Uso do geoprocessamento no estudo da dinâmica e fitossociologia da floresta com araucária

Paulo Costa de Oliveira Filho, Mario Takao Inoue,
Attilio Antonio Disperati, Vagner Alex Pesck

Departamento de Engenharia Florestal/UNICENTRO/PR
PR 153, Km 7 / Riozinho – Irati, PR / Caixa Postal 21 – 84500.000
{paulocostafh, takao, attilio}@irati.unicentro.br ; vagneralexp@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho mostra o potencial do uso de um sistema de informações geográficas como ferramenta auxiliar em estudos de fitossociologia e dinâmica de florestas naturais. Um modelo de dados espacial foi elaborado a partir de medidas dendrométricas e da posição espacial das árvores obtidas em uma área experimental da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. A área possui 6 hectares e é formada por 24 blocos experimentais de 0,25 hectare cada um. Foi possível visualizar a distribuição espacial de diferentes espécies da área experimental, como também estabelecer relações entre as diferentes espécies e seus respectivos atributos através de consultas espaciais, por expressões lógicas ou por agrupamento. O estudo mostrou que a espacialização de uma área extensa e contínua de floresta no sistema de informações geográficas facilita a interpretação de características estruturais e fisionômicas da floresta. Por outro lado, permite análises detalhadas com mais facilidade e a interpretação de aspectos de fitossociologia e dinâmica da floresta.

Palavras-chave: geoprocessamento, silvicultura de precisão, floresta de Araucaria, espacialização de experimento florestal

Abstract

This paper aimed to show the potential use of GIS as an auxiliary tool in studies on phytosociology and dynamics of natural forests. A spatial data model was made base on measured dendrometric features and the space position of the trees carried out at an experimental area of the National Forest of Irati, Paraná State, Brazil. The area has six hectars and is formed

by Araucarian Forest in 24 experimental blocks of 0.25 hectars each. It was possible to visualize the spacial distribution of different tree species of this experimental area, as well as to stablish relationship between different species and their atributes through spacial consulting, by logic or boolean expression and by groups. The study showed that spatialization of a continuous large sampling area of this forest in a GIS facilitates interpretation of its fisionomics and structural features. Elsewhere, allows detailed analysis that turns phytosociological and dynamical interpretation easier.
Key words: GIS; precision silviculture; Araucarian Forests, spacialization of forest experiment

1. Introdução

Modernas técnicas de manejo florestal sustentado direcionam a condução do manejo para a árvore e não para o talhão florestal ou compartimento produtivo. De acordo com Nelson *et al*. (2002), um banco de dados referentes às árvores no contexto individual é manejável quando aplicado para estudo de pequenas áreas; contudo, esse banco pode se tornar estruturalmente maior e mais complexo quando expandido para estudos em grandes áreas. Desta forma, qualquer atividade que abranja uma área extensa como no manejo de florestas ou onde haja necessidade de um controle espacial rigoroso como em um experimento, pode ser gerida através de um sistema de informações geográficas.

Geotecnologias como Topografia, Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) destacam-se atualmente como ferramentas para a gestão do espaço urbano e rural. As transformações que ocorrem no contexto espacial da floresta como conseqüência da dinâmica do processo de ocupação e exaustão ambiental que caracteriza o modelo mais usual de exploração econômica do meio ambiente, são contrários aos interesses discutidos e publicados na Agenda 21, resultado da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, celebrada em 1992 (Paraná, 2001). Em seu capítulo 35, *A Ciência para o Desenvolvimento Sustentável*, é abordado o papel das ciências no apoio ao manejo prudente do meio ambiente como meio para se atingir o manejo sustentável dos recursos ambientais. Uma das ferramentas mencionadas é exatamente a tecnologia de banco de dados que auxiliem a gestão do espaço, ou seja, o sistema de informações geográficas. Em relação aos Sistemas de Informações Geográficas - SIGs, existe uma multiplicidade de usos e visões de utilização, que segundo Câmara et al. (1996) pode apresentar duas importantes características: 1º) possibilitar a integração, numa única base de dados, de informações geográficas prove-

nientes de fontes diversas (como dados de sensores remotos, de censos, de mapas, etc); 2º) oferecer mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados através de algorítimos específicos. Um outro aspecto também importante dos SIGs diz respeito à entidade geográfica a ser considerada no processo. Baseado em Casanova et al. (2005), existem dois modelos formais para elas no espaço absoluto: geo-campo e geo-objeto. Um geo-campo representa um atributo que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica. Um geo-objeto é uma entidade geográfica singular e indivisível, caracterizada por sua identidade, suas fronteiras e seus atributos. Exemplificando: uma imagem de satélite é um geo-campo, enquanto que um ponto que determina a posição de uma árvore é um geo-objeto. Quando o geo-objeto é a entidade geográfica considerada no SIG, diz-se que o banco de dados é orientado a objeto.

Em 2002 foi implantado na Floresta Nacional (FLONA) de Irati-PR um experimento multidisciplinar em 25 hectares contínuos de Floresta Ombrófila Mista (Floresta com araucária), dentro de uma área de floresta natural de aproximadamente 400 hectares não explorada nos últimos 50 anos. Baseado nos resultados de Disperati (2002), foi gerado um banco de dados contendo todas as árvores mapeadas com circunferência a altura do peito maior do que 30 cm, em parcelas de 50 x 50 m. O banco contém diversas informações sobre cada árvore visando a um inventário florestal detalhado para posterior estudos multidisciplinares.

Os estudos fitossociológicos têm sido conduzidos com base em algumas variáveis ecológicas reportadas após Braun-Blanquet na década de 30, acrescidas por variáveis quantitativas e qualitativas sugeridas por diversos estudiosos, dentre outros, a densidade relativa e o valor de importância, de Curtis e Mcintosh (1950), o método de quadrantes sugerido por Cottan e Curtis (1956), a dominância relativa e outras variáveis propostas por Mueller et al (1974), a freqüência apresentada por Chapman (1976) e o índice de diversidade após Krebs (1978) e Greig e Smith (1983). Todos os métodos usados até o momento são bidimensionais, tanto para estudos da estrutura horizontal como da estrutura vertical. O SIG surge como alternativa moderna e veloz, que pode auxiliar sobremaneira a pesquisa ecológica pois considera a posição espacial das árvores simultaneamente aos seus atributos associados.

Estabeleceu-se como hipótese de trabalho o uso multifacetado que o SIG pode propiciar como potencial ferramenta auxiliar nos estudos fitossociológicos e de dinâmica estrutural em florestas naturais. O objetivo do trabalho foi estabelecer os princípios de utilização desta ferramenta, o manuseio de dados na visualização espacial da floresta e estabelecer propostas de estudos avançados em florestas naturais com uso de técnicas de geoprocessamento.

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na Flona (FLONA) de Irati – PR, uma Unidade de Conservação do IBAMA com 3.495 hectares localizada nos municípios de Fernandes Pinheiro, Imbituva, Irati e Teixeira Soares, no estado do Paraná, entre as coordenadas E=538.217,9m a E=549.784,5m e N=7.188.444,2m a N=7.201.876,4m do sistema UTM/ Fuso 22. A altitude média do local é de 885m. O clima da região é classificado pelo sistema de Köppen como sendo do tipo Cfb, ou seja, subtropical úmido sem estação seca, sendo a temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio superior a 10°C, com mais de cinco geadas noturnas por ano. A precipitação média anual é de 1.442 mm e a temperatura média anual é de 17,2°C. O solo, classificado como podzólico vermelho-amarelo apresenta acidez média. O relevo é colinoso a plano e a vegetação predominante na área de estudos é a Floresta Ombrófila Mista, conforme o sistema de classificação do IBGE. Em 1986, os reflorestamentos e a floresta com predominânica de Araucária recobriam 37,45% e 36,42% da área total da FLONA, respectivamente. No entorno da FLONA ocorrem principalmente atividades agrícolas.

2.2 Materiais

Para a realização deste estudo foram utilizados:

a) arquivo digital, no formato EXCEL, com o conjunto de dados obtidos em campo referente às 24 parcelas da área de estudos permanente instalada na FLONA. As informações dos indivíduos arbóreos compreenderam: espécie, número de identificação e posicionamento espacial da árvore na parcela, CAP (circunferência a altura de 1,3m do chão, qualidade de fuste, estrato da floresta a que pertence a árvore, estado fitossanitário e qualidade da copa;

b) Aplicativo SPRING versão 4.2, (INPE/ DPI 2005).

2.3 Metodologia

O procedimento metodológico foi iniciado pela formação do modelo de dados no aplicativo SPRING 4.2, a partir do número de identificação e posicionamento espacial das árvores em cada parcela. Desta forma, cada árvore foi representada por uma entidade pontual neste modelo e associada a informações ou atributos específicos. Assim sendo, foi criado

um plano de informação (*layer*) para armazenar todos os pontos para representar todas as árvores amostradas nos seis hectares. Os limites vetoriais que definem as 24 parcelas com aproximadamente 3.000 árvores foram desenhados em um outro plano de informação no modelo de dados.

Na etapa seguinte, com o sistema já implementado, foram elaboradas diversas consultas utilizando-se de ferramentas como: visualização espacial de árvores e seus atributos; agrupamento de objetos por classes de atributos; consultas por expressão lógica e consultas espaciais para estudos de dinâmica e de fitossociologia. Estas consultas podem ser realizadas isoladamente ou ainda em cadeia, sendo que consultas por agrupamento ou por expressão lógica podem ser complementadas por consultas espaciais.

3. Resultados e discussão

Uma das aplicações do SIG orientado às árvores é a simples visualização de um geo-objeto pontual representativo de uma árvore, e suas respectivas informações ou atributos não-espaciais. Deste modo, tem-se a forma descritiva de variáveis como número de identificação da árvore, espécie, CAP, tipo de fuste, estado fitossanitário entre outras, que permitem a identificação e visualização espacial dessa árvore, e vice-versa, ou seja, a consulta a essas variáveis no banco de dados a partir da seleção de uma árvore.

A Figura 1 mostra o resultado de uma consulta de seleção de objetos por expressão lógica. Nessa simulação foi pedido ao sistema que selecionasse apenas as árvores do gênero *Araucaria* com CAP e" 150 cm. A seguinte expressão foi utilizada:

*CG000003->NOME='Araucaria'.ANDCG0000026->CAP*e"*150*

Nesta expressão, CG000003 é a tabela que contêm os atributos dos geo-objetos solicitados, como "NOME" e "*CAPCM*", que representam respectivamente o nome comum da espécie e a circunferência da árvore em centímetros. Este tipo de consulta permite a seleção de árvores através de expressões algébricas envolvendo seus atributos do banco de dados alfanumérico. Desta forma, pode-se selecionar um grupo de indivíduos que satisfazem a uma ou mais expressões ao mesmo tempo. Podemos, portanto, selecionar as árvores com CAP maior ou igual a 150 cm e que ao mesmo tempo também possuem fuste reto, ou pertençam à determinada parcela, e assim por diante.

O sistema permite estudar-se a distribuição espacial de cada espécie isoladamente ou em associação com uma outra de importância neste ambiente. A Figura 2a exibe a distribuição de todos os indivíduos da espé-

cie *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro) enquanto que a Figura 2b mostra a distribuição de todos os indivíduos da espécie *Ilex paraguariensis* (erva-mate).

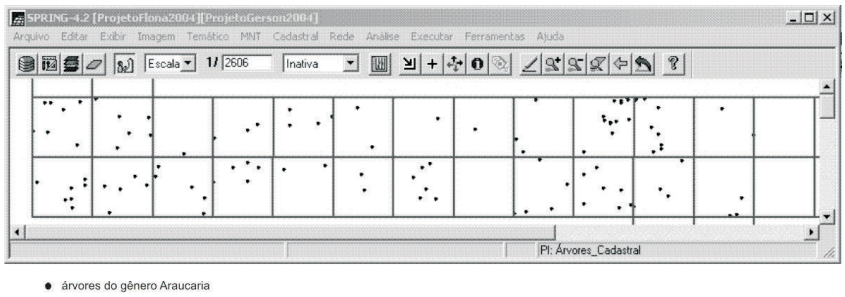

Figura 1. Simulação de uma consulta por expressão lógica para selecionar indivíduos do gênero *Araucaria* com CAP e"150 cm.

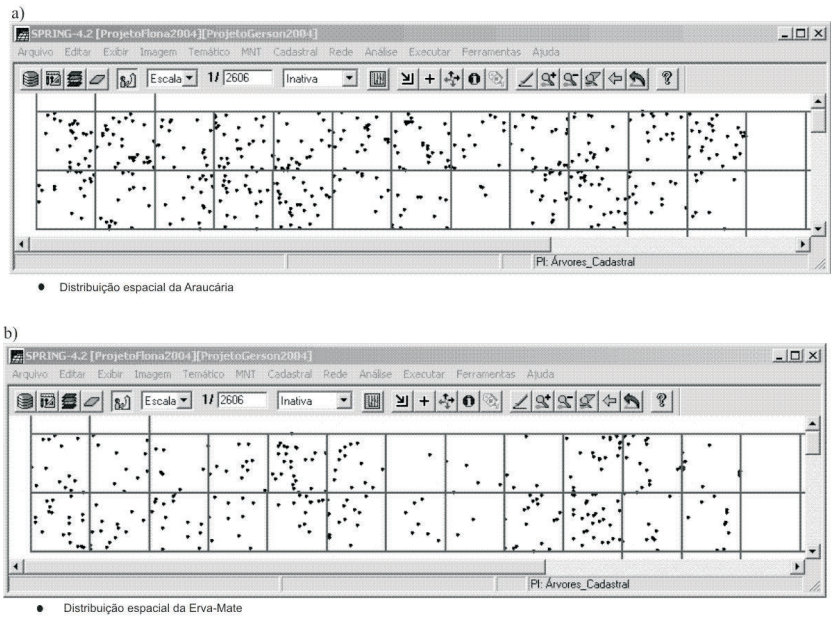

Figura 2. Consulta por expressão lógica mostrando somente as árvores de pinheiro-brasileiro (a) e somente os indivíduos de erva-mate (b).

Uma consulta por expressão lógica para selecionar objetos, que, por exemplo, representem indivíduos arbóreos como pinheiro-brasileiro e erva-mate pode ser seguida de uma operação de agrupamento de objetos por classe para proporcionar análises em conjunto (Figura 3). Da mesma forma, a consulta pode compreender qualquer quantidade desejável de objetos a serem analisados em conjunto, como mostra a Figura 4 para três espécies.

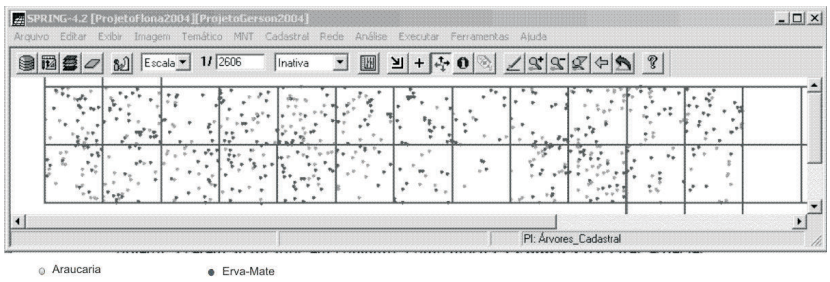

Figura 3. Agrupamento de objetos que representam ambas as espécies selecionadas na consulta, separadas em duas classes: pinheiro-brasileiro em azul e erva-mate em vermelho.

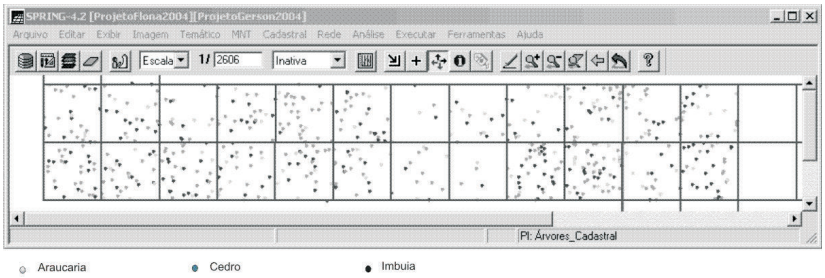

Figura 4. Agrupamento de objetos que representam três classes selecionadas em consulta, separadas em classes: pinheiro-brasileiro em cor rosa, cedro em cor vermelha e imbuia em cor verde.

Outra operação também possível de ser executada neste modelo de dados é a consulta espacial utilizando-se de uma variável dimensional. Supondo que após uma consulta onde sejam selecionados aqueles objetos que representam todos os indivíduos de pinheiro-brasileiro, cedro e imbuia, se queira realizar uma consulta espacial para selecionar somente os indivíduos que estejam a um raio pré-determinado de 30 metros, por exemplo. A **Figura 5** apresenta uma consulta espacial em que foi determinado um raio de abrangência ou de influência a partir de uma árvore ou geo-objeto cen-

tral. Desta forma, todas as árvores que estiverem a esta distância pré-determinada, foram realçadas automaticamente.

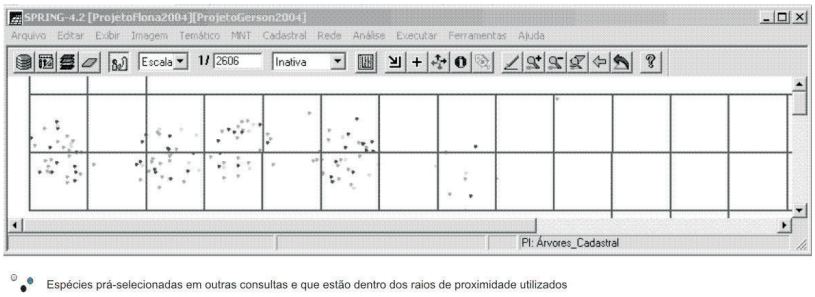

Figura 5. Simulação de uma consulta espacial, após outras operações, para a identificação de árvores dentro de raios de proximidade de 30 metros de árvores-objeto centrais.

A disponibilidade dos dados alfanuméricos associados (atributos), viabilizou que a pesquisa pudesse trabalhar simulações de consultas e agrupamentos de objetos (árvores) pertencentes a determinado estrato (dominante, co-dominante ou inferior) da floresta, ou ainda envolver nas operações, dados como tipo de fuste, estado fitossanitário, dimensão de CAP e tipo de copa.

Foi ainda, simulada a proporção de sexo do pinheiro-brasileiro, conhecidamente uma espécie dióica, em sua distribuição dentro da floresta natural. A literatura indica proporção natural um pouco maior de árvores masculinas (54%) em relação às femininas (Bandel e Gurgel, 1967). Aplicaram-se consultas espaciais com parâmetro métrico para selecionar indivíduos de pinheiro que estivessem dentro dos raios de 10m, 20m e 30m das árvores femininas existentes em oito parcelas experimentais, cobrindo uma área de dois hectares.

Nesta investigação de caráter preliminar, revelou-se que existem em média quatro árvores femininas por hectare e uma proporção média de 8,4% de indivíduos femininos em relação aos masculinos. Conforme a distância em relação à árvore central, a proporção varia de 51%, 27% e 19%, respectivamente para distâncias de 10 m, 20 m e 30 m. Em todas as parcelas, as árvores ao redor da feminina considerada apresentaram valores de diâmetros bem menores do que as centrais, apontando, *a priori*, tratarem-se de suas respectivas regenerações. Não foi possível explicar a não existência de indivíduos masculinos de dimensões compatíveis com as femininas

estudadas. Os valores de proporção de árvores masculinas para árvores femininas encontrados neste estudo estão bem abaixo dos citados na literatura. Estudos posteriores poderão confirmar a tendência resultados iniciais, pois a amostragem utilizada foi relativamente pequena (oito parcelas de 0,25 ha). Em todo caso, despertam a atenção fatos como: por que não existem árvores masculinas de grandes diâmetros nas proximidades das femininas de grande porte?; por que existem menos árvores femininas conforme o aumento da distância em relação à provável árvore-mãe?

O modelo de dados, orientado ao objeto "*árvore*" demonstrou que a utilização da representação pontual pode proporcionar uma grande quantidade de simulações enriquecendo a pesquisa e seus resultados.

As diversas consultas realizadas demonstraram o potencial e a flexibilidade na combinação de dados que o sistema possibilita tanto na utilização de ferramentas simples de visualização de dados espaciais através de agrupamentos de objetos em função de seus atributos, quanto por meio de consultas espaciais e por expressão lógica. Outra situação bastante positiva neste modelo foi verificada nas operações em cadeia, ou seja, uma seqüência de consultas e agrupamentos, aonde o usuário vai executando cada etapa.

Os resultados advindos de tais simulações podem ser valiosos em alguns estudos adicionais de dinâmica e fitossociologia da floresta nativa, ou mesmo de manejo e planejamento de colheita florestal, pois permite melhor visualização dos dados, além de gerar informações não disponíveis originalmente no banco de dados (ou seja, obtidos em conseqüência da manipulação dos dados).

O trabalho de pesquisa enfocou apenas "árvores", mas quanto maior o número de geo-objetos considerados e também o número de atributos de cada geo-objeto, maiores serão as possibilidades de utilização do potencial do sistema, proporcionando assim, análises mais complexas. A presente abordagem técnica viabiliza uma nova perspectiva desta linha de pesquisa, onde a informação espacializada facilita a compreensão do arranjo estrutural do povoamento florestal em estudo.

4. Conclusões

Analisando o modo como foi conduzido o presente estudo pode-se concluir que:

a) os dados disponíveis viabilizaram a implantação de um banco de dados orientado a geo-objetos representados por entidades pontuais (árvores);

b) o modelo de dados construído possibilitou a utilização simultânea de todas as árvores utilizadas e medidas no experimento;

c) a construção do modelo de dados em questão proporcionou análises de aspectos fisionômico-estruturais da floresta com a visualização simultânea de seus resultados espaciais, o que torna o ponto referencial da pesquisa diferente dos procedimentos tradicionais de estudos de dinâmica e fitossossiologia de florestas.

d) As consultas espaciais, nesta investigação que tem caráter preliminar, permitiram revelar que existem em média quatro árvores femininas da espécie *Araucaria angustifolia* por hectare, e uma proporção média de 8,4% de indivíduos femininos em relação aos masculinos da mesma espécie. Conforme a distância em relação à árvore central, a proporção varia de 51%, 27% e 19%, respectivamente para distâncias de 10 m, 20 m e 30 m.

5. Agradecimentos

O estudo foi realizado com dados provenientes de projeto apoiado financeiramente pelo CNPq (Processo CNPq 46.1909/00-6) intitulado "Biodiversidade e Sustentabilidade da Floresta Ombrófila Mista na Flona de Irati". Registre-se também que a Fundação Araucária viabilizou recursos para bolsista de graduação no decorrer da presente pesquisa (Processo 2953/2005 UNICENTRO, convênio 113/2005 UNICENTRO/ Fundação Araucária).

6. Referências bibliográficas

Bandel, G.; Gurgel, J.A.A. Proporção do sexo em *Araucaria angustifolia*. *Silvicultura em São Paulo*. São Paulo, v.6, p.209-220, 1967

Câmara, G.; Casanova, M.A.; Hemerly, A.S.; Magalhães, G.C.; Medeiros, C.M.B. *Anatomia de sistemas de informação geográfica*. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996. 197p.

Casanova, M.A.; Câmara,G.; Davis Júnior, C.D.; Vinhas, L; Queiroz, G.R. *Bancos de dados geográficos*. Curitiba:Ed. MundoGEO, 2005. 506p.

Chapman, S.B. *Methods in plant ecology*. New York: J. Wiley, 1976. 526p.

Cottan, G.; Curtis, J.T. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, v.37, n.13, p.451-460, 1956.

Curtis, J.T.; Mcintosh, R.P. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology*, v.31, p.434-455, 1950.

Disperati, A. A. *Biodiversidade e sustentabilidade da Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, PR*. Relatório Técnico do Processo CNPq: 46.1909/00-6, 2002. 76 p.

INPE/ DPI *Spring 4.2: Geoprocessamento ao alcance de todos*. São José dos Campos: INPE, SP, 2005. CD-ROM, On-line.

Greig-Smith, P. Quantitative plant ecology. 3. ed. Oxford: Blackwell, 1983. 359p.

Krebs, A. Levantamento fitossociológico da formação - mata do Morro do Coco. Viamão, RS., Brasil, *Iheringia*, sér. Bot., n.23, p.65-108, 1978.

Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. Aims and methods of vegetation ecology. New York: J. Wiley, 1974. 547p.

Nelson, T.; Niemann, O.; Wulder, M.A.. Spatial statistical techniques for aggregating point objects extrated from high spatial resolution remotely sensed imagery. *Journal of Geographical Systems*, v.4:423-433, 2002.

Paraná *Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento* (1992: Rio de Janeiro). Agenda 21. Curitiba: IPARDE, 2001. 260p.