

## ESTRUTURA DO COMPONENTE JUVENIL-ADULTO DE *Ocotea silvestris* Vattimo-Gil (LAURACEAE) EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SUBTROPICAL

Malcon do Prado Costa<sup>1</sup>, Alessandro Abreu Fávero<sup>2</sup>, Maurício Figueira<sup>3</sup>,  
Daiane Deckmann Andriollo<sup>4</sup>, Atahualpa Ayala Gómez<sup>5</sup>, Gustavo Martins  
Uberti<sup>6</sup>, Jorge Roberto Diefanthäeller<sup>7</sup> e Solon Jonas Longhi<sup>8</sup>

**Resumo:** Este trabalho objetivou caracterizar uma população de *Ocotea silvestris*, em uma Floresta Estacional na Serra Geral do Sul do Brasil. Esta espécie possui uma distribuição geográfica nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. A população estudada está localizada em um remanescente florestal, situado no topo do Morro do Elefante. Foi realizado um inventário com amostragem sistemática, através do método de parcelas, com dimensões de 20 m x 50 m, perfazendo uma área de 0,8 ha. Foram mensuradas as variáveis diâmetro à altura do peito e a altura total. Realizaram-se as análises das estruturas diamétrica e hipsométrica; regressão não linear entre o grau de esbeltez e a circunferência à altura do peito; e regressão linear entre diâmetro à altura do peito e a altura total, para avaliação do design mecânico. A população de *O. silvestris* foi caracterizada por 35 árvores, presente em todas as parcelas, obtendo uma área basal de 1,24 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Os resultados permitem diagnosticar que os indivíduos desta população concentram-se nas classes iniciais e medianas, e decrescem em número nas classes superiores, com o aumento da competição. O grau de esbeltez foi elevado nos indivíduos de menor circunferência, quando a competição é intensa. Nos indivíduos que alcançam maiores dimensões, sobrevivendo à competição pela ocupação do dossel, o grau de esbeltez diminui. A espécie apresentou design mecânico entre similaridade elástica e de stress constante, o que denota a necessidade de investimento em crescimento diamétrico para sustentar o peso da copa nos indivíduos de grandes dimensões, frente às intempéries, advindas de fortes ventos que incidem sobre o remanescente florestal.

**Palavras-chave:** Canela-ferrugem. Demografia. Fitogeografia. Alometria. Espécie ameaçada.

### 1 Introdução

A espécie *Ocotea silvestris* Vattimo-Gil possui distribuição geográfica nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, no estado do Rio Grande do Sul é encontrada na Floresta Atlântica e na encosta meridional da Serra Geral (SOBRAL et al., 2006). Apresenta distribuição geográfica disjunta, ocorrendo em poucos municípios, como Morrinhos do Sul (JARENKOW; SOBRAL, 2000), Candelária (NASCIMENTO et al., 2000), Vale do Sol (JARENKOW; WAETCHER, 2001), Camaquã (JURINITZ; JARENKOW, 2003), Nova Petrópolis (GRINGS; BRACK, 2009) e na Floresta Estacional Subtropical da região de Santa Maria (MARCHIORI, 2009a; 2009b).

As Florestas Estacionais do Estado do Rio Grande do Sul não apresentam uma flora arbórea peculiar com gênese em sua própria paisagem e sim de espécies

imigrantes de outros contingentes florísticos (RAMBO, 1956). O contingente de caráter arbóreo da floresta irradiou-se por duas rotas migratórias: uma a partir da bacia fluvial do Paraná, entrando pelo Alto Uruguai; e outra a partir da floresta costeira de Santa Catarina, entrando no estado pela estreita Porta de Torres entre a Serra Geral e o Oceano (RAMBO, 1961).

Vários outros trabalhos foram publicados em relação à área de expansão das espécies no estado (JARENKOW; WAECHTER, 2001; LEITE, 2002; WAECHTER, 2002; MARCHIORI, 2006). Algumas pesquisas foram fundamentadas em avaliações do *status* sucessional e da regeneração de espécies de Floresta Estacional em diferentes regiões do estado (DURLO; MARCHIORI; LONGHI, 1982; FARIAS et al., 1994; VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999; LONGHI et al., 1999; ARAÚJO et al., 2004; GIEHL et al., 2007;

<sup>1</sup> E-mail: malconfloresta@gmail.com; <sup>2</sup> E-mail: abreuafavero@yahoo.com.br; <sup>3</sup> E-mail: mauriciofigueira@ymail.com;

<sup>4</sup> E-mail: daianeandriollo@yahoo.com; <sup>5</sup> E-mail: atagomez@gmail.com; <sup>6</sup> E-mail: gustavouberti@ymail.com;

<sup>7</sup> E-mail: jorgedifa@gmail.com;

<sup>8</sup> E-mail: longhi.solon@gmail.com

SCIPIONI et al., 2009; SCCOTI et al., 2011) e outras avaliaram o sub-bosque de plantios de espécies arbóreas (ANDRAE et al., 2005).

O estado da arte sobre as Florestas Estacionais Subtropicais evoluiu com os estudos sobre fitossociologia publicados para esta formação (VACCARO; LONGHI, 1995; JURINITZ; JARENKOW, 2003; HACK et al., 2005; ARAÚJO et al., 2004; LONGHI et al., 1999; BUDKE et al., 2004; SCIPIONI et al., 2010; KILCA; LONGHI, 2011).

A estrutura de uma população de plantas é o resultado de ações de forças bióticas e/ou abióticas que provocam mudanças no arranjo estabelecido pelos indivíduos, demonstrando como uma espécie explora o ambiente que ocupa (HUTCHINGS, 1997). A estrutura populacional pode ser avaliada a partir de um inventário pontual que revela as condições da população no local, em um dado momento, assim como, através dos acompanhamentos de longa duração, conhecidos como estudo de dinâmica populacional que apontam dados demográficos como mortalidade, recrutamento e crescimento (SILVERTOWN; CHARLESWORTH, 2005).

Estudos referentes à ecologia de populações tanto os de amostragens pontuais, quanto os de longo prazo, são a base para o conhecimento e definição de padrões para o uso sustentável dos recursos (AQUINO et al., 2002). Os parâmetros quantitativos obtidos são fundamentais na comparação do “status” sucessional, ciclo de vida e padrão de regeneração natural das espécies; classificação das mesmas em grupos ecológicos; estabelecimento do *habitat* propício para cada espécie; avaliação da vulnerabilidade das populações às perturbações, advindas de variações e flutuações ambientais e/ou resultante dos impactos antropogênicos (CRAWLEY, 1997).

Desta forma, a análise da distribuição dos indivíduos em classes de tamanho se faz necessária para a compreensão das variações populacionais em contraste a sua capacidade de estabilização no ambiente. Uma população arbórea será considerada estável na comunidade caso a distribuição dos seus diâmetros se enquadre no modelo exponencial negativo (JESUS; SOUZA; GARCIA, 1992; SOUZA et al., 1993; SCHNEIDER; FINGER, 2000; DURIGAN, 2009).

Depois da análise da estrutura populacional, o enfoque sobre as relações

interdimensionais, advindas do conhecimento sobre a morfometria e alometria de espécies arbóreas é importante e complementar a estudos de populações, pois fornece um arcabouço conceitual para inferências sobre a adaptação das espécies ao meio (NIKLAS, 1994). Além disso, pode subsidiar possíveis tomadas de decisão em relação às técnicas silviculturais adotadas em remanescentes florestais cujas populações de espécies lenhosas sejam passíveis de manejo (DURLO; MARCHIORI; SPATHELF, 2000).

O estudo das relações morfométricas de espécies florestais é utilizado para estimar variáveis de difícil mensuração, como a biomassa da copa, a altura total da árvore, a altura da copa e o diâmetro de copa, que podem ser correlacionadas com variáveis de fácil obtenção, como o diâmetro do tronco (DURLO; DENARDI, 1998). A relação h/d ou Grau de Esbeltez (GE) é definida como a razão entre a altura e o diâmetro da árvore, sendo um indicador da competição entre árvores (LONGHI et al., 1999).

Em condições de desenvolvimento as árvores suportam a sua própria biomassa e as pressões do ambiente, adquirindo um *design* mecânico específico, em termos adaptativos. Assim, com base nas relações entre diâmetro e altura, três modelos foram propostos, a partir de regressão linear com as variáveis logaritmizadas (log-log), para explicar como se combinam as forças em um caule de espécies lenhosas para que este mantenha os modelos de *design* mecânico (McMAHON, 1973; NIKLAS, 1994), tais como: similaridade de *stress* constante, similaridade elástica e, similaridade geométrica.

O modelo de similaridade de *stress* constante assume que um nível máximo de *stress* é mantido através de uma altura de uma árvore, sendo que esta suposição requer que o crescimento do diâmetro do tronco de uma árvore seja proporcional ao quadrado do crescimento da altura para que a árvore se mantenha de pé. A inclinação ( $\beta$ ) da reta seria igual a dois.

O modelo de similaridade elástica assume que a deflexão do lado livre de um caule deve permanecer constante em relação à altura e que os troncos são colunas auto-suportantes que diminuem de diâmetro com a altura. Se as árvores são grossas o suficiente para prevenir o tombamento, então o crescimento em diâmetro deve ser proporcional ao aumento de  $3/2$  da potência

da altura. Assim, a inclinação ( $\beta$ ) de uma reta descrevendo o modelo seria igual a 1,5.

O modelo de similaridade geométrica, a hipótese nula para os modelos descritos acima, ocorre quando a relação altura x diâmetro é constante ao longo da ontogenia, o modelo prevê altura (h) aumentando em proporção direta ao diâmetro, nesse caso diz-se que a árvore tem um crescimento isométrico e a inclinação ( $\beta$ ) correspondente é igual a um.

O estudo visou caracterizar a estrutura do componente juvenil-adulto de *Ocotea silvestris*, no que refere as suas características de estrutura de tamanhos, relação morfométrica e modelos de *design* mecânico. Especificamente, buscou-se verificar as seguintes hipóteses: (a) a população apresenta uma distribuição de tamanhos (estruturas diamétrica e hipsométrica) em uma forma de exponencial negativa – o que indica estabilidade da população no local; (b) a população se encontra em forte nível de competição, com o grau de esbeltez decrescendo de acordo com o aumento dos diâmetros e ocupação do dossel florestal; (c) por ocorrer em um platô no topo de um morro com exposição às intempéries, a resistência ao vento seria um fator preponderante, determinando a forma de crescimento das árvores, sendo esperado o modelo de *design* mecânico de similaridade de *stress* constante.

## 2 Material e métodos

O remanescente florestal (29°40'S e 53°43'W, 460 m de altitude) (Figura 1) está inserido no topo do Morro do Elefante e segundo Klein (1983), Leite e Klein (1990) e Kilca e Longhi (2011), pertence à Floresta Estacional da Fralda da Serra Geral, no Estado do Rio Grande do Sul, e localiza-se no município de Santa Maria no Sul do Brasil (MACHADO; LONGHI, 1990). Para o presente estudo foi realizada a classificação da fitofisionomia de acordo com Oliveira-Filho (2009), caracterizando-se o remanescente como uma “Floresta Latifoliada Estacional Subtropical Submontana de Cumeada”, doravante denominada como Floresta Estacional Subtropical.

O Morro do Elefante tem formação geológica da Serra Geral (SARTORI, 2009) e o solo pertence à unidade de Mapeamento de Santa Maria (DALMOLIN; PEDRON, 2009). O clima da região conforme a

classificação de Köppen é do tipo Cfa, mesotérmico úmido com verões quentes, sem estação seca definida (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009).

Foram amostrados 0,8 ha, pelo método de parcelas, distribuídas de forma sistemática, com dimensões de 20 m x 50 m, mensurando-se as variáveis diâmetro à altura do peito (DAP  $\geq$  5 cm) e altura total medida com o hipsômetro *Vertex III*.

A estrutura de tamanhos da população de *O. silvestris* foi avaliada a partir da classificação dos dados de diâmetro e altura através do método de Spiegel.

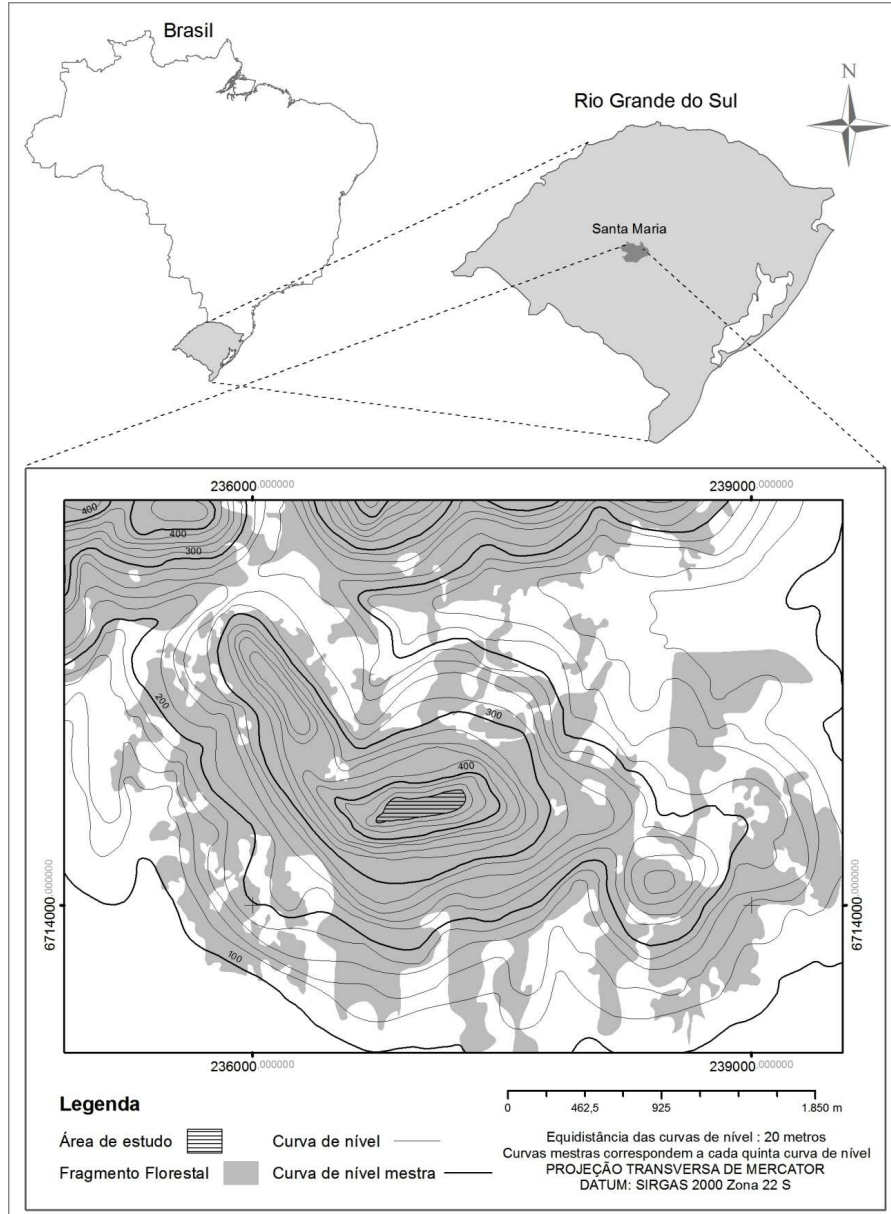
A avaliação do efeito da competição a partir de caracteres biométricos da espécie foi realizada através do ajuste da função exponencial entre o grau de esbeltez ( $m \text{ cm}^{-1}$ ) com a circunferência à altura do peito (CAP). Para este ajuste, foi utilizado o método de regressão não linear (*Nonlinear Least Squares* - NLS), adequado a ajustes de funções exponenciais. O grau de esbeltez foi interpretado como fator de competição, pois quanto mais elevado maior será a concorrência entre as plantas.

O grau de esbeltez ( $m \cdot \text{cm}^{-1}$ ) superior a um indica que o crescimento em altura esta sendo maior que o diâmetro e, inferior, indica que o crescimento de árvores possivelmente esteja sob baixa competição, ocorrendo o desenvolvimento pleno em diâmetro.

A estabilidade mecânica da espécie foi caracterizada através de uma regressão linear entre o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total (HT), obtendo-se a expressão  $\ln(\text{DAP}) = \alpha + \beta \times \ln(\text{HT})$  - pelo método do maior eixo padronizado (*Standardized Major Axis* - SMA) que considera que as duas variáveis (dependente e independente) se influenciam de forma mútua (NIKLAS, 1994). Para verificar a adequação das linhas de regressão das espécies com os modelos de *design* mecânico, compararam-se os intervalos de confiança obtidos para as inclinações ( $\beta$ ) com aquelas previstas pelos modelos: similaridade geométrica ( $\beta=1$ ), similaridade elástica ( $\beta=1,5$ ) e similaridade de *stress* constante ( $\beta=2$ ).

A acurácia das equações foi avaliada a partir do coeficiente de determinação de ajuste ( $R^2$ ). Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo software R, sendo utilizado os pacotes SMATR (WARTON et al., 2011) para o ajuste das equações de regressão lineares e STATS (R DEVELOPMENT TEAM, 2011) para o ajuste da equação não linear.

Figura 1 – Mapa com a localização do fragmento no Morro do Elefante, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.



### 3 Resultados

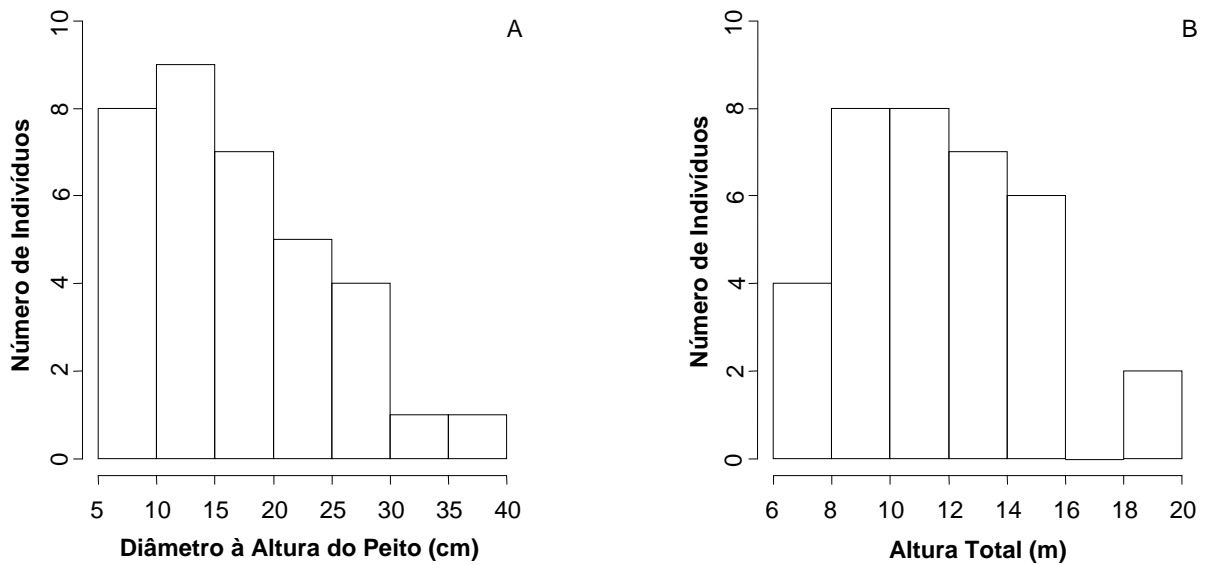
A população de *O. silvestris* apresentou 35 árvores, ocorrendo em todas as parcelas amostradas no inventário. A densidade populacional foi de  $43,75 \pm 19,69$  ind ha<sup>-1</sup>. A dominância absoluta foi de  $1,24 \pm 0,73$  m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, indicando pequena ocupação do local por esta espécie. A altura máxima da população foi de 19,50 m e a mínima de 6,00 m, sendo a média de 11,67 m e o diâmetro mínimo foi de 5,28 cm e máximo de 36,61 cm (Tabela 1).

A Figura 2 ilustra a estrutura da população em diâmetro (A) e em altura (B). A distribuição diamétrica é unimodal, com 25,71% dos indivíduos concentrados na classe de 10 a 15 cm (Figura 2A), não correspondendo a uma curva exponencial, com um decréscimo de indivíduos após a segunda classe. Enquanto para as alturas, a distribuição hipsométrica apresentou duas modas nas classes de 10-12 m e 12-14 m, concentrando 22,85% do total de indivíduos da população em cada uma destas classes (Figura 2B). Percebe-se uma distribuição que se aproxima à normal.

Tabela 1 - Parâmetros demográficos da *Ocotea silvestris* Vattimo-Gil (Lauraceae) no fragmento do Morro do Elefante, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

Parâmetros	Densidade (ind ha <sup>-1</sup> )	Dominância (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Altura (m)	Diâmetro (cm)
Média	43,75	1,24	11,67	17,15
Erro Padrão	19,69	0,73	0,52	1,40
Mínimo	20,00	0,08	6,00	5,28
Máximo	90,00	2,32	19,50	36,61

Figura 2 – Distribuição dos indivíduos de *Ocotea silvestris* em (A) classes de diâmetro e (B) classes de altura.



A relação entre o grau de esbeltez e o CAP dos indivíduos de *O. silvestris*, denotou uma morfometria típica de uma população arbórea sujeita à competição, em um ambiente florestal. O uso da regressão não linear para uma função exponencial se mostrou eficaz, com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,86 que é considerado elevado. A população da espécie na área de estudo apresentou um coeficiente escalar de 6,84, que indica o potencial máximo do grau de esbeltez (m cm<sup>-1</sup>) para menores valores de CAP, enquanto o coeficiente exponencial de -0,57 indica a taxa de decréscimo no valor do grau de esbeltez, na medida em que os indivíduos aumentam suas dimensões (CAP) (Figura 3).

Em relação ao modelo de *design* mecânico da espécie, o uso da regressão pelo método SMA apresentou eficiência. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da relação DAP-HT foi moderado (0,60), quando se considera espécies nativas (OSUNKOYA et al., 2007). A inclinação da reta de regressão ( $\beta$ ) obteve o valor de 1,85, com mínimo de 1,48 e máximo de 2,31 (Figura 4). Estes resultados indicam uma relação de troncos de maior espessura proporcional ao aumento da altura. Esta relação está em conformidade com os modelos de similaridade de *stress* constante e elástica (McMAHON, 1973; NIKLAS, 1994) e a rejeita a hipótese nula de similaridade geométrica ( $\beta=1$ ).

Figura 3 - Ajuste da regressão linear, pelo método dos mínimos quadrados, entre o grau de esbeltez (GE) e a circunferência à altura do peito (CAP).

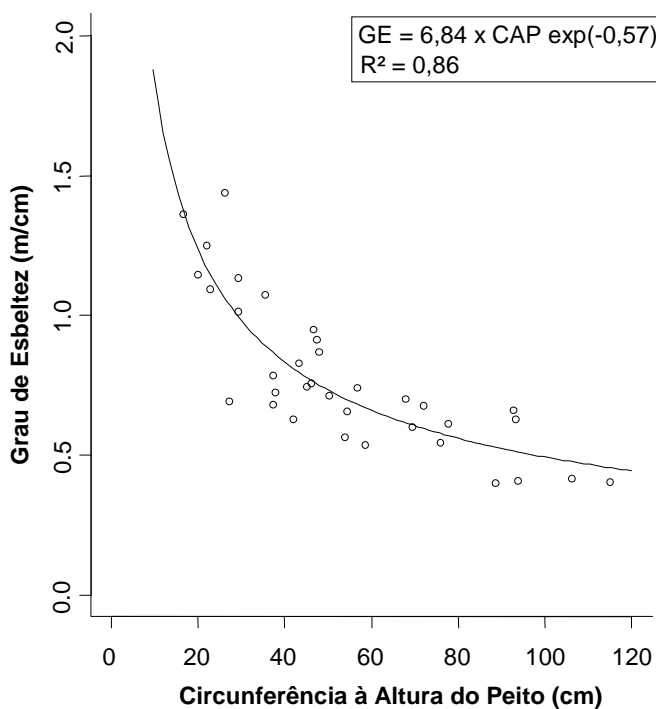
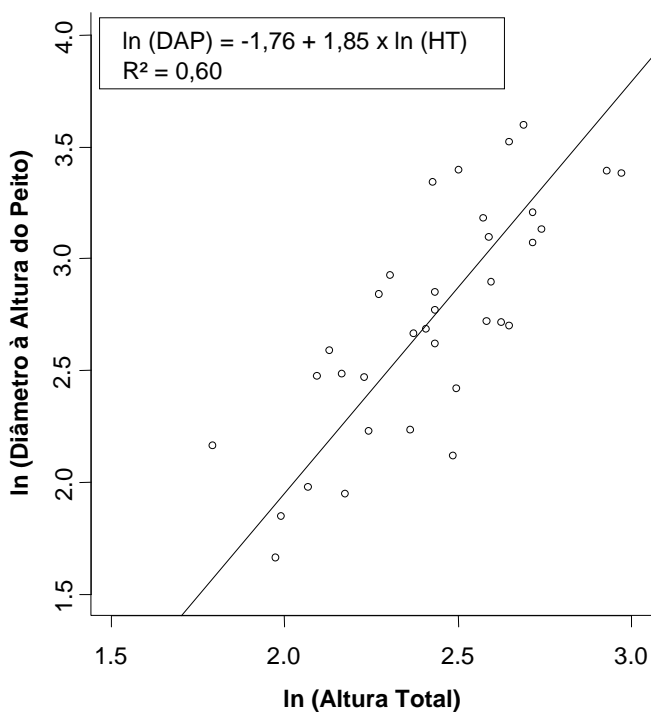


Figura 4 - Ajuste da regressão linear, pelo método do eixo maior padronizado, entre o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total (HT) para avaliação da estabilidade mecânica. Sendo que os limites inferior e superior da inclinação da reta ( $\beta$ ) foram 1,48 e 2,31, respectivamente.



#### 4 Discussão

A população de *O. silvestris* neste estudo demonstrou que a maioria dos indivíduos encontram-se distribuídos nas classes menores e poucos nas classes maiores de diâmetro, conforme os estudos sobre estrutura diamétrica de populações de espécies arbóreas (JANZEN, 1980; MARQUES; JOLY, 2000).

Observa-se um tênue decréscimo do número de indivíduos a partir da classe modal, o que demonstra a presença de poucos indivíduos que atingem maiores valores em diâmetro, possivelmente relacionado à intensa competição pela ocupação do espaço (Figura 2A). A maioria das populações de espécies tropicais tem a mortalidade concentrada nas classes menores e as causas são a presença de patógenos ou herbívoros (HARTLEY; JONES, 1997) e a competição (TILMAN, 1997) entre plantas juvenis e, das plantas juvenis com as adultas.

Em relação à distribuição hipsométrica (Figura 2B), o menor número de indivíduos na primeira classe de altura se relaciona com a questão do DAP  $\geq 5$  ser critério de inclusão (DURIGAN, 2009). Mas a aproximação com a distribuição normal, também pode ser explicada pelo comportamento da espécie em relação à tolerância à luz nos diferentes estágios ontogenéticos (idade) da mesma. Constatou-se na comunidade florestal a presença da maioria das plântulas de *O. silvestris* em ambientes sobre intensa radiação solar. Dessa forma, parece que a espécie necessita de abertura no dossel para regenerar-se e se estabelecer na floresta. Posteriormente, consegue competir por recursos e espaço para se estabelecer no sub-dossel da floresta, em condições de meia sombra e pouca luminosidade.

Para maiores afirmações sobre este assunto, tornam-se necessárias pesquisas sobre a germinação em diferentes condições ambientais e sobre estabelecimento da espécie em condições naturais. Moraes e Paoli (2009) observaram padrões distintos de tolerância à luz em três espécies da família Lauraceae, sendo que *Cryptocarya moschata* Nees apresentou comportamento semelhante ao observado na presente pesquisa, *Ocotea catharinensis* Mez suporta condições de sombra no início do desenvolvimento e *Endlicheria paniculata* (Spreng.) MacBride é indiferente quanto às condições de luz.

A relação entre o grau de esbeltez e a CAP (Figura 3) indica que *O. silvestris* apresenta alturas variadas para circunferências semelhantes, demonstrando que a espécie se desenvolve sob diferentes condições de competição e heterogeneidade local. Igualmente verifica-se um decréscimo no grau de esbeltez na medida em que os indivíduos atingem o dossel da floresta, ou seja, eles passam a investir na expansão horizontal, pois diminui a competição por luz.

Os indivíduos adultos da população apresentam copas em elevado grau de sobreposição, refletindo uma intensa competição, em um ambiente sujeito às intempéries advindas da presença de ventos fortes típicos em topos de morro.

A relação entre a altura e o diâmetro para a população de *O. silvestris* indicou uma relação alométrica onde o *design* mecânico se encontra entre os modelos de similaridade elástica ( $\beta = 1,5$ ) e similaridade de stress constante ( $\beta = 2$ ). O que demonstra uma grande necessidade de investimento em recursos no diâmetro para que os indivíduos suportem o crescimento em altura e a biomassa da copa.

Na população de *O. silvestris* analisada foi encontrado um comportamento análogo aquele encontrado em estudos realizados com espécies de dossel (STERCK; BONGERS, 1998; ALVES; SANTOS, 2002), que investem em altura para obter luz numa fração do estrato vertical e depois se ramificar para estabelecer sua copa no dossel, de modo que a copa possa fazer uma eficaz utilização da luz.

As espécies com similaridade de stress constante são plantas com grande capacidade de competir por luz e garantir espaço nos diferentes estratos do dossel (NIKLAS, 1994). O modelo de estabilidade mecânica observado para *O. silvestris* na área de estudo, também foi encontrado por outros pesquisadores para espécies de dossel e emergentes (O'BRIEN *et al.*, 1995; KING, 1996; OSUNKOYA *et al.*, 2007). Os indivíduos arbóreos de maior porte de uma floresta, geralmente apresentam *design* mecânico de similaridade elástica ou de stress constante, desencadeados pela necessidade de suportar seu peso e resistir ao vento (KING, 1986).

A espécie *O. silvestris* é uma espécie típica do dossel na comunidade florestal, porém a maioria dos indivíduos ocorrem no sub-dossel e poucos indivíduos no sub-bosque.

O design mecânico foi caracterizado como pertencente aos modelos de similaridade de *stress* constante e de similaridade elástica. Este resultado pode ser explicado pelas condições ambientais do remanescente, situado em um platô no topo de um morro. Local de maior exposição a intempéries como fortes rajadas de ventos em todas as direções e com solos pouco espessos em sua maioria. Desta forma, as plantas que crescem nestes ambientes necessitam de um maior investimento em diâmetro do tronco para sustentação de sua altura.

Salienta-se que os padrões de alocação e crescimento, bem como as mudanças nos fatores físicos que ocorrem durante o desenvolvimento da árvore (por exemplo, disponibilidade de luz e/ou variação na densidade de plantas vizinhas) podem alterar o coeficiente alométrico da inclinação da regressão, e raramente são considerados na explicação do *design* mecânico das árvores (COSTA, 2010).

## 5 Conclusões

Os resultados encontrados permitem concluir que:

- A população de *O. silvestris* não apresentou uma distribuição exponencial negativa, tanto para a estrutura diamétrica, como para a hipsométrica, porém a presença de indivíduos na maioria das classes denota regularidade na distribuição de tamanhos;
- o grau de esbeltez foi elevado nos indivíduos de menor diâmetro quando a competição pela ocupação do dossel é mais intensa, e à medida que os indivíduos sobreviventes alcançam maiores circunferências, passam a possuir um menor grau de esbeltez;
- como a espécie apresentou *design* mecânico entre similaridade elástica e *stress* constante, constata-se a necessidade de investimento a fim de favorecer o crescimento diamétrico para melhor sustentação do peso da copa frente às intempéries advindas de fortes ventos no remanescente de Floresta Estacional Subtropical do topo do Morro do Elefante.

---

## 6 Tree component structure of the *Ocotea Silvestris* Vattimo-Gil (Lauraceae) in subtropical lower high lands seasonal forest

**Abstract:** This study aimed to characterize a population of *Ocotea silvestris* in a Seasonal Forest in "Serra Geral" in southern Brazil. This specie has a geographic distribution in South and Southeast regions of Brazil. The studied population is located in a forest remnant, situated on top of Elephant Hill (Morro do Elefante). An inventory with systematic sampling has been done, using the parcels method, with dimensions of 20m x 50m, covering an area of 0.8 ha. The variables diameter at breast height and total height have been measured. And analyses of the diametric and hypsometric structures, non-linear regression between the degree of slenderness and circumference at breast height, and linear regression between diameter at breast height and total height, for evaluation of mechanical design have been done. The population of *O. silvestris* has been characterized by 35 trees, present in all plots, obtaining a basal area of 1.24 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. The results allow diagnosing those individuals of this population concentrate in the early and middle classes, and decrease in number in the upper classes, with the increase of competition. The stem slenderness index was high in those with lower circumference when the competition is intense, as they reach larger dimensions and survive the competition for the occupation of the canopy, they decrease their slenderness. The specie have shown mechanical design between elastic similarity and constant stress, which indicates the need for investment in diameter growth to sustain the weight of the crown of large dimensions individuals, face to inclement weather, resulting from strong winds present in the remaining forest.

**Key-words:** Cinnamon-rust. Demography. Phytogeography. Allometry. Tree species threatened.

---

## 7 Referências

ALVES, L. F.; SANTOS, F. A. M. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, SE Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, n. 2, p. 245-260, 2002.

ANDRAE, F. H. et al. O sub-bosque de reflorestamentos de Pinus em sítios degradados da região da Floresta Estacional Decidual do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, p. 43-63, 2005.

AQUINO, F. G. et al. **Ecologia populacional de espécies arbóreas na Estação Ecológica do**



**REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)**  
**v.14, n.1esp, p. 104-114, 2012**

- Panga (Uberlândia, MG).** Brasília: Embrapa Cerrados, 2002 (Boletim de Pesquisa).
- ARAÚJO, M. M. *et al.* Análise de agrupamento da vegetação de um fragmento de Floresta Estacional Decidual Aluvial, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal** (UFSM. Impreso), Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 133-148, 2004.
- BUDKE, J. C. *et al.* Florística e fitossociologia do componente arbóreo de uma floresta ribeirinha, arroio Passo das Tropas, Santa Maria, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** (Impreso), Brasília, v. 18, n. 3, p. 581-589, 2004.
- COSTA, M. P. **Ecologia da vegetação arbórea na Serra de São Domingos, Poços de Caldas, MG.** 2010. 197 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- CRAWLEY, M. J. Life History and Environment. In: CRAWLEY, M. J. (Ed.). **Plant Ecology**. 2ed. Oxford: Blackwell Science Ltd, p. 73- 131, 1997.
- DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. Solos do município de Santa Maria. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.1, n. 38, p. 59-78, 2009.
- DURIGAN, G. Estrutura e diversidade de comunidades florestais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de Floresta Tropicais do Brasil**. Viçosa: Editora UFV, p. 185-215, 2009.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 55-66, 1998.
- DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C.; LONGHI, S. J. A composição e estrutura da mata secundária no vale do rio Jacuí, RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 4, p. 129-139, 1982.
- DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C.; SPATHELF, P. Perspectivas do manejo florestal por árvores singulares. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 20, p. 71-82, 2000.
- FARIAS, J. A. C. *et al.* Estrutura fitossociológica de uma Floresta Estacional Decidual na região de Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, 1994.
- GIEHL, E. L. H. *et al.* Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 21, p. 137-145, 2007.
- GRINGS, M.; BRACK, P. Árvores na vegetação nativa de Nova Petrópolis, Rio Grande do Sul. **Iheringia. Série Botânica**, v. 64, p. 5-22, 2009.
- HACK, C. *et al.* Análise fitossociológica de um fragmento de floresta estacional decidual no município de Jaguari, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1083-1091, 2005.
- HARTLEY, S. E.; JONES, C. G. Plant Chemistry and Herbivory, or Why the World is Green. In: CRAWLEY (Ed.). **Plant Ecology**. 2ed. Oxford: Blackwell Science Ltd, p. 325 – 358, 1997.
- HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, n. 38, p. 43-58, 2009.
- HUTCHINGS, M. J. The structure of plant populations. In: CRAWLEY, M. J. (Org.). **Plant Ecology** 2ª ed. London: Blackwell Science, Cap. 10, p. 342-348, 1997.
- JANZEN, D. H. **Ecologia Vegetal nos Trópicos**. São Paulo: EPU e EDUSP, Coleção Temas de Biologia, 1980. 79 p.
- JARENKOW, J. A.; SOBRAL, M. Nota sobre a ocorrência de algumas angiospermas no Rio Grande do Sul. **Napaea**, Porto Alegre, v. 12, p. 21-25, 2000.
- JARENKOW, J. A.; WAECHTER, J. L. Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 263-272, 2001.
- JESUS, R. M.; SOUZA, A. L.; GARCIA, A. **Produção Sustentável de Floresta Atlântica**. VICOSA, MG.: Sociedade de investigações florestais, 1992. 128 p.
- JURINITZ, C. F.; JARENKOW, J. A. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 475-487, 2003.
- KILCA, R. V.; LONGHI, S. J. A composição florística e a estrutura das florestas secundárias no Rebordo do Planalto Meridional. In: SCHUMACHER, M.V.; LONGHI, S.J.; BRUN, E.J.; KILCA, R.V.. (Org.). **A Floresta Estacional Subtropical: Caracterização e Ecologia no Rebordo do Planalto Meridional**. 1 ed. Santa Maria: Pallotti, v. 1, p. 53-83, 2011.
- KING, D. A. Allometry and life history of tropical trees. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 12, n. 1, p. 25-44, 1996.
- KING, D. A. Tree Form, Height Growth, and Susceptibility to Wind Damage in *Acer Saccharum*. **Ecology**, Washington, v. 67, n. 4, p. 980-990, 1986.
- KLEIN, R. M. Aspectos fitofisionômicos da floresta estacional na fralda da Serra Geral (RS). In: **Anais do XXXIV Congresso Nacional de Botânica**, Porto Alegre, 1983. p.73-110.

- LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, s/v, n. 24, p. 51-73, 2002.
- LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: 1990. p. 113-150.
- LONGHI, S. J. et al. Composição florística da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria-Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p. 115-113, 1999.
- MACHADO, P. F. S.; LONGHI, S. J. Aspectos florísticos e fitossociológicos do Morro do Elefante em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 20, n. 3-4, p. 261-280, 1990.
- MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: embasamento florístico**. 1. ed. Porto Alegre: EST, 2006. 39 p.
- MARCHIORI, J. N. C. A vegetação em Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, s/v, n. 38, p. 93-112, 2009a.
- MARCHIORI, J. N. C. Vegetação nativa em Santa Maria. **Balduinia** (UFSM), v. 15, p. 5-23, 2009b.
- MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* em uma floresta higrófila do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, Brasil, v. 23, n. 1, p. 107-112, 2000.
- McMAHON, T. Size and shape in biology. **Science**, San Diego, v. 179, n. 4079, p. 1201-1204, 1973.
- MORAES, P. L. R. de; PAOLI, A. A. S. Morfologia e estabelecimento de plântulas de *Cryptocarya moschata* Nees, *Ocotea catharinensis* Mez e *Endlicheria paniculata* (Spreng.) MacBride - Lauraceae. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 287-295, 1999.
- NASCIMENTO, A. R. T. et al. Análise da diversidade florística e dos sistemas de dispersão de sementes em um fragmento florestal, na região central do estado do RS. **Napaea**, Porto Alegre-RS., v. 12, p. 49-67, 2000.
- NIKLAS, K. J. **Plant allometry: the scaling of form and process**. Chicago: The University of Chicago Press, 1994. 395 p.
- O'BRIEN, S. T. et al. Diameter, height, crown, and age relationships in eight neotropical tree species. **Ecology**, Ithaca, v. 76, n. 6, p. 1926-1939, 1995.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Classificação das fitofisionomias da América do Sul cisandina tropical e subtropical: proposta de um novo sistema prático e flexível ou uma injeção a mais de caos? **Rodriguesia**, v. 60, p. 237-258, 2009.
- OSUNKOYA, O. O. et al. Comparative Height-Crown Allometry and mechanical Design in 22 Species of Kuala Belalong Rainforest, Brunei, Borneo. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 94, n. 12, p. 1951-1962, 2007.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna (Austria), 2011. Versão 2.12.2. ISBN: 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 21 abr. 2011.
- RAMBO, B. S. J. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**, 2. ed. Porto Alegre: Livraria Selbach, 1956, 456 p.
- RAMBO, B. S. J. Migration routes of the south Brazilian rain Forest. **Pesquisas Série Botânica**, v. 12, p. 1-54, 1961.
- RIO GRANDE DO SUL. Decreto estadual nº 42.099 de 31 de dezembro de 2002 (Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção do Rio Grande do Sul). **Diário Oficial do estado do Rio Grande do Sul**, n.1, 2003.
- SARTORI, P. L. P. Geologia e Geomorfologia de Santa Maria. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, n. 38, p. 19-42, 2009.
- SCIPIONI, M. C. et al. Regeneração natural de um fragmento da Floresta Estacional na Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim (RS). **Floresta** (UFPR. Impresso), v. 39, p. 675-690, 2009.
- SCIPIONI, M. C. et al. Distribuição do compartimento arbóreo em gradiente de relevo e solos na encosta Meridional da Serra Geral, RS. **Ciência Rural** (UFSM. Impresso), v. 40, p. 1295-1301, 2010.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidâneas**. 1. ed. Santa Maria: UFSM, v. 1, 2000. 195 p.
- SCCOTI, M. S. V. et al. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Estacional Decidual. **Ciência Florestal** (UFSM. Impresso), v. 21, p. 459-472, 2011.
- SILVERTOWN, J.; CHARLESWORTH, D. **Introduction to plant population biology**. Londres: Blackwell Publishing, 2005. 347 p.
- SOBRAL, M. et al. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil**. 1. ed. São Paulo / Porto Alegre: Rima / Novo Ambiente, 2006. v. 1. 350 p.
- SOUZA, A. L. et al. Dinâmica de crescimento em diâmetro de uma floresta primária sem Interferência: Uma análise pelo tempo de passagem entre classes diamétricas. **Revista Árvore**, Viçosa - MG - Brasil, v. 17, n. 2, p. 129-145, 1993.

STERCK, F.J. & BONGERS, F. Ontogenetic changes in size, allometry, and mechanical design of tropical rain forest trees. **American Journal of Botany**, Chicago, v. 85, n. 2, p. 266-272, 1998.

TILMAN, D. J. Mechanisms of Plant Competition. In: CRAWLEY (Ed.). **Plant Ecology**. 2ed. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1997, p. 239 - 261.

VACCARO, S.; LONGHI, S. J. ; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três Subseres de uma Floresta Estacional Decidual, no município de Santa Tereza - RS. **Ciência Florestal** (UFMS. Impresso), Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 1-18, 1999.

VACCARO, S.; LONGHI, S. J. Análise fitossociológica de algumas áreas remanescentes da floresta do Alto Uruguai, entre os rios Ijuí e Turvo, no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal** (UFMS. Impresso), Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 33-53, 1995.

WAECHTER, J. L. Padrões geográficos na flora atual do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, s/v, n. 24, n. 24, p. 93-108, 2002.

WARTON, D. et al. **(Standardised) Major Axis Estimation and Testing Routines**. R package version 3.2.0. Viena, 2011. Versão 1.17-8. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/package=smatr>>. Acesso em: 21 abr. 2011.

## 8 Agradecimentos

Os autores agradecem a todas as pessoas envolvidas no trabalho de campo, Diego, Francisco, Luís Otávio, Bernardo, Daniela, Liana, Thiago, fundamentais para o sucesso e conclusão do trabalho e igualmente aos revisores anônimos, pelas sugestões e correções.