

## Artigos

# Reflorestamento misto com espécies nativas e exóticas em área degradada

Mixed forest plantation with native and exotic species in a degraded area

Wendy Carniello Ferreira<sup>I</sup> , Robson Schaff Corrêa<sup>I</sup> ,  
Danival Vieira de Freitas<sup>I</sup> , Soraya Alvarenga Botelho<sup>II</sup> 

<sup>I</sup> Universidade Federal de Jataí, Instituto de Ciências Agrárias, Jataí, Goiás, GO, Brasil

<sup>II</sup> Universidade Federal de Lavras, Escola de Ciências Agrárias de Lavras, Lavras, Minas Gerais, MG, Brasil

## RESUMO

O reflorestamento é a principal maneira de recuperação de áreas degradadas e o uso de ampla variedade de espécies pode auxiliar no processo de recuperação, seja no próprio processo quanto na minimização de custos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de um reflorestamento misto com espécies nativas e exóticas em área degradada pela compactação do solo. No local havia uma pista de pouso não pavimentada localizada no município de Itutinga, MG. A avaliação das espécies arbóreas foi realizada por meio de cinco parcelas de 1.250 m<sup>2</sup> (25 m x 50 m), distribuídas de forma sistemática. A resistência mecânica do solo à penetração foi determinada utilizando um penetrômetro de impacto até a profundidade de 60 cm. Para avaliar a influência da resistência mecânica do solo à penetração sobre o crescimento das árvores, foi calculado o índice de correlação de Pearson *r*. No inventário foram medidos e identificados na área em estudo 534 indivíduos arbóreos com CAP igual ou superior a 5 cm, pertencentes a 41 espécies. A maioria dos indivíduos inventariados é oriunda de espécies utilizadas no plantio, e grande parte das espécies com os maiores valores de importância pertencem ao grupo ecológico das pioneiras. A predominância de árvores atrativas para a fauna e nativas da região indicam que a sucessão florestal ocorrerá de forma satisfatória. A resistência do solo à penetração influenciou negativamente a área basal, ou seja, quanto maior a compactação do solo nesta camada, menor foi a ocupação do povoamento.

**Palavras-chave:** Recuperação de áreas degradadas; Restauração florestal; Silvicultura de espécies nativas

## ABSTRACT

Reforestation is the main way to recover degraded areas, and the use of a wide variety of species can assist in the recovery process, both in terms of the process itself as cost minimization. The objective of

this work was to evaluate the development of a mixed reforestation with native and exotic species in a degraded area by soil compaction. The planting was carried out where there was an unpaved airstrip at Itutinga town, MG. The evaluation of tree species was carried out using five plots of 1,250 m<sup>2</sup> (25 m x 50 m), systematically distributed. The mechanical resistance of the soil to penetration was determined using an impact penetrometer to a depth of 60 cm. To evaluate the influence of soil mechanical resistance to penetration on tree growth, the Pearson *r* correlation index was calculated. In the inventory, 534 tree individuals with CAP equal to or greater than 5 cm, belonging to 41 species, were measured and identified in the study area. Most of the inventoried individuals come from species used in planting and most of the species with the highest importance values belong to the ecological group of pioneers. The predominance of trees that are attractive to the fauna and native to the region indicate that the forest succession will occur satisfactorily. The soil resistance to penetration negatively influenced the basal area, that is, the greater the soil compaction in this layer, the lower the occupation of the stand.

**Keywords:** Forest restoration; Recovery of degraded areas; Silviculture of native species

## 1 INTRODUÇÃO

O reflorestamento com espécies arbóreas nativas e exóticas é uma estratégia eficaz para lidar com as mudanças climáticas, é também um método de manejo importante para resolver os problemas do solo em áreas degradadas em todo o mundo, aliando recuperação ambiental e geração de renda (Ramineh *et al.*, 2023). A recuperação dos ecossistemas florestais degradados pode dar-se dos modos passivo, intermediário e ativo. Cita-se como passivo a regeneração natural, como intermediário a condução da regeneração e o enriquecimento e, como ativo, o reflorestamento misto de espécies com ou sem finalidade econômica (Salomão *et al.*, 2020). De acordo com Fernandes *et al.* (2018), uma das finalidades do reflorestamento é restaurar Áreas de Preservação Permanente (APP) ou reserva legal, ou outros tipos de áreas, principalmente aquelas que foram degradadas por outros usos do solo, como pastagem e culturas agrícolas, para que os ecossistemas possam retornar ao mais próximo possível à vegetação original. A restauração da vegetação com espécies arbóreas tem efeitos na recuperação das propriedades físicas e químicas e dos organismos presentes no solo, que também auxiliam na regulação do clima e do ciclo de nutrientes no solo (Ramineh *et al.*, 2023). Diante da descaracterização e degradação dos ambientes florestais, pesquisas que objetivam avaliar o processo de recuperação ambiental das Áreas de Preservação Permanente por meio do seu reflorestamento se

fazem necessárias, e podem subsidiar ações públicas voltadas para a criação de áreas verdes (Macedo *et al.*, 2019).

O reflorestamento misto, além de fornecer produtos florestais madeireiros e não madeireiros, pode estabelecer um processo de sucessão ecológica em áreas perturbadas ou degradadas (Fernandes *et al.*, 2018). O plantio heterogêneo com espécies florestais, de diferentes estágios de sucessão, contribui para tornar o ecossistema o mais próximo possível das condições originais (Rodrigues *et al.*, 2020). Além disso, ecossistemas florestais são muito importantes no processo de estocagem do carbono presente na atmosfera, e as áreas de reflorestamentos mistos podem contribuir substancialmente nesse processo. Em virtude disso, o conhecimento sobre o papel das florestas na manutenção da integridade dos ecossistemas e na mitigação dos efeitos antrópicos sobre estes, contribui efetivamente para a criação de ações e políticas de conservação e restauração florestal (Meira *et al.*, 2020).

A degradação física é o mais evidente e preocupante estágio de degradação de uma área, pois a compactação do solo desencadeia problemas como erosão, lixiviação e baixa produtividade. Além disso, a compactação promove a degradação da estrutura do solo, resultando em impactos negativos nas propriedades físicas, com prejuízos ao crescimento das plantas, devido à restrição ao crescimento do sistema radicular (Mito *et al.*, 2020). Portanto, a avaliação das características físicas do solo e sua recuperação são essenciais para o processo de restauração ecológica do ecossistema.

A resistência mecânica à penetração (RMP) tem sido estudada em vários sistemas agropecuários e florestais, para avaliar o estado de compactação do solo (Batista *et al.*, 2019; Dearmond *et al.*, 2020; Ruiz; Díaz, 2020). A caracterização da resistência mecânica do solo, geralmente, é feita medindo a resposta de um solo a uma gama de forças aplicadas. O penetrômetro de impacto é o instrumento que mede a resistência da introdução de uma haste de ponta cônica no solo; teoricamente, solos mais compactados oferecem maior resistência (Baesso *et al.*, 2020). É o método mais utilizado para estimar a resistência ao crescimento das raízes no solo com medições feitas de forma relativamente rápida e fácil, e pode fornecer dados preciosos para os

estudos de recuperação de áreas degradadas (Jourgholami *et al.*, 2019). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as variáveis altura, diâmetro à altura de 1,3 m do solo (DAP), área basal, densidade de plantas e resistência do solo à penetração de um reflorestamento misto com espécies nativas e exóticas em área degradada pela compactação em uma pista de pouso desativada. A hipótese considerada é que a resistência do solo à penetração influencia negativamente nas variáveis dendrométricas das árvores e do povoamento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Itutinga, MG, em uma área onde funcionava uma pista de pouso não pavimentada desativada, de propriedade da Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (Cemig), próxima do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, na sub-bacia do Alto Rio Grande, no sul de Minas Gerais, nas coordenadas 21°19'35" sul e 44°36'40" oeste. Esta sub-bacia pertence à Bacia do rio Grande, cuja nascente localiza-se junto à Serra da Mantiqueira, drenando até o reservatório da referida usina, por meio de dois rios principais Grande e Aiuruoca. Possui clima Cwb e Cwa, pela classificação de Köppen, com invernos frios, geadas frequentes, e verões brandos, com elevada concentração das chuvas no período de novembro a março. Sua geomorfologia apresenta relevo movimentado, com altitude média de 1000 m (Mello *et al.*, 2010).

Após a desativação da pista de pouso, o local encontrava-se degradado pela compactação do solo e foi reflorestado (Figura 1). Este reflorestamento foi desenvolvido no âmbito do convênio Cemig/Ufla/Faepe, que passou a desenvolver estudos na região sob influência dos reservatórios das Usinas Hidrelétricas de Camargos/Itutinga, na região do Alto Rio Grande, em Minas Gerais, para desenvolver metodologias aplicadas à recuperação de ecossistemas florestais degradados, como uma forma de suavizar os impactos ambientais provocados pela criação dos reservatórios. As práticas mecânicas de recuperação realizadas foram a construção de terraços em nível e a subsolagem de

toda a área, com posterior sulcamento em nível intercalado às linhas de subsolagem. O modelo de plantio utilizado foi o de sucessão secundária e plantio em quincôncio, onde cada muda de espécie clímax foi posicionada no centro de um quadrado composto de quatro mudas de espécies pioneiras.

Figura 1 – Área em processo de recuperação em substrato pobre e degradado na ocasião do preparo do solo (A) e após 17 anos de plantio (B)



Fonte: Autores (2023)

A avaliação das espécies arbóreas foi realizada por meio de cinco parcelas de 1.250 m<sup>2</sup> (25 m x 50 m), distribuídas de forma sistemática (Figura 2). Todos os indivíduos arbóreos medidos foram marcados com placas de alumínio numeradas para estudos posteriores. A largura de cada parcela foi estabelecida de forma a incluir no mínimo 15 plantas por linha (espaçamento de plantio 3,0 m x 1,5 m). Todas as árvores com DAP maior que cinco centímetros foram avaliadas. Foi utilizada uma fita métrica para medir o CAP e, posteriormente, foi estimada a altura das árvores por comparação com o podão de 13 m, seguindo metodologia de Machado *et al.* (2004). Quando a identificação em campo não foi possível, o material botânico foi herborizado e comparado com amostras existentes no Herbário da Universidade Federal de Lavras (Herbário Esal). As árvores foram classificadas quanto à fitofisionomia de ocorrência, de acordo com Oliveira Filho (2006), e à síndrome de dispersão e à classificação sucessional, de acordo com as metodologias propostas por



Barbosa *et al.* (2017) e Carmo e Morellato (2001). A nomenclatura das espécies, gêneros e famílias foi atualizada pelo Programa Plantas do Brasil: Resgate Histórico e Herbário Virtual para o Conhecimento e Conservação da Flora Brasileira – REFLORA, uma parceria entre o CNPq e o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (REFLORA, 2023). Os parâmetros fitossociológicos estimados foram: riqueza de espécies; densidade, frequência e dominância em seus valores absolutos e relativos; valor de importância (VI;) e os índice de diversidade de Shannon (H') e de equabilidade de Pielou (J').

Figura 2 – Croqui da localização das parcelas na área degradada pela compactação do solo e reflorestada onde funcionou uma pista de pouso na região do Alto Rio Grande, MG



Fonte: Google Earth (2023)

A resistência mecânica do solo à penetração para cada parcela foi determinada utilizando o penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF, segundo metodologia preconizada por Stolf *et al.* (1983), até uma profundidade de 60 cm, em 20 pontos de amostragem. Os cálculos foram realizados com o apoio do programa

*PENETRON'*, tendo os valores, obtidos em kgf/cm<sup>2</sup>, sido convertidos em MPa, multiplicando-se pela constante 0,098. Das variáveis mensuradas, foram calculadas as médias em cada parcela amostral. Para avaliar a influência da resistência mecânica do solo à penetração sobre as variáveis altura, DAP, área basal e densidade, foi calculado o índice de correlação de Pearson *r*, utilizando-se o ambiente *SAS Studio*. Previamente foi executado teste de normalidade para todas as variáveis estudadas. Optou-se pelo teste de correlação dado o número de parcelas e por se perceber que o estudo é exploratório. De toda forma, o teste de correlação mostrou adequado dada a linearidade dos dados. Os dados foram levantados após 17 anos do plantio das mudas.

### 3 RESULTADOS

No inventário foram medidos e identificados na área em estudo 534 indivíduos arbóreos, pertencentes a 41 espécies (Tabela 1). Em relação à síndrome de dispersão, o povoamento apresenta nove espécies anemocóricas, 10 autocóricas e 22 zoocóricas.

Tabela 1 – Espécies arbóreas inventariadas na área degradada pela compactação do solo e reflorestada, onde funcionou uma pista de pouso no município de Itutinga, MG

(continua)

<b>Espécies</b>	<b>Altura média (m)</b>	<b>DAP médio (cm)</b>	<b>Área basal (m<sup>2</sup>)</b>	<b>NI<sup>1</sup></b>	<b>Origem<sup>2</sup> (*)</b>	<b>S.D.<sup>3</sup> (**)</b>	<b>Utilizada no plantio</b>
<i>Acacia auriculiformis</i> A.Cunn. ex Benth.	7,7	11,6	0,0147	5	Ex/Br	Zoo	X
<i>Acacia mangium</i> Willd.	15,5	26,6	0,0621	47	Ex/Br	Zoo	X
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	11,0	17,9	0,0298	17	Nat	Anemo	X
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	6,5	6,6	0,0035	3	Nat	Zoo	-
<i>Annona dolabripetala</i> Raddi	5,5	5,1	0,0020	1	Nat	Zoo	-
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	8,3	10,2	0,0082	3	Nat	Zoo	X
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	6,6	9,5	0,0076	16	Nat	Anemo	X

Tabela 1 – Espécies arbóreas inventariadas na área degradada pela compactação do solo e reflorestada, onde funcionou uma pista de pouso no município de Itutinga, MG

(continuação)

<b>Espécies</b>	<b>Altura média (m)</b>	<b>DAP médio (cm)</b>	<b>Área basal (m<sup>2</sup>)</b>	<b>NI<sup>1</sup></b>	<b>Origem<sup>2</sup> (*)</b>	<b>S.D.<sup>3</sup> (**)</b>	<b>Utilizada no plantio</b>
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	5,5	9,1	0,0075	3	Nat	Anemo	X
<i>Cenostigma pluviosum</i> (DC.) Gagnon & G.P.Lewis	8,5	8,3	0,0056	2	Ex/RG	Auto	X
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	6,7	20,7	0,0399	4	Ex/RG	Auto	X
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	11,3	8,9	0,0080	15	Nat	Zoo	X
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	5,5	9,5	0,0097	76	Nat	Zoo	X
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.	5,0	6,0	0,0029	1	Nat	Anemo	-
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	4,7	8,2	0,0058	13	Ex/Br	Zoo	X
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	6,0	8,0	0,0050	1	Nat	Zoo	X
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	8,1	8,1	0,0059	12	Nat	Anemo	X
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.	8,0	7,3	0,0043	2	Ex/RG	Auto	X
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	6,8	7,5	0,0045	6	Nat	Zoo	X
<i>Inga marginata</i> Willd.	8,0	6,7	0,0035	1	Nat	Zoo	X
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	4,3	6,6	0,0035	3	Ex/RG	Zoo	X
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	4,6	6,7	0,0035	4	Ex/RG	Auto	X
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	8,1	10,1	0,0092	41	Nat	Zoo	X
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	10,1	18,0	0,0284	28	Nat	Anemo	X
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	4,0	6,0	0,0029	1	Nat	Zoo	X
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	6,7	8,5	0,0060	57	Ex/RG	Anemo	X



Tabela 1 – Espécies arbóreas inventariadas na área degradada pela compactação do solo e reflorestada, onde funcionou uma pista de pouso no município de Itutinga, MG

Espécies	Altura	DAP	Área	NI <sup>1</sup>	Origem <sup>2</sup> (*)	S.D. <sup>3</sup> (**)	Utilizada no plantio
	média	médio	basal				
	(m)	(cm)	(m <sup>2</sup> )				
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	7,3	6,7	0,0036	5	Nat	Zoo	X
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	7,5	6,6	0,0035	14	Nat	Zoo	X
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees & Mart.	10,0	15,6	0,0191	1	Nat	Zoo	-
<i>Platycyamus regnellii</i> Benth.	7,2	8,0	0,0053	3	Nat	Auto	X
<i>Pleroma candolleianum</i> (Mart. ex DC.) Triana	2,5	8,9	0,0062	1	Nat	Anemo	-
<i>Protium cf. spruceanum</i> (Benth.) Engl.	3,0	5,7	0,0026	1	Nat	Zoo	-
<i>Psidium guajava</i> L.	4,0	7,0	0,0039	1	Ex/Br	Zoo	X
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	5,6	10,6	0,0096	26	Nat	Zoo	X
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	8,1	17,4	0,0247	18	Nat	Auto	X
<i>Swartzia langsdorffii</i> Raddi	9,0	7,5	0,0046	2	Ex/RG	Zoo	X
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	9,8	19,0	0,0303	35	Ex/Br	Zoo	X
<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	7,1	10,3	0,0093	9	Ex/Br	Anemo	X
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	6,1	8,4	0,0058	4	Nat	Zoo	X
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	6,9	10,6	0,0126	6	Nat	Zoo	-

(\*) Oliveira Filho (2006). (\*\*) Barbosa *et al.* (2017).

Fonte: Autores (2023)

Nota: 1. **NI**: Número de indivíduos. 2. **Ex/Br**: não ocorre naturalmente no Brasil, **Ex/RG**: Nativa do Brasil que não ocorre naturalmente na região do Alto Rio Grande e **Nat**: Ocorre naturalmente na região do Alto Rio Grande. 3. Síndrome de dispersão. **Zoo**: espécie dispersa por animais, **Anemo**: espécie dispersa pelo vento, e **Auto**: espécie dispersa pela própria planta.

As cinco espécies com as maiores médias de DAP foram *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F.Macbr., *Acacia mangium* Willd., *Clitoria fairchildiana* R.A.Howard, *Syzygium cumini* (L.) Skeels e *Machaerium villosum* Vogel. Com relação à altura média, também se

destacaram *A. mangium* Willd., *P. gonoacantha* (Mart.) J.F.Macbr. e *M. villosum* Vogel, além de *Copaifera langsdorffii* Desf. e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, com médias superiores a 10 metros (Tabela 1).

Para a área de estudo na área degradada, ocorreu um  $H'$  de 3,06,  $J'$  de 0,82 e área basal de 17,39 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Os parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas são apresentados na Tabela 2. Observou-se que das dez espécies com maior VI, oito são pioneiras e todas são oriundas do plantio (Tabela 1), ou seja, nenhuma é regenerante.

Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas inventariadas na área degradada pela compactação do solo no município de Itutinga, MG

(continua)					
<b>Espécie</b>	<b>Classificação Sucessional</b>	<b>FR</b>	<b>DR</b>	<b>DoR</b>	<b>VI</b>
<i>Acacia mangium</i>	P	4,63	8,80	26,85	40,28
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	P	2,78	5,24	19,59	27,61
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	P	3,70	14,23	6,76	24,70
<i>Syzygium cumini</i>	NP	2,78	6,55	9,76	19,09
<i>Machaerium villosum</i>	NP	3,70	5,24	7,32	16,27
<i>Lithraea molleoides</i>	P	4,63	7,68	3,48	15,79
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	P	1,85	10,67	3,13	15,66
<i>Schinus terebinthifolia</i>	P	4,63	4,87	2,30	11,80
<i>Anadenanthera colubrina</i>	NP	3,70	3,18	4,66	11,55
<i>Senna macranthera</i>	P	3,70	3,37	4,10	11,17
<i>Peltophorum dubium</i>	P	4,63	3,37	2,19	10,19
<i>Cedrela fissilis</i>	NP	4,63	3,00	1,12	8,75
<i>Copaifera langsdorffii</i>	NP	4,63	2,81	1,10	8,54
<i>Eriobotrya japonica</i>	NP	4,63	2,43	0,69	7,75
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	NP	4,63	2,25	0,66	7,53
<i>Tipuana tipu</i>	NP	3,70	1,69	0,77	6,16
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	NP	2,78	1,12	0,69	4,60
<i>Clitoria fairchildiana</i>	NP	1,85	0,75	1,47	4,07
<i>Myrsine umbellata</i>	NP	0,93	2,62	0,45	4,00
<i>Myrsine coriacea</i>	P	2,78	0,94	0,17	3,88

Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas inventariadas na área degradada pela compactação do solo no município de Itutinga, MG

Espécie	Classificação Sucessional	FR	DR	(conclusão)	
				DoR	VI
<i>Trema micrantha</i>	P	2,78	0,75	0,21	3,74
<i>Acacia auriculiformis</i>	P	1,85	0,94	0,68	3,46
<i>Aniba firmula</i>	NP	2,78	0,56	0,10	3,44
<i>Libidibia ferrea</i>	NP	1,85	0,75	0,13	2,73
<i>Platycyamus regnellii</i>	NP	1,85	0,56	0,15	2,56
<i>Cenostigma pluviosum</i>	NP	1,85	0,37	0,10	2,33
<i>Swartzia langsdorffii</i>	NP	1,85	0,37	0,08	2,31
<i>Hevea brasiliensis</i>	NP	1,85	0,37	0,08	2,31
<i>Hymenaea courbaril</i>	NP	0,93	1,12	0,25	2,30
<i>Cecropia pachystachya</i>	P	0,93	0,56	0,23	1,71
<i>Ceiba speciosa</i>	NP	0,93	0,56	0,21	1,70
<i>Lecythis pisonis</i>	NP	0,93	0,56	0,10	1,58
<i>Nectandra oppositifolia</i>	P	0,93	0,19	0,18	1,29
<i>Pleroma candolleianum</i>	P	0,93	0,19	0,06	1,17
<i>Guazuma ulmifolia</i>	P	0,93	0,19	0,05	1,16
<i>Psidium guajava</i>	NP	0,93	0,19	0,04	1,15
<i>Inga marginata</i>	NP	0,93	0,19	0,03	1,15
<i>Maclura tinctoria</i>	NP	0,93	0,19	0,03	1,14
<i>Eremanthus incanus</i>	P	0,93	0,19	0,03	1,14
<i>Protium cf. spruceanum</i>	NP	0,93	0,19	0,02	1,14
<i>Annona dolabripetala</i>	P	0,93	0,19	0,02	1,13

Fonte: Autores (2023)

Nota: 1. (P = Pioneira, NP = Não Pioneira, FR = frequência relativa, DR = densidade relativa, DoR = dominância relativa e VI = valor de importância).

A correlação entre a resistência do solo à penetração em diferentes profundidades e as variáveis do reflorestamento ocorreu entre resistência do solo de 0-20 cm e área basal (Tabela 3). Não houve correlação significativa da resistência do solo à penetração, que é uma medida indireta de compactação do solo, nas profundidades de 0-20, 20-30 e 30-60 cm para os demais pares de dados.

Foi verificado que a resistência à penetração na superfície do solo (0-20cm) influenciou negativamente a área basal (Tabela 3), ou seja, quanto maior a compactação do solo nesta camada, menor foi a ocupação do povoamento.

Tabela 3 – Correlação entre a resistência do solo à penetração e variáveis do estrato arbóreo na área degradada pela compactação do solo e reflorestada, onde funcionou uma pista de pouso na região do Alto Rio Grande, MG

Profundidade (cm)	Altura (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	DAP (cm)	Densidade (plantas ha <sup>-1</sup> )
0 - 20	-0,64	<b>-0,92*</b>	-0,79	-0,71
20 - 30	0,71	0,13	-0,20	0,37
30 - 60	0,50	0,42	0,13	0,73

Fonte: Autores (2023)

Nota: \* = probabilidade < 5%

Também foi avaliada a correlação entre a resistência do solo à penetração e crescimento em altura e diâmetro das espécies que foram encontradas em todas as cinco parcelas avaliadas (Tabela 4). Neste caso, também não houve correlação significativa da compactação do solo e do crescimento em altura e DAP das árvores, com exceção de *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl, em que nas parcelas com maiores resistências à penetração foram encontrados indivíduos com as maiores médias de DAP.

Tabela 4 – Correlação entre a resistência do solo à penetração e a altura e o diâmetro das espécies que ocorreram nas cinco parcelas avaliadas na área degradada pela compactação do solo na região do Alto Rio Grande, MG

Espécie	Prof. (cm)		
	0 - 20	20 - 30	30 - 60
	<b>Altura</b>		
<i>A. mangium</i>	-0,159	-0,501	-0,065
<i>C. fissilis</i>	0,282	-0,538	0,422
<i>C. langsdorffii</i>	0,151	0,570	0,039
<i>E. japonica</i>	0,656	-0,513	0,075

(continua)

Tabela 4 – Correlação entre a resistência do solo à penetração e a altura e o diâmetro das espécies que ocorreram nas cinco parcelas avaliadas na área degradada pela compactação do solo na região do Alto Rio Grande, MG

(conclusão)

Espécie	Prof. (cm)		
	0 - 20	20 - 30	30 - 60
	<b>DAP</b>		
<i>H. impetiginosus</i>	-0,133	0,747	-0,242
<i>L. molleoides</i>	0,625	0,029	0,002
<i>P. dubium</i>	0,365	0,419	0,410
<i>S. terebinthifolia</i>	0,354	-0,651	0,331
<i>A. mangium</i>	0,594	-0,129	-0,145
<i>C. fissilis</i>	0,028	-0,702	0,214
<i>C. langsdorffii</i>	0,683	0,555	-0,376
<i>E. japonica</i>	<b>0,935*</b>	-0,072	-0,318
<i>H. impetiginosus</i>	0,000	0,724	-0,383
<i>L. molleoides</i>	0,625	-0,803	-0,441
<i>P. dubium</i>	0,806	0,067	-0,196
<i>S. terebinthifolia</i>	-0,030	-0,270	0,645

Fonte: Autores (2023)

Nota: \* = probabilidade < 5%

## 4 DISCUSSÃO

A predominância de espécies zoocóricas, que atraem fauna nativa, é importante por se tratar de um reflorestamento com finalidade ambiental. A ausência de espécies arbóreas atrativas é apontado por alguns autores como parte do insucesso de vários projetos de restauração florestal (Costa *et al.*, 2020; Dalpizzol *et al.*, 2021; Froés *et al.*, 2020), pois, se a área degradada foi restaurada com espécies que não são atrativas à fauna, provavelmente não haverá ocorrência da manutenção da diversidade de espécies no local, onde os dispersores procuram abrigo e pousio, e liberam seus dejetos próximos a árvores que lhes servem de alimento, contribuindo para a sucessão florestal (Hoffmester *et al.*, 2019).

Com relação à origem das espécies encontradas (Tabela 1), 68,3 % são nativas do Subdomínio Fitogeográfico do Alto Rio Grande (Oliveira Filho, 2006), região onde foi



conduzido o presente estudo. As espécies nativas de outras regiões do Brasil representam 17,1 % e as espécies exóticas para o país corresponderam a 14,6 % (REFLORA, 2023). O uso de espécies exóticas em consorciação com espécies nativas é permitido pelo Código Florestal Brasileiro em algumas situações para recomposição de Áreas de Preservação Permanente e da Reserva Legal (Brasil, 2012). Contudo, estes plantios florestais devem favorecer a regeneração natural de espécies nativas, e o uso de espécies com potencial de se tornarem invasoras não é recomendado.

Das exóticas com maior número de indivíduos (Tabela 1), a *Acacia mangium* Willd. é uma árvore perene originária da Austrália, Papua Nova Guiné, Indonésia e Ilhas Molucas e tem sido plantada em muitas regiões úmidas como fonte de polpa para papel, lenha, madeira para construção e para fabricação de móveis e para controle de erosão. Há ocorrência de relatos como invasora apenas em regiões de floresta ombrófila (Atlântica e Amazônica), o que permite recomendar o seu uso sem grandes preocupações em regiões bioclimáticas semelhantes às do presente estudo (Pinheiro; Linhares, 2019). Na área do presente estudo, em um ecótono cerrado-floresta estacional, não foram observados indivíduos regenerantes.

*Syzygium cumini* (L.) Skeels e *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. também não seriam motivo de preocupação, pois tais espécies podem comportar-se como exóticas casuais, que eventualmente se reproduzem no ambiente no qual foi introduzido, mas não são capazes de manter uma população autônoma em longo prazo (Silva *et al.*, 2021). O monitoramento de componentes florestais (duas décadas após o plantio), na mesma bacia hidrográfica do estudo, revelou que espécies arbóreas exóticas nem sempre são invasoras em áreas sob restauração ecológica, pois a resistência biótica nas comunidades reunidas impediu que as árvores exóticas se comportassem como invasoras (Londe *et al.*, 2020).

O comportamento de *P. gonoacantha* (Mart.) J.F.Macbr. confirma o que foi observado em estudos silviculturais com a espécie, que possui rápido crescimento, atingindo até 25 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> aos 8 anos, com previsão para rotação de 6-7 anos para lenha e carvão e 15 anos para madeira de serraria (Carvalho, 2010). A espécie é indicada por

Fernandes (2020) para sistemas agroflorestais, por apresentar crescimento rápido, fixar nitrogênio e possuir madeira de boa qualidade, além de ser nativa de todos os biomas brasileiros (REFLORA, 2023) e ter potencial para ser usada em projetos de restauração florestal em áreas com solos pobres e degradados (Martins *et al.*, 2022).

Uma constatação positiva é a presença de *M. villosum* Vogel, *C. langsdorffii* Desf. e *A. colubrina* (Vell.) Brenan entre as espécies de maior crescimento (Tabela 1). Estas apresentam madeira de boa qualidade, rígida, muito resistente, de longa durabilidade mesmo sob condições desfavoráveis, sendo própria para obras externas, para construção civil e marcenaria de luxo (Carvalho, 2010). Contudo, a obtenção dessas madeiras se dá apenas por extração de matas nativas (Botrel *et al.*, 2006). Desse modo, a geração do conhecimento silvicultural dessas espécies nativas com alto potencial econômico para a implantação de projetos bem-sucedidos de reflorestamento, tanto em florestas com fins produtivos ou ambientais, são necessários.

Em se tratando de *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard, esperava-se um comportamento positivo desta espécie no local (Tabela 1), sendo esta bastante utilizada em recuperação de áreas degradadas, pois tem a capacidade de estabelecer simbiose com bactérias diazotróficas e nodular em solos degradados, mostrando nodulação natural abundante e eficiente fixação de nitrogênio (Moura *et al.*, 2020). Além disso, produz abundante serrapilheira, que contribui positivamente para a ciclagem de nutrientes e proteção do solo contra erosão (Brandão *et al.*, 2022)

*Syzygium cumini* (L.) Skeels, outra espécie que se destacou no crescimento em diâmetro (Tabela 1), foi muito adotada no passado em reflorestamentos ambientais por apresentar facilidade de produção de mudas, rápido crescimento, copa densa e perene, e frutos atrativos para a fauna (Santiago *et al.*, 2016). Entretanto, por ser exótica, não ter valor madeireiro e causar acidentes quando utilizada na arborização urbana (Oliveira; Alonso, 2019; Pinheiro *et al.*, 2022), está caindo em desuso. Em locais onde a espécie foi plantada, poderia ser utilizada economicamente para obtenção de produtos florestais não madeireiros, como corantes naturais, medicamentos e cosméticos (Nascimento Silva *et al.*, 2022; Pellis *et al.*, 2021; Qamar *et al.*, 2022).

Os valores de densidade e dos índices de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e de equabilidade de Pielou ( $J'$ ) foram comparados com os dados do estrato arbóreo obtidos utilizando o mesmo critério de inclusão no fragmento florestal mais próximo, localizado a 300 metros de distância. Para o fragmento, o  $H'$  foi 3,32, o  $J'$  foi de 0,81 e a área basal de 26,97 m<sup>2</sup>/ha (Ferreira *et al.*, submetido). Os resultados de diversidade e da equabilidade podem ser considerados indicadores positivos de recuperação da área, pois todos foram próximos aos do fragmento, que foi considerado o ecossistema de referência, que são ecossistemas naturais próximos e do mesmo tipo fitogeográfico do local em recuperação e são utilizados para verificar a efetividade dos processos de recuperação (Brançalion *et al.*, 2015). O menor valor de área basal, quase 50% inferior ao da mata nativa, provavelmente é resultado da degradação do solo, que influenciou negativamente o crescimento das mudas plantadas

De acordo com os parâmetros fitossociológicos, a sucessão florestal ainda não foi capaz de gerar árvores regenerantes dentro do critério de inclusão (DAP > 5 cm), as quais irão substituir os indivíduos plantados originalmente.

Apesar do elevado nível de compactação do solo, este geralmente contém rachaduras ou fissuras que as raízes podem explorar. Os penetrômetros podem superestimar a resistência à penetração à qual uma raiz é submetida entre duas e oito vezes (Whiteley *et al.*, 1981; Bengough; Mullins, 1991), sendo outro fator que corrobora com a não linearidade da correlação. Isso se deve principalmente ao aumento da resistência ao atrito na sonda de metal do penetrômetro, mas também porque a sonda é forçada verticalmente no perfil do solo, enquanto as raízes se desenvolvem em torno de áreas compactadas (Bengough; Mullins, 1990).

Como o local era uma pista de pouso desativada, mesmo após o preparo do solo, supôs-se que a compactação originada da sua construção interferiria no crescimento das árvores, conforme verificado para a área basal. O efeito negativo da resistência do solo à penetração sobre o crescimento de espécies florestais já foi constatado por diversos autores (Ferreira *et al.*, 2016; Ferreira *et al.*, 2007; Rocha *et al.*, 2015), onde a

massa de raiz e da parte aérea decresce à medida que se aumenta o grau de compactação (Rodrigues *et al.*, 2022; Spliethoff *et al.*, 2020).

*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. apresentou maiores médias de DAP em maiores compactações, observações estas que desafiam o que tem sido relatado normalmente. Desse modo, supõe-se que para *E. japonica* outros fatores estão envolvidos neste comportamento, pois esta espécie é sensível a camadas compactadas do solo, que causam fraco crescimento, má ancoragem da árvore, estresse hídrico e problemas fitossanitários (Polat; Mitra, 2022).

## 5 CONCLUSÕES

A resistência do solo à penetração na camada de 0-20 cm influenciou negativamente a área basal, ou seja, quanto maior a compactação do solo nesta camada, menor foi a ocupação do povoamento, corroborando a hipótese considerada.

As espécies que se destacaram no crescimento tanto em altura, quanto em diâmetro, exceto *Syzygium cumini* (L.) Skeels, pertencem à família Fabaceae. A predominância de árvores atrativas para a fauna e nativas da região indicam que a sucessão florestal ocorrerá de forma satisfatória.

A maioria dos indivíduos inventariados é oriunda de espécies utilizadas no plantio, e grande parte das espécies com os maiores valores de importância pertencem ao grupo ecológico das pioneiras. Dessa forma, essas observações permitem constatar que aos 17 anos de plantio o povoamento ainda se encontra nos estágios iniciais da sucessão florestal.

O uso de espécies exóticas que não se tornem infestantes consorciados com nativas pode trazer retorno econômico para o produtor rural, já que a restauração florestal é uma atividade que demanda quantidade considerável de recursos financeiros.

As espécies exóticas ou nativas podem desempenhar esse papel de espécie pioneira comercial, funcionando como plantas de retorno econômico nas áreas de restauração e, além da madeira, podem fornecer outros produtos madeireiros e não-madeireiros.

## REFERÊNCIAS

- BAESSO, M. M.; MENEZES, T. A. V.; MODOLO, A. J.; ROSA, R. G.; ZUIN, L. F. S. Comparação entre três penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração em um Latossolo Vermelho eutroférico. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 14, n. 2, p. 101–110, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2020v14n2p101-110>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- BARBOSA, L. M.; SHIRASUNA, R. T.; LIMA, F. C.; ORTIZ, P. R. T.; BARBOSA, K. C.; BARBOSA, T. C. **Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2017. 344p.
- BATISTA, P. H. D.; MONTENEGRO, A. A. A.; ALMEIDA, G. L. P.; TAVARES, U. E.; RODRIGUES, R. A. S. Variabilidade espacial da resistência à penetração e teor de água em Neossolo cultivado com banana no agreste pernambucano. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 54–60, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i1.881>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- BENGOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Penetrometer resistance, root penetration resistance and root elongation rate in two sandy loam soils. **Plant and Soil**, Países Baixos, v. 131, n. 1, p. 59–66, 1991. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/bf00010420>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- BENGOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **European Journal of Soil Science**, Reino Unido, v. 41, n. 3, p. 341–358, 1990. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2389.1990.tb00070.x>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- BOTREL, R. T.; RODRIGUES, L. A.; GOMES, L. J.; CARVALHO, D. A.; FONTES, M. A. L. Uso da vegetação nativa pela população local no município de Ingaí, MG, Brasil. **Acta botânica Brasilica**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 143–156, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-33062006000100014>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração florestal**. São Paulo: Oficina De Textos, 2015.
- BRANDÃO, H. C. R. S.; MORAES, C. A. C.; SILVA, A. P.; GONÇALVES JÚNIOR, J. F.; REZENDE, R. S.; SILVA, D. M. L. Litter inputs and standing stocks in riparian zones and streams under secondary forest and managed and abandoned cocoa agroforestry systems. **PeerJ**, Corte Madera, v. 10, n. e13787, p. e13787, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.13787>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- BRASIL. **Decreto Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm). Acesso em: 01 nov. 2023.



CARMO, M. R. B.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da Bacia do Rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2001, p. 125-141.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília, DF: Embrapa-SPI, 2010.

COSTA, T. G. A.; IWATA, B. F.; ROCHA, I. L.; SOUZA, I. R. M.; PORTO, S. T. R.; ALVES, A. S.; FERREIRA, P. F. A.; RODRIGUES, N. B. Diagnóstico e proposta de recuperação de área degradada sob fisionomia de cerrado em Corrente – Piauí. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 12, p. 93976–93989, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/20872>. Acesso em: 01 nov. 2023.

DALPIZZOL, J.; VICENTE, D. L. S.; DEMÉTRIO, L.; GOULART, M. M.; AQUINO, M. G. C.; FOCKINK, G.; KANIESKI, M. R. Avaliação de técnicas nucleadoras em uma Área de Preservação Permanente no Planalto Serrano. **Biodiversidade**, Cuiabá, v. 20, n. 2, p. 161-180, 2021.

DEARMOND, D.; FERRAZ, J. B. S.; EMMERT, F.; LIMA, A. J. N.; HIGUCHI, N. An assessment of soil compaction after logging operations in central amazonia. **Forest Science**, Oxford, v. 66, n. 2, p. 230–241, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/forsci/fxz070>. Acesso em: 01 nov. 2023.

FERNANDES, H. L. Estudo do manejo de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) para exploração de madeira em um sistema agroflorestal. **Cadernos de Agroecologia**, São Cristóvão, v. 15, n. 2, p. 1-6, 2020.

FERNANDES, M. M.; ANDRADE, G. K. O.; FERREIRA, R. A.; SILVA, T. R.; SOUZA, I. B. A.; MAGALHÃES, J. S. Regeneração natural em área de reflorestamento misto com espécies nativas no município de Laranjeiras, SE. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 61, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2779>. Acesso em: 16 ago. 2024.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 177–185, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622007000100020>. Acesso em: 01 nov. 2023.

FERREIRA, W. C.; FREITAS, D. V.; DIAS, D. P.; BOTELHO, S. A. Crescimento de espécies arbóreas plantadas em área de exploração de cascalho em usina hidrelétrica. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13, n. 24, p. 340–353, 2016. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.18677/encibio\\_2016b\\_031](http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2016b_031). Acesso em: 01 nov. 2023.

FERREIRA, W. C., MARTINS, J. C.; BOTELHO, S. A. Caracterização do estrato arbóreo e da regeneração natural de um fragmento de mata ciliar no Rio Grande, MG. **Global Science and Technology**, Rio verde, submetido.

FRÓES, C. Q.; COSTA, P. F.; FERNANDES, S. S. L.; SILVA, A. P. V.; JESUS, R. M.; PEREIRA, Z. V. Chuva de sementes como indicador ambiental de áreas em processo de restauração ecológica do Mato Grosso do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 1032–1047, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509839087>. Acesso em: 01 nov. 2023.

HOFFMESTER, S. G. S.; FERNANDES, S. S. L.; ASSUNÇÃO, M. A.; PADOVAN, M. P. Sistema agroflorestal biodiverso: restauração ecológica e educação ambiental. **Revista GeoPantanal**, Corumbá, v. 14, n. 26, p. 33–47, 2019.

JOURGHOLAMI, M.; GHASSEMI, T.; LABELLE, E. R. Soil physio-chemical and biological indicators to evaluate the restoration of compacted soil following reforestation. **Ecological Indicators**, Nova Iorque, v. 101, p. 102–110, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.009>. Acesso em: 01 nov. 2023.

LONDE, V.; DE SOUSA, H. C.; MESSIAS, M. C. T. B. Monitoring of forest components reveals that exotic tree species are not always invasive in areas under ecological restoration. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 192, n. 10, p. 618, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-020-08583-w>. Acesso em: 01 nov. 2023.

MACEDO, R. A.; QUEIROZ, T. A. F.; FERREIRA, W. C.; DIAS, D. P. Crescimento de árvores plantadas para recomposição de área de preservação permanente hídrica em meio urbano. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 1-8, 2019.

MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; BORÉM, R. A. T.; BOTEZELLI, L. Análise comparativa da estrutura e flora do compartimento arbóreo-arbustivo de um remanescente florestal na Fazenda Beira Lago, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 499–516, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622004000400005>. Acesso em: 01 nov. 2023.

MARTINS, S. V.; BRAZ, J. P.; VILLA, P. M.; ALVES, W. V. L.; VALENTE, M. L.; KRUSCHEWSKY, G. C.; DIAS, A. A.; NABETA, F. H. Avaliação de nucleários como técnica de restauração florestal em Mariana, MG, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 42, p. 1–14, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4336/2022.pfb.42e202002154>. Acesso em: 01 nov. 2023.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; BESKOW, S. Vazões máximas e mínimas para bacias hidrográficas da região alto Rio Grande, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 494–502, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542010000200031>. Acesso em: 01 nov. 2023.

MIOTO, L. S.; ARAÚJO, M. A.; SERON, C. C.; LAVANHOLI, R.; BATISTA, M. A.; USHIWATA, S. Y. Resistência mecânica do solo à penetração avaliada em área de segundo ano de implantação da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* CRANTZ). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 4601–4620, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n1-330>. Acesso em: 01 nov. 2023.

MOURA, E. G.; CARVALHO, C. S.; BUCHER, C. P. C.; SOUZA, J. L. B.; AGUIAR, A. C. F.; FERRAZ JUNIOR, A. L.; BUCHER, C. A.; COELHO, K. P. Diversity of rhizobia and importance of their interactions with legume trees for feasibility and sustainability of the tropical Agrosystems. **Diversity**, Basileia, v. 12, n. 5, p. 206, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/d12050206>. Acesso em: 01 nov. 2023.

NASCIMENTO SILVA, N. R. R.; BASTOS, R. P.; SILVA, F. A. Jambolan (*Syzygium cumini* (L.) Skeels): A review on its nutrients, bioactive compounds and health benefits. **Journal of Food Composition and Analysis**, Estados Unidos, v. 109, p. 104491, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104491>. Acesso em: 01 nov. 2023.

OLIVEIRA, I. I.; ALONSO, R. R. P. A importância de uma gestão ambiental pública eficiente na implantação da arborização urbana do município de Goiânia. **Revista UniAraguaia de Pós-Graduação**, Goiânia, v. 2, n. 1, p. 88-98, 2019.

OLIVEIRA FILHO, A. T. **Catálogo das árvores nativas de Minas Gerais**: mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais. Lavras: Editora UFLA, 2006. 423p.

QAMAR, M.; AKHTAR, S.; ISMAIL, T.; WAHID, M.; ABBAS, M. W.; MUBARAK, M. S.; YUAN, Y.; BERNARD, R. T.; ZIORA, Z. M.; ESATBEYOGLU, T. Phytochemical profile, biological properties, and food applications of the medicinal plant *Syzygium cumini*. **Foods**, Suíça, v. 11, n. 3, p. 378, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/foods11030378>. Acesso em: 01 nov. 2023.

PELLIS, V. F.; FERREIRA, R. B.; CADDAH, M. K. Sinopse de Myrtaceae Juss. no Monumento Natural Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 48, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2236-8906-20/2021>. Acesso em: 01 nov. 2023.

PINHEIRO, C. U. B.; LINHARES, J. F. P. Levantamento e mapeamento da ocorrência, identificação de espécies e avaliação de ambientes infestados por plantas invasoras na ilha de São Luís, Maranhão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 12, n. 4, p. 1484-1508, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.4.p1484-1508>. Acesso em: 16 ago. 2024.

PINHEIRO, R. T.; MARCELINO, D. G.; MOURA, D. R. de, BITTENCOURT, C. R. Riqueza, diversidade e composição arbórea nas praças de Palmas, Tocantins. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 856-879, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509861429>. Acesso em: 01 nov. 2023.

POLAT, A. A.; MITRA, S. **Loquat**: botany, production and uses. Great Britain: CABI, 2022.

RAMINEH, A.; JOURGHOLAMI, M.; ETEMAD, V.; JAFARI, M.; PICCHIO, R. Effect of different vegetation restoration on recovery of compaction-induced soil degradation in Hyrcanian mixed forests: influence on soil C and N pools and enzyme activities. **Forests**, Suíça, v. 14, n. 3, 603, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f14030603>. Acesso em: 01 nov. 2023.

REFLORA. **Plantas do Brasil**: resgate histórico e herbário virtual para o conhecimento e conservação da flora brasileira. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 01 nov. 2023.

ROCHA, J. H. T.; SANTOS, A. J. M.; DIOGO, F. A.; BACKES, C.; MELO, A. G. C. de; BORELLI, K.; GODONHO, T. de O. Reflorestamento e Recuperação de Atributos Químicos e Físicos do Solo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 3, p. 299-306, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.041613>. Acesso em: 01 nov. 2023.

RODRIGUES, A. B. M.; GIULIATTI, N. M.; PEREIRA JÚNIOR, A. Aplicação de metodologias de recuperação de áreas degradadas nos biomas brasileiros. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 333-369, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34115/basrv4n1-021>. Acesso em: 01 nov. 2023.

RODRIGUES, H. V.; SANTOS, R. F.; LEWANDOSKI, C. F.; VILLA, B. de; TOKURA, L. K.; SIQUEIRA, J. A. C. Desenvolvimento inicial da cultura do eucalipto submetido a diferentes níveis de compactação do solo com regime de stress hídrico. **Almanaque Multidisciplinar de Pesquisa**, Duque de Caxias, v. 9, n. 1, 2022.

RUIZ, I. G.; DÍAZ, M. L. V. Impactos críticos del penetrómetro como criterio para estimar la compactación del suelo y decidir labores en caña de azúcar. **Revista Científica Agroecosistemas**, Cienfuegos, v. 8, n. 1, p. 29–38, 2020.

SALOMÃO, C. S. C.; PAULA, L. G. S.; ELMIRO, M. A. T. Uso da análise multicritério para definição de áreas prioritárias para reflorestamento na Bacia do Rio Piranga, MG, Brasil. **Sustainability in Debate**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 108-120, 2020.

SANTIAGO, M. C. P. A.; GOUVÊA, A. C. M. S.; PEIXOTO, F. M.; BORGUINI, R. G.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S.; NASCIMENTO, L. S. M.; NOGUEIRA, R. I. Characterization of jamelão (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) fruit peel powder for use as natural colorant. **Fruits**, França, v. 71, n. 1, p. 3–8, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/fruits/2015041>. Acesso em: 01 nov. 2023.

SILVA, D. L.; FERREIRA, R. A.; GAMA, D. C. *Bambusa vulgaris* e outras espécies exóticas no Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco, Sergipe: uma preocupação com invasão biológica. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 29, n. 1, 2021.

SPLIETHOFF, J.; POTT, C. A.; RAMPIM, L.; WATZLAWICK, L. F.; JADOSKI, S. O. Limites de compactação do solo para *Ilex paraguariensis*. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 5, p. e23953101, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3101>. Acesso em: 01 nov. 2023.

STOLF, R.; FERNADES, J.; FURLANI NETO, V. L. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto**: modelo IAA/Planalsucar/Stolf. Piracicaba: IAA/Planalsucar-Stolf, 1983. 9p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim n. 1). Disponível em: [https://www.servidores.ufscar.br/hprubismar/\\_artigos/24.\\_Recomendacao\\_para\\_o\\_uso\\_do\\_penetrometro\\_de\\_impacto\\_modelo\\_iaa\\_planalsucar\\_-\\_STOLF\\_\(Stolf,R.\).pdf](https://www.servidores.ufscar.br/hprubismar/_artigos/24._Recomendacao_para_o_uso_do_penetrometro_de_impacto_modelo_iaa_planalsucar_-_STOLF_(Stolf,R.).pdf). Acesso em: 01 nov. 2023.

WHITELEY, G. M.; UTOMO, W. H.; DEXTER, A. R. A Comparison of penetrometer pressures and the pressures exerted by roots. **Plant and Soil**, Países Baixos, v. 61, n. 3, p. 351–364, 1981. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/bf02182016>. Acesso em: 01 nov. 2023.

## Contribuições de autoria

### 1 – Wendy Carniello Ferreira

Universidade Federal de Jataí, Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Florestal  
<https://orcid.org/0000-0002-0068-5084> • [wendy@ufj.edu.br](mailto:wendy@ufj.edu.br)

Contribuição: realização das atividades de campo, escrita científica, análises dos dados, correção final.

## 2 – Robson Schaff Corrêa

Universidade Federal de Jataí, Engenheiro Florestal, Doutor em Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0002-3563-4121> • [correa@ufj.edu.br](mailto:correa@ufj.edu.br)

Contribuição: escrita científica, análises dos dados, correção final.

## 3 – Danival Vieira de Freitas

Universidade Federal de Jataí, Engenheiro Florestal, Doutor em Biotecnologia

<https://orcid.org/0000-0001-8975-4615> • [dfreitas@ufj.edu.br](mailto:dfreitas@ufj.edu.br)

Contribuição: escrita científica, análises dos dados, correção final.

## 4 – Soraya Alvarenga Botelho

Universidade Federal de Lavras, Engenheira Florestal, Doutora em Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0003-4178-465X> • [sbotelho@ufla.br](mailto:sbotelho@ufla.br)

Contribuição: orientação, escrita científica, análises dos dados, correção final.

## Como citar este artigo

FERREIRA, W. C.; CORRÊA, R. S.; FREITAS, D. V.; BOTELHO, S. A. Reflorestamento misto com espécies nativas e exóticas em área degradada. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 12, e85886, 2024. DOI 10.5902/2316980X85886. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2316980X85886>. Acesso em: dia mês abreviado. ano.