

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

**IMPACTO DO MANEJO FLORESTAL COMUNITÁRIO NO ESTOQUE
DE CARBONO DA VEGETAÇÃO DA RESERVA DE
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO UATUMÃ, AM**

ANDRÉ LUIZ MENEZES VIANNA

Manaus, Amazonas
agosto, 2011

ANDRÉ LUIZ MENEZES VIANNA

**IMPACTO DO MANEJO FLORESTAL COMUNITÁRIO NO ESTOQUE
DE CARBONO DA VEGETAÇÃO DA RESERVA DE
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO UATUMÃ, AM**

Orientador: Dr. PHILIP MARTIN FEARNSIDE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências de Florestas Tropicais como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências de Florestas Tropicais, área de concentração em Manejo florestal.

Manaus, Amazonas
agosto, 2011

V617

Vianna, André Luiz Menezes

Impacto do manejo florestal comunitário no estoque de carbono da vegetação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã, AM / André Luiz Menezes Vianna. --- Manaus : [s.n.], 2011.
viii, 34 f. : il.

Dissertação (mestrado) -- INPA, Manaus, 2011

Orientador : Philip Martin Fearnside

Área de concentração : Ciências de Florestas Tropicais

1. Manejo florestal. 2. Unidades de conservação. 3. Biomassa. 4. Uso do solo.
5. Carbono – Redução de emissões. 6. Exploração florestal. I. Título.

CDD 19. ed. 634.928

Sinopse:

Os impactos do manejo florestal comunitário no estoque de carbono da vegetação da RDS do Uatumã foram quantificados. Redução do estoque de carbono após a exploração florestal, alterações no número de indivíduos e no estoque de carbono da regeneração natural e danos aos indivíduos remanescentes foram quantificados em área de manejo florestal de pequena escala em uma reserva de desenvolvimento sustentável no Amazonas.

Palavras-chave:

Manejo florestal, Unidades de conservação, Biomassa, Uso do solo, Carbono, Exploração florestal.

AGRADECIMENTOS

Ao INPA e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais pela oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela bolsa de mestrado concedida.

Ao meu orientador Dr. Philip Martin Fearnside e ao Paulo Graça, pela orientação, confiança, oportunidade e contribuição em minha carreira profissional.

Ao Idesam - Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas, por financiar e viabilizar o estudo.

A todos que trabalharam na elaboração dos primeiros planos de manejo florestal em terra firme em uma Unidade de Conservação do Amazonas, tanto no campo como em embates políticos.

Aos meus colegas de turma, aos moradores da Casa Branca e à equipe do Idesam por dividirem conhecimentos, experiências e visões sobre a Amazônia. Aos meus pais, Marisa e Alberto, aos meus avós, Elisa e Mario, irmãos Bernardo e Maurício pelo apoio em todos os momentos, ensinamentos, incentivos e alegrias.

Aos moradores da RDS do Uatumã que acreditam na Reserva e no Manejo Florestal como alternativas de renda e de proteção à floresta. A todos, obrigado!

RESUMO

O manejo florestal pode resultar em perdas ou benefícios líquidos de carbono em função da atividade que se deseja evitar: floresta não explorada, exploração insustentável de madeira ou desmatamento; assim como em função das técnicas utilizadas no manejo florestal. Quantificar o impacto da atividade florestal se torna importante para avaliar se há perda ou benefícios de carbono, assim como sustentabilidade do uso do recurso florestal. O estudo quantificou o impacto do manejo de florestal realizado sob as normas de Planos de Manejo Florestal Sustentável de Pequena Escala, categoria de plano de manejo florestal do Estado do Amazonas, Brasil, para pequenos manejadores. O impacto foi quantificado dois meses após a exploração por meio de alterações no estoque de carbono, no número de indivíduos e na biomassa da regeneração natural, nos danos causados aos indivíduos arbóreos remanescentes. O trabalho foi realizado na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã, Amazonas, Brasil, e avaliou três áreas de manejo florestal de pequena escala, sendo uma área testemunha. O estoque de carbono total médio, acima e abaixo do solo, anterior à exploração florestal foi estimado em $161,25 \pm 9,66 \text{ MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$. Após dois meses da exploração, foi verificada a redução de 3% na área de manejo número 1 (AM1) e 8,3% na área de manejo número 3 (AM3). Houve redução na área basal de ambas as áreas de manejo: 6,3% na AM1 e 8,4% na AM3. Por cada árvore colhida, a exploração florestal causou danos a 12 árvores para a AM1 e 4 árvores para a AM3. As reduções de estoque de carbono, área basal e número de árvores danificadas por árvore colhida foram inferiores às reduções verificadas para manejo florestal com uso de máquinas e para outras experiências sem uso de máquinas. Não foi verificada alteração significativa no estoque de carbono da regeneração natural, no entanto, foi verificado aumento no número de indivíduos, tanto nas áreas exploradas como nas suas respectivas áreas testemunhas.

ABSTRACT

Forest management can result in net losses or benefits, and assessing the impact of forestry activity is important in evaluate the sustainability of forest and resource usage as well as their effects on the environment. This study quantified the impact of community forest management conducted under the rules for Small Scale Sustainable Forest Management, which is a category of forest management plans for small managers in the State of Amazonas, Brazil. The impact was quantified by means of changes in carbon stocks, number of individuals and in carbon stocks of natural regeneration, and damage caused to the remaining trees. The work was done in the Uatumã Sustainable Development Reserve, Amazonas, Brazil. Three areas of community forest management were evaluated, one as a control plot. After harvesting, the carbon stock in live mean total, aboveground and belowground, was estimated at $161.25 \pm 9.66 \text{ MgC.ha}^{-1}$. Two months after the harvest reductions of 3% in management area number 1 (MA1) and 8.3% in management area number 3 (MA3) were estimated. There was a reduction in basal area in both management areas, 6.3% in MA1 and 8.4% in MA3. Per tree harvested the harvest caused damage to 12 trees in MA1 and 4 trees in MA3. The reduction in carbon stocks and in basal area and the number of trees damaged per tree harvested were lower than the reduction in areas that use machines and other experiences without machines. No significant change in carbon stocks of natural regeneration was found, but the number of individuals increased in both management areas and in the control plots.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características das áreas de manejo estudada.....	10
Tabela 2. Equações para estimativa de biomassa fresca (kg).....	12
Tabela 3. Resultados da quantificação de estoque de carbono no tempo 1.....	16
Tabela 4. Resultados do impacto da exploração florestal no estoque de carbono, diferença entre estimativa inicial e estimativa após exploração florestal.....	17
Tabela 5. Resultados das alterações ocorridas na regeneração natural. ...	18
Tabela 6. Resultados para número de indivíduos por hectare no tempo 1, em número absoluto, e alterações em relação ao tempo 2, em porcentagem, discriminados por formas de vida.	32
Tabela 7. Resultados para biomassa no tempo 1 (Te 1), em kg por hectare, e alterações em relação ao tempo 2 (Te 2), em porcentagem, discriminados por formas de vida.	32
Tabela 8. Número de árvores danificadas, número absoluto e em função do número de árvores colhidas..	33
Tabela 9. Avaliação de danos causados no tronco em porcentagem em relação ao total de indivíduos mensurados e número absoluto entre parênteses.....	33
Tabela 10. Avaliação de danos causados na copa, em porcentagem, em relação ao total de indivíduos mensurados e número absoluto entre parênteses.....	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã.....	8
Figura 2. Número de árvores com copa danificada.....	19
Figura 3. Número de árvores com tronco danificado.....	19

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
OBJETIVO	2
CAPÍTULO 1: IMPACTO DO MANEJO FLORESTAL DE PEQUENA ESCALA NO ESTOQUE DE CARBONO DA VEGETAÇÃO DA RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO UATUMÃ, AMAZONAS, BRASIL	3
RESUMO	3
ABSTRACT	4
INTRODUÇÃO.....	5
MATERIAL E MÉTODOS.....	7
Área de estudo	7
Sistema de Manejo Florestal da RDS do Uatumã	9
Estoque de carbono inicial e alterações em função da exploração florestal.....	10
Quantificação do estoque de carbono	11
Alterações na regeneração natural em função da exploração florestal.....	13
Quantificação de estoque de carbono e análise de dados	13
Avaliação de danos	14
RESULTADOS	15
Estoque de carbono e alterações devido à exploração.....	15
Regeneração natural	17
Avaliação de danos	18
DISCUSSÃO.....	20
Estoque de carbono e alterações devido à exploração.....	20
Regeneração Natural.....	23
Avaliação de danos	25
CONCLUSÃO.....	27
AGRADECIMENTOS	27
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	27
SÍNTESE	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
APÊNDICE A – Resultados detalhados por formas de vida para alterações na regeneração natural	32
APÊNDICE B – Resultados detalhados por classe de DAP para a avaliação de danos ..	33

APÊNDICE C – Metadados das parcelas permanentes da RDS do Uatumã34

INTRODUÇÃO GERAL

Áreas protegidas representam um dos componentes essenciais do conjunto de estratégias para conter o desmatamento e a liberação consequente de carbono. Do peso seco das árvores 48,5% é constituída de carbono (Silva, 2007), liberado quando a floresta é desmatada, ou como gás carbônico (CO₂) ou como metano (CH₄), assim como, parte do carbono no solo debaixo da floresta (Fearnside, 2008). Unidades de conservação podem ter efeitos tanto de curto como de longo prazo. No curto prazo, a criação de área protegida pode causar a redução significativa do desmatamento por grileiros, pois a existência de reserva reduz-lhes a chance de receberem, o título de propriedade da terra legal futuramente, o que restringe o motivo para desmatarem. Em longo prazo, a instalação de reservas pode agir como barreira que inibe o avanço do desmatamento em áreas além da própria reserva (Fearnside, 2008). Em relação aos programas de controle do desmatamento por repressão, áreas protegidas possuem grau de permanência maior, dando assim às unidades de conservação valor adicional no sentido de evitar emissões por mudança de uso do solo (Dutschke, 2007).

Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDSs) são unidades de conservação de uso sustentável, cujo objetivo é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos seus recursos naturais, assim como assegurar as condições e os meios necessários para a manutenção da qualidade de vida para as populações tradicionais que residem dentro de suas fronteiras (Sistema Estadual de Unidades de Conservação-SEUC, 2007). A exploração madeireira realizada por populações tradicionais se caracteriza como uma das formas de uso sustentável dos recursos naturais e o manejo florestal foi reconhecido, durante a 16^a Conferência das Partes (COP16) da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC), como um esforço para a conservação das florestas (Cenamo e Pavan, 2011).

De acordo com Medina e Pokorny (2008), que avaliaram a rentabilidade econômica de iniciativas piloto de manejo florestal comunitário na Amazônia brasileira apoiadas pelo IBAMA/ProManejo, os modelos exigem altos investimentos na implantação e tendem a demandar subsídios constantes, tanto técnicos como econômicos. A comercialização de carbono se configura como importante ferramenta a ser utilizada para fornecer esses fluxos monetários, principalmente em Unidades de Conservação do Estado do Amazonas, onde já existe aparato legal e metodológico em andamento. Para tal se faz necessário conhecer os reais impactos do manejo florestal no estoque de carbono da floresta manejada. Apesar de existirem informações sobre a dinâmica do estoque de carbono em área sob manejo florestal,

os estudos se concentram em áreas experimentais ou em áreas de exploração de maior impacto (empresarial). Poucos são os estudos em áreas sob manejo florestal comunitário.

No Amazonas, foi estabelecida, em 2008, a categoria de plano de manejo florestal, denominada Plano de Manejo Florestal Sustentável de Pequena Escala (PMFSPE), que tem como objetivo regularizar a atividade madeireira de pequenos produtores. No entanto, esta categoria possui critério de seleção de árvores para corte e para árvores remanescentes diferente da regulamentação federal. Em âmbito federal os planos de manejo florestal são elaborados de acordo com as normas da Resolução CONAMA N° 406 de 2 de fevereiro de 2009, que divide os planos de manejo florestal em duas categorias: com uso de máquinas para arraste e sem uso de máquinas para arraste, sendo que grande parte dos planos de manejo florestal de comunidades na Amazônia são elaborados de acordo com os critérios da categoria de não uso de máquinas para arraste.

Não há estudos que avaliem os impactos dos planos de manejo de pequena escala, assim, é necessário avaliar se tais planos de manejo elaborados para pequenos manejadores são realmente de baixo impacto como fora idealizado.

OBJETIVO

Quantificar o impacto do manejo florestal comunitário realizado na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã no estoque de carbono da vegetação manejada, sob as normas de um Plano de Manejo Florestal Sustentável de Pequena Escala, categoria de plano de manejo do Estado do Amazonas para pequenos manejadores.

Capítulo 1

Vianna, A.L.M.; Fearnside, P. 2011. Impacto do manejo florestal comunitário no estoque de carbono da vegetação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã, Amazonas, Brasil.

Impacto do manejo florestal comunitário no estoque de carbono da vegetação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã, Amazonas, Brasil

André Luiz Menezes VIANNA¹; Philip Martin FEARNSIDE²

1 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, CEP: 69060-001 - Manaus - AM. Brasil. Fone/Fax: +55 092 3643-1838. E-mail: almvianna@gmail.com

2 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Av. André Araújo, 2936 - Petrópolis, CEP: 69060-001 - Manaus - AM. Brasil. Fone/Fax: +55 092 3643-1838. E-mail: pmfearn@inpa.gov.br

RESUMO

O manejo florestal pode resultar em perdas ou benefícios líquidos de carbono em função da atividade que se deseja evitar: floresta não explorada, exploração insustentável de madeira ou desmatamento; assim como em função das técnicas utilizadas no manejo florestal. Quantificar o impacto da atividade florestal se torna importante para avaliar se há perda ou benefícios de carbono, assim como a sustentabilidade do uso do recurso florestal. O estudo quantificou o impacto do manejo de florestal realizado sob as normas de Planos de Manejo Florestal Sustentável de Pequena Escala, categoria de plano de manejo florestal do Estado do Amazonas, Brasil, para pequenos manejadores. O impacto foi quantificado dois meses após a exploração florestal por meio de alterações no estoque de carbono, no número de indivíduos e na biomassa da regeneração natural, nos danos causados aos indivíduos arbóreos remanescentes. O trabalho foi realizado na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã, Amazonas, Brasil, e avaliou três áreas de manejo florestal de pequena escala, sendo

uma área testemunha. O estoque de carbono total médio, acima e abaixo do solo, anterior à exploração florestal foi estimado em $161,25 \pm 9,66 \text{ MgC.ha}^{-1}$. Após dois meses da exploração, foi verificada a redução de 3% na área de manejo número 1 (AM1) e 8,3% na área de manejo número 3 (AM 3). Houve redução na área basal de ambas as áreas de manejo: 6,3% na AM1 e 8,4% na AM3. Por cada árvore explorada, a exploração florestal causou danos a 12 árvores para a AM1 e 4 árvores para a AM3. As reduções de estoque de carbono, área basal e número de árvores danificadas por árvore explorada foram inferiores às reduções verificadas para manejo florestal de maior impacto e para outras experiências de manejo florestal comunitário. Não foi verificada alteração significativa no estoque de carbono da regeneração natural, no entanto, foi verificado aumento no número de indivíduos, tanto nas áreas exploradas como nas suas respectivas áreas testemunhas.

Palavras-chave: Biomassa, exploração florestal, uso do solo, redução de emissões, REDD, aquecimento global, unidades de conservação.

Impact of small scale forest management on carbon stock of sustainable development reserve Uatumã's vegetation, Amazonas, Brazil

ABSTRACT

Forest management can result in net losses or benefits, and assessing the impact of forestry activity is important in evaluate the sustainability of forest and resource usage as well as their effects on the environment. This study quantified the impact of community forest management conducted under the rules for "Small Scale Sustainable Forest Management. Which is a category of forest management plans for small managers in the State of Amazonas, Brazil. The impact was quantified by means of changes in carbon stocks, the number of individuals and the biomass of natural regeneration, and damage caused to the remaining

trees. The work was done in the Uatumã Sustainable Development Reserve, Amazonas, Brazil. Three areas of community forest management were evaluated, one of these it is a control plot. After harvesting, the carbon stock in live average total, aboveground and belowground, was estimated at $161.25 \pm 9.66 \text{ MgC.ha}^{-1}$. Two months after the harvest reductions of 3% in management area number 1 (MA1) and 8.3% in management area number 3 (MA3) were estimated. There was a reduction in basal area in both management areas, 6.3% in MA1 and 8.4% in MA3. Per tree harvested the harvest caused damage to 12 trees in MA1 and 4 trees in MA3. The reduction in carbon stocks and in basal area and the number of trees damaged per tree harvested were lower than the reduction in areas harvested by companies and in community forest management. No significant change in the biomass of natural regeneration was found, but the number of individuals increased in both management areas and in their respect control plots.

Key-words: Biomass, harvesting, logging, land use, emission reduction, REDD, global warming, conservation units.

INTRODUÇÃO

Na Amazônia brasileira, 0,08 Gt (Gigatoneladas = 10^9 toneladas) de carbono por ano são liberadas para atmosfera decorrente da exploração madeireira (Asner *et al.*, 2005). As emissões do manejo florestal podem resultar em perdas ou benefícios líquidos, que serão diferentes dependendo de qual alternativa se deseja evitar: floresta não explorada, exploração insustentável de madeira ou desmatamento. Em relação à floresta não explorada, o manejo florestal sustentável representa perda líquida de carbono; em comparação com as outras duas alternativas, o manejo florestal resultaria em ganhos líquidos (Fearnside, 1995). As perdas e os benefícios de carbono decorrentes do manejo florestal, além de variarem em função da alternativa a ser evitada, também serão em função da biomassa da floresta, uma vez que

48,5% da biomassa seca de uma árvore é carbono (Silva, 2007). As perdas também variam em função dos métodos e técnicas empregados no manejo florestal realizado.

A biomassa florestal é proporcional ao número de indivíduos, à área basal e à densidade da madeira das espécies encontradas. Na Bacia Amazônica essas três variáveis são influenciadas por tipo de solo, radiação solar e pluviosidade (Nogueira, 2008; Malhi *et al.*, 2006). A densidade da madeira varia inversamente à fertilidade do solo, à frequência de distúrbios naturais, à disponibilidade de luz no sub bosque e à umidade. No sul e no sudoeste da Amazônia brasileira, florestas abertas e naturalmente perturbadas tendem a ter maior número árvores de rápido crescimento com madeira menos densa e menor número de indivíduos por hectare. Uma vez que o dossel é mais aberto, há maior penetração de luz quando comparado à floresta densa. Nestas florestas, a precipitação anual é menor e o período seco é mais longo do que na porção central e oeste da Amazônia (Nogueira, 2008). Na região costeira da Amazônia brasileira, Amapá, e nas Guianas, há alta biomassa florestal em função da alta área basal e alta densidade de madeira devido à baixa fertilidade dos solos (Malhi *et al.*, 2006). De forma geral, a Bacia Amazônica registra área de floresta de $5,76 \times 10^6$ km² com biomassa seca entre 250 a 350 Mg por hectare (Malhi *et al.*, 2006).

O manejo pode reduzir a biomassa florestal, ou o estoque de carbono da floresta, em 20% após a exploração (Gerwing e Vidal, 2002), e aumentar em 200% a necromassa, o que aumentaria os riscos de incêndios florestais (Veríssimo *et al.*, 1992). Como forma de se reduzirem as emissões do manejo florestal, é necessário adotar técnicas menos impactantes. A utilização do conjunto de técnicas de Exploração de Impacto Reduzido (EIR) pode reduzir 32% das emissões em relação às emissões decorrentes da exploração convencional. No entanto, mesmo com o uso de técnicas de EIR, após o ciclo de 30 anos, o estoque de carbono pode não ter sido recuperado e estar em torno de 94% do estoque inicial (Putz *et al.*, 2008).

O futuro estoque de biomassa pode ser comprometido, caso os impactos sobre a regeneração natural e sobre os danos aos indivíduos remanescentes sejam superiores à capacidade de regeneração da floresta. Em áreas manejadas sob regime de maior impacto onde são utilizadas máquinas para arraste, há a tendência de redução no número de indivíduos da regeneração natural nos primeiros anos após a exploração florestal, com posterior aumento no número de indivíduos, até a tendência de retomada no número inicial de indivíduos (Carneiro, 2010). Quanto ao número de árvores remanescentes danificadas por árvore explorada, ele pode ser entre 20 e 27 indivíduos nas áreas de manejo com uso de máquinas (Johns *et al.*, 1996; Veríssimo *et al.*, 2002a; Veríssimo *et al.*, 2002b).

Os estudos sobre o impacto do manejo florestal se concentram em áreas experimentais ou em áreas de exploração com uso de máquinas. Poucos são os estudos em áreas sob manejo sem utilização de máquinas, e não há nenhum estudo sobre o impacto na floresta em áreas manejadas sob as normas dos Planos de Manejo Florestal Sustentável de Pequena Escala (PMFSPE), categoria de plano de manejo de baixa intensidade do Estado do Amazonas.

O objetivo deste estudo, portanto, é o de quantificar o impacto da exploração madeireira comunitária realizada sob as normas do PMFSPE, no estoque de carbono da vegetação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã. De forma mais específica, este estudo quantificou: as alterações decorrentes de exploração florestal no estoque de carbono da vegetação das Áreas de Manejo Florestal, as alterações na biomassa e no número de indivíduos da regeneração natural e os danos causados pela exploração florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) do Uatumã, criada em junho de 2004, com 424.430 ha, localizada 250 km ao nordeste da cidade de

Manaus, entre as coordenadas 59° 10` a 58° 4` Sul e 2° 27` a 2° 4` Oeste, nos municípios de Itapiranga e São Sebastião do Uatumã. Residem na reserva aproximadamente 247 famílias, distribuídas em 20 comunidades. Os comunitários possuem como atividades de geração de renda a agricultura, a produção extrativista e a pesca.

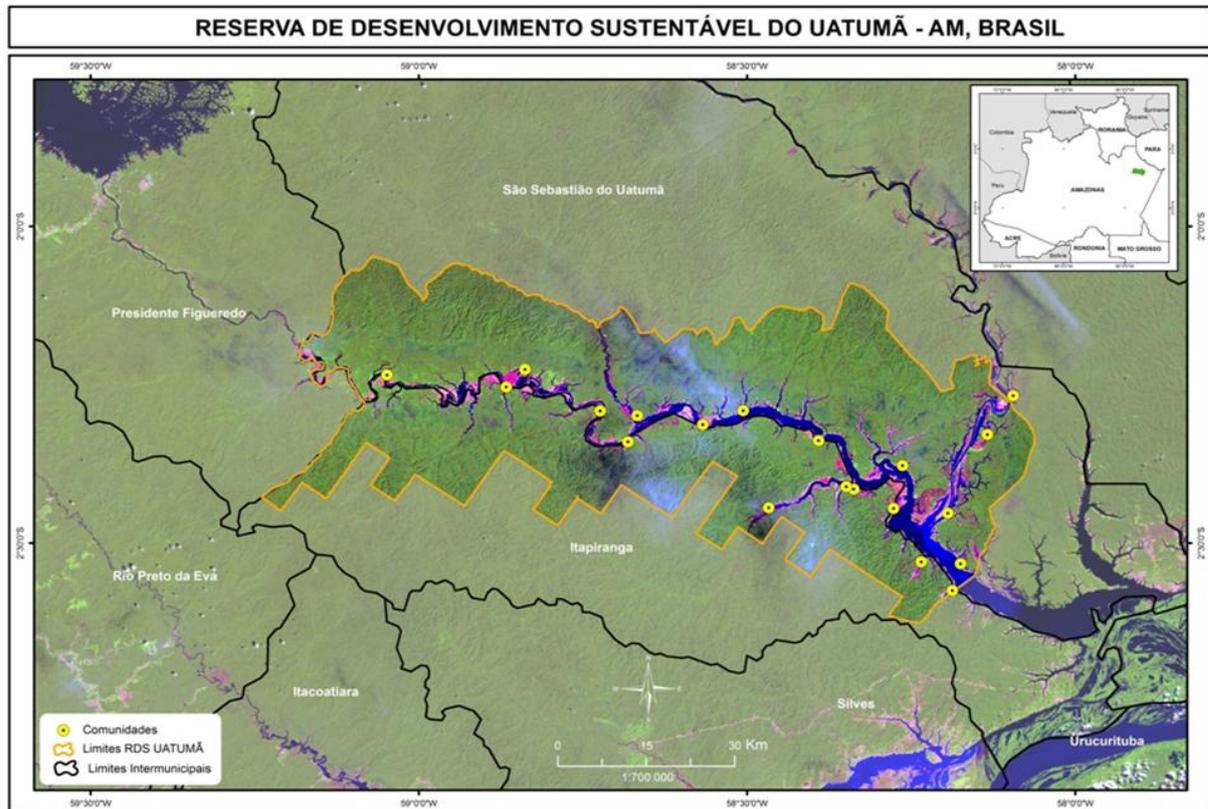


Figura 1. Localização da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã.

O clima da região é do tipo Amw (Köppen, 1948), com temperatura uniforme ao longo do ano, variando de 20° C a 38° C. A precipitação anual média da região é de 2.077 mm, com variação de 438,3 mm (Idesam, 2008). A RDS está situada em duas grandes unidades de relevo: Planalto Rebaixado da Amazônia e Planície Amazônica. Ela possui cinco ordens de solos predominantes: os Latossolos, ocupando as porções mais elevadas; os argissolos ocupando as vertentes; os espodosolos presentes nas áreas de perfis arenosos e os neossolos e gleissolos nas planícies de inundação do rio Uatumã e seus tributários (Idesam, 2008; RadamBrasil, 1978). As tipologias florestais existentes são: Floresta Ombrófila Densa em Terra Firme, não alagável, e em Igapó, planície alagável, além de Campinarana e Campina

(Idesam, 2008; Veloso *et al.*, 1991), sendo que o presente estudo foi realizado em Floresta Ombrófila Densa em terra-firme.

Sistema de Manejo Florestal da RDS do Uatumã

Há na RDS do Uatumã seis Planos de Manejo Florestal licenciados de acordo com a norma estadual que regulamenta Planos de Manejo Florestal Sustentável de Pequena Escala - PMFSPE (Instrução Normativa SDS 002 de 2008), os primeiros em terra-firme em uma UC do Amazonas. Os planos foram elaborados para cada comunidade interessada em trabalhar com manejo florestal e foram delimitados na Zona de Uso Extensivo da UC, que é o local definido pelo Plano de Gestão¹ como área permissível de se executar manejo florestal. Cada PMFSPE possui uma área de manejo em torno de 500 ha e intensidade de exploração de $1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, em função da Área de Manejo Efetivo. A intensidade de exploração refere-se à Área de Manejo Efetivo, que é calcula pela subtração da Área de Preservação Permanente (APP) da Área de Manejo Total. Assim, como exemplo, para uma Área de Manejo de 500 ha com 100 ha de APP, tem-se uma Área de Manejo Efetivo de 400 hectares, com o limite máximo de exploração anual de 400 m^3 ($1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ multiplicado por 400 ha) e limite de exploração de $25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ por área inventariada. Como condição de exploração de um indivíduo deve-se seguir a norma: para uma árvore ser explorada esta deve ter DAP superior a 50 cm e duas outras árvores de mesma espécie com DAP (Diâmetro à altura do peito ou a 1,30 m o solo) entre 20 e 50 cm.

O desdobro das árvores exploradas é feito em campo com uso de motosserras e serraria portátil, o transporte é realizado com uso de carro de boi ou de pequeno trator florestal (jerico) até a margem de um igarapé, onde o transporte da área de manejo até a

¹ Documento técnico e gerencial para as UCs do Estado do Amazonas, que segue as mesmas diretrizes do Plano de Manejo das UCs Federais.

comunidade é realizado por via fluvial. Não há abertura de pátios de estocagem na área de manejo e são utilizadas as picadas do inventário como ramais de arraste até os igarapés, apenas há a necessidade de aumentar a largura das picadas, sem a necessidade de danificar ou retirar indivíduos de maior diâmetro.

Neste trabalho foram estudadas três áreas de manejo florestal que possuem as características apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das áreas de manejo florestal estudadas.

Comunidade	Identificador	Área do Plano (ha)	Área inventariada (ha)	Vol. apto à exploração (m ³)	Vol. explorado (m ³)	Volume explorado (m ³ .ha ⁻¹)	N. de árvores exploradas
Nossa Senhora do Livramento	AM1	497,55	5	115,26	24,12	4,82	4
Santa Luzia do Jacarequara	AM2	280,91	5	117,05	0	0	0
Monte Sião							
Leandro Grande	AM3	500,00	5	120,91	53,29	10,65	16

A madeira desta exploração foi comercializada com a empresa vencedora da licitação do fomento do INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, para construção de habitações para os moradores da UC na própria reserva. Portanto, a madeira manejada ficará na Unidade de Conservação.

Estoque de carbono inicial e alterações em função da exploração florestal

O estoque de carbono foi estimado pela biomassa viva acima do solo que engloba os componentes arbóreos, lianas e palmeiras, pela biomassa de raízes grossas e pelo estoque de carbono da necromassa que corresponde a árvores mortas em pé e caídas.

Para quantificar as alterações no estoque de carbono da vegetação manejada foram realizadas duas mensurações: anterior (Tempo 1 ou Te 1), em outubro de 2009; outra em

março de 2011, dois meses após a exploração madeireira (Tempo 2 ou Te 2). As alterações estudadas foram em função das diferenças encontradas nos dois inventários, assim como em relação a uma área de manejo não explorada (AM2), também inventariada nos dois períodos. Uma vez que, ao se realizar o inventário florestal após a exploração, as árvores ainda estavam nas áreas de manejo, o efeito de alteração no estoque de carbono se deve às atividades florestais: abertura de picadas, corte de cipós e corte e derruba; portanto, as atividades de desdobro e arraste não foram contabilizadas nas alterações de estoque de carbono.

Foram realizados censos em três unidades de operação anual de três diferentes áreas de manejo. As unidades possuem área de cinco hectares (200 m x 250 m), onde foram mensurados todos os indivíduos com DAP (diâmetro à altura do peito ou 1,30 m do solo) superior a 30 cm, esta classe de DAP estudada recebeu a nomenclatura de Nível I.

Em cada unidade estudada foram instaladas três parcelas de 10 m x 250 m, distantes 85 m da parcela mais próxima, onde foram mensurados todos os indivíduos com DAP superior a 10 cm, nível II. Em cada parcela de 10 m x 250 m foram instaladas e mensuradas três sub-parcelas de dimensões 10 m x 10 m, onde foram mensurados todos os indivíduos com DAP superior a 5 cm, nível III. Todos os indivíduos mensurados foram identificados por um identificador botânico e divididos nas formas de vida: árvore, palmeira e liana.

Quantificação do estoque de carbono

A biomassa para cada componente foi estimada a partir das equações apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Equações para estimativa de biomassa fresca e seca (kg).

Componente		Equação Alométrica	Autor
Árvores	DAP (> 5 cm)	$PF = (2,7179 * DAP^{1,8774}) * 0,9265$	Adaptado de Silva, 2007
Palmeiras	DAP (> 5 cm)	$PS = \exp(-6,3789 - 0,877 * \ln(1/DAP^2) + 2,151 * \ln(H))$	Saldarriaga, 1988
Lianas	DAS (> 1 cm)	$\ln(PS) = -7,114 + 2,276 * \ln(DAS)$	Gehring <i>et al.</i> , 2004
Raízes grossas	DAP (> 5 cm)	$PF = 0,0469 * DAP^{2,4754}$	Silva, 2007
<i>Necromassa</i>			
Decomposição inicial	DAP (> 5 cm)	$PF = ((2,7179 * DAP^{1,8774}) * 0,9265) * 0,90$	Delaney <i>et al.</i> , 1998
Decomposição final	DAP (> 10 cm)	$PS = \text{área basal} * \text{altura} * 0,78 * 0,34$	Cummings, 1998
	DAP (5 - 10 cm)	$PS = \text{área basal} * \text{altura} * 0,78 * 0,41$	

Arv. – Árvore; DAS – Diâmetro à altura do solo; PF – Peso fresco; PS – Peso seco.

A equação para indivíduos arbóreos DAP > 5 cm de Silva (2007) foi adaptada para o local de estudo, de acordo com as orientações de Higuchi². A equação foi multiplicada pelo fator 0,9265, resultado da divisão entre a altura dominante obtida em campo na RDS do Uatumã por meio da mensuração de árvores caídas (26,5 m) e a encontrada no local de estudo de Silva (2007), de 28,6 m. Essa correção foi realizada para se evitar que a estimativa de estoque de carbono seja sub ou superestimada, devido às alturas das árvores do local estudado serem diferentes das alturas do local onde a equação utilizada foi elaborada.

A biomassa seca de cada indivíduo foi obtida pela redução do teor de água da biomassa fresca, 41,6% de acordo com Silva (2007). A estimativa de biomassa seca de cada indivíduo foi multiplicada pela concentração de carbono de 48,5% para floresta primária na Amazônia Central (Silva, 2007). A biomassa fresca de raízes foi obtida por meio da equação de Silva (2007) e para se obter a biomassa seca foi utilizado o teor de água de 44,5%, após a redução do teor de água o estoque de carbono foi estimado pela concentração de carbono de 47% (Silva, 2007).

² Higuchi, N. (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, AM) Comunicação pessoal, 2010.

A necromassa foi estimada para árvores mortas em pé e caídas. A estimativa de biomassa de árvores mortas em pé em estado inicial de decomposição foi realizada utilizando a equação para biomassa acima do solo com redução de 10% dos valores para compensar as perdas de folhas e galhos (Delaney *et al.*, 1998). O teor de carbono utilizado foi de 48,5% (Silva, 2007).

Alterações na regeneração natural em função da exploração florestal

Há uma amplitude de definições para o termo “regeneração natural”, com designações importantes para o entendimento do processo como um todo. No entanto, com relação ao estoque da floresta, é conceituado por Rollet (1974) como as fases juvenis das espécies, por exemplo, em plantas com DAP inferior a 5 cm. Portanto, refere-se às fases iniciais de estabelecimento e crescimento das plantas, sendo que um ambiente favorável possibilitará a preservação, a conservação e a formação das florestas (Narvaes *et al.*, 2005). No presente estudo o termo “regeneração natural” refere-se aos indivíduos com CAS (circunferência à altura do solo) inferior a 15 cm, independente de sua altura.

As alterações na regeneração natural foram quantificadas através da diferença do número de indivíduos e de estoque de carbono entre as mensurações após e antes da exploração ($Te_2 - Te_1$), para as áreas AM1, AM2 e AM3, assim como para suas respectivas áreas testemunhas: T1, T2 e T3.

Quantificação de estoque de carbono e análise de dados

Por área de estudo, foram instaladas 18 parcelas de regeneração natural, sendo nove dentro e outras nove fora da área de manejo, como parcelas testemunhas, totalizando 54 parcelas de regeneração natural. As parcelas possuem dimensões de 5 m x 5m, onde foram

mensuradas a altura e a circunferência à altura do solo (CAS) de todos os indivíduos com CAS entre 3 e 15 cm.

Para quantificar o peso seco dos indivíduos foram utilizadas as seguintes equações: para árvores pioneiras e não pioneiras $PS = 0,178269 * DAP^{2,528425}$ (Ribeiro, 2010); para palmeiras $PS = \exp(-6,3789 - 0,877 * \ln(1/DAP^2) + 2,151 * \ln(H))$ (Saldarriaga, 1988); para lianas $\ln(PS) = -7,114 + 2,276 * \ln(DAS)$ (Gehring *et al.*, 2004).

Do peso seco foi obtido o estoque de carbono de cada indivíduo da regeneração natural por meio do fator 0,458, valor médio de concentração de carbono para regeneração natural (Ribeiro, 2010).

As alterações no número de indivíduos e no estoque de carbono foram avaliadas comparando as alterações nas parcelas de cada área de manejo em relação às alterações em sua respectiva área testemunha. A análise de dados foi realizada utilizando o teste t para verificar diferença estatística entre as parcelas testemunhas e as parcelas submetidas à exploração florestal.

Avaliação de danos

Como fator de avaliação do impacto da exploração madeireira, foi realizada avaliação dos indivíduos não explorados por meio de verificação de danos e estado de saúde, de acordo com metodologia adaptada de Holmes *et al.* (2002) e Johns *et al.* (1996). Cada indivíduo remanescente, após exploração, foi avaliado de acordo com os códigos e critérios: código 0 para nenhum dano no tronco e na copa, código 1 para danos leves no tronco e até 1/3 de danos na copa, 2 para danos moderados no tronco e até 2/3 da copa danificada, 3 para danos pesados no tronco e copa destruída.

Os dados foram analisados pela quantificação do número de indivíduos danificados por critério de dano e em relação ao número de indivíduos explorados e por meio da redução de área basal e do estoque de carbono.

RESULTADOS

Estoque de carbono e alterações devido à exploração

Anteriormente à exploração florestal, para as três áreas foi registrada média de DAP superior a 5 cm de $161,25 \pm 9,66 \text{ MgC.ha}^{-1}$ para o estoque de carbono acima do solo e $24,51 \pm 1,25 \text{ MgC.ha}^{-1}$ para raízes grossas, o que resultou em $185,80 \pm 10,7 \text{ MgC.ha}^{-1}$ de estoque de carbono total.

As árvores foram responsáveis por quase a totalidade do estoque de carbono, palmeiras representaram no máximo 0,26% do estoque, para indivíduos com DAP entre 5 e 10 cm na AM1. Lianas não resultaram em estoques quantificáveis nestas classes de DAP, apenas sendo representativas em indivíduos com DAP inferior a 5 cm.

A Tabela 3 apresenta os resultados do estoque de carbono para o Tempo 1 de quantificação, primeira medição. Com o objetivo de possibilitar a comparação dos resultados deste estudo com outros estudos, foram calculados os resultados totais e seus respectivos intervalos de confiança, tanto na Tabela 3 como na Tabela 4, que se referem a valor obtido para DAP > 30 cm, onde foi realizado censo, somado ao limite inferior e superior das estimativas das classes de DAP: entre 10 e 30 cm e entre 5 e 10 cm, o nível de significância utilizado foi de 95%.

Tabela 3. Resultados da quantificação de estoque de carbono no tempo 1 ou primeira mensuração.

Área	Nível	----- Acima do Solo -----					Raízes grossas	Total (AS+RG)	Necromassa					
		Árvore	Palmeira	Liana	Total									
----- MgC.ha ⁻¹ -----														
AM1	I	78,63	0,00	0,00	78,63	15,96	94,59	0,00						
	II	57,77	±5,28	0,02	±0,02	0,00	57,79	±5,30	6,56	±0,58	64,35	±5,86	0,09	±0,17
	III	14,61	±2,15	0,04	±0,02	0,00	14,65	±2,17	0,95	±0,16	15,60	±2,30	0,00	±0,00
Total		151,01	±7,43	0,06	±0,04	0,00	151,07	±7,47	23,48	±0,74	174,55	±8,2	0,09	±0,17
AM2	I	77,71	0,00	0,00	77,71	14,94	92,65	0,10						
	II	69,12	±6,89	0,02	±0,01	0,00	69,14	±6,90	8,17	±1,22	77,30	±8,11	0,66	±1,25
	III	19,12	±1,78	0,02	±0,02	0,00	19,14	±1,80	1,21	±0,17	20,35	±1,96	0,00	±0,00
Total		165,95	±8,68	0,04	±0,03	0,00	165,99	±8,70	24,32	±1,39	190,30	±10,0	0,76	±1,25
AM3	I	86,99	0,00	0,00	86,99	17,35	104,34	0,00						
	II	63,04	±7,79	0,00	±0	0,00	63,04	±7,79	7,31	±1,77	70,34	9,57	0,07	±0,13
	III	16,76	±1,31	0,00	±0	0,00	16,76	±1,31	1,09	±0,28	17,85	1,59	0,00	±0,00
Total		166,79	±9,10	0,00	±0,00	0,00	166,79	±9,10	25,75	±2,0	192,54	±11,1	0,07	±0,13
Média	I	81,11	±5,57	0,00	±0,00	0,00	81,11	±5,57	16,08	±1,32	97,19	±6,82	0,03	±0,06
	II	63,31	±6,18	0,01	±0,01	0,00	63,32	±6,18	7,35	±0,87	70,67	±7,06	0,27	±0,36
	III	16,83	±2,46	0,02	±0,02	0,00	16,85	±2,45	1,09	±0,14	17,93	±2,58	0,00	±0,00
Total		161,25	±9,66	0,03	±0,03	0,00	161,28	±9,64	24,51	±1,25	185,80	±10,7	0,31	±0,43

Nível I – DAP > 30 cm; Nível II – DAP 10 - 30 cm; Nível III – DAP 5 - 10 cm; AS – Acima do Solo; RG – Raízes Grossas; Valores com sinal de ± se referem ao erro padrão da estimativa.

Após a exploração florestal foram verificadas reduções de $6,78 \pm 1,48 \text{ MgC.ha}^{-1}$, ou 3,0% para AM1, e $15,95 \pm 4,15 \text{ MgC.ha}^{-1}$, ou 8,27% para AM3, no estoque de carbono vivo total, considerando indivíduos com DAP superior 5 cm. Estas reduções consideram o total de árvores exploradas e mortas, após a exploração, nas áreas de manejo. Causas naturais foram responsáveis pela redução de $0,98 \text{ MgC.ha}^{-1}$ na AM1 e $0,10 \text{ MgC.ha}^{-1}$ na AM3.

Foi registrado incremento no estoque de carbono para as três áreas estudadas durante o período de 18 meses entre as avaliações. Para a AM2, local não explorado, a alteração verificada foi de $1,13 \pm 1,46 \text{ MgC.ha}^{-1}$ ou 0,59% de estoque de carbono total. Nas áreas exploradas o incremento do período entre as avaliações foi de $1,56 \text{ MgC.ha}^{-1}$ ou 0,89% para AM1 e $0,03 \text{ MgC.ha}^{-1}$ ou 0,01% para AM3. A Tabela 4 apresenta os resultados do impacto da exploração florestal no estoque de carbono.

Tabela 4. Resultados do impacto da exploração florestal no estoque de carbono, diferença entre estimativa inicial de estoque de carbono e estimativa após exploração florestal (Te1 – Te2).

Área	Nível	-----Acima do Solo-----						Raízes grossas		Total (AS + RG)		Necromassa	
		Árvore.	Palmeira.	Liana		Total	MgC.ha ⁻¹						
AM1	I	1,75	0,000	0		1,76	0,36		2,12		-3,31		
	II	2,19 ±0,58	0,0013 ±0	0 ±0		2,19 ±0,57	0,63 ±0,51		2,82 ±1,08		-2,38 ±2,89		
	III	0,25 ±0,41	-0,0010 ±0	0 ±0		0,66 ±0,41	0,03 ±0,04		0,28 ±0,45		-1,08 ±1,41		
	Total	4,20 ±0,16	0,0003 ±0	0 ±0		4,20 ±0,16	1,02 ±0,47		5,22 ±0,64		-6,78 ±1,48		
AM2	I	-0,40	-0,0002	-0,0004		-0,40	-0,21		-0,60		-0,02		
	II	-0,37 ±1,56	-0,0030 ±0	-0,0001 ±0		-0,37 ±1,56	-0,54 ±0,03		-0,16 ±1,59		0,00 ±0,00		
	III	-0,67 ±0,13	-0,0010 ±0	-0,0070 ±0,01		-0,67 ±0,13	-0,02 ±0,00		-0,69 ±0,13		0,00 ±0,00		
	Total	-1,43 ±1,43	-0,0044 ±0	-0,0072 ±0,01		-1,45 ±1,43	-0,31 ±0,03		-1,13 ±1,46		-0,02 ±0,00		
AM3	I	8,69	0,0005	0		8,69	1,86		10,55		-6,69		
	II	3,28 ±2,30	0,0000 ±0	0 ±0		3,28 ±2,30	0,75 ±0,61		4,02 ±2,91		-7,88 ±2,65		
	III	1,22 ±0,15	0,0000 ±0	0 ±0		1,22 ±0,15	0,12 ±0,00		1,35 ±0,15		-1,38 ±1,50		
	Total	13,19 ±2,15	0,0005 ±0	0 ±0		13,19 ±2,15	2,73 ±0,62		15,92 ±2,77		-15,9 ±4,15		

Nível I – DAP > 30 cm; Nível II – DAP 10 - 30 cm; Nível III – DAP 5 - 10 cm AS – Acima do Solo; RG – Raízes Grossas; Valores com sinal de ± se referem ao erro padrão da estimativa; Te1 – tempo 1 ou primeira mensuração; Te2 – tempo 2 ou segunda mensuração.

Do total de estoque de carbono de indivíduos mortos, 1,93 MgC.ha⁻¹ ou 9,62 MgC para a AM1 e 5,38 MgC.ha⁻¹ ou 26,87 MgC para a AM3 referem-se ao carbono de árvores exploradas. Destes totais, 0,59 MgC.ha⁻¹ ou 2,94 MgC para AM1 e 1,64 MgC.ha⁻¹ ou 8,22 MgC para AM3, serão fixados como madeira na construção de habitações dentro da própria UC, considerando o aproveitamento de 34% da madeira no desdobro em campo com utilização de motosserra e serraria portátil (Koury, 2007). Portanto, o total de madeira morta na área de manejo é em média: 6,19 MgC.ha⁻¹ para AM1 e 14,31 MgC.ha⁻¹ para AM3.

Regeneração natural

Foi verificado aumento no número de indivíduos, com DAP inferior a 5 cm, por hectare para todas as áreas estudadas, exceto para a Área de Manejo 2 (AM2). Para o estoque de carbono, foi verificado aumento para as áreas: Área de Manejo 1 (AM1), Testemunha

pareada à Área de Manejo 1 (T1) e Testemunha pareada à Área de Manejo 3 (T3). Para Área de Manejo 2 (AM2), Testemunha pareada à Área de Manejo 2 (T2) e Área de Manejo 3 (AM3), foi verificado redução do estoque de carbono da regeneração natural. A Tabela 5 apresenta os resultados para a regeneração natural.

Tabela 5. Resultados das alterações ocorridas na regeneração natural.

Área	Alteração no N. ind. Te2 - Te1 (n.ha ⁻¹)	t calculado	Alteração no Estoque de C Te2 - Te1 (MgC.ha ⁻¹)	t calculado	t tabelado ($\alpha = 0,05$)
AM1	2.711	0,18	3,28	-1,23	2,306
T1	13.289		4,62		
AM2	-1.689	-3,11	0,24	-0,14	
T2	2.720		0,49		
AM3	6.133	0,89	4,06	-0,50	
T3	4.489		4,69		

N. ind. – Número de indivíduos; Te2 – tempo 2 ou segunda mensuração; Te1 – tempo 1 ou primeira mensuração.

As alterações no número de indivíduos nas áreas de manejo quando comparadas as alterações nas áreas controle foram estatisticamente significativas para AM1 e AM2 com nível de significância de 5%. Para estoque de carbono, as alterações nas três áreas não foram significativas.

No Apêndice A deste documento, encontram-se os resultados das alterações no número de indivíduos e no estoque de carbono da regeneração natural discriminados por forma de vida: pioneira, não pioneira, palmeira e liana.

Avaliação de danos

A avaliação de danos foi realizada para AM1 e AM3, onde foram exploradas quatro e 16 árvores, respectivamente. Na AM1, 24 indivíduos foram danificados por apenas danos no tronco, cinco por apenas danos na copa, o que resultou em 46 indivíduos danificados ou 12 indivíduos danificados por árvore explorada. Na AM3, 43 indivíduos foram danificados por

apenas danos no tronco, cinco por apenas danos na copa, o que resultou em 65 indivíduos danificados ou quatro indivíduos danificados por árvore explorada.

As Figuras 1 e 2 evidenciam os danos em porcentagem por categoria e por árvore explorada, considerando os três níveis de dano. O dano do tipo três para tronco é caracterizado como letal à árvore, enquanto os demais danos são considerados não letais.

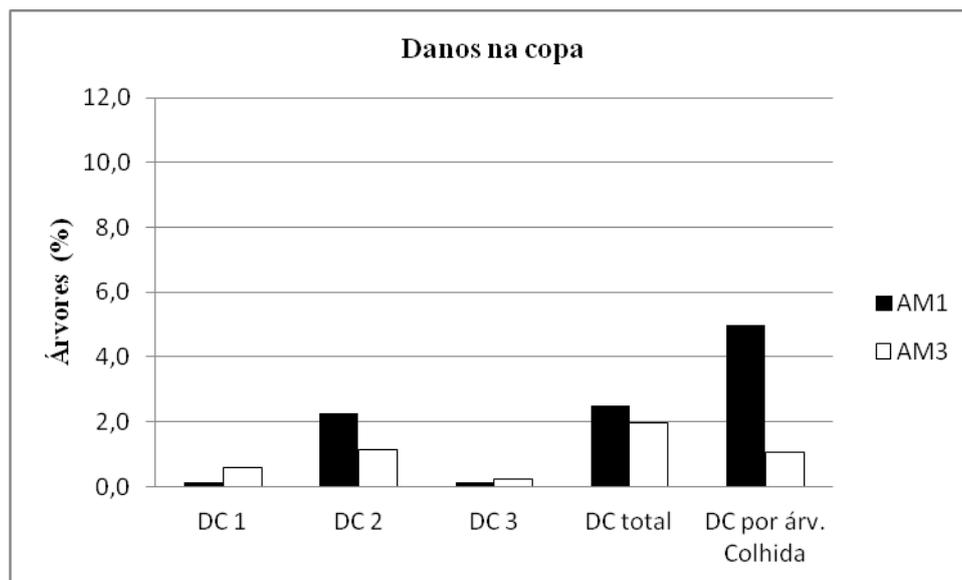


Figura 2. Porcentagem de árvores com copa danificada.

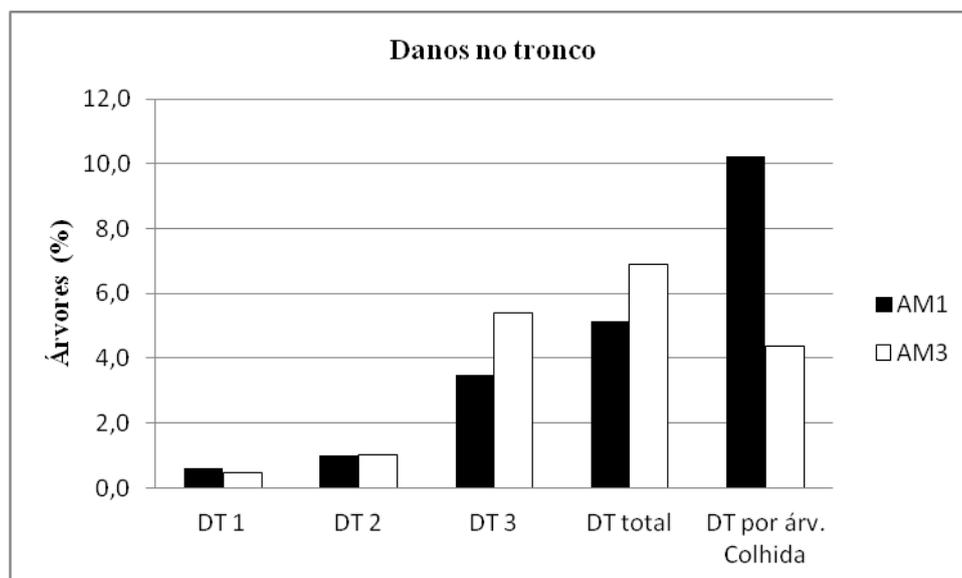


Figura 3. Porcentagem de árvores com tronco danificado.

Outros fatores identificados foram: redução de área basal e redução do estoque de carbono em função dos danos considerados letais (DT3). Os danos letais causaram redução de $1,59 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ na área basal da AM1 ou 6,3% e para a AM3 redução de $2,25 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ou 8,4%.

Para o estoque de carbono a redução foi de $1,5 \text{ MgC}.\text{ha}^{-1}$ para indivíduos com DAP superior a 30 cm e de $0,68$ a $1,34 \text{ MgC}.\text{ha}^{-1}$ para os indivíduos com DAP entre 10 e 30 cm na AM1. Para a AM3 a redução de estoque de carbono foi de $4,10 \text{ MgC}.\text{ha}^{-1}$ para indivíduos com DAP superior a 30 cm e de $0,86$ a $1,65 \text{ MgC}.\text{ha}^{-1}$ para os indivíduos com DAP entre 10 e 30 cm.

Quando considerados os danos DT1 e DT2, considerados não letais, caso os indivíduos danificados viessem a morrer, a redução de estoque de carbono seria de: $3,99 \text{ MgC}.\text{ha}^{-1}$ para indivíduos com DAP superior a 30cm e $0,73$ a $0,81 \text{ MgC}.\text{ha}^{-1}$ para os indivíduos com DAP entre 10 e 30cm na AM1. Para a AM3 a redução de estoque de carbono foi de $5,00 \text{ MgC}.\text{ha}^{-1}$ para indivíduos com DAP superior a 30cm e $1,01$ a $1,21 \text{ MgC}.\text{ha}^{-1}$ para os indivíduos com DAP entre 10 e 30cm.

No Apêndice B deste documento, encontram-se os resultados dos danos totais, no tronco e na copa por classe de DAP.

DISCUSSÃO

Estoque de carbono e alterações devido à exploração

Os resultados obtidos para estoque de carbono vivo acima do solo, anterior à exploração florestal, para DAP > 10 cm ($136,42 \pm 5,67$ para AM1, $146,84 \pm 7,78$ para AM2 e $150,03 \pm 7,79$ para AM3) são similares aos verificados para a região de Manaus, $157,69$

MgC.ha⁻¹ (Nascimento e Laurance, 2002) e 148,45 MgC.ha⁻¹ (Castilho *et al.*, 2006; Silva, 2007).

Para as três áreas estudadas, o estoque de carbono acima do solo se concentrou na classe de DAP > 30 cm. Em média, o estoque de carbono foi: 50% para DAP > 30 cm, 40% para DAP entre 10 e 30 cm e 10% para DAP entre 5 e 10 cm. Portanto, estimativas para estas áreas, considerando apenas DAP > 10 cm, não estariam contabilizando 10% do estoque de carbono acima do solo. O valor obtido no presente estudo foi superior ao verificado em outros estudos para a região de Manaus, como o obtido por Nascimento e Laurance (2002) de 6% e por Silva (2007) de 3%.

Os resultados de estoques de carbono para palmeiras e lianas foram inferiores comparados a estudos realizados na região de Manaus, que obtiveram estoque em torno de 2,5% para lianas e de 0,4 a 1,8% para palmeiras (Nascimento e Laurance, 2002; Castilho *et al.*, 2006; Silva, 2007). No presente estudo, o estoque de carbono acima do solo destas formas de vida foi inferior a 0,05% do total.

As reduções registradas neste estudo foram inferiores às registradas em estudos em áreas de exploração de maior intensidade e com uso de máquinas. Após a exploração permaneceram 97% (AM1) e 91,7% (AM3) dos estoques iniciais. Gerwing e Vidal (2002) em Paragominas-PA, após cinco anos da exploração onde a intensidade foi de 30 m³.ha⁻¹, registraram 80% da biomassa inicial. Putz *et al.* (2008), Paragominas-PA, com intensidade de exploração de 30 m³.ha⁻¹, obtiveram recuperação de 94% do estoque inicial apenas após 30 anos da exploração ter sido realizada.

Para a necromassa foi verificado aumento de 98% para AM1 e de 99% para a AM3 após a exploração. Inicialmente foi registrado para as três áreas o total: 0,09 ±0,17 MgC.ha⁻¹ ou 0,18 Mg.ha⁻¹ de biomassa seca (AM1); 0,77 ±1,25 MgC.ha⁻¹ ou 0,16 Mg.ha⁻¹ de biomassa seca (AM2) e 0,07 ±0,13 MgC.ha⁻¹ ou 0,14 Mg.ha⁻¹ de biomassa seca (AM3). O aumento

obtido nas áreas estudadas foi inferior ao obtido por Veríssimo *et al.* (1992) em Paragominas - PA, que registraram um aumento de 200% de biomassa após a exploração, em área de manejo com uso de máquinas, assim como o obtido por Gerwing e Vidal (2002), que registraram um aumento de 106% para intensidade de exploração de 28 a 48 m³.ha⁻¹. Considerando a constante de decomposição de biomassa estimada por Chambers *et al.* (2000) de 0,17 por ano, é esperada a emissão de 1,05 (AM1) e 2,43 (AM3) MgC.ha⁻¹.ano⁻¹. Estas emissões são inferiores às estimadas no Pará para exploração convencional por Keller *et al.* (2004), que calcularam a emissão em 4,5 MgC.ha⁻¹.ano⁻¹, no entanto, são superiores às emissões para exploração de impacto reduzido estimada em 1,5 MgC.ha⁻¹.ano⁻¹ com intensidade de exploração de 25 m³.ha⁻¹. Esta menor estimativa de emissões pode ser em função do método utilizado por Keller *et al.* (2004), método denominado interceptação por linha. Esse método é utilizado para se quantificar resíduos da exploração madeira e consiste na mensuração dos indivíduos cortados por linhas de tamanho pré definidos, no entanto, a estimativa pode variar ao se comparar a métodos que utilizam polígonos, como as parcelas utilizadas no presente estudo. As linhas podem avaliar maiores áreas sem influência da queda das árvores, mesmo, sendo dentro da área de manejo, o que reduziria a média obtida. Após cinco anos espera-se que o carbono estocado seja emitido em função de novo crédito habitacional para reforma das casas.

O incremento no estoque de carbono obtido para as três áreas estudadas, quando convertido para incremento de biomassa por ano, resultaria nos seguintes incrementos: 2,14 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ (AM1); 1,55 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ (AM2) e 0,03 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ (AM3). Esses incrementos são inferiores aos obtidos em floresta primária e em florestas manejadas experimentalmente sob diferentes intensidades de corte (baixo, médio e alto), que, segundo Higuchi *et al.* (1997), são: 2,4 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, 3,1 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, 4,6 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ e 4,9 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹. Os dados para incremento referem-se somente a um único intervalo de

medição e, portanto, há necessidade de se continuar o monitoramento nas áreas estudadas para aperfeiçoar as estimativas de incremento.

Regeneração Natural

Foi verificado aumento no número de indivíduos para todas as áreas estudadas, exceto para a AM2, onde foi registrada a redução de 14% no número de indivíduos. Ao se comparar as alterações ocorridas na AM1 e T1, é verificado que o aumento no número de indivíduos na área testemunha foi superior ao registrado na área onde foi realizada a exploração, em função do aumento de 350% no número de não pioneiras na área testemunha em relação à primeira medição. Portanto, a exploração florestal pode ter reduzido as taxas de crescimento dos indivíduos na AM1. Para AM3 e T3 a diferença não foi significativa. No entanto, verificou-se que na AM3 houve aumento de 300% no número de pioneiras, o que pode evidenciar um efeito da exploração florestal.

Ao se comparar as áreas AM2 e T2, foi verificada alterações significativas no número de indivíduos, sendo que AM2 não foi explorada, portanto, há diferença na dinâmica de plântulas entre as áreas que não seja somente em função da exploração florestal. Assim, como foi verificada diferença significativa entre dois tratamentos não submetidos à exploração, a metodologia, portanto, não comprovou de forma isolada os efeitos da exploração florestal. Visto a variabilidade no crescimento e na resposta da regeneração natural à exploração, o curto período de avaliação após a exploração e a realização das mensurações em estações do ano distintas, a primeira durante o período de seca e a segunda durante a cheia, vê-se que o método não foi adequado para quantificar os efeitos da exploração na regeneração natural .

Era esperada redução do número de indivíduos da regeneração natural logo após a exploração, como no estudo de Vieira (1989), em Manaus. Nesse estudo, após um ano de exploração, foi verificado 3% menos indivíduos em comparação com a área testemunha, no entanto com intensidade de exploração superior, de $49 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Carneiro (2010) estudou áreas

submetidas a manejo florestal em Itacoatiara-AM, com intensidade de exploração de 10 a 20 $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$, em diferentes períodos após a exploração. No local em que ocorreu exploração cinco anos antes, o número de indivíduos com $\text{DAP} < 5$ cm foi 5% menor em relação a uma área não manejada; no local de nove anos foi registrado 43% mais indivíduos e no local de 13 anos foi registrado 16% menos indivíduos. Para indivíduos de maior porte, portanto mais estabelecidos, Magnusson *et al.* (1999) verificaram que, em áreas de exploração experimental, há aumento significativo na densidade de regeneração natural para indivíduos com $\text{DAP} \leq 10$ cm e altura ≥ 2 m, em comparação com a parcela controle, quando medidas três, sete e oito anos depois do corte.

De acordo com Alencar *et al.* (1979), menores valores de precipitação e umidade acarretam em maior número de árvores em floração e frutificação. A primeira medição do presente estudo foi realizada em outubro de 2009 e a segunda em março de 2011, após um período de seca extrema em 2010. Dessa forma, é levantada a hipótese a ser testada de que o maior número de indivíduos registrados ocorreu em função das épocas de mensuração, caso esta diferença ocorra normalmente em função da época do ano, ou se foi intensificado pela seca extrema, a maior floração e frutificação das árvores locais teriam gerado maior número de plântulas. Apesar do aumento no número de indivíduos, foi registrada diminuição no estoque de carbono, exceto para T1, o que indicaria que os indivíduos de maior porte teriam sido substituídos por um maior número de plântulas de menor CAS (circunferência à altura do solo). No entanto, a redução de estoque de carbono não foi significativa em relação às áreas testemunhas para um nível de significância de 95% por meio do teste t.

Avaliação de danos

A observação das Figuras 1 e 2 demonstra maior número de danos no tronco na AM3 em comparação com a AM1, principalmente em função do maior número de danos letais, DT3. Este resultado era esperado devido à maior intensidade de exploração da AM3. No entanto, em relação aos danos nas copas, foi registrado maior número de danos na AM1, pois a maior parte dos danos registrados na AM3 foi do tipo DT3, dano o qual derruba a árvore por completo e dessa forma não se registra danos na copa.

Quanto ao número de danos em relação ao número de árvores exploradas, foi obtido um maior número na AM1 em relação a AM3, 12 e 4, respectivamente. Este resultado não era esperado; no entanto, foi verificado que na AM1 de quatro árvores exploradas uma concentrou 39% dos danos causados (danos a 18 árvores), devido à maior biomassa de sua copa. Foi o indivíduo colhido que possuía, visualmente, copa de biomassa bem superior a todas as outras árvores exploradas nas duas áreas de manejo.

O número de árvores danificadas por árvores exploradas foi inferior ao registrado por Johns *et al.* (1996) em Paragominas-PA, onde foram danificadas 20,5 árvores por árvore explorada, para uma intensidade de exploração de $37 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ou 4,5 árvores por hectare. Também em Paragominas-PA, Veríssimo *et al.* (2002a) obtiveram 27 indivíduos danificados por árvore explorada para uma intensidade de exploração de $37 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, ou 6,4 árvores por hectare. Em Tailândia-PA, com intensidade de exploração de $16 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ou 2 árvores por hectare, foram danificados 13 indivíduos de DAP superior a 10 cm por árvore explorada em função do corte e derruba (Veríssimo *et al.*, 2002b).

Quando se compara a média de danos do presente estudo (8 indivíduos danificados por árvore extraída, para uma intensidade de 2 indivíduos explorados por hectare) com os três estudos citados anteriormente (Johns *et al.*, 1996; Veríssimo *et al.*, 2002a; Veríssimo *et al.* 2002b), observa-se que a maior concentração de indivíduos explorados por hectare resultou

proporcionalmente em maior número de indivíduos danificados. Esta tendência não foi obtida em outros estudos em relação ao volume explorado, pois de acordo com Jonkers (1988) e Veríssimo *et al.* (2002a), o aumento dos danos nas árvores não é proporcional ao aumento de volume derrubado.

As reduções de área basal verificadas de 6,3% para a AM1, onde a intensidade de exploração foi $4,82 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, e de 8,4% para a AM3, onde a intensidade de exploração foi de $10,65 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, são similares à redução encontrada por d'Oliveira e Braz (2006) em área de manejo florestal sem uso de máquinas em assentamento rural no Acre, onde a intensidade de exploração era entre 5 a $10 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ e a redução verificada após exploração foi de 7,4%. Em estudo realizado em Paragominas-PA, com intensidade de exploração de $18 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, foi verificada redução de 20% da área basal (Veríssimo *et al.*, 2002b). Também é importante para a redução de danos a adoção de técnicas de menor impacto no manejo florestal, como: corte e derruba direcional, corte de cipós e planejamento das operações. De acordo com Vidal e Viana e Batista (2002), em tratamento sem adoção das técnicas mencionadas, a redução da área basal foi de 31%, enquanto, quando estas técnicas foram adotadas a redução foi de 17%.

Para os indivíduos com DAP superior a 10 cm, os danos letais causados pela exploração florestal reduziram 1,6% do estoque de carbono da AM1 e 3,3% da AM3. Quando consideramos todos os danos, letais e não letais, esses valores chegariam a 3,4% para a AM1 e 4,0% para a AM3, caso todos os indivíduos danificados viessem a morrer.

De acordo com Veríssimo *et al.* (2002b) 46% do danos às árvores são decorrentes da abertura de estradas e 54% em virtude da derruba de árvores. Dessa forma, o processamento da madeira em campo, como empregado na RDS do Uatumã, realizado para facilitar o transporte sem a abertura de estradas e pátios na área de manejo, reduz os danos na floresta manejada.

CONCLUSÃO

As reduções no estoque de carbono, na área basal e no número de árvores danificadas por árvore explorada foram inferiores às verificadas no manejo florestal com uso de máquinas e em outras experiências sem uso de máquinas. O estoque de carbono após dois meses da exploração foi similar ao estoque verificado após 30 anos de recuperação em florestas sob manejo florestal com uso de máquinas. Os resultados se mostraram inferiores aos das outras realidades, principalmente, em função da inexistência de estradas e de pátios de estoque de madeira, utilizados nas categorias de planos de manejo com uso de máquinas.

Portanto, foi possível quantificar o impacto do manejo florestal realizado na RDS do Uatumã e tal atividade na reserva pode ser caracterizada como de baixo impacto ao estoque de carbono da vegetação manejada.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio financeiro do Idesam – Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas por meio do projeto Corredores Ecológicos, do Ministério do Meio Ambiente; do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alencar, J.C.; Almeida, R.A.; Fernandes, N.P. 1979. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 9(1): 163 – 198.
- Asner, G.P.; Knapp, D.E.; Broadbent, E.N.; Oliveira, P.J.C.; Keller, M.; Silva, J.N.. 2005. Selective Logging in the Brazilian Amazon. *Science*, 310 (5747): 480-482.
- Castilho, C.V.; Magnusson, W.E.; Araújo, R.N.O.; Luizão, R.C.C.; Luizão, F.J.; Lima, A.P.; Higuchi, N. 2006. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management*, 234: 85-96.

Chambers J.Q.; Higuchi, N.; Schimel, J.P. 2000. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. *Oecologia*, 122: 380–388.

Cummings, D.L. 1998. Total aboveground biomass and structure of tropical forest delineated by Projeto RADAMBRASIL in northern Rondônia, Brazil. Oregon State University, Corvallis, EVA.

Delaney, M., Brown, S., Lugo, A.E., Torres-Lezama, A., Quintero, N.B., 1998. The quantity and turnover of dead wood in permanent forest plots in six life zones of Venezuela. *Biotropica* 30: 2–11.

d'Oliveira, M. V. N.; Braz, E.M. 2006. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. *Acta Amazonica*, 36(2): 177 – 182.

Fearnside, P.M. 1995. Global warming response options in Brazil's forest sector: Comparison of project-level costs and benefits. *Biomass and Bioenergy*, 8(5): 309-322.

Gehring, C.; Park, S.; Denich, M. 2004. Liana allometric biomass equations for Amazonian primary and secondary forest. *Forest Ecology and Management*, 195: 69-83.

Gerwing, J. ; Vidal, E. 2002. Degradação de Florestas pela Exploração Madeireira e Fogo na Amazônia. Imazon: Série Amazônia N° 20, Belém, PA. 26pp.

Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R.J.; Freitas, J.V.; Vieira, G.; Coic, A.; Minette, L.J. 1997. Crescimento e incremento de uma floresta amazônica de terra-firme manejada experimentalmente. In: *BIONTE* Relatório Final. p. 89-132

Holmes, T.P.; Blate, G.M.; Zweede, J.C.; Pereira Junior, R.; Barreto, P.; Boltz, F. 2002. Custos e benefícios financeiros da exploração de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental. Fundação Floresta Tropical, Belém, PA. 66pp.

Johns, J.; Barreto, P.; Uhl, C. 1996. Logging damage during planned and unplanned logging Operations in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, 89: 59-77.

Jonkers, W.B.J. 1998. *Vegetation structure, logging damage, and silviculture in tropical rain forest in Suriname*. Wageningen, Holanda: Agricultural University.

Keller, M.; Palace, M.; Asner, G.P.; Pereira Jr., R.; Silva, J.N. 2004. Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. *Global Change Biology*. 10: 784–795.

Koury, C.G. 2007. Manejo Florestal Comunitário em Terra-firme no Baixo Amazonas: Custos e Entraves da Produção Madeireira. Dissertação de mestrado INPA/UFAM. Manaus, AM. 129p.

Malhi, Y.; Wood, D.; Baker, T.R.; Wright, J.; Phillips, O.L.; Cochrane, T.; Meir, P.; Chave, J.; Almeida, S.; Arroyo, L.; Higuchi, N.; Killeen, T.; Laurance, S.G.; Laurance, W.F.; Lewis, S.L.; Monteagudo, A.; Neill, D.A.; Vargas, P.N.; Pitman, N.C.A.; Quesada, C.A.; Salomão, R.; Silva, J.N.M.; Lezama, A.T.; Terborgh, J.; Martínez, R.V.; Vinceti, B. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology*, 12: 1107-1138.

Narvaes, I.S.; Brena, D.A.; Longhi, S.J. 2005. Estrutura da Regeneração Natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 15(4): 331-342.

Nascimento, H. E. M. & Laurance, W. L. 2002 Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a landscape-scale study. *Forest Ecology and Management*, 168: 311–321.

Nelson, B.W.; Mesquita, R.; Pereira, J.L.G.; Souza, S.G.A.; Batista, G.T.; Couto, L.B., 1999. Allometric regressions for improved estimates of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management*, 117: 149–167.

Nogueira, E. M. 2008. Densidade de madeira e alometria de árvores em florestas do “Arco do desmatamento”: implicações para biomassa e emissão de carbono a partir de mudanças de uso da terra na Amazônia brasileira. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 133pp.

Putz, F.E.; Zuidema, P.A.; Pinard, M. A.; Boot, R.G.A.; Sayer, J.A.; Sheil, D.; Sist, P.; Elias, Vanclay, J.K. 2008. Improved Tropical Forest Management for Carbon Retention. *PLoS Biology*, doi:10.1371/journal.pbio.0060166.

Ribeiro, G. H. P. de M. 2010. Desenvolvimento de modelos alométricos para estimar biomassa e carbono de mudas de espécies arbóreas, em áreas atingidas por tempestades de vento em Manaus (AM). Dissertação de mestrado INPA/UFAM. Manaus, AM. 75 p.

Saldarriaga, J.G.; West, D.C.; Tharp, M.L.; Uhl, C. 1988. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. *Journal of Ecology*, 76: 938-958.

Silva, R.P. 2007. Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM). Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 152 p.

Veríssimo, A.; Barreto, P.; Mattos, M.; Tarifa, R.; Uhl, C.1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in na old Amazonian frontier: the case of Paragominas. *Forest Ecology and Management*, 55: 169-199.

Veríssimo, A.; Barreto, P.; Mattos, M.; Tarifa, R.; Uhl, C. 2002a. Impactos da Atividade Madeireira e Perspectivas para o Manejo Sustentável da Floresta numa Velha Fronteira da Amazônia: O Caso de Paragominas. In: BARROS, A.C.; VERÍSSIMO, A., eds. A expansão da atividade madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento do setor florestal no Pará. Belém: IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. p. 41-74.

Veríssimo, A.; Uhl, C.; Mattos, M.. 2002b. Impactos sociais, econômicos e ecológicos da exploração seletiva de madeiras numa região de fronteira na Amazônia Oriental: o caso da Tailândia. In: BARROS, A.C.; VERÍSSIMO, A., eds. A expansão da atividade madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento do setor florestal no Pará. Belém: IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. p. 9-39.

Vidal, E.; Viana, V.M.; Batista, J.L.F. 2002. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia Oriental. *Scientia Forestalis*, 61: 33-143.

Vieira, G.; Hosokawa, R.T. 1989. Composição florística da regeneração natural 1 ano após diferentes níveis de exploração de uma floresta tropical úmida. *Acta Amazonica*,19: 401-413.

SÍNTESE

A categoria de plano de manejo florestal “Plano de Manejo Florestal Sustentável de Pequena Escala” (PMFSPE), criada em 2008 no Estado do Amazonas por Instrução Normativa (IN SDS 002 de 2008), tem como objetivo regularizar a atividade madeireira de pequenos produtores. Esta categoria de plano de manejo vem sendo debatida para melhor se enquadrar à realidade dos pequenos manejadores. Em 2011, foi aprovada, no Conselho Estadual de Meio Ambiente (CEMAAM), uma proposta de resolução para regulamentar as alterações em debate.

Os planos de manejo da RDS do Uatumã impulsionaram tais debates e foram os primeiros planos de manejo em terra firme a serem licenciados em uma Unidade de Conservação do Amazonas. As discussões sobre esses planos levaram à elaboração e à publicação da Instrução Normativa SDS nº 001 de 27 de outubro de 2009, que dispõe sobre planos de manejo em Unidades de Conservação do Estado do Amazonas. Os planos também resultaram na inclusão do limite de exploração de $25 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ para a área inventariada, uma vez que, anteriormente, não havia o limite, havia apenas os critérios de seleção de árvore para corte, o limite para área de manejo e a ressalva para não se concentrar a exploração, sem no entanto se estabelecerem valores, o que permitia explorar três vezes mais do que os critérios federais (Vianna *et al.*, 2009).

Apesar dos debates realizados, não há estudos que avaliem os impactos desta categoria de plano de manejo, há apenas o trabalho sobre o limite de exploração por área inventariada mencionado. Dessa forma, é necessário avaliar se estes planos de manejo elaborados para pequenos manejadores são realmente de baixo impacto, como descrito na resolução, uma vez que possuem critérios de seleção de árvores para corte e para árvores remanescentes diferentes das regulamentações federais.

O presente trabalho, portanto, quantificou os impactos da exploração florestal realizada na RDS do Uatumã, através de planos elaborados sob as normas dos PMFSPE. O impacto foi quantificado por meio de alterações no estoque de carbono, no número de indivíduos e na biomassa da regeneração natural e por meio dos danos causados aos indivíduos remanescentes em três áreas de manejo, sendo uma testemunha.

Após a exploração, foi verificada a redução de 3,0% na Área de Manejo número 1 (AM 1) e 8,3% na Área de Manejo número 3 (AM3) no estoque de carbono vivo total, acima e abaixo do solo, e houve redução na área basal de ambas as áreas exploradas, 6,3% AM1 e 8,4% AM3. Por árvore explorada, a exploração florestal causou danos a 12 árvores

remanescentes para a AM1 e quatro árvores para AM3. Não foi verificada alteração significativa na biomassa da regeneração natural, no entanto foi verificado aumento no número de indivíduos tanto nas áreas exploradas, como nas áreas testemunhas. As reduções do estoque de carbono, da área basal e do número de árvores danificadas por árvore explorada, foram inferiores às reduções verificadas para manejo florestal de maior impacto e para manejo florestal comunitário. A redução do estoque de carbono, após dois meses da exploração florestal, foi similar à redução verificada após 30 anos de recuperação em florestas sob manejo florestal de maior intensidade. Os resultados da quantificação se mostraram inferiores aos das outras realidades, principalmente em função da inexistência de estradas e pátios de estoque de madeira, utilizados em categorias de planos de manejo maior impacto. Tais infraestruturas podem corresponder a 46% dos danos causados à floresta (Veríssimo *et al.*, 2002).

Portanto, ainda que tenha sido possível quantificar o impacto do manejo florestal realizado na RDS do Uatumã e tal atividade florestal possa ser caracterizada como de baixo impacto ao estoque de carbono da vegetação manejada, a manutenção do monitoramento das áreas estudadas é necessária para se aperfeiçoarem os estudos sobre a dinâmica da floresta sob manejo florestal. Por meio do monitoramento contínuo poderão ser obtidas informações importantes para a sustentabilidade do recurso florestal, tais como: incremento, mortalidade natural e mortalidade dos indivíduos danificados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cenamo, M.; Pavan, M.N. 2011. Análise da Decisão 1/CP.16 - III C (www.idesam.org.br/noticias/cop16/Analise%20decisao%20COP16.pdf). Acesso: 30/05/2011.
- Dutschke, M. 2007. CDM forestry and the ultimate objective of the climate convention. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12(2): 275-302.
- Fearnside, P.M. 2008. O valor de áreas protegidas em evitar mudança climática na Amazônia. pp. 8-11 In: R. Wiegand, Jr. & A.L. Albernaz (eds.) Atualização das Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade – Bioma Amazônia, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil. 213 pp.
- Medina, G.; Pokorny, B. 2007. Avaliação Financeira do Manejo Florestal Comunitário (<http://www.waldbau.uni-freiburg.de/forlive>). Acesso em: 21 de agosto de 2009.
- Sistema Estadual de Unidades de Conservação-SEUC. Lei Complementar Nº 53 de 05 de junho de 2007. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SDS, 2ª Ed. Amazonas.

Veríssimo, A.; Uhl, C.; Mattos, M. 2002. Impactos sociais, econômicos e ecológicos da exploração seletiva de madeiras numa região de fronteira na Amazônia Oriental: o caso da Tailândia. In: BARROS, A.C.; VERÍSSIMO, A., eds. A expansão da atividade madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento do setor florestal no Pará. Belém: IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 9-39

Vianna, A.L.M.; Koury, C.G.; Rizzo, E.; Freitas, C.C. 2009. Discussion of regulations for exploration of primitive forests in Amazon-Brazil, case of: Sustainable Development Reserve of Uatumã. In: XIII World Forestry Congress, 2009, Buenos Aires. Anais do XIII Congresso Florestal Mundial.

APÊNDICE A – Resultados detalhados por formas de vida para alterações na regeneração natural

Tabela 6. Resultados para número de indivíduos por hectare no tempo 1 (Te 1), em número absoluto, e alterações em relação ao tempo 2 (Te 2), em porcentagem.

Área	Te 1										Alterações (Te1 – Te2)				
	L	NP	P		PA		Total		L	NP	P	PA	Total		
-----n. ind.ha ⁻¹ -----										-----%-----					
AM1	578	±742	8.222	±2.296	-	-	444	±474	9.244	±2.667	-38	27	0	40	29
T1	1.600	±1.465	3.822	±1.474	-	-	578	±726	6.000	±2.111	-31	350	0	46	221
AM2	978	±774	10.311	±3.427	222	±313	800	±535	12.311	±3.646	-27	-9	40	-72	-14
T2	360	±370	6.920	±2.656	280	±484	1.200	±1.226	10.160	±2.375	22	61	-29	110	27
AM3	1.244	±421	7.067	±3.033	133	±154	800	±1.186	9.244	±2.595	-25	87	300	-17	66
T3	1.289	±687	7.644	±2.947	44	±103	311	±337	8.489	±3.938	-45	58	0	-43	72

L – liana; NP – não pioneira; P – pioneira; PA – palmeira; Te1 – tempo 1 ou primeira mensuração; Te2 – tempo 2 ou segunda mensuração.

Tabela 7. Resultados para estoque de carbono no tempo 1 (Te 1), em Mg por hectare, e alterações em relação ao tempo 2 (Te 2), em porcentagem.

Área	Te 1										Alterações (Te1 – Te2)				
	L	NP	P		PA		Total		L	NP	P	PA	Total		
-----MgC.ha ⁻¹ -----										-----%-----					
AM1	0,002	±0,002	0,76	±0,33	-	-	0,202	±0,1	0,961	±0,3	10.021,1	275,2	0,0	408,6	341,6
T1	0,004	±0,002	0,32	±0,06	-	-	0,276	±0,2	0,601	±0,2	19.283,2	1.148,2	0,0	61,6	768,5
AM2	0,565	±0,312	4,45	±1,07	0,182	±0,2	1,159	±0,5	6,356	±1,4	17,9	21,9	-62,5	-62,6	3,7
T2	0,003	±0,002	1,05	±0,22	0,016	±0,0	0,594	±0,3	1,660	±0,4	397,8	21,5	-24,7	11,7	18,2
AM3	0,004	±0,001	0,94	±0,20	0,010	±0,0	0,393	±0,3	1,351	±0,3	4.004,3	368,1	1.958,3	53,9	300,2
T3	0,005	±0,002	0,72	±0,19	0,000	±0,0	0,154	±0,1	0,878	±0,2	7.812,0	618,1	142,8	-60,4	534,2

L – liana; NP – não pioneira; P – pioneira; PA – palmeira; Te1 – tempo 1 ou primeira mensuração; Te2 – tempo 2 ou segunda mensuração.

APÊNDICE B - Resultados detalhados por classe de DAP para a avaliação de danos

Tabela 8. Número de árvores danificadas, número absoluto e em função do número de árvores exploradas.

Área	Nível	Apenas DT	Apenas DC	Total de árvores danificadas	Danos totais por AC
AM1	I	11	3	23	6
	II	8	2	18	5
	III	5	0	5	1
Total		24	5	46	12
AM3	I	17	5	37	2
	II	20	0	22	1
	III	6	0	6	0
Total		43	5	65	4

DT – Dano no tronco; DT AC – Dano no tronco por árvore explorada.

Tabela 9. Avaliação de danos causados no tronco em porcentagem em relação ao total de indivíduos mensurados e número absoluto entre parênteses.

Área	Nível	DT 1	DT 2 %	DT 3 (N° absoluto)	DT total	DT AC N° absoluto
AM1	I	0,8 (3)	1,7 (6)	3,0 (11)	2,8 (20)	5
	II	0,5 (2)	0,5 (2)	3,2 (12)	2,1 (16)	3
	III	0,0 (0)	0,0 (0)	8,5 (5)	8,5 (5)	1
Total		0,6 (5)	1,0 (8)	3,5 (28)	4,5 (41)	9
AM3	I	0,7 (3)	2,0 (9)	4,4 (20)	7,0 (32)	3
	II	0,3 (1)	0,0 (0)	5,9 (21)	6,2 (22)	1
	III	0,0 (0)	0,0 (0)	10,3 (6)	10,3 (6)	0
Total		0,5 (4)	1,0 (9)	6,9 (47)	6,9 (70)	4

DT – Dano no tronco; DT AC – Dano no tronco por árvore explorada.

Tabela 10. Avaliação de danos causados na copa, em porcentagem, em relação ao total de indivíduos mensurados e número absoluto entre parênteses.

Área	Nível	DC 1	DC 2 %	DC 3 (N° absoluto)	DC total	DC AC N° absoluto
AM1	I	0,3 (1)	2,5 (9)	0,0 (0)	2,8 (10)	3
	II	0,0 (0)	2,4 (9)	0,3 (1)	2,6 (10)	3
	III	0,0 (0)	0,0(0)	0,0 (0)	0,0 (0)	0
Total		0,1 (1)	2,3 (18)	0,1 (1)	2,5 (20)	6
AM3	I	1,1 (5)	2,0 (9)	0,0 (0)	3,1 (14)	1
	II	0,0 (0)	0,3 (3)	0,6 (2)	0,8 (5)	0
	III	0,0 (0)	0,0 (0)	0,0 (0)	0,0 (0)	0
Total		0,6 (5)	1,1 (12)	0,2 (2)	2,0 (19)	1

DC – Dano na copa; DC AC – Dano na copa por árvore explorada.

APÊNDICE C – Metadados das parcelas permanentes da RDS do Uatumã

O CD abaixo contém os metadados das parcelas permanentes da RDS do Uatumã, os quais são de propriedade do Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas – Idesam. Os metadados podem ser utilizados em estudos científicos desde que sua fonte seja citada: Idesam e a presente dissertação.