtidos dados de causa. Os resultados foram obtidos pela Cadeia de transição probabilística de Markov.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Área basal e volume

A média de área basal para as florestas estudadas variou entre 27,60 e 27,78 m².ha⁻¹ e a média de volume (V) variou de 352,68 a 356,53 m³.ha⁻¹ (tabela 2). As incertezas para todos os resultados foram menores que 10% e esses valores indicam uma média sem distinção de espécies.

Tabela 2. Área basal (G) e volume (V) por parcela e por hectare para os três sítios estudados (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

Parcela	SJI		Buriti		Vencedor	
	G (m ²)	V(m ³)	G (m ²)	V(m ³)	G (m ²)	V(m ³)
1	9,85	122,17	7,90	100,84	6,59	83,67
2	7,19	91,04	6,24	80,67	5,89	75,66
3	5,11	66,65	5,29	69,13	6,89	87,09
4	5,92	76,49	6,59	84,89	6,50	84,48
5	5,64	73,03	8,41	105,70	8,40	107,31
6	5,51	71,31	6,83	90,66	8,50	107,89
7	6,09	79,35	6,41	82,66	6,34	81,24
8	7,61	96,13	7,55	97,49	5,69	74,88
9	7,64	98,55	6,03	80,56	5,32	70,07
10	6,59	86,06	7,07	92,08	7,93	100,27
11	7,49	94,40	7,28	94,59	7,55	97,17
12	8,25	104,37	6,85	90,33	7,74	97,43
13	6,68	85,44	-	-	-	-
14	6,22	79,94	-	-	-	-
15	7,12	89,91	-	-	-	-
16	6,31	80,41	-	-	-	-
17	6,58	84,88	-	-	-	-
18	8,70	110,20	-	-	-	-
19	6,59	84,91	-	-	-	-
20	7,02	90,28	-	-	-	-
Soma	138,12	1765,50	82,44	1069,59	83,34	1067,15
Média parcela	6,91	88,28	6,87	89,13	6,94	88,93
Média hectare	27,60	352,68	27,48	356,53	27,78	355,72
Desvio	4,57	54,14	3,41	40,52	4,27	51,24
IC(95%)	2,00	23,73	1,93	22,92	2,41	28,99
Incerteza (%)	7,26	6,73	7,03	6,43	8,69	8,15

*Equação utilizada para volume: $V = 0,001481 * (DAP)^{1,891552}$, $r^2 = 0,820$, erro = 1,66.

Silva J. *et al.* (1985), estudando espécies de interesse comercial na Flona do Tapajós no Pará encontraram maior valor de área basal e menor volume que os encontrados nesta dissertação, com $G=35,34 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ e $V=113,30 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$. Oliveira *et al.*, (2003) encontraram médias de área basal variando entre 20,3 e 23,68 $\text{m}^2.\text{ha}$ nas áreas de entorno da BR 364 e BR 317, no sul do estado do Amazonas com divisas com o Acre.

Essas diferenças se devem ao fato de que o diâmetro usado nas pesquisas desses autores foram, respectivamente $\text{DAP} \geq 45\text{cm}$ e $\text{DAP} \geq 5\text{cm}$ e que as florestas pesquisadas apresentam características e tipologias diferentes das estudadas na floresta da região do Alto Solimões. Além de metodologias diferentes, tem-se as equações utilizadas para calcular o volume que são diferentes da equação utilizada nesta dissertação.

6.2 Fator de correção

Nesse estudo foi empregado o método indireto ou não-destrutivo onde o peso da massa fresca foi estimado por meio de equações alométricas de simples entrada desenvolvidas por Silva (2007) para a região de Manaus, em pesquisa realizada na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (EEST-INPA).

Equação 1: biomassa e carbono total ($r^2= 0,94$ e $S_{y,x}= 3,9\%$)

$$\text{MF} = 2,7179 * \text{DAP}^{1,8774}$$

Equação 2: biomassa e carbono acima do nível do solo ($r^2= 0,85$ e $S_{y,x}= 4,2\%$)

$$\text{MF} = 2,2737 * \text{DAP}^{1,9156}$$

Onde:

MF: massa fresca (kg)

DAP: Diâmetro a altura do peito (cm)

Com base na altura dominante e área inventariada foi desenvolvido um fator de correção igual a 0.936073 foi introduzido nas equações alométricas aplicadas na Resex. Esse fator de correção corresponde ao produto da altura dominante encontrada para a floresta da Resex Auatí-Paraná por Gomes (2007) pela altura dominante encontrada para Manaus (Silva, 2007) onde:

$$\underline{\text{Hdom Manaus: 28,6m e Hdom Resex: 26,8m}}$$

Calculando: Fator de correção= Hdom Resex / Hdom Manaus

$$\text{Fator de correção= 0.936073}$$

Desse modo, tem-se:

$$\text{Equação 1) Massa Fresca= (2,7179*DAP}^{1,8774}\text{) * 0.936073}$$

e

$$\text{Equação 2) Massa Fresca= (2,2737*DAP}^{1,9156}\text{) * 0.936073}$$

A partir dessa correção, todas as análises seguintes foram feitas utilizando o arquivo de dados corrigido com esse fator de correção. Os resultados apresentados correspondem à biomassa seca e carbono, divididos em: total, acima do nível do solo e de raízes.

6.3 Estoques de biomassa e carbono total

Corrigindo-se os valores de massa fresca para cada sítio são apresentadas na tabela 3 as médias e incertezas em relação às médias de biomassa e carbono em toneladas para as parcelas. As incertezas para as três comunidades foram inferiores a 10%, sendo que a incerteza para Buriti foi menor, indicando que este sítio é um pouco mais homogêneo que os demais.

Tabela 3. Estoques totais de biomassa e carbono (C) por parcela para os três sítios estudados (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

Parcela	SJI		Buriti		Vencedor	
	Biomassa(t)	C(t)	Biomassa(t)	C(t)	Biomassa(t)	C(t)
1	116,44	56,47	96,45	46,78	79,98	38,79
2	86,99	42,19	77,29	37,49	72,43	35,13
3	63,92	31,00	66,32	32,17	83,20	40,35
4	73,27	35,54	81,28	39,42	80,99	39,28
5	69,98	33,94	100,89	48,93	102,65	49,79
6	68,33	33,14	87,14	42,26	103,11	50,01
7	76,09	36,90	79,18	38,40	77,74	37,71
8	91,82	44,53	93,38	45,29	71,90	34,87
9	94,38	45,77	77,51	37,59	67,28	32,63
10	82,55	40,04	88,29	42,82	95,79	46,46
11	90,14	43,72	90,68	43,98	93,04	45,12
12	99,72	48,37	86,76	42,08	93,03	45,12
13	81,75	39,65				
14	76,53	37,12				
15	85,87	41,65				
16	76,89	37,29				
17	81,29	39,43				
18	105,30	51,07				
19	81,32	39,44				
20	86,42	41,92				
Média	84,45	40,96	85,43	41,43	85,10	41,27
Desvio	12,83	6,22	9,60	4,66	12,16	5,90
IC(95%)	5,62	2,73	5,43	2,64	6,88	3,34
Incerteza(%)	6,66	6,66	6,36	6,36	8,08	8,08

*Equação utilizada: Massa Fresca= $(2,7179 \cdot \text{DAP}^{1,8774}) \cdot 0,9388$; Teor de água: 41,6%; Teor de carbono: 48,5%.

Na tabela 4 tem-se esses mesmos resultados em toneladas por hectare onde as médias de biomassa total estão entre $337,80 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ e $341,73 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ e as médias de carbono variaram de $163,81 \text{ t} \cdot \text{C} \cdot \text{ha}^{-1}$ a $165,74 \text{ t} \cdot \text{C} \cdot \text{ha}^{-1}$. A floresta da comunidade Buriti apresentou as maiores médias de estoques de biomassa e carbono.

Tabela 4. Estoques totais de biomassa e carbono (C) total por hectare para os três sítios estudados (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

	SJI		Buriti		Vencedor	
	Biomassa (t)	C(t)	Biomassa(t)	C(t)	Biomassa (t)	C(t)
Média	337,80	163,83	341,73	165,74	340,39	165,09
Desvio	51,30	24,88	38,42	18,63	48,63	23,59
IC(95%)	22,48	10,90	21,74	10,54	27,51	13,34
Inc(%)	6,66	6,66	6,36	6,36	8,08	8,08

Salomão (1998) ao estudar uma área de floresta primária na região nordeste do estado do Pará encontrou uma média de biomassa total igual a 388 t.ha⁻¹ e estoque de carbono de 194 t.C.ha⁻¹. Ivanauskas *et al.* (2004) estudando a estrutura de uma floresta primária na região norte do estado do Mato Grosso encontraram que os sítios localizados em áreas inundáveis apresentaram maiores teores de biomassa do que aqueles localizados em áreas não-inundáveis.

Apesar de os valores encontrados não apresentarem uma diferença muito grande, um fator que pode estar influenciando na maior quantidade de biomassa e carbono nos sítios Buriti e Vencedor é o fato de estas duas comunidades estarem localizadas em área com várzea ao passo que a comunidade SJI está localizada em área predominante de terra-firme. Além disso, esses estudos foram realizados em diferentes sítios sob diferentes metodologias, além de usarem outras equações alométricas desenvolvidas para cada região. Dependendo das variáveis de entrada para essas equações, como diâmetro, altura e/ou densidade básica os resultados podem expressar valores distintos.

- ANOVA

Os estoques de biomassa e carbono total não foram significativos para as parcelas das três comunidades estudadas com $p=0,976$ conforme a análise de variância apresentada na tabela 5, sugerindo que as florestas dos três sítios não apresentam diferenças na sua estrutura e composição e, conseqüentemente na

biomassa e carbono. A figura 13 expressa a variação dos estoques de carbono total em toneladas nas parcelas de cada sítio.

Tabela 5. Análise de variância para carbono total para os três sítios estudados (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

Fonte da Variação	GL	SQ	QM	F	P
Comunidade	2	1,576	0,788	0,024	0,976
Erro	41	1353,587	33,014		
Total	43				

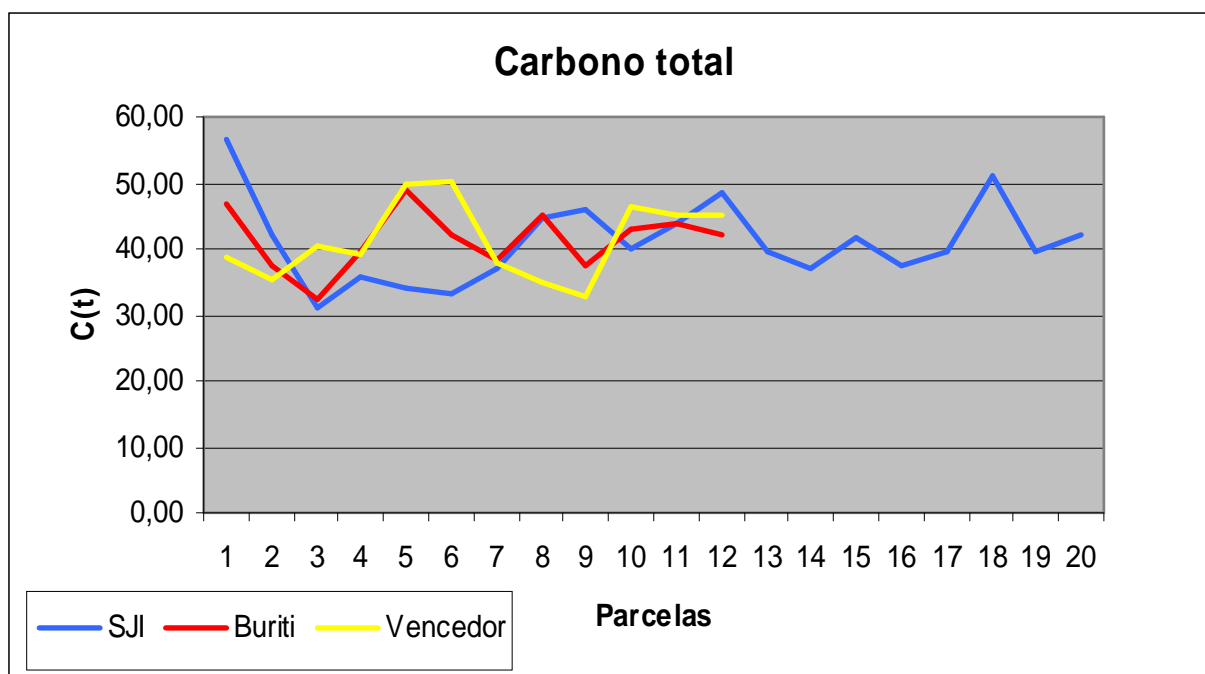


Figura 13. Teores de carbono total por parcela para os três sítios (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

6.4 Estoques de biomassa e carbono acima do nível do solo.

Para esses cálculos, os valores de massa fresca para cada sítio foram corrigidos pelo fator de correção. A tabela 6 apresenta esses resultados por parcela para cada lugar estudado em que as médias e incertezas para as florestas das três

comunidades foram inferiores ao limite de 10% aceitável. Do mesmo modo que para carbono total, a floresta da comunidade Buriti apresentou a menor incerteza.

Tabela 6. Estoques de biomassa e carbono (C) acima do nível do solo por parcela para os três sítios estudados (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

Parcela	SJI		Buriti		Vencedor	
	Biomassa (t)	C(t)	Biomassa	C(t)	Biomassa	C(t)
1	112,78	54,70	92,52	44,87	76,83	37,27
2	83,68	40,58	73,79	35,79	69,30	33,61
3	60,87	29,52	63,09	30,60	80,05	38,83
4	70,00	33,95	77,73	37,69	77,21	37,45
5	66,81	32,40	97,31	47,19	98,43	47,74
6	65,23	31,64	82,47	40,00	99,10	48,07
7	72,47	35,15	75,65	36,69	74,47	36,12
8	88,39	42,87	89,21	43,26	68,25	33,10
9	90,22	43,75	73,17	35,49	63,84	30,96
10	78,57	38,10	84,11	40,79	92,18	44,71
11	86,86	42,13	86,43	41,92	89,00	43,17
12	95,93	46,53	82,28	39,91	89,64	43,48
13	78,35	38,00				
14	73,22	35,51				
15	82,68	40,10				
16	73,80	35,79				
17	77,71	37,69				
18	101,29	49,12				
19	77,73	37,70				
20	82,70	40,11				
Média parcela	80,96	39,27	81,49	39,52	81,53	39,54
Desvio	12,62	6,12	9,44	4,58	11,91	5,78
IC(95%)	5,53	2,68	5,34	2,59	6,74	3,27
Incerteza(%)	6,83	6,83	6,55	6,55	8,27	8,27

*Equação utilizada: Massa Fresca= $(2,2737 \cdot \text{DAP}^{1,9156}) \cdot 0,9388$; Teor de água: 41,6%; Teor de carbono: 48,5%.

Na tabela 7 esses valores são expressos em toneladas por hectare. A floresta da comunidade SJI apresentou as menores médias para biomassa com valor igual a 323,85 t.ha⁻¹ e carbono acima do nível do solo igual a 157,07 t.C.ha⁻¹, enquanto que a floresta da comunidade Vencedor teve os maiores estoques.

Tabela 7: Estoques totais de biomassa e carbono (C) acima do nível do solo por hectare para os três sítios estudados (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

	SJI		Buriti		Vencedor	
	Biomassa(t)	C(t)	Biomassa(t)	C(t)	Biomassa(t)	C(t)
Média ha	323,85	157,07	325,94	158,08	326,12	158,17
Desvio	50,49	24,49	37,74	18,31	47,65	23,11
IC(95%)	22,13	10,73	21,36	10,36	26,96	13,08
Inc(%)	6,83	6,83	6,55	6,55	8,27	8,27

As estimativas encontradas no presente estudo estão de acordo com resultados de estudos anteriores como o estudo de Baker *et al.* (2004) que encontraram uma variação de biomassa acima do nível do solo entre 318.3 ± 11.7 e 325.5 ± 10.2 t.ha⁻¹ em vários sítios da Amazônia. Esses autores empregaram metodologia semelhante à utilizada nesta dissertação, incluindo parcelas permanentes e mensurações de árvores com DAP \geq 10cm, porém, as equações utilizadas para as estimativas desses autores são diferentes e incluem a variável densidade básica.

Para estes mesmos autores o grande número de equações para estimar biomassa e, conseqüentemente carbono levam a uma grande variação nessas estimativas. Mas outros fatores como as próprias metodologias existentes

- ANOVA

A análise de variância (tabela 8) mostrou que as florestas das três comunidades não diferem entre si em termos de estoques de carbono acima do nível do solo, com um p=0,991, não significativo. Essa probabilidade significa que os três sítios estudados são 99% iguais ou apresentam menos de 1% de diferença entre si. Isso pode ser explicado porque os três sítios estão localizados na mesma região e apresentam similaridade quanto à estrutura e composição de espécies.

Tabela 8. Análise de variância para carbono acima do nível do solo para os três sítios estudados (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

<i>Fonte da Variação</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Comunidade	2	0,603	0,302	0,009	0,991
Erro	41	1327,033	32,367		
Total	43				

A figura 14 mostra os estoques de carbono para cada parcela nos três sítios. Verificam-se variações entre parcelas

Observando cada sítio individualmente, se verifica que há variações indicando a falta de continuidade na estabilização desses estoques onde há um súbito aumento ou diminuição destes nas seqüências de parcelas. Apesar de as parcelas estarem alocadas no mesmo lugar existe variações internas que podem interferir nessas diferenças de estoques.

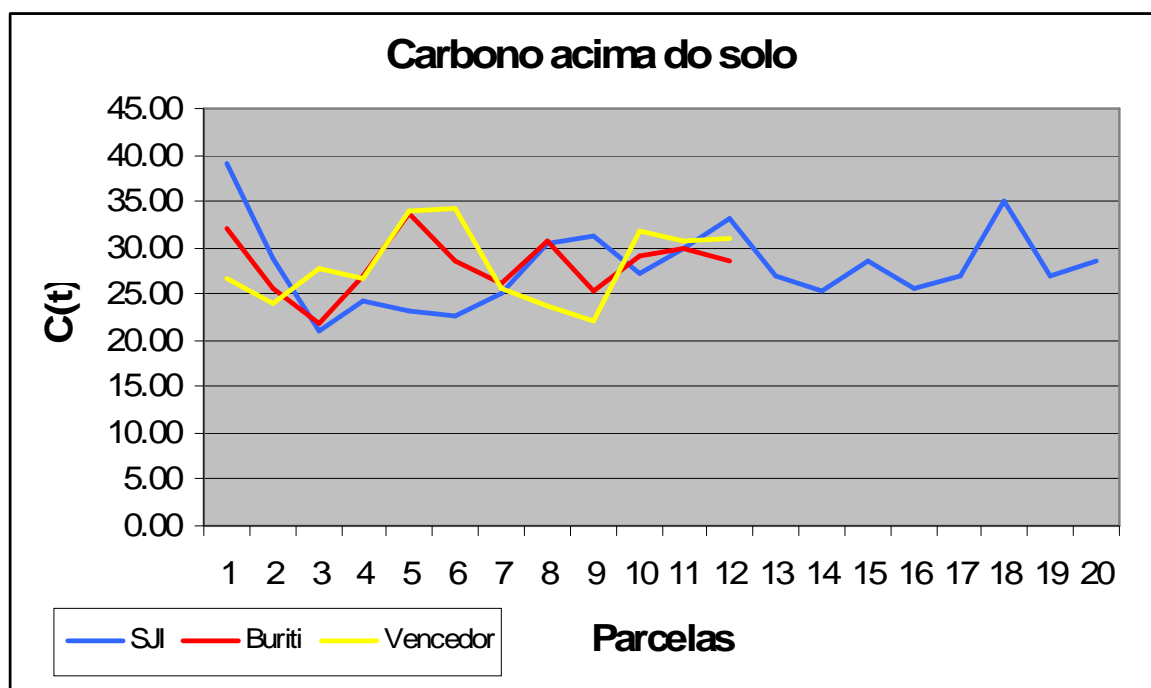


Figura 14. Estoques de carbono acima do nível do solo por parcela para os três sítios (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

6.5 Estimativas de estoque de biomassa e carbono de raízes

Por meio da diferença entre os estoques totais e os estoques acima do nível do solo foi feita uma estimativa da quantidade de biomassa e carbono de raízes. Na tabela 9 são apresentadas essas estimativas por parcela e na tabela 10 são apresentadas as estimativas por hectare.

Tabela 9. Estoques de biomassa e carbono (C) de raízes por parcela para os três sítios estudados (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

Parcela	SJI		Buriti		Vencedor	
	Biomassa(t)	C(t)	Biomassa(t)	C(t)	Biomassa(t)	C(t)
1	3,66	1,78	3,93	1,90	3,14	1,52
2	3,32	1,61	3,50	1,70	3,13	1,52
3	3,05	1,48	3,22	1,56	3,14	1,52
4	3,28	1,59	3,55	1,72	3,77	1,83
5	3,17	1,54	3,58	1,74	4,22	2,05
6	3,09	1,50	4,66	2,26	4,01	1,94
7	3,62	1,75	3,52	1,71	3,27	1,59
8	3,43	1,66	4,17	2,02	3,65	1,77
9	4,16	2,02	4,33	2,10	3,44	1,67
10	3,99	1,93	4,18	2,03	3,60	1,75
11	3,28	1,59	4,25	2,06	4,04	1,96
12	3,79	1,84	4,47	2,17	3,39	1,64
13	3,39	1,64				
14	3,32	1,61				
15	3,19	1,55				
16	3,09	1,50				
17	3,58	1,74				
18	4,02	1,95				
19	3,59	1,74				
20	3,72	1,81				
Média	3,49	1,69	3,95	1,91	3,57	1,73
Desvio	0,33	0,16	0,46	0,22	0,38	0,18
IC(95%)	0,14	0,07	0,26	0,13	0,21	0,10
Incerteza(%)	4,14	4,14	6,61	6,61	6,01	6,01

As médias de estoques de biomassa para raízes variaram entre o mínimo de 13,95 t.ha⁻¹ para SJI e máximo de 15,79 t.ha⁻¹ para a floresta de Buriti. Quanto aos estoques de carbono, os valores encontram-se entre o mínimo de 6,77 t.C.ha⁻¹ e

máximo de 7,66 t.C.ha⁻¹. Segundo Silva (2007) existem poucos estudos com biomassa de raízes grossas para o trópico úmido, e não podemos esquecer as dificuldades práticas de se obter esses valores.

Tabela 10. Estoques totais de biomassa e carbono (C) de raízes por hectare para os três sítios estudados (São José do Inambé – SJI; Buriti e Vencedor). Reserva Extrativista Auatí-Paraná, Fonte Boa, Amazonas, Brasil.

	SJI		Buriti		Vencedor	
	Biomassa(t)	C(t)	Biomassa(t)	C(t)	Biomassa(t)	C(t)
Média	13,95	6,77	15,79	7,66	14,27	6,92
Desvio	1,32	0,64	1,84	0,89	1,52	0,73
IC(95%)	0,58	0,28	1,04	0,51	0,86	0,42
Incerteza(%)	4,14	4,14	6,61	6,61	6,01	6,01

- ANOVA

Para a biomassa e carbono de raízes, a análise de variância (tabela 11) mostrou-se altamente significativa ($p=0,006$), mostrando que há diferença nos estoques de raízes entre as três comunidades. A partir desse resultado foi aplicado um Post Hoc Test Tukey para verificar onde essa diferença se apresentava.

Tabela 11. ANOVA para biomassa e carbono de raízes

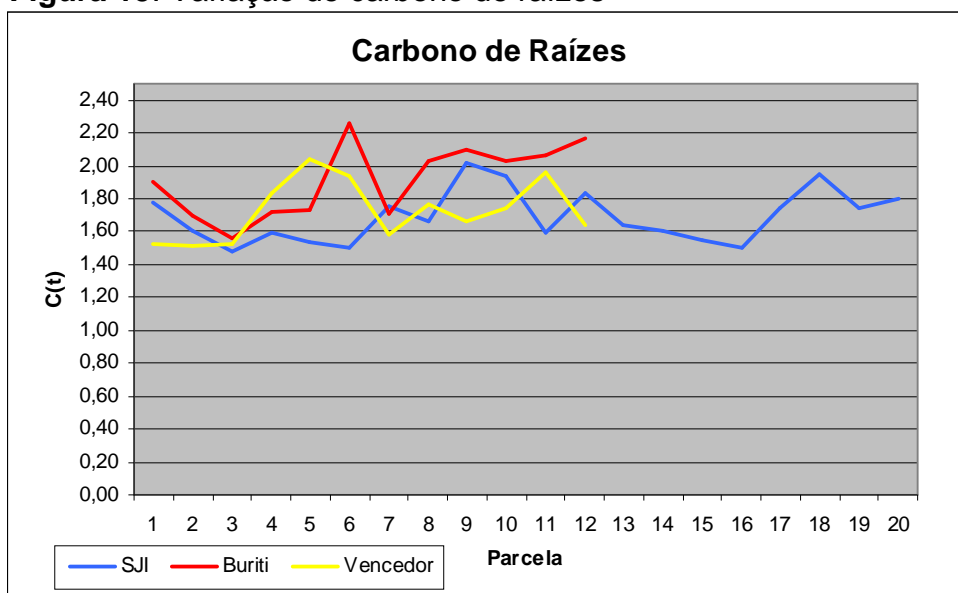
Fonte da Variação	GL	SQ	QM	F	P
Comunidade	2	1,679	0,839	7,072	0,002
Erro	41	4,867	0,119		
Total	43				

Por meio do Teste Tukey (95%) verificou-se as diferenças dos estoques entre as comunidades. A tabela 12 apresenta essas diferenças em probabilidades, onde se constata que não há diferença entre a floresta da comunidade SJI e Vencedor, mas que existe uma diferença de 99,5% da floresta da comunidade Buriti sobre as demais e entre esta comunidade e a comunidade Vencedor, a diferença é de 95,4%.

Tabela 12. Matriz de comparação de probabilidades

	SJI	Buriti	Vencedor
SJI	1,000		
Buriti	0,003	1,000	
Vencedor	0,962	0,014	1,000

Esse resultado é mais bem visualizado na figura 15. As comunidades SJI e Buriti, representadas pelas linhas azul e vermelha apresentam comportamento semelhante nas primeiras parcelas.

Figura 15: Variação de carbono de raízes

- Síntese geral dos resultados

A tabela 13 apresenta os resultados gerais obtidos para médias de carbono, estratificado em carbono total, acima do nível do solo e de raízes, por hectare em toneladas, onde se observa pouca variação quanto aos estoques para as três florestas.

Tabela 13. Estoques gerais de carbono

	SJI	Buriti	Vencedor
C total (t.ha)	163,83	165,74	165,09
C acima do solo	157,07	158,08	158,17
C de raízes (t.ha)	6,77	7,66	6,92

6.6 Estoques de biomassa e carbono para a região da Resex

As estimativas de biomassa seca e de carbono total apresentam incertezas de 4,03 (Tabela 14) e os resultados de biomassa encontrados estão de acordo com os valores encontrados por Brown *et al.*, (1995) numa floresta primária em Rondônia, variando de 256 a 342 t.ha⁻¹. O valores encontrados por Keller *et al.* (2001), numa floresta primária na Flona do Tapajós (Pará) variaram de 222 a 270 t.ha⁻¹ de biomassa.

Tabela 14: Estimativas de estoques totais para a Resex

	Biomassa seca (t.ha⁻¹)	C (t.ha⁻¹)
Média	339,58	164,70
Desvio	46,35	22,48
IC(95%)	13,70	6,64
Incerteza (%)	4,03	4,03

Para as estimativas de biomassa e carbono acima do nível do solo foram obtidos os valores de 325,04 t.ha⁻¹ e 157,64 t.ha⁻¹ (tabela 15). Quanto aos estoques de carbono acima do nível do solo, Higuchi *et al.* (2004) encontraram estoques variando entre 148 t.C.ha⁻¹ a 181 t.C.ha⁻¹ em parcelas-testemunha de floresta primária não perturbada no período que compreende desde 1986 até 2000. Salomão *et al.* (1998) encontraram um estoque de biomassa igual a 388 t.ha⁻¹ e um estoque de carbono de 194 t.C.ha⁻¹ numa floresta primária no Pará. Esses resultados mostram que existe grande variação quanto aos estoques de biomassa e carbono para a Amazônia.

Tabela 15: Estimativas de estoques acima do nível do solo para a Resex

	Biomassa seca (t.ha⁻¹)	C (t.ha⁻¹)
Média	325,04	157,64
Desvio	45,53	22,08
IC(95%)	13,45	6,52
Incerteza (%)	4,14	4,14

6.7 Diferenças de estoque: carbono acima do nível do solo

Para os cálculos de diferença de estoque foram utilizados os dados de 2004 e 2007 da comunidade São José do Inambé, utilizando apenas o arquivo de dados com os estoques de carbono acima do nível do solo. As médias de carbono em toneladas são apresentadas na tabela 16.

Tabela 16. Diferenças de estoques de carbono com o passar do tempo

Parcela	C (t)
1	-0.497963
2	9.247518
3	3.466637
4	9.506558
5	8.378071
6	-3.626781
7	7.682307
8	8.694888
9	-12.22546
10	6.394829
11	2.349312
12	-0.042672
13	7.889669
14	1.246095
15	-13.15773
16	1.297739
17	3.555885

18	2.111464
19	5.045502
20	7.256895
Soma	54.57277
Média	2.728638
Desvio	6.435594
IC(95%)	2.884783

- ANOVA

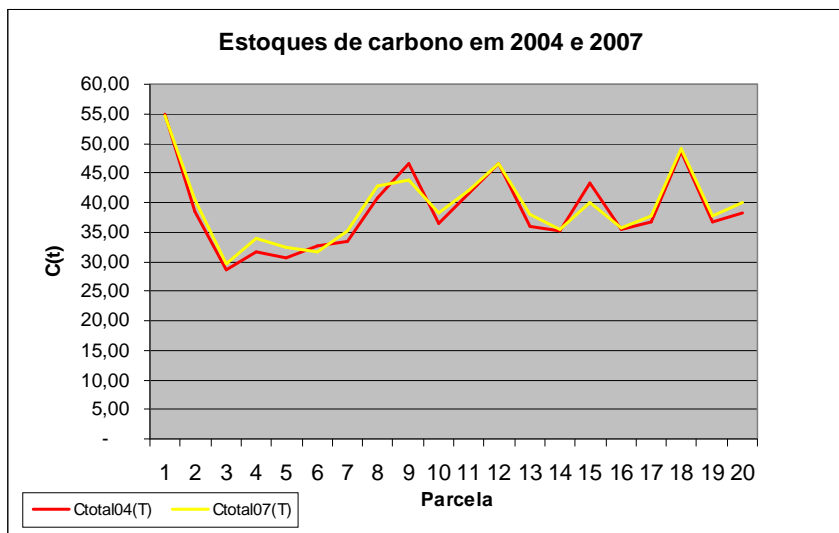
A análise de variância para as diferenças de estoque com o passar do tempo num período de três anos entre a primeira e a segunda medição resultou em não significativa (Tabela 17).

Em relação às diferenças de estoque com o passar do tempo para as 20 parcelas da comunidade São José do Inambé pode-se afirmar que essa floresta não acumulou carbono no período analisado, com um $p=0,731$. Isso pode significar o crescimento lento da floresta como um indicativo de que mudanças na dinâmica florestal ocorrem em longos períodos.

Tabela 17. ANOVA para diferença de estoque

Fonte da variação	GL	SQ	QM	F	P
Ano	1	4,900	7,900	0,120	0,731
Erro	38	1547,000	40,711		
Total	39				

A figura 16 mostra o estoque de carbono por parcela na comunidade São José do Inambé nos anos 2004 e 2007 onde pode-se observar que o comportamento do estoque foi estável podendo dizer que não houve variação no carbono da floresta nesse período.

Figura 16. Comportamento do carbono em duas ocasiões.

6.8 Taxas de incremento

No setor florestal, os modelos de crescimento e incremento são utilizados para prever o crescimento de uma árvore, de um povoamento ou de uma floresta. A tabela 18 apresenta as taxas de incremento em biomassa e carbono para a floresta da comunidade São José do Inambé.

Tabela 18. Incrementos da floresta de SJI

	Biomassa (t.ha⁻¹.ano⁻¹)	Carbono (t.C.ha⁻¹.ano⁻¹)
Total	1,87	0,91
Acima do solo	1,84	0,89
Raízes	0,03	0,02

Quanto ao acúmulo de carbono acima do nível do solo, o valor encontrado foi de 0,89 t.C.ha⁻¹.ano⁻¹. Grace *et al.* (1995) encontraram um incremento de 1,9 t.C.ha⁻¹.ano⁻¹ utilizando o método de eddy flux covariance em floresta não perturbada na região Rondônia. Higuchi *et al.* (2004) encontraram um incremento igual a 1,2 t.C.ha⁻¹.ano⁻¹ para a região de Manaus.

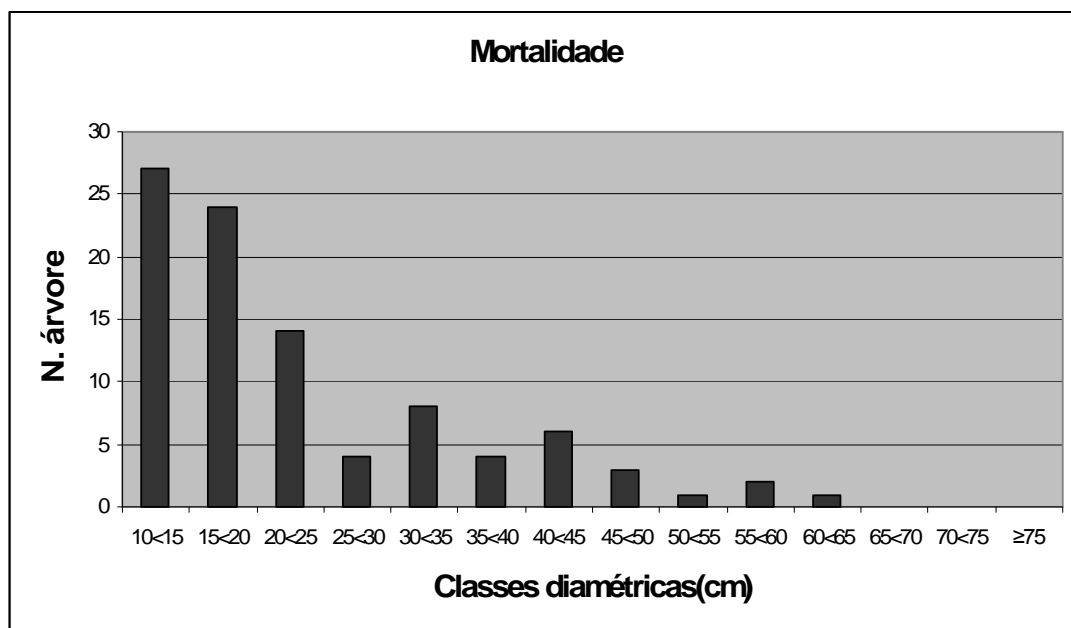
6.9 Taxas de recrutamento e mortalidade

Estudos anteriores na Floresta Amazônica como os de Phillips & Gentry (1994) e Phillips *et al.* (2004) têm mostrado que a mortalidade e recrutamento de árvores aumentaram nas últimas décadas. A mortalidade de árvores implica na perda de biomassa e conseqüentemente na emissão de carbono para atmosfera (Nascimento & Laurance, 2004).

As mudanças internas das florestas primárias estão diretamente ligadas às taxas de recrutamento e mortalidade, as quais, dependendo dos valores alcançados num período qualificam a floresta como fonte ou fixadora de carbono de acordo com um saldo positivo ou negativo (Higuchi *et al.*, 2004).

Utilizando-se a função de Tabela Dinâmica foi possível obter a contagem dos indivíduos recrutados e mortos no período de 2004 a 2007. Para recrutamento, nesse período foi observada a inclusão de 112 novos indivíduos e mortalidade de 94 árvores, o que com um $n=2642$ corresponde a um recrutamento de 4,24% e morte de 3,48% da população total. A figura 17 mostra a variação de mortalidade dentro de cada classe diamétrica.

Figura 17. Variação da mortalidade por classe de diâmetro.



O maior número de mortalidade ocorreu nas primeiras classes diamétricas, ou seja, as árvores mais jovens saíram do sistema. A mortalidade diminuiu para as classes seguintes e nas classes 30<35 e 40<45 houve um aumento dessa taxa. Phillips *et al.* (1994) encontraram taxas médias globais de recrutamento variando entre 0,40% a 2,83% . Felfilli (1995) estudando na região do Cerrado encontrou taxas de recrutamento igual a 2,67% ao ano menor que mortalidade igual a 3,5%.

Essa vulnerabilidade para a mortalidade nas primeiras classes de diâmetro são explicadas por Rossi *et al.*(2007), que considera que no caso de povoamentos inequiâneos é comum esse decréscimo da frequência de árvores à medida que os diâmetros das árvores aumentam e que, essa situação é esperada porque a mortalidade relacionada com a supressão tende a aumentar com o aumento da frequência de árvores.

No entanto, pode-se verificar um equilíbrio no sistema, pois enquanto a mortalidade foi maior na primeira classe, há ainda o recrutamento, que é contabilizado apenas na primeira classe de diâmetro. Ao final, houve um balanço positivo, pois a taxa de árvores que entraram no sistema foi maior que a taxa de árvores que saíram do sistema.

6.10 Projeções para o ano 2010

As projeções para o ano 2010 foram realizadas por meio da cadeia de transição probabilística de Markov, aplicada para a floresta de São José do Inambé com base em dois tempos: t1 (ano 2004) e t+1 (ano 2007) para um intervalo igual de três (3) anos.

Para as projeções, os dados de DAP foram organizados e divididos em classes diamétricas de 5 em 5cm, iniciando em 10cm e finalizando com a classe ≥ 75 cm. Em seguida foram organizados os estratos incluindo o recrutamento, mortalidade, as 14 classes diamétricas e uma classe próxima totalizando 17 estados. São eles:

Estado 1) Recrutamento

Estados 2 a 15) Classes diamétricas de $5 \leq 10$ até ≥ 75 cm

Estado 16) Próxima

Estado 17) Mortalidade

Com a planilha organizada foi obtida uma tabela dinâmica (tabela 19) com a contagem de cada estado com o mesmo número de linhas e colunas (matricial 17x17). A finalidade da tabela dinâmica é organizar os valores trabalhados de campo servindo de base para os consecutivos procedimentos.

Posteriormente obteve-se a uma próxima tabela com a transição dos indivíduos no decorrer do tempo (tabela 20) que mostra as mudanças de classes ou estados dos indivíduos durante o período. Isso significa dizer que uma árvore medida num tempo t pode num tempo $t+1$ permanecer na mesma classe de diâmetro ou estado, mudar para uma ou mais classes seguintes ou morrer.

O próximo passo foi projetar a matriz de probabilidade para o ano 2010. Para isso, a matriz do quadro 20 foi elevada ao quadrado (tabela 21). As freqüências para cada classe foram estimadas pelo produto das probabilidades e freqüência total de cada classe ou estado observada em 2004 (tabela 22). A tabela 23 apresenta um resumo dessa distribuição de freqüência.

Ao final, o teste χ^2 foi aplicado a fim de verificar a confiabilidade do modelo (tabela 24). O χ^2 foi igual a 6.87, menor que o valor tabelado para $\alpha=0,05$ ($\chi^2=22.36$) o que permite afirmar que os dados observados se ajustam a cadeia de transição probabilística de Markov.

Tabela 19. Matriz de transição do estado i para o estado j no período de 2004 a 2007.

	R	10<15	15<20	20<25	25<30	30<35	35<40	40<45	45<50	50<55	55<60	60<65	65<70	70<75	≥75	Próx	M	Total
R	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112
10<15	0	735	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	846
15<20	0	0	525	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	606
20<25	0	0	0	288	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	350
25<30	0	0	0	0	177	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	210
30<35	0	0	0	0	0	108	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	140
35<40	0	0	0	0	0	0	85	13	0	0	0	0	0	0	0	0	4	102
40<45	0	0	0	0	0	0	0	53	16	0	0	0	0	0	0	0	6	75
45<50	0	0	0	0	0	0	0	0	41	12	0	0	0	0	0	0	3	56
50<55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	3	0	0	0	0	0	1	42
55<60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	3	0	0	0	0	2	28
60<65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	0	0	0	1	12
65<70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	11
70<75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5
≥75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	27
Próx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	20
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	112	735	609	345	225	137	109	66	57	50	26	13	12	5	27	20	94	2642

R=recruta; M=mortalidade; Próx= classe próxima

Tabela 20. Matriz de transição probabilística do estado i para o estado j no período de 2004 a 2007.

	R	10<15	15<20	20<25	25<30	30<35	35<40	40<45	45<50	50<55	55<60	60<65	65<70	70<75	≥75	Próx	M
R	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10<15	0	0.8688	0.0993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0319
15<20	0	0	0.8663	0.0941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0396
20<25	0	0	0	0.8229	0.1371	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0400
25<30	0	0	0	0	0.8429	0.1381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0190
30<35	0	0	0	0	0	0.7714	0.1714	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0571
35<40	0	0	0	0	0	0	0.8333	0.1275	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0392
40<45	0	0	0	0	0	0	0	0.7067	0.2133	0	0	0	0	0	0	0	0.0800
45<50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7321	0.2143	0	0	0	0	0	0	0.0536
50<55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9048	0.0714	0	0	0	0	0	0.0238
55<60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8214	0.1071	0	0	0	0	0.0714
60<65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8333	0.0833	0	0	0	0.0833
65<70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
70<75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
≥75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Próx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R=recruta; M=mortalidade; Próx= classe próxima

Tabela 21. Matriz de transição probabilística para o ano 2010.

Classe	R	10<15	15<20	20<25	25<30	30<35	35<40	40<45	45<50	50<55	55<60	60<65	65<70	70<75	≥75	Próx	M	
Recruta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10<15	0	0.7548	0.1723	0.0093	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0317	
15<20	0	0	0.7505	0.1589	0.0129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0381	
20<25	0	0	0	0.6771	0.2284	0.0189	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0355	
25<30	0	0	0	0	0.7104	0.2229	0.0237	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0239	
30<35	0	0	0	0	0	0.5951	0.2751	0.0218	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0508	
35<40	0	0	0	0	0	0	0.6944	0.1963	0.0272	0	0	0	0	0	0	0	0.0429	
40<45	0	0	0	0	0	0	0	0.4994	0.3069	0.0457	0	0	0	0	0	0	0.0680	
45<50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5360	0.3508	0.0153	0	0	0	0	0	0.0443	
50<55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8186	0.1233	0.0077	0	0	0	0	0.0266	
55<60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6747	0.1773	0.0089	0	0	0	0.0676	
60<65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6944	0.1528	0	0	0	0.0694	
65<70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
70<75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
≥75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Próx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R=recruta; M=mortalidade; Próx= classe próxima

Tabela 22. Freqüências esperadas para as classes ou estados.

Classe04	R	10<15	15<20	20<25	25<30	30<35	35<40	40<45	45<50	50<55	55<60	60<65	65<70	70<75	≥75	Próx	M
R	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10<15	0	637.05	145.41	7.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.72
15<20	0	0	454.83	96.28	7.82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.07
20<25	0	0	0	236.98	79.95	6.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.43
25<30	0	0	0	0	149.19	46.81	4.97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.03
30<35	0	0	0	0	0	83.314	38.514	3.059	0	0	0	0	0	0	0	0	7.11
35<40	0	0	0	0	0	0	70.83	20.02	2.77	0	0	0	0	0	0	0	4.37
40<45	0	0	0	0	0	0	0	37.45	23.02	3.43	0	0	0	0	0	0	5.10
45<50	0	0	0	0	0	0	0	0	30.02	19.64	0.86	0	0	0	0	0	2.48
50<55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.38	5.18	0.32	0	0	0	0	1.12
55<60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.89	4.96	0.25	0	0	0	1.89
60<65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.33	1.83	0	0	0	0.83
65<70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0
70<75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
≥75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0
Próx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	112	637.05	600.23	341.15	236.96	136.76	114.32	60.53	55.81	57.45	24.93	13.62	13.08	5	27	20	90.17

R=recruta; M=mortalidade; Próx= classe próxima

Tabela 23. Quadro-resumo das freqüências esperadas

Classe	Árvores			Mortalidade	
	2004	2007 (O)	2010 (E)	2007 (O)	2010 (E)
10<15	844	735	722,33	27	25,10
15<20	606	609	577,16	24	17,21
20<25	350	345	328,71	14	12,43
25<30	210	225	231,93	4	5,03
30<35	140	137	129,64	8	7,11
35<40	102	109	109,95	4	4,37
40<45	75	66	55,44	6	5,10
45<50	56	57	53,33	3	2,48
50<55	42	50	56,33	1	1,12
55<60	28	26	23,04	2	1,89
60<65	12	13	12,79	1	0,83
65<70	11	12	13,08	0	0,00
70<75	5	5	5,00	0	0,00
≥75	27	27	27,00	0	0,00
TOTAL	4512	2416	2345,73	94	82,7

Tabela 24. Comparações entre freqüências observadas (O) em 2007 e esperadas (E) para 2010.

Estado	O	E	X^2
10<15	735	722,33	0,22
15<20	609	577,16	1,76
20<25	345	328,71	0,81
25<30	225	231,93	0,21
30<35	137	129,64	0,42
35<40	109	109,95	0,01
40<45	66	55,44	2,01
45<50	57	53,33	0,25
50<55	50	56,33	0,71
55<60	26	23,04	0,38
60<65	13	12,79	0,00
65<70	12	13,08	0,09
70<75	5	5,00	0,00
≥75	27	27,00	0,00
TOTAL	2416	2345,73	6,87

X^2 tab 0.05; 13gl = 22,36

7 CONCLUSÃO

A partir desse estudo pode-se concluir que o uso do IFC para estimar o estoque e a diferença de estoque de carbono é o melhor meio para determinar a dinâmica florestal.

As análises de variância para biomassa e carbono total e acima do solo não foram significativas com $p= 0,976$ e $p= 0,991$ respectivamente, indicando que não há diferença nos estoques de carbono entre as florestas das três comunidades. Porém, a biomassa e carbono de raízes apresentaram resultados diferentes ($p=0,002$) e o Teste Tukey ($p\leq 0,01$) indicou que a floresta diferente encontra-se na comunidade Buriti ($p=0,003$).

Para as diferenças de estoques da floresta da comunidade SJI, a ANOVA mostrou que não houve aumento significativo no acúmulo de biomassa e carbono nos período de três anos (2004 a 2007). O acúmulo de carbono total foi de $0,91 \text{ t C.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. O estoque total de carbono para a região da Resex foi igual a $164,70 \pm 622,48 \text{ t.C.ha}^{-1}$ (IC 95%) e o estoque acima do nível do solo foi de $157,64 \pm 22,08 \text{ t.C.ha}^{-1}$ (IC 95%).

As projeções da dinâmica da floresta utilizando a cadeia de transição probabilística de Markov tiveram a sua eficácia comprovada com um qui-quadrado (χ^2 tab 0,05) igual a 6,78 indicando que os dados analisados se ajustam à Cadeia de Markov e a probabilidade de que as projeções feitas para o ano 2010 ocorram, são evidentes.

O balanço de carbono da vegetação depende das taxas de mortalidade, recrutamento e do crescimento interno, ou seja, das mudanças nas classes de diâmetro. Do ponto de vista de recrutamento e mortalidade, as taxas foram de 4,24% e 3,48% respectivamente. Sob esse aspecto, pode-se afirmar que a floresta da Resex Auatí-Paraná apresenta um crescimento lento e atua como sumidouro e não como fonte de carbono, concordando com estudos realizados em diferentes lugares da Amazônia.

No campo das mudanças climáticas globais essa informação é positiva, pois a grande discussão nesse sentido trata do papel das florestas mantidas em pé como aliadas nos processos de manutenção dos serviços ambientais e mitigação dos efeitos das mudanças de clima. E nesse sentido, as estratégias do Estado brasileiro ou, em caráter regional de criar Unidades de Conservação são fortes aliadas às demandas de valorização desses recursos florestais.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alder, D. 1980. *Forest volume estimation and yield prediction*. V.2 – Yield Prediction. FAO Forestry Paper 22/2. 194p.
- Araújo, T.M.; Higuchi, N.; Carvalho Jr., J.A. 1999. Comparison os formulae for biomass content determination in a tropical rain Forest in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v 117, p. 43-52.
- Auffhammer, M.; Carson, R.T. 2008. *Forecasting the path of China's CO2 emissions using province-level information*. Journal of Environmental Economics and Management. Vol. 55, issue 3. 229-247.
- Azevedo, C.P.; Sanquetta, C.R.; Silva, J.N.M.; Machado, S.A.; Souza, C.R.; Oliveira, M. M. 2007. Predição da distribuição diamétrica de uma floresta manejada experimentalmente através de um Sistema de Equações Diferenciais. *Acta Amazônica* 2007, v. 37, n. 4, pp. 521-532.
- Botkin, D.B.; Janak, J.F.; Wallis, J.R. 1972a. Rationale, limitations, and assumptions of a northeastern forest growth simulator. *IBM Journal of Research and Development*, Armonk, v. 16, n. 2, p. 101-116.
- Brown, S., A.J.R. Gillespie e A.E. Lugo. 1989, Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35(4):881-902.
- Brown, F.; Nepstad, D.C.; Pires, I.O.; Luz, L.M.; Alechandre, A.S. 1995. Carbon storage na land-use in extractive reserves, Acre, Brazil. *Environmental Conservation*, 19(4): 307-315.
- Buchman, R. G.; Pederson, S. P.; Walters, N. R. 1983. A tree survival model with application to species of the Great Lakes region. *Canadian Journal of Forest Research*, Ottawa, v. 13, n. 4, p. 601- 608.
- Carey, E. V.; Brown, S.; Gillespie, A. J. R.; Lugo, A. E. 1994. Tree mortality in mature lowland tropical moist and tropical lower montane moist forests of Venezuela. *Biotropica*, Lawrence, v. 26, n. 3, p. 255-265.
- Carvalho, J. O. P. 1997. *Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo*

- florestal*. In: curso de manejo florestal sustentável. Tópicos em manejo florestal sustentável. Colombo: Embrapa-CNPQ, p. 43-55.
- Chambers, J. Q.; Higuchi, N.; Schimel, J. P. 1998. Ancient trees in Amazonia. *Nature*, 391:135-136.
- Clement, C.R.; Higuchi, N. 2006. A floresta amazônica e o futuro do Brasil. *Ciência e Cultura*, 58(3):44-49p.
- Clutter, J.L.; Fortson, J.C.; Pienaar, L.V.; Brister, G.H.; Bailey, R.L. 1983. *Timber management: a quantitative approach*. John Wiley and Sons, Inc. New York. 333p.
- Enright, N.; Ogden, J. 1979. Applications of transition matrix models in forest dynamics: *araucaria* in Papua New Guinea and *Nothofagus* in New Zealand. *Australian J. of Ecology*, 4:3-23.
- FANG, J.; WANG, G. G.; LIU, G.; XU, S. 1998. Forest biomass of Masson pine in Huitong, Hunan Province. *For. Res.* v.1, p.117-134.
- Fearnside, P.M. 1992. Forest biomass in Brazilian Amazonia: Comments on the estimate by Brown and Lugo. *Interciencia* 17(1): 19-27.
- Fearnside, P.M., N. Leal Filho e F.M. Fernandes. 1993. Rainforest burning and the global carbon budget: biomass, combustion efficiency, and charcoal formation in the Brazilian Amazon. *J. of Geophysical Research*, 98(D9):16733-16743.
- Fearnside, P.M. 1994. Biomassa das florestas amazônicas brasileiras. Emissão x seqüestro de CO₂ – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. In: Companhia Vale do Rio Doce (ed), *Emissão e seqüestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil*, Rio de Janeiro: 14-37p.
- Fearnside, P.M. 1997. Greenhouse gases from deforestation in Brazilian Amazonia: Net committed emissions. *Climatic Change* 35(3): 321-360
- Fearnside, P.M. 2000. Effects of land use and forest management on the carbon cycle in the Brazilian Amazon. *Journal of Sustainable Forestry* 12(1-2): 79-97.
- Fearnside, P.M. 2003. Emissões de gases de efeito estufa oriundas da mudança do uso da terra na Amazônia brasileira. p. 45-68 In: *A Floresta Amazônica nas Mudanças*

- Globais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus, Amazonas, Brasil. 134 p.
- Fearnside, P.M. (ed.) 2003a. A Floresta Amazônica nas Mudanças Globais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus, AM. 134 pp.
- Fearnside, P.M. 2006. Tropical Deforestation and Global Warming. *Science* 312: 1137
- Fearnside, P.M. 2007. Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais. *Brazilian Journal of Ecology* 10(2): 83-100.
- Felfili, J.M. 1995. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil. *Vegetation*, v.117, p.1-15
- Ferguson, I.S. e Leech, J.W.. 1978. Generalized Least Squares Estimation of Yield Functions. *Forest Science* 24:27-42.
- Finger, C.A.G. 1992. Fundamentos de biometria florestal. Santa Maria : UFSM / Centro de Pesquisas. 269p.
- Finger, C.A.G.; Spatheff, P.; Schneider, P.R.; Coelho, L. 2000. Curvas de altura-diâmetro de acácia negra (*Acácia mearnsii* de Wild.). *Revista Ciência Rural*. Santa Maria. Vol. 30, N. 3, 387-391p
- Foster Brown, I., L.A. Martinelli, W. Wayt Thomas, M.Z. Moreira, C.A. Cid Ferreira e R. Victória. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondônia. *Forest Ecology and Management*, 75:175-189.
- Furriela. R.B. 2005. Introdução à mudança climática global: desafios atuais e futuros. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia – IPAM.
- Gomes, J.M. 2007. Equação alométrica para estimar o volume de madeira na reserva extrativista Auatí-Paraná, município de Fonte Boa (AM). Dissertação de Mestrado. Inpa. 75p.
- Hann, D. W. 1980. Development and evaluation of an even- and uneven-aged ponderosa pine/Arizona Fescue stand simulator. Ogden: Forest Service/Intermountain Forest and Range Experiment Station. 95 p. (Research Paper, n. 267)
- Higuchi, F.G. 2007. A influência do tamanho da parcela na precisão da função de

- distribuição de diâmetro de Weibull da floresta Primária da Amazônia Central. Dissertação de mestrado. UFPR. 59 p.
- Higuchi, N.; Santos, J.; Jardim, F. C. S. 1982. Tamanho de parcela amostral para inventários florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4. São Paulo. Anais... São Paulo: SBS, 1982. p. 649-656.
- Higuchi, N. 1987. *Short-term growth of na undisturbed tropical moist Forest in the Brazilian Amazon*. Tese de doutorado. MSU. 129p.
- Higuchi, N.; Carvalho Jr., A. 1994. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Companhia Vale do Rio Doce (ed), *Emissão e seqüestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil*, Rio de Janeiro: 135-153.
- Higuchi, N.; Santos, J. Ribeiro, R.J.; Minette, L.; Biot, Y. 1998. Biomassa da parte de aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta amazônica*. 28(2): 153-166 p.
- Higuchi, N., Chambers, J. Q., Santos, J., Ribeiro, R. J., Pinto, A. C. M., Silva, R. P., Rocha, R. M., Tribuzy, E. S. 2004. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. *Floresta*, 34(3): 295-304.
- Higuchi, N.; Chambers, J.Q.; Santos, J.; Ribeiro, R.J.; Pinto, A.C.M.; Silva, R.P.; Rocha, R.M.; Tribuzy, E.S. 2005. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. *Revista Floresta*. 34(3):295-304.
- Higuchi, N.; Santos, J.; Lima, A. J. N.; Teixeira, L. M.; Carneiro, V. M. C.; Tribuzy, E. S. 2006. Manejo florestal sustentável na Amazônia brasileira. Manaus, p. 140-155.
- Higuchi, N.; Santos, J.; Martins, L. T.; Nogueira, A. J. L. 2006. O mercado Internacional de madeira tropical está à beira do colapso. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- Higuchi, N.; Lima, A.J.N.; Santos, J.; Cunha, U.S.; Souza, C.R.; Soares, J.B. 2007. Duas Décadas de Parcelas Permanentes na Amazônia. 58^o Congresso Nacional de Botânica. *A Botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais*. São Paulo: 337-341.

- Husch, B.; Miller, C. I.; Beers, T. W. Forest mensuration. 2.ed. New York: John Willey & Sons, 1972. 410 p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. 2007. Disponível em: www.ibge.gov.br
- Instituto de Desenvolvimento Sustentável – IDS . 2009. Disponível em: www.florestavivaextrativismo.org.br/
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2000. Special report: emissions scenarios. <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2004. IPCC Workshop on Climate Sensitivity. Disponível em: <http://www.climate-science.gov/Library/ipcc/workshop26-29july2004.htm>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate Change 2007 : Syntheses Report. Disponível em: www.ipcc.ch.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2008. Disponível em www.ipcc.ch/about/index.htm
- Ivanauskas, N. M.; Monteiro, R.; Rodrigues, R. R. Estrutura de um trecho de floresta amazônica na bacia do alto rio xingu. Acta amazônica. Vol. 34(2) 2004: 275 – 299.
- Keller, M.; Palace, M.; Hurtt, G. 2001. Biomass estimation in the Tapajos National Forest, Brazil: examination of sampling and allometric uncertainties. Forest Ecology and Management, v. 154, n. 3, 371-382p.
- Kohyama, T.; Takada, T. 1998. Recruitment rates in forest plots: Gf estimates using growth rates and size distributions. Journal of Ecology, Oxford, v. 86, n. 4, p. 633-639,
- Kramer, H.; Akça, A.. 1982. Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. Frankfurt a.M. : Sauerländers Verlag. 251p.
- Larcher, W. 1986. Utilização de carbono e produção de matéria seca. In: LARCHER, W.; LAMBERT, A. Ecofisiologia Vegetal. São Paulo: EPU. 74-160p.
- Lei Estadual sobre Mudanças Climáticas Nº 3.135/2007.

- Lewis, S.L.; Phillips, O.L.; Sheil, D.; Vinceti, B.; Baker, T. R.; Brown, S.; Graham, A.W.; Higuchi, N.; Hilbert, D.W.; Laurance, W.F.; Lejoly, J.; Malhi, Y.; Monteaudou, A.; Núñez Vargas, P.; Sonké, B.; Supardi, N.; Terborgh, J.W.; Vasquez, M.R. 2004. *Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and Comparison when census intervals vary*. Journal of ecology, Oxford, v. 92, n. 6. 929-944p.
- Loetsch, F.; Zöhrer, F. e Haller, KE. 1973. Forest Inventory. BLV Verlagsgesellschaft, Munique. Volume II. 469p.
- Machado, P.L..A. carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. Química Nova, Vol. 28, No. 2, 329-334, 2005.
- MCT, 2007. Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/63783.html>
- Mapa Embrapa. 2007. Rede de Parcelas Permanentes. Sistema Nacional de parcelas Permanentes. http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/sispp/SisPP_result.htm
- Muller-Landau, H. C. 2004. Relating functional traits, demography, and size distributions of tropical tree species and communities. Association for Tropical Biology and Conservation annual meeting. Symposium on Morphology and Life History Relationships Among Neotropical Forest Trees. Miami, Florida.
- Nascimento, H. E. M.; Laurance, W. F. 2004. Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a landscape-scale study. Forest Ecology and Management, 168:311-321.
- Nogueira, E.M.; Nelson, B.W.; Fearnside, P.M. 2004. Densidade do Cerne de Árvores na Amazônia central: Efeito da Temperatura e Reidratação. In: 3º Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Engenharia Florestal / 1º Encontro Amazônico de Ciências Florestais. Manaus-AM: Gráfica Vitória. v. Único.
- Oliveira, L.C.; Valentim, N.W.; Figueiredo, E. O.; Franke, I.L. 2003. Impactos da exploração seletiva de madeira em áreas em processo de fragmentação florestal na Amazônia ocidental. Revista Cerne. Lavras. V.9. n.2, 213-220p.

- Pellico Netto, S. ; Brena, D. A. . Inventário Florestal. 1ª. ed. Curitiba - Pr: Proprios autores, 1997. v. 1000. 316 p.
- Phillips, O.L.; Gentry, A.H. 1997. Increasing turnover through time in tropical forests. *Science*, 263:954-958.
- Phillips, O.L., T. Baker, L. Arroyo, N. Higuchi, T. Killeen, W.F. Laurance, S.L. Lewis, J. Lloyd, Y. Malhi, A. Monteagudo, D. Neill, P. Núñez Vargas, N. Silva, J. Terborgh, R. Vásquez Martínez, M. Alexiades, S. Almeida, S. Brown, J. Chave, J.A. Comiskey, C.I. Czimczik, A. Di Fiore, T. Erwin, C. Kuebler, S.G. Laurance, H.E.M. Nascimento, J. Olivier, W. Palacios, S. Patiño, N. Pitman, C.A. Quesada, M. Saldias, A. Torres Lezama, B. Vinceti. 2004. 'Pattern and process in Amazon forest dynamics, 1976-2001'. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B*. 359: 381-407.
- PNUD, 2007. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/energia>.
- Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança no Clima. (1997). Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4006.html>
- Putz, F. E., P. D. Coley, K. Lu, A. Montalvo, and A. Aiello. 1983. Uprooting and snapping of trees: Structural determinants and ecological consequences. *Canadian Journal of Forest Research*.13:1011-1020
- Queiroz, W.T. 1998. Técnicas de amostragem em Inventário Florestal nos Trópicos. Belém. FCAP. Serviço de Documentação e Informação. 147p.
- RADAMBRASIL. Programa de Integração Nacional. Levantamentos de Recursos Naturais. 1978. V. 14 (Alto Solimões) – RADAM (projeto) DNPM, Ministério de Minas e Energia. Brasil. 626p.
- Rafael de Paiva Salomão, Daniel C. Nepstad, Ima Célia Guimarães Vieira .Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo. Eds: C. Gascon & P. Moutinho. INPA, Manaus, 1998. 373p.
- Ranzani, G. 1980. Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical. *Acta Amazonica*, 10(1):7-41.

- Rocha, R.M. 2001. *Taxas de recrutamento e mortalidade da floresta de bacia do rio Cuieiras na região de Manaus (AM)*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas.78p.
- Rossi, L.M.B.; Koelher, H.S.; Arce, J.E. ; Sanquetta, C.R. 2007. Modelagem de recrutamento em florestas. *Revista Floresta*, V. 37, n.3. 453-467.
- Salati, E. Emissão x seqüestro de CO₂ – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. 1994. *In: Companhia Vale do Rio Doce (ed), Emissão e seqüestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil*, Rio de Janeiro: 14-37.
- Salomão, R.P.; Nepstad, D.C.; Viera, I.C.G. 1996. Como a biomassa de florestas tropicais influi no efeito estufa. *Revista Ciência Hoje*. V. 21. n.122. 38-47p.
- Sanquetta, C.R.; Brena, D.A.; Ângelo, H.; Mendes, J.B. 1996. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. *Revista Ciência Florestal*, v.6, n.1. 65-78.
- Silva, J. N. M.; Carvaho, J.O.P.; Lopes, J.C.A. 1985. Inventário florestal de uma área experimental na Floresta Nacional do Tapajós. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 10/11, p. 38-110.
- Silva, R.P. 2007. Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM). Tese de Doutorado. CFT-INPA. 135p.
- Silveira, P.; Koehler, H.S.; Sanquetta, C.R.; Arce, J.E. 2008. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. *Revista Floresta*. V.38, n.1.185-205.
- Soares, T. de J & Higuchi, N. 2006. A convenção do clima e a legislação brasileira pertinente, com ênfase para a legislação ambiental do Amazonas. *Acta Amazônica* VOL. 36(4): 573-580.
- Souza, M.H.; Magliano, M.M.; Camargos, J.A.A. 1997. Madeiras tropicais brasileiras (Brazilian tropical woods). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Laboratório de Produtos Florestais. Brasília. 152p.

- Sullivan, A.D. e Clutter, J.L. 1972. A Simultaneous Growth na Yield Model for Loblolly Pine. *Forest Science* 18:76-86.
- Trugilho, P.F.; Silva, D.A.; Frazão, F.J.L.; Matos, J.L.M. 1990. Comparação de métodos de determinação de densidade básica em madeira. *Acta Amazonica*, 20 (único): 307-319.
- Timothy R. Baker^{1,2*}, Oliver L. Phillips², Yadvinder Malhi³, Samuel Almeida⁴, Luzmila Arroyo⁵, Anthony Di Fiore⁶, Terry Erwin⁷, Niro Higuchi⁸, Timothy J. Killeen⁹, Susan G. Laurance¹⁰, William F. Laurance¹⁰, Simon L. Lewis^{2,3}, Abel Monteagudo^{11,12}, David A. Neill¹³, Percy Nuñez Vargas¹¹, Nigel C. A. Pitman¹⁴, J. Natalino M. Silva^{15,16} and Rodolfo Vásquez Martínez¹². Increasing biomass in Amazonian forest plots. Published online 11 February 2004. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* (2004) 359, 353–365 .The Royal Society .2004.
- Vanclay, J.K. 1994. Modelling forest growth and yield. Wallingford : CAB International. 312p.
- WRI (2004a). The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. March.