

Biomassa de vegetação arbórea em floresta secundária com a presença de café (*Coffea arabica* L.), em São Carlos, SP



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 335

Biomassa de vegetação arbórea em floresta secundária com a presença de café (*Coffea arabica* L.), em São Carlos, SP

*Denise Jeton Cardoso
Maria Luiza Franceschi Nicodemo
André Eduardo Biscaia de Lacerda*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Embrapa Florestas

Presidente
Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-presidente
José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva
Neide Makiko Furukawa

Membros
Annete Bonnet
Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Guilherme Schnell e Schühli
Krisle da Silva
Marcelo Francia Arco-Verde
Marcia Toffani Simão Soares
Marilice Cordeiro Garrastazu
Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial
José Elidney Pinto Júnior

Revisão de texto
José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica
Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Neide Makiko Furukawa

Foto capa
Maria Luiza Franceschi Nicodemo

1ª edição
Versão digital (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Florestas

Biomassa de vegetação arbórea em floresta secundária com a
presença de café (*Coffea arabica* L.), em São Carlos, SP. [recurso
eletrônico] / Denise Jeton Cardoso ... [et al.]. - Colombo : Embrapa
Florestas, 2020.

19 p. : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958
; 335)

Modo de acesso: World Wide Web:
<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

1. Biomassa vegetal. 2. Estoque de carbono. 3. Recursos florestais.
4. Serviço ambiental. 5. Biodiversidade. 6. Efeito estufa. I. Cardoso,
Denise Jeton. II. Nicodemo, Maria Luiza Franceschi. III. Lacerda, André
Eduardo Biscaia de. IV. Série.

CDD (21. ed.) 631.4

Autores

Denise Jeton Cardoso

Engenheira Florestal, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Maria Luiza Franceschi Nicodemo

Zootecnista, doutora em Agricultura, pesquisadora aposentada da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

André Eduardo Biscaia de Lacerda

Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Apresentação

Este estudo fez parte das atividades de um projeto da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, no bioma Mata Atlântica, que avaliou o balanço de carbono em sistemas de produção agropecuários. Dentre as diversas coletas de dados, o projeto previu a avaliação de estoque de carbono em biomassa, na vegetação natural de Mata Atlântica, nas suas diferentes fitofisionomias, entre as quais a Floresta Estacional Semidecidual.

As florestas tropicais armazenam significativos estoques de carbono na biomassa acima e abaixo do solo, de modo que a mudança de uso da terra e da quantidade de biomassa estocada por unidade de área pode causar impacto significativo no balanço de gases de efeito estufa. A manutenção da estrutura da floresta e a produção de biomassa dependem da regeneração natural das espécies vegetais. Fragmentos florestais mantidos em meio a sistemas de produção agrícola e pecuária são mais susceptíveis à invasão biológica, que pode comprometer a estrutura, no que se refere à diversidade de espécies e à quantidade de indivíduos.

Com o objetivo de conhecer o potencial de estocagem de carbono de biomassa em fragmentos de floresta vizinhos às áreas de produção agrícola e pecuária, estabeleceu-se este estudo. Medições sucessivas nesta área poderão estabelecer um indicador de captura de carbono em floresta nativa, que poderá ser submetido à comparação com indicadores gerados em sistemas de produção, com e sem o componente arbóreo. A área objeto da pesquisa é coberta por vegetação de Floresta Estacional Semidecidual, porém localiza-se em uma área de Tensão Ecológica na região central do estado de São Paulo, portanto pode abrigar espécies das diferentes fitofisionomias mapeadas nesta região, além de que há registros de presença significativa de plantas de café (*Coffea arabica* L.) no sub-bosque, situação comum na região.

Os resultados aqui apresentados deverão compor uma base de informações, com a qual será possível o acompanhamento da dinâmica de captura de carbono em fragmentos florestais.

Boa leitura!

Marcílio José Thomazini

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Florestas

Sumário

Introdução.....	9
Material e métodos.....	9
Resultados e discussão.....	13
Conclusão.....	17
Agradecimentos.....	17
Referências	17

Introdução

Os oceanos e a biomassa terrestre absorvem boa parte do carbono oriundo das atividades humanas. O fluxo de carbono entre os ecossistemas terrestres e a atmosfera estão estreitamente relacionados às mudanças nas áreas de floresta e na biomassa das florestas, que é resultante de operações de retirada da vegetação e do crescimento após a retirada. Para estimativas de carbono nas florestas tropicais, as incertezas quanto à biomassa florestal podem contribuir tanto quanto as incertezas referentes às taxas de desmatamento. Em muitos casos, o estoque de carbono em florestas pode mudar sem a variação da área coberta por floresta. Estas alterações na biomassa são geralmente mais difíceis de detectar em imagens de satélite (em áreas fragmentadas, por exemplo) do que as mudanças no total de área coberta por florestas; nestes casos as mudanças na quantidade de carbono estocado podem ser significativas (Houghton, 2005).

Os inventários florestais nacionais podem suprir a demanda por informações sobre a dinâmica do estoque de carbono, sem retratar, no entanto, as peculiaridades de cada fitofisionomia, quanto à fragmentação e ao estágio sucessional. Um exemplo é o que ocorre na Floresta Estacional Semidecidual, que era predominante no estado de São Paulo e hoje ocupa apenas 1.127.419 ha ou 4,54% do território (Instituto Florestal, 2009). Restam, portanto, poucos fragmentos desta formação no interior do Estado, e o impacto da mudança de uso do solo precisa ser melhor estudado, assim como a mudança na biomassa ao longo do tempo. Com o objetivo de atender a demanda por informações para essa fitofisionomia, este trabalho apresenta a quantificação de biomassa acima do solo de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual com invasão por plantas de café (*Coffea arabica* L.), localizado na região central do estado de São Paulo. A biomassa de raízes também foi estimada para o cálculo do estoque de carbono do fragmento.

Material e métodos

O estudo foi desenvolvido no município de São Carlos, região centro-leste do estado de São Paulo (coordenadas 22°1'S e 47°53'W), na Reserva Legal da Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, em área de Floresta Estacional Semidecidual com aproximadamente 112 hectares (Figura 1). O clima da região é classificado como Cwa (Köppen), com seca de abril a setembro e temperatura média anual de 21,2 °C. A precipitação pluvial média anual é 1.362 mm (Embrapa Pecuária Sudeste, 2020). O déficit hídrico anual médio é 47 mm (Banco de dados climáticos do Brasil, 2019). A área apresenta topografia plana, levemente ondulada e altitude média de 850 m. A unidade de solo predominante é Latossolo Vermelho distrófico (baixa fertilidade química).

O fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em estudo encontra-se em estágio sucessional avançado (Silva; Soares, 2002), com influência de outras fitofisionomias, como Savana, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa com a denominação de “Área de Tensão Ecológica” (Projeto RadamBrasil, 1983). Estimou-se mais de 70% de cobertura de dossel, em média. Em levantamento florístico realizado por Silva e Soares (2003) foram reportadas 146 espécies lenhosas, pertencentes a 44 famílias e 96 gêneros. As famílias com maiores números de espécies foram Euphorbiaceae (9,03%), Rubiaceae (6,45%), Fabaceae - Papilionoideae (5,81%), Lauraceae (4,52%), Melastomataceae (4,52%), Meliaceae (4,52%), Myrtaceae (4,52%), Rutaceae (4,52%), Fabaceae - Mimosoideae (3,87%), Annonaceae (3,87%) e Solanaceae (3,87%), perfazendo 55,50% das espécies amostradas. A reserva é mantida sem exploração desde 1934, mas, no passado,

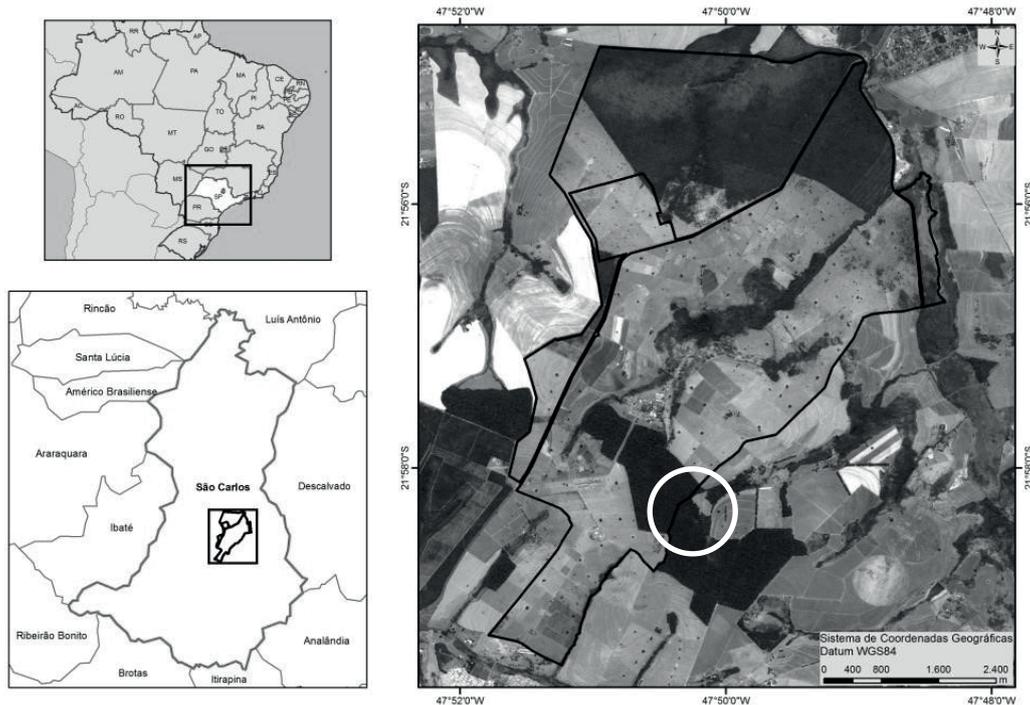


Figura 1. Localização da área de estudo, reserva de Floresta Estacional Semidecidual da Fazenda Canchim - Embrapa, São Carlos, São Paulo, Brasil. O círculo branco indica onde foram estabelecidas as parcelas.

houve o corte seletivo de madeira, principalmente espécies de jequitibá e peroba (Silva; Soares, 2003). Estes autores não registraram a presença de café. No entanto, a mata encontra-se em antiga fazenda com plantios desta espécie (Primavesi et al., 1999), e era utilizada como viveiro para a produção de mudas; provavelmente houve a disseminação por animais, a partir dos exemplares que ali permaneceram.

O método para a quantificação da biomassa foi o não destrutivo, portanto sem a necessidade da derrubada de árvores ou retirada da vegetação. Este método consiste na medição de variáveis no campo e sua aplicação em equações alométricas previamente ajustadas, existentes na literatura. Para tal, seis parcelas foram alocadas na área mais conservada da mata (Figura 1), próximo às coordenadas $21^{\circ}58'07.3''\text{S}$ e $47^{\circ}50'36.0''\text{W}$, sobre Latossolo Vermelho, em relevo plano (< 2% de declividade).

As medições ocorreram no compartimento acima do solo, que abrange árvores vivas, lianas, serapilheira (galhos com diâmetro menor que 2 cm, folhas, flores, frutos e sementes) e necromassa, quantificada em duas classes: (a) material lenhoso (árvores e galhos) caído no chão da floresta com diâmetro maior ou igual a 2 cm, e (b) árvores mortas em pé com DAP maior que 2 cm. A amostragem do sub-bosque considerou a contagem de plantas e compatibilização com resultados de levantamentos em outras áreas.

O procedimento para a amostragem foi adaptado de Pearson et al. (2005) e do Serviço Florestal Brasileiro (2017) e considerou parcelas aninhadas (Figura 2). Em cada parcela foi medido o DAP (diâmetro à altura do peito, por convenção a 1,3 m do solo) de todas as árvores, considerando as seguintes dimensões: árvores com DAP entre 5 cm e 20 cm foram medidas em parcelas de 10 m x 10 m (100 m^2); entre 20 cm e 50 cm em parcelas de 20 m x 30 m (600 m^2) e com mais de 50 cm, em parcelas de 20 m x 50 m (1.000 m^2). No caso de árvores mortas em pé, além de medir o DAP, estimou-se a altura total para calcular a biomassa. Lianas com diâmetro a 30 cm do solo (D30) maior de 1 cm foram medidas em subparcelas de 10 m x 10 m.

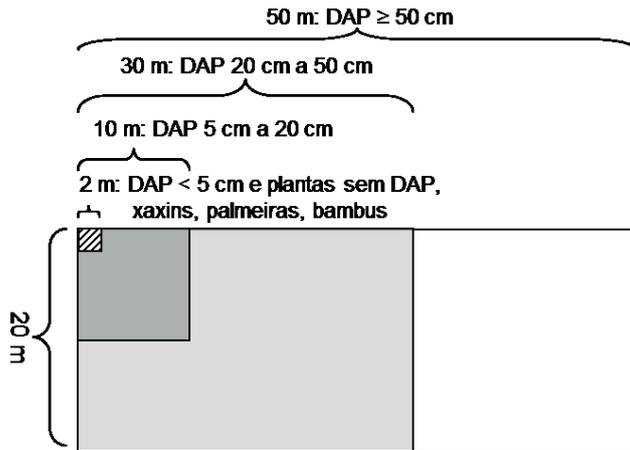


Figura 2. Parcelas aninhadas utilizadas na avaliação.

O sub-bosque foi caracterizado pela contagem de plantas, antes da coleta da serapilheira, em uma subparcela de 2 m x 2 m (4 m²) dentro de cada parcela de 20 m x 50 m. Foram avaliados os grupos: 1) plantas sem DAP ou com DAP menor que 5 cm e altura menor que 2 m; 2) árvores com DAP menor que 5 cm e altura maior ou igual a 2 m; 3) fetos arborescentes (xaxins); e 4) bambus e palmeiras de quaisquer dimensões. Não foi utilizada equação alométrica para estimativa de biomassa deste estrato; buscou-se na literatura o percentual de biomassa do sub-bosque para número de indivíduos semelhante, observado em áreas com a mesma fitofisionomia.

Dez amostras de serapilheira por parcela foram obtidas ao acaso, por meio do lançamento ao solo de uma moldura metálica medindo internamente 0,50 m x 0,50 m (0,25 m²). Todo o material da parte interna da moldura foi colocado em sacos plásticos. Em seguida, o material foi pesado e foram retiradas subamostras para a determinação do peso de matéria seca, após secagem em estufa de circulação forçada de ar, sob temperatura de 60 °C, por 72 horas. O material seco foi moído (< 1 mm) e armazenado para a análise da concentração de carbono.

Para quantificação da necromassa caída no chão da floresta foram traçados cinco transectos de 10 m por parcela, de modo aleatório (Figura 3). Foram medidos os diâmetros dos galhos e árvores que interceptaram a linha amostral, classificados segundo o grau de decomposição. A quantidade total de necromassa caída foi estimada seguindo procedimento indicado por Van Wagner (1982).

A seleção de equação alométrica para estimar biomassa de cada estrato e ou compartimento da floresta ocorreu depois de testes exaustivos de equações e avaliação dos respectivos desempenhos, considerando a amplitude de diâmetros abrangida pelo conjunto de árvores utilizado para o ajuste da equação, a proximidade entre a área em estudo e a área de coleta de árvores para o ajuste e a semelhança das con-

Foto: Matia Luiza Franceschi Nicodemo



Figura 3. Transecto demarcado para medição da necromassa caída no chão da floresta.

dições de clima e solo. Quando estes itens não puderam ser considerados, utilizou-se a equação disponível na literatura, que melhor representou o conjunto de dados. Em todas as situações, os resultados foram comparados aos existentes na literatura, para condições semelhantes, sempre buscando estimativas conservadoras. No caso de árvores mortas em pé e necromassa caída no chão da floresta foram adotadas fórmulas matemáticas que não envolveram ajuste de equação. As equações selecionadas e fórmulas adotadas constam na Tabela 1.

Tabela 1. Equações alométricas e fórmulas matemáticas utilizadas para a estimativa de biomassa.

Estrato e/ou compartimento	Equação	Amplitude de diâmetro	Local	Fonte
Árvores vivas	$\log(H_t - 1,30) = 1,366 - 7,044 \times \frac{1}{\text{DAP}}$	10,2 cm a 104,1 cm	Floresta Ombrófila Mista, SC	Vibrans et al. (2013)
	$B_s = 0,317 \times \text{DAP}^2 + 0,009 \times (\text{DAP}^2 \times H_t)$	5,4 cm a 85,9 cm	General Carneiro, PR	Ratuchne (2010)
Árvores mortas em pé	$D_s = 1,59 \times \text{DAP} \times (H \times 100) - 0,091$	Não se aplica	Não se aplica	Chambers et al. (2000) Fiorini (2012)
	$V_c = \pi \times \frac{\text{DAP}^2}{40.000} \times 1,30$			
	$V_{tc} = \left(\pi \times \frac{(H_t - 1,30)}{3} \times \left(\frac{\text{DAP}}{2} \right)^2 + \left(\frac{\text{DAP}}{2} \times \frac{D_s}{2} \right) + \left(\frac{D_s}{2} \right)^2 \right) \times 0,43$			
Lianas	$\ln(B_s) = -7,114 + 2,276 \times \ln(D_{30})$	1 mm a 14 mm	110 km ao norte de Manaus, AM	Gehring et al. (2004)
Necromassa caída no chão	$B_s = \sigma \times \left(\frac{1,234}{L} \right) \times \sum_{i=1}^n d^2$	Não se aplica	Não se aplica	Van Wagner (1982)

Onde B_s = biomassa seca (kg), H_t = altura total (m), DAP = diâmetro à altura do peito (cm), D_s = diâmetro na posição superior de um tronco de cone (cm), V_c = volume do cone (m^3), V_{tc} = volume do tronco de cone (m^3), 0,43 = densidade da madeira para árvore morta em pé (Mg m^{-3}) que, segundo Pearson et al. (2005), deve estar em boas condições para se manter em pé, D_{30} = diâmetro a 30 cm do solo (cm), d = diâmetro da tora ou galho i no ponto de interseção (cm); L = comprimento do transecto (m), n = número de galhos, árvores caídas ou toras encontrados no transecto, e σ = densidade básica em Mg m^{-3} .

Os valores da densidade de necromassa caída no chão da floresta foram considerados conforme Keller et al. (2004), por classe de decomposição (Tabela 2). As classes de decomposição foram as adotadas no Inventário Florestal Nacional (Serviço Florestal Brasileiro, 2018b).

Tabela 2. Classificação da necromassa caída no chão da floresta, conforme níveis de decomposição e diâmetro do material lenhoso.

Classe de diâmetro (cm)	Classe de decomposição	Densidade (Mg m^{-3})
Maior que 10	1. Material novo, presença de ramos e textura de madeira intacta.	0,70
	2. Material em decomposição inicial, resquícios de casca, sem ramos e madeira firme.	0,58
	3. Material em decomposição avançada, sem casca, sem ramos e madeira em estado de decomposição, esfarelado.	0,28
5 a 10	-	0,45
Menor que 5	-	0,36

A análise estatística das médias de biomassa considerou o desvio padrão e o erro padrão da média, erro amostral absoluto e relativo, conforme descrito por Scolforo e Mello (1997). Considerou-se a análise para amostragem inteiramente aleatória e valor de t para 95% de probabilidade (2,571).

A biomassa de raízes, embora não quantificada na amostragem, foi estimada com uma equação obtida de Cairns et al. (1997), gerada com base em estudos da relação raiz/parte aérea (R/A) de espécies arbóreas tropicais, temperadas e boreais:

$$B_R = \exp(-1,0850 + 0,9256 \times \ln(B_S))$$

onde:

B_R = biomassa de raízes em Mg ha⁻¹

B_S = biomassa acima do solo em Mg ha⁻¹.

O estoque de carbono foi calculado multiplicando a biomassa por 0,475, conforme recomendação de Magnussen e Reed (2004). No caso da serapilheira, o valor utilizado foi oriundo das análises das amostras coletadas pelo método de calcinação da amostra em forno mufla sob temperatura de 550 °C. O teor de matéria orgânica foi dividido pelo fator 1,8, para obter o teor de carbono total (Jiménez; García, 1992; Carmo; Silva, 2012).

Resultados e discussão

A curva de distribuição das árvores por classe de diâmetro apresentou a forma de “J” invertido, comum em florestas nativas, sendo 65% com DAP entre 5 cm e 10 cm e 3% com DAP maior que 35 cm, dentre as quais foram observadas *Piptadenia gonoacantha* (Martius) Macbride e *Trichilia catigua* A. Juss. Embora tenha sido escolhida a área mais conservada, essa curva de distribuição está caracterizando uma floresta em estágio secundário, com a maioria de árvores de porte pequeno (Figura 4). Em levantamento efetuado dez anos antes no mesmo fragmento florestal, com metodologia um pouco diferente, Silva e Soares (2002) encontraram 1.343 indivíduos ha⁻¹ com DAP maior ou igual a 5 cm, valor semelhante ao observado no presente estudo, 1.380 indivíduos ha⁻¹. Ressalta-se a presença de árvores bifurcadas e trifurcadas abaixo de 1,30 m, o que gerou a contagem de 1.710 fustes por hectare.

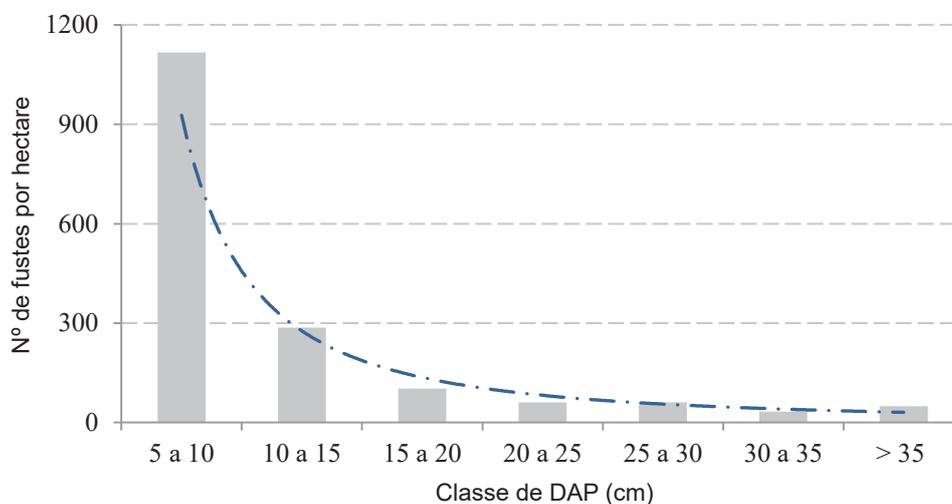


Figura 4. Distribuição de frequência por classe diamétrica de fustes, na área em estudo.

No sub-bosque, a contagem das plantas indicou a ocorrência de 4.000 pequenas árvores por hectare, com DAP inferior a 5 cm e ou altura maior ou igual a 2 m (Tabela 3), não consideradas no cálculo de biomassa com a equação alométrica. O bambu ocorreu como componente esparsos do sub-bosque. Embora fossem encontradas plantas jovens de palmeiras e de fetos arborescentes, não foram encontrados exemplares adultos nas parcelas. A amostragem foi insuficiente para abranger a variação de densidade populacional de indivíduos deste estrato; no entanto, caracteriza o potencial de regeneração natural da floresta.

Tabela 3. Quantidade de plantas do sub-bosque (média e desvio-padrão).

Indivíduos ha ⁻¹				
Plantas sem DAP ou DAP < 5 cm e altura < 2 m	Árvores com DAP < 5 cm e altura ≥ 2 m	Palmeiras	Fetos arborescentes (xaxim)	Total
189.333 ± 46.487	4.000 ± 9.798	21.333 ± 39.246	9.333 ± 10.930	223.999

A biomassa vegetal foi estimada em 227,9 Mg ha⁻¹ (Tabela 4), sendo 65% proveniente das árvores, 4,5% de lianas, 3,6% de serapilheira, 7% de necromassa (material lenhoso caído no chão da floresta e árvores mortas em pé), 4,8% de sub-bosque e 15,1% de raízes. Essa estimativa encontra-se dentro dos valores compilados por Martins et al. (2009), para a biomassa de Floresta Estacional Semidecidual, na região Sudeste, entre 110,3 Mg.ha⁻¹ e 272,1 Mg.ha⁻¹.

Tabela 4. Biomassa vegetal estimada para a área em estudo.

Compartimento	Classe de diâmetro (cm)	Valores em Mg ha ⁻¹			Percentual do total	Erro amostral (%)
		Média	Intervalo confiança			
			Mínimo	Máximo		
Árvores (DAP)	5 a 19,9	46,8	26,5	67,1	20,5	43,3
	20 a 49,9	78,3	52,4	104,3	34,4	33,1
	≥ 50	23,0	11,1	34,8	10,1	51,5
Total árvores vivas		148,1	90,0	206,2	65,0	
Serapilheira		8,3	6,9	9,7	3,6	16,5
Lianas		10,3	6,6	14,0	4,5	36,2
Necromassa caída no chão da floresta	≤ 20	5,4	3,5	7,3	2,4	35,5
	> 20	0,1	*	*	0,0	*
Necromassa de árvores mortas em pé		10,8	*	*	4,6	*
Sub-bosque**		11,0	-	-	4,8	-
Sub-total Biomassa aérea		194,0	107,0	237,2	84,9	-
Raízes (árvores, sub-bosque, lianas)**		33,9	-	-	15,1	-
Total		227,9			100,0	

* Erro amostral superior a 100%, ** não amostrado, estimado a partir de informações da literatura, conforme descrito no texto.

A biomassa de serapilheira (Figura 5) acumulada no solo foi 8,3 Mg ha⁻¹ ± 1,4 Mg ha⁻¹, o que está de acordo com resultados de outros trabalhos. Torres et al. (2013) registraram na Floresta Estacional Semidecidual, no estado de Minas Gerais, biomassa média de serapilheira equivalente a 11,57 Mg ha⁻¹ ± 4,14 Mg ha⁻¹. Em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa, no estado do Rio de Janeiro, Oliveira e Lacerda (1993) relataram biomassa na serapilheira variando de 8,6 Mg ha⁻¹ a 9,2 Mg ha⁻¹, semelhantes aos valores relatados por Cunha et al. (2009), nessa fitofisionomia do mesmo Estado, com valores entre 8,5 Mg ha⁻¹ e 8,8 Mg ha⁻¹. O percentual de carbono das amostras de serapilheira foi 48,87% ± 5,81% (média ± desvio padrão).



Foto: Maria Luiza Franceschi Nicodemo

Figura 5. Serapilheira e necromassa acumuladas no chão da floresta.

O resultado de necromassa caída no chão da floresta foi separado em duas classes de diâmetro, menor ou igual a 20 cm e maior que 20 cm, para buscar maior precisão na estimativa. O total deste compartimento, considerando as duas classes de diâmetro, foi $5,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, o que corresponde a 2,4% da biomassa vegetal total (Tabela 4).

Poucas publicações apresentam resultados de necromassa caída na floresta, para que se possa fazer comparações. No estado do Rio de Janeiro, onde a tipologia predominante é a Floresta Ombrófila Densa, mas também ocorre a Floresta Estacional Semidecidual em 27% da área, foi reportada uma média de $12,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ desse material, o que corresponde a 12% da biomassa de parte aérea das florestas no Estado (Serviço Florestal Brasileiro, 2018a). Em Floresta Estacional Decidual no estado de Santa Catarina, Cardoso et al. (2012) chegaram a $8,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ de necromassa caída, o que corresponde a 5,7% da biomassa acima do solo. No presente trabalho, a necromassa caída corresponde a 2,8% da biomassa acima do solo que, de certa forma, é esperado, considerando que a maioria das árvores é de pequeno porte e, portanto, proporcionalmente gera menor quantidade de material lenhoso caído no chão da floresta.

As árvores mortas em pé corresponderam ao estoque de biomassa de $10,4 \text{ Mg ha}^{-1} \pm 15,3 \text{ Mg ha}^{-1}$. A porcentagem de biomassa encontrada nas árvores mortas em pé equivale a 6,8% da soma da biomassa de árvores, compatível com o percentual de árvores mortas em pé, cerca de 8%. Em levantamento neste mesmo fragmento, Silva e Soares (2002) observaram 104 árvores mortas em uma área amostral de 1 ha, perfazendo 7,74% do total de indivíduos. Estes autores comentaram que a morte das árvores estava relacionada a acidentes, doenças, perturbações antrópicas ou senescência, mas que as mudanças microclimáticas que ocorrem por ocasião do isolamento de um fragmento podem ter consequências duradouras.

A biomassa de lianas foi $10,3 \text{ Mg ha}^{-1} \pm 3,7 \text{ Mg ha}^{-1}$, representando 5,3% da biomassa acima do solo. Estima-se que a biomassa de lianas apresente variações entre 1% e 13,7% da biomassa acima do solo das florestas tropicais (Sarmiento et al., 2005). Alves et al. (2012) corroboram esta observação, ao relatarem $4,25 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $6,01 \text{ Mg ha}^{-1}$ em Floresta Ombrófila Densa montana e submontana, respectivamente, correspondendo a 1,7% e 2,5% da biomassa aérea total. Carvalho et al. (2011) citam trabalhos em florestas tropicais onde o acúmulo de biomassa em lianas foi estimado entre $4,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ e 43 Mg ha^{-1} . Esses autores comentam a dificuldade de comparar as estimativas, diante de diferentes modelos para os cálculos e diferentes critérios para as medidas das lianas.

Em geral, florestas perturbadas contêm maior quantidade de lianas, se comparadas às florestas não perturbadas (Carvalho et al., 2011). A densidade de lianas com diâmetro a 30 cm do solo superior a 1 cm foi 4.300 indivíduos ha⁻¹ na área em estudo. Hora e Soares (2002) encontraram, no mesmo fragmento, 704 indivíduos ha⁻¹ de lianas com DAP maior ou igual a 2,5 cm há cerca de 12 anos; embora não possa ser comparado, pois o diâmetro mínimo é diferente, observou-se o aumento considerável da ocorrência de lianas nessa área. Rezende et al. (2007) registraram 1.427 indivíduos ha⁻¹ com DAP maior ou igual a 1 cm, na mesma fitofisionomia, no norte do estado de São Paulo. Vale ressaltar que a densidade de lianas é menor em matas com maior densidade de palmeiras, bambus e fetos arborescentes (Carvalho et al., 2011; Carvalho, 2012), aqui encontrados apenas como plantas jovens no sub-bosque. A presença de lianas aumenta em áreas fragmentadas de florestas tropicais, como resposta ao aumento da queda de árvores e à penetração lateral de luz em locais próximos às bordas (Carvalho, 2012).

A invasão por plantas de café na área avaliada foi relatada por Laurito (2010), Araújo (2014) e Alcalá (2010) que registraram a abundância de indivíduos com altura entre 0,30 m e 1,50 m. Recentemente, em outra área do fragmento, com o mesmo tipo de solo e condição de relevo, foram encontrados 78.667 ± 52.200 indivíduos lenhosos ha⁻¹ (média ± desvio padrão) com DAP < 5 cm, sendo 9,74% café. A densidade média de plantas de café com DAP > 5 cm foi 117 indivíduos ha⁻¹ ¹.

A biomassa do sub-bosque não foi quantificada neste estudo, no entanto buscou-se estimá-la a partir de resultados obtidos em áreas semelhantes. De três publicações (Torres et al., 2013; Amaro, 2010; Coutinho, 2009), o percentual de biomassa de sub-bosque em relação à biomassa total acima do solo foi, em média, 5,92% que, se aplicado ao presente estudo, resulta em 11,0 Mg ha⁻¹.

A biomassa de raízes de árvores foi estimada em 28,7 Mg ha⁻¹, o que corresponde a uma relação R/A de 0,19, considerando que a biomassa acima do solo de árvores vivas é 148,1 Mg ha⁻¹. A biomassa de raízes do sub-bosque e das lianas corresponde a 5,2 Mg.ha⁻¹, o que representa uma relação R/A de 0,24.

Ao computar a biomassa de raízes e de sub-bosque, chegou-se a um total de biomassa vegetal de 227,9 Mg ha⁻¹. A partir desse resultado foi possível estimar o estoque de carbono, multiplicando a biomassa por 0,475, conforme recomendação de Magnussen e Reed (2004). O total de carbono de biomassa estocado no fragmento de floresta avaliado é 108,3 Mg ha⁻¹, sendo 64,9% concentrado na parte aérea das árvores vivas (Tabela 5).

Tabela 5. Distribuição de carbono nos compartimentos.

Compartimento	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Carbono (Mg ha ⁻¹)
Serapilheira	8,3	4,1
Árvores vivas	148,1	70,3
Lianas	10,3	4,9
Necromassa < 20cm	5,4	2,6
Necromassa > 20 cm	0,1	0,0
Árvores mortas	10,8	5,1
Sub-bosque	11,0	5,2
Raízes (árvores + sub-bosque e lianas)	33,9	16,1
Total	227,9	108,3

¹ Marcondelli et al., 2016; dados não publicados.

Conclusão

A quantidade de biomassa vegetal estimada para o fragmento analisado encontra-se no intervalo observado para esta fitofisionomia, conforme resultados compilados por Britez et al. (2006), de 61 Mg ha⁻¹ a 178 Mg ha⁻¹, e também por Martins et al. (2009), entre 110,3 Mg ha⁻¹ e 272,1 Mg ha⁻¹. A presença de plantas de *Coffea arabica* parece não gerar impacto na produção de biomassa do sub-bosque, se considerada a imensa quantidade de indivíduos regenerantes observados nas subparcelas, totalizando 224 mil indivíduos por hectare.

A metodologia mostrou-se adequada e os resultados devem servir de base para outros levantamentos na mesma fitofisionomia, bem como para compor uma base de dados que permita conhecer melhor a dinâmica do estoque de carbono em florestas naturais. Ressalta-se a importância de apresentar, na mesma publicação, os valores de carbono para todos os compartimentos (árvores, lianas, sub-bosque, serapilheira, necromassa, raízes).

Agradecimentos

À Ariadini Delgado e aos bolsistas do projeto “Quantificação de serviços ecossistêmicos baseada em diversidade funcional de plantas em sistemas naturais e de pecuária, no bioma Mata Atlântica”, pelo auxílio na coleta de dados.

Referências

- ALCALÁ, M. **Ecologia da população de *Pachystroma longifolium* (Ness). I.M. Johnst. em área fragmentada de um remanescente de mata atlântica.** 2010. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- ALVES, L. F.; ASSIS, M. A.; VAN MELIS, J.; BARROS, A. L. S.; VIEIRA, S. A.; MARTINS, F. R.; MARTINELLI, L. A.; JOLY, C. A. Variation in liana abundance and biomass along an elevational gradient in the tropical Atlantic Forest (Brazil). **Ecological Research**, v. 27, p. 323-332, 2012.
- AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no Município de Viçosa-MG.** 2010. 168 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ARAÚJO, M. A. de **Presença de *Coffea arabica* L. (Rubiaceae) em Fragmento Florestal: Aspectos da História de Vida e sua Interação com a Comunidade Vegetal.** 2014. 134 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- BANCO DE DADOS CLIMÁTICOS DO BRASIL. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite; Piracicaba: Esalq, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/balanco/resultados/sp/451/balanco.html>>. Acesso em: 6 dez. 2019.
- BRITZ, R. M. de; BORGIO, M.; TIEPOLO, G.; FERRETTI, A.; CALMON, M.; HIGA, R. **Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na Floresta Atlântica do Sul do Brasil.** Colombo: Embrapa Florestas; Curitiba: Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental, 2006. 165 p.
- CAIRNS, M. A.; BROWN, S.; HELMER, E. H.; BAUMGARDNER, G. A. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia**, v. 111, p. 1-11, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420050201>.
- CARDOSO, D. J.; VIBRANS, A. C.; LINGNER, D. V. Inventário da necromassa florestal caída no chão nos remanescentes florestais em Santa Catarina. In: VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L. DE; LINGNER, D. V. (Ed.). **Inventário florístico florestal de Santa Catarina.** Blumenau: EDIFURB, 2012. v. 1. p. 217-227.

CARMO, D. DO L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, 2012.

CARVALHO, P. G. **Estimativas de biomassa, abundância e riqueza de lianas em um fragmento de cerrado sensu stricto em Itirapina, São Paulo**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo.

CARVALHO, P. G.; MELLIS, J. V.; ASCENÇÃO, B. M.; CESTARI, F. M.; ALVES, L. F.; GROMBONE-GUARATINI, M. T. Abundância e biomassa de lianas em um fragmento de floresta Atlântica. **Hoehnea**, v. 38, n. 2, p. 307-314, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062011000200010>.

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMMEL, J. P.; FERREIRA, L. V.; MELACK, J. M. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. **Oecologia**, v. 122, p. 380-388, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420050044>.

COUTINHO, R. P. **Estoques de carbono e emissão de N₂O no sistema solo-planta em Região da Mata Atlântica**. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

CUNHA, G. de M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas Montanas da Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1175-1185, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000500011>.

EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE. **Condições meteorológicas**: Estação da Embrapa Pecuária Sudeste. São Carlos, [2020]. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/meteorologia/index.php?pg=caracterizacao>>. Acesso em: 28 fev. 2020.

FIORINI, A. C. O. **A importância da madeira morta para estimar estoques de carbono em florestas degradadas: implicações para ações de redução de emissão por desmatamento e degradação florestal**. 2012. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GEHRING, C.; PARK, S.; DENICH, M. Liana allometric biomass equations for Amazonian primary and secondary forest. **Forest Ecology and Management**, v. 195, n. 1-2, p. 69-83, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.054>.

HORA, R. C.; SOARES, J. J. Estrutura fitossociológica da comunidade de lianas em uma floresta estacional semidecidual na Fazenda Canchim, São Carlos, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 323-329, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000300008>.

HOUGHTON, R. A. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. **Global Change Biology**, v. 11, n. 6, p. 945-958, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00955.x>.

INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário florestal do estado de São Paulo**: quantificação da vegetação natural remanescente para os municípios do estado de São Paulo: legenda IBGE – RADAM – 2009. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/sifesp/2016/12/municipio_maior_porc.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2019.

JIMÉNEZ, E. I.; GARCÍA, V. P. Relationships between organic carbon and total organic matter in municipal solid wastes and city refuse composts. **Bioresource Technology**, v. 41, n. 3, p. 265-272, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(92\)90012-M](https://doi.org/10.1016/0960-8524(92)90012-M).

KELLER, M.; PERALACE, M.; ASNER, G. P.; PEREIRA JUNIOR, R.; SILVA, J. N. M. Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 10, p. 784-795, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00770.x>.

LAURITO, S. F. **Estudo do potencial de regeneração de uma floresta estacional semidecídua, São Paulo, Brasil**. 2010. 71 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MAGNUSSEN, S.; REED, D. **Modelling for estimation and monitoring**. Rome: FAO-IUFRO, 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/8758/en/>>. Acesso em: 19 nov. 2014.

MARTINS, O. S.; VON GLEHN, H. C.; CASTELO BRANCO, M. B.; TOLEDO, R. M. de; ROCHA, M. K. da. **Estimativa da densidade de biomassa potencial com uso de SIG no estado de São Paulo**. São Paulo: SMA, 2009. (Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Departamento de Proteção da Biodiversidade. Cadernos da Mata Ciliar, 2). Disponível em: <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_2_Biomassa.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2020.

OLIVEIRA, R. R.; LACERDA, L. D. Produção e composição química da serrapilheira na floresta da Tijuca (RJ). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 16, n. 1, p. 93-99, 1993.

PEARSON, T.; WALKER, S.; BROWN, S. **Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects**. Winrock International. 2005. Disponível em: <http://www.goldstandard.org/wp-content/uploads/2013/07/Winrock-BioCarbon_Fund_Sourcebook-compressed.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2014.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. P. de A.; PEDROSO, A. de F.; CAMARGO, A. C. de; RASSINI, J. B.; ROCHA FILHO, J. da; OLIVEIRA, G. P. de; CORREA, L. de A.; ARMELIN, M. J. A.; VIERIA, S. R.; DECHEN, S. C. F. **Microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachim: um modelo real de laboratório ambiental**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999. 133 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de pesquisa, 5).

PROJETO RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais volume 32**: Folhas SF.23/24. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. 779 p.

RATUCHNE, L. C. **Equações alométricas para estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista**. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava.

REZENDE, A. A.; RANGAIL, N. T.; PEREIRA, R. A. S. Lianas de uma floresta estacional semidecidual, município de Paulo de Faria, Norte do Estado de São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, n. 3, p. 451-461, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000300010>.

SARMIENTO, G.; PINILLOS, M.; GARAY, I. Biomass variability in tropical American lowland. **Rainforest Ecotropicos**, v. 18, n. 1, p. 1-20, 2005.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA, 1997. 344 p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário florestal nacional**: Rio de Janeiro: principais resultados. Brasília, DF: MMA, 2018a. 111 p. (Série Relatórios Técnicos - IFN). Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/component/content/article/108-publicacoes/1490-relatorio-ifn-rj?Itemid=>>>. Acesso em: 28 fev. 2020.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Manual de campo**: procedimentos para coleta de dados biofísicos e socioambientais. Brasília, DF, 2017. Disponível em <<http://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/documentos/manual-de-campo-ifn/3028-manual-de-campo/file>>. Acesso em: 9 jul. 2019.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Orientações para o preenchimento dos formulários de campo**. Brasília, DF, 2018b. Disponível em <<http://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/documentos/formularios-de-campo-ifn/3288-orientacoes-para-preenchimento-fev2018/file>>. Acesso em: 9 jul. 2019.

SILVA, L. A.; SOARES, J. J. Levantamento fitossociológico em um fragmento de floresta estacional semidecidual, no município de São Carlos, SP. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 2, p. 205-216, 2002.

SILVA, L. A.; SOARES, J. J. Composição florística de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de São Carlos- SP. **Revista Árvore**, v. 97, n. 5, p. 647-656, 2003.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA NETO, S. N.; SANTOS, R. D.; CASTRO NETO, F. Quantificação de biomassa e estocagem de carbono em uma floresta estacional semidecidual, no parque tecnológico de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 647-656, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000400008>.

VAN WAGNER, C. E. **Practical aspects of the line intersect method**. Chalk River: Canadian Forestry Service, 1982. 18 p. (Information report PI-X-12).

VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L.; LINGNER, D. V. **Inventário florístico florestal de Santa Catarina**: Floresta Ombrófila Mista. Blumenau: Edifurb, 2013. v. 3. 435 p.

Embrapa

Florestas