

Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo

Francisco José Nascimento Kronka
Marco Aurélio Nalon
Ciro Koiti Matsukuma
Marina Mitsue Kanashiro
Maria Shizue Shin-Ike Ywane
Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
João Regis Guillaumon
Angélica Maria Fernandes Barradas
Mônica Pavão
Lucilla Arantes Manetti
Sérgio Camargos Borgo

Instituto Florestal / Secretaria do Meio Ambiente
Rua do Horto, 931 – 02377-000 – São Paulo – SP, Brasil
kronka@iflorest.sp.gov.br.

Abstract. This work shows the quantification and spatial characterization of natural vegetation and reforestation with exotic species (*Pinus* and *Eucalyptus*) in São Paulo State, using digital techniques and geographical information system technology. Natural vegetation was classified correlating climate, terrain and soil variables, in according with legend of universal character. In the continuous forest inventory of São Paulo State is used CBERS-2 satellites images in studies and control of mapping and dynamics of alterations.

Palavras-chave: continuous forest inventory, monitoring, remote sensing, São Paulo State, inventário florestal contínuo, monitoramento, sensoriamento remoto, Estado de São Paulo.

I – Introdução

A execução de estudos que permitiram o conhecimento e o controle da dinâmica das alterações constatadas nas áreas com remanescentes da vegetação natural e também do reflorestamento, depende da comparação de levantamentos e quantificações efetuados em diferentes períodos.

No monitoramento, portanto, é feita a comparação entre mapas elaborados a partir de imagens que permitem inferências retrospectivas na análise de séries temporais para conhecimento das razões históricas que deram origem às modificações eventualmente constatadas no presente.

Na análise entre produtos obtidos em diferentes datas deve-se atentar às mudanças causadas por fatores diferentes daqueles decorrentes das alterações do uso do solo, como, por exemplo, técnicas de mapeamento ou sistemas de classificações diferentes.

Os estudos sobre a evolução da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo tiveram início com os trabalhos elaborados por Borgonovi et al. (1962), Chiarini et al. (1967) e Serra Filho et al. (1974). Nestes trabalhos os autores utilizaram o método de amostragem sistemática por grade de pontos, sendo a fotointerpretação efetuada nos pontos definidos pela interseção das coordenadas correspondentes.

No trabalho “Inventário Florestal do Estado de São Paulo”, desenvolvido por Kronka et al. (1993) é apresentada a caracterização da vegetação natural e do reflorestamento, com a utilização de imagens orbitais e fotografias aéreas.

Referido trabalho, que não apresenta produto digital, constitui uma transição entre aqueles efetuados a partir da grade de pontos e os executados, posteriormente, cujos resultados foram originários da análise digital de imagens e fotos.

No trabalho “Áreas de Domínio do Cerrado no Estado de São Paulo”, Kronka et al. (1998) efetuaram a caracterização dos fragmentos remanescentes de cerrado sendo o produto final apresentado em bases georreferenciadas.

No atual trabalho, mediante análise digital de imagens e fotos, é apresentada a atual situação dos remanescentes da vegetação natural e a caracterização do reflorestamento com espécies exóticas de rápido crescimento (*Pinus* e *Eucalyptus*), devendo ser destacado o seguinte:

- Foi efetuada a adequação da terminologia regional utilizada para as diferentes fitofisionomias vegetacionais levantadas com aquela próxima de uma classificação universal, conforme preconizam Veloso et al. (1991) e Brazão et al. (1997).

- O resultado dos levantamentos é apresentado por Regiões Político-Administrativas e Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

- No caso do reflorestamento com espécies exóticas de rápido crescimento (*Pinus* e *Eucalyptus*), os resultados também são apresentados por áreas onde acontecem as maiores concentrações de plantios, nos chamados Pólos de Reflorestamento.

- Os levantamentos atuais foram gerados em meio digital sendo estruturada correspondente base georreferenciada para fins de novo monitoramento, que já está em execução, tanto para a vegetação nativa remanescente, como para o reflorestamento.

- No caso do reflorestamento, além dos dados complementares à análise digital das imagens e que integram o banco de dados relacional (espécie, sistema de manejo, rotação, desbaste, idade e detentor), foram levantados parâmetros necessário à avaliação volumétrica, necessários à indicação da disponibilidade desta matéria-prima.

- Embora existam aerolevantamentos efetuados no período 2000-2004 abrangendo cerca de 70% da superfície do Estado de São Paulo, com produtos digitais e em escala 1:20.000 e 1:30.000, a execução de novos vôos com a mesma abrangência e escala tem custo elevado, o que torna necessário o uso de outros produtos para o monitoramento futuro da vegetação natural e do reflorestamento.

- O satélite CBERS-2 (China-Brazil Earth Resources Satellite) reúne os requisitos de resolução espacial e espectral necessários para o monitoramento, além de estar disponível via Internet. Permite a aquisição de várias imagens ao longo do ano possibilitando uma avaliação mais rápida das dinâmicas de mudanças do ambiente.

- Utilizando-se imagens do satélite CBERS-2 já está sendo executado o monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento, cujos resultados apresentados no presente trabalho referem-se ao período 2000-2001, abrangendo as seguintes etapas:

1. Vegetação Natural

- Regiões da Mata Atlântica Litorânea que tem base georreferenciada estruturada a partir de ortofotos decorrentes de vôo específico efetuado em 2000-2001, escala 1:30.000.

- Demais regiões de São Paulo, com base digital estruturadas a partir de imagens orbitais e fotos, também referente ao período 2000-2001.

2. Reflorestamento

Abrangendo todo o Estado de São Paulo, a partir de base digital referente ao período 2000-2001.

II – Material e Método

1. Vegetação Natural

A adequação da terminologia da legenda regional, até então usada na classificação da vegetação natural (mata, capoeira, cerrado, cerradão, campo cerrado, vegetação de várzea, mangue e restinga), com aquela próxima de uma classificação mais universal, conforme Veloso et al. (1991) e Brazão et al. (1997), foi executada de acordo com as seguintes atividades:

- Caracterização da atual situação dos remanescentes da vegetação natural.
- Elaboração de base digital contendo as unidades fisionômico-ecológicas da vegetação potencial.
- Associação dos levantamentos atualizados da cobertura vegetal natural e das unidades fisionômico-ecológicas através de suas respectivas bases georreferenciadas.

Os materiais utilizados e procedimentos metodológicos adotados são a seguir apresentados, de acordo com cada uma das etapas previstas.

A fotointerpretação, mapeamento e quantificação das diferentes fitofisionomias vegetacionais remanescentes basearam-se na utilização de imagens orbitais recentes dos satélites LANDSAT 5 e 7 (período 2000-2001) e fotografias aéreas coloridas digitais, decorrentes do voo efetuado em 2000-2001 (escala 1:30.000) da região da Mata Atlântica Litorânea de São Paulo.

A partir dos levantamentos efetuados pelo Projeto RADAMBRASIL (1983) e parcialmente divulgados, procedeu-se a digitalização das folhas topográficas que contém a delimitação das unidades fisionômico-ecológicas da cobertura vegetal natural pretérita.

A associação do levantamento atualizado da vegetação natural remanescente e das unidades fisionômico-ecológicas foi feita através de suas bases georreferenciadas.

2. Reflorestamento

Em uma primeira etapa, a análise digital de imagens permitiu a identificação do reflorestamento de acordo com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Posteriormente, mediante levantamento de campo, foram obtidas informações complementares para estruturação dos respectivos bancos relacionais (espécie, condição de manejo, rotação, idade, desbaste, resinagem e proprietário).

III – Resultados e Discussão

1. Vegetação Natural

O produto final dos trabalhos constitui a representação da vegetação natural remanescente de acordo com a legenda de abrangência mais universal. Os mapas elaborados têm base digital georreferenciada, possibilitando leituras e quantificações sob diferentes níveis e abrangência: unidades de gerenciamento de recursos hídricos, regiões político-administrativas e municípios.

Na **Tabela 1** são apresentados os resultados da quantificação em hectares da vegetação natural remanescente para diferentes unidades de gerenciamento de recursos hídricos.

Em decorrência dos resultados apresentados na **Tabela 1** cabem os comentários seguintes:

- A área total com vegetação remanescente é de 3.457.301 hectares, sendo superior àquela detectada no levantamento anterior (período de 1990-91), que foi de 3.330.744 hectares.

Bacia Hidrográfica	Flor. Omb. Densa	Flor. Omb. Mista	Flor. Estacional Semidecidual	Savana	Mangue	Contato Flor. Omb. Densa/Flor. Omb. Mista	Contato Flor. Estacional Semidecidual/Flor. Omb. Mista	Contato Savana/Flor. Omb. Densa	Contato Savana/Flor. Omb. Mista	Contato Savana/Flor. Ombrofila	Contato Savana/Flor. Estacional Semidecidual	TOTAL
Aguapeí	-	-	63.981	2.572	-	-	-	-	-	-	1.990	68.543
Alto Paranapanema	64.355	61.580	80.722	6.708	-	45.580	-	-	35.183	10.015	33.860	338.002
Alto Tietê	134.138	-	-	122	-	-	-	-	-	-	-	134.260
Baixada Santista	197.505	-	-	-	9.787	-	-	-	-	-	-	207.293
Baixo Pardo Grande	-	-	16.546	9.266	-	-	-	-	-	-	18.057	43.870
Baixo Tietê	-	-	28.483	10.085	-	-	-	-	-	-	15.472	54.040
Litoral Norte	158.975	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-	159.080
Mantiqueira	6.448	7.866	-	-	-	8.286	227	-	-	-	-	22.827
Médio Paranapanema	-	-	54.300	31.456	-	-	-	-	-	-	21.570	107.326
Mogi-Guaçu	5.533	-	48.500	19.360	-	-	-	-	-	-	22.387	95.780
Paraíba do Sul	247.327	22.629	17.343	1.444	-	3.773	-	11.427	-	-	2.406	306.350
Pardo	142	-	42.546	12.460	-	-	-	-	-	-	17.002	72.149
Peixe	-	-	49.317	2.668	-	-	-	-	-	-	14.181	66.166
Piracicaba/Capivari/Jundiá	61.880	-	28.958	902	-	-	-	900	-	4.067	8.696	105.403
Pontal do Paranapanema	-	-	67.642	5.692	-	-	-	-	-	-	6.370	79.704
Ribeira de Iguape/Litoral Sul	1.115.075	14.039	-	-	10.830	23.570	-	-	-	-	-	1.163.515
São José dos Dourados	-	-	8.689	7.885	-	-	-	-	-	-	5.735	22.310
Sapucai Mirim Grande	-	-	15.731	14.762	-	-	-	-	-	-	30.121	60.615
Tietê/Batalha	-	-	39.639	11.707	-	-	-	-	-	-	24.581	75.927
Tietê/Jacaré	-	-	27.809	25.149	-	-	-	-	-	-	24.106	77.064
Médio Tietê/Sorocaba	78.308	-	17.171	3.742	-	-	-	-	-	23.701	10.116	133.039
Turvo/Grande	-	-	28.862	18.153	-	-	-	-	-	-	17.025	64.039
TOTAL	2.069.687	106.114	636.239	184.135	20.722	81.210	227	12.327	35.183	37.783	273.675	3.457.301
% (*)	59,86	3,07	18,40	5,33	0,60	2,35	0,01	0,36	1,02	1,09	7,92	
% (**)	8,35	0,43	2,57	0,74	0,08	0,33	0,00	0,05	0,14	0,15	1,10	13,94

(*) Em relação ao total da cobertura vegetal.

(**) Em relação à superfície total do Estado de São Paulo.

Tabela 1: Quantificação da vegetação natural remanescente para as diferentes Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (legenda IBGE-RADAM).

▪ A análise temporal dos levantamentos da vegetação natural em diferentes períodos é apresentada na **Tabela 2**, verificando-se ter havido uma estabilização da tendência histórica que apresentava índices expressivos referentes ao desmatamento no Estado de São Paulo.

Período	Área remanescente(hectares)	% (*)
1962-1963	7.257.300	29,26
1971-1973	4.393.880	17,72
1990-1992	3.330.740	13,43
2000-2001	3.457.301	13,94

(*) Em relação à área total do Estado.

Tabela 2: Quantificação da vegetação natural remanescente do Estado de São Paulo em diferentes períodos.

▪ A maior área de vegetação natural remanescente concentra-se na Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape, com 1.163.515 hectares, representando 34% do total de São Paulo.

▪ A Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, com 338.002 hectares, representa 10% do total do Estado, vindo a seguir a Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul com 306.386 hectares (9%) e a Bacia Hidrográfica da Baixada Santista com 207.297 hectares (6%).

▪ As demais Bacias Hidrográficas apresentam índices pouco expressivos, com vegetação natural remanescente em torno de 1 a 2%.

▪ Especial enfoque deve ser dado ao bioma savana (cerrado) que teve drástica redução de suas áreas no período de 1962 a 2000-2001, da ordem de 1.576.902 hectares, correspondendo 83%, conforme se verifica na **Figura 1**.

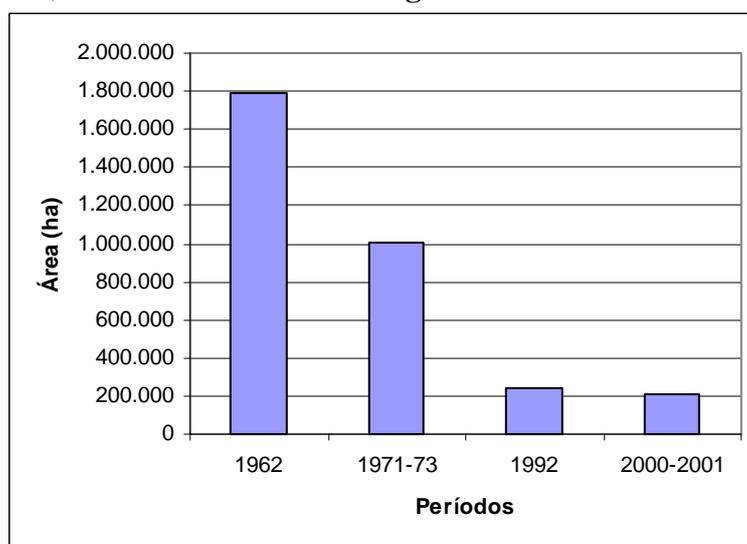


Figura 1: Comparação das áreas totais de cerrado nos períodos 1962, 1971-73, 1992 e 2000-2001.

Além da drástica redução, observa-se que as áreas remanescentes encontram-se extremamente fragmentadas, conforme mostra a **Tabela 3**.

Número de Fragmentos por Classe de Superfície							Nº. Total de Fragmentos
Até 10 ha	10-20 ha	20-30 ha	30-50 ha	50-100 ha	100-400 ha	>400 ha	
4.372	1.587	713	646	586	402	47	8.353

Tabela 3: Distribuição dos fragmentos de cerrado por classe de superfície.

2. Reflorestamento

Na **Tabela 4** é apresentada a situação atual do reflorestamento, com a indicação das principais concentrações e respectivos gêneros (*Pinus* e *Eucalyptus*).

Região Administrativa	Gênero (área em ha)			
	<i>Eucalyptus</i>	<i>Pinus</i>	Total	Distribuição
Araçatuba	892	115	1.007	0,1%
Bauru	47.087	20.150	67.237	8,7%
Campinas	100.906	9.099	110.005	14,3%
Litoral	4.122	4.378	8.500	1,1%
Marília	5.186	3.700	8.886	1,2%
Presidente Prudente	2.131	7.436	9.567	1,2%
Ribeirão Preto	91.501	5.554	97.055	12,6%
São José do Rio Preto	2.315	46	2.361	0,3%
São Paulo	57.307	6.590	63.897	8,3%
Sorocaba	233.406	92.664	326.070	42,3%
Vale Do Paraíba	66.663	8.762	75.425	9,8%
TOTAL	611.516	158.494	770.010	

Tabela 4: Dados Comparativos entre as Áreas Reflorestadas (*Eucalyptus*, *Pinus* e Outros) nos Períodos de 1961-62, 1971-73, 1991-92 e 1999-2000 nas Regiões Administrativas do Estado de São Paulo.

Na **Tabela 5** é apresentada a evolução das áreas com reflorestamento, verificando-se ter havido redução na comparação com períodos anteriores.

Região Administrativa	Período (Área em ha)					
	1961-62 (1)	1971-73 (2)	1991-92 (3)	Evolução (%)	1999-2000	Evolução (%) 1991-92/1999-2000
Araçatuba	-	4.930	1.445	-70,7	1.007	-30,3
Bauru	-	51.380	74.128	44,3	67.237	-9,3
Campinas	-	139.370	104.808	-24,8	110.005	5,0
Litoral	-	12.770	11.653	-8,8	8.500	-27,1
Marília	-	18.670	8.209	-56,0	8.886	8,2
Presidente Prudente	-	8.740	10.173	16,4	9.567	-6,0
Ribeirão Preto	-	58.840	95.303	61,9	97.055	1,8
São José do Rio Preto	-	15.830	2.729	-82,8	2.361	-13,5
São Paulo	-	58.370	62.265	6,7	63.897	2,6
Sorocaba	-	234.920	360.117	53,3	326.070	-9,5
Vale do Paraíba	-	37.600	81.692	117,3	75.425	-7,7
TOTAL	372.900	641.420	812.523	26,7	770.010	-5,2

(1) Borgonovi & Chiarini (1965) e Borgonovi et al. (1967)

(2) Zoneamento Econômico Florestal do Estado de São Paulo (1975)

(3) Inventário Florestal do Estado de São Paulo – Instituto Florestal (1993)

Tabela 5: Dados Comparativos entre as Áreas Reflorestadas (*Eucalyptus*, *Pinus* e Outros) nos Períodos de 1961-62, 1971-73, 1991-92 e 1999-2000 nas Regiões Administrativas do Estado de São Paulo.

3. Monitoramento utilizando-se imagens recentes do satélite CBERS-2

Vegetação Natural

O levantamento teve início na Região da Mata Atlântica Litorânea, abrangendo uma superfície de 22.000 km², envolvendo 75 municípios.

As atividades desenvolvidas foram as seguintes:

- Digitalização e atualização das folhas cartográficas (escala 1:50.000) em número de 58.
- Fointerpretação das ortofotos digitais correspondentes e obtidas da partir de vôo 2000-2001.
- Lançamento dos temas fointerpretados nas bases cartográficas e respectivas quantificações.

▪ Avaliação das áreas com vegetação natural, constatadas em 2000-2001, comparadas com a situação apresentada pelas imagens recentes do satélite CBERS-2.

Na **Figura 2** é apresentado exemplo dos procedimentos metodológicos adotados, na comparação da mesma região situada no município de Bertioga-SP, nos períodos 2000-2001 e 2004.

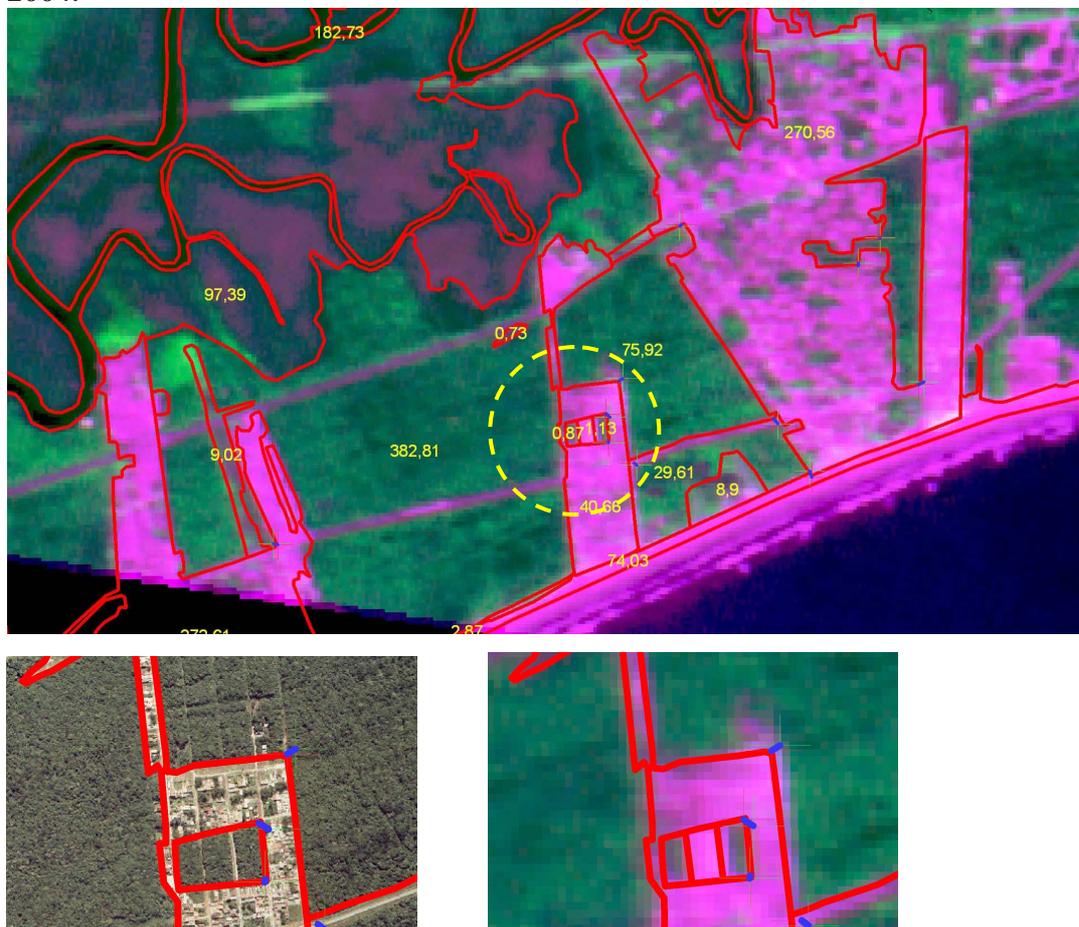


Figura 2: Região de Bertioga-SP – Imagens CBERS-2, Sensor CCD RGB324, com resolução espacial de 20 metros, cena 153-026 de 30/1/2004 (detecta-se uma redução de área em um dos polígonos de 1,06 ha).

Reflorestamento

O levantamento atualizado já teve início com a quantificação das áreas pertencentes às empresas do setor celulósico-papeleiro e painéis tendo sido desenvolvidas as seguintes atividades:

- Levantamentos das áreas totais respectivas.
- Obtenção dos dados referentes às espécies, áreas, ano de plantio, grau de melhoria da semente utilizada e incremento volumétrico atual.

IV – Resumo e Conclusões

São apresentados os procedimentos metodológicos e discutidos os resultados obtidos decorrentes da análise digital de fotos e imagens referentes à vegetação natural e reflorestamento.

A base georreferenciada estruturada está sendo utilizada para nova avaliação tendo como ferramenta imagens atualizadas do satélite CBERS-2.

V – Literatura Consultada

- Borgonovi, M. & Chiarini, J.V. 1965. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo I – Levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas com cerrado, cerradão e campo, em 1962. **Bragantia**, São Paulo. 14:159-179.
- . 1967. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo. II - Levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas com floresta natural e reflorestamento. **Bragantia**, São Paulo, 26(6): 93-102.
- Campos, G. 1926. **Mappa Florestal do Brasil**. Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio”. Typ. do Serviço de Informação. Rio de Janeiro.
- Carneiro, C.M.R. 1981. **Importância das técnicas de sensoriamento remoto par a ciência florestal**. Brasília: Ministério da Agricultura – IBDF. Série Técnica nº 1.
- Chiarini, J.V. & Donzeli, P.L. 1973. **Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo**. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas. v.3.
- Chiarini, J.V. & Souza Coelho, A.G. 1969. **Cobertura vegetal natural e áreas reflorestadas do Estado de São Paulo**. Anuário Bras. Cienc.. V.41, p.139-152.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Recursos Naturais e estudos ambientais. **Manual técnico da vegetação Brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências, nº 1. IBGE, Rio de Janeiro, 1991, 92p.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Depto de recursos Naturais e estudos ambientais. **Recursos Naturais e Meio Ambiente: Uma visão do Brasil**. IBGE, Rio de Janeiro, 1992, 154p.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Depto de recursos Naturais e estudos ambientais. **Recursos Naturais e Meio Ambiente: Uma visão do Brasil**. IBGE, 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997, 208p.
- Guillaumon, J. R. & Kronka, F. J. N. 1996. Proposta de diretrizes políticas para a auto-sustentabilidade das florestas paulistas - uma contribuição à Agenda 21. In: Congresso Internacional de Compensado e Madeira Tropical, II, Belém, PA, set. 20-23, 1994. **Anais...** Rio de Janeiro, SENAI/DN. p. 261-280.
- Kronka, F.J.N, et al. 2002. **Inventário florestal das áreas reflorestadas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal.183 p.
- Kronka, F.J.N, et al. 1998. **Áreas de Domínio do Cerrado no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal. 84p.
- Kronka, F.J.N, et al. 1993. **Inventário florestal do Estado de São Paulo**. Instituto Florestal. São Paulo. 199p.
- Levantamentos aerofotogramétricos pancromáticos (mapa). 1988. **Vôo Citrus - Escala 1:40.000, Região de Ribeirão Preto**.
- MME/SG/Projeto RADAMBRASIL. Folhas SF23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, 1983, 780p. **6 mapas** (Levantamento de recursos naturais; v32).
- São Paulo. Secretaria da Agricultura. Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais. Instituto Florestal. 1975. Zoneamento Econômico Florestal do Estado de São Paulo. **Bol. Técnico IF**. 17: 1-80.
- Serra Filho, R. et al. 1974. Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**. São Paulo. 11:1-56.
- TERRAFOTO S/A. Atividades de Aerolevantamento. 1986. Levantamento de uso das terras do Estado de São Paulo – **Região de Governo de Ribeirão Preto – situação de 1962**. São Paulo, Terrafoto S/A. (escala 1:200.000).
- Veloso, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R., LIMA, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE.
- Veloso, H.P. & GÓES FILHO, L. 1982. **Fitogeografia brasileira - classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical**. Salvador, Bol. Téc. Proj. RADAMBRASIL, série vegetação, n.1, p.1-80.
- Victor, M.A.M. et al. 1979. **A devastação florestal**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. 48p.