

NOTA TÉCNICA

Selección del factor de área basal del relascopio de Bitterlich para el muestreo de un rodal de *Pinus taeda* L. en el sur de Brasil

Thiago Augusto da Cunha¹
César Augusto Guimarães Finger¹

Resumen

El objetivo de este trabajo fue probar el método de Bitterlich y seleccionar el factor de área basal (FAB) del relascopio de espejo de Bitterlich modelo Metric Scale (MS) apropiado, para obtener estimaciones más eficaces de los parámetros forestales de N/ha y G/ha, mediante un inventario forestal sistemático en un rodal de *Pinus taeda* L. de 15 años de edad sin intervención silvicultural, ubicado en el área de la Universidade Federal de Santa Maria, RS - Brasil. Con una muestra de 10 puntos distribuidos de forma sistemática, los FAB 1, 2 y 4 fueron probados; se muestrearon 161; 81 y 66 árboles, con una área basal de 32.2, 32.4 y 28.8 m²/ha y 1408, 1374 y 1144 árboles por hectárea, respectivamente. No se presentó diferencia significativa entre el área basal obtenida con los factores 1, 2 y 4. El FAB 2 fue seleccionado como el más apropiado para inventariar el rodal por presentar mejor combinación de resultados relativos al tiempo invertido y facilidad de operación en campo.

Palabras clave: Método de Bitterlich, Factor de área basal, FAB, Muestreo goniométrico, *Pinus taeda*, Brasil.

Abstract

Bitterlich relascope basal area factor selection for a *Pinus taeda* L. stand sampling at southern Brazil. The objective of this work was to test the Bitterlich method and to select the appropriate basal area factor (BAF) of the Bitterlich mirror relascop, Metric Scale (MS) model, to obtain reliable N/ha and G/ha forest parameters through a systematic forest inventory in a 15 years old *Pinus taeda* L. stand with no silvicultural intervention located in the Universidade Federal de Santa Maria, RS - Brazil. The 1, 2 and 4 m².ha⁻¹ BAF were tested with a 10 points sample distributed in a systematic way. 161, 81 and 66 trees, basal area 32.2, 32.4 and 28.8 m².ha⁻¹ and 1408, 1374, 1144 trees for hectare were sampled. There was not significant difference between the 1, 2 and 4 Basal Area Factor. BAF 2 was selected as the most appropriate for the stand inventory because it produced better combination of results relative to invested time and operation easiness in the field.

Key words: Method of Bitterlich, Basal area factor, BAF, Goniometric sampling, *Pinus taeda*, Brazil.

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Brasil, etsfor@yahoo.com, césar.finger@usmail.ufsm.br

INTRODUCCIÓN

El método Bitterlich representa una significativa contribución para la estimación del área basal de un rodal forestal. El instrumento fue desarrollado en el año 1947, por el Ingeniero forestal austriaco Walter Bitterlich, el cual permite la estimación del área basal por conteo angular sin la medición del d de los árboles (Veiga, 1985; Pellico & Brena, 1997). Posteriormente, otros autores citados Husch *et al* (1982), realizaron varios trabajos a partir de estos conceptos iniciales.

Según Batista (1998), este método es conocido en las bibliografías con diferentes nombres, como: punto de muestreo, ángulo de conteo cruzado, punto de muestreo horizontal, prueba de numeración angular y muestra de conteo angular.

El muestreo por conteo angular, o parcelas de área variable, consiste en el conteo de árboles en un círculo desde un punto central. Solamente los árboles cuyos d se presentan al observador iguales o mayores que un ángulo determinado (conocido como ángulo crítico) son contados y los d menores de este ángulo crítico son excluidos del conteo (Husch *et al*, 1972). De esta manera, cuanto mayor sea el d , mayor será la probabilidad del árbol de entrar en la muestra, y así la probabilidad de selección de los árboles será proporcional al área basal, diferente del método de parcelas de área fija, cuya probabilidad es proporcional a la frecuencia (Pellico & Brena, 1997).

En trabajos publicados sobre este método, se muestran sus aspectos teóricos y prácticos en bosques de coníferas o bosques mixtos en países de clima templado. El muestreo por conteo angular es bastante utilizado para la realización de inventarios forestales en países del hemisferio norte, debido a que el método presenta gran eficiencia en el muestreo del volumen de madera, comparado al de parcelas de área fija (Bitterlich, 1984).

La elección de una banda o factor de área basal (FAB) óptima, es muy importante para la eficacia del muestreo y la racionalización del inventario forestal. Una vez escogido el FAB se tiene que usar el mismo en cada punto de muestreo, ya que variaciones del factor dentro de un mismo inventario, pueden introducir errores en las estimaciones y complicaciones estadísticas a la hora de determinar la precisión, en la estimación del área basal o densidad. Si la masa forestal es muy heterogénea, se hace una estratificación y en el levantamiento de datos se pueden usar diferentes factores, pero siempre el mismo factor dentro de cada estrato definido.

El uso de uno u otro factor de área basal, depende de las siguientes características de la masa forestal a medir: homogeneidad del rodal, densidad del rodal, y variación de los diámetros, y se ve influenciado por la agudeza visual, la firmeza y la práctica del operador.

Según Bitterlich (1984), la selección del factor dependerá sobretodo de la variación diamétrica y de la densidad del bosque; sin embargo, cuando se trabaja en rodales disetáneos el criterio de densidad es menos utilizado para tal selección.

En un muestreo por conteo angular realizado con un factor de área basal pequeño como el caso de FAB 1, se contabilizará más árboles que si escogemos un factor de área basal grande. Si se escoge un factor pequeño como el FAB 1, se tendrá que medir muchos árboles y el trabajo se hará pesado y monótono, y podrían quedar árboles sin medir por equivocación. Si se escoge un factor grande como el FAB 4, se miden muy pocos árboles, lo cual puede producir que los errores en las estimaciones de las diferentes variables dasométricas aumenten considerablemente. Por otro lado, en rodales forestales con elevada densidad, la presencia de ramas bajas o matorral seco, puede ocultar árboles que no se miden, lo que producirá errores, especialmente si el radio virtual de la parcela es demasiado grande.

Según Pardé (1956), contar un número pequeño o grande de árboles, se constituye en una fuente de error en la estimación del área basal por hectárea. Bitterlich (1956) indica que el factor adecuado es aquel que cuenta de 20 a 30 árboles por unidad de muestreo (giro de 360°).

En el Brasil, se han realizado estudios con el objetivo de determinar el mejor factor de área basal en plantaciones de *Pinus* sp., donde Gorenstein (2002) no encontró diferencias significativas entre los FAB 1, 2 y 4 probados.

Al usar un factor de área basal pequeño en un punto de muestreo específico se contará con un número grande de árboles, cuyo diámetro normal será mayor que el ángulo proyectado, lo cual complica el trabajo de campo. Por lo tanto, es recomendable usar un FAB grande para contar pocos árboles por parcela de área variable; sin embargo, esto implica menor precisión en la estimación (Banyard, 1976). Brack y Wood (1998) recomiendan contar entre 7 y 12 árboles por punto de parcela variable. Una vez seleccionado el FAB adecuado, se debe utilizar el mismo valor en cada parcela de área variable (Bitterlich, 1984).

Es evidente que la selección del factor de área basal adecuado es muy importante para obtener estimaciones confiables en menos tiempo, por eso es que esta investigación tiene como objetivo determinar el FABI del relascopio de espejo de Bitterlich más apropiado, para la realización de un inventario forestal, considerando un error máximo permitido de 10% de la media con el menor tiempo total para la obtención de estimaciones, en un rodal de *Pinus taeda* L. en el área de la Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de estudio

El rodal de *Pinus taeda* L. evaluado, está ubicado en el área experimental de la Universidad Federal de Santa Maria en la ciudad de Santa Maria, departamento de Rio Grande do Sul, Brasil, con coordenadas planas en el sistema UTM de 6709500 m norte y 236500 m este.

El rodal fue plantado en el año 1996 y hasta el presente, no ha sido intervenido por prácticas silviculturales como podas o raleos; presenta un dosel uniforme y una densidad de siembra de 3 x 2 m (figura 1).

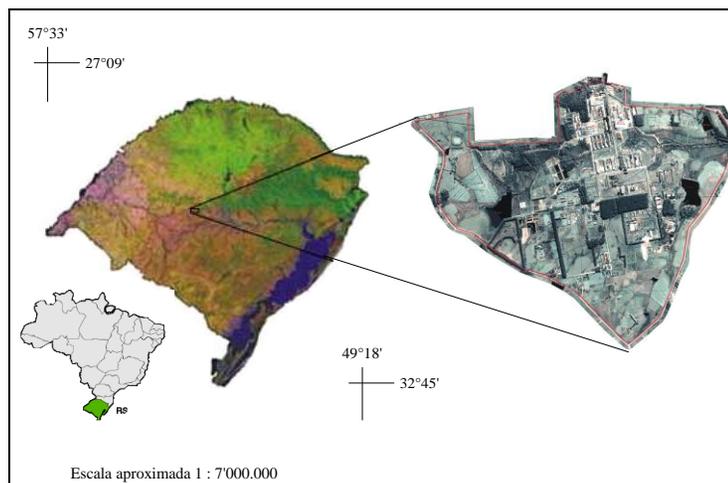
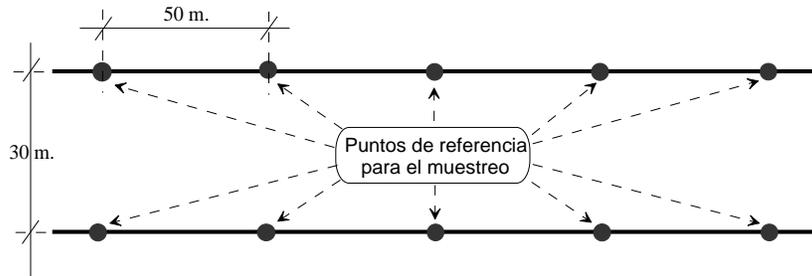


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

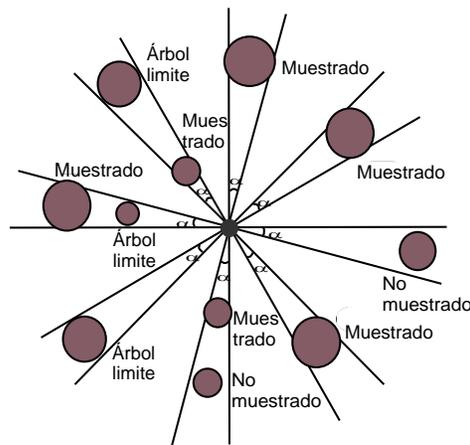
Procedimiento de campo

En el área seleccionada, se procedió a la ubicación de los puntos de muestreo para la realización del levantamiento de datos para la selección del factor de área basal.

Se ubicaron un total de 10 puntos de muestreo en un diseño sistemático de dos estadios en forma de malla, con dos líneas madres paralelas distantes entre sí de 30 m; sobre cada línea se instalaron cinco puntos de referencia para la realización del muestreo por conteo angular, aplicando los tres FAB: 1, 2 y 4. Los puntos de referencia fueron distanciados 50 m entre sí (Figura 2).



Malla sistemática para realizar el muestreo



Muestreo por conteo angular

Figura 2. Malla sistemática utilizada para la ubicación de puntos de referencia para ejecución del estudio (superior) y detalles del muestro por conteo angular (inferior).

Para evitar la superposición de áreas del punto de muestreo, se calculó la distancia mínima entre cada punto de muestreo aplicando la fórmula siguiente:

$$R = \frac{50 \times d}{\sqrt{K}}$$

Donde:

R = radio o distancia mínima entre dos puntos de muestreo

d = máximo diámetro a la altura del pecho en el rodal

K = factor de área basal a ser probado

La distancia mínima entre dos puntos de muestreo por conteo angular debe ser igual a 2R.

En el inventario forestal fueron instalados para cada FAB 10 puntos de muestreo, donde se obtuvieron las estimaciones para el objetivo fijado.

Para el conteo de los árboles, el líder del grupo realizó las actividades de visadas con el relascopio de espejo, utilizando los factores 1, 2 y 4, y simultáneamente, una lectura con el dendrómetro Forester Vertex III (distancia entre el centro del árbol y el observador para árboles límites) y un eventual chequeo con calculadora para verificar si el árbol entraba en la muestra.

El chequeo de los árboles ocurre cuando el operador del relascopio no consigue definir con seguridad la entrada del árbol en la muestra. Eso se da, cuando no es posible visualizar el fuste, a la altura del d , o cuando esta visualización es posible, pero el fuste queda muy próximo de los límites de apertura angular (ángulo crítico). Estos árboles se denominan árboles límite.

Por medio de la siguiente ecuación se puede determinar si el árbol entra en la muestra por medio del cálculo del radio máximo, según el diámetro del árbol y la apertura angular de visada:

$$R_{\max} = \frac{d}{2\sqrt{FAB}}$$

Donde:

R_{\max} = distancia máxima para que el árbol entre en la muestra.

d = diámetro a la altura del pecho del árbol que será evaluado.

FAB = factor de área basal utilizado.

Así, si R es menor o igual a R_{\max} el árbol entra en la muestra y si R es mayor a R_{\max} el árbol no entra en la muestra.

Cálculo de intensidad de muestreo

Para la selección del FAB más adecuado, fue simulado el número de puntos de muestreo que serían necesarios para obtener estimaciones con un 10% de error con respecto a la media aritmética muestral para cada FAB evaluado, aplicando la fórmula propuesta por Beers y Miller (1964), en la cual, el número de posibles puntos de muestreo es infinito. Para este caso, la intensidad de muestreo puede ser determinada por cualquiera de las siguientes fórmulas:

$$a. \quad n = \left[\frac{t \times CV}{\varepsilon} \right]^2$$

$$b. \quad n = \frac{t^2 \times S^2}{(\varepsilon \times \bar{x})^2}$$

Donde:

n = número de puntos de muestreo necesarios para la precisión establecida

t = valor tabulado de t de Student con 95% de probabilidad y "n-1" grados de libertad

S = desviación estándar (dispersión absoluta o media del cuadrado del desvío)

ε = error admisible aquí equivale a 10%

$CV\%$ = coeficiente de variación en porcentaje de la variable de respuesta, obtenida en el muestreo piloto

$$CV\% = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

Donde: \bar{x} = media aritmética de la variable de respuesta.

Estimación del área basal por hectárea

El muestreo para el conteo angular resulta de la determinación del número de árboles (N) del rodal, cuyo d , desde un punto fijo, es superior a un valor angular constante dado. Estos valores constituyen la medida básica para determinar el área basal en metros cuadrados por hectárea.

Cada punto de muestreo estimará el área basal por hectárea del punto. El área basal del rodal fue estimada mediante la media del área basal de todos los 10 puntos con la siguiente fórmula:

$$G.ha^{-1} = \bar{m}_i \times FAB$$

Donde:

$G.ha^{-1}$ = área basal por hectárea

\bar{m} = número medio de árboles seleccionados en el i-ésimo punto de muestreo por conteo angular

FAB = factor de área basal

Estimación del número de árboles por hectárea

Según Silva (1977), de acuerdo al principio del área de conteo angular, cada árbol representa una cantidad de área basal en metros cuadrados por ha, correspondiente al factor de área basal (FAB) utilizado. Por ejemplo, si solamente se cuenta un árbol de área basal (g) con factor FAB, el área basal será:

$$1 \times FAB = \bar{g}(m^2.ha^{-1})$$

Como el valor de "g" presenta el área basal en una hectárea, equivalente a la suma de todas las áreas basales de los árboles en esta unidad de área, existe, por lo tanto una relación entre el área basal (g) del árbol contado y el factor de área basal (FAB):

$$n_i = \frac{FAB}{g_i}$$

Considerándose que en un Punto de muestreo por conteo angular (PMCA), serán contados "n" árboles; el número de árboles "N" por hectárea será el resultado de la suma del número de árboles representados por el árbol 1, por el árbol 2 y el éximo árbol perteneciente al PMCA.

$$N / ha = FAB \left[\left(\frac{1}{g_1} \right) + \left(\frac{1}{g_2} \right) + \left(\frac{1}{g_3} \right) + \dots + \left(\frac{1}{g_n} \right) \right]$$

Para más de un PMCA, se obtiene el estimador del número de árboles mediante la siguiente fórmula:

$$N / ha = \frac{FAB}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \frac{1}{g_{ij}}$$

Donde:

n = número de PMCA muestreados
 K = factor de área basal
 m = número de árboles contados en el PMCA "i"
 g_{ij} = área de basal del árbol "i" en el PMCA "j".

Análisis del procedimiento de campo

El procedimiento de muestreo fue dividido en las etapas de traslado y medida de los árboles. Para cada paso se procedió a la toma de tiempo por el método de tiempo continuo propuesto por Seixas (1988).

El estudio de tiempo fue realizado tomando como base el tiempo utilizado para el factor de área basal 2, al cual se le calculó la media y las medidas de dispersión (desviación estándar y coeficiente de variación).

Los tiempos necesarios para la realización del levantamiento con los factores de área basal 1, 2 y 4, fueron estimados asumiendo que el tiempo de traslado independiente del factor de área basal utilizado, mientras que en las etapas de medición de diámetros el tiempo utilizado es proporcional al número de árboles evaluados en la muestra.

Los datos fueron computados y estadísticamente analizados mediante el lenguaje de la octava generación del sistema SAS System (Statistical Analysis System) Versión 8[®].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticas descriptivas

Para el FAB 1, el coeficiente de varianza es menor (28.38%), razón por la cual el número de árboles contados es el mayor (300 árboles), abarcando mas variación de los diámetros dentro del rodal (Cuadro 1).

Con el FAB 2, se obtuvo un 15% menos de variación entre las unidades de muestreo comparando con el FAB 4 que tiene un coeficiente de varianza 56.09%, lo cual indica que la media del área basal obtenida con este factor no es representativa para el rodal; la causa de este efecto es el número reducido de árboles contados en los 10 puntos de muestreo (86 árboles), debido al pequeño radio de incidencia durante el muestreo utilizando este factor.

Cuadro 1: Medidas descriptivas para el área basal obtenida por los diferentes factores de área basal.

FAB	N	\bar{x}	$S_{\bar{x}}$	Var*	CV %*
1	300	0.0358	0.0169	0.09368	28.38
2	171	0.0370	0.0182	0.06978	41.03
4	86	0.0391	0.0208	0.03573	56.09

* Estadísticas calculadas entre los puntos de muestreo y no dentro de los puntos de muestro, para el cálculo del número de unidades (n) necesarias para cubrir un error de 10% de la media, donde:

\bar{x} = media aritmética;

$S_{\bar{x}}$ = dispersión absoluta o desviación estándar de la media aritmética;

Var = varianza;

CV% = dispersión relativa o coeficiente de varianza de Pearson en porcentaje.

Cálculo de intensidad de muestreo

Como criterio para evaluar el rendimiento del FAB utilizado, se realizó el cálculo del número de puntos necesarios para el muestreo, con un error admisible de 10% de la media aritmética del área basal y con 95% de probabilidad.

Con las estimaciones de la media aritmética y la varianza obtenidas en los 10 puntos de muestreo para cada FAB, para un error de 10% de la media y 95% de probabilidad, se determinó la cantidad de puntos de muestreo en 31, 65 y 121 para los FAB 1, 2 y 4, respectivamente.

Durante el levantamiento de los datos en los 10 puntos de muestreo, se requirieron de 15.1, 7.5 y 4.3 horas para operar los FAB 1, 2 y 4 respectivamente. Por tanto, considerando la cantidad de puntos de muestreo determinados para cada FAB, se requerirán en total 46.81, 48.75 y 52.03 horas para los FAB 1, 2 y 4 en forma respectiva.

Nótese que a pesar de contar con un mayor número de árboles con el FAB 1, se necesita menor tiempo de inventario en campo debido a la baja variación entre las unidades de muestreo o puntos de muestreo ($CV = 28,38\%$); sin embargo, utilizando este factor en rodales homogéneos se lleva a inducir errores por el elevado número de árboles.

Estimación del número de árboles por hectárea

El número de individuos muestreados fue inversamente proporcional al FAB empleado. Se contaron 300, 171 y 86 árboles utilizando los FAB 1, 2 y 4 respectivamente. Se observa una reducción del 51.2% del número de árboles muestreados cuando se opera con el FAB 2 en relación con el 1. Hay una reducción del 18.5% cuando se opera con el FAB 4 en relación con 2 y de 60% con el 1 (Cuadro 2).

Cuadro 2: Estimaciones obtenidas por los diferentes factores de área basal empleados en el muestreo.

Estimativa muestral	Factor de área basal		
	1 m ² ha ⁻¹	2 m ² ha ⁻¹	4 m ² ha ⁻¹
Número de individuos muestreados	300	176	86
Número de individuos por puntos (media ± desviación estándar)	15.9 ± 9.96	9.2 ± 5.27	5.0 ± 2.85
Densidad (árboles ha ⁻¹)	1099	1196	1150
Área basal (m ² ha ⁻¹)	30.0	34.2	34.4
DAP medio (media ± desviación estándar) (cm.)	20.7 ± 4.93	21.1 ± 5.11	21.6 ± 5.56
Tiempo total gasto en horas	15.1	8.6	4.3

Esta proporción de número de individuos muestreados en función del FAB utilizado no concuerda con lo descrito en la bibliografía, donde se indica que el número de individuos muestreados con el FAB 1 es, aproximadamente, dos veces superior que el encontrado al operar con el FAB 2 y cuatro veces superior al operar con el FAB 4.

Con respecto a la densidad, no hay grandes variaciones, aunque con el FAB 1 esta siempre es menor que con los otros dos. No es posible afirmar cuál de las estimaciones es la más exacta, ya que no se conoce el valor referido a la población. La densidad mayor se obtiene con el FAB 2, lo cual puede ser explicado por el bajo valor de la media de los diámetros de los árboles muestreados.

La figura 3 representa la densidad de árboles muestreados en función del FAB operado. En el FAB 1, por presentar el menor ángulo de visada, se deben muestrear más árboles.

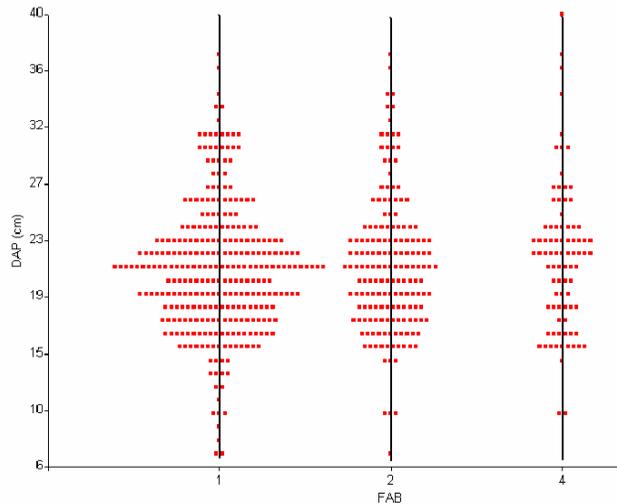


Figura 3. Gráfico de densidad de punto de datos de diámetro inventariados por los diferentes Factores de área basal (FAB).

La distribución de los datos de diámetro operando con los FAB 1 y 2, se asemeja a forma de la distribución Gaussiana, asumiéndose que los datos de diámetro son distribuidos normalmente. Cuando se opera con el FAB 4, no hay normalidad en el comportamiento de los datos, con este factor el ángulo crítico es mayor que con los demás, por lo que el número de árboles evaluados baja, convirtiéndose en una muestra muy pequeña (86 individuos).

La media del número de individuos por punto fue inversamente proporcional al FAB empleado. Este valor fue de 15.9, 9.2 y 5 individuos para los FAB 1, 2 y 4, respectivamente.

Según Brack (1999), en el muestreo por puntos de Bitterlich, el FAB empleado debe ser aquel que muestre 7 a 12 individuos por punto, pero para Finger (1992), el adecuado es aquel que muestre 20 individuos. Por tanto, el factor 2 sería el más adecuado para este tipo de rodal forestal.

Se observa que hay una relación directa entre el valor del error estándar de la estimación del número de individuos por punto y el FAB empleado. Las estimaciones de área basal por hectárea no variaron mucho entre los factores 2 y 4. El FAB 1 produjo la menor estimación (30 m²/ha), seguido por el factor 2 (34.2 m²/ha) y finalmente el 4 (34.4 m²/ha).

En el cuadro 3 se muestra el análisis de varianza en bloques completos para la estimación del área basal, donde cada FAB se consideró como tratamiento, cada punto de muestreo como un bloque y la variable de respuesta como el área basal en m².

Cuadro 3. Análisis de varianza para el área basal estimada de acuerdo con el muestreo para los factores de área basal (FAB) 1, 2 y 4.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
FAB	2	0.0007835	0.0003917	1.21	0.2998
Error	555	0.1800964	0.0003245		
TOTAL	557	0.1808799			

Las hipótesis probadas en el análisis de varianza fueron:

- H₀ = el área basal en m² estimada es la misma para cada FAB empleado;
- H_a = el área basal en m² estimada es diferente en al menos un FAB empleado.

Los datos muestran que no hay evidencias para rechazar la hipótesis de nulidad (H_0) con una probabilidad $> 29.98 \%$.

Se determinó que las diferencias observadas en los promedios de área basal obtenidos por cada FAB, se debieron a la variabilidad de los puntos de muestreo y no a diferencias entre cada FAB utilizado, lo cual concuerda con los datos obtenidos por Gorenstein (2002).

Análisis del procedimiento de campo

El total de tiempo invertido para la recolección de los datos de diámetro con relascopio para los tres FAB fue de 8.8 horas. Este tiempo no incluyó los periodos de traslado de un punto a otro, ni el descanso, o sea, se refiere al tiempo invertido en los puntos de muestreo. Para el FAB2, el 46% del total del tiempo se invirtió en las mediciones del d .

Silva (1977), indica que algunos autores recomendaron, como regla general, escoger la banda adecuada con base al área basal estimada del rodal, y recomiendan utilizar el FAB2 para rodales que posean de 20 a 40 m^2/ha . Ello concuerda con el presente estudio, donde se determina que operando con el FAB2 se estimó un área basal de 34.20 m^2/ha .

CONCLUSIONES

Entre los factores de área basal probados en el rodal de *P. taeda* L. en la Universidade Federal de Santa Maria Rs, Brasil, se concluye que:

- El FAB2 fue el seleccionado debido a que presentó mejor combinación de resultados, mayor factibilidad en el campo y mejor precisión de los resultados.
- Al operar el FAB1 se muestrea una mayor cantidad de árboles, lo cual conlleva a aumentar tiempo en la ejecución del inventario, y finalmente incide en un aumento de costos. Al operar el FAB4 se utiliza menos tiempo ya que se muestrea un bajo número de árboles, sin embargo presenta tendencia a mayores errores de estimación de los parámetros dasométricos.
- Por medio del análisis de varianza se observó que no presentaron diferencias significativas en la estimación del área basal “entre” y “dentro” de los factores probados.
- Las diferencias de las estimaciones de los parámetros N/ha, G/ha operando con los FAB 1, 2 y 4 no fueron significativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Banyard, SD. 1976. A comparison between point sampling and plot sampling in tropical rainforest base on a concept of the equivalent relascope plot size. Commonwealth Forestry Review. 54: 312–320.
- Batista, JLF. 1998. Levantamentos florestais: Conceitos de amostragem aplicados ao levantamento de florestas. Piracicaba, BR, Escola Superior de Agricultura “Luz de Queiroz”. Departamento de Ciências Florestais. 45 p.
- Bitterlich, W. 1958. Das neue Relaskop. *Allg. Forstzig.* 69(23/24):295-299
- Bitterlich, W. 1984. The relascope idea: relative measurement in forestry sloughy. Commonwealth Agricultural Bureaux. 236 p.
- Brack, CL; Wood, GB. 1998. Forest Mensuration - Measuring trees, stands and forests for effective forest management. ISBN 0 7315 2413 6. Computer-based course resources for Forest Mensuration

- (FSTY2101) at the Australian National University. Canberra, AU, ANU. Consultado jun. 2008. Disponible en <http://fennergrowth.anu.edu.au/associated/mensuration/BrackandWood1998/MENSHOME.HTM>
- Finger, CAG. 1992. Fundamentos de biometría forestal. Rio Grande do Sul, BR, Universidad Federal de Santa Maria. FATEC. 269 p.
- Gorenstein, MR. 2002. Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em floresta estacional semidecidual. Seleção do fator de área basal para a amostragem da comunidade arbórea da estação ecológica dos caetetus, Gália-sp, através do método de Bitterlich. Tesis Ph.D. Piracicaba, BR, Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luz de Queiroz". 92 p.
- Husch, B; Miller, CI; Beers, TE. 1972. Forest mensuration. 2 ed. New York, US, The Ronald. 402 p.
- Husch, B; Miller, CI; Beers, TE. 1982. Forest mensuration. 3 ed. New York, US, John Wiley & Sons. 402 p.
- Pardé, J. 1956. Un appareil révolutionnaire: le relascope à miroir de Bitterlich. *Revue Forestière Française*. 8(3): 172–184.
- Péllico, N; Brena, D. 1997. Inventário florestal. Curitiba, BR. Dados Internacionais de câmara brasileira do Livro. 1 vol. 316 p.
- Seixas, F. 1988. Mecanização e exploração florestal (LCF-683). São Paulo, BR, Departamento de Ciências Florestais. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo, p. irr.
- Silva, JÁ. 1977. A Relascopia como instrumento básico para inventários florestais e cubagem de árvores individuais. *In* Simposio sobre inventario florestal (1984, Piracicaba, BR). 1984. Piracicaba, BR. IPEF. p. 81–91.
- Veiga, AA. 1985. Coletânea de assuntos técnicos: área de dasonomia, treinamento da coordenadoria da pesquisa de recursos naturais. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*. N° 25: 213 – 251.