

DENSIDAD ÓPTIMA DE CAMINOS Y ACOPIADEROS EN EL MANEJO DE BOSQUES NATURALES EN MATO GROSSO, BRASIL

OPTIMUM ROAD AND LUMBER STORAGE DENSITY FOR NATURAL FOREST MANAGEMENT IN MATO GROSSO, BRAZIL

Fidel Cándano Acosta¹, Alberto Peñalver Romeo², Marcos Pedro Ramos Rodríguez³, Ronaldo Drescher¹

¹Curso de Ingeniería Forestal. Universidad Federal de Mato Grosso (UFMT). R. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança, Cuiabá - MT, 78060-900, Brasil.

²Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG). Avenida Carlos Julio Arosemena Tola km 1.5, Guayaquil, Ecuador

³Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). km 11/2 Vía a Noboa, Campus Los Angeles, Jipijapa, Ecuador

Contacto: fcandano23@gmail.com

RESUMEN

El trabajo se realizó en un área de explotación maderera en bosques naturales en el Estado de Mato Grosso, Brasil, donde se practica el corte selectivo de árboles maduros con fines prescritos en el Plan de Manejo Forestal. El objetivo fue demostrar que el actual esquema de la infraestructura de caminos y acopiaderos de madera aplicada en los planes de manejo no minimiza el costo general de la cosecha de madera. Fue utilizada la información referente a la construcción de caminos y acopiaderos con el tractor de estera FIATALLIS Ad7-b y el arrastre de árboles con el tractor forestal (skidder) CATERPILAR 525 durante 17 jornadas de trabajo. A través del cálculo e interacción de los costos de ambas operaciones se obtuvo un valor mínimo para las mismas. La información fue procesada con el Software PACE (Automated Program for Evaluating Costs). Los resultados demostraron que el modelo sistemático aplicado tradicionalmente en la proyección y construcción de la infraestructura vial en el área de explotación no minimiza el costo del sistema de cosecha de madera. La propuesta reduce en 26,2% la densidad actual de caminos disminuyendo el costo del sistema de cosecha en 0,15 USD.m⁻³ sin alterar significativamente la productividad y el costo del arrastre de madera.

Palabras clave: Tala, bosque natural, manejo forestal, acopiaderos.

ABSTRACT

This research was undertaken in a natural forest logging area in Mato Grosso, Brazil, where mature trees are selectively felled following the guidance of a Forestry Management Plan. The objective of the study was to demonstrate that the current road and lumber storage infrastructure scheme used in management plans does not reduce timber harvest costs. We used the information concerning road construction and lumber storage mainly involving a continuous tracked tractor (model FIATALLIS Ad7-b), and a skidder (model CATERPILLAR 525) for tree dragging, during a period of 17 working days. We obtained a minimum value through calculation of interaction costs of both operations. The data were processed on PACE (Automated Program for Evaluating Costs). Results showed that the traditional systematic model, used for projecting and constructing road infrastructure in the logging area, does not reduce timber harvest costs. Our proposal reduced current road density by 26.6% representing a harvest cost reduction of 0.15 USD/m⁻³ without significantly impacting productivity and tree dragging costs.

Keywords: Logging, natural forest, forest management, lumber storage.



Recibido: 15 de agosto del 2014

Aceptado: 04 de mayo del 2015

ESPAMCIENCIA 6(1): 97-103/2015

INTRODUCCIÓN

Son diversos los esfuerzos realizados por la comunidad científica internacional para aplicar las técnicas de bajo impacto ambiental en la explotación de bosques naturales, en especial lo referente a la reducción del nivel de daños al bosque remanente y mantener los costos de las operaciones de aprovechamiento a un nivel aceptable (Berg *et al.*, 2012; Dykstra, 2012 y Win *et al.*, 2012).

La eficiencia de las operaciones de explotación forestal tienen mucha relación unas con otras, como sucede en casi todas las cadenas productivas, no obstante, algunas operaciones tienen mayor repercusión en el costo total, sobresaliendo en el caso del aprovechamiento forestal, el arrastre de madera y la construcción de caminos, además de provocar grandes impactos en el bosque, según lo demostrado por Minette *et al.* (2008); Nordfjell *et al.* (2010) y Balimunsi *et al.* (2011).

El procedimiento para minimizar el costo de un sistema de cosecha de madera basado en la densidad óptima de caminos y acopiaderos o patios de acopio de la madera arrastrada para su posterior carga en camiones, expuesta por Sessions (1992), parte del principio de calcular una distancia (espaciamiento) promedio entre caminos y entre acopiaderos que determine la distancia promedio de arrastre de madera del tractor forestal desde su lugar de corta a los acopiaderos, donde la sumatoria del costo de construcción de la infraestructura de caminos y el costo de arrastre de madera sea mínima.

Para decidir qué densidad de caminos adoptar en la cosecha de madera, debe considerarse un grupo de variables importantes, dentro de ellas: el volumen de madera a aprovechar y el costo para construcción de caminos, el cual varía significativamente en función de factores del relieve del terreno y la maquinaria usada. Otra variable que no puede ser excluida, es el tipo de tractor forestal utilizado para el arrastre de la madera cortada, pues el rendimiento operacional y el costo del tractor forestal pueden ser muy diferentes según resultados publicados por Stückelberger *et al.* (2007); Ghaffarian y Sobhani (2008); Ghaffarian *et al.* (2009) y Meignam *et al.* (2012).

SEMA (2009), reguló la cantidad de caminos y acopiaderos para el aprovechamiento maderero en el bosque natural amazónico, no aceptando sobrepasar el 2% del área total de manejo para infraestructura. Esa regulación permite adoptar altas densidades de caminos, actualmente 25 m.ha^{-1} lo que corresponde con un espaciamiento promedio entre caminos de 400 metros. En la práctica, esta densidad es adoptada por los productores sin considerar

el efecto de la densidad en el costo total de la cosecha de madera, por carencia de información que demuestren la necesidad de adoptar una densidad de caminos que se corresponda con las características del bosque natural y las nuevas máquinas que están siendo usadas para las operaciones de cosecha.

Es evidente que una alta densidad de caminos disminuye la distancia de arrastre del tractor forestal, aumenta el rendimiento operacional y disminuye el costo del arrastre de madera, pero consecuentemente aumenta la cantidad de caminos a construir y el costo de la red de caminos.

Observando estas consideraciones, el trabajo tuvo como objetivo demostrar que el actual esquema de la infraestructura de caminos y acopiaderos de madera usado en los planes de manejo no minimiza el costo general de la cosecha de madera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área en estudio

El trabajo se realizó en área de explotación maderera en bosques naturales donde se practica el corte selectivo de árboles maduros con fines de aprovechamiento, en área de bosques naturales de propiedad privada con plan de manejo aprobado por SEMA (2012), en el Municipio Peixoto de Azevedo, Estado de Mato Grosso, en Brasil, localizado en la Latitud $10^{\circ}13'23''$ Sur y la Longitud $54^{\circ}58'47''$ Oeste (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del área de estudio

Fue seleccionada esta área de manejo por ser representativa en cuanto a las características de bosque natural dentro del Estado de Mato Grosso. El volumen de madera a extraer autorizado según DECRETO N° 1.862 (SEMA,

2009) es de 30 m³.ha⁻¹. El relieve del terreno en el área de manejo es clasificado como de llano a ondulado, con declives que no superan el 15%.

Obtención y procesamiento de la información

Las operaciones evaluadas fueron la construcción de caminos y acopiaderos con el tractor de estera FIATALLIS Ad7-b. El equipo estaba formado por el operador del tractor, más un operador de motosierra y un ayudante. Para la operación de arrastre de las trozas, se utilizó el tractor forestal CATERPILLAR 525 con pinza, con una potencia de 160 hp (119.3 kW). El equipo de trabajo en este caso estuvo formado por el operador y un ayudante. Los operadores de ambas máquina tenían más de un año en la actividad y también contaban con ayudantes experimentados.

Para la obtención de los datos se aplicó el muestreo simple aleatorio para la estimación de las variables involucradas en el estudio, las que fueron medidas durante 17 jornadas de trabajo entre los meses de julio y octubre del año 2013. También fue consultado el Plan de Manejo Forestal a nivel de escritorio, además de otras informaciones sobre gastos de combustibles, lubricantes y otros recursos, facilitada directamente por los colaboradores involucrados en el manejo forestal.

La distancia media de arrastre de madera con el tractor es medida utilizando datos de 37 vías de arrastre seleccionadas aleatoriamente en el plano de aprovechamiento maderero. Se midió la distancia siguiendo el recorrido del tractor forestal desde los acopiaderos hasta los árboles cortados y desde estos hasta el acopiadero midiendo la distancia en línea recta, información necesaria para la determinación del Factor de Corrección de la Distancia de Arrastre (K), relación entre la distancia real de las vías de saca y la distancia teórica desde el acopiadero a los árboles cortados. Este factor corrige el aumento de la distancia de arrastre del skidder por obstáculos que existen desde el acopiadero hasta los árboles cortados.

Otras informaciones relevantes para el estudio fueron medidas durante los tiempos del ciclo de trabajo de las operaciones de construcción de caminos y de arrastre de madera, tanto para el tractor de estera como para el tractor forestal skidder, para el arrastre de los troncos de los árboles cortados, registrando, además, el consumo de combustible y el tiempo de trabajo utilizado por ambos equipos. Para el tractor de estera en la construcción de caminos se registraron los tiempos de trabajo invertidos en la construcción de 1 km de caminos con 11 repeticiones y para la construcción de acopiaderos se registró el tiempo

de trabajo de construcción de un acopiadero con 9 repeticiones. En el caso del tractor de arrastre, fue medido el volumen de madera extraído por ciclo para determinar la productividad versus la distancia de arrastre. El número total de ciclos del skidder fue de 323 y la media de ciclos por jornada de 19. El ancho medio de la calzada de los caminos es de 4 m y las dimensiones de los acopiaderos temporales de madera 25x20 m (500 m²).

En todos los casos el tamaño de muestra utilizado para la medición de las variables involucradas en el estudio no supera el 5% de error de muestreo para una probabilidad estadística del 95%.

Para el procesamiento de la información se utilizó el Software PACE (Automated Program for Evaluating Costs) documentado por Sessions (1992). Se calculó el costo de construcción caminos y acopiaderos por metro cúbico de madera y también el costo de arrastre. El programa facilitó el cálculo del espaciamiento óptimo entre caminos y entre acopiaderos, de lo cual se deriva la distancia de arrastre del tractor forestal.

Como se muestra en la figura 2, la distancia de arrastre del tractor forestal es una función matemática del espaciamiento entre caminos y del espaciamiento entre acopiaderos (Sessions, 1992). Esta figura representa el modelo teórico de interacción entre las variables costo de arrastre de la madera y costo de construcción de caminos y acopiaderos para minimizar el costo del sistema de cosecha de madera.

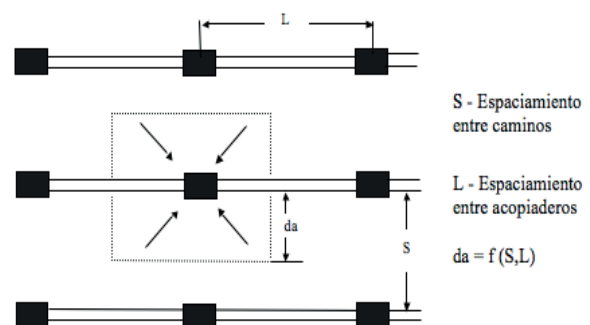


Figura 2. Esquema de la red de caminos y acopiaderos

Para el cálculo del costo de producción se utilizó las fórmulas propuestas por Sessions (1992).

1- Fórmula para el cálculo del costo de construcción de caminos y acopiaderos por metro cúbico [1].

$$C_{usl} = \frac{C_r * (L/10^3) + C_l}{V * S * L/10^4} \quad [1]$$

Dónde:

Cusl- Costo unitario de construcción de caminos y acopiaderos, (USD.m⁻³);

Cr - Costo de construcción de caminos, (USD.km⁻¹);

Cl - Costo de construcción de acopiaderos, (USD);

V - Volumen de madera a explorar, (m³.ha⁻¹);

S - Distancia media entre caminos, (m);

L - Distancia media entre acopiaderos o patios, (m).

2- Fórmula [2] para el cálculo del costo de arrastre de madera.

$$Cua = \frac{C_{op.}}{V_c * (60 - T_i)} \left[\frac{d_a}{V_{sc}} + e + \frac{d_a}{V_{cc}} + d \right] \quad [2]$$

Dónde:

Cua- Costo do arrastre de madera, (USD.m⁻³);

Cop.- Costo operacional del skidder por hora, (USD.h⁻¹);

Vc - Volumen medio de la carga del skidder por ciclo, (m³);

Ti - Tiempo de interrupción del trabajo del skidder, (min.h⁻¹);

da - Distancia media de arrastre, (m);

Vsc - Velocidad de traslación del skidder vacío, (m.min⁻¹);

Te - Tiempo de carga de las trozas, (min);

Vcc - Velocidad de traslación del skidder con carga, (m.min⁻¹),

Td - Tiempo de descarga de las trozas en el acopiadero, (min).

3-Fórmula [3] para el cálculo de la distancia de arrastre.

$$da = \{1/3 * [(0,5*S)^2 + (0,25*L)^2]^{0,5} + 1/3 * [(0,25*S)^2 + (0,5*L)^2]^{0,50}\} * K \quad [3]$$

Dónde:

da - Distancia media de arrastre del skidder, (m);

S - Espaciamento medio entre caminos, (m);

L - Espaciamento medio entre acopiaderos, (m);

K - Factor de corrección de la distancia de arrastre

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Costo de la construcción de caminos y acopiaderos

El promedio del costo de construcción de caminos es de 1023,71 USD.km⁻¹ y el costo de acopiaderos de 82,82 USD considerando un costo medio operacional de 110,43 USD.h⁻¹ para el tractor de estera y la motosierra. La distribución del costo fue la siguiente: 38% para el costo operacional fijo (depreciación, impuestos e interés), 42% para el costo variable (combustibles, lubricantes y mantenimientos) y 29% para el costo de salario (salario básico para operadores y ayudantes de las máquinas y beneficios adicionales).

El tiempo medio utilizado en la construcción de los caminos para el transporte por camiones es de 9,27 h.km⁻¹ y para la construcción de un acopiadero de 0,75 h. El espaciamento entre caminos y entre acopiaderos es de 400 m en ambos casos, lo que equivale a una densidad de caminos de 25 m.ha⁻¹.

El costo unitario de construcción de caminos y acopiaderos calculado es de 1,02 USD.m⁻³. Este costo se corresponde con los valores obtenidos por Cándano *et al.* (2012), quienes obtuvieron un valor para el costo unitario de 1,16 USD.m⁻³ en condiciones similares. El costo unitario es muy dependiente del volumen de madera a extraer, por lo que en planes de manejo con menor volumen de extracción de madera es normal un aumento del mismo. También es influenciado por el costo de construcción de caminos y acopiaderos y por la densidad de la infraestructura. Se ha demostrado que un aumento significativo del costo de construcción de caminos repercute directamente en el costo unitario, con lo cual concuerdan Jourgholami *et al.* (2013).

Costo de arrastre con el skidder

Para el cálculo del costo de arrastre es necesario determinar la distancia media de recorrido del skidder sustituyendo los valores en la fórmula (3). En este caso se consideraron los mismos valores de espaciamentos utilizados en el cálculo de caminos y acopiaderos, 400 m en ambos casos, y el valor del factor de corrección de la distancia de arrastre que es de 1,14. La distancia media de arrastre de la madera con el skidder es de 169,77 m. Sustituyendo estos valores en la fórmula (2) se obtuvo el costo de arrastre de la madera, de 3,01 USD.m⁻³. El costo total obtenido para la construcción de caminos aplicando la fórmula (1) es de 1,02 USD.m⁻³.

El valor del costo unitario de arrastre está influenciado por varios parámetros. El costo operacional del skidder de 112,63 USD.h⁻¹ que está en correspondencia con resultados obtenidos por otros autores para condiciones de bosque tropicales como es el caso de Minette *et al.* (2008) y Braga da Rocha *et al.* (2009) quienes obtuvieron valores de 105,12 y 100,70 USD.h⁻¹, respectivamente. También tiene influencia en el resultado del costo, la distancia de arrastre, la velocidad de traslación y los tiempos finales. En este último caso están en correspondencia con las características del trabajo en el bosque natural para esta máquina, con diferencias notables en los tiempos de carga y descarga cuando es comparado con skidder que usan cables para amarrar la carga y no tienen las pinzas o garras hidráulicas.

Cálculo del espaciamiento entre caminos para obtener el costo mínimo del sistema de cosecha de madera

Después de realizar la sustitución de los valores reales obtenidos en la investigación en las ecuaciones 1, 2 y 3, fue posible calcular los valores del espaciamiento entre caminos y entre acopiaderos que minimizan el costo del sistema de cosecha. El resultado de estos valores de espaciamiento es 542 m entre los caminos y de 272 m entre los acopiaderos. El costo unitario de construcción de caminos y acopiaderos para los nuevos valores obtenidos es de 0,81 USD.m⁻³.

Como el espaciamiento inicial es de 400 m entre caminos y el valor propuesto es de 542 m, el valor de espaciamiento entre los caminos aumentó 142 m, lo cual es equivalente a decir que la densidad de caminos pasó de 25 ha⁻¹ para 18,45 ha⁻¹ disminuyendo en un 26,2%, lo que implica una reducción del costo unitario para caminos del 20%. El costo anterior, para espaciamientos o distancias entre caminos de 400 m, es de 1,02 USD.m⁻³, mientras que al utilizar espaciamiento de 542 m el costo disminuye en 0,81 USD.m⁻³, mostrando una diferencia de 0,21 USD.m⁻³ como resultado directo de la reducción de la densidad de caminos.

Con los valores de espaciamiento 400 m entre caminos y entre acopiaderos la distancia media de arrastre es de 169,8 m y para espaciamiento de caminos 542 m y entre acopiaderos de 272 m la distancia media de arrastre de madera es de 178,94 m. La distancia de arrastre prácticamente se mantuvo estable, solo aumentó 5,12% lo cual no provocó disminución significativa en la productividad en la operación de arrastre. El nuevo valor del costo de arrastre calculado es de 3,07 USD.m⁻³. La variación en

el costo del arrastre no es apreciable, lo que demuestra que el aumento del espaciamiento entre los caminos fue compensado con la disminución del espaciamiento entre acopiaderos, sin consecuencias significativas sobre el costo de arrastre.

Cuadro 1. Resumen del proceso de optimización del costo de las operaciones en relación a la distancias de arrastre y espaciamientos entre caminos y acopiaderos

Variables	Condición actual	Propuesta optimizada
Espaciamiento entre caminos (m)	400,00	542,00
Espaciamiento entre acopiaderos (m)	400,00	272,00
Distancia media de arrastre (m)	169,80	178,90
Productividad del arrastre (m ³ .h ⁻¹)	37,42	36,63
Densidad de caminos (m.ha ⁻¹)	25,00	18,45
Costo de caminos y acopiaderos (USD.m ⁻³)	1,02	0,81
Costo de arrastre (USD.m ⁻³)	3,01	3,07
Costo total de las operaciones (USD.m ⁻³)	4,03	3,88

De acuerdo con los resultados que se muestran en el cuadro 1, es evidente que los valores de espaciamiento calculados disminuyen el costo de construcción de caminos. Aunque aumentó la cantidad de acopiaderos, hay un beneficio general en el costo del sistema de cosecha, tendencias similares fueron obtenidas por Contreras y Chung (2007), Chung *et al.* (2008), Ghaffarian *et al.* (2009) y Hayati *et al.* (2012).

Resultados presentados por Bagheri y Naghdi (2009) demuestran que para altos costos de construcción de caminos la solución es disminuir significativamente la densidad a valores entre 7 a 10 m.ha⁻¹, o sea 1400 a 1000 m de espaciamiento entre caminos para compensar el costo unitario del sistema de cosecha, lo que obliga a disminuir el espaciamiento entre acopiaderos y lograr mantener el costo de arrastre de la madera.

Otros resultados obtenidos por Contreras y Chung (2007) no difieren de los valores promedios de densidad de caminos presentados en el cuadro 1. Hay que considerar que de forma general cuando el volumen de madera a aprovechar es bajo, como el presentado en esta investigación de 30 m³.ha⁻¹ no se justifica altas densidades de caminos. Aunque el valor de densidad de caminos obtenido de 18,45 m.ha⁻¹ es justificado por el bajo costo de construcción de caminos de 1023,71 USD.km⁻¹, muy cercano al valor de densidad de caminos obtenido por Bagheri y Naghdi (2009) de 16,20 m.ha⁻¹, con un costo de construcción de caminos de 12000 USD. km⁻¹ pero con un volumen de madera a aprovechar de 330 m³.ha⁻¹.

CONCLUSIONES

El esquema de la infraestructura de caminos y acopiaderos utilizado en el área de explotación maderera de bosques naturales objeto de estudio con espaciamientos de 400 m entre caminos y entre acopiaderos no minimiza el costo total de la madera cosechada. Nuevos valores de espaciamientos entre caminos de 542 m y entre acopiaderos de 272 m obtenidos en el estudio realizado, permiten una reducción de la densidad de caminos en 26,2% (6,55

m.ha⁻¹) y una disminución del costo del sistema de explotación de madera de 0,15 USD.m⁻³.

Para obtener un costo mínimo en las condiciones del área evaluada, tiene que aumentar el valor de espaciamiento entre caminos y disminuir el valor del espaciamiento entre acopiaderos, lo cual reduce el costo de construcción de caminos en aproximadamente el 20% y no provoca disminución significativa de la productividad del arrastre de madera.

LITERATURA CITADA

- Bagheri, I. and R. Naghdi. 2009. Efficiency Evaluation of Ground Skidding System and Determining the Optimum Forest Road Density in Caspian Forest (Northern Iran). *International Journal of Natural and Engineering Sciences*. 3(3):74-80.
- Balimunsi, H.K; J.R.S. Kaboggoza; S.W. Abeli; R. Cavalli and J.G. Agea. 2011. Working conditions and productivity of logging companies in Mafuga forest plantation, western UGANDA. *Journal of Tropical Forest Science*. 23(3): 232-238.
- Berg, S; J. Fischbach; F. Brüchert; M. Poissonnet; S. Pizzirani; A. Varet and U.H. Sauter. 2012. Towards assessing the sustainability of European logging Operations. *Eur J Forest Res*. 131:81-94.
- Braga da Rocha, E; N.C. Fiedler; R. Tonetto-Alves; E. Da Silva Lopes; P.P. Guimarães e L. Peroni. 2009. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores o inteiras. *Cerne, Lavras*. 15(3):372-381.
- Cándano, F.; A. M. Pinto y J. L. Martínez. 2012. Optimización del costo del sistema de aprovechamiento de madera en bosques naturales de *Pinus caribaea*. *Revista Cerne*. 18(1):33-40.
- Chung, W; J. Stükelberger; K. Aruga and T.W. Cundy. 2008. Forest road network design using a trade-off analysis between skidding and road construction costs. *Can. J. For. Res*. 38: 439-448 (2008).
- Contreras, M. y W. Chung. 2007. A computer approach to finding an optimal log landing location and analyzing influencing factors for ground-based timber harvesting. *Can. J. For. Res*. 37: 276-292.
- Dykstra, D.P. 2012. Has REDUCED-IMPACT LOGGING outlived its USEFULNESS? *Journal of Tropical Forest Science*. 24(1).
- Ghaffarian, M. R. and H. Sobhani. 2008. Optimum road spacing of ground based skidding operations in Nowshahr, Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 6(2):05-112.
- Ghaffarian, M. R. K., Stampfer and J. Sessions. 2009. Comparison of three methods to determine optimal road spacing for forwarder-type logging operations. *Journal of Forest Science*, 55. (9): 423-431.
- Hayati, E; B. Majnounian and E. Abdi. 2012. Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts. *iForest*. 5:121-125.
- Jourgholami, M.; E. Abdi and W. Chung. 2013. Decision making in forest road planning considering both skidding and road costs: a case study in the Hyrcanian Forest in Iran. *Forest*. 6:59-64.

- Meignan, D.; J.M. Frayret; G. Pesant and M. Blouin. 2012. Heuristic approach to automated forest road location. *Can. J. For. Res.* 42:2130–2141.
- Minette, L.J.; E.N. Silva; K.E. Freitas; A.P. Souza e E.P. Silva. 2008. Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, UAEA/UFPA. 12(6):659-665.
- Nordfjell, T.; R. Rheden; M. Thor and I. Sterlund. 2010. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 25:382-389.
- SEMA (Secretaria de Medio Ambiente del Estado de Mato Grosso). 2009. Lei Complementar nº 233, de 21 de dezembro de 2005 no que diz respeito aos procedimentos de elaboração, análise e acompanhamento dos Planos de Manejo Florestal Sustentável no Estado de Mato Grosso. DECRETO Nº 1.862, DE 24 DE MARÇO DE 2009.
- Sessions, J. 1992. Cost Control in forest harvesting and road construction. FAO. Forestry Paper 99. Rome, Italy, 106 p.
- Stükelberger, J; R.H. Heinimann and W. Chung. 2007. Improved road network design models with the consideration of various link patterns and road design elements *Can. J. For. Res.* 37:2281-2298.
- Win, R.N.; R. Suzuki and S. Takeda. 2012. Effects of selective logging on the regeneration of two commercial tree species in the Kabaung Reserved Forest, Bago Mountains, Myanmar. *Journal of Tropical Forest Science*. 24(3): 312-321.