

# ANÁLISIS SILVICULTURAL Y ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN DE TORRES DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA

A. RIBEIRO ABREU; N. C. FIEDLER; J. IMAÑA-ENCINAS

(1)

(1)

(1)

(1) Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal,  
Caixa Postal 04357, 70919-970 Brasília, DF , Brasil

## RESUMEN

Se cuantificó la vegetación de los fragmentos forestales interceptados por una línea de transmisión de energía eléctrica entre las ciudades de Ji-Paraná y Pimenta Bueno en la región amazónica. En 24 parcelas de 50x10m fueron medidos los diámetros de todos los árboles con  $DAP \geq 5\text{cm}$  y las alturas de los cinco primeros. La altura de las torres fue determinada por el comportamiento mecánico de los cables conductores y de la altura del estrato del bosque. Los resultados indican una amplitud de la área basal de 8,83 a 64,35  $\text{m}^2/\text{ha}$ , revelando significativas diferencias estructurales de los fragmentos forestales. El análisis económico mostró que el método selectivo de intervención en la vegetación fue más eficiente que el tradicional. Los cálculos identificaron la necesidad de instalación de torres de 55m. Torres de 35m demostraron elevar significativamente los costos de manutención de los estratos remanecientes. Las torres adaptadas a la altura superior de los estratos podrán inclusive funcionar como elementos efectivos de protección ambiental. El método selectivo generó una reducción de 27,6% del total de los impactos negativos en los medios físico y biótico y 18,9% en el medio antrópico. La transposición de un fragmento utilizando 7 torres de 55m, sin realizar intervención en la vegetación, mostró un aumento de apenas 2,8% comparado al costo de 7 torres de 35m.

**P.C.:** Corte selectivo, manejo forestal.

## SUMMARY

The study was concentrated in the vegetation of forest fragments intercepted by an electric energy transmission line between the cities of Ji-Parana and Pimenta Buena in the amazon region. In 24 plots of 50x10m, the diameter of all trees with  $DAP \geq 5\text{cm}$  and the heights of the first five were measured. The heights of the towers was determined by the mechanical behavior of the conducting cables and the height of the forest stratum. The results point to an amplitude of the basal area from 8,83 to 64,35  $\text{m}^2/\text{ha}$ , showing significant structural differences of the fragments. The cost analysis shows that the selective method is more efficient than the traditional one. The measurement studies confirmed the necessity of 55m towers in order to heighten the forest strata. Towers of 35m or less would add up, in a significant way, to the maintenance costs of the remaining strata. The towers adapted to the strata' superior height could function as effective elements for environmental protection. The selective method generated a 27.6% reduction of the total of negative impacts in the physical and biotic systems and 18.9% in the man-modified vegetation. The transposition of a fragment employing 7 towers of 55m, without intervening in the vegetation, showed an increase of only 2.8% compared to the cost of 7 35m-towers.

**K.W.:** selective cut, forest management.

## INTRODUCCIÓN, MATERIAL Y MÉTODOS:

La instalación tradicional de las líneas de alta tensión esta siendo actualmente criticada en relación a la drástica intervención que se realiza en la vegetación. Esa situación permitió elaborar el método de eliminación selectiva de la vegetación, estableciendo parámetros que puedan restringir el drástico raleo de la vegetación forestal. En el método tradicional la eliminación de la vegetación se ejecuta por un corte raso con el uso de tractores de orugas. En el método selectivo la eliminación se

realiza respetando la distancia entre la copa de los árboles y el campo eléctrico formado alrededor de los cables conductores.

De acuerdo con HOLTZ *et al.* (1986) se torna necesario desarrollar estudios relacionados con el aprovechamiento integrado de las áreas donde serán instalados los emprendimientos de transmisión de energía eléctrica. En ese sentido un conjunto de procedimientos deberán ser elaborados de modo a establecer directrices que puedan conciliar el desarrollo con la conservación de la naturaleza. Las líneas de transmisión son formadas de acuerdo con FUCHS & ALMEIDA (1982) por dos componentes: un activo representado por los cables conductores de energía que sirven de guías a los campos eléctrico magnéticos y un pasivo constituido por los aislantes y estructuras que aseguran la distancia de los conductores del suelo y entre si.

Conforme la descripción de FEIXAS (1981) las torres son estructuras para dar apoyo a los cables conductores de energía eléctrica y la estimativa del material a ser utilizado en la instalación de líneas de transmisión está de acuerdo con la cantidad de torres, su función y su peso correspondiente.

La distribución de las especies forestales y su estructura vertical informan sobre la posición fitosociológica de los distintos estratos del bosque y del papel que ejercen las diferentes especies en cada estrato. Se denominó estrato a la porción de la masa vegetal contenida dentro de un límite de altura determinada y fragmento a la vegetación boscosa donde se instalarían las torres de transmisión eléctrica.

Los objetivos de este trabajo fueron: cuantificar la vegetación de los fragmentos forestales interceptados por las líneas de transmisión eléctrica de 230Kv y analizar los correspondientes costos de instalación de las torres comparando los métodos tradicional y selectivo de intervención en la vegetación.

El trabajo fue realizado en el estado de Rondônia (Brasil) entre las ciudades de Ji-Paraná y Pimenta Bueno. Se establecieron 24 parcelas de 50 x 10m donde fueron medidos los diámetros de todos los árboles con DAP mayor a 5cm y las alturas totales de los 5 primeros árboles de cada parcela.

El muestreo forestal se realizó en un único nivel y en los cálculos estadísticos se utilizaron las fórmulas tradicionales de la media aritmética, variancia de las parcelas, desvío padrón, error padrón de la media, error o precisión del inventario, coeficiente de variación e intervalo de confianza.

Para la adaptación de la altura de las torres en función de la altura de los estratos del bosque fueron analizadas las variables: peso específico (kgf/m) de los cables conductores, su carga de ruptura (kgf), tensión máxima aplicada a los cables en relación de su carga de ruptura, cálculo de la flecha de los cables en relación a la vegetación, el vacío medio entre las torres y la extensión de la cadena de los aislantes.

## RESULTADOS

La distribución de la variable altura de los árboles en función del diámetro fue ajustada por la ecuación:  $\ln Y = 0,67079 + 0,64769 \ln X$ , que presentó un  $R^2 = 78\%$ .

La altura total del bosque formando los estratos fue dividida en intervalos de 5 metros en la amplitud de 10 a 40m. El número medio de individuos arbóreos por hectárea fue de 175 para la clase 10-15m, 98 para la clase 15-20m, 47 para la clase 20-25m, 35 para la clase 25-30m, 16 para la clase 30-35 y 8 para la clase 35-40m.

La distribución de la área basal por parcela reveló alta variación en la estructura de los fragmentos forestales. Su amplitud varió de 8,83 a 64,35 m<sup>2</sup>/ha confirmando la existencia de fragmentos bastante depauperados y otros aún bien preservados (Figura 1).

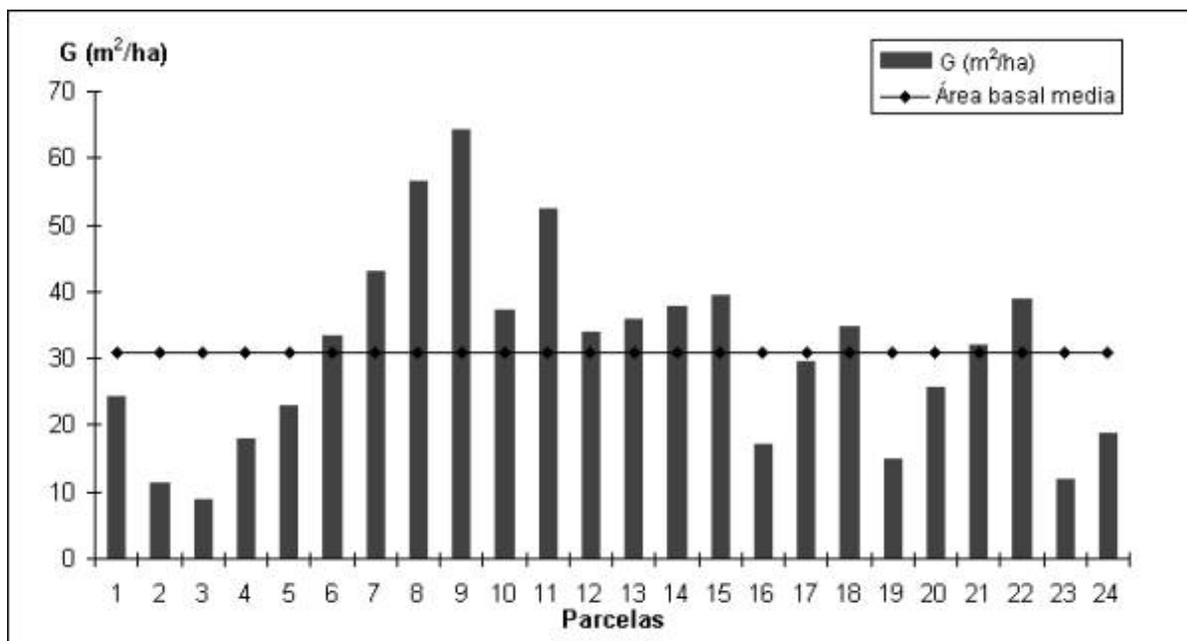


Figura 1 – Área basal por parcela (G) y área basal media de los fragmentos forestales a lo largo de una línea de transmisión de energía eléctrica en el estado de Rondônia (Brasil).

Realizado el inventario forestal en los fragmentos correspondientes se procedió al análisis de la adaptación de la altura de las torres en función de la altura de los estratos del bosque en los diversos fragmentos forestales que interceptaron la línea de transmisión. Fue adicionado 5 metros a la altura total de cada estrato como medida de seguridad, denominada altura de seguridad. Otra consideración fue que la eliminación selectiva de los estratos podría ocasionar una aceleración del incremento del bosque a través del rápido crecimiento de especies pioneras, produciendo necesidad de nuevas intervenciones debido a la aproximación de la copa de los árboles con los cables eléctricos.

A partir del comportamiento mecánico de los cables conductores, de la formación de la flecha (diferencia de altura entre el horizonte lineal teórico y la real posición en curvatura del cable) y de la altura de seguridad en relación a los estratos fue posible expresar la demanda del material y costos relacionados con la preservación de los fragmentos. La flecha mostró una dilatación media de 6,93m. La altura de las torres en función de los estratos quedaron entre 25 y 55 metros, siendo que los reales apoyos de los cables quedaron entre 3 a 5 metros debajo del topo de las torres.

Analizada la capacidad total impactante en los medios físico y bióticos en la instalación de la línea de transmisión de 230 Kv, la adopción del método selectivo comparado con el método tradicional mostró una reducción de 27,6% del total de los impactos negativos una vez que las tasas de erosión, sedimentación, raleo raso y destrucción de habitats entre otras quedaron bastante reducidas. Sobre le medio antrópico el método selectivo mostró una reducción del 18,9% del total de los impactos negativos.

Los resultados mostraron que el costo de instalación de las torres de 35m es menor mientras que el costo de mantenimiento anual (intervenciones en la vegetación) de la línea es mayor debido al rápido crecimiento de la vegetación remaneciente. La instalación de las torres de 55m envuelve mayor costo de instalación pero en contrapartida ofrece menor costo de mantenimiento anual teniendo en vista que el incremento en altura del estrato es prácticamente nulo. El peso de una torre de 35m fue de 3.675 kg y el de la torre de 55 metros 5.775 Kg. Los costos de instalación fueron de US\$ 4.595,00 para una torre de 35m y US\$ 7.220,00 para la torre de 55 metros de altura cuyos posibles costos totales de instalación, comparativos en los cinco fragmentos se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Costos de instalación de las torres de alta tensión

Fragmento	Extensión (km)	Nº torres	Costo total (US\$)	
			torre 35m	torre 55m
1	1,5	6	27.570,00	43.320,00
2	2	7	32.165,00	50.540,00
3	1,8	7	32.165,00	50.540,00
4	0,8	4	18.380,00	28.880,00
5	1,7	6	27.570,00	43.320,00

Incluyendo los costos de intervención inicial en la vegetación y su correspondiente manutención, el método tradicional dejó de ser el mas ventajoso del punto de vista económico. El método de intervención (corte) selectiva utilizando torres de 35m se muestra el mas eficiente a corto plazo y el método de utilizar torres de 55 metros de altura sin efectuar manutención de corte de la vegetación demostró ser plenamente justificable para períodos a largo plazo.

## **CONCLUSIONES**

Las áreas forestales podrán estar completamente preservadas y protegidas con la instalación de torres de 55m. Las torres de 35m podrán proteger la vegetación con estratos inferiores a 20m, por tanto no se las recomienda para utilizar en las líneas de transmisión eléctrica. La transposición de un fragmento utilizando 7 torres de 55m sin intervención en la vegetación podrá generar un aumento de apenas 2,8% del costo total comparado con la instalación de 7 torres de 35m.

La área basal mostró ser un indicador para la planificación de la instalación de líneas de alta tensión en fragmentos forestales.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- FEIXAS, M. B. (1981). *Linhas de transmissão: método expedito para a estimativa de material componente das linhas de alta tensão*. Rio de Janeiro: ELETROBRAS.
- FUCHS, R.D. & ALMEIDA, M.T. (1982). *Projetos mecânicos das linhas aéreas de transmissão*. São Paulo: Edgar Blücher, EFEI, Itajubá.
- HOLTZ, A.C.T.; MIYAMOTO, A.; ANJOS, N.F.R.; ALMEIDA, S.B.& TAULOIS, L.G.O. (1986). *Manual de estudos dos efeitos ambientais dos sistemas elétricos*. Rio de Janeiro: ELETROBRAS.