

Árvores e regenerantes em florestas nativas e plantadas sobre influência de maciço alcalino de Poços de Caldas

Marcelo Souza Motta¹ , Felipe Santana Machado^{2,*} , Aloysio Souza de Moura³ ,
Gleyce Campos Dutra⁴ , Antônio Cláudio Davide⁵, Marco Aurélio Leite Fontes⁵ 

¹Analista Ambiental do ICMBio, Parque Nacional do Itatiaia, C.P. 83657, 27580-970, Itatiaia, RJ, Brasil.

²Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Sapucaí, 37490-000, São Gonçalo do Sapucaí, MG, Brasil.

³Zetta UFLA – Agency for Innovation in Geotechnologies and Intelligent Systems in Agribusiness, C.P. 3037, 37200-900, Lavras, MG, Brasil.

⁴Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Engenharia Florestal, Rodovia MG 367, nº 5000, Alto do Jacuba, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil.

⁵Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais, C.P. 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil.

*Autor para correspondência: epilefsama@hotmail.com

Recebido em: 02.III.2023

Aceito em: 11.VI.2024

RESUMO – O Maciço alcalino de Poços de Caldas é uma região prioritária para a conservação da biodiversidade. Mesmo a região em contínua ameaçada por ações antrópicas. A recuperação perpassa por métodos como plantios monoespecíficos. Contudo, o atual status de conservação é incipiente. Diante desse panorama, este trabalho tem por objetivo apresentar a riqueza, composição e estrutura de árvores e regenerantes em florestas nativas e plantadas; verificar se existe similaridade da composição em diferentes tipos vegetacionais e correlacionar as árvores e regenerantes com as características do solo do maciço alcalino. Por meio de uma amostragem de árvores (19 parcelas de 20×15m) e regenerantes (25 parcelas, duas parcelas de 6 m² dentro das parcelas maiores) em áreas de floresta nativa, capoeira, monocultura de eucalipto e monocultura de pinus. Foram encontradas 134 espécies arbustivo-arbóreas, distribuídas em 75 gêneros e 40 famílias. Essa riqueza está abaixo em relação a pesquisas próximas ao maciço alcalino. A heterogeneidade e complexidade do ambiente afetam a composição, bem como a estrutura que apresenta espécies de diferentes estágios sucessionais tanto para árvores quanto para os regenerantes.

Palavras-chave: espécie-ambiente, floresta plantada, restauração.

ABSTRACT – *Trees and regenerants in native and planted forests under the influence of the Poços de Caldas alkaline massif.* The Alkaline Massif of Poços de Caldas is a priority region for the biodiversity conservation. Even the region is still threatened by anthropic actions. Recovery involves methods such as monospecific plantings. However, the current conservation status is incipient. Given this panorama, this research aims to: present the richness, composition and structure of trees and regenerating in native and planted forests; verify if there is similarity of composition in different vegetation types; and to correlate the trees and regenerants with soil characteristics of the alkaline massif. Through a sampling of trees (19 plots - 20×15m) and regenerating trees (25 plots - two plots of 6m² within the larger plots) in areas of native forest, capoeira, eucalyptus monoculture and pine monoculture. A total of 134 tree-shrub species were found, distributed in 75 genera and 40 families. This richness is below in relation to researches close to the alkaline massif. The heterogeneity and complexity of the environment affect the composition, as well as the structure that presents species of different successional stages for both trees and regenerators.

Keywords: environmental-species, homogeneous plantation, restoration.

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais se apresentam como um mosaico de diferentes estádios de regeneração (Whitmore 1982). Após uma perturbação natural ou antrópica, ocorre a sucessão ecológica (Gómez-Pompa *et al.* 1991), que é um processo dinâmico caracterizado por uma sequência de modificações na composição e estrutura de uma comunidade vegetal ao longo do tempo, até o equilíbrio denominado clímax (Margalef 1989, Kent & Coker 1992, Lamprecht 1993). Esse dinamismo gera uma paisagem heterogênea

que interfere nas populações e resulta em mudanças na riqueza e composição das comunidades (Soulé *et al.* 2003, Opdam *et al.* 1993). Essas disparidades naturais e as formas de ocupação da terra implicam na disponibilidade de sementes ou de material vegetativo para regeneração natural (Lira *et al.* 2021, Grelle *et al.* 2021).

Inserido nesse contexto há o Maciço alcalino de Poços de Caldas. O maciço é uma formação geomorfológica de formato circular datada do período Cretáceo tardio (Grohmann *et al.* 2007). A vegetação do maciço é diferenciada da vegetação de outros locais do estado de

Minas Gerais, e por esse motivo é considerada prioritária para a conservação da biodiversidade da Floresta Atlântica (Conservation International 2000). Embora existam muitas ações para a preservação e conservação, esta região continua ameaçada pela pressão constante de produtores de carvão, madeireiras, lavradores, especulação imobiliária, construção de estradas e represas, mineração e atividades industriais, entre outras. Como se trata de uma área em que houve um forte manejo resultado de extração mineral, na recuperação inicial das áreas foram utilizadas espécies exóticas como *Pinus* L. e *Eucalyptus* L'Hér. (Nascimento et al. 2017, Nascimento et al. 2019).

A RPPN Retiro Branco está localizada na região de Poços de Caldas e sua composição inclui espécies da mata atlântica, cerrado e campos rupestres. Seu entorno apresenta comunidades rurais e pequenas propriedades agrícolas com produção de café, leite e derivados. A RPPN é central geograficamente em relação aos demais remanescentes florestais não protegidos por lei, funcionando como uma fonte de propágulos e centro de biodiversidade (Retiro Branco 2022).

A recuperação das áreas da RPPN e seu entorno utilizou métodos como plantios econômicos monoespecíficos como potencial facilitador da restauração de formações naturais (Tabarelli et al. 1993, Durigan et al. 1997, Sartori et al. 2002). Por exemplo, Lombardi & Motta Jr. (1992) e Aubert & Oliveira-Filho (1994) mostraram o *Pinus* favorece a regeneração de formações florestais. Esse método favorece a recuperação, porém até o presente momento o status de conservação do maciço alcalino de Poços de Caldas é incipiente e este relato de pesquisa tenta responder parte dessas questões e corroborar com informações sobre aspectos de comunidade, conservação e propriedades dos solos.

Diante desse panorama, este trabalho apresenta múltiplos objetivos: 1) apresentar a riqueza, composição e estrutura de árvores e regenerantes em florestas nativas e plantadas; 2) verificar se existe similaridade da composição em diferentes tipos vegetacionais; e 3) correlacionar as árvores e regenerantes com as características do solo do maciço alcalino. Aqui hipotetiza-se que a riqueza, composição e estrutura estejam em consonância com inventários florestais no sudeste brasileiro e próximos ao maciço alcalino, bem como os ambientes apresentam similaridade em conformidade com a complexidade e heterogeneidade ambiental apresentada pelo tipo vegetacional; e por fim espera-se que a estrutura da diversidade seja favorecida pelos aspectos alcalinos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área dentro dos limites da RPPN Retiro Branco (21°47'13"S e 46°34'10"O) no município de Poços de Caldas, Minas Gerais (Fig. 1). A unidade de conservação apresenta uma área 400 ha, sendo aproximadamente 300 de vegetação e o restante

dividido entre cerrado e campos rupestres. A altitude média é de 1.340 metros com o clima do tipo Cwb de Köppen e caracteriza-se por verões chuvosos e estações bem definidas (Alvares et al. 2014). Os solos nas parcelas foram Argissolos Vermelhos Distróficos típicos e Neossolos Litólicos Distróficos típicos, além de manchas de Gleissolos e Cambissolos Háplicos Distróficos.

A área de estudo constitui-se em um mosaico formado por plantios homogêneos de *Pinus elliottii* Engelm., *Eucalyptus grandis* W.Hill e *Eucalyptus saligna* Sm. com aproximadamente 25 anos de idade com sub-bosque espontâneo nativo e áreas de Floresta Estacional Semidecidual Montana em estágio inicial de regeneração (antigas pastagens com alta frequência de incêndios) e em avançada regeneração (fragmentos com histórico de exploração seletiva de espécies madeiráveis) (Fig. 1).

A amostragem de árvores aconteceu em 19 parcelas de 300 m² (20×15 m), sendo seis parcelas no plantio de *Pinus*, sete no plantio de *Eucalyptus* e seis na área em regeneração inicial (doravante denominada “capoeira”), totalizando 0,57 ha. Para levantamento da regeneração natural foram alocadas e medidas 25 parcelas de 12 m² (duas parcelas de 6 m² dentro das parcelas maiores), 19 situadas dentro das parcelas maiores e seis alocadas em fragmento florestal.

Todos os indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 5 cm foram amostrados, identificados e medidos em sua circunferência (CAP), utilizando-se fita métrica, e altura total por meio de vara graduada. Como regeneração natural foram considerados todos os indivíduos com altura superior a 0,2 m e DAP < 5 cm. Os indivíduos amostrados foram herborizados e identificados com o auxílio de chaves de identificação, comparações com a coleção do herbário da UFLA (Material Suplementar) e por meio de consultas a especialistas. A classificação das espécies em famílias seguiu o sistema do Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV 2016).

As variáveis ambientais levantadas foram topográficas (cota média e declividade) e edáficas (classe de drenagem, pH em água; teores de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al); acidez potencial (H + Al); soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions ou CTC efetiva (t); CTC a pH 7,0 (T); saturação por alumínio (m); saturação por bases (V); carbono (C); matéria orgânica (MO) e proporções de areia, silte e argila obtidas por análises de amostra composta de solo em cada parcela com 20 cm de profundidade.

Para a análise dos dados, utilizaram-se métodos descritivos que consistem na coleta, análise e interpretação dos dados numéricos por meio da construção de tabelas e gráficos. Para analisar a riqueza utilizou-se curvas de acúmulo de espécies e estimadores de riqueza “Abundance Coverage Estimator” (ACE) e Chao 1 (similar a Machado et al. 2016). As curvas foram construídas com 1000 randomizações. O programa EstimateS versão 9.10 (Colwell et al. 2012) foi usado para a construção das curvas e estimadores.

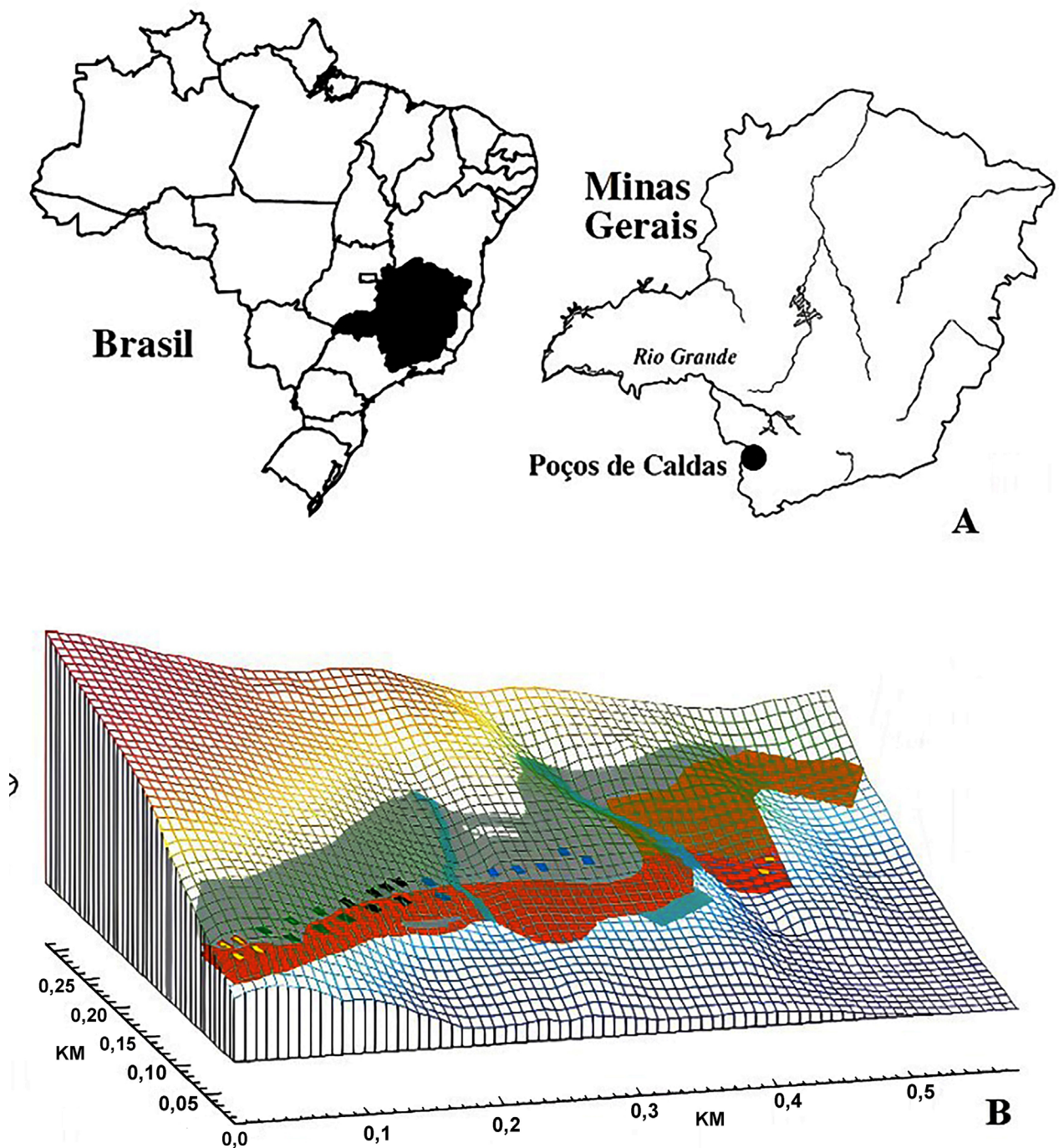


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo. **A.** Disposição das parcelas na área de estudo, **B.** município de Poços de Caldas, Minas Gerais (Classes de solos: Argissolos Vermelhos Distróficos típicos na cor laranja, Neossolos Litólicos Distróficos típicos na cor cinza, Cambissolos Háplicos Distróficos na cor marrom; parcelas amarelas estão sob *Pinus*, parcelas verdes estão na capoeira, parcelas pretas estão no fragmento, parcelas azuis estão sob *Eucalyptus*).

Para analisar e comparar a similaridade da composição entre os tipos de vegetação para as árvores e regenerantes foram realizados pelo índice de Bray Curtis (Valentin 2000) utilizando o método UPGMA de acordo com a composição das espécies. Esses grupos foram feitos no

programa Primer 6 + Permanova (Clarke & Gorey 2006, Anderson *et al.* 2008).

Para realizar a análise das correlações entre a distribuição das espécies e as variáveis ambientais foi adotada a técnica de análise de correspondência canônica associado a um

teste de permutação de Monte Carlo (CCA; ter Braak 1987) das abundâncias das espécies em conjunto com as variáveis, por meio do programa PC-ORD 4 (McCune & Mefford 1997).

RESULTADOS

Foram identificadas 134 espécies arbustivo-arbóreas, distribuídas em 75 gêneros e 40 famílias, incluindo as espécies exóticas *Pinus elliottii* (da família também alóctone Pinaceae), *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* (Myrtaceae). A lista completa de espécies e os números de tomo em herbário estão no material suplementar. No estrato de regeneração natural foram identificadas 122 espécies arbóreas, distribuídas em 67 gêneros e 38 famílias. As famílias com maior riqueza de espécies foram Myrtaceae (20 spp.), Melastomataceae (18 spp.), Rubiaceae (9 spp.), Lauraceae e Asteraceae (8 spp.), Aquifoliaceae, Euphorbiaceae e Fabaceae (4 spp.), Boraginaceae, Salicaceae, Myrsinaceae, Solanaceae e Vochysiaceae (3), as quais representam 73,8 % da flora. Do total de famílias, 47,2% (17) foram representadas por uma única espécie. Os gêneros que apresentaram maiores riquezas florísticas foram *Ocotea* Aubl. e *Miconia* Ruiz & Pav. (7 spp. cada), *Leandra* Raddi e *Eugenia* L. (6 spp.), *Tibouchina* Aubl., *Myrcia* DC., *Ilex* L. e *Psychotria* L. (4 spp.), *Baccharis* L., *Cordia* L. e *Vochysia* Aubl. (3 spp.).

No estrato arbóreo foram amostradas 63 espécies pertencentes a 48 gêneros e 28 famílias. As famílias com maior riqueza de espécies foram Myrtaceae (11 spp.), Lauraceae (7 spp.), e Melastomataceae (4 spp.), as quais representam 36,1% da flora. Observa-se que 57,1% das famílias (16) foram representadas por uma única espécie. Os gêneros mais ricos floristicamente foram *Ocotea* Aubl. (4 spp.), *Casearia* Jacq. e *Myrcia* DC. (3 spp.). No estrato arbóreo foram amostradas 63 espécies pertencentes a 48 gêneros e 28 famílias. As famílias com maior riqueza de espécies foram Myrtaceae (11 spp.), Lauraceae (7 spp.), e

Melastomataceae (4 spp.), as quais representam 36,1% da flora. Observa-se que 57,1% das famílias (16 spp.) foram representadas por uma única espécie. Os gêneros mais ricos floristicamente foram *Ocotea* (4 spp.), *Casearia* e *Myrcia* (3 spp.).

As curvas de acúmulo de espécies não atingiram assíntota e as curvas dos estimadores de riqueza ficaram fora o intervalo de confiança de 95%. A riqueza estimada foi de 106,08 (ACE) e 96,97 (Chao 1) para árvores; e 154,91 (ACE) e 157,29 (Chao 1) para os regenerantes (Fig. 2).

Os clusters demonstraram uma similaridade baixa (com valores próximos a 40%), contudo a composição dos regenerantes da capoeira com a floresta e do eucaliptal com a floresta de pinus foram mais próximos (Fig. 3A). No cluster das regenerantes, a capoeira foi mais similar com a floresta de *Pinus* (Fig. 3B).

A CCA apresentou autovalores (*eigenvalues*) de 0,724; 0,295 e 0,187 para os três primeiros eixos de ordenação. A variância acumulada para as espécies nos três eixos foi baixa: 22,3%, 31,3% e 37,1%. A CCA mostrou uma alta correlação entre espécies e variáveis ambientais para os três primeiros eixos de ordenação: 93,9%; 92,0% e 91,9%. O teste de permutação de Monte Carlo indicou correlação significativa entre as abundâncias das espécies e as variáveis ambientais ($p = 0,05$ e $0,04$ para os dois eixos). As correlações entre as variáveis ambientais utilizadas com os três primeiros eixos de ordenação estão apresentadas na Tab. 1. O primeiro eixo está fortemente correlacionado, em termos absolutos, com características texturais dos solos, como teor de areia, argila e silte e as variáveis declividade com saturação por bases (V). No segundo eixo, apenas a variável teor de K está altamente correlacionada.

A CCA do estrato de regeneração natural (Fig. 4) indicam dois grupos de parcelas. O primeiro grupo é formado pelas parcelas da capoeira (14, 16, 17 e 18) em solos mais novos, com alto teor de areia, silte, e em áreas declivosas. As espécies associadas são *Pinus*

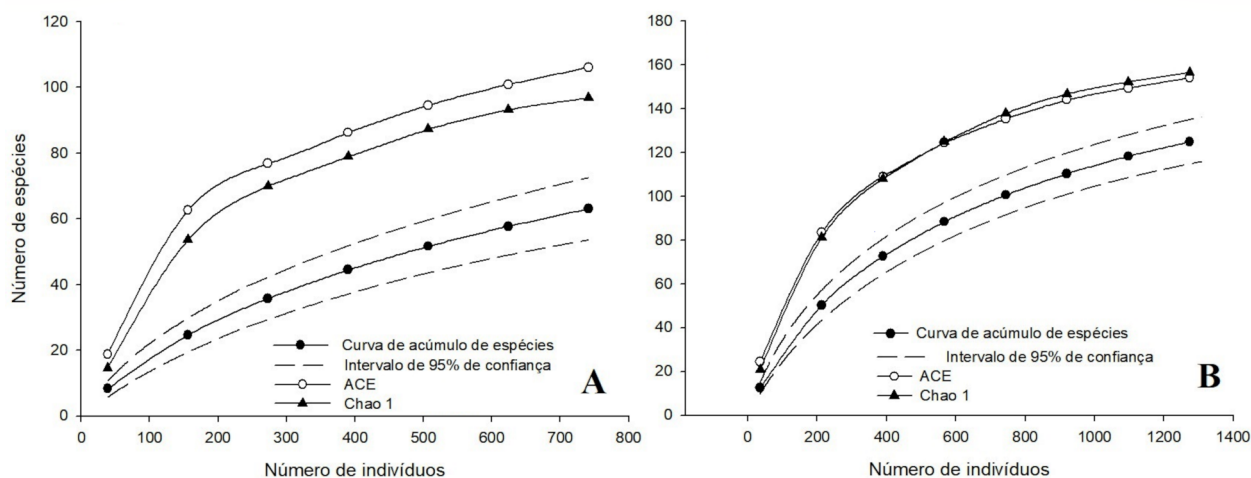


Figura 2. Curvas de acúmulo de espécies para as árvores e regenerantes para as parcelas no maciço alcalino em Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais. **A.** Curva somente com as árvores, seus intervalos de confiança e estimadores de riqueza ACE e Chao 1; **B.** Curvas de acúmulo para os regenerantes, com seus respectivos intervalos de confiança e estimadores de riqueza ACE e Chao 1.

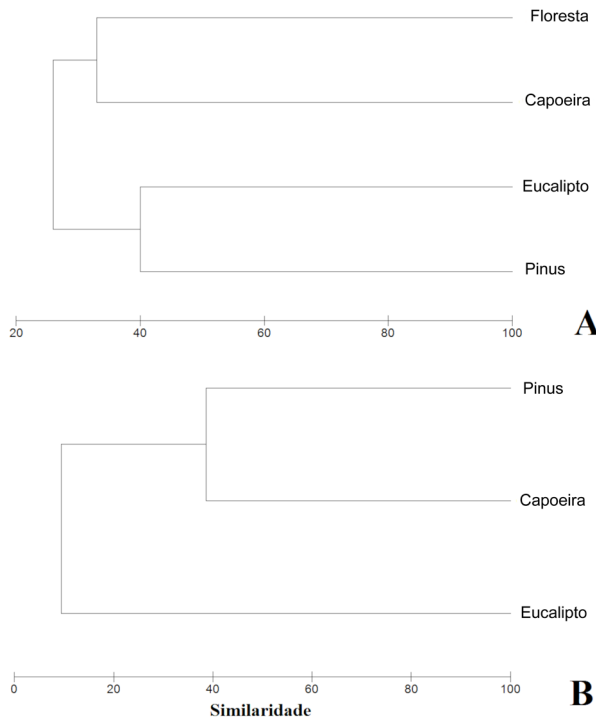


Figure 3. Clusters de similaridade com o índice de Bray-Curtis no maciço alcalino em Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais. **A.** Representa os regenerantes; **B.** Representa similaridade usando as espécies arbóreas.

Tabela 1. Análise de correspondência canônica (CCA): correlações internas (intraset) entre as variáveis ambientais e os três primeiros eixos de ordenação.

| Variáveis | Eixo 1 | Eixo 2 | Eixo 3 |
|-------------|--------|--------|--------|
| K | 0,326 | 0,733 | 0,405 |
| V | -0,687 | -0,170 | 0,074 |
| Silte | -0,661 | 0,275 | 0,074 |
| Argila | 0,711 | -0,009 | -0,129 |
| Areia | -0,660 | -0,120 | 0,142 |
| Declividade | -0,675 | 0,348 | -0,199 |

elliottii Engelm., *Clethra scabra* Pers., *Leandra lacunosa* Cogn., *Miconia ligustroides* (DC.) Naudin e *Trembleya parviflora* (D.Don) Cogn.. O segundo grupo é formado por parcelas em solos argilosos e menos declivosos com menor altitude, agrupando as parcelas sob os plantios homogêneos e no fragmento. Nesse grupo há abundância de espécies não pioneiras umbrófilas e heliófitas. O segundo eixo discrimina as parcelas sob *Eucalyptus* das parcelas sob *Pinus*, principalmente pela maior concentração de K⁺ e matéria orgânica, mostrando-se mais semelhante à regeneração do fragmento, destacando-se a abundância das espécies *Eugenia florida* DC., *Psidium guianense* Sw., *Vochysia schwackeana* Warm., *Myrcia splendens* (Sw.) DC., *Cupania vernalis* Cambess. e *Siphoneugena densiflora* O. Berg. As parcelas sob *Pinus* se diferenciaram do fragmento,

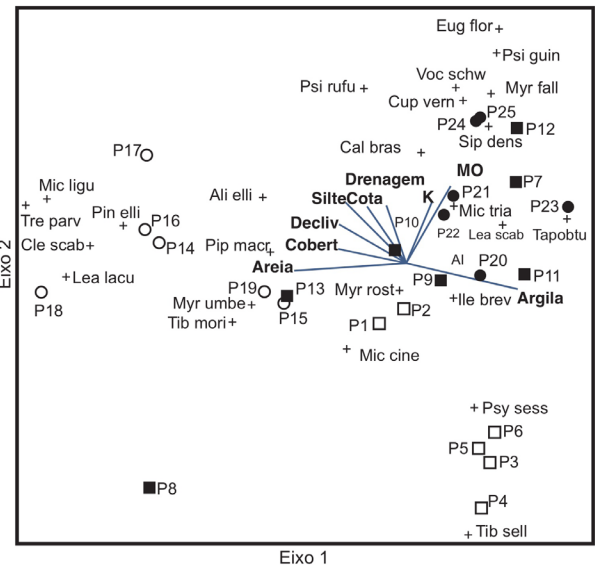


Figure 4. Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica (CCA) da abundância (número de indivíduos) de 25 espécies em 25 parcelas no estrato regenerativo. O diagrama mostra a distribuição das parcelas, das espécies e das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação. As espécies estão representadas por cruces e as linhas contínuas indicam a grandeza e o sentido da importância das variáveis ambientais. Os símbolos referem-se aos habitats: quadrado vazio = *Pinus*, quadrado cheio = *Eucalyptus*, círculo vazio = capoeira, círculo cheio = fragmento.

principalmente pela quase dominância de *Psychotria sessilis* (Vell.) Müll. Arg. e *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn. Outro ponto a salientar a diferenciação entre os ambientes é a ausência de *Pinus elliottii* nas parcelas sob sombra (plantios homogêneos e fragmentos) o que comprova seu caráter pioneiro e heliófilo.

Os dados da CCA do estrato arbóreo exibiram autovalores de 0,714; 0,383 e 0,266 para os três primeiros eixos. As variâncias acumuladas nos três primeiros eixos foram 21,5%; 33,0% e 41,0%. O resultado da CCA mostrou uma alta correlação entre espécies e variáveis ambientais para os três primeiros eixos de ordenação: 93,7%; 86,3% e 85,8%. O teste de permutação de Monte Carlo indicou correlação significativa entre as abundâncias das espécies e as variáveis ambientais utilizadas no primeiro eixo ($p = 0,02$; 0,10 no segundo eixo). As correlações entre as variáveis ambientais utilizadas com os três primeiros eixos de ordenação estão apresentadas na Tab. 2. O primeiro eixo de ordenação está fortemente correlacionado, em termos absolutos, com as variáveis texturais dos solos, como teor de areia, silte e argila, além da declividade e saturação por bases. No segundo eixo, nota-se a correlação com a variável cobertura pelo estrato herbáceo, mas segundo o Teste de Monte Carlo, esta correlação não é significativa.

A CCA do estrato arbóreo mostrou correlações similares ao estrato de regeneração natural. O primeiro eixo de ordenação (Fig. 5) mostra correlações com dois grupos de parcelas. O primeiro grupo é formado pelas parcelas na capoeira (14 - 19) e as parcelas sob *Pinus* (1 e 2).

Tabela 2. Análise de correspondência canônica (CCA): correlações internas (intra-set) entre as variáveis ambientais e os três primeiros eixos de ordenação.

| Variáveis | Eixo 1 | Eixo 2 | Eixo 3 |
|-------------|--------|--------|--------|
| K | -0,557 | -0,254 | -0,444 |
| V | -0,704 | -0,255 | -0,342 |
| Silte | -0,669 | -0,373 | -0,286 |
| Argila | 0,740 | 0,151 | -0,257 |
| Areia | -0,689 | -0,175 | 0,283 |
| Declividade | 0,144 | 0,508 | 0,653 |

Estas parcelas estão em solos jovens com maior teor de areia e silte, exceto as parcelas sob *Pinus* que estão sobre argissolos e menos declivosas. As parcelas na capoeira (14, 15 e 16) foram mais abundantes com *Pinus*. Em termos estruturais, as parcelas 14 e 16, que estavam a 30 m da borda do plantio homogêneo, tiveram em média 59 indivíduos (1.966,67 ind.ha⁻¹) enquanto as parcelas 18 e 19, a 125m, tiveram 12 indivíduos (400 ind.ha⁻¹). As parcelas 18 e 19 estão em solos mais ricos em K⁺ e a 25 metros da borda do fragmento, apresentando maior abundância de *Tibouchina sellowiana*, *Leucochloron incuriale* (Vell.) Barneby & J.W.Grimes, *Myrcia rostrata*. DC. e *Clethra scabra*. O outro grupo de parcelas é formado pelas do sub-bosque dos plantios puros. As parcelas sob *Pinus* estão em solos mais pobres em K⁺ e áreas mais planas, sendo mais abundantes em *Casearia decandra* Jacq., *P. sessilis* e *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. As parcelas sob *Eucalyptus* estão, na maioria, em solos mais ricos em K⁺ e são mais abundantes em *Cupania vernalis*, *Aspidosperma parvifolium* A.DC., *Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart. e *Siphoneugena densiflora*. No eixo 2, as parcelas sob *Pinus* são discriminadas pelo solo mais pobre em K⁺ (distrófico) e pela pouca declividade, bastante relacionadas a abundância de *P. sessilis* (Rubiaceae).

DISCUSSÃO

A riqueza total foi inferior em relação a outros estudos de vegetação desenvolvidos no maciço alcalino e no entorno, porém com composição que apresenta similaridades (Nappo et al. 2005, Guimarães et al. 2008, Costa et al. 2011, Nascimento et al. 2017). As curvas de acúmulo de espécies e estimadores de riqueza demonstram que foi encontrada 59,39 - 64,97% (ACE - Chao1) da riqueza para as árvores e 77,56 - 78,75% (ACE - Chao1) para os regenerantes. Portanto, apesar do esforço amostral ainda há uma diversidade não descoberta, o que sugere que novas pesquisas possam ser desenvolvidas para revelar elementos da flora relevantes para o manejo, preservação e conservação.

O conceito de heterogeneidade e complexidade proposto por August (1983) favorece o entendimento do padrão da similaridade entre os tipos vegetacionais, usando como descritores a comunidade de árvores ou seus regenerantes.

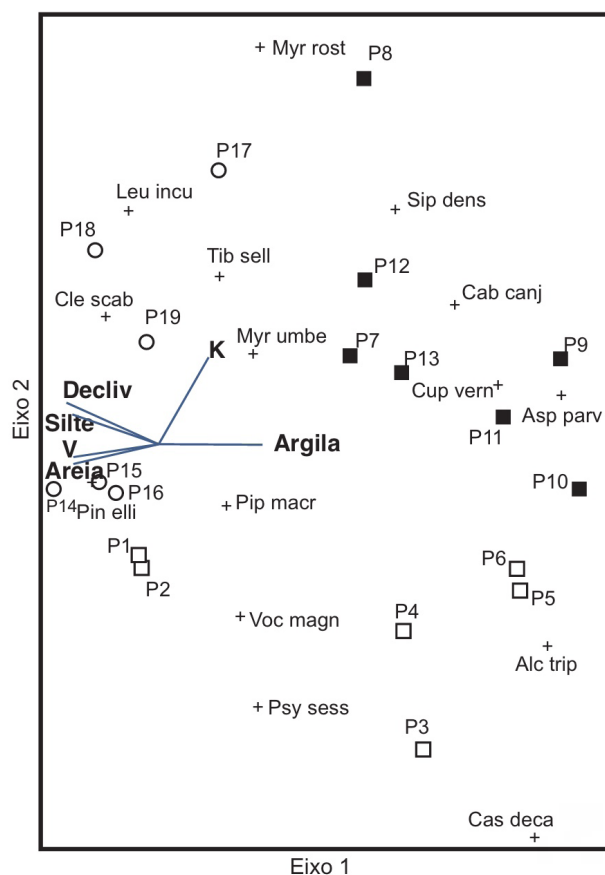


Figure 5. Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica (CCA) da abundância (número de indivíduos) de 17 espécies em 19 parcelas no estrato arbóreo. O diagrama mostra a distribuição das parcelas, das espécies e das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação. As espécies estão representadas por cruzes e linhas contínuas indicam a grandeza e o sentido da importância das variáveis ambientais. Os símbolos referem-se aos habitats: quadrado vazio = *Pinus*, quadrado cheio = *Eucalyptus*, círculo vazio = capoeira.

Ambientes mais complexos e heterogêneos como floresta e capoeira foram mais similares para os regenerantes, devido à presença de elementos arbóreo-arbustivos ainda em desenvolvimento. Contudo, a capoeira foi mais similar à floresta de *Pinus* pela ausência de fatores alelopáticos, situação comum para eucaliptais (ver Silva et al. 2021, Arroyo-Rodríguez et al. 2021). A condução da regeneração natural sob plantios econômicos homogêneos, como os pesquisados neste estudo, tem sido considerada uma alternativa viável, principalmente sob espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (Lombardi & Motta Jr. 1992, Silva Jr. et al. 1995, Tabarelli et al. 1993, Durigan et al. 1997, Sartori et al. 2002, Machado Neto & Scabbia 2020). Além disso, observou-se alta cobertura no estrato herbáceo formado por *Melinis minutiflora* na dinâmica de colonização dos ambientes com *Eucalyptus*. A *M. minutiflora* é invasora comum (Xavier et al. 2021) em áreas naturais altimontanas (Fontes 1997), portanto exclui competitivamente outras espécies arbustivo-arbóreas (Aubert & Oliveira-Filho 1994, Sartori et al. 2002).

Sobre as espécies arbóreas, há uma interação entre espécies de plantas zoocóricas na colonização de novas áreas por bandos mistos de aves frugívoras, como *Chiroxiphia caudata* (Pipridae), *Elaenia* spp. (Tyranidae), *Tangara cayana* e *T. cyanoventris* e *Tangara sayaca* (Thraupidae) (Lara *et al.* 1990), os quais usavam indivíduos de *P. sessilis* e *M. umbellata* nos plantios puros como poleiros de alimentação e abrigo. Em soma, diversos gêneros (*Psychotria*, *Eugenia*, *Miconia*, *Ocotea*, *Leandra* e *Myrsine* L.) produzem abundante chuva de sementes e podem estar atuando na atração da fauna dispersora, como fonte de alimento, além de incrementar a complexidade estrutural do hábitat, influenciando a distribuição de aves e os padrões de dispersão de sementes ornitocóricas, o que aumenta a probabilidade de chegada de sementes alóctones nos remanescentes nativos (McDonnell & Stiles 1983, Guedes *et al.* 1997, Loiselle & Blake 1999, Troillet *et al.* 2017) e favorece o banco de sementes em diferentes condições naturais (Machado *et al.* 2017) e alteradas (e.g. Machado *et al.* 2021).

Além disso, o aumento do grupo de espécies zoocóricas é indicativo da ausência de herbívoros de médio e grande porte, situação comum em ambientes sob forte influência humana, impedindo a dispersão de espécies com frutos muito grandes. Dados ainda não publicados indicam que há uma presença reduzida de animais de médio e grande porte e um aumento da abundância de marsupiais e roedores na área. Assim, a dispersão de sementes por pássaros (por exemplo, *Siphoneugena* O.Berg), roedores (*Ficus* L.) e marsupiais (*Miconia* e *Inga* Mill.) é favorecido. A dispersão por esses grupos, principalmente pelos pequenos mamíferos e aves, explica a prevalência de frutos e sementes de tamanho pequeno e médio e acelera o processo de sucessão ecológica (como descrito por Machado *et al.* 2016).

As características do solo moldam a comunidade vegetal funcionando como filtros ambientais que podem ou não favorecer a presença de um grupo específico de espécies. O solo do maciço alcalino de Poços de Caldas favorece entre os regenerantes, a família Melastomataceae principalmente pela colonização de áreas alteradas (e.g. Maciel & Couceiro 2021). Essas espécies se favorecem da presença de solos argilosos que apresenta uma maior capacidade de adsorção de elementos fundamentais ao desenvolvimento de plantas de crescimento rápido como fósforo e fósforo remanescente. Estes por sua vez são elementos ligados ao desenvolvimento e crescimento da planta, responsável pelo armazenamento e transferência de energia como, por exemplo, a glicose, frutose e Adenosina Trifosfato (ATP) (Bovi *et al.* 2002). Mesmo este sendo um elemento pouco disponível em solos tropicais (Machado *et al.* 2010), solos argilosos aumentam a capacidade de adsorção elementar, se ligando aos sítios específicos nas raízes dessas plantas (Donagemma *et al.* 2008).

Além disso, houve uma preponderância de espécies não pioneiras umbrófilas, tais como *Leandra scabra* DC., *Miconia trianae* Cogn. e *M. cinerascens*, e de espécies heliófitas de ciclo de vida longo, como *Cupania*

vernalis, *Alchornea triplinervia*, *Cabralea canjerana* e *Siphoneugena densiflora* (Durigan & Leitão-Filho 1995). Entre algumas das características de solo que influenciam preponderantemente a diversidade vegetal está a quantidade de matéria orgânica. Os padrões de matéria orgânica permanecem o mesmo antes e depois de diferentes uso de solo (ver Barros *et al.* 2019), favorecendo o aparecimento de espécies pioneiras e heliófilas.

Para o estrato arbóreo, a maioria das parcelas de capoeira e *Pinus* estão presentes em solos jovens e os demais sobre argissolos. Esse fator favoreceu abundância de *Pinus*, auxiliando na colonização pela abundante chuva de sementes produzida pelo plantio adulto ao longo dos anos (Jankovski 1996). Essa colonização demonstra a capacidade do *Pinus* em colonizar fisionomias abertas próximas aos plantios (Ziller 2000, Ziller & Galvão 2002). As parcelas 18 e 19, próximos da borda do fragmento, apresentaram maior abundância de *Clethra scabra*, *Tibouchina sellowiana*, *Leucochloron incuriale* e *Myrcia rostrata*. *Clethra scabra* é abundante em bordas de florestas estacionais semidecíduais montanas e altimontanas (Carvalho 2002) e em sítios com solos jovens e de melhor drenagem (Oliveira-Filho *et al.* 1994a, 1994b, Souza *et al.* 2003). As parcelas sob *Eucalyptus* apresentou maior abundância de espécies típicas, composição similar ao mostrado na análise de CCA para parcelas sob influência do eucaliptal, de sub-bosque ou de estádios sucessionais mais tardios, porém exigentes em luz nos domínios de florestas estacionais semidecíduais (Carvalho *et al.* 2000, Sartori *et al.* 2002). Além disso, foi encontrado baixa proporção de potássio nos solos com arbóreos de destaque. Isso influencia na riqueza e composição, uma vez que é um macroelemento indispensável ao desenvolvimento vegetal. Algumas das funções mais conhecidas são participação na translocação de açúcares e ácidos orgânicos para órgãos da planta, amadurecimento e a acidez em frutíferas, enchimento de grãos, firmeza das paredes celulares, e por fim facilita a absorção de água (Wiethölter, 2007).

Neste trabalho conclui-se que a riqueza está baixo em relação a outras pesquisas próximas do maciço alcalino de Poços de Caldas; a composição apresenta similaridade de acordo com a heterogeneidade e complexidade do ambiente; bem como os solos moldam a estrutura que apresenta uma miscelânea de espécies de diferentes estágios sucessionais, tanto para a comunidade arbórea quanto para os regenerantes. Além disso, recomenda-se que um manejo seja efetuado para a preservação e conservação dos ambientes. E por fim, os plantios homogêneos apresentaram sub-bosques com espécies nativas, entretanto o sub-bosque em *Eucalyptus* foi pouco denso; os plantios homogêneos favoreceram o estabelecimento de espécies arbóreas mais tardias no processo de sucessão quando comparados com áreas naturais; plantios de *Eucalyptus* e *Pinus* que possuem sub-bosque com espécies nativas podem ser usados como hábitat adicional ou área de refúgio para a avifauna, haja vista a predominância de espécies com síndrome de zoocoria; plantios homogêneos, quando inserida em uma

matriz ambiental permeável e conectada, não dificultam o estabelecimento de espécies arbóreas nativas, podendo ser usados como talhões pioneiros para a recomposição da floresta natural; *Pinus elliottii* pode colonizar áreas abertas próximas ao talhão e, possivelmente, colonize também clareiras em florestas naturais; a família Melastomataceae mostrou-se importante na comunidade pioneira.

REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M. & Sparovek, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711–728
- Anderson, M. J., Gorley, R. N. & Clarke, K. R. 2008. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. Plymouth, UK: PRIMER-E.
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. – *Botanical Journal of the Linnean Society* 181(1): 1-20.
- Arroyo-Rodríguez, V., Pineda, E., Escobar Araújo, G. R., Erasmo, E. A. L., da Silva, P. P., Oliveira, D. I., Gonçalves, F. B., Borges, K. S., Ramos, N. S. & Rodrigues, R. D. C. M. 2021. Potencial alelopático de óleo de eucalyptus e de Capim citronela no controle de plantas daninhas. *Brazilian Journal of Development* 7(5): 44248-44237.
- Aubert, E. & Oliveira-Filho, A. T. 1994. Análise multivariada da estrutura fitossociológica do sub-bosque de plantios experimentais de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. em Lavras (MG). *Revista Árvore* 18(3): 194-214.
- August, P. V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology* 64: 1495–1507.
- Barros, D. A. D., Guimarães, J. C. C., Pereira, J. A. A., Borges, L. A. C., Silva, R. A. & Pereira, A. A. S. 2012. Characterization of the bauxite mining of the Poços de Caldas alkaline massif and its socio-environmental impacts. *Rem: Revista Escola de Minas*, 65(1), 127-133.
- Barros, D. A., Junior, M. G. C., de Oliveira, A. L., & da Silva Neto, E. C. 2019. Matéria orgânica e agregação do solo em áreas sobre influência da mineração de bauxita na região do planalto de Poços de Caldas, MG. *Agropecuária científica no Semiárido* 14(2): 160-167.
- Bovi, M. L. A., Godoy Jr., G. & Spiering, S. H. 2002. Resposta de crescimento da pupunheira à adubação de NPK. *Scientia Agricola* 59: 161-166.
- Carvalho, L. M. T., Fontes, M. A. L. & Oliveira-Filho, A. T. 2000. Tree species distribution in canopy gaps and mature Forest in na área of cloud Forest of the Ibitipoca Range, south-eastern Brazil. *Plant Ecology* 149(1): 9-22.
- Carvalho, W. A. C. 2002. Variações da composição e estrutura do compartimento arbóreo da vegetação de oito fragmentos de floresta semidecídua do vale do Alto Rio Grande, MG. Dissertação, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CIMA. 1991. Subsídios técnicos para a elaboração do relatório nacional para a CNUMAD – Comissão Interministerial para a Preparação da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Brasília.
- Clarke, K. R. & Gorey, R. N. 2006. PRIMER v6: user manual/tutorial. Plymouth, UK: PRIMER-E.
- Colwell, R., Chao, A., Gotelli, N., Lin, S., Mao, C., Chazdon, R., & Longino, J. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5: 3–21.
- Conservation International. 2000. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Brasília: MMA/SBF. 40 p.
- Costa, M. D. P., Pereira, J. A. A., Fontes, M. A. L., Melo, P. H. A. D., Pifano, D. S., Pellicciottii, A. S., Pompeu, P. V. & Silva, R. A. 2011. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea de uma floresta superomontana, no planalto de Poços de Caldas (MG). *Ciência Florestal* 21: 711-725.
- Donagemma, G. K., Ruiz, H. A., Alvarez, V. H., Ker, J. C. & Fontes, M. P. F. 2008. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de Latossolos após pré-tratamentos na análise textural. *Revista Brasileira Ciência Solo* 32: 1785-1791.
- Durigan, G. & Leitaio-Filho, H. F. 1995. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. *Revista do Instituto Florestal* 7(2): 197-239.
- Durigan, G., Franco, G. A. D. C., Pastore, J. A. & Aguiar, O. D. 1997. Regeneração natural da vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. *Revista do Instituto Florestal* 9(1): 71-85.
- Fontes, M. A. L. 1997. Análise da composição florística das florestas nebulares do parque Estadual de Ibitipoca, Lima Duarte, MG. Dissertação 50 f. Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Gomez-Pompa, A. & Vazquez-Yanes, C. 1979. Estudio sobre sucesión secundaria en los tropicos cálidos-húmedos: el ciclo de vida de las especies secundárias. *In Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas em Veracruz, México.* (A. Gomez-Pompa, ed.) Editora Continental, p. 203-232.
- Gómez-Pompa, A., Whitmore, T. C. & Hadley, M. 1991. Tropical rain forest: regeneration and management Blackwell, New York. 457 p.
- Grelle, C. E., Rajão, H. & Marques, M. C. 2021. The Future of the Brazilian Atlantic Forest. *In The Atlantic Forest* (M.C.M. Marques, C.E.V. Grelle, eds.) Springer, p. 487-503.
- Grohmann, C. H., Riccomini, C. & Alves, F. M. 2007. SRTM-based morphotectonic analysis of the Poços de Caldas Alkaline Massif, southeastern Brazil. *Computers & Geosciences* 33(1): 10–19.
- Guedes, M. C., Melo, V. A. & Griffith, J. J. 1997. Uso de poleiros artificiais e ilhas de vegetação por aves dispersoras de sementes. *Ararajuba* 5(2): 229-232.
- Guimarães, J. C., Berg, E. V. D., Castro, G. C., Machado, E. L. & Oliveira-Filho, A. T. 2008. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil. *Brazilian Journal of Botany* 31(4): 621-632.
- Jankovski, T. 1996. Estudo de alguns aspectos da regeneração natural induzida em povoamentos de *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* Engelm. Tese 160 f. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Kent, M. & Coker, P. 1992. Vegetation description and analysis, a practical approach. Belhaven Press, New York. 263 p.
- Lamprecht, H. 1993. Siviculture in the tropical natural forests. *In Tropical forestry handbook.* (L. Pancel, ed.) Springer-Verlag, Berlin. p. 782-810.
- Lara, A. I., Straube, F. C., Antonelli-Filho, R., Paccagnella, S. G. & Motta J.T.W. 1990. Aves do Planalto de Poços de Caldas. ALCOA, Poços de Caldas. 22p.
- Lira, P. K., Portela, R. D. C. Q. & Tambosi, L. R. 2021. Land-Cover Changes and an Uncertain Future: Will the Brazilian Atlantic Forest Lose the Chance to Become a Hopespot?. *In The Atlantic Forest* (M.C.M. Marques, C.E.V. Grelle, eds.) Springer, p. 233-251.
- Loiselle, B. A. & Blake, J. G. 1999. Dispersal of melastome seeds by fruit-eating birds of tropical forest understory. *Oecologia* 80(1): 330-336.
- Lombardi, J. A. & Motta Jr., J. C. 1992. Levantamento do sub-bosque de um reflorestamento monoespecífico de *Pinus elliottii* em relação às síndromes de dispersão. *Turrialba* 42(4): 438-442.
- Maciel, J. R. & Couceiro, Y. D. S. V. 2021. Floristic composition of Melastomataceae between reforested and natural areas in the Recife Atlantic Forest, Pernambuco, Brazil. *Biotemas* 34(1).
- Machado Neto, F. O. & Scabbia, R. J. A. 2020. Comparação entre sub-bosques de regeneração de vegetação nativa em plantio de *Eucalyptus* e de Mata Atlântica no Parque das Neblinas, município de Mogi das Cruzes, SP. *Revista Científica Universidade Mogi das Cruzes*, 5(3).
- Machado, F. S., Fontes, M. A. L., Santos, R. M., Garcia, P. O. & Farrapo, C. 2016. Tree diversity of small forest fragments in ecotonal regions: why must these fragments be preserved?. *Biodiversity and Conservation* 3:1-13.
- Machado, F. S., França, A. C. M., Santos, R. M., Borem, R. A. T., Guilherme, L. R. G. 2017. Influence of edge effect on soil seed bank of a natural fragment in the Atlantic Forest. *Iheringia, Série Botânica* 72: 247-253.
- Machado, F. S., Moura, A. S., Trotta, R. R., Franca, A. C. M., Santos, R. M., Borem, R. A. T., Fontes, M. A. L., Guilherme, L. R. G. 2021. Differences in the soil seed bank of a mining area and its

- surroundings: a case study inserted in the Cerrado domain. *Iheringia Série Botânica* 76: e2021014.
- Machado, R. V., Ribeiro, R. C. D. C., Andrade, F.V., Passos, R. R. & Mesquita, L. F. 2010. Utilização de resíduos oriundos do corte de rochas ornamentais na correção da acidez e adubação de solos tropicais. CETEM/MCT, Rio de Janeiro. 50p.
- Margalef, R. 1989. *Ecologia*. Ediciones Omega, Barcelona. 951 p.
- Mccune, B. & Mefford, M. J. 1997. Multivariate analysis of ecological data. Version 3. 12. Oregon: MjM Software.
- Medonnel, M. J. & STILES, E. W. 1983. The structural complexity of old field vegetation and the recruitment of bird-dispersed plant species. *Oecologia* 56(1): 109-116.
- Nappo, M. E., Griffith, J. J., Martins, S. V., Marco Júnior, P., Souza, A. L. & Oliveira Filho, A. T. 2005. Dinâmica da estrutura diamétrica da regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas no sub-bosque de povoamento puro de *Mimosa scabrella* Benth, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. *Revista Árvore* 29(1): 35-46.
- Nascimento, G. D. O., Pereira, J. A. A., Barros, D. A., Viana, P. L., Carvalho, W. A. C., Garcia, P. O. & Ferreira, J. B. 2017. Espécies vegetais potenciais para recuperação de áreas sob a influência da mineração de bauxita em campos de altitude na região de Poços de Caldas-MG. *Ciência Florestal* 27(1): 85-96.
- Nascimento, G. D. O., Pereira, J. A. A., Barros, D. A., Viana, P. L., Carvalho, W. A. C., Garcia, P. O. & Ferreira, J. B. 2017. Espécies vegetais potenciais para recuperação de áreas sob a influência da mineração de bauxita em campos de altitude na região de poços de caldas-mg. *Ciência Florestal* 27, 85-96.
- Nascimento, G., Pereira, J. A. A., Barros, D. A., Silva, R. A., Ferreira, J. B., Moraes, R. P. & Borges, L. A. C. 2019. Distribuição espacial de espécies vegetais no topsoil: implicações na recuperação de áreas mineradas. *Nativa* 7(5), 340-546.
- Oliveira-Filho, A. T., Vilela, E. A., Carvalho, D. A. & Gavilanes, M. L. 1994a. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in South-Eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 10(4): 483-508.
- Oliveira-Filho, A. T., Vilela, E. A., Gavilanes, M. L. & Carvalho, D. A. 1994b. Effect of flooding regime and understory bamboos on the physiognomy and tree species composition of a tropical semideciduous forest in Southeastern Brazil. *Vegetatio* 113(2): 99-124.
- Opdam, P., Van Apeldoorn, R., Schotman, A., Kalkhoven, J. 1993. Population responses to landscape fragmentation *In* Landscape ecology of a stressed environment (C. C. Vos, P. Opdam, eds.). Chapman & Hall, London, p. 147-171.
- Retiro Branco. 2022. Informações sobre a RPPN. Disponível em <https://www.retirobranco.org.br/>. Acessado em 20.02.2023.
- Sartori, M. S., Poggiani, F. & Engel, V. L. 2002. Regeneração da vegetação arbórea nativa no sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith. Localizado no estado de São Paulo. *Scientia Forestales* 62: 86-103.
- Schlittler, F. H. M. 1984. Composição florística e estrutura fitossociológica do sub-bosque de uma plantação de *Eucalyptus tereticornis*, no município de Rio Claro, SP. Dissertação, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Silva Junior, M. C., Scarano, F. R. & Cardel, F. S. 1995. Regeneration of na Atlantic Forest formation in the understory of a *Eucalyptus grandis* plantation in South-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 11(1): 147-152.
- Silva, L. C. V., da Silva Braulio, C., de Jesus Correia, A., Oliveira, A. S., de Sousa, C. B. D. C., Vieira, J. D. L. S., Machado, J. P. & da Silva Novaes, A. P. 2021. Efeito alelopático do extrato foliar de eucalipto na germinação de sementes de tiririca (*Cyperus rotundus* L.). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 4(1): 1315-1320.
- Soulé Souza, J. S., Espírito-Santo, F. D. B., Fontes, M. A. L., Oliveirafilho, A. T. & Botezelli, L. 2003. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras-MG. *Revista Árvore* 27(2): 185-206.
- Tabarelli, M., Villani, J. P. & Mantovani, W. 1993. A recuperação da Floresta Atlântica sob plantios de *Eucalyptus* no núcleo Santa Virginia, SP. *Revista do Instituto Florestal* 5(2): 187-201.
- Ter Braak, C. J. F. 1987. The analysis of vegetation – environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69(1/3): 69-77.
- Trolliet, F., Forget, P. M., Doucet, J. L., Gillet, J. F., & Hamburgers, A. 2017. Frugivorous birds influence the spatial organization of tropical forests through the generation of seedling recruitment foci under zoochoric trees. *Acta Oecologica* 85: 69-76.
- Valentin, J. L. 2000. *Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Interciência, Rio de Janeiro. 118 p.
- Whitmore, T. C. 1982. On the pattern and process in forests. *In* The plant community as a working mechanism. (E. I. Newman, ed.) Blackwell, Oxford. p. 45-59.
- Wiethölter, S. 2007. Bases teóricas e experimentais de fatores relacionados com a disponibilidade de potássio do solo às plantas usando trigo como referência. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31: 1011-1021.
- Xavier, R. O., Christianini, A. V., Pegler, G., Leite, M. B. & Silva-Matos, D. M. 2021. Distinctive seed dispersal and seed bank patterns of invasive African grasses favour their invasion in a neotropical savanna. *Oecologia* 196(1): 155-169.
- Ziller, S. R. & Galvão, F. O. 2002. Processo de degradação da Estepe Gramíneo-Lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliotti* e *P. taeda*. *Floresta, Curitiba*.
- Ziller, S. R. 2000. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. *Ciência Hoje* 30(178): 77-79.