



SIGUIENTE CAPÍTULO
BRASIL

Capítulo



BRASIL

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE BRASIL

Joberto Veloso de Freitas, Universidad Federal de Amazonas, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Universitario, Sector Sur, Bloco I, Manaus, AM, CEP 69080-900, Brasil

Gustavo Stancioli Campos de Pinho, Servicio Forestal Brasileño, Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 2º piso, sala 253, Brasília, DF, CEP 70043-900, Brasil

Raquel Álvares Leão, Servicio Forestal Brasileño, Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 2º piso, sala 253, Brasília, CEP 70043-900, DF, Brasil

Humberto Navarro de Mesquita Jr., Servicio Forestal Brasileño, Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 2º piso, sala 253, Brasília, DF, CEP 70043-900, Brasil

Doádi Antônio Brena, Rua Félix Engel, 48/502, Centro, Nova Prata, RS, CEP 95320-000, Brasil

Patrícia Póvoa de Mattos, Embrapa florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Bairro Guaraituba, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

Yeda Maria Malheiros de Oliveira, Embrapa florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Bairro Guaraituba, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

9.1 HISTORIA DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE BRASIL

Brasil es un país de gran extensión territorial, con 851 millones de hectáreas, de las cuales cerca del 57% están cubiertas por bosques, siendo la segunda mayor extensión de bosques del mundo (FAO, 2020a). El país tiene 26 estados y el Distrito Federal, con una población de unos 212 millones de habitantes.

Los primeros inventarios forestales en Brasil se realizaron a partir de mediados de la década de 1950 en la región amazónica, con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), abarcando cerca de 19 millones de hectáreas en 13 áreas de la región (Silva, 1996; SUDAM, 1974), con vistas al establecimiento de industrias de transformación de la madera como parte de una estrategia de desarrollo de la región. Entre 1965 y 1979 se realizaron tres inventarios forestales en el sur del país centrados en el pino brasileño (*Araucaria angustifolia*) e inventarios forestales de tres estados de la región nordeste del país (Machado, 1984).

En la década de 1980, en el contexto de la crisis mundial del petróleo, se realizó una primera edición del Inventario Forestal Nacional (IFN) para explorar el potencial de la biomasa forestal como alternativa a esa situación. Las mediciones de campo se llevaron a cabo en los bosques naturales y plantados, cubriendo alrededor de 250 millones de hectáreas inventariadas, excepto en la Amazonía, ya que esta región había sido cubierta por mediciones de campo en el marco del Proyecto RadamBrasil, de mapeo de los recursos naturales de la región (IBGE, 2018). El primer IFN de Brasil fue coordinado por el gobierno federal a través del Instituto Brasileño de Desarrollo Forestal (IBDF) y contó con el apoyo regional de universidades e instituciones de investigación a través de sus departamentos forestales. Después de esta iniciativa, hubo inventarios forestales de grandes áreas, pero con un enfoque en el desarrollo regional. A nivel nacional, la atención se centró más en la creación y el fortalecimiento de las instituciones (Bauch *et al.*, 2009), como es el caso del Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (IBAMA, por sus siglas en portugués), creado en 1989, y el Programa Forestal Nacional (PFN), creado el año 2000, entre otros. Solo en el contexto del PFN se retomó el tema del IFN.

Debido a la necesidad de mejorar el suministro de información forestal en el país, el IFN se reanudó en 2005, iniciando un nuevo proceso para definir una metodología que pudiera aplicarse a los diferentes biomas brasileños. Además, se consideró esencial que este nuevo IFN tuviera una mayor cobertura de los atributos de los bosques, ampliando el alcance más allá de la madera y buscando una mayor sinergia con procesos internacionales como el informe de la FAO (FAO, 2005) sobre la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA).

Se llevó a cabo un proceso consultivo coordinado por el Ministerio de Medio Ambiente, a través del Programa Nacional de Bosques y con la colaboración de varias instituciones nacionales y de la FAO, que dio como resultado, en 2006, la presentación de una propuesta de metodología única para el IFN, con componentes de información biofísica y también socioambiental. El objetivo propuesto del IFN era producir información sobre los recursos forestales, los bosques naturales y plantados cada cinco años, a fin de apoyar la formulación de políticas públicas de uso y conservación de los recursos forestales.

En 2006, con la creación del Servicio Forestal Brasileño (SFB), al que se transfirió la coordinación del IFN, se inició la fase de prueba de la metodología en los biomas brasileños y la búsqueda de financiación para la ejecución del proyecto.

La recopilación de los datos de campo se inició formalmente en 2011 (Cuadro 9.1), con la financiación de un proyecto en colaboración con la FAO y recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). La recopilación de los datos de campo se inició en el Distrito Federal (580 000 hectáreas), la unidad más pequeña de la federación, situada en el bioma del Cerrado (sabana) y donde el SFB tiene su sede central (Brasilia). El trabajo se realizó con el apoyo de la Universidad de Brasilia y sirvió de base para perfeccionar la metodología, mejorar el manual de campo y estructurar el programa de capacitación y el de control de calidad. A medida que el IFN avanzaba por los estados del sur y del noreste, se pusieron a disposición otras financiaciones para el bioma de la Amazonia (Fondo Amazónico) y para el bioma del Cerrado (Programa de Inversión Forestal, o FIP, por sus siglas en portugués), y algunos estados (gobiernos estatales) participaron en la financiación. El IFN de Brasil aún no ha completado la medición de todas las unidades de muestreo previstas para su primer ciclo. Varios factores han contribuido a la inestabilidad de su proceso de ejecución; el principal ha sido el restringido modelo de ejecución financiera de los recursos presupuestarios del gobierno. En diciembre de 2019 se había completado

la recopilación de datos del IFN en 18 de las 27 unidades federativas (UF), lo que corresponde a cerca del 50% de la superficie del país, con 12 189 unidades de muestreo (UM) o conglomerados ya medidos, lo que corresponde al 69% del total de UM previstas para el primer ciclo (Cuadro 9.1). Esta diferencia se debe a que no se visitaron todos los puntos de la malla en la Amazonía, debido al difícil acceso, las limitaciones de recursos y la exclusión de las tierras indígenas en el primer ciclo del IFN.

El IFN está previsto en el código forestal, Ley 12.651/2012 para la protección de la vegetación nativa, y es coordinado por el SFB, que migró del Ministerio de Medio Ambiente al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA) en 2019. El IFN recibe apoyo científico de esta y otras instituciones de investigación y universidades brasileñas a través de una comisión asesora técnica y científica informal (CT-IFN).

El IFN se ha implantado por estados, por razones operativas y políticas, pero también por biomas, ya que tienen peculiaridades en cuanto a las características de sus bosques, y también por cuestiones de financiación, como se ha mencionado anteriormente. La Figura 9.1 presenta la distribución de las UM del IFN en los seis biomas brasileños, pudiendo observar los límites de los estados. Desde el punto de vista biofísico, los biomas representan diferencias que también se notan en el predominio de los tipos de vegetación, así como en la presión sobre los bosques y, por esta razón, los biomas suelen utilizarse como referencia en la aplicación de las políticas públicas medioambientales.

En el norte del país se encuentra el bioma de la Amazonía con su exuberante selva tropical, que ocupa el 49% del territorio nacional; en la parte central del país se encuentra el bioma del Cerrado, la sabana brasileña, que ocupa cerca del 24% del país (Cuadro 9.2); y en el noreste se encuentra el bioma de la Caatinga (9,9%) con predominio de la sabana esteparia, los bosques secos y una región semiárida. El bioma del Pantanal (1,8%), situado en la parte occidental del país, es una llanura aluvial con una gran diversidad biológica, especialmente de animales salvajes.

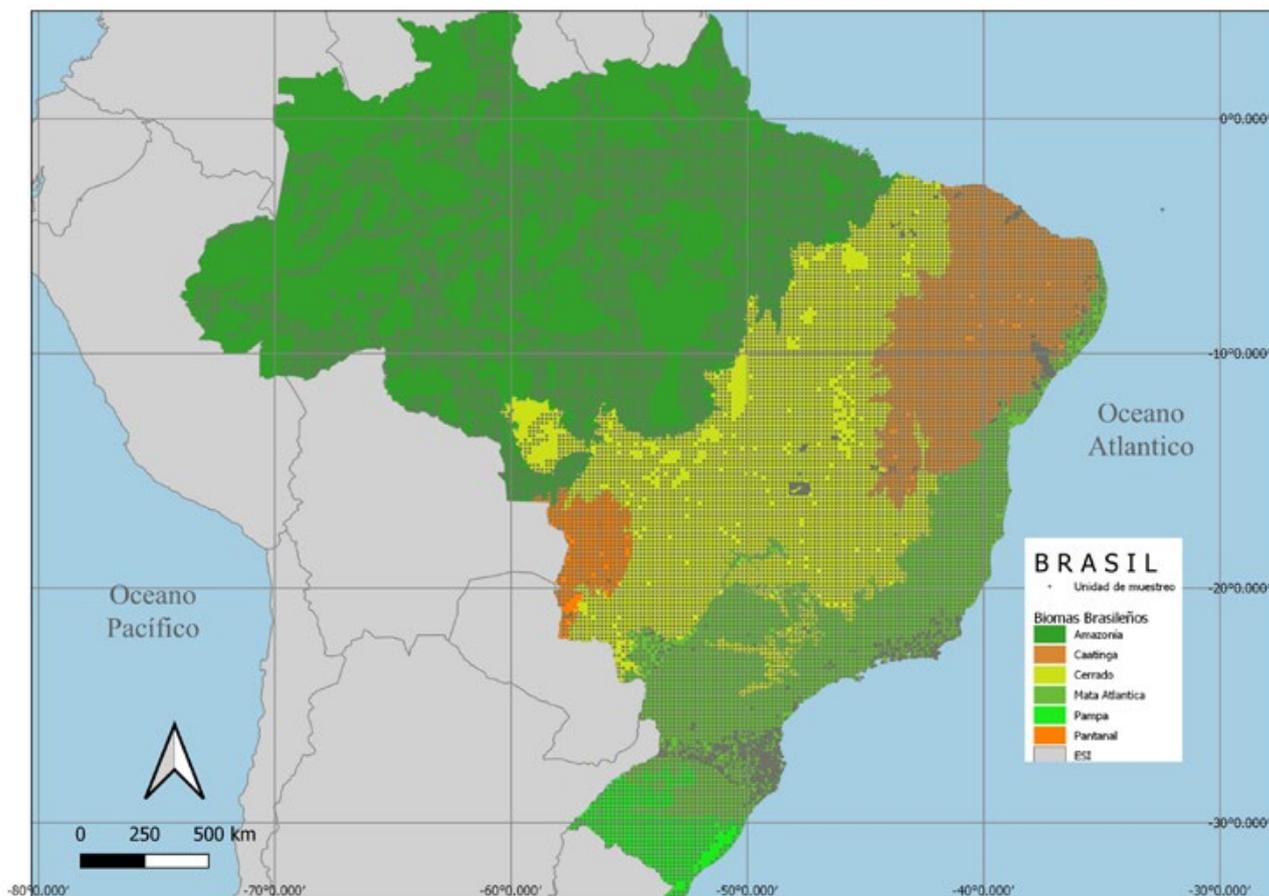
CUADRO 9.1

Descripción del Inventario Forestal Nacional de Brasil en curso, Ciclo 1

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo previstas
IFN-C1	Desde 2011	Nacional	Sistemático	17 587

FIGURA 9.1

Mapa de la distribución de las unidades de muestreo (conglomerados) en los seis biomas brasileños



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Nota: Las unidades de muestreo están representadas por los puntos oscuros sobre el país, conforme la planificación para el primer ciclo del Inventario Forestal Nacional.

Fuente: Elaboración propia.

El bioma de la Mata Atlántica (13%) se da de norte a sur a lo largo de la costa brasileña, una región de alta concentración humana e históricamente de gran presión sobre los bosques. En el extremo sur del país se encuentra el bioma Pampeano (2,1%), también conocido como pastizales del sur, que también abarca Argentina y Uruguay.

El objetivo de este capítulo es describir el Inventario Forestal Nacional de Brasil, con énfasis en los aspectos metodológicos y los principales resultados en las variables priorizadas para la armonización de los IFN en la región, y también presentar algunas de las experiencias y expectativas obtenidas con su implementación en los últimos años.

CUADRO 9.2

Características del diseño de muestreo: extensión territorial de cada bioma y número de unidades de muestreo planeados para el primer ciclo del Inventario Forestal Nacional

Región del país (bioma)	Área territorial		Número de unidades de muestreo
	(1 000 ha)	% del país	
Amazonia	419 694,30	49,30	5 884
Cerrado	203 644,80	23,90	4 823
Pantanal	15 025,50	1,80	373
Caatinga	84 445,30	9,90	2 371
Mata Atlántica	111 018,20	13,00	3 613
Pampa	17 649,60	2,10	523
Total	851 477,70	100,00	17 587

9.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

Los términos y definiciones adoptados para las principales variables de los IFN que implican estimaciones para las grandes superficies se elaboraron teniendo en cuenta las definiciones y clasificaciones nacionales y, en la medida de lo posible, las utilizadas por la FAO en el proceso de evaluación de los recursos forestales mundiales más reciente (FAO, 2010). Se han realizado adaptaciones tanto para facilitar la identificación y clasificación sobre el terreno como para procesar los datos de los mapas de vegetación mediante la agregación de tipologías que convergen con la definición de bosques y otras tierras forestales.

En el caso de la definición de bosque, se hizo una equivalencia entre las tipologías de bosque de la clasificación de vegetación del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE, 2012) y la definición de bosque de la FAO (Cuadro 9.3). Con la ayuda de especialistas en esta clasificación, se evaluaron las características de cada tipo de vegetación en relación con los principales atributos de la definición de la FAO (Cuadro 9.3). Asimismo, se enumeraron los tipos de vegetación que podían clasificarse como otras tierras con árboles (OTA) y otras tierras (OT). Con esto, se buscó la sinergia entre los datos de campo y el mapa de vegetación utilizado para la extrapolación de las variables de la categoría forestal mapeada por el IBGE, a partir de las definiciones que se adoptaron en el proceso de definición de la metodología (Cuadro 9.4). Los criterios para definir un bosque se transmiten a los equipos de campo durante la capacitación para garantizar la coherencia en la evaluación sobre el terreno.

© SFB / André Dib





CUADRO 9.3

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional

Área territorial		
Término	Definición	Variables y límites
Bosque	Tierra cubierta de vegetación arbórea, mayor a 0,5 hectáreas y con una cobertura de copas superior al 10%, en la que existen individuos leñosos que tienen o pueden alcanzar los 5 metros de altura. No incluye las áreas consideradas de uso agrícola y urbano. Categorías de vegetación del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) que cumplen los criterios de la definición de bosques de la FAO.	Área \geq 0,5 ha Altura potencial \geq 5 m Cobertura de copas \geq 10% Tipos de vegetación (IBGE)
Otras tierras boscosas	Tierras con tipos de vegetación que no se ajustan a la definición de bosques debido a las características de los árboles o a la cobertura de copas. Categorías de vegetación del IBGE que se ajustan a la definición de "otras tierras boscosas" de la FAO.	Cobertura de copas: 5%-10 % Tipos de vegetación (IBGE)
Otras tierras	Tierras con vegetación no clasificadas por la FAO como bosques u otras tierras boscosas.	Categorías de uso de la tierra
Volumen	Volumen de madera con corteza, calculado desde el tronco hasta la altura comercial o de inversión de la copa, de todos los árboles vivos con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 centímetros, considerando todas las especies arbóreas. Para determinar el volumen del tronco, no se consideran las ramas por debajo de la altura comercial; tampoco se han considerado los registros o estimaciones específicas de los tocones.	DAP \geq 10 cm, especies arbóreas (no incluye palmeras)
Biomasa	Biomasa por encima del suelo: biomasa de los árboles vivos, incluyendo el tronco, las ramas, las hojas, las flores y las estructuras reproductivas. Biomasa por debajo del suelo: biomasa de las raíces, en la medida de lo posible, las que tienen un diámetro superior a 2 milímetros; basado en los factores de conversión disponibles en la literatura. Madera muerta: biomasa leñosa de los árboles en pie registrados como muertos y de todo el material leñoso caído en el suelo con un diámetro superior a 2,5 cm, independientemente del estado de descomposición.	DAP \geq 10 cm, especies arbóreas y otras formas de vida (por ejemplo, palmeras) y límites descritos en la definición al lado

Fuente: FAO (2010); IBGE (2012).

CUADRO 9.4

Resumen de la clasificación de la vegetación brasileña y su correspondencia con las categorías de la evaluación de los recursos forestales mundiales

Subgrupos de formaciones (fisionomía)	Formaciones (ambiente/relieve/tendencias)	Categoría Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020
Bosque ombrófilo denso (FOD)	FOD aluvial	Bosque
	FOD tierras bajas	Bosque
	FOD submontana	Bosque
	FOD montana	Bosque
	FOD alto montana	Bosque
Bosque ombrófilo abierto (FOA)	FOA aluvial	Bosque
	FOA tierras bajas	Bosque
	FOA submontana	Bosque
	FOA montana	Bosque
Bosque ombrófilo mixto (FOM)	FOM aluvial	Bosque
	FOM submontana	Bosque
	FOM montana	Bosque
	FOM alto montana	Bosque

CONTINUA CUADRO 9.4

Subgrupos de formaciones (fisionomía)	Formaciones (ambiente/relieve/tendencias)	Categoría Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020
Bosque estacional semidecuido (FES)	FES aluvial	Bosque
	FES tierras bajas	Bosque
	FES submontana	Bosque
	FES montana	Bosque
Bosque estacional decuido (FED)	FED aluvial	Bosque
	FED tierras bajas	Bosque
	FED submontana	Bosque
	FED montana	Bosque
Campinarana	Campinarana boscosa	Bosque
	Campinarana arbolada	Bosque
	Campinarana arbustiva	Otras tierras boscosas
	Campinarana gramíneo leñosa	Otras tierras
Sabana	Sabana boscosa	Bosque
	Arborizada	Otras tierras boscosas
	Parque	Otras tierras boscosas
	Gramíneo leñosa	Otras tierras
Sabana esteparia	Parque	Otras tierras boscosas
	Gramíneo leñosa	Otras tierras
Estepa (campos del sur de Brasil)	Parque	Otras tierras boscosas
	Gramíneo leñosa (campestre)	Otras tierras
Formaciones pioneras	Arbórea (de la cabecera rocosa)	Bosque
	Arbustiva (de las dunas)	Otras tierras boscosas
	Herbácea (de las playas)	Otras tierras
	Arbórea (manglares)	Bosque
	Herbácea (planicies fluviales)	Otras tierras
	Palmeral	Bosque
	Arbustiva	Otras tierras boscosas
	Herbácea	Otras tierras
Formaciones de contactos florísticos	Zonas de transición entre tipos de vegetación, que pueden ser forestales o no forestales	Bosque
Vegetación secundaria	Vegetación arbórea secundaria de algunas zonas donde hubo intervención humana	Bosque
Bosques plantados	Eucalipto, pino, acacia, algarroba, caucho, teca, entre otros	Bosque

Fuente: FAO (2010); IBGE (2012).

9.3 DISEÑO DE MUESTREO

El sistema se basa en el proceso de muestreo sistemático sobre una malla nacional de puntos de muestreo y UM de área fija (conglomerados). Esta malla se generó para todo el país a partir de un punto elegido al azar sobre la línea del Ecuador en el territorio brasileño. La distancia estándar entre los puntos de muestreo perpendiculares es de 20 kilómetros (km), sin embargo, existe la opción de densificar la muestra reduciendo la distancia entre los puntos en los territorios para los que se desea una información más detallada y precisa, cuando también se dispone de recursos para ello. Una muestra más densa puede estar justificada para tipologías de mayor interés, estados muy pequeños, municipios, o cuando se requiere mejorar la información sobre un territorio administrativo más pequeño. En general, el SFB implementa una malla estándar (20 km por 20 km), pero hay ejemplos de implementación de una malla de 10 km por 10 km en los estados de Santa Catarina (SFB, 2018), Río de Janeiro (SFB, 2018) y Sergipe (SFB, 2017), entre otros; una malla de 5 km por 5 km en el Distrito Federal (SFB, 2016) y en el Municipio de Caçador (SFB, 2019a); y una malla de 2,5 km por 2,5 km en la Tierra Indígena Manguairinha (SFB, 2019b).

Es importante señalar que, salvo en estos casos especiales, no hay una estratificación previa para la selección de las unidades de muestreo que se van a medir. Todos los puntos de la malla deben ser visitados para la recopilación de datos, tanto si están en el bosque como si no lo están. La agrupación de conglomerados para la posestratificación es deseable y posible.

9.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Las UM se configuran como conglomerados con cuatro subunidades, alineadas con los ejes cardinales, situadas a 50 m del punto de muestreo indicado por la malla nacional (Figura 9.2), con división en subparcelas para aproximarse a diferentes límites de inclusión (SFB, 2019c).

Las subunidades estándar son rectangulares, de 20 m por 50 m (1 000 metros cuadrados [m²]), con la medición de todos los ejemplares con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm, considerándose éste el principal límite de inclusión del IFN. Excepcionalmente, en el bioma amazónico, la longitud de las subunidades es mayor (20 m por 100 m), midiéndose únicamente árboles con DAP mayor o igual a 40 cm en los últimos 50 metros. Esta estrategia se adoptó para captar mejor la información de los árboles grandes, que suelen tener una densidad muy baja y una gran contribución en variables como el volumen y la biomasa en el cómputo global. Los niveles de aproximación se presentan en el Cuadro 9.5. Las plantas herbáceas (Nivel I) solo se clasifican según tres categorías de abundancia o cobertura y una foto de cada parcela (0,4 m por 0,6 m), y con ello se compone una base de datos que puede ser consultada por los especialistas para orientar la investigación. No hay identificación de plantas herbáceas, pero cuando se encuentran plantas fértiles, se recogen para su identificación en los herbarios.

También, en el contexto de las UM, se utilizan dos transectos de 10 m que cruzan por encima del punto de muestreo, para evaluar la madera muerta y su

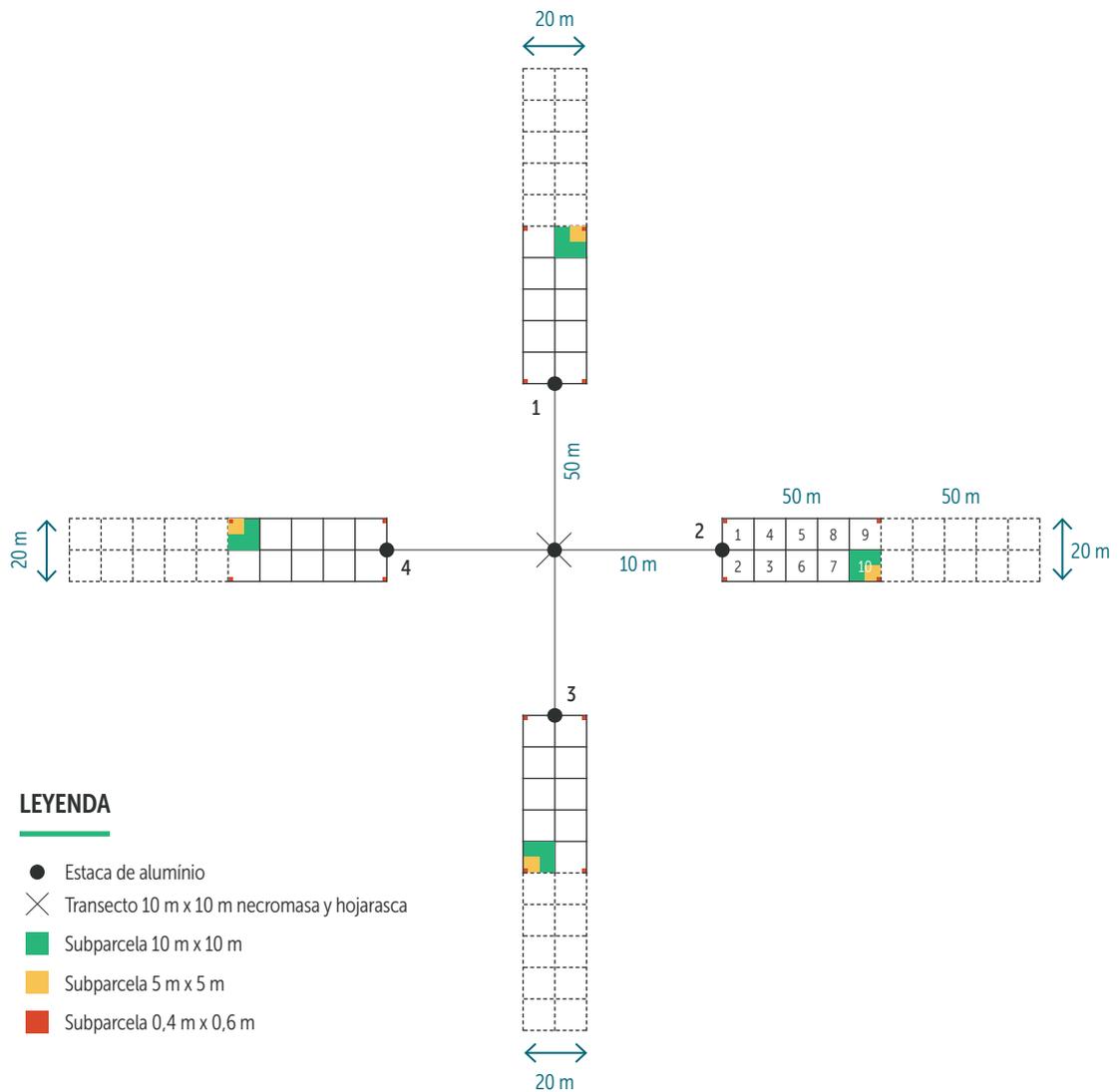
CUADRO 9.5

Dimensiones de la unidad de muestreo y de las subdivisiones para abordar los diferentes niveles de inclusión

Nivel de abordaje	Dimensiones de las unidades de muestreo (m)	Límites de inclusión	Bioma
I	0,4 x 0,6	Plantas herbáceas	Todos
II	5 x 5	Altura \geq 1,3 m Diámetro a la altura del pecho (DAP) < 5 cm	Todos
III	10 x 10	5 cm \leq DAP < 10 cm	Todos
IV	20 x 50	DAP \geq 10 cm	Todos
V	20 x 100	DAP \geq 40 cm (en los últimos 50 m)	Amazonía

FIGURA 9.2

Configuración de la unidad de muestreo (conglomerado), ilustrando la longitud adicional de las subunidades en líneas punteadas



Nota: La longitud adicional de las subunidades (20 m x 100 m) está ilustrada con líneas punteadas; estas se utilizan únicamente en el bioma amazónico y solo para el registro de árboles con diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 40 cm.

Fuente: SFB (2019c).

grado de descomposición, mediante un muestreo en línea de transecto (Shiver y Borders, 1995) y también la profundidad del mantillo en cinco puntos. Cerca del punto central de las UM, se recogen muestras de suelo a dos profundidades (de 0 cm a 20 cm; y de 30 cm a 50 cm) y en cada profundidad se toman dos muestras: una a granel para el análisis químico y otra no deformada para la determinación de las reservas de carbono en el suelo.

Un aspecto importante del diseño de muestreo del IFN es que, por regla general, todos los puntos de la malla se deben visitar para la recolección

de datos. Esto implica, por lo tanto, que un mismo conglomerado puede abarcar más de una categoría de uso de la tierra, entre forestal y no forestal. Así, cada una de las cuatro subunidades del conglomerado se divide en subparcelas de 10 m por 10 m, y en cada una de ellas se registra la categoría de uso de la tierra (CUT) predominante a partir de una codificación del IFN (IBGE, 2012; SFB, 2019c). Así, el tratamiento de los datos se realiza a partir de estimaciones de razón (Queiroz, 2012; Shiver y Borders, 1995) para las diferentes CUT. La evaluación para la atribución de la categoría de uso forestal en el campo tiene en cuenta los mismos parámetros de la definición de la FAO.

9.5 CÁLCULOS DE SUPERFICIE FORESTAL, BIOMASA Y VOLUMEN

9.5.1 SUPERFICIE

Los cálculos de superficie son necesarios e importantes para dirigir la extrapolación de las variables cuantitativas, como el volumen y la biomasa, que se obtienen a partir de los datos de campo recolectados sobre el territorio. El IFN de Brasil dispone de una base de datos geográfica para este fin, construida y actualizada a partir de diversas fuentes. El mapa base es el mapa de distribución (1:250 000) de la vegetación del pasado, con la distribución de los tipos de vegetación originarias del país, que fue actualizado por el IBGE con imágenes Landsat de 2009. La actualización de las áreas se basó en todos los datos disponibles en el país sobre la pérdida de bosques en 2018, obtenidos de los sistemas de monitoreo satelital (MMA, 2016) existentes en el país. Estos datos permiten calcular las superficies por tipo de vegetación y se pueden actualizar cada vez que los sistemas de vigilancia actualizan sus datos. Expertos en la clasificación de la vegetación brasileña del IBGE compararon las definiciones de bosque, otras tierras boscosas, y otras tierras de la FAO y la clasificación de vegetación (IBGE, 2012). Por lo tanto, es posible obtener la superficie forestal agregando todas las tipologías forestales nacionales que sean equivalentes a la definición de bosque de la FAO,

así como las demás categorías. Mediante este tipo de procedimiento, el Servicio Forestal actualiza la superficie forestal del país y suministra información al Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF) y también al IFN (SFB, 2019d). De este modo, es posible determinar la superficie de cada tipología forestal para cualquier distribución territorial, siendo la desagregación para los cálculos por estado y por bioma un aspecto fundamental para el IFN.

9.5.2 VOLUMEN Y BIOMASA

El cálculo del volumen se realiza para las especies arbóreas y la biomasa también incluye otras formas de vida como las palmeras, los bambúes y el sotobosque (con DAP de 5 cm o más). Las ecuaciones de volumen y biomasa se obtienen principalmente de la bibliografía existente y se seleccionan en función de la información relativa al origen de los datos utilizados para el ajuste, como la región o el estado, el tipo de bosque, el número de árboles, el rango de datos y su distribución en categorías diametrales, y de las medidas de precisión que caracterizan la calidad del ajuste. Se elaboró una base de datos con información detallada sobre las ecuaciones encontradas en la literatura para facilitar su selección. El Cuadro 9.6 presenta información sobre algunas ecuaciones utilizadas en los cálculos de volumen y biomasa, solo para los estados sobre los que ya se han publicado informes con resultados del IFN.



© SFB / André Dib

9.6 RESULTADOS PARCIALES DEL PRIMER CICLO: SUPERFICIE FORESTAL, BIOMASA Y VOLUMEN

9.6.1 SUPERFICIE FORESTAL

La superficie forestal se calculó para todo el país combinando los tipos de vegetación consideradas como bosques según los criterios de la FAO, y las pérdidas forestales anuales registradas en todos los biomas por los sistemas nacionales de monitoreo (MMA, 2016), que son datos espacialmente explícitos. Por lo tanto, la superficie forestal del país se puede actualizar prácticamente cada año. El Cuadro 9.7 presenta los valores de la superficie forestal por bioma para el año de referencia 2018 (SFB, 2019d).

CUADRO 9.6

Ecuaciones utilizadas para el cálculo del volumen y la biomasa de los estados con recopilación de datos completos e informes publicados

Variable	Ecuación	Referencia
Biomasa (kg)	$B = 0,0612 Dap H^{1,5811}$	Sampaio y Silva (2005)
	$ln(B) = 0,0298 \times Db^2 \times H$	Rezende (2002)
	$ln(B) = -10,4843 + 1,6816 \times ln(Dap) + 1,4063 \times ln(Ht)$	Scolforo et al. (2008)
	$ln(B) = -10,5940591011 + 1,602721969 \times ln(Dap) + 1,5878967963 \times ln(H)$	
	$ln(B) = -10,6409194002 + 2,1533324963 ln(Dap) + 0,8248143766 ln(H)$	
	$ln(B) = -10,9532786932 + 2,5464820134 ln(Dap) + 0,4667754371 ln(H)$	
	$ln(B) = -2,052 + 0,801 ln(Dap^2 H)$	Moreira-Burguer y Delitti (2010)
	$B = 0,317 Dap^2 + 0,009 (Dap^2 H)$	Ratuchne (2010)
	$log(B) = -0,882390231 + 2,409594057 \times log(Dap)$	Vogel et al. (2006)
	$B = 25,87071 + 0,02909 Dap^2 - 0,21382 Ht^2 + 0,03189 Dap^2 Ht$	Silveira (2009)
	$ln(V) = -9,59340 + 2,04417 ln(Dap) + 0,94531 ln(H)$ $V = 0,000077 Dap^{1,85794} Ht^{0,93919}$	Figueiredo Filho et al. (2014)
	$Vol (m^3) = 0,000109 \times Db^2 + 0,0000451 \times Dap^2 \times H$	Rezende (2002)
$ln(V) = -9,97595 + 2,05409 \times ln(Dap) + 0,87842 \times ln(Hc)$	Chichorro et al. (2003)	
$V = 0,4057 - 0,05955 Dap + 0,00189 Dap^2 + 0,00309 Dap H - 0,000065 Dap^2 H - 0,02128 H$	Thiersch et al. (2006)	
$V = 0,000074230 \times Dap^{1,707348} \times H^{1,16873}$ $ln(V) = -9,42719 + 1,96900 ln(Dap) + 0,831852 ln(H)$	CETEC (1995)	
$ln(V) = -9,7751 + 2,2403 \times ln(Dap) + 0,6308 \times ln(Ht)$	Scolforo et al. (2008)	
$ln(V) = -9,9752493252 + 2,1719145688 ln(Dap) + 0,8083667085 ln(H)$		
$ln(V) = -9,7394993677 + 2,3219001043 ln(Dap) + 0,5645027997 ln(H)$		
$ln(V) = -9,7677720672 + 2,4886704462 ln(Dap) + 0,4406921533 ln(H)$		
$ln(V) = -8,875910 + 1,892219 ln(Dap) + 0,739038 ln(H)$	Santos et al. (2006)	
$ln(V/1000) = -17,96 + 0,96 ln(Cap^2) + 0,76 ln(H)$ $ln(V/1000) = -17,68 + 0,95 ln(Cap^2) + 0,67 ln(H)$ $ln(V/1000) = -17,75 + 0,98 ln(Cap^2) + 0,57 ln(H)$	Vibrans et al. (2015)	
$V = e [-9,5934 + 2,04417 ln(DAP) + 0,94531 ln(H)]$	Figueiredo Filho et al. (2014)	
$ln(V) = -10,045586 + 2,349493 ln(Dap) + 0,640598 ln(H)$	Correia et al. (2017)	
$ln(V) = -9,3381 + 1,96993 ln(Dap) + 0,837 ln(Ht)$	Colpini et al. (2009)	
$ln(V) = -8,273 + 1,804 ln(Dap) + 0,763 ln(H)$	Cysneiros et al. (2017)	

Nota: B: biomasa (kg); Cap: circunferencia de la altura del pecho (cm); Dap: diámetro a la altura del pecho (cm); Db: diámetro en la base del tronco (cm; para algunos árboles en el Cerrado); H: altura total (m); Hc: altura comercial (m); V: volumen.

9.6.2 VOLUMEN Y BIOMASA

Utilizando los datos de campo recolectados por el IFN, fue posible estimar las existencias promedio de volumen (metros cúbicos por hectárea) y biomasa (toneladas por hectárea) para los principales tipos de bosque en todos los biomas (Cuadro 9.8). Para obtener las estimaciones totales de cada bioma, en

aquellas regiones en las que aún no se disponía de datos de campo, se utilizaron las existencias promedio de la tipología deseada, obtenidas a partir de las superficies medidas en el mismo tipo de bosque y en el mismo bioma, respecto de las cuales ya existían datos (FAO, 2020b). De este modo, fue posible elaborar estimaciones de volumen y biomasa para la superficie forestal también

en zonas que aún no estaban cubiertas por la recolección de datos sobre el terreno, incluyendo el número de UM (*n*) utilizado en cada estimación (Cuadro 9.9). Si bien fue posible realizar estas estimaciones, hay que tener en cuenta que el IFN está todavía en curso y que los resultados globales por bioma se corregirán en cuanto se complete la recolección de datos en todo el país.

CUADRO 9.7

Superficie forestal calculada en el contexto del Inventario Forestal Nacional en cada bioma brasileño, 2018

Bioma/tipo específico	Superficie (ha)	% bioma	% del total de bosques
Amazonia	320 510 860	76,4	64,2
Caatinga	36 268 803	42,9	7,3
Cerrado	76 170 531	37,4	15,3
Mata Atlántica	19 260 873	17,3	3,9
Pampa	2 651 967	15	0,5
Pantanal	5 542 334	31,4	1,1
Vegetación secundaria	28 142 657	-	5,6
Bosques plantados	10 503 326	-	2,1
TOTAL	499 051 351	-	100,0

9.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

El IFN de Brasil está coordinado por el SFB, a través de la Coordinación General de Inventario e Información Forestal; realiza las actividades de planificación, contratación de servicios, capacitación, control de calidad, gestión de la identificación botánica, procesamiento y análisis de datos, y producción y difusión de resultados por estado. En el estado de Santa Catarina, el IFN es apoyado por el gobierno estatal y coordinado por la Universidad de Blumenau (FURB) (Vibrans *et al.*, 2010) utilizando la misma metodología nacional. El primer ciclo se completó y la medición del segundo ciclo ya comenzó.

La implementación se realiza por estados y la contratación de servicios se lleva a cabo mediante licitaciones para la recolección de datos en zonas generalmente más pequeñas que el estado,

denominadas lotes, cuyo tamaño varía en función de la disponibilidad de recursos financieros. La principal referencia para la ejecución de la recolección de datos es el manual de campo del IFN (SFB, 2019c), que contiene información detallada sobre la metodología del IFN y el protocolo de recolección de datos. Tras la contratación de las empresas, el SFB realiza un curso de capacitación para los equipos de campo, que dura aproximadamente ocho días y es dirigido por un equipo de instructores experimentados. Ya se han capacitado unas 500 personas. Haber participado en la capacitación es una condición necesaria para trabajar en los equipos de campo del IFN, que está compuesto por cinco personas. Tras la contratación, la empresa presenta una planificación detallada de la logística y el tiempo que tomará recolectar datos en la parcela.

El control de calidad lo lleva a cabo un equipo del SFB y consiste en actividades en terreno y de oficina. En terreno, se realiza una visita a los equipos de campo al comienzo del trabajo y, siempre que sea posible, se acude una segunda vez durante el período contratado. Además del contacto con los equipos de campo, cuando se verifican las condiciones de trabajo, el rendimiento y el cumplimiento del manual de campo, se recolectan datos en las UM que ya fueron medidos para compararlos con los datos recolectados por el equipo de la empresa y realizar una evaluación basada en indicadores y verificadores. El número de UM evaluadas alcanza aproximadamente el 3% del total.

Las muestras botánicas recolectadas por los equipos también se someten a un control de calidad apenas se llega al herbario, donde se evalúa la calidad de cada muestra, sus condiciones de secado, preparación y conservación. Los criterios de evaluación conforman un formulario específico para ello y se generan periódicamente estadísticas por equipo.

La empresa introduce los datos de campo en la base de datos del IFN directamente. En la oficina, el equipo del SFB también controla los datos mediante un análisis de coherencia, comparando los datos introducidos en el sistema y los formularios de campo digitalizados, con el fin de reducir las brechas e inconsistencias.

CUADRO 9.8

Existencias promedio de volumen y biomasa para algunos tipos de bosques de los biomas brasileños

Tipo de bosque	Bioma	N.º unidades de muestreo	Volumen (m³/ha)	Biomasa (t/ha)
Bosque ombrófilo denso (FOD)	Amazonía	707	355,92 (±4,24)	267,56 (±6,45)
Bosque ombrófilo abierto (FOA)	Amazonía	440	342,92 (±6,53)	230,06 (±6,53)
Bosque estacional decíduo	Amazonía	191	49,4 (±11,31)	72,14 (±11,31)
Bosque semidecíduo	Amazonía	66	315,94 (±11,07)	193,25 (±11,07)
Campinarana boscosa	Amazonía	32	265,15 (±16,82)	168,48 (±16,82)
Sabana estepa arbustiva	Caatinga	680	16,66 (±9,11)	9,01 (±9,11)
Sabana boscosa	Cerrado	1 783	53,37 (±3,54)	33,31 (±3,54)
Bosque ombrófilo denso (FOD)	Mata Atlántica	185	68,23 (±9,84)	68,5 (±9,84)
Bosque ombrófilo mixto (FOM)	Mata Atlántica	190	211,15 (±8,28)	11,86 (±13,41)
Bosque estacional semidecíduo	Mata Atlántica	192	32,96 (±13,41)	59,91 (±13,41)
Bosque estacional decidual	Mata Atlántica	36	45,56 (±50,14)	35,02 (±50,14)
Bosque estacional semidecíduo	Pampa	30	84,09 (±33,73)	46,07 (±33,73)
Estepa boscosa	Pampa	117	105,73 (±17,99)	57,70 (±17,99)

Nota: ± error relativo entre paréntesis

9.8 OTROS ATRIBUTOS Y VARIABLES RELEVANTES

Los datos recolectados sobre el terreno en el IFN de Brasil comprenden un conjunto de aproximadamente 180 variables que pueden clasificarse como biofísicas, socioambientales, administrativas, geoespaciales y fotográficas. Las variables de campo recolectadas conforman la base de datos del IFN sobre diversos atributos relacionados con los bosques y, además de las ya mencionadas, cabe destacar las relacionadas con las entrevistas socioambientales, que se realizan durante la recolección de datos de campo, y la identificación botánica de las especies en los herbarios.

La recolección de muestras de material botánico de las especies que se encuentran en las UM es una pauta importante para un país megadiverso en el que los bosques naturales corresponden

CUADRO 9.9

Existencias en crecimiento en volumen, estimadas a partir de los datos del Inventario Forestal Nacional para todos los biomas brasileños

Bioma/ tipo específico	Volumen		Biomasa	
	Millones de metros cúbicos	%	Millones de toneladas	%
Amazonía	109 155,15	90,5	77 412,20	90,5
Caatinga	1 092,32	0,9	714,79	0,8
Cerrado	4 993,23	4,1	3 341,15	3,9
Mata Atlántica	1 508,29	1,3	1 274,86	1,5
Pampa	273,60	0,2	158,22	0,2
Pantanal	569,45	0,5	393,34	0,5
Bosques plantados	2 958,50	2,5	2 218,88	2,6
TOTAL	120 550,54	100,0	85 513,44	100,0

a casi 500 millones de hectáreas (SFB, 2019d) y el número de especies arbóreas puede alcanzar decenas de miles (ter Steege *et al.*, 2013). La identificación por nombres comunes es muy difícil y no es adecuada para producir información fiable sobre la diversidad de especies o para desarrollar aplicaciones relacionadas con la biodiversidad. Por lo tanto, los equipos de campo recogen muestras botánicas, las preparan y las envían a uno de los herbarios asociados al IFN. Alrededor de 20 herbarios participan en el IFN, recibiendo las muestras, evaluando su calidad y realizando su identificación científica. Los resultados de la identificación se envían al SFB y pasan a formar parte de la base de datos por árbol, lo que permite generar listas de especies, obteniendo un importante resultado. Ya se han recolectado muestras botánicas de aproximadamente 120 000 árboles, lo que ha permitido identificar 3 371 especies de árboles. Las muestras botánicas fértiles están incluidas en las colecciones del herbario y también están digitalizadas y disponibles por ReFlora, el herbario electrónico del Jardín Botánico de Río de Janeiro, que también es una institución asociada al IFN (Canteiro *et al.*, 2019). El SFB presta apoyo a los herbarios, incluyendo la contratación de taxónomos y el apoyo para que los especialistas en familias botánicas puedan también visitar los herbarios y colaborar en la identificación de especies. Esta ha sido una valiosa colaboración del IFN para el conocimiento de la flora de Brasil y, debido a la distribución sistemática de las unidades de muestreo en todo el territorio, ha aumentado el número de apariciones de nuevas especies en todas las regiones.

En el contexto del IFN, se diseñó un componente socioambiental para obtener información sobre la importancia de los bosques para las personas. Los equipos de campo están capacitados para realizar cuatro entrevistas en los alrededores de cada conglomerado en hogares seleccionados al azar en un radio de 2 km del punto de muestreo. El cuestionario está diseñado para obtener información sobre el uso de productos madereros y no madereros y servicios medioambientales, las especies más utilizadas, la percepción individual de la importancia de los bosques y la demanda de plantaciones forestales. Ya se ha entrevistado a unas 28 000 personas, entre ellas hombres y mujeres de distintas edades, para recabar información sobre la importancia de los bosques para las personas. A pesar de las instrucciones específicas a los equipos de campo de buscar un equilibrio de género, los resultados muestran que el 37,13% de

las personas fueron mujeres y el 62,87% hombres (de un total de 27 086). Este resultado puede tener varias explicaciones, desde la no disponibilidad de las mujeres en el hogar en el momento de la entrevista hasta razones culturales locales para no ser entrevistadas. Aun así, se considera un buen resultado, que permitirá comprender mejor las diferencias de percepción sobre la importancia de los recursos forestales entre hombres y mujeres. Se trata de un conjunto de datos único que puede indicar las prioridades de la investigación forestal y las políticas más vinculadas a las demandas locales y a la apreciación de los bosques.

Se están desarrollando también otras actividades en el marco del IFN, entre las que destaca el componente de análisis de unidades de muestreo del paisaje, desarrollado por Embrapa Florestas. Los procedimientos de clasificación e interpretación de imágenes satelitales sobre UM de 10 km por 10 km distribuidas aleatoriamente sobre la malla del IFN dan como resultado información e indicadores sobre la fragmentación y los bosques en zonas ribereñas (Rosot *et al.*, 2018), entre otros. Se procesaron unas 400 UM para las regiones del sur del país y el bioma de la Mata Atlántica. Se realizó un estudio piloto para mejorar la información sobre los bosques plantados en el estado de Paraná. Los bosques plantados ocupan poco más del 1% del territorio nacional y la información obtenida por la malla estándar es insuficiente para una buena representación, especialmente en el caso de las pequeñas áreas de bosques plantados. El estudio propone la combinación de imágenes satelitales para orientar la recolección de datos en los bosques plantados de forma integrada con la encuesta estándar ya realizada. Además de esto, el SFB ha apoyado a grupos de investigación en el desarrollo de nuevas ecuaciones alométricas en los diferentes biomas.



© STB / André Dib

9.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

El principal reto del IFN sigue siendo completar la recolección de datos para el ciclo actual en todo el país. Hasta ahora, las acciones han consolidado el desarrollo de capacidades, los avances en la institucionalización del IFN y la formación de un equipo calificado para gestionarlo. Sin embargo, es esencial garantizar una financiación pública regular y suficiente para que el IFN sea un programa continuo.

La recolección de datos en el Amazonas también es un reto, tanto por las dificultades de acceso como por las características del bosque en cuanto a cantidad de árboles, altura de los árboles y cantidad de especies. La experiencia adquirida demuestra, sin embargo, que es posible una adaptación a las condiciones de trabajo de la región y que la planificación siempre se puede mejorar. Otras perspectivas de futuro son las siguientes:

- Desarrollo de aplicaciones de los datos del IFN integradas con los programas y políticas existentes, como estrategia para fortalecerlo como un programa de Estado que debe ser permanente y continuo. Esta perspectiva ya ha avanzado en algunos temas, como el cambio climático y la gestión sostenible de los bosques, que requieren una integración aún mayor. Existe la perspectiva de ampliar las aplicaciones a temas como la restauración de los bosques y el pago por servicios ambientales y las aplicaciones subnacionales.
- Ampliación del acceso a los datos por parte de las instituciones de investigación y educación, estimulando la producción de información y conocimiento más allá de los resultados básicos que ya ofrece el IFN.
- Ajuste de la metodología para el segundo ciclo, insertando nuevas tecnologías de campo y de teledetección, para optimizar los esfuerzos humanos, financieros y de tiempo. Se deben considerar las opciones de preestratificación y mayor integración con los temas y las políticas públicas que han surgido recientemente, con el objetivo de obtener resultados para los diferentes grupos de interés de la sociedad y a múltiples escalas.

REFERENCIAS

- Bauch, S., Sills, E., Rodríguez Estraviz, L.C., McGinley, K. y Cubbage, F.** 2009. Forest policy reform in Brazil. *Journal of Forestry*, 107(3): 132-138. (disponible en: <https://academic.oup.com/jof/article-pdf/107/3/132/22609345/jof0132.pdf>).
- Canteiro, C., Barcelos, L., Filardi, F., Forzza, R., Green, L., Lanna, J., Leitman, P. et al.** 2019. Enhancement of conservation knowledge through increased access to botanical information. *Conservation Biology*, 33(3): 523-533. (disponible en: <https://doi.org/10.1111/cobi.13291>).
- Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC).** 1995. *Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país*. Belo Horizonte (Brasil).
- Chichorro, J.F., Resende, J.L.P. y Leite, H.G.** 2003. Equações de volume de taper para quantificar multiprodutos da madeira em floresta Atlântica. *Revista Arvore*, 27(6): 799-809. (disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000600006>).
- Colpini, C., Travagin, D.P., Soares, T.S. y Silva, V.S.M.** 2009. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. *Acta Amazonica*, 39(1): 97-104. (disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000100010>).
- Correia, J., Fantini, A. y Piazza, G.** 2017. Equações volumétricas e fator de forma e de casca para florestas secundárias do litoral de Santa Catarina. *Floresta e Ambiente*, 24: e20150237. (disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.023715>).
- Cysneiros, V.C., Pelissari, A.L., Machado, S.A., Figueiredo Filho, A. y Souza, L.** 2017. Modelos genéricos e específicos para estimativa do volume comercial em uma floresta sob concessão na Amazônia. *Scientia Forestalis*, 45(114): 295-304. (disponible en: <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n114.06>).
- FAO.** 2005. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005: Hacia la ordenación forestal sostenible*. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/a0400s/a0400s.pdf).
- FAO.** 2010. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Términos y definiciones*. Documento de trabajo 144/S. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/am665s/am665s00.pdf).
- FAO.** 2020a. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – Informe principal*. Roma. (disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca9825en>).
- FAO.** 2020b. *Global Forest Resources Assessment 2020. Report – Brazil*. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/ca9976en/ca9976en.pdf).
- Figueiredo Filho, A., Machado, S.A., Miranda, R.O.V. y Retslaff, F.A.S.** 2014. *Compêndio de equações de volume e de afilamento de espécies florestais plantadas e nativas para as regiões geográficas do Brasil*. Curitiba (Brasil).
- Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística (IBGE).** 2012. *Manual técnico da vegetação brasileira, 2ª Ed.* Rio de Janeiro (Brasil). (disponible en: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>).
- IBGE.** 2018. *Desbravar, conhecer, mapear: Memórias do Projeto Radam/RadamBrasil*. Memória Institucional 24. Rio de Janeiro (Brasil). (disponible en: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101614.pdf>).
- Machado, S.A.** 1984. *Inventário Florestal Nacional das florestas plantadas nos Estados Paraná e Santa Catarina*. Brasília, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA).** 2016. *Estratégia do Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros*. Brasília. (disponible en: https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/estrategia_programa_monitoramento_ambiental_biomass.pdf).

- Moreira-Burguer, D. y Delitti, W.B.C.** 2010. Modelos preditores da fitomassa aérea da Floresta Baixa de Restinga. *Revista Brasileira de Botânica*, 33(1): 143-153. (disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100013>).
- Queiroz, W.T.** 2012. *Amostragem em Inventário Florestal*. Belém (Brasil), Universidad Federal Rural da Amazônia. (disponible en: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/417/o/amostragem_inventario_florestal_Waldeney_UFRA_2012.pdf).
- Ratuchne, L.C.** 2010. *Equações alométricas para a estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma floresta ombrófila mista* (tesis de maestría). Guarapuava (Brasil), Universidad Estadual do Centro-Oeste. (disponible en: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp130954.pdf>).
- Rezende, A.V.** 2002. *Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado Sensu Stricto submetido a diferentes distúrbios por desmatamento* (tesis). Curitiba (Brasil), Universidad Federal do Paraná.
- Rosot, M.A.D., Maran, J.C., Luz, N.B., Garrastazu, M.C., Oliveira, Y.M.M., Franciscon, L., Clerici, N., Vogt, P. y Freitas, J.V.** 2018. Riparian forest corridors: A prioritization analysis to the Landscape Sample Units of the Brazilian National Forest Inventory. *Ecological Indicators*, 93: 501-511. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.071>).
- Sampaio, E.V.S.B. y Silva, G.C.** 2005. Biomass equations for Brazilian semiarid caatinga plants. *Acta Botanica Brasilica*, 19(4): 935-943. (disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400028>).
- Santos, K., Sanquetta, C.R., Eisfield, R.L., Watzlawick, L.F. y Zillio, M.A.B.** 2006. Equações volumétricas por classe diamétrica para algumas espécies folhosas da floresta ombrófila mista do Paraná, Brasil. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 8(1): 99-112. (disponible en: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/205>).
- Scolforo, J.R., Mello, J.M. y Oliveira, A.D.** 2008. *Inventário Florestal de Minas Gerais – Cerrado*. Lavras (Brasil), Editora UFLA.
- Serviço Florestal Brasileiro (SFB).** 2016. *Inventário Florestal Nacional: principais resultados – Distrito Federal*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: <https://ifn.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/resultados-ifn/1793-relatorio-inventario-florestal-nacional-df/file>).
- SFB.** 2017. *Inventário Florestal Nacional: principais resultados – Sergipe*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/resultados-ifn/3532-relatorio-ifn-se-2017/file).
- SFB.** 2018. *Inventário Florestal Nacional: principais resultados – Santa Catarina*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/resultados-ifn/3656-relatorio-ifn-sc-2017/file).
- SFB.** 2019a. *Inventário Florestal Nacional: principais resultados – Município de Caçador – SC*. S Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4167-relatorio-tecnico-ifn-cacador-digital/file).
- SFB.** 2019b. *Inventário Florestal Nacional: principais resultados - Terra Indígena Mangueirinha*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4220-relatorio-ti-mangueirinha-versao-online/file).
- SFB.** 2019c. *Manual de Campo: procedimentos para a coleta de dados biofísicos e socioambientais*. Brasília. (disponible en: www.florestal.gov.br/publicacoes-ifn/1612-anual-de-campo-procedimentos-para-coleta-de-dados-biofísicos-e-socioambientais).
- SFB.** 2019d. *Florestas do Brasil em Resumo: 2019*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: www.florestal.gov.br/publicacoes/1737-florestas-do-brasil-em-resumo-2019).
- Shiver, B.D. y Borders, B.E.** 1995. *Sampling Techniques for Forest Resource Inventory*. Nueva York (Estados Unidos), John Wiley & Sons.
- Silva, J.A.** 1996. *Análise quali-quantitativa da extração e do manejo dos recursos florestais da Amazônia brasileira: uma abordagem geral e localizada (Floresta Estadual do Antimari – AC)* (tesis de doctorado). Curitiba (Brasil), Universidad Federal de Paraná.

Silveira, P. 2009. Ajuste de modelos matemáticos para estimar biomassa aérea em floresta ombrófila densa. *Floresta*, 39(4): 743-752. (disponible en: <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v39i4.16309>).

Superintendencia del Desarrollo de la Amazonía (SUDAM). 1974. *Levantamentos florestais realizados pela Missão FAO na Amazônia (1956-1961)*. Belém (Brasil).

ter Steege, H., Pitman, N.C.A., Sabatier, D., Baraloto, C., Salomão, R.P., Guevara, J.E., Phillips, O.L. et al. 2013. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science*, 342(6156): 1243092. (disponible en: <http://doi.org/10.1126/science.1243092>).

Thiersch, C.R., Scolforo, J.R., Oliveira, A.D., Maestri, R. y Dehon, G. 2006. Acurácia dos métodos para estimativa do volume comercial de clones de Eucalyptus sp. *CERNE*, 12(2): 167-181. (disponible en: www.redalyc.org/articulo.oa?id=74412208).

Vibrans, A.C., Sevgani, L., Lingner, D.V., Gásper, A.L. y Sabbagh, S. 2010. Inventário florístico florestal de Santa Catarina: aspectos metodológicos e operacionais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 30(64): 291-302.

Vibrans, A.C., Moser, P., Oliveira, L.Z. y Maçaneiro, J.P. 2015. Generic and specific stem volume models for three subtropical forest types in southern Brazil. *Annals of Forest Science*, 72: 865-874. (disponible en: <http://doi.org/10.1007/s13595-015-0481-x>).

Vogel, H.L.M., Schumacher, M.V. y Trüby, P. 2006. Quantificação da biomassa em uma floresta estacional decidual em Itaara, RS, Brasil. *Ciência Florestal*, 16(4): 419-425. (disponible en: <https://doi.org/10.5902/198050981923>).