

---

**A COMUNIDADE ARBÓREA REGENERANTE DE UM 'ECOSSISTEMA EMERGENTE' DOMINADO PELA ESPÉCIE INVASORA *Pinus elliottii***

**Engelm.**

Fabrício Alvim Carvalho, Rodolfo Cesar Real de Abreu,  
Katia de Almeida Rotmeister Teixeira de Barros, Sabrina Nascimento Fonseca,  
Daniel Silva Santiago, Daiane Evangelista de Oliveira, Débora Couto de Assis,  
Franciele de Oliveira Pimentel, Mônica Ferreira de Britto Lyra e Samyra Gomes Furtado

**RESUMO**

*Este estudo analisou a estrutura e diversidade arbórea em um 'ecossistema emergente' (floresta urbana com 20 anos de regeneração) dominado pela espécie exótica Pinus elliottii Engelm., em Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. Na mancha florestal (2ha) foram alocadas 10 parcelas de 20×20m e amostrados os indivíduos com DAP ≥5cm. Foram amostrados 635 indivíduos, distribuídos em 38 espécies. P. elliottii apresentou forte dominância, com 54,2% do valor de importância (VI). Ou-*

*tras espécies de destaque no VI (Eremanthus erythropappus, Anadenanthera colubrina, Tibouchina granulosa e Myrsine coriácea) foram todas pioneiras e típicas de florestas secundárias na região. Devido a forte dominância exercida pelo P. elliottii, o índice de diversidade de Shannon (H') foi apenas 1,48 nats/ind, valor muito abaixo de outras florestas secundárias na região. Os resultados demonstram a necessidade de manejo do P. elliottii para o avanço da sucessão ecológica.*

**Introdução**

Embora importantes para a manutenção da biodiversidade, os ecossistemas naturais em paisagens urbanas que sofrem e/ou se regeneraram de impactos antrópicos, denomina-

dos recentemente de 'ecossistemas emergentes' (*Novel ecosystems*; Hobbs *et al.*, 2006), tendem a ser mais perturbados e sofrer maiores pressões ambientais, especialmente pela maior suscetibilidade às invasões biológicas. Segundo

Marris (2009), uma questão central no estudo dos 'ecossistemas emergentes' é quantificar a importância das espécies invasoras na estrutura e dinâmica das comunidades, pois em função da ausência e/ou competição com as nativas, estas

espécies assumem papéis funcionais primordiais no ecossistema.

As florestas urbanas da Floresta Atlântica da Zona da Mata de Minas Gerais, Sudeste do Brasil, são, em sua grande maioria, originadas da regeneração natural após abandono de culturas agrí-

---

**PALAVRAS CHAVE / Diversidade / Floresta Urbana / Fitossociologia / Invasão Biológica /**

Recibido: 13/06/2013. Aceptado: 17/03/2014.

**Fabrício Alvim Carvalho.** Doutor em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasil. Professor, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil. Endereço: Departamento de Botânica, UFJF. CEP 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil. e-mail: fabricio.alvim@gmail.com

**Rodolfo Cesar Real de Abreu.** Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo (USP), Brasil. Professor, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, Brasil  
**Katia de Almeida Rotmeister Teixeira de Barros.** Mestranda em Ecologia, UFJF, Brasil.

**Sabrina Nascimento Fonseca.** Graduanda em Ciências Biológicas, UFJF, Brasil.  
**Daniel Silva Santiago.** Mestrando em Ecologia, UFJF, Brasil.  
**Daiane Evangelista de Oliveira.** Graduanda em Geografia, UFJF, Brasil.  
**Débora Couto de Assis.** Graduanda em Geografia, UFJF, Brasil.

**Franciele de Oliveira Pimentel.** Graduanda em Geografia, UFJF, Brasil.  
**Mônica Ferreira de Britto Lyra.** Graduanda em Ciências Biológicas, UFJF, Brasil.  
**Samyra Gomes Furtado.** Graduanda em Ciências Biológicas, UFJF, Brasil.

## THE REGENERATING TREE COMMUNITY IN A 'NOVEL ECOSYSTEM' DOMINATED BY THE INVASIVE SPECIES *Pinus elliottii* Engelm.

Fabrício Alvim Carvalho, Rodolfo Cesar Real de Abreu, Katia de Almeida Rotmeister Teixeira de Barros, Sabrina Nascimento Fonseca, Daniel Silva Santiago, Daiane Evangelista de Oliveira, Débora Couto de Assis, Franciele de Oliveira Pimentel, Mônica Ferreira de Britto Lyra and Samyra Gomes Furtado

### SUMMARY

In this study the tree structure and diversity were examined in a novel ecosystem (urban forest with 20 years of regeneration) dominated by the exotic species *Pinus elliottii* Engelm., in Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil. We allocated 10 plots of 20×20m in the forest patch (2ha) and sampled all trees with DBH ≥5cm. We sampled 635 trees belonging to 38 species. *P. elliottii* showed strong dominance, with 54.2% of the importance value (IV). Other prominent IV species (*Eremanthus erythro-*

*pappus*, *Anadenanthera colubrina*, *Tibouchina granulosa* and *Myrsine coriacea*) were pioneers and common in secondary forests of the region. Due to the strong ecological dominance by *P. elliottii*, the Shannon diversity index ( $H'$ ) was only 1.48 nats/ind, low in comparison with other secondary forests in the region. The results demonstrate the need for management of *P. elliottii* for the advancement of ecological succession.

## LA COMUNIDAD ARBÓREA EN REGENERACIÓN DE UN 'ECOSISTEMA EMERGENTE' DOMINADO POR LA ESPECIE INVASORA *Pinus elliottii* Engelm.

Fabrício Alvim Carvalho, Rodolfo Cesar Real de Abreu, Katia de Almeida Rotmeister Teixeira de Barros, Sabrina Nascimento Fonseca, Daniel Silva Santiago, Daiane Evangelista de Oliveira, Débora Couto de Assis, Franciele de Oliveira Pimentel, Mônica Ferreira de Britto Lyra y Samyra Gomes Furtado

### RESUMEN

Este estudio ha realizado un análisis de la estructura y diversidad arbórea en un ecosistema emergente (bosque semidecidual con 20 años de regeneración) dominado por la especie invasora *Pinus elliottii* Engelm., en el municipio de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. En el área de estudio (2ha) fueron asignados 10 parcelas de 20×20m y estudiados los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥5cm. Se muestrearon 635 individuos, distribuidos en 38 especies, con *P. elliottii*; presentando fuerte predominio, con 54,2% del valor de impor-

tancia (VI). Otras especies destacadas en el VI (*Eremanthus erythropappus*, *Anadenanthera colubrina*, *Tibouchina granulosa* y *Myrsine coriacea*) han sido todas pioneras y típicas de bosques secundarios de la zona de estudio. Debido el fuerte dominio ejercido por *P. elliottii*, el índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) fue de solo 1,48 nats/ind, valor muy por debajo de otros bosques secundarios en la zona de estudio. Los resultados demuestran la necesidad de manejo del *P. elliottii* para el avance de la sucesión ecológica.

colas (Scolforo e Carvalho, 2006). Os inventários florestais realizados nas florestas urbanas do município de Juiz de Fora, por exemplo, vêm encontrando padrões muito próximos aos dos 'ecossistemas emergentes' reportados na literatura (Hobbs *et al.*, 2006), principalmente pela presença de espécies exóticas como elementos de alta representatividade em suas comunidades arbóreas (Fonseca e Carvalho, 2012; Brito, 2013; Moreira e Carvalho, 2013). Dentre as espécies exóticas registradas, *Pinus elliottii* Engelm. se destaca com grande densidade arbórea em fragmentos florestais do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora e seus arredores (Menon e Carvalho, 2012; Moreira e Carvalho, 2013). Em alguns destes fragmentos, a espécie chega a possuir a maior densidade e biomassa na comunidade (Moreira e Carvalho, 2013), demonstrando grande potencial competitivo e colonizador.

A utilização de espécies de *Pinus* para arborização urbana no Brasil era comum nas décadas de 1950 e 1960 (Kronka *et al.*, 2005). Especificamente na área do presente estudo, o Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) era uma pastagem composta por gramíneas exóticas, que na década de 1960 foi urbanizada com o plantio massivo de *P. elliottii* bordejando as pistas de veículos e as áreas de recreação da região central. Passados mais de 50 anos, atualmente é possível perceber a massiva expansão do *P. elliottii* no Campus da UFJF a partir dos locais iniciais de plantio. No entanto, a presença do *P. elliottii* como espécie dominante na comunidade regenerante de alguns 'ecossistemas emergentes' é preocupante, tendo em vista que muitas espécies do gênero *Pinus* se destacam mundialmente como notáveis invasoras biológicas (Higgins e Richardson,

1998), e os impactos das invasões têm sido amplamente reconhecidos, representando sérias ameaças à biodiversidade e função dos ecossistemas em nível mundial (Higgins e Richardson, 1998; Funk e Vitousek, 2007; Richardson *et al.*, 2008; Simberloff *et al.*, 2010).

Visando contribuir com informações a respeito da invasão biológica por *Pinus elliottii* na Floresta Atlântica brasileira, este estudo tem o objetivo de analisar a estrutura e a comunidade arbustiva-arbórea de uma floresta em processo de regeneração natural (20 anos) com expressiva densidade de *P. elliottii*, buscando-se responder as seguintes perguntas: 1) mesmo se tratando de uma floresta com pouco tempo de regeneração natural, a presença do *P. elliottii* tende a afetar os padrões de estrutura e diversidade em comparação com outras florestas secundárias da região? 2) Como a dominância do *P.*

*elliottii* tende a influenciar na diversidade e heterogeneidade de espécies da comunidade? Parte-se da premissa que a dominância do *P. elliottii* condiciona a comunidade a apresentar baixa diversidade de espécies e forte homogeneidade biótica interna, conforme relatado na literatura para florestas colonizadas por espécies de plantas invasoras.

### Material e Métodos

#### Área de estudo

A área de estudo está localizada no Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (21°46'34,70"S e 43°22'07,58"O; Datum SAD69), em altitude ~850m, pertencente à Região Mantiqueira Setentrional, Estado de Minas Gerais, Brasil (Rocha *et al.*, 2003).

A vegetação do local é enquadrada no tipo Floresta Esta-

cional Semidecidual Montana (Veloso *et al.*, 1991). O clima é do tipo Cwa (Koeppen), mesotérmico com verões quentes e estação chuvosa no verão. A precipitação média anual é de 1536mm e a média térmica anual oscila em torno de 18,9°C. Os solos são classificados como latossolo vermelho amarelo hálico e distrófico (Rocha *et al.*, 2003).

O estudo foi desenvolvido em área de regeneração florestal localizada na parte central do Campus, entre os locais conhecidos como 'Praça Cívica' e 'Lago dos Manacás'. A expansão do *P. elliottii* na área ocorreu a partir de uma linha inicial de plantio, nas estradas que circundam a área, durante a década de 1960. O ambiente estudado correspondente a uma mancha (~2,0ha) de floresta em estágio secundário de regeneração, com cerca de 20 anos de regeneração natural após abandono (pastagem bovina), com ausência de gramíneas exóticas no estrato regenerante e dossel presente, fechado, com árvores atingindo até 20m de altura.

#### Amostragem da vegetação

Para a amostragem da vegetação foi adotado o modelo de parcelas de área fixa de 20×20m para obtenção de dados comparáveis com outros estudos desenvolvidos na região. A área total do fragmento florestal (2ha) foi delimitada como universo amostral, sendo gradeada em parcelas de 20×20m para o sorteio das unidades amostrais. Foram sorteadas e alocadas 10 parcelas, totalizando uma área amostral de 4000m<sup>2</sup> (0,4ha).

No interior das parcelas foram amostrados todos os indivíduos arbóreos com DAP ≥5,0cm (DAP: diâmetro à altura do peito, 1,30m acima do solo). Todos os indivíduos foram marcados, medidos quanto ao DAP e altura, e identificados. O material botânico foi coletado com tesoura de alta poda e as amostras foram identificadas com auxílio de bibliografia taxonômica ampla e com materiais depositados no Herbário CESJ e no Laboratório de Ecologia Ve-

getal da UFJF, seguindo a circunscrição de famílias proposta por APG III (2009).

#### Análise dos dados

A estrutura fitossociológica foi analisada em conformidade com Kent e Coker (1992), sendo calculados os parâmetros riqueza de espécies (S), densidades absoluta e relativa (DA e DR), frequências absoluta e relativa (FA e FR), dominâncias absoluta e relativa (DoA e DoR) e valor de importância (VI).

A diversidade de espécies foi analisada pelo índice de diversidade de Shannon (H'), que considera a transformação logarítmica (logaritmo natural) da densidade, sendo mais influenciado pelas espécies de menor densidade, ou 'raras' na amostra (Magurran, 2004). O índice de equabilidade de Pielou (J), baseado em H', foi utilizado para estimativa da uniformidade da comunidade, como forma de aferir o quão próximo a diversidade H' obtida estaria da diversidade H' hipotética máxima (Magurran, 2004).

Análises de distribuição diamétrica foram realizadas tanto para a comunidade quanto para a população dominante de *P. elliottii*, adotando-se o intervalo de classe de diâmetro de 5cm, conforme adotado em Carvalho e Nascimento (2009). Os gráficos foram elaborados no programa Microsoft Office Excel® 2010.

Para a detecção de possíveis gradientes ambientais no fragmento, foi aplicada uma análise de correspondência distendida (DCA), utilizando-se uma matriz de densidade de espécies por unidade amostral (parcelas), seguindo critérios analíticos em Felfili *et al.* (2011). Esta análise foi realizada em duas condições, com e sem a presença do *P. elliottii*. O software PAST v.2.12 (Hammer *et al.*, 2001) foi utilizado nesta análise.

A classificação das espécies em grupos ecológicos seguiu o proposto por Oliveira-Filho e Scolforo (2008), sendo as espécies classificadas de acordo

com suas características ecológicas e sucessionais, tendo como principal fator de inclusão nas categorias a quantidade de luz disponível para seu desenvolvimento. As classes foram: P (Pioneiras); SI (secundárias iniciais); ST (secundárias tardias) e CL (climax). Quando a espécie não pode ser classificada por falta de informações, foi estabelecida a categoria NC (não classificada).

#### Resultados

Ao todo foram amostrados 635 indivíduos distribuídos em 38 espécies e 16 famílias botânicas. A densidade e dominância (área basal) estimadas por hectare foram de 1588 indivíduos/ha e 16,13m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As espécies que mais se destacaram segundo o valor de importância (VI) foram *Pinus elliottii* (54,2%), *Eremanthus erythropappus* (8,7%), *Anadenanthera colubrina* (7,7%), *Tibouchina granulosa* (5,0%) e *Myrsine coriacea* (3,3%), que juntas concentram 78,9% do VI (Tabela I). A espécie exótica *P. elliottii* foi a de maior destaque na comunidade, obtendo a maior frequência relativa, sendo a única a ocorrer em todas as parcelas amostradas; maior densidade relativa (64,4%), e a maior dominância relativa (84,9%) (Tabela I).

O gráfico da distribuição diamétrica dos indivíduos arbóreos apresentou formato de J-invertido, com maior percentagem de indivíduos (62,3% do total), se concentrando na menor classe de diâmetro (DAP= 5-10cm) e com percentual de indivíduos com maiores DAP decaindo progressivamente, até a baixa percentagem de indivíduos com DAP>35cm (0,9% do total) (Figura 1). O mesmo padrão foi observado para a população de *P. elliottii*, que possui uma concentração um pouco menor de indivíduos na menor classe de diâmetro (47,4% do total), sendo o grande responsável pelos indivíduos de maior porte na comunidade (Figura 1).

O valor do índice de Shannon foi H'= 1,48 nats/ind, e o

de equabilidade de Pielou foi J'= 0,40, mostrando que apenas 40% da diversidade (H') hipotética máxima foi obtida. Entretanto, os valores dos índices excluindo-se os dados de *P. elliottii* foram mais elevados, com H'= 2,34 nats/ind e J= 0,65.

A análise dos grupos ecofisiológicos evidencia que a comunidade é composta exclusivamente por espécies exóticas e por grupos sucessionais iniciais, com grande expressividade de espécies pioneiras nativas, com 71,1% do total de espécies e 34,1% do total de indivíduos (Figura 2).

A análise de correspondência segmentada (DCA) resultou em uma fraca divisão, apresentando autovalores de 0,24 para o eixo 1 e 0,10 para o eixo 2, respectivamente (Figura 3a), mostrando forte homogeneidade na distribuição das espécies e gradientes ambientais muito curtos, considerando o limite de autovalor significativo como >0,3 para florestas tropicais (Felfili *et al.*, 2011). No entanto, a análise sem os dados de *P. elliottii* resultou em divisões fortes, com autovalores de 0,72 e 0,34 para os eixos 1 e 2, respectivamente (Figura 3b), mostrando uma distribuição mais heterogênea e um gradiente ambiental mais longo para as espécies nativas da comunidade.

#### Discussão

Os parâmetros estruturais e fitossociológicos demonstraram nítida monodominância de *Pinus elliottii* na comunidade, com mais de 50% da densidade e da biomassa (área basal), considerando os critérios de Hart (1990) para monodominância em florestas tropicais. Os resultados mostraram também notória invasão biológica por *P. elliottii* na comunidade, tendo em vista que a densidade por ha foi compatível com outros estudos em trechos que a espécie foi dada como invasora. Ressalta-se que embora a espécie esteja invadindo área de domínio de Floresta Estacional Semidecidual Montana, a região invadida era uma área degradada composta por pastagem e árvores de *Pinus*, ou seja, uma

TABELA I  
 PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES ARBÓREAS AMOSTRADAS  
 NO ECOSISTEMA EMERGENTE (FLORESTA SEMIDECIDUAL EM REGENERAÇÃO)  
 NO CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, MG, BRASIL\*

Espécie	GE	DA	AB	DR	DoR	FR	VI	VI (%)
<i>Pinus elliottii</i> Engelm.	Ex	409	5,4844	64,41	84,99	13,33	162,73	54,24
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) Macleish	Pi	73	0,2467	11,50	3,82	10,67	25,99	8,66
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Pi	55	0,2484	8,66	3,85	10,67	23,18	7,73
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	Pi	21	0,0728	3,31	1,13	10,67	15,10	5,03
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Pi	15	0,0474	2,36	0,73	6,67	9,76	3,25
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	Pi	7	0,0433	1,10	0,67	4,00	5,77	1,92
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Pi	9	0,0421	1,42	0,65	2,67	4,74	1,58
<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	Pi	6	0,0191	0,94	0,30	1,33	2,57	0,86
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Pi	2	0,0527	0,31	0,82	1,33	2,46	0,82
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Pi	1	0,0441	0,16	0,68	1,33	2,17	0,72
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	Pi	3	0,0085	0,47	0,13	1,33	1,94	0,65
<i>Miconia urophylla</i> DC.	Pi	3	0,0061	0,47	0,09	1,33	1,90	0,63
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Pi	1	0,0229	0,16	0,35	1,33	1,85	0,62
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Pi	2	0,0123	0,31	0,19	1,33	1,84	0,61
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	Pi	2	0,0106	0,31	0,16	1,33	1,81	0,60
<i>Machaerium nictitans</i> (Vell.) Benth.	Pi	2	0,0094	0,31	0,15	1,33	1,79	0,60
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathl.	Pi	2	0,0091	0,31	0,14	1,33	1,79	0,60
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Pi	2	0,0055	0,31	0,09	1,33	1,73	0,58
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Pi	1	0,0116	0,16	0,18	1,33	1,67	0,56
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Pi	1	0,0074	0,16	0,12	1,33	1,61	0,54
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Mull. Arg.	Pi	1	0,0053	0,16	0,08	1,33	1,57	0,52
<i>Tibouchina</i> spl	Nc	1	0,0042	0,16	0,07	1,33	1,56	0,52
Melastomataceae spl	Nc	1	0,0039	0,16	0,06	1,33	1,55	0,52
<i>Erythroxylum</i> spl	Nc	1	0,0036	0,16	0,06	1,33	1,55	0,52
<i>Ocotea</i> spl	Nc	1	0,0033	0,16	0,05	1,33	1,54	0,51
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	Si	1	0,0030	0,16	0,05	1,33	1,54	0,51
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	Si	1	0,0030	0,16	0,05	1,33	1,54	0,51
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Si	1	0,0028	0,16	0,04	1,33	1,53	0,51
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	Si	1	0,0026	0,16	0,04	1,33	1,53	0,51
<i>Senna macranthera</i> (DC.ex Collad.) HS.Irwin & Barneby	Pi	1	0,0025	0,16	0,04	1,33	1,53	0,51
Asteraceae spl	Nc	1	0,0023	0,16	0,03	1,33	1,53	0,51
Melastomataceae spl2	Nc	1	0,0020	0,16	0,03	1,33	1,52	0,51
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr	Pi	1	0,0019	0,16	0,03	1,33	1,52	0,51
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Alemao ex Benth.	Pi	1	0,0018	0,16	0,03	1,33	1,52	0,51
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Pi	1	0,0018	0,16	0,03	1,33	1,52	0,51
<i>Miconia</i> spl	Pi	1	0,0017	0,16	0,03	1,33	1,52	0,51
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Pi	1	0,0016	0,16	0,02	1,33	1,52	0,51
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	Pi	1	0,0016	0,16	0,02	1,33	1,52	0,51

\* Espécies ordenadas segundo o valor de importância (VI).  
 GE: grupo ecofisiológico (PI: pioneira; SI: secundária inicial; NC: não classificada); DA: densidade absoluta; AB: área basal (m<sup>2</sup>); DR: densidade relativa (%); DoR: dominância relativa (%); FR: frequência relativa (%); VI: valor de importância; VI(%): valor de importância em porcentagem.

fisionomia aberta. Estudos anteriores apontaram *P. elliottii* como invasor de fisionomias abertas de Cerrado e devido ao hábito pioneiro (Zanchetta e Diniz, 2006) dificilmente esta espécie conseguiria colonizar áreas de florestas. Por exemplo, no Estado de São Paulo, Almeida *et al.* (2010) encontraram densidade de 1704 indivíduos/ha em vegetação campestre invadida por *P. elliottii* na Estação Ecológica de Itapeva, e Abreu e Durigan (2011) encontraram 3550 indivíduos/ha em área densamente invadida por *P. elliottii* em campo cerrado na Estação Ecológica

de Santa Bárbara. Além disso, sob outra ótica, os dados de dominância (área basal) do *P. elliottii* também são próximos aos registrados por Tonini *et al.* (2001) em povoamentos comerciais com 18 anos implantados em municípios no Estado do Rio Grande do Sul, o que expressa uma capacidade produtiva similar à encontrada em plantios comerciais, e a alta influência da espécie na comunidade estudada.

A conformação da distribuição diamétrica, em forma de J-invertido, é encontrada em comunidades estáveis e autorregenerativas, em que existe um ba-

lanço entre mortalidade e o recrutamento dos indivíduos, pois o estoque de jovens será capaz de substituir os adultos senis ou em decrepitude (Harper, 1990). O alto percentual de árvores finas, incluídas na primeira classe de diâmetro, indica que o fragmento encontra-se em estágio inicial de regeneração, pois segundo Chazdon (2008), florestas em estágios mais iniciais de regeneração apresentam grandes adensamentos de árvores finas, quando comparados com florestas maduras, que apresentam um grande número de indivíduos com áreas basais grandes. Adi-

cionalmente, a ausência de fatores reguladores da população no ambiente invadido (fogo, inimigos naturais), favorece a grande proporção de árvores finas observadas. Enquanto no ambiente original da espécie, nas planícies arenosas do Sudeste dos EUA, a frequência de incêndios naturais parece exercer papel regulador sobre as populações de diversas espécies de *Pinus* (Varner *et al.*, 2005; Ford *et al.*, 2010), sendo responsável pela manutenção da diversidade da savana (Brewer, 1988). Comparando-se a distribuição do *P. elliottii* com a comunidade, nota-se que as espécies nativas concentram-se em sua maioria na menor classe de diâmetro, o que mostra uma tendência de entrada destas espécies na comunidade. No entanto, a população de *P. elliottii*, em forma de J-invertido, demonstra capacidade de permanência em longo prazo, o que pode retardar e/ou até mesmo impedir a entrada e o estabelecimento de espécies nativas, tendo em vista a alta capacidade competitiva do *P. elliottii*.

O valor do índice de diversidade ( $H' = 1,48$  nats/ind) foi o menor encontrado até o momento para inventários arbóreos na região de estudo (município de Juiz de Fora), onde os valores variam de  $H' = 2,82$  nats/ind para uma área com 40 anos de regeneração natural após abandono de pastagem (Moreira e Carvalho 2012) a até  $H' = 3,30$  nats/ind (Brito, 2013) em uma área com cerca de 100 anos de regeneração natural após abandono de lavoura de café. Mas, quando calculado o índice  $H'$  sem a presença de *P. elliottii*, seu valor aumenta consideravelmente ( $H' = 2,34$  nats/ind), deixando-o dentro da faixa de valores encontrados nos estudos citados. O mesmo padrão de perda de diversidade foi encontrado por Abreu e Durigan (2011) em vegetação de campo cerrado (incluindo gramíneas, herbáceas, arbustos e árvores), em áreas de referência não invadidas por *P. elliottii* o valor de  $H'$  foi de 2,82 nats/ind e em áreas densamente invadidas, o valor de  $H'$  caiu para 0,44 nats/ind. Mesmo considerando que o fragmento estudado possua apenas 20 anos de regeneração natu-

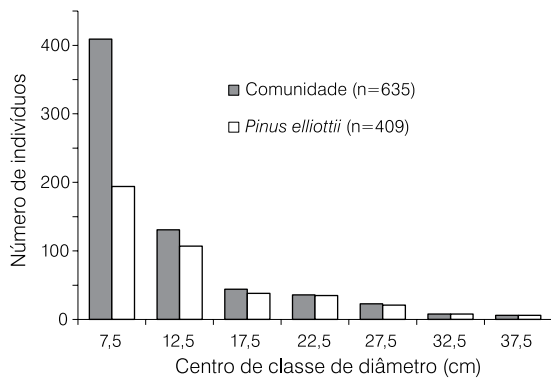


Figura 1. Distribuição diamétrica comparativa da comunidade arbórea e da população de *Pinus elliottii* no ecossistema emergente (floresta semidecidual em regeneração) no Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil.

ral, análises em outros fragmentos de floresta semidecidual secundária com pouco tempo de regeneração natural no Sudeste de Minas Gerais encontraram índice  $H' > 3,00$  nats/ind (Gonzaga *et al.*, 2008). No entanto, em nenhum destes fragmentos foram amostradas espécies exóticas invasoras com expressividade na comunidade. Abreu e Durigan (2011) demonstraram que em menos de 10 anos um ecossistema ocupado por alguns indivíduos adultos de *P. elliottii* pode ser densamente invadido. Espécies invasoras podem permanecer latentes por longos períodos antes de colonizar densamente novas áreas, sendo comumente observada uma fase de latência (*lag phase*) entre o estabelecimento e o espalhamento (Sakai *et al.*, 2001). Estes resultados mostram

que caso *P. elliottii* rompa a fase de latência, em pouco tempo pode reduzir drasticamente a diversidade local.

A análise dos grupos ecofisiológicos indicou que comunidade é composta quase que exclusivamente por espécies exóticas e espécies pioneiras. Chazdon (2008) relata que o rápido crescimento das pioneiras pode trazer o fechamento do dossel no período de cinco a dez anos após o abandono em florestas neotropicais. Como a estrutura florestal da área estudada possui cerca de 20 anos, apresenta forte dominância de espécies exóticas e ausência de espécies secundárias tardias e de espécies climáticas, pode-se dizer que a floresta dificilmente conseguirá avançar sem intervenções para as

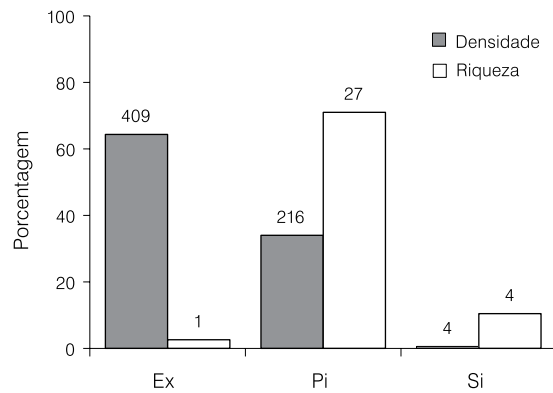


Figura 2. Distribuição relativa da riqueza e densidade de espécies da comunidade arbórea segundo os grupos ecológicos no ecossistema emergente (floresta semidecidual em regeneração) no Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil. Siglas: Ex: exótica; Pi: pioneira; Si: secundária inicial.

próximas etapas da sucessão ecológica. Além disto, Chazdon (2008) comenta que a grande presença de grupos sucessionais iniciais, em associação com espécies exóticas, indica que a comunidade florestal está sob influência de perturbações, principalmente antrópicas. De fato, a área de estudo encontra-se no centro do Campus universitário, sem qualquer tipo de proteção ou isolamento (cercas), apresenta trilhas e clareiras antigas, e fluxo eventual de pessoas, fatos que em conjunto podem também interferir negativamente no processo de sucessão natural da área.

A análise de correspondência segmentada (DCA) sugere a presença de forte homogeneida-

de na distribuição das espécies na comunidade. Felfili *et al.* (2011) comentam que autovalores  $> 0,3$  são indicativos de gradientes ambientais em florestas tropicais heterogêneas pois retratam a disposição das espécies ao longo dos seus nichos ecológicos (gradientes) preferenciais. A inexistência de gradiente ambiental na presente análise pode ser explicada pela ocorrência de uma única espécie (*P. elliottii*) de grande densidade ocupando grande parte do nicho fundamental da área, com o restante das espécies concentrando-se

em nichos menores no gradiente (Felfili *et al.*, 2011); e tal padrão fica nítido na análise com exclusão de *P. elliottii* da matriz, onde os elevados autovalores evidenciaram fortes gradientes ambientais; ou seja, as análises mostram que a invasão por *P. elliottii*, além de diminuir a diversidade local, também contribui na homogeneização da biota. Isso mostra uma grande susceptibilidade desses ambientes mais abertos, em regeneração, à invasão por *P. elliottii*, que é essencialmente uma espécie pioneira que se desenvolve muito bem em áreas abertas (Zanchetta e Diniz, 2006; Almeida *et al.*, 2010; Abreu e Durigan, 2011). Além disso, foi observado aspecto similar ao de espécies pioneiras em dinâmica de florestas secundárias (Chazdon, 2008), onde os indivíduos de uma mesma espécie exibem distribuição agregada ao colonizar o ambiente. A dispersão anemocórica da espécie invasora e a vegetação de fisionomia aberta (antiga pastagem) favorece este tipo de estratégia, que beneficia a própria espécie.

*P. elliottii* é uma espécie invasora que causa impactos na vegetação local, como perda de diversidade e inibição da regeneração natural. Em vista disso, para que a sucessão ecológica avance é necessário intervir com técnicas de manejo desta espécie competitiva superior às nativas da região. Introduzir espécies nativas também pode au-

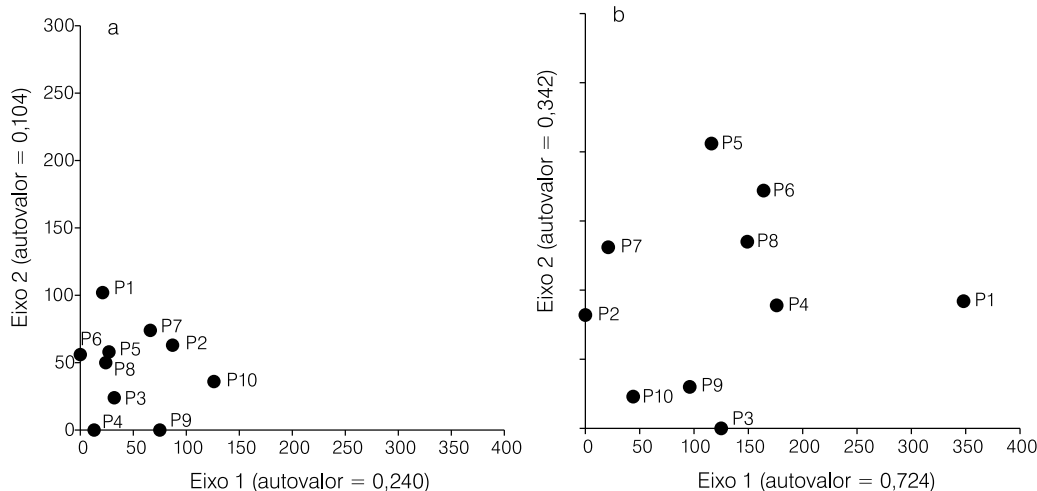


Figura 3. Diagrama de ordenação das parcelas do componente arbóreo resultante da análise de correspondência segmentada (DCA), considerando (a) toda a comunidade e (b) comunidade sem *P. elliottii*, no ecossistema emergente (floresta semidecidual em regeneração) no Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil.

xiliar na aceleração do processo sucessional. A remoção desta espécie invasora é relativamente simples uma vez que a espécie não rebrota após o corte. Em locais com facilidade de acesso, a madeira pode ser comercializada e a receita obtida pode cobrir as operações de manejo e em alguns casos até mesmo cobrir os custos de plantio de espécies nativas (Abreu, 2013). A queda das árvores manejadas, em um primeiro momento pode atingir árvores nativas, no entanto, com a recuperação da vegetação resultados benéficos serão atingidos em médio e longo prazo.

### Conclusões

Os resultados mostram uma floresta em processo de regeneração com monodominância da espécie exótica invasora *Pinus elliottii*, cuja estrutura populacional apresenta tendência auto regenerante, resultando em baixa diversidade local de espécies e na homogeneidade na conformação estrutural da comunidade arbórea. Considerando-se que o estrato regenerante representa uma tendência do futuro florístico e estrutural da floresta nas próximas décadas, pode-se inferir que esta floresta apresentará uma dinâmica sucessional com dificuldades para avançar para estágios mais maduros. A invasora *Pinus elliottii*, por ser uma forte competidora em fitossociologias abertas, ao colonizar densamente a área tende a impedir o estabelecimento e o desenvolvimento das espécies nativas. Para promover a conservação da área e aumentar a complexidade estrutural da comunidade serão necessárias medidas de manejo que visem excluir a invasora do sistema e enriquecer de alguma forma (plantio de mudas, semeadura direta) o ecossistema estudado.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colegas do herbário CESJ-UFJF pelo auxílio na identificação botânica; aos alunos do Laboratório de Ecologia Vegetal (Departamento de Botânica, UFJF), especialmente a Breno Moreira e Norberto E. Oliveira-Neto, pelo

auxílio nos trabalhos de campo; à FAPEMIG pelo apoio financeiro (Projeto APQ 04438/10). Este artigo é resultante do trabalho final da disciplina “Métodos de estudos da vegetação” do curso de Ciências Biológicas da UFJF. R.C.R. Abreu agradece a CAPES/FULBRIGHT 2011 pela bolsa de estudos.

### REFERÊNCIAS

- Abreu RCR (2013) *Ecologia e Controle da Invasão por Pinus elliottii no Campo Cerrado*. Tese. Universidade de São Paulo. Brasil. 95 pp.
- Abreu RCR, Durigan G (2011) Changes in the plant community of a Brazilian grassland savannah after 22 years of invasion by *Pinus elliottii* Engelm. *Plant Ecol. Div.* 4: 269-278.
- Almeida RS, Cielo-Filho R, Souza SCPM, Aguiar OT, Pastore JA, Baitello JB, Kanashiro MM, Mattos IFA, Franco GADC, Lima CR (2010) Campo Sujo Úmido: fitossociologia de Cerrado ameaçada pela contaminação de *Pinus elliottii* Engelm na Estação Ecológica de Itapeva, Estado de São Paulo. *Rev. Inst. Flor.* 22: 71-91.
- Alvey AA (2006) Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urb. For. Urb. Green.* 5: 195-201.
- APG III (2009) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Soc. Lond.* 161: 105-121.
- Brewer JS (1998) Patterns of plant species richness in a wet slash-pine (*Pinus elliottii*) savanna. *J. Torr. Bot. Soc.* 125: 216-224.
- Brito PS (2013) *A Comunidade Arbórea de Trecho de Floresta Atlântica Secundária no Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora*. Tese. Universidade Federal de Juiz de Fora. Brasil. 52 pp.
- Carvalho FA, Nascimento MT (2009) Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de um remanescente de Floresta Atlântica submontana (Silva Jardim-RJ, Brasil). *Rev. Árvore* 33: 327-337.
- Chazdon RL (2008) Chance and determinism in tropical forest succession. Em Carson WP, Schnitzer SA (Eds.) *Tropical Forest Community Ecology*. Blackwell. Chichester, RU. pp. 384-408.
- Felfili JM, Carvalho FA, Venturoli F, Pereira BAS, Libano AM, Machado ELM (2011) Análise multivariada: princípios e métodos em estudos de vegetação. In Felfili JM, Eisenlohr PV, Melo MMRF, Andrade LA, Meira Neto JAA (Orgs.) *Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Caso*. Vol. 1. UFV. Viçosa, Brasil. pp.122-155.
- Fonseca CR, Carvalho FA (2012) Aspectos florísticos e fitossociológicos da comunidade arbórea de um fragmento urbano de Floresta Atlântica (Juiz de Fora, MG). *Biosc. J.* 28: 820-832.
- Ford CR, Minor ES, Fox GA (2010) Long-term effects of fire and fire-return interval on population structure and growth of longleaf pine (*Pinus palustris*). *Can. J. For. Res.* 40: 1410-1420.
- Funk JL, Vitousek PM (2007) Resource-use efficiency and plant invasion in low-resource systems. *Nature* 446: 1079-1081.
- Gonzaga APD, Oliveira-Filho AT, Machado ELM, Hargreaves P, Machado JNM (2008) Diagnóstico florístico-estrutural do componente arbóreo da floresta da Serra de São José, Tiradentes, MG, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 22: 505-520.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological statistical software package for education and data analysis. *Palaentol. Electr.* 4: 9.
- Harper JL (1990) *Population Biology of Plants*. Academic Press. London, RU. 892 pp.
- Hart TB (1990) Monospecific dominance in Tropical Rain Forests. *Tree* 5: 6-11.
- Higgins SI, Richardson DM (1998) Pine invasions in the southern hemisphere: modeling interactions between organism, environment and disturbance. *Plant Ecol.* 135: 79-93.
- Hobbs RJ, Arico S, Aronson J, Baron JS, Bridgewater P, Cramer VA, Epstein PR, Ewel JJ, Klink CA, Lugo AE, Norton D, Ojima D, Richardson DM, Sanderson EW, Valladares F, Vilà M, Zamora R, Zobel M (2006) Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecol. Biogeogr.* 15: 1-7.
- Kent M, Coker P (1992) *Vegetation Description and Analysis*. Wiley. Nova York, EEUU. 365 pp.
- Kronka FJN, Bertolani F, Ponce RH (2005) *A Cultura do Pinus no Brasil*. Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo, Brasil. 160 pp.
- Magurran AE (2004) *Measuring Biological Diversity*. Blackwell. Oxford, RU. 215 pp.
- Marris E (2009) Ragamuffin Earth. *Nature* 460: 450-453.
- Menon TA, Carvalho FA (2012) Estrutura populacional de *Pinus elliottii* em áreas de regeneração florestal em Juiz de Fora, MG. *Pesq. Flor. Bras.* 32: 367-372.
- Moreira B, Carvalho FA (2013) A comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Atlântica após 40 anos de sucessão secundária (Juiz de Fora, MG). *Biomas* 26: 59-70.
- Oliveira-Filho AT, Scolforo JRS (2008) *Inventário Florestal de Minas Gerais: Espécies arbóreas da flora nativa*. UFLA. Lavras, Brasil. 576 pp.
- Richardson DM, Wilgen BW, Nunez MA (2008) Alien conifer invasions in South America: short fuse burning? *Biol. Invas.* 10: 573-577.
- Rocha GC, Latuf MO, Carmo LFZ (2003) Mapeamento de riscos ambientais à escorregamentos na área urbana de Juiz de Fora, MG. *Geografia* 12: 509-516.
- Sakai AK, Allendorf FW, Holt JS, Lodge DM, Molofsky J, With KA, Baughman S, Cabin RJ, Cohen JE, Ellstrand NC, McCauley DE, O'Neil P, Parker IM, Thompson JN, Weller SG (2001) The population biology of invasive species. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 32: 305-332.
- Scolforo JRS, Carvalho LMT (2006) *Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e Dos Reflorestamentos de Minas Gerais*. UFLA. Lavras, Brasil. 288 pp.
- Simberloff D, Nuñez MA, Ledgard NJ, Pauchard A, Richardson DM, Sarasola M, van Wilgen BW, Zalba SM, Zenni RD, Bustamante R, Peña E, Ziller SR (2010) Spread and impact of introduced conifers in South America: lessons from other southern hemisphere regions. *Austral Ecol.* 35: 489-504.
- Tonini H, Finger CAG, Schneider PR (2001) Crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Piratini no Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciênc. Rural* 31: 85-90.
- Varner JM, Gordon DR, Putz FE, Hiers JK (2005) Restoring fire to long-unburned *Pinus palustris* ecosystems: novel fire effects and consequences. *Restor. Ecol.* 13: 536-544.
- Velos HP, Rangel-Filho ALR, Lima JCA (1991) *Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal*. IBGE. Rio de Janeiro, Brasil. 123 pp.
- Zanchetta D, Diniz FV (2006) Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). *Rev. Inst. Flor.* 18: 1-14.
- Ziller SR, Galvão F (2002) A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *P. taeda*. *Floresta* 32: 41-47.