

**INFLUÊNCIA DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL DE IMPACTO REDUZIDO SOBRE AS FASES DE DESENVOLVIMENTO DE UMA FLORESTA DE TERRA FIRME, PARÁ, BRASIL**

**EFFECTS OF THE REDUCED IMPACT LOGGING ON THE GROWTH PHASES OF A TERRA FIRME FOREST IN THE STATE OF PARÁ, BRAZIL**

Luciana Maria de Barros Francez<sup>1</sup> João Olegário Pereira de Carvalho<sup>2</sup> Fábio de Jesus Batista<sup>3</sup>  
Fernando Cristóvam da Silva Jardim<sup>4</sup> Edson Marcos Leal Soares Ramos<sup>5</sup>

**RESUMO**

Avaliou-se a influência da exploração florestal de impacto reduzido nas fases de desenvolvimento de uma floresta de terra firme, submetida a duas intensidades de colheita de madeira na região de Paragominas, PA. Os dados foram coletados em 36 parcelas permanentes de 0,25 ha, distribuídas aleatoriamente entre os tratamentos ( $T_1$  - floresta explorada com colheita apenas do fuste comercial das árvores e  $T_2$  - floresta explorada com colheita do fuste e dos resíduos lenhosos) e testemunha ( $T_0$  - floresta não explorada). Foram consideradas três fases de desenvolvimento da floresta: madura (DAP > 40 cm); em construção (10 cm < DAP < 40 cm); e clareiras (ocorrência de uma abertura no dossel e pouca ou nenhuma árvore com DAP > 10 cm). Para verificar a homogeneidade de variâncias das subparcelas entre tratamentos, fases e anos, recorreu-se ao teste de Bonferroni, a partir das estatísticas de Bartlett e Levene. Foi aplicada uma análise de variância para o número de subparcelas por fases, anos e tratamentos, ao nível de significância de 5%. Foi realizado, também, o teste Tukey para contrastar as médias da interação entre as fases e ano. Antes da exploração, a floresta encontrava-se com 57,0% da área em estágio de construção, 38,9% em estágio de floresta madura e apenas 4,1% em fase de clareira. A exploração reduziu a área de floresta madura e em construção, ocasionando o aumento do número de clareiras, entretanto, esse aumento não apresentou diferença estatística. Um ano após a exploração foi observado o aumento da área de floresta madura (38,4%) e de construção (53,1%) e a redução das áreas de clareiras (8,4%). Três anos após a exploração os percentuais observados (Floresta madura: 37,1%; Floresta em construção: 57,9%; Clareira: 5,0%), foram semelhantes aos encontrados antes da exploração florestal. As fases de desenvolvimento da floresta não foram influenciadas pela exploração florestal, ao longo do período estudado, independente do tratamento empregado. A floresta em estudo demonstrou capacidade de se regenerar, proporcionando o fechamento do dossel, apesar do curto espaço de tempo.

**Palavras-chave:** dinâmica da floresta; monitoramento florestal; parcelas permanentes; clareiras.

1 Engenheira Florestal, Msc., Professora Assistente I da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Paragominas, Rodovia PA 256 Km 06, s/n, Caixa Postal 284, Setor Industrial, Bairro Nova Conquista, CEP 68627-451, Paragominas (PA), Brasil. luciana.francez@ufra.edu.br

2 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Visitante da Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Tancredo Neves, 2501, Caixa Postal 917, Bairro Terra Firme, CEP 66077-530, Belém (PA), Brasil. olegario.carvalho@gmail.com

3 Engenheiro Florestal, Msc., Professor Assistente I da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Paragominas, Rodovia PA 256 Km 06, s/n, Caixa Postal 284, Setor Industrial, Bairro Nova Conquista, CEP 68627-451, Paragominas (PA), Brasil. fabio.batista@ufra.edu.br

4 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado III da Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Tancredo Neves, 2501, Caixa Postal 917, Bairro Terra Firme, CEP 66077-530, Belém (PA), Brasil. fernando.jardim@ufra.edu.br

5 Bacharel em Estatística, Dr., Professor Associado I da Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 01, Caixa Postal 479, Bairro Guamá, CEP 66075-110, Belém (PA), Brasil. edson@ufpa.br

Recebido para publicação em 09/02/2012 e aceito em 26/07/2012

## ABSTRACT

The influence of reduced impact logging were evaluated on the growth phases of a *terra firme* forest in the Paragominas region, state of Pará, that was logged considering two intensities of timber harvesting. Data were collected in 36 permanent sample plots (0.25ha) randomly distributed among treatments ( $T_1$  – Logged forest, harvesting the stem of commercial trees;  $T_2$  – Logged forest, harvesting the stem and coarse woody debris) and control ( $T_0$  unlogged forest). Three growth phases of the forest were considered: mature (DBH > 40cm); building forest (10cm < DBH < 40cm); and gaps (occurrence of a canopy gap and a few or no tree with DBH > 10cm). The homogeneity of variances of sub-plots between treatments, growth phases and years was tested by the Bonferroni test, according to the statistics of Bartlett and Levene. An analysis of variance was applied on the number of sub-plots by phases, years and treatments at a 0.005 significance level. The Tukey test was applied for analyzing the interaction between the phases and years. Before logging the percentage of growth phases were: 57.0% building forest, 38.9% mature forest and 4.1% canopy gaps. Logging reduced the areas of mature forest and building forest, increasing the number of canopy gaps, but this increase had no statistical difference. One year after logging the area of mature forest (38.4%) and building forest (53.1%) increased while the areas of gaps (8.4%) decreased. Three years after logging the percentage of mature forest (37.1%), building forest (57.9%) and gaps (5.0%) were similar to those found before logging. The forest growth phases were not influenced by logging, over the study period. The study forest showed that it is able to grow, closing the canopy gaps, even in a short period of time.

**Keywords:** forest dynamics; monitoring forest; permanent sample plots; canopy gaps.

## INTRODUÇÃO

A floresta amazônica é caracterizada por sua grande extensão territorial, alta biodiversidade e elevado potencial econômico, entretanto, atividades antrópicas, como o extrativismo vegetal e agricultura de subsistência, tem ocasionado rápida destruição de extensas áreas (RABELO et al., 2002). A maioria das florestas nativas da Amazônia tem sido explorada sem aplicação dos critérios de sustentabilidade do manejo florestal, o que caracteriza perda da cobertura florestal e da diversidade de espécies, antes mesmo que se tenha o conhecimento dessa riqueza natural (SOUZA et al., 2006). A colheita florestal sem planejamento, realizada de maneira intensa e seletiva na Amazônia, tem transformado florestas de elevado estoque de madeira e valor comercial em florestas degradadas, de baixo valor comercial e de difícil recuperação (PINTO et al., 2002). A exploração florestal ocasiona mudanças na dinâmica de crescimento e no processo sucessional das florestas tropicais. A exploração, quando feita de forma predatória ou não planejada, poderá dificultar o processo de regeneração e manutenção dessa floresta.

O entendimento da dinâmica de crescimento e desenvolvimento das florestas tropicais e do processo sucessional tem merecido maior aten-

ção de pesquisadores, principalmente no que se refere à destruição das florestas e da necessidade de definição de parâmetros para o estabelecimento e manejo conservacionista de reservas e fragmentos florestais (ENGEL, 1993). Desta forma, o dossel de uma floresta é modificado à medida que as árvores crescem e morrem e outras as substituem, formando um mosaico constituído por diferentes estádios de crescimento.

Whitmore (1975, 1982, 1990) foi um dos precursores da ideia de mosaico, dizendo que a floresta é construída por diferentes fases estruturais que estão sempre se alterando conforme uma fase muda para a seguinte. Whitmore (1990) e Richards (1996) classificam a floresta natural em fase de clareira (ou abertura), fase de construção (ou regeneração) e fase madura. As clareiras normalmente contêm pouco ou nenhum indivíduo maior do que mudas e varas. A fase de construção representa a fase de recuperação, ou seja, é composta por indivíduos jovens em intenso desenvolvimento, enquanto que a fase madura é dominada por árvores maduras e senescentes. As três fases representam um processo contínuo e dinâmico e são divisões arbitrárias do processo ininterrupto de crescimento das florestas tropicais, que ocorrem através das mudanças na estrutura e composição da vegetação (WHITMORE, 1990).

Os estudos sobre formação de clareiras naturais ou provenientes da exploração florestal são relevantes, pois a intensidade de luz que penetra pela floresta até o solo pode determinar que espécies vão constituir a floresta, assim como a abundância e a distribuição das espécies na área. A abertura de clareiras irá influenciar na germinação de espécies demandantes de radiação solar, presentes no banco de sementes do solo, podendo ocasionar o aumento de espécies pioneiras (espécies demandantes de luz para o seu desenvolvimento) na área. Espera-se um bom crescimento das árvores após a exploração madeireira, onde há a formação de novas clareiras. No entanto, Martini (2010) afirma que a abertura de clareira inicia um processo de competição que tem grande potencial de modificar as relações entre os indivíduos estabelecidos anteriormente no local, com consequências para as fases seguintes. Ressalta-se, ainda, que se não foram utilizadas técnicas de manejo apropriadas, poderá ocorrer a pro-

liferação de espécies pioneiras, que na maioria das vezes têm valor econômico ainda desconhecido, e que competirão com as espécies arbóreas desejáveis (VIDAL et al., 1998).

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da exploração florestal nas fases de desenvolvimento de uma floresta de terra firme na região de Paragominas, PA, submetida a duas intensidades de colheita de madeira.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na Fazenda Rio Capim, pertencente à Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda., na Unidade de Trabalho nº 02 (UT 02) com 108 ha e Unidade de Produção Anual nº 07 (UPA 07) do Plano de Manejo Florestal da empresa (Figura 1).

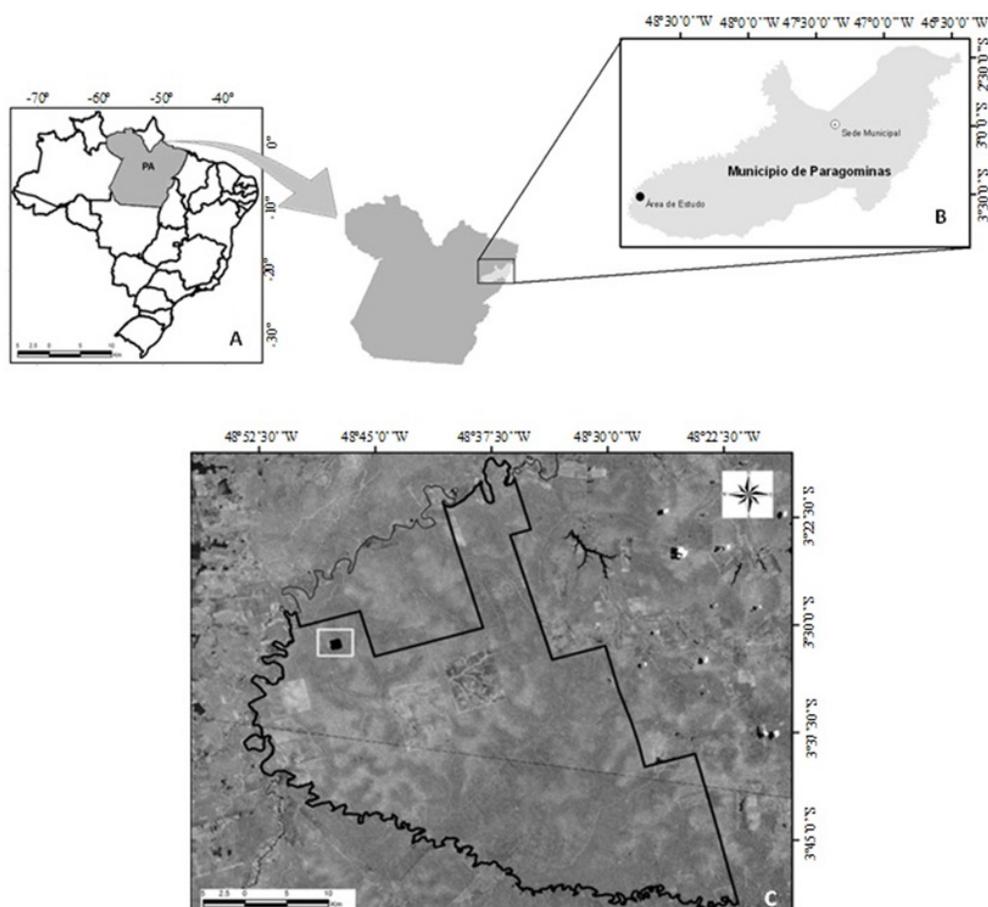


FIGURA 1: Localização da área de estudo. A – Brasil, em destaque o Estado do Pará; B – Município de Paragominas; C – Fazenda Rio Capim, em destaque a área de estudo.

FIGURE 1: Localization of the study area. A – Brazil – pointing out the state of Pará; B – Municipality of Paragominas; C – Rio Capim Forest Management Unit, pointing out the study area.

O município de Paragominas está localizado no nordeste Paraense, mesorregião Sudeste Paraense, entre as coordenadas de 2°25' e 4°09'S e 46°25' e 48°54'W Gr, tendo sua sede localizada no entroncamento do Km 0 da PA 256 com o Km 15 da PA 125, às margens da rodovia BR 010 (IBGE, 1991; BASTOS et al., 1993; LEAL, 2000).

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo "Aw", isto é, tropical chuvoso com estação seca bem definida, com temperatura média anual de 26,3°C, com umidade relativa do ar de 81% e precipitação pluviométrica com média de 1.800 mm/ano, com ocorrência de menor disponibilidade hídrica no período de julho a outubro (BASTOS et al., 2005). A topografia é plana a suavemente ondulada, sendo identificada como pertencente à Região Geomorfológica Planalto Setentrional Pará-Maranhão (BRASIL, 1973). O município é drenado por duas bacias, a do rio Capim e a do rio Gurupi, servindo este último de divisa com o Estado do Maranhão (WATRIN e ROCHA, 1992). Outros rios de menor porte drenam a área, tais como Ananavira, Paraquequara, Candiru-Açu, Potiritá, Piriá, Uraim e Surubiju, entre outros (LEAL, 2000).

As principais classes de solos, identificadas por Rodrigues et al. (2003) são: Latossolos Amarelos; Argissolos Amarelos; Plintossolos; Gleissolos; e Neossolos. Os solos possuem baixa fertilidade, devido à baixa reserva de nutrientes como cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio, além de alta saturação por alumínio.

A vegetação da área estudada foi classificada e caracterizada de acordo com Veloso et al. (1991), como floresta ombrófila densa, também, conhecida como floresta pluvial tropical.

### Delineamento experimental

Conforme a metodologia de inventário florestal contínuo sugerida por Silva et al. (2005), foram estabelecidas, aleatoriamente nos 108 ha, 36 parcelas quadradas de 0,25 ha, sendo doze parcelas para cada tratamento ( $T_1$  e  $T_2$ ) e doze parcelas para a testemunha ( $T_0$ ) (Figura 2). Cada parcela de 0,25 ha foi dividida em 25 subparcelas de 10 x 10 m, perfazendo um total de 900 subparcelas, 300 em cada tratamento e na testemunha, para facilitar a coleta de dados.

Foram estabelecidos dois tratamentos ( $T_1$  e  $T_2$ ), tendo como base a intensidade de colheita de madeira, utilizando técnicas de exploração de impacto reduzido, e uma testemunha ( $T_0$ ) para

acompanhamento da floresta não explorada. O Tratamento 1 ( $T_1$ ) consistiu na retirada, apenas, dos fustes das árvores comerciais e o Tratamento 2 ( $T_2$ ) na retirada dos fustes das árvores comerciais mais a retirada dos resíduos lenhosos. Todos os indivíduos com Diâmetro a 1,30 m do solo e > 10 cm foram mensurados. Foi considerado resíduo lenhoso: galhos, sapopemas e restos de troncos e árvores caídas, provenientes da exploração florestal, que podem ser utilizados como produtos secundários do manejo florestal (por exemplo, brinquedos, peças de artesanato...) e energia, Art. 2º, alínea XIV, da Instrução Normativa nº. 05 do Ministério do Meio Ambiente, de 11/12/2006 (BRASIL, 2008). Os dados foram coletados em quatro ocasiões: antes da exploração florestal (2003); e após a exploração (2004, 2005 e 2007).

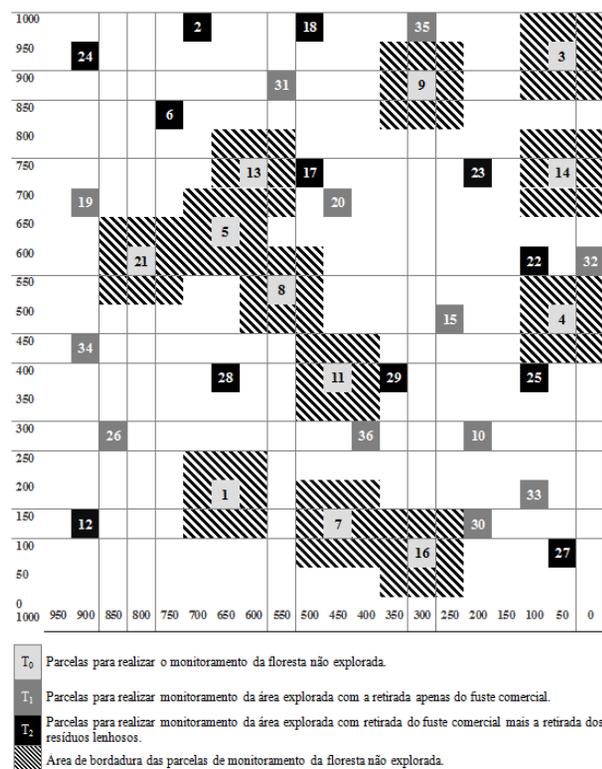


FIGURA 2: Disposição das parcelas permanentes para a realização de inventário florestal contínuo na UT 02 da UPA 07 na Fazenda Rio Capim, município de Paragominas, PA.

FIGURE 2: Disposition of the permanent sample plots for continuous forest inventory in the UT 02, UPA 07 at Rio Capim Forest Management Unit, in the municipality of Paragominas, state of Pará.

A exploração foi realizada com os mesmos procedimentos técnicos nos dois tratamentos, seguindo as diretrizes estabelecidas no plano de manejo da empresa. Após a exploração, foram retirados os resíduos das parcelas sorteadas para o T<sub>2</sub>. Foram colhidas, em média, 4,33 árvores comerciais por hectare (1,08 + 1,55 / parcela: 12 árvores em T<sub>1</sub>; 14 árvores em T<sub>2</sub>) de 17 espécies, sendo 4 árvores/ha em T<sub>1</sub> e 4,66 árvores/ha em T<sub>2</sub> (Tabela 1).

Foram registradas na ficha de campo as seguintes informações: (1) número da árvore; (2) nome popular; (3) diâmetro; e (4) classe de floresta. Para a classe de floresta foram consideradas três fases de desenvolvimento: (1) floresta madura: subparcela que apresentou pelo menos uma árvore com DAP > 40 cm; (2) floresta em construção: a subparcela que apresentou pelo menos uma árvore com 10 cm < DAP < 40 cm; e (3) clareira: ocorrência de uma abertura no dossel (de pelo menos 50% da área da subparcela) e pouca ou nenhuma

árvore com DAP > 10 cm presente na subparcela, e quando existentes, as copas se projetam para fora do limite da subparcela (SILVA et al., 2005).

O processamento desses dados foi realizado pelo *software* Monitoramento de Florestas Tropicais - MFT, desenvolvido pela Embrapa Amazônia Oriental.

Para verificar a homogeneidade de variâncias entre as interações (número de subparcelas x tratamento; número de subparcelas x fases; número de subparcelas x ano) recorreu-se ao teste de Bonferroni com 95% de confiança, a partir das estatísticas de Bartlett e Levene, onde se verificou que todas as interações apresentaram homogeneidade de variâncias. Foi aplicada uma análise de variância para o número de subparcelas por fase, ano e tratamento, ao nível de significância de 5%. Foi realizado, também, o teste Tukey com nível de confiança de 99,88%, para contrastar as médias da interação entre as fases e anos, com auxílio do programa MINITAB 14.

TABELA 1: Árvores exploradas nos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> em 6 ha de amostra, na Fazenda Rio Capim, Paragominas, PA, Brasil.

TABLE 1: Logged trees in the treatments T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub> (6 ha sample) at Rio Capim Forest Management Unit, municipality of Paragominas, state of Pará, Brazil.

| T <sub>1</sub>                     |               |                     | T <sub>2</sub>                     |               |                     |
|------------------------------------|---------------|---------------------|------------------------------------|---------------|---------------------|
| Espécie / Indivíduo                | DAP (cm)      | g (m <sup>2</sup> ) | Espécie / Indivíduo                | DAP (cm)      | g (m <sup>2</sup> ) |
| <i>Euxylophora paraensis</i>       | 97,30         | 0,74                | <i>Manilkara huberi</i>            | 123,50        | 1,20                |
| <i>Manilkara huberi</i>            | 89,80         | 0,63                | <i>Couratari</i> sp.               | 115,70        | 1,05                |
| <i>Lecythis pisonis</i>            | 89,50         | 0,63                | <i>Manilkara huberi</i>            | 107,70        | 0,91                |
| <i>Brosimum acutifolium</i>        | 81,90         | 0,53                | <i>Parkia gigantocarpa</i>         | 88,80         | 0,62                |
| <i>Laetia procera</i>              | 78,90         | 0,49                | <i>Simarouba amara</i>             | 84,50         | 0,56                |
| <i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> | 76,70         | 0,46                | <i>Manilkara paraensis</i>         | 76,80         | 0,46                |
| <i>Bombax globosum</i>             | 69,60         | 0,38                | <i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> | 76,80         | 0,46                |
| <i>Caryocar villosum</i>           | 67,80         | 0,36                | <i>Brosimum guianense</i>          | 70,20         | 0,39                |
| <i>Manilkara paraensis</i>         | 61,60         | 0,30                | <i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> | 69,20         | 0,38                |
| <i>Laetia procera</i>              | 60,50         | 0,29                | <i>Manilkara paraensis</i>         | 69,00         | 0,37                |
| <i>Jacaranda copaia</i>            | 55,20         | 0,24                | <i>Lecythis pisonis</i>            | 64,00         | 0,32                |
| <i>Copaifera multijuga</i>         | 35,80         | 0,10                | <i>Apeiba albiflora</i>            | 62,10         | 0,30                |
| -                                  | -             | -                   | <i>Laetia procera</i>              | 60,10         | 0,28                |
| -                                  | -             | -                   | <i>Swartzia grandifolia</i>        | 51,50         | 0,21                |
| Total                              | -             | 5,15                | Total                              | -             | 7,03                |
| Média DAP                          | 72,05 ± 17,29 | -                   | Média DAP                          | 79,99 ± 21,79 | -                   |

Em que: T<sub>1</sub> = Área explorada com a retirada apenas do fuste comercial; T<sub>2</sub> = Área explorada com retirada do fuste comercial mais a retirada dos resíduos; DAP = Diâmetro do fuste a 1,30 do solo; g = Área basal.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da exploração, a floresta estudada encontrava-se com 57,0% da amostra em estágio de construção e 38,9% em estágio de floresta madura. Por se tratar de uma floresta não explorada, apenas 4,1% das amostras estavam em fase de clareira, certamente formadas por quedas naturais de galhos ou árvores inteiras (Tabela 2). As diferentes fases de desenvolvimento da floresta são resultantes do conjunto de transformações ocorridas na composição florística e estrutura da floresta no decorrer do tempo, as quais podem ser ocasionadas de forma natural ou antrópica. A floresta estudada, antes da exploração, apresentava-se de forma heterogênea (Figura 3), com subparcelas em diferentes fases de desenvolvimento, confirmando as afirmativas de Richards (1996) de que a floresta tropical primária nunca é homogênea em estrutura, até mesmo onde não houve qualquer extração ou outras perturbações artificiais. Outros autores, como Johns et al. (1998), também relataram diferenças entre as fases de desenvolvimento da floresta. Estes autores citam que no município de Paragominas, PA, antes da exploração florestal 18% da área apresentava-se como floresta madura, 46% como floresta intermediária, 28% de floresta jovem e 8% em fase de clareira.

No ano da exploração (2004) foi observada a redução da área de floresta madura (32,8%) e de floresta em construção (52,9%), aumentando as áreas de clareiras (14,3%) (Tabela 2). A exploração florestal foi responsável pela redução das áreas de floresta madura (8,7%) e floresta em construção (5,2%) e aumento das áreas de clareira (13,8%). A redução na fase de floresta madura pode ter ocorrido devido a: (1) extração de árvores com DAP > 40 cm, passando à fase de floresta em construção ou de cla-

reira; e/ou (2) abertura de mais de 50% no dossel, mesmo que houvesse a ocorrência de árvores com DAP > 40 cm. Houve uma redução de 4,1% na fase de floresta em construção causada pela derrubada das árvores, quedas naturais e pela passagem de algumas amostras para a fase de floresta madura. Há que se considerar, que o diâmetro mínimo de corte dos indivíduos colhidos na área amostrada foi superior a 50 cm, com exceção para um indivíduo de *Copaifera multijuga* Hayne (copaíba) que foi colhido com um diâmetro de 35,8 cm.

De uma forma geral, o percentual de subparcelas em estágio de clareira aumentou em 2004, tanto para as amostras exploradas ( $T_{1(2003)}$ : 1,4%;  $T_{1(2004)}$ : 4,7%;  $T_{2(2003)}$ : 1,6%;  $T_{2(2004)}$ : 7,6%), quanto para a amostra-testemunha ( $T_{0(2003)}$ : 1,1%;  $T_{0(2004)}$ : 2,1%) (Figura 3). Este fato poderá proporcionar mudanças inerentes à composição florística da área, visto que as espécies pioneiras serão beneficiadas com a entrada de luz ocasionada pela abertura no dossel florestal.

Do ano 2003 (antes da exploração) para 2004 (imediatamente após a exploração) houve o aumento de 10,2% das amostras em estágio de clareira, sendo que as áreas onde ocorreu a exploração florestal foram responsáveis por 85,3% do total da amostragem (900 subparcelas) (Figura 3). Esse aumento deu-se tanto para a área testemunha ( $T_0$ ), quanto para os dois tratamentos ( $T_1$  e  $T_2$ ), nas seguintes proporções, respectivamente: 1,0%; 3,2%; e 6,0%. Conseqüentemente, foi observada a diminuição nos percentuais de floresta madura e em construção, de 2003 a 2004, nas seguintes proporções:  $T_0$  (Floresta madura: 0,3%; Floresta em construção: 0,7%);  $T_1$  (Floresta madura: 2,3%; Floresta em construção: 0,9%); e  $T_2$  (Floresta madura: 3,4%; Floresta em construção: 2,6%) (Figura 3).

TABELA 2: Número de subparcelas em cada fase de desenvolvimento da floresta em 9 ha na Fazenda Rio Capim, município de Paragominas, PA, Brasil.

TABLE 2: Number of sub-plots in each growth phases of the forest in 9ha at Rio Capim Forest Management Unit, municipality of Paragominas, State of Pará, Brazil.

| Fase       | 2003  |       |       |      | 2004  |       |       |      | 2005  |       |       |      | 2007  |       |       |      |
|------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
|            | $T_0$ | $T_1$ | $T_2$ | %    |
| Madura     | 125   | 117   | 108   | 38,9 | 122   | 96    | 77    | 32,8 | 132   | 97    | 117   | 38,4 | 128   | 110   | 96    | 37,1 |
| Construção | 165   | 170   | 178   | 57,0 | 159   | 162   | 155   | 52,9 | 163   | 173   | 142   | 53,1 | 165   | 170   | 186   | 57,9 |
| Clareira   | 10    | 13    | 14    | 4,1  | 19    | 42    | 68    | 14,3 | 5     | 30    | 41    | 8,4  | 7     | 20    | 18    | 5,0  |
| Total      | 300   | 300   | 300   | 100  | 300   | 300   | 300   | 100  | 300   | 300   | 300   | 100  | 300   | 300   | 300   | 100  |

Em que:  $T_0$  = Floresta não explorada;  $T_1$  = área explorada com a retirada apenas do fuste comercial;  $T_2$  = área explorada com retirada do fuste comercial mais a retirada dos resíduos lenhosos.

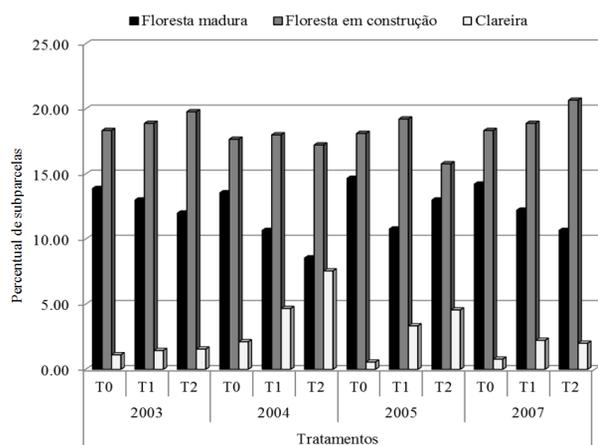


FIGURA 3: Mudanças nas fases de desenvolvimento da floresta em consequência de duas intensidades de colheita de madeira ( $T_1$ : área explorada com a retirada apenas do fuste comercial;  $T_2$ : área explorada com retirada do fuste comercial mais a retirada dos resíduos) e nas parcelas testemunhas ( $T_0$ : floresta não explorada), em 9 ha na Fazenda Rio Capim, Paragominas, PA, Brasil.

FIGURE 3: Changes in the growth phases of the forest after two intensities of timber harvest ( $T_1$ : logged forest, harvesting the stem of commercial trees;  $T_2$ : logged forest, harvesting the stem and the coarse woody debris) and in the control plots ( $T_0$ : unlogged forest) in 9ha at Rio Capim Forest Management Unit, in the municipality of Paragominas in the state of Pará, Brazil.

O aumento percentual no número de clareiras foi maior nas parcelas onde ocorreu a colheita dos fustes mais a retirada dos resíduos. Muitas clareiras formadas na área deste estudo são oriundas da derrubada ou da queda natural de árvores, que também podem derrubar árvores vizinhas e formar clareiras maiores, corroborando com a afirmação de Turner (1990), que as clareiras são formadas tanto por eventos naturais como artificiais. Segundo Jardim et al. (1993), a dinâmica da floresta tropical é regulada pela formação de clareiras de vários tamanhos, as quais determinam um gradiente complexo de condições microclimáticas.

Webb (1997), ao estudar a remoção do dossel e os danos causados pela exploração seletiva controlada em uma floresta de várzea na Costa

Rica, verificou que antes da exploração o dossel apresentava-se 91% fechado e que após a exploração esta percentagem caiu para 73%. Afirmou, ainda, que antes da exploração 65% do total de áreas eram formadas por clareiras menores que 250 m<sup>2</sup> e que depois da exploração as clareiras eram maiores que 500 m<sup>2</sup>, representando 78% da área total, demonstrando que a exploração madeireira contribui para o aumento do tamanho das aberturas no dossel florestal.

Em 2005 foi observado o aumento da área de floresta madura (38,4%) e de construção (53,1%) e a redução das áreas de clareiras (8,4%), quando comparadas a 2004 (Tabela 2). O percentual de subparcelas em estágio de clareira diminuiu tanto para as amostras exploradas ( $T_{1(2004)}$ : 4,7%;  $T_{1(2005)}$ : 3,3%;  $T_{2(2004)}$ : 7,6%;  $T_{2(2005)}$ : 4,6%), quanto para a amostra-testemunha ( $T_{0(2004)}$ : 2,1%;  $T_{0(2005)}$ : 0,6%) (Figura 3). O percentual de fechamento do dossel (passagem para as fases de construção e madura) foi maior nas parcelas do  $T_2$ .

Três anos após a exploração (2007), os valores percentuais observados (Floresta madura: 37,1%; Floresta em construção: 57,9%; Clareira: 5,0%), foram semelhantes aos valores encontrados antes da exploração florestal (2003) (Tabela 2). Este fato demonstra que a floresta deixada em pousio tem a capacidade de crescer e regenerar rapidamente, proporcionando, o fechamento do dossel, que pode ser ocasionado pelo crescimento de espécies remanescentes, como também pelo aparecimento de lianas e espécies oportunistas (demandantes de luz). Crome et al. (1992), no norte de Queensland, verificaram que as aberturas de clareiras, estradas e trilhas de exploração aumentaram a quantidade de luz no sub-bosque da floresta, favorecendo o aparecimento de espécies pioneiras. Silva et al. (1995), ao estudarem o crescimento e rendimento de uma floresta tropical aos 13 anos após a exploração florestal, afirmaram que a exploração causa mudanças na estrutura do dossel e na composição florística do povoamento, reduzindo o número de espécies tolerantes à sombra e estimulando o aparecimento de espécies demandantes de luz. No presente estudo, considerando que houve aumento na fase de clareira imediatamente após a exploração (Figura 3), certamente o número de espécies pioneiras, assim como o número de indivíduos dessas espécies pode aumentar consideravelmente.

Embora tenham sido constatadas variações percentuais entre as fases de desenvolvimento da

floresta entre os tratamentos após a exploração florestal, a análise de variância, ao nível de significância de 5%, para o número de subparcelas por fases de desenvolvimento da floresta (Clareira, Construção e Madura), anos (2003, 2004, 2005 e 2007) e tratamentos ( $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ), evidenciou que o número de subparcelas é significativamente diferente nas seguintes fontes de variação: Fases; Interação Fases x Anos; e Interação Fases x Tratamentos (Tabela 3). Para efeito de comparação, neste estudo, foram consideradas, apenas, as interações Fases x Anos e Fases x Anos x Tratamentos.

A interação Fases x Anos x Tratamentos não apresentou diferença estatística (Tabela 3), demonstrando que a exploração florestal não afetou a arquitetura do mosaico das fases de desenvolvimento da floresta para  $T_1$  e  $T_2$ , os quais mantiveram padrão semelhante a  $T_0$  (floresta não explorada), para os diferentes anos.

A estatística descritiva para a interação Fases x Anos, independente do tratamento, demonstrou que Construção-2007 apresentou maior valor médio de número de subparcelas, com 14,47 (+ 2,60) e que Clareira-2003 apresentou o menor valor médio de número de subparcelas, com 1,03. Além disso, pode-se verificar que Clareira-2003 apresentou a menor variabilidade, com variância de 1,86 e desvio padrão de 1,36 (Tabela 4).

Foi observado que a maior média de subparcelas, para a fase de clareira, foi, em 2004, ano em que foi realizada a exploração. Nos anos seguintes houve um decréscimo nos valores médios demonstrando que apesar do curto espaço de tempo, a floresta apresentou uma boa capacidade de reestruturação do dossel (Tabela 4).

Ao comparar a média do número de subparcelas da interação Fases x Anos (Madura-2003; Madura-2004; Madura-2005; Madura-2007; Construção-2003; Construção-2004; Construção-2005; Construção-2007; Clareira-2003; Clareira-2004; Clareira-2005 e Clareira-2007) pelo teste Tukey, com nível de confiança de 99,88%, observou-se a formação de três grupos com as seguintes características: 1 - Os valores médios não apresentaram diferenças estatísticas dentro de um mesmo grupo; 2 - Os valores médios entre grupos foram diferentes (Figura 4). Estes resultados reforçam a afirmativa feita quanto à manutenção da arquitetura do mosaico vegetacional da floresta, mesmo após a exploração florestal.

Outros estudos deverão ser feitos no intuito de se observar a influência do número de árvores derrubadas, assim como direcionamento de queda e presença de cipós, em relação à formação de clareiras (considerando número e tamanho), uma vez que a formação destas poderá influenciar os padrões fitossociológicos de uma determinada comunidade.

TABELA 3: Análise de variância para o número de subparcelas por fases de desenvolvimento da floresta (Clareira, Construção e Madura), anos (2003, 2004, 2005 e 2007) e tratamentos ( $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ), ao nível de significância de 5%, em 9 ha na Fazenda Rio Capim, Paragominas, PA, Brasil.

TABLE 3: Analysis of variance for the number of sub-plots by forest growth phases (Canopy gap, Building forest and Mature forest), years (2003, 2004, 2005 and 2007) and treatments ( $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ), at the 5% significance level, 9ha at Rio Capim Forest Management Unit, in the municipality of Paragominas, state of Pará, Brazil.

| Fonte de Variação          | G.L. | S.Q.      | Q.M.     | F.calc. | F crítico | p      |
|----------------------------|------|-----------|----------|---------|-----------|--------|
| Fases                      | 2    | 10.209,29 | 5.104,65 | 533,41  | 3,02      | 0,0000 |
| Anos                       | 3    | 0,00      | 0,00     | 0,00    | 2,63      | 1,0000 |
| Tratamentos                | 2    | 0,00      | 0,00     | 0,00    | 3,02      | 1,0000 |
| Fases x Anos               | 6    | 242,88    | 40,48    | 4,23    | 2,12      | 0,0000 |
| Fases x Tratamentos        | 4    | 250,92    | 62,73    | 6,55    | 2,39      | 0,0000 |
| Anos x Tratamentos         | 6    | 0,00      | 0,00     | 0,00    | 2,12      | 1,0000 |
| Fases x Anos x Tratamentos | 12   | 177,25    | 14,77    | 1,54    | 1,78      | 0,1060 |
| Resíduos                   | 396  | 3.789,67  | 9,57     | ---     | ---       | ---    |
| Total                      | 431  | 14.670,00 | ---      | ---     | ---       | ---    |

Em que: G.L. = Graus de liberdade; S.Q. = Soma dos quadrados; Q.M. = Quadrado médio; F. calc. = F calculado; p = Probabilidade.

TABELA 4: Estatística descritiva para o número de subparcelas por fases de desenvolvimento da floresta (Clareira, Construção e Madura) e anos (2003, 2004, 2005 e 2007), em 9 ha na Fazenda Rio Capim, Paragominas, PA, Brasil.

TABLE 4: Descriptive statistics for the number of sub-plots by forest growth phases (Canopy gap, Building forest and Mature forest) and years (2003, 2004, 2005 and 2007), in 9ha at Rio Capim Forest Management Unit, in the municipality of Paragominas, state of Pará, Brazil.

| Fase x Ano      | Média | D. Padrão | Variância | C. Variação |
|-----------------|-------|-----------|-----------|-------------|
| Madura-2003     | 9,72  | 2,89      | 8,32      | 29,67       |
| Madura-2004     | 8,19  | 3,25      | 10,56     | 39,66       |
| Madura-2005     | 9,61  | 4,54      | 20,64     | 47,27       |
| Madura-2007     | 9,28  | 3,15      | 9,92      | 33,95       |
| Construção-2003 | 14,25 | 2,87      | 8,25      | 20,16       |
| Construção-2004 | 13,22 | 3,08      | 9,49      | 23,30       |
| Construção-2005 | 13,28 | 3,90      | 15,24     | 29,40       |
| Construção-2007 | 14,47 | 2,60      | 6,77      | 17,98       |
| Clareira-2003   | 1,03  | 1,36      | 1,86      | 132,57      |
| Clareira-2004   | 3,58  | 3,57      | 12,71     | 99,48       |
| Clareira-2005   | 2,11  | 3,61      | 13,02     | 170,89      |
| Clareira-2007   | 1,25  | 1,93      | 3,74      | 154,62      |
| Geral           | 8,33  | 5,83      | 34,04     | 70,01       |

Em que: D. Padrão = Desvio padrão da média; C. Variação = Coeficiente de variação.

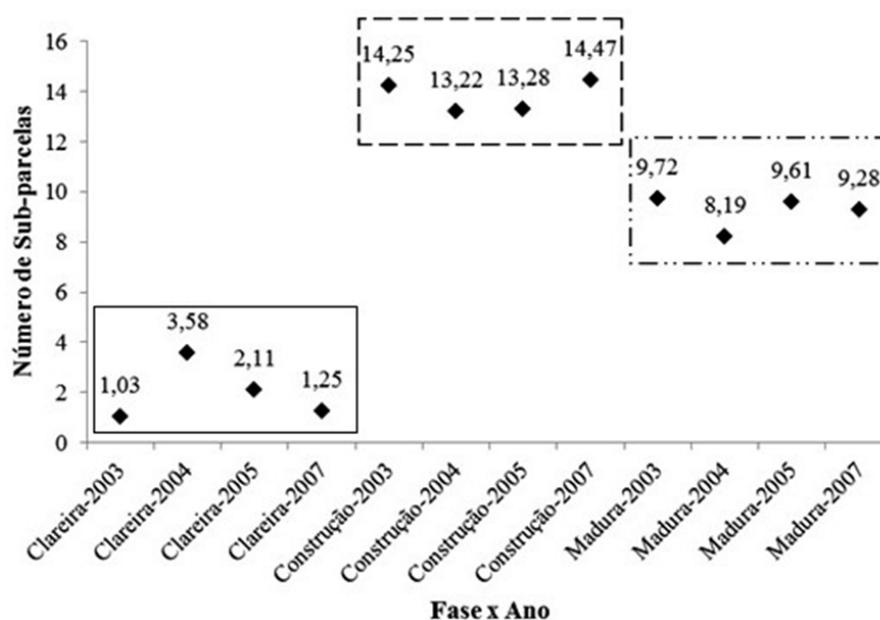


FIGURA 4: Resultado gráfico do Teste Tukey, com nível de confiança de 99,88%, para contrastar as médias da interação entre as fases de desenvolvimento da floresta (Clareira, Construção e Madura) e anos (2003, 2004, 2005 e 2007), em 9 ha na Fazenda Rio Capim, Paragominas, PA, Brasil.

FIGURE 4: Result of Tukey Test with 99.88% of confidence level, to compare the means of interaction between the growth phases of the forest (Canopy gaps, Building forest and Mature forest) and years (2003, 2004, 2005 and 2007), in 9ha at Rio Capim Forest Management Unit, in the municipality of Paragominas in the state of Pará, Brazil.

## CONCLUSÃO

As fases de desenvolvimento da floresta não foram influenciadas pela exploração florestal, ao longo do período estudado, independente do tratamento empregado.

Embora não tenha ocorrido diferença estatística, a exploração florestal ocasionou o aumento do número de clareiras. Apesar do curto espaço de tempo, a floresta em estudo demonstrou capacidade de se regenerar, proporcionando o fechamento do dossel.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS, T. X. et. al. Efeito da remoção da floresta ombrófila sobre regime pluviométrico no município de Paragominas - PA. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 23, n. 45 – 46, p. 85 – 92, 1993.
- BASTOS, T.X.etal. **Características agroclimáticas do município de Paragominas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2005. 21 p. (Documentos, 228).
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Levantamento de recursos minerais**. Folha SA.23 – São Luís e parte da folha SA.24 – Fortaleza. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia. 1973. v. 3.
- BRASIL. Instrução Normativa n.º 5 de 11 de dezembro de 2006. **Diário Oficial da União**, n.º 238, Brasília, DF, 13 de dez. 2006. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/>>. Acesso em: 29 fev. 2008.
- CROME, F. H. J.; MOORE, L. A.; RICHARDS, G. C. A study of logging damage in unplanned rainforest in North Queensland. **Forest Ecology and Management**, v. 49, p. 1 – 29, 1992.
- ENGEL, V.L. **Silvigênese, dinâmica de fragmentos e a conservação de florestas tropicais**. Botucatu: UNESP-FEPAF, 1993. 21 p. (UNESP-FEPAF. Série Técnica Florestal. v.1, n.1).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sinopse preliminar do censo demográfico 1991**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 74p.
- JARDIM, F. C. da S.; VOLPATO, M. M. L.; SOUZA, A. L. **Dinâmica de sucessão natural em clareiras de florestas tropicais**. Viçosa: SIF, 1993. 60 p. (Documentos SIF, 010).
- JOHNS, J. S.; BARRETO, P.; UHL, C. Os danos da exploração de madeira com e sem planejamento na Amazônia Oriental. **Série Amazônia**, Belém: IMAZON, 1998. 42 p.
- LEAL, G. L. R. **Paragominas: A realidade do pioneirismo**. Belém: Alves, 2000. 498 p.
- MARTINI, A. M. Z. Métodos de amostragem de clareiras naturais em estudos fitossociológicos. In: FELFILI, J. M. et AL. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de caso – volume I**. Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 324 – 338.
- PINTO, A. C. M. et al. Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime de manejo florestal sustentado na Amazônia ocidental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 459-466, 2002.
- RABELO, F. G. et al. Diversidade, composição florística e distribuição diamétrica do povoamento com DAP > 5cm em região de estuário no Amapá. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 37, p. 91 – 112, jan. / jun. 2002.
- RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest: an ecological study**. New York: Cambridge University Press, 1996. 575 p.
- RODRIGUES, T. E. et al. **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 51 p. 2003. (Documentos 162).
- SILVA, J. N. M. et al. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, v. 71, p. 267-274.1995.
- SILVA, J. N. M. et al. **Diretrizes para Instalação e Medição de Parcelas Permanentes em Florestas Naturais da Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa/ITTO, 2005. 68 p.
- SOUZA, D. R. de et al. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 75-87, 2006.
- TURNER, I. M. Tree seedlings growth and survival in a Malaysian Rain Forest. **Biotropica**, v. 22, n. 2, p. 145 – 154, 1990.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de recursos naturais e estudos ambientais, 1991. 124 p.
- VIDAL, E.; VIANA, V.; BATISTA, J. L. F. Efeitos da exploração madeireira predatória e planejada sobre a diversidade de espécies na Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 503 – 520, 1998.
- WATRIN, O. S.; ROCHA, A. M. A. **Levantamento de vegetação natural e uso da terra no Município de Paragominas (PA) utilizando imagens**

**TM/Landsat.** Belém: EMBRAPA-CPATU (EMBRAPA-CPATU, 1992. 40 p. (Boletim de Pesquisa, 124).

WEBB, E. L. Canopy removal and residual stand damage during controlled selective logging in lowland swamp forest of northeast Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 95, p. 117 - 129, 1997.

WHITMORE, T. C. **Tropical rainforest of the Far East.** Oxford: Clarendon Press, 282p. 1975.

WHITMORE, T. C. On pattern and process in forests. In: NEWMAN, E. I. **The plant community as a working mechanism.** Oxford: Blackwell, 1982. p.45-59.

WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forest.** Oxford: Clarendon Press, 1990. 226 p.