

IMPACTOS ANTRÓPICOS DE LA FRAGMENTACIÓN FORESTAL: EXPLOTACIÓN SELECTIVA DE MADERA¹

Luís Cláudio de Oliveira²
Nadia Waleska Valentim³
Evandro Orfanó²
Idésio Luiz Franke²

Resumen

El aumento continuo de presiones socioeconómicas sobre las forestas tropicales húmedas, especialmente por la expansión de la frontera agrícola, han resultado en deforestación al rededor del eje rodoviario, y un mosaico de fragmentos aislado. El estudio prueba la hipotesis de que hay impactos de gran significancia en terminos de biomasa viva, arriba del nivel del suelo entre las areas en proceso de fragmentacion. Fueron evaluados por medio de ecuaciones alométricas los padrones de distribución de biomasa, entre cuatro areas piloto en la zona marginal de las carreteras BR 364 y Br 317. Es posible asociar el proceso de fragmentacion forestal a la dinamica de biomasa en bosques primarios, o sea, los menores valores para las variables área basal ($20,304 \text{ m}^2/\text{ha}$) y biomasa (384 t. ha^{-1}), son encontradas en areas donde el proceso es mas avanzado. Los efectos da la explotación selectiva de madera son evidentes e muestran una reduccion drástica de biomasa para las especies mas explotadas (Catuaba > 3 t. ha^{-1})

Palabras clave: Amazonia, biomasa, ecuaciones alométricas.

ANTROPIC IMPACTS OF FRAGMENTATION FOREST: THE SELECTIVE LOGGING CASE

Abstract

The continuous increase of the economic pressures on the humid tropical forests especially through the expansion of the agriculture and pasture border has led to the deforestation around of the road axes, resulting in a mosaic of isolated fragments. The study tests the hypothesis of has significant impacts in terms of standing alive aboveground biomass between areas in fragmentation process. The standards of biomass distribution among four areas around the highways BR 364 and BR 364 had been evaluated through allometric equations. The dynamics of biomass in primary forests is possibly related with the process of forest fragmentation, or either, the lesser values for the variable basal area ($20.304 \text{ m}^2/\text{ha}$) and biomass (384 t. ha^{-1}) are found in areas where the process is more advanced. The effect of the selective logging are evident and shows a drastic reduction in biomass for the species explored (Catuaba: 3 t. ha^{-1}).

Key words: Amazon, Biomass, allometric equations.

¹ Estudio financiado por el Proyecto de Conservación y Utilización de la Diversidad Biológica Brasileña.

² Investigador - Embrapa Acre

³ Becado CNPq/PROBIO.

1. Introducción

El aumento continuo de la población y las presiones económicas, resultan inexorablemente en la conversión de los bosques húmedos tropicales, en mosaicos de fragmentos aislados de hábitats antropomórficos (Gascon, 1995). En las regiones en proceso de expansión de la frontera agropecuaria, la deforestación está ubicada en los ejes rodoviarios. El total bruto de áreas desforestadas en el Estado de Acre, desde los años 1978-1998 fue de 14.714 km² (Inpe, 2000).

Las deforestaciones y conversiones de los bosques, son las causas de la actual crisis global en biodiversidad, todavía que sorprendentemente, el conocimiento científico de la conexión entre deforestación en los trópicos y extinción de las especies, sean muy pobres (Simon, 1986, Heywood & Stuart, 1992, Smith et al., 1993).

La fragmentación en general, resulta en pérdida de la diversidad biológica, causando la inestabilidad de las poblaciones, comunidades e ecosistemas (Cairns, 1988).

Cuando los bosques son tumbados y fragmentados, las bordas o remanentes están expuestas a los vientos dominantes, turbiliones e vórtices, los cuales provocan un número elevado de árboles muertos (Chen et al., 1992). Efecto de borda y área son raramente discriminados en estudios de ecosistemas fragmentados (Temple, 1986; Laurence & Yensen, 1991; Didham, 1997).

En Amazonia Central, el efecto borda con daño y mortalidad de árboles penetran aproximadamente 100 metros hacia el interior de los fragmentos (Ferreira & Laurance, 1997). Kapos (1989) demostró que la condición del calor y la seca, más típicas de las áreas abiertas, penetran hasta los últimos 40-60 metros, hacia el interior del fragmento. Mudanzas microclimáticas son muchas veces disminuidas en bordas antiguas, las cuales se vuelven "selladas" por especies pioneras y vegetación secundaria (Williams-Linera, 1990; Kapos *et al.*, 1993).

Vidal et al., 1998, evaluando los efectos de la explotación predatoria (desvastada) y planeada sobre la diversidad de las especies del Amazonia Oriental, concluyese, que la remoción de un gran número de árboles, produce un impacto negativo sobre la estructura y diversidad de las especies. En la *testemunha* ninguno desapareció, 4% desaparecieron en la explotación planeada e 7,4% desaparecieron en la explotación predatoria (desvastada).

Los efectos de la fragmentación sobre las unidades ambientales y asumiéndose que el proceso de deforestación ocurra de manera preferencial en sitios favorables, el establecimiento de los patrones de fluctuación en términos de la biomasa viva, puedan llevar a una mayor comprensión de este proceso. El estudio prueba la hipótesis de que hay impactos significativos en términos de la biomasa viva arriba del nivel del suelo, entre áreas en proceso de fragmentación. Fueron evaluados por medio de ecuaciones alométricas los patrones de distribución de biomasa entre cuatro áreas piloto al rededor de las carreteras BR 364 y BR 317.

2. Materiales y métodos

2.1. Localización y características de las áreas de estudio

El estudio fue ejecutado al largo del eje principal de la BR 364 (2) e BR 317(2), en bosques primarios en proceso de fragmentación, con un conjunto de tipologías forestales semejante.

Las unidades de muestreo se ubicaron al largo de las carreteras BR-364 (Catuaba y foresta estadual de Antimair) y BR-317 (Ponteio e Adélcio) con areas variando entre 800 ha y 70.000 ha y distancia de Rio Branco entre 30 km y 135 km (fig. 1). La Foresta Estadual de Antimari, por ser una area continua con impactos antrópicos reducidos foi utilizada como testemunha.

2.2. Muestreo

Fue adoptado como referencia para el muestreo, la metodologia utilizada para la colecta de germoplasma vegetal de UHE TUCURUÍ (Venturieri *et al.*, 1984), o sea, cada punto de muestreo, fue constituido por cinco transectos (10 m x 1000 m), partiendo del punto central y con angulo de divergencia de 72° entre cada uno, numerados en sentido anti-horario, siendo el primero orientado en sentido norte-sur.

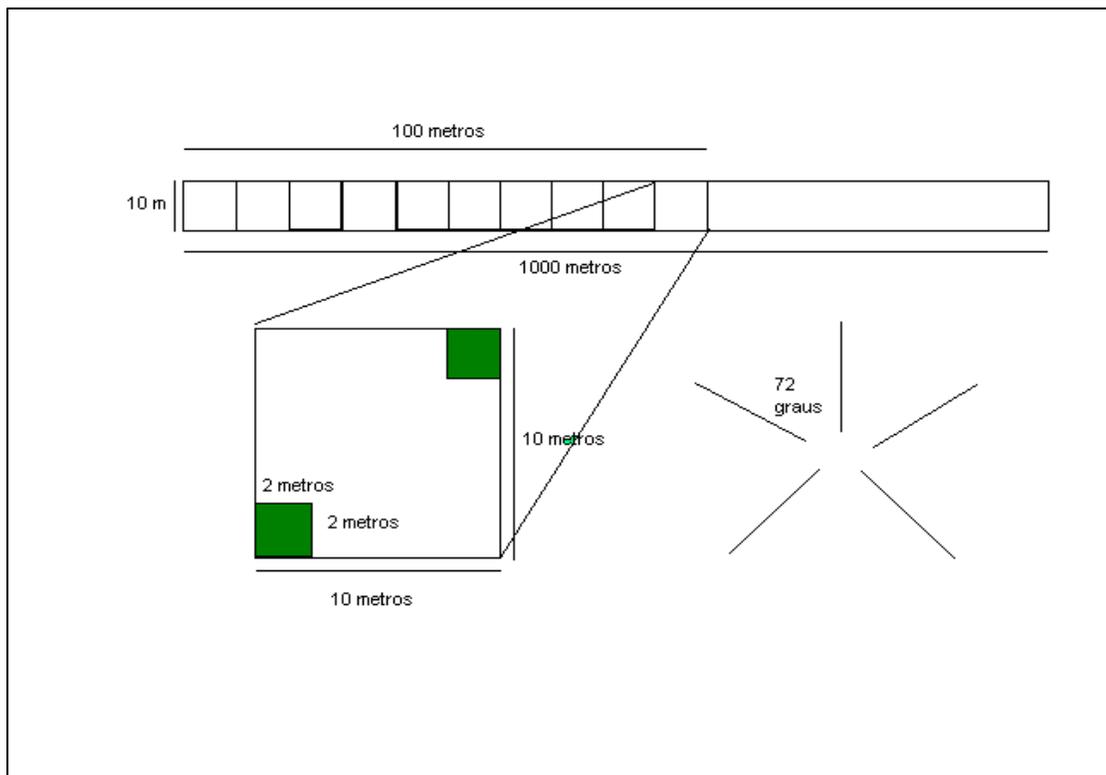


Fig. 1. Diseño muestral y tamaños de las muestras y sub-muestras

2.3. Biomasa BVAS (biomasa viva arriba del suelo)

En cada transecto fueron realizadas una amuestragen y una sub amuestraje, onde fueron medidos (DAP e altura) y identificados (nombre vulgar en el campo) todos los individuos con $DAP \geq 10$ cm (transecto, subdividio en parcelas de 10 x 100 metros), todos los individuos con $5 \text{ cm} \leq DAP < 10$ cm, en 10 sub parcelas de 10 x 10 metros distribuídos sistemáticamente a cada 100 metros dentro del transecto.

Para la estimativa indirecta de la biomasa (peso fresco) fueron utilizados las ecuaciones alométricas de Higuchi *et al.*, 1998, para los individuos con $5 \leq DAP < 20$ cm e $DAP \geq 20$ cm.

(a) $\ln P = -1,754 + 2,665 \ln D$; para $5 \leq DAP < 20$ cm.

(b) $\ln P = -0,151 + 2,170 \ln D$; para $DAP \geq 20$ cm.

Las medidas de cada localidad fueron comparadas por análisis de varianza, realizadas en el SAS versión 6.12, procedimientos PROC UNIVARIATE NORMAL PLOT y PROC rANOVA.

3. Resultados y discusión

Observase que los valores totales para area basal y BVAS, varían, entre y dentro de los locales, lo que puede ser atribuido a dos factores: (1) la variabilidad existente entre y dentro de diferentes tipologías forestales, (2) en función de muerte y/o saque de individuos adultos de especies comerciales, lo que causaría reducción significativa de area basal (fig. 2)

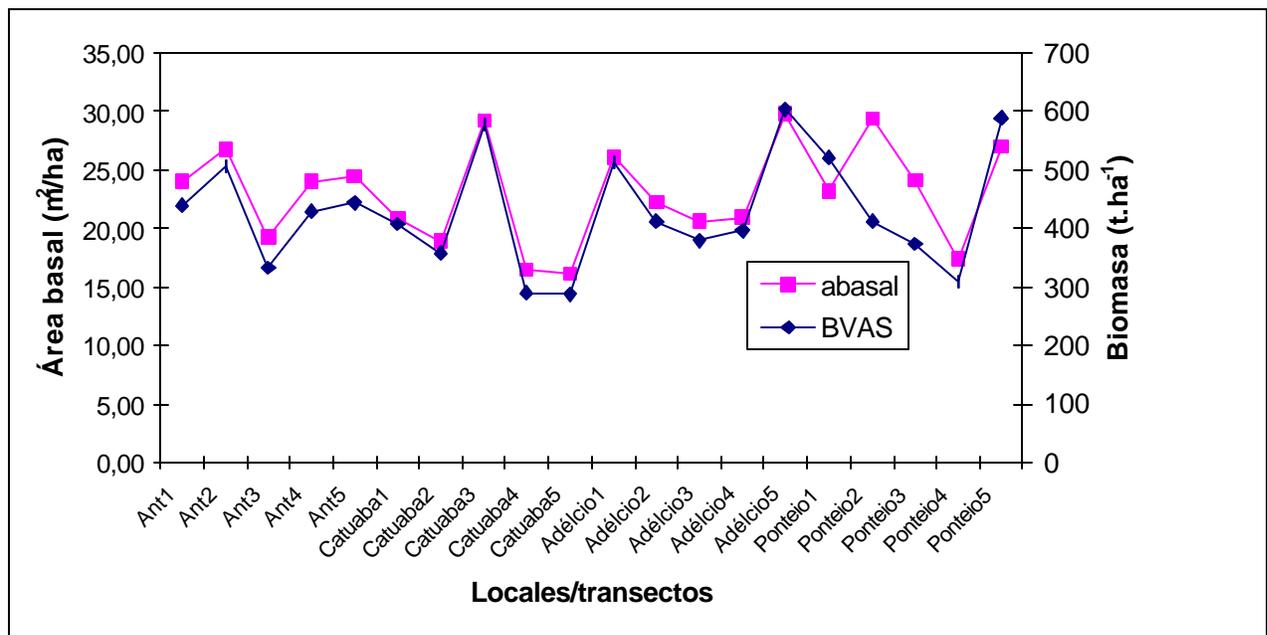


Fig. 2. Variación en biomasa y area basal entrecruzados entre las áreas de foresta primaria, ubicadas en la marginal de las carreteras BR 364 BR 317.

Los valores encontrados para BVAS (tabla 1) varían entre 384195 y 468284 kg/ha, para áreas basales entre 20,3040 y 24,2290 m²/ha, y son compatibles con los encontrados en la literatura, en trabajos conducidos en el Amazonas, obtenidos por métodos directos, que estiman valores entre 330 a 550 ton./ha (Brown *et al.*, 1989). Klinge e Rodrigues (1973), estimaron la biomasa seca de 400 t.ha⁻¹. Brown *et al.*, 1995 encontraron valores entre 256 y 342 t.ha⁻¹. Araújo *et al.* (1999), encontraron un valor de Biomasa (peso fresco) de 846 t.ha⁻¹, para una area basal correspondiente de 38,9966 m²/ha.

Los resultados de la analise de varianza para las variables area basal y BVAS, indican diferencias significativas, solamente para la clase diamétrica de 5 <math>< \text{dap} \leq 20</math> centímetros, que corresponde al nivel de regeneración natural y árboles del futuro. Los maiores valores para el Antimari pueden ser explicados en función de la inexistencia del efecto borda en las amuestras, una vez que se trata de una area continua. Los menores valores para las variables se encuentran en areas en proceso de fragmentación y que no difieren significativamente (tabla 1).

Higuchi *et al.*, 1997, obtuvo tasa anual de mortalidad de 1,03% ± 0,38%, para forestas tropicales húmedas de tierra firme en el Amazonas. Peralta *et al.*, 1987, hicieron una estimación aproximada de tasa anual de mortalidad entre 1,8% y 2,25% para la Selva, Costa Rica. Carey *et al.*, 1994, encontraron tasas anuales variando entre 0,5 y 3,3% en forestas

tropicales de Venezuela. Lieberman e Lieberman, 1987, encontraron tasas anuales de 1,9%, para Costa Rica. Manokaran e Kochummen, 1987, en la forestas de Malasia, observaron una mortalidade anual de 2,0%. Swaine *et al.*, 1987, en la forestas Tropicales de Ghana, se observo una tasa de mortalidad de 1,32% para arboles con DAP \geq 10cm.

Tabla 1. Área basal (m²/ha) e Biomasa viva arriba del suelo (kg/ha) por clases diamétricas

Localidad	Área basal (m ² /ha)				BVAS ¹ (kg/ha)	
	5<Dap ² ≤20 ³ (Pr>F 0,0001)	dap ² >20 ³ (Pr>F 0,5848)	Dap ² >5 ³ (Pr>F 0,5841)	5<dap ² ≤20 ³ (Pr>F 0,0003)	dap ² >20 ³ (Pr>F 0,5925)	dap ² >5 ³ (Pr>F 0,3708)
Antimari	7,5995 a	16,0870 a	23,6860 a	88444 a	344735 a	430179 a
Catuaba	5,6716 b	14,6320 a	20,3040 a	69939 b	318468 a	384195 a
Adélcio	5,6339 b	18,5950 a	24,2290 a	68144 b	400140 a	468284 a
Ponteio	6,1937 b	17,7500 a	23,6860 a	65727 b	391219 a	461158 a

¹ Biomasa viva arriba del suelo (Peso Fresco), Higuchi *et al.*, 1998

² Diámetro a la altura del pecho en centímetros

³ Letras diferentes en cada parámetro de localidad, indican diferencia significativa entre las medias por la prueba de F, al nivel del 5% de probabilidad.

No hubo diferencias significativas o tampoco existio significancia para las variables area basal y BVAS para las clases diametricas dap>20 cm y dap>5 cm, lo que muestra que el crecimiento compensa la reduccion inicial en biomasa. Con basa en las parcelas permanentes, el biomasa tiene acumulado en el Amazonas, proximo de $0.97 \pm 0.59 \text{ t.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Phillips et al, 1998). Para la clase diametrica dap>20 cm, los menores valores son encontrados en Catuaba, area donde el proceso de fragmentação es mas avanzado (tabla 1). Eses valores estan relacionados con la retirada de individuos adultos de las especies de mayor valor comercial y con la mortalidad asociada a la explotación selectiva, especialmente del mogno. Los menores valores para biomasa de las especies mas exploradas estan en Catuaba (fig.3).

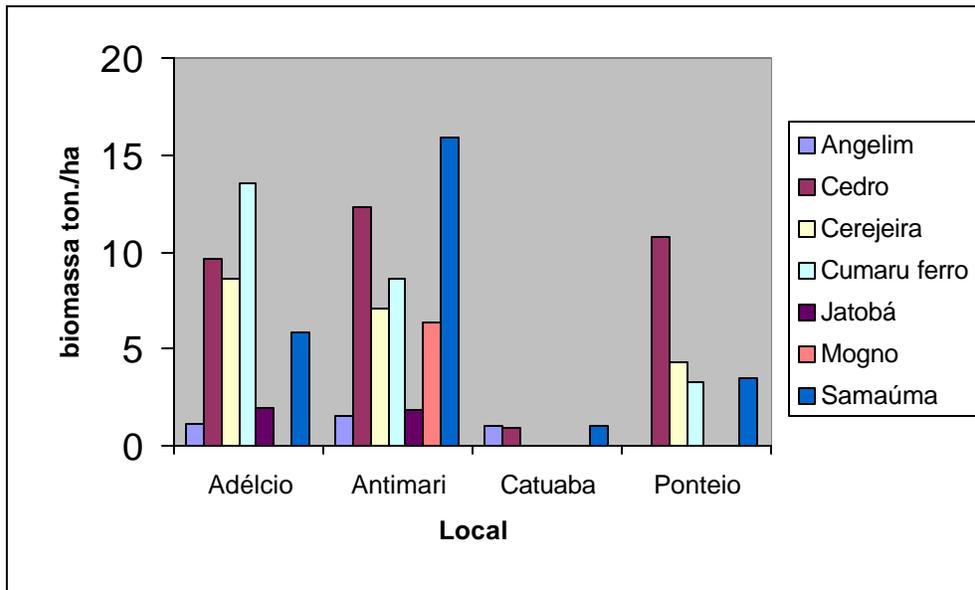


Fig. 3. Biomasa de las especies mas explotadas en bosques primários en la marginal de las carreteras BR 364 e BR 317.

4. Conclusiones

Es posible asociar el proceso de fragmentacion forestal a la dinâminca del biomasa en bosques primarios, o sea, los menores valores para las variables area basal ($20,304 \text{ m}^2/\text{ha}$) y biomasa ($384 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) son encontrados en las areas donde el proceso es mas avanzado. Los efectos da explotación selectiva de madera son evidentes e muestran una reduccion drastica en biomasa para las especies mas exploradas (Catuaba: $3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

El efecto borda (vorticidad) afecta los arboles en el nivel de regeneracion natural y arboles del futuro ($5 < \text{dap (cm)} \leq 20$), los menores valores para biomasa ($66 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y área basal ($6,34 \text{ m}^2/\text{ha}$) son encontrados en las áreas en proceso de fragmentacion.

Referencias bibliograficas

ARAÚJO, H. J. B. **Diagnóstico das indústrias de serraria do Estado do Acre**. Rio Branco: FUNTAC, 1991. 238p.

ARAÚJO, T. M.; HIGUCHI, N.; CARVALHO JR., J. A. de. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.117, p.43-52,1999.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v.35,n.4,p.881-902, 1989.

BROWN, I. F.; MARTINELLI, L. A.; THOMAS, W. W.; MOREIRA, M. Z.; FERREIRA, C. A. C.; VICTORIA, R. L. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondônia Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.75, p.175-189, 1995.

CAIRNS, J. Increasing diversity by restoring damaged ecosystems. In: WILSON, E. O. **Biodiversity**. Washington, D. C.:National Academy Press. 1988.

CAREY, E. V.; BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Tree mortality in mature lowland tropical moist and tropical lower montane moist forests of Venezuela. **Biotropica**, v.26, n.3, p.255-264, 1994.

CHEN, J.; FRANKLIN, J. F.; SPIES, T. A. Vegetation Responses to edge environments in old-growth Douglas fir Forests. **Ecological Applications**, v.2,p.387-396,1992.

DIDHAM, R. K. The influence of edge effects and forests Fragmentation on leaf-litter invertebrates in Central Amazon. In: LAURENCE W. F. and BIERREGAARD Jr, R. O. (eds) **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmentad communities**. University Chicago Press, 1997. p.55-70.

FERREIRA, L.V.; LAURANCE, W.F. Effects of Forest fragmentation on Mortality and Damage of selected Trees in Central Amazonia. **Conservation Biology**, v.11,n.3,p.797-801,1997.

HEYWOOD, V. H.; STUART, S. N. Species extinctions in tropical forests. In: WITHMORE, T. C. & SAYER, J. A. (eds). **Tropical Deforestation and Species Extinction**. London:Chapman & Hall,1992. p.91-117.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. DOS; RIBEIRO, J. R.; MINETTE, L.; BIOT, Y. 1998. Biomasa da parte aérea da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**,v.28,n.2,p.153-166,1998.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, J. R.; FREITAS, J. V.; VIEIRA, G.; COIC, A. MINETTE. Crescimento e incremento de uma floresta amazônica de terra-firme manejada experimentalmente. **BIONTE Relatório Final**. INPA/DIFID. 1997

INPE. Monitorando a Floresta Amazônica. Disponível em <http://www.inpe.br/Informações_eventos_Amz1998-1999/página7.htm>. Acesso em:10 ago. 2000.

KAPOS, V. Effects of isolation on the water status for forests patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, v.5,p.173-185,1989.

- KAPOS, V.; GANADE, G.; MATSUI, E.; VICTORIA, R. L. ^{14}C as an indicator of edge effects in tropical rainforest reserves. **Journal of Ecology**, v.8, p.425-432, 1993.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Biomass estimation in a central Amazonian rain forest. **Acta Científica Venezuelana**, v.24, p.225-237, 1973.
- LAURANCE, W. F. AND YENSEN, E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. **Biological Conservation**, v.55, p.77-92, 1991.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology**, v.3, p.347-358.
- MANOKARAN, N.; KOCHUMMEN, K. M. Recruitment, grow and mortality of trees in an lowland diphyterocarp forest in Peninsular Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, v.3, p.315-330, 1987.
- PERALTA, R.; HARTSHORN, G. S.; LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Reseña de estudios a largo plazo sobre conposición florística y dinámica del bosque tropical en La Selva, Costa Rica. In: CLARK, D. A.; DIRZO, R. Y FETCHER, N. (eds) Ecología y eco-Fisiología de plantas en los bosques mesoamericanos. **Revista de Biología Tro-Pical**, v.35, suplemento 1, p.23-40, 1987.
- PHILLIPS, O. L.; MALHI, Y., HIGUCHI, N.; LAURENCE, W. F.; NÚÑEZ, P. V., VÁSQUEZ, R. M.; LAURENCE, S. G.; FERREIRA, L. V.; STERN, M.; BROWN, S.; GRACE, J. Changes in the Carbon Balance of Tropical Forests: Evidence from Long-Term Plots. **Science**, v.282, p.439-441, 1998.
- SIMON, J. L. Dissappearing species, deforestation and Data. **New Scientist**, v.110, p.60-63, 1986.
- SWAINE, M. D.; HALL, J. B.; ALEXANDER, I. J. Tree population at Kade. Ghana. (1968-1982). **Journal of Tropical Ecology**, v.3, p.331-345, 1987.
- SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUZTZ, F. E. 1987. The dynamics of tree populations in tropical forests: a review. **Journal of Tropical Ecology**, v.3, p.359-366, 1987.
- TEMPLE, S. A. Predicting impacts of habitat fragmentation on forest birds: a comparasion of two models. In: VERNER, J.; MORRISON M.; RALPH, C. J. (eds). **Wildlife2000: modeling habitat relationships of territorial vertebrates**. Madison: University of Wisconsin Press, 1986. p.301-304.
- VENTURIERI, G. A.; CORADIN, L.; LLERAS, E.; MAGALHÃES, L. M. S.; SOUZA, L. A.; CLEMENT, C. R.; ESCALANTE, G. M.; GOLDMAN, G. H. 1984. Metodologia aplicada na coleta de Germoplasma de Espécies forestales e Frutíferas que ocorrem na área de influencia da barragem de Tucuruí-PA, Brasil. **Anais... SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FORESTALES**, 1984. p. 29-39.
- 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**, v.22, n.4, p. 503-520, 1998.

WILLIAMS-LINERA, G. Vegetation structure and enviromental conditions of forest edges in Panama. **Journal of Ecology**, v.78,p.356-373,1990.