

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal**

**Leonardo Palhares da Silveira**

**RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA DE DEPÓSITO DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS EM DIAMANTINA, MG**

**DIAMANTINA - MG**

**2020**

**LEONARDO PALHARES DA SILVEIRA**

**RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA DE DEPÓSITO DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS EM DIAMANTINA, MG**

Tese apresentada no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, nível de doutorado, como parte dos requisitos para a obtenção do título de doutor.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Piuzana  
Mucida

**DIAMANTINA - MG**

**2020**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S587r

Silveira, Leonardo Palhares da

Recuperação de uma área de depósito de resíduos sólidos em  
Diamantina, MG / Leonardo Palhares da Silveira, 2021.

58 p.: il.

Orientadora: Danielle Piuzana Mucida

Tese (Doutorado– Programa de Pós Graduação em Ciência  
Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri,  
Diamantina, 2020 (Ano de Defesa).

1. Cerrado. 2. Lixão. 3. Gramíneas invasoras. 4. Mistura de  
sementes. 5. Semeadura direta. I. Mucida, Danielle Piuzana. II. Título.  
III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**CDD 634.9**

Ficha Catalográfica – Sistema de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecária: Viviane Pedrosa – CRB6/2641



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

**LEONARDO PALHARES DA SILVEIRA**

**RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA DE DEPÓSITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM  
DIAMANTINA, MG**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em **Ciência Florestal** da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, **nível de Doutorado**, como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Recursos Florestais**.

Orientador: Profa. **Danielle Piuzana Mucida**

Data de aprovação 30/11/2020.

**Prof. Israel Marinho Pereira - (UFVJM)**

**Prof. José Barbosa dos Santos - (UFVJM)**

**Prof. Bruno Oliveira Lafetá (IFMG)**

**Dra. Paula Alves Oliveira (SESI)**

**Profa. Danielle Piuzana Mucida - (UFVJM)**



Documento assinado eletronicamente por **Danielle Piuzana Mucida, Docente**, em 30/11/2020, às 19:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Oliveira Lafetá, Usuário Externo**, em 30/11/2020, às 21:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paula Alves Oliveira, Usuário Externo**, em 01/12/2020, às 08:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Barbosa dos Santos, Docente**, em 01/12/2020, às 11:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Israel Marinho Pereira, Servidor**, em 21/01/2021, às 08:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0230482** e o código CRC **3C945336**.

---

## *OFEREÇO*

*Aos meus pais, Wellington e Francisca, minhas irmãs Wendy e Jamilly e minha sobrinha Júlia e Helena, a profa. Dra. Danielle Piuzana Mucida e ao prof. Dr. Israel Marinho Pereira pela confiança, oportunidade e apoio para o desenvolvimento deste trabalho, a todos os familiares e amigos, que sempre estão comigo.*

## *DEDICO*

*A Deus e ao meu avô Sales por ter acreditado na minha pessoa mesmo nos momentos no qual eu não acreditava e por estar comigo em todos os momentos difíceis vencidos em toda minha vida e todas as pessoas que tornaram possível a conclusão deste trabalho.*

“Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que você faz com aquilo que você sabe”

(Aldous Huxley)

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao final desse trabalho, são tantas pessoas que preciso agradecer que na verdade nem sei por onde começar.

Agradeço a Deus, por iluminar meu caminho, por tudo que me tens concebido e pela alegria de contar com pessoas especiais durante essa jornada.

A meu avô Sales meus pais Wellington e Francisca, minhas irmãs Wendy e Jamilly, pelo apoio e confiança, o meu muito obrigado.

A Profa. Dra. Danielle Piuzana Mucida, pela atenção, paciência, incentivo, amizade, conselhos e orientação nesta Tese.

Ao professor Dr. Israel Marinho Pereira pelo incentivo, confiança e companheirismo durante toda etapa do mestrado e doutorado.

Ao professor Dr. José Barbosa dos Santos pela colaboração e por estar sempre disposto a ajudar quando precisei.

Ao professor Prof. Dr. Bruno Oliveira Lafetá pela amizade, conselhos e por estar sempre disposto a ajudar quando precisei.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Israel Marinho Pereira, Prof. Dr. Bruno Oliveira Lafetá, Prof. Dr. José Barbosa dos Santos e Dra. Paula Alves Oliveira pela disponibilidade da participação e pelas valiosas contribuições.

A Eduarda Soares Menezes e Luciano Cavalcante de Jesus França por toda ajuda em todos os trabalhos desenvolvidos durante esses 5 anos de coleta de dados.

A todos os meus amigos de convivência por todos os momentos bons que já passamos juntos....

Nunca esquecerei!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal pelos ensinamentos durante as disciplinas cursadas e fazer desse curso uma referência.

A todos aqueles que porventura tenha esquecido de citar seus nomes e que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço a todos integrantes do grupo do Núcleo de Estudos em Recuperação de Áreas Degradadas.

A quem torceu por essa vitória.

Agradeço a todos!

## BIOGRAFIA

Leonardo Palhares da Silveira, filho de José Welington da Silveira e Francisca de Fátima Palhares Silveira, nasceu no dia 09 de fevereiro de 1989, em Currais Novos, Rio Grande do Norte. Realizou o 1º grau na Escola Estadual Querubina Silveira em Cerro Corá, Rio grande do Norte, em 2004. Em 2007 ingressou no Colégio Agrícola Vidal de Negreiros em Bananeiras, Paraíba, para conclusão do ensino médio. Depois ingressou na Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, graduando-se em Engenharia Florestal em 2013. Em 2016, obteve grau de Magister Science em Ciência Florestal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, Minas Gerais, e em setembro de 2020, submeteu-se à defesa de Tese, para obtenção do grau de Doutor em Ciência Florestal, pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Atualmente ocupa o cargo de Analista Ambiental no Serviço Social da Indústria – SESI, a serviço da Anglo American Minério de Ferro.

## RESUMO

SILVEIRA, L. P. **Recuperação de uma área de depósito de resíduos sólidos em Diamantina, MG.** 2020. 58 p. (Tese – Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

Um dos maiores problemas da sociedade contemporânea vincula-se à geração excessiva de resíduos sólidos que, acompanhando o crescimento populacional, avança em quantidades cada vez mais alarmantes. Esses materiais, quando não são descartados adequadamente devido à falta de planejamento, causam sérias consequências para o ecossistema. Em Diamantina, no Campus Juscelino Kubitschek (JK) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), há um lixão desativado, que funcionou como depósito de resíduos sólidos da sede urbana entre 1993 e 2003. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo caracterizar os atributos químicos do substrato da área de depósito de resíduos sólidos desativado há 17 anos, analisar a composição do seu banco de sementes, mensurar as espécies de gramíneas dominantes quantificando sua biomassa e avaliar a eficácia, quanto à recuperação da área por meio da semeadura direta, de sementes de espécies nativas do Cerrado e de cobertura, via semeadura direta. O estudo foi realizado de janeiro de 2016 a julho de 2018, em uma área de 1 ha no campus JK da UFVJM, com a dominância de gramíneas exóticas *Urochloa decumbes* e *Melinis minutiflora*. Implantou-se quatro ambientes com predominância de gramíneas, com dimensões 11 m x 29 m (319 m<sup>2</sup>) cada e contendo dez parcelas de 5 x 5 m (25 m<sup>2</sup>). Cada ambiente apresentava características distintas, mas homogeneidade interna (parcelas aproximadamente semelhantes). Foram analisadas as propriedades químicas do substrato, o banco de sementes, a quantificação da biomassa das gramíneas dominantes. Foi realizado um controle químico e, por fim, a semeadura da mistura de sementes de espécies arbóreas do Cerrado e espécies de cobertura, em dez tratamentos que envolviam diferentes densidades de sementes do Cerrado e diferentes materiais para homogeneização (terra, serragem e adubo). Quanto aos dados químicos do substrato, todos os ambientes apresentaram baixas concentrações de macronutrientes e matéria orgânica (MO), com exceção do potássio (K) no Ambiente 3, que apontou concentração mediana. O Ferro (Fe) apresentou valores elevados, em especial, no ambiente 4. Verificou-se que o banco de sementes estudado é predominantemente composto por espécies herbáceas invasoras. Ao mensurar as espécies dominantes, observou-se média mais alta de biomassa fresca no ambiente 1. O conteúdo de massa seca não variou entre as áreas estudadas, mas o ambiente 4 apresentou a maior média de biomassa seca. Quanto à

semeadura direta, os resultados mostraram uma menor taxa de estabelecimento (2,4 plantas.m<sup>-2</sup>) e percentuais de sobrevivência (3,26 %) para as espécies arbóreas do Cerrado em contraponto com as espécies de cobertura, com taxa de estabelecimento de 71,3 plantas. m<sup>-2</sup> e sobrevivência de 96,74% respectivamente. A Candeia (*Eremanthus incanus*) apresentou maior taxa de sobrevivência entre as espécies arbóreas e o Pau Santo (*Kielmeyera coriacea*) maior percentagem de estabelecimento nas diferentes densidades. Em relação aos indivíduos de espécies de cobertura, o Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus*) estabeleceu em maiores quantidades. Pelas premissas do trabalho, o procedimento mais satisfatório foi o tratamento que utilizou densidade 2 + semeadura em solo sem esterco (T8), visto que houve uma maior taxa de germinação de espécies arbóreas do Cerrado e uma germinação satisfatória de espécies de cobertura.

**Palavras-chave:** Cerrado; Lixão; Gramíneas Invasoras; Mistura de Sementes; Semeadura direta.

## ABSTRACT

SILVEIRA, L. P. **Recovery of a solid waste deposit area in Diamantina, MG.** 2020. 58 p. (Thesis - Doctorate in Forest Science) - Federal University of Jequitinhonha and Mucuri Valleys, Diamantina, 2020.

One of the biggest problems of contemporary society is the excessive generation of solid waste that, following the population growth, advances in increasingly alarming quantities. When not properly disposed of due to lack of planning, these materials have severe consequences for the affected ecosystem. In Diamantina, at the Juscelino Kubitschek (JK) Campus of the Federal University of the Valleys of Jequitinhonha and Mucuri (UFVJM), there is a deactivated dump, which functioned as a solid waste deposit at the urban headquarters between 1993 and 2003. The present study aimed to characterize the substrate's chemical attributes of the solid waste deposit deactivated 17 years ago, analyzing the composition of its seed bank, measure the dominant grass species by quantifying its biomass, and evaluate the effectiveness of the area's recovery through direct sowing, seeds of native species from the Cerrado and cover, via direct sowing. The study was carried out from January 2016 to July 2018, in an area of 1 ha on the JK campus of UFVJM, with the dominance of exotic grasses *Urochloa decumbes* and *Melinis minutiflora*. We implanted four environments with the predominance of grasses with dimensions 11 m x 29 m (319 m<sup>2</sup>), each containing ten plots of 5 x 5 m (25 m<sup>2</sup>). Each environment had different characteristics (heterogeneous environments with the most remarkable possible uniformity) but internal homogeneity (approximately similar plots). We investigated the substrate's chemical properties, the evaluation of the seed bank, and the quantification of the dominant grasses' biomass. Chemical control and, finally, the sowing of the mixture of seeds of tree species from the Cerrado and cover species, in ten treatments involving two seed densities and different materials for homogenization (soil, sawdust, and fertilizer). As for the substrate's chemical data, all environments presented low concentrations of macronutrients and organic matter (OM), except for potassium (*K*) in Environment 3, which showed median concentration. Iron (*Fe*) showed high values, especially in Environment 4. The seed bank studied is predominantly composed of invasive herbaceous species. When measuring the dominant species, Environment 1 presented the higher average of fresh biomass. The dry mass content did not vary between the areas studied, but Environment 4 showed the highest dry biomass average. As for direct sowing, the results showed a lower rate of the establishment (2,4 plants.m<sup>-2</sup>) and percentages of survival (3,26%) for the Cerrado tree species in contrast with the cover species, with a rate of establishment of 71,3 plants. m<sup>-2</sup> and 96,74% survival, respectively. *Candeia* (*Eremanthus incanus*) had a higher survival rate among tree species, and Pau Santo (*Kielmeyera*

*coriacea*) had a higher percentage of establishment in different densities. About individuals of cover species, the Turnip (*Raphanus sativus*) was established in more significant quantities. From the work premises, the most satisfactory procedure was the treatment that used density two (2) + sowing in soil without manure (T8) since there was a higher germination rate of Cerrado tree species and satisfactory germination of cover species.

Keywords: Cerrado; Dumping ground; Invasive Grasses; Mix of Seeds; Direct seeding.

## SUMÁRIO DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização da área de estudo no município de Diamantina, Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil. Dados de altimetria do município com localização da área de estudo na UFVJM. ....	27
<b>Figura 2:</b> Mapas temáticos de caracterização fisiográfica da região de estudo. (A) Fitofisionomia; (B) Declividade do terreno e (C) Classes de solos. Modificado de França et al. (2018). ....	28
<b>Figura 3:</b> Etapas das atividades realizadas durante o período experimental. ....	29
<b>Figura 4:</b> Fotografias que ilustram os ambientes 1 a 4 do lixão desativado há 17 anos do município de Diamantina, Minas Gerais, antes das intervenções. ....	30
<b>Figura 5:</b> <i>Box plot</i> de medianas (linha escura) de biomassa fresca e seca em kg.ha <sup>-1</sup> das espécies dominantes em área degradada, Diamantina, Minas Gerais. ....	39
<b>Figura 6:</b> Sobrevivência das plantas da mistura de sementes compostas por espécies arbóreas do Cerrado espécies de cobertura, por tratamento, aos 90 dias de implantação do experimento em área degradada, Diamantina, Minas Gerais. ....	41
<b>Figura 7:</b> a) Estabelecimento de espécies arbóreas do Cerrado e de cobertura a partir da mistura de sementes para todos os tratamentos. ESP 1- <i>E. incanus</i> ; ESP 5- <i>K. coriacea</i> ; ESP 6- <i>A. pintoi</i> ; ESP 7- <i>L. multiflorum</i> ; ESP 8- <i>D. lablab</i> ; ESP 9- <i>C. ochroleuca</i> ou <i>C. spectabilis</i> ; ESP 10- <i>C. ensiformis</i> ; ESP 11- <i>C. cajan</i> ; ESP 12- <i>H. annuus</i> ; ESP 13- <i>C. pubescens</i> ; ESP 14- <i>P. glaucum</i> ; ESP 15- <i>M. aterrima</i> ou <i>M. pruriens</i> ; ESP 16- <i>R. sativus</i> ; ESP 19- <i>S. capitata</i> ou <i>S. macrocephala</i> . As espécies ESP 2- <i>A. arvense</i> ; ESP 3- <i>D. miscolobium</i> ; ESP 4- <i>S. lycocarpum</i> ; ESP 17- <i>P. phaseoloides</i> e ESP 18- <i>S. bicolor</i> não estão representadas pois não germinaram. ....	41
<b>Figura 8:</b> Estabelecimento inicial de plântulas por tratamento: (a) espécies arbóreas do Cerrado por tratamento: b) espécies de cobertura. ....	43
<b>Figura 9:</b> Aspecto geral do estabelecimento de plântulas da mistura de sementes de espécies arbóreas do Cerrado em diferentes densidades e de cobertura de acordo com materiais adicionados ou não às sementes (terra, serragem, esterco) nos tratamentos em uma área degradada no município de Diamantina-MG. ....	44



## SUMÁRIO DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Tratamentos testados na mistura de sementes em área degradada, Diamantina, Minas Gerais. ....	32
<b>Tabela 2:</b> Lista de espécies utilizadas na muvuca de sementes em área degradada, Diamantina, Minas Gerais. ....	32
<b>Tabela 3:</b> Densidades da mistura de sementes em área degradada, Diamantina, Minas Gerais. ....	34
<b>Tabela 4:</b> Análise físico-química do substrato em diferentes ambientes do lixão desativado do município de Diamantina, Minas Gerais. ....	35
<b>Tabela 5:</b> Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Tempo Médio de Germinação (TMG) do banco de sementes em ambientes do lixão desativado do município de Diamantina, Minas Gerais. ....	36
<b>Tabela 6:</b> Espécies amostradas no banco de sementes, forma de vida (FV), origem e parâmetros fitossociológicos: densidade absoluta (DA); densidade relativa (DR); frequência absoluta (FA); frequência relativa (FR) e Valor de Importância do Banco de Sementes (IVB). ....	37
<b>Tabela 7:</b> Parâmetros fitossociológicos e de diversidade e riqueza das espécies amostradas no banco de sementes em área degradada por ambiente, Diamantina, Minas Gerais. NE: número de espécies; DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; FA: frequência absoluta e FR: frequência relativa; DMg: Riqueza de Margalef; H': Diversidade de Shannon e J: Equabilidade de Pielou. ....	38
<b>Tabela 8:</b> Valores médios de biomassa fresca e biomassa seca das espécies dominantes em 4 ambientes do lixão desativado do município de Diamantina, Diamantina, Minas Gerais. ....	38
<b>Tabela 9:</b> Densidade e frequência absoluta das plantas estabelecidas via mistura de sementes por meio de diferentes tratamentos e número de plantas estabelecidas e taxa de sobrevivência e via mistura de sementes aos 90 dias em área degradada, Diamantina, Minas Gerais. ....	40
<b>Tabela 10:</b> Resumo da análise de deviance para riqueza, abundância e densidade relativa de espécies identificadas aos 90 dias após instalação experimental. ....	42
<b>Tabela 11:</b> Densidade relativa das variedades <i>Eremanthus incanus</i> (ESP 1), <i>Kielmeyera coriacea</i> (ESP 2), <i>Arachis pintoii</i> (ESP 3), <i>Lolium multiflorum</i> (ESP 4), <i>Centrosema pubescens</i> (ESP 5) e <i>Stylosanthes capitata</i> (ESP 6) identificadas aos 90 dias após instalação experimental. ....	43
<b>Tabela 12:</b> Densidade e frequência absoluta das plantas estabelecidas via mistura de sementes por meio de diferentes tratamentos e número de plantas estabelecidas e taxa de sobrevivência e via mistura de sementes aos 90 dias em área degradada, Diamantina, Minas Gerais. ....	45

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>CONCEPÇÃO DO TRABALHO</b> .....	<b>16</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>20</b>
<b>RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA DE DEPÓSITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM DIAMANTINA, MG.</b> .....	<b>26</b>
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>2.MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
2.1 Caracterização da área de estudo .....	27
2.2 Metodologia .....	29
2.2.1 Implantação do experimento .....	29
2.2.2. Análise química do substrato .....	30
2.2.3. Coleta de banco de sementes do substrato .....	30
2.2.4 Quantificação da Biomassa Fresca e Seca das gramíneas exóticas pré-controle químico .....	31
2.2.5 Controle Químico .....	31
2.2.6 Semeadura direta.....	32
<b>3.RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
3.1 Características químicas do substrato .....	34
3.2 Banco de sementes.....	35
3.3 Biomassa.....	38
3.4 Semeadura direta.....	39
<b>4.DISSCUSSÕES</b> .....	<b>45</b>
4.1 Diagnóstico da área pré-semeadura direta .....	45
4.1.1 O substrato .....	45
4.1.2 Banco de Sementes .....	46
4.1.3 Biomassa.....	43
4.2 Semeadura da mistura de sementes.....	48
<b>5.CONCLUSÕES</b> .....	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>52</b>

## CONCEPÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa apresentada neste volume versará sobre tentativas de recuperação aplicadas em uma área de deposição de resíduos sólidos desativada há 17 anos localizada no Campus Juscelino Kubitschek, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Compreende uma série de diagnósticos e procedimentos com o objetivo de buscar metodologias mais adequadas que favoreçam o restabelecimento da vegetação nativa e seus processos de sucessão natural.

Para uma melhor compreensão das proposições e operações que serão apresentadas no corpo da tese, é necessária uma breve explicação do processo que as gerou.

A área em estudo foi destinada à deposição de resíduos sólidos da sede urbana de Diamantina entre 1993 e 2003, em categoria do tipo lixão, sem impermeabilização, sistema de drenagem de lixiviados e de gases e sem cobertura diária do lixo, causando impactos à saúde pública e ao meio ambiente (ELK, 2007). Após a desativação, o substrato, que se apresentava exposto, foi recoberto por espécies das gramíneas exóticas *Urochloa decumbes* (Stapf) RD e *Melinis minutiflora* P. Beauv, além de plantio de espécies arbóreas. Dada a elevada ocupação de gramíneas sem o estabelecimento de vegetação arbórea em grandes extensões da área, inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas, inclusive algumas diretamente relacionadas ao tema da tese, como: (i) Controle químico e mecânico de plantas daninhas (MACHADO et al., 2012); (ii) Concentração de metais pesados nas gramíneas por estudo de biomassa seca (MIRANDA et al., 2012); (iii) Avaliação do banco de sementes da área (MACHADO et al., 2013); (iv) Quantificação e comparação de qualidade das sementes de indivíduos nativos de *Dalbergia miscolobium* Benth. (Fabaceae) (MEIRA JÚNIOR et al., 2014).

Foi neste contexto temporal que se deu, a partir de 2014 a primeira fase do lixão desativado da UFVJM. Foram selecionadas técnicas de nucleação, mais especificamente poleiros artificiais e enleiramento de galharias para a área, em ambientes com predominância de gramíneas exóticas, que teve como foco verificar o potencial dessas técnicas quanto à recuperação. A escolha por técnicas de nucleação pautou-se em experiência obtida em trabalho de conclusão de curso (SILVEIRA et al., 2015).

Na área de desenvolvimento do mestrado foram obtidos registros fotográficos e levantamento das aves e seus hábitos a fim de se considerar ou não, uma possível melhoria na qualidade ambiental. Os resultados indicaram a presença de aves na área, o que é um resultado positivo já que as aves podem atuar na colonização desses ambientes pelo incremento de novas espécies de animais e plantas. Tal fato fomenta a biodiversidade e ativa cadeias biológicas que, de certa forma, aceleram o processo de regeneração natural. Entretanto, o estabelecimento da

fauna e o recrutamento de novas espécies vegetais não foram garantidos, uma vez que a área apresenta alto índice de *U. decumbes* e *M. minutiflora*. Este fato implicou em necessidade complementar de técnicas de capina para otimizar a germinação e o desenvolvimento das plântulas de outras espécies (SILVEIRA et al., 2017).

Neste sentido, em uma segunda fase, avaliamos diferentes técnicas de capina como métodos de controle de gramíneas exóticas na área. Capinas manual, mecânica e química foram aplicadas em parcelas aleatoriamente alocadas em delineamento casualizado em quatro blocos. A análise dos resultados foi realizada após 100 dias, indicando que a capina química proporcionou menor biomassa regenerada de gramíneas exóticas. Já a capina mecânica foi menos eficaz no controle, apresentando maior produção de biomassa (SILVEIRA et al., 2018a). Foram utilizadas imagens digitais processadas no software ImageJ, um método não destrutivo, para as estimativas da cobertura das gramíneas *U. decumbes* e *M. minutiflora* e de exposição do substrato nas parcelas pós capinas. O uso do software foi inovador nas estimativas realizadas (SILVEIRA et al., 2016; 2018b).

Por meio do acompanhamento e avaliação dos resultados descritos, essa tese foi proposta a partir de projeto elaborado submetido e aprovado para doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da UFVJM. Nessa pesquisa, partimos da hipótese de que a semeadura direta de uma mistura de sementes de espécies nativas e de cobertura, conhecida por “muvuca de sementes” poderia atuar positivamente na recuperação do lixão desativado e, conseqüentemente, no controle das gramíneas exóticas. Para um maior controle da pesquisa, obtivemos dados químicos do substrato, coletamos o banco de sementes do solo em parcelas em diferentes ambientes e o analisamos após 360 dias, quantificamos biomassa fresca e seca de gramíneas exóticas pré-capina química antes da semeadura direta.

Na etapa da semeadura direta, utilizamos dez tratamentos que levaram em consideração diferentes densidades de sementes de espécies arbóreas nativas e de cobertura que são utilizadas como adubação verde, aos quais as sementes foram misturadas com os materiais de homogeneização para serem lançadas.

Os resultados das investigações realizadas no lixão desativado são relatados nesta tese. Com sua apresentação, metodologia, análise dos resultados, discussões e nossas conclusões, pretende-se contribuir quanto ao conhecimento sobre características físicas, bióticas e edáficas referente à recuperação de lixões desativados. É preciso ter bem clara essa delimitação das pesquisas para não se esperar delas um tratamento amplo e exaustivo da questão da recuperação a que não se propõem. Aqui estão relatadas metodologias destinadas a reabilitar a área de estudo a partir da aplicação da mistura de sementes, técnica considerada promissora.

A tese parte de uma abordagem geral sobre os temas relacionados à recuperação de áreas degradadas pela deposição de resíduos urbanos sólidos, passando posteriormente ao estudo e análises dos procedimentos realizados, bem como monitoramento e avaliações conclusivas sobre o uso de algumas técnicas de mitigação.

Em conclusão procede-se a uma reflexão crítica sobre as intervenções realizadas como contribuição ao tema da restauração em ambientes degradados do tipo lixão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ELK, A. G. H. P. **Redução de emissões na disposição final**. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.
- MACHADO, V. M.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, I. M.; LARA, R. O.; CABRAL, C. M.; AMARAL, C. S. (2013). Avaliação do banco de sementes de uma área em processo de recuperação em cerrado campestre. **Planta Daninha**, 31(2), 303-312. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200007>.
- MACHADO, V. M.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, I. M.; CABRAL, C. M.; LARA, R. O.; AMARAL, C. S. (2012). Controle químico e mecânico de plantas daninhas em áreas em recuperação. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 11(2), 139-147. <https://doi.org/10.7824/rbh.v11i2.153>
- MEIRA JÚNIOR, M. S.; MACHADO, E. L. M.; DE OLIVEIRA, M. L. R.; PINTO, J. R. R.; MOTA, S. D. L. L. (2014). Qualidade das sementes de indivíduos nativos de *Dalbergia miscolobium* Benth. (Fabaceae) em área de cerrado em processo de recuperação. **Heringeriana**, 7(1), 73-78. Disponível em: < <http://revistas.jardimbotanico.ibict.br/index.php/heringeriana/article/view/7/11> >
- MIRANDA, V. S.; RIBEIRO, K. G.; SILVA, A. C.; PEREIRA, R. C.; PEREIRA, O. G.; TORRADO, P. V.; OLIVEIRA, M. C. (2012). Rehabilitation with forage grasses of an area degraded by urban solid waste deposits. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 41(1), 18-23. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100003>
- SILVEIRA, L. P., SOUTO, J. S., DAMASCENO, M. M., MUCIDA, D. P., PEREIRA, I. M. (2015). Poleiros artificiais e enleiramento de galhada na restauração de área degradada no semiárido da Paraíba, Brasil. **Nativa**, 3(3), 165-170. <https://doi.org/10.14583/2318-7670.v03n03a03>
- SILVEIRA, L. P.; PIUZANA, D.; PEREIRA, I. M.; OLIVEIRA, M. L. R.; SANTOS, J. B. (2016). Estimativa da cobertura de gramíneas invasoras em área degradada de cerrado por meio do Software ImageJ. **Revista Espacios**, 37(31). Disponível em: < <http://www.revistaespacios.com/a16v37n31/16373126.html> >
- SILVEIRA, L. P.; MUCIDA, D. P. ; PEREIRA, I. M. (2017). Técnicas de nucleação aplicadas à restauração de uma área degradada em município do Alto Jequitinhonha, MG. In: SEBRA, G. (Org). **Educação ambiental: ensino, pesquisa e práticas aplicadas**. Ituiutaba: Barlavento, v. 1, 227-238.
- SILVEIRA, L. P.; PIUZANA, D.; PEREIRA, I. M.; LAFETA, B. O.; DOS SANTOS, J. B. (2018a). Evaluation of different methods to control invasive alien grass weeds in a degraded

area. **African Journal of Agricultural Research**, 13(32), 1655-1660.  
<https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13276>

SILVEIRA, L. P.; MENEZES, E. S.; MUCIDA, D. P.; PEREIRA, I. M.; DOS SANTOS, J. B.; DE OLIVEIRA, M. L. R. (2018b). O uso do software ImageJ na estimativa de substrato exposto pós controle de gramíneas invasoras, **Ecologia e Nutrição Florestal/Ecology and Forest Nutrition**, 6(2), 51-58. <https://doi.org/10.5902/2316980X33509>

## INTRODUÇÃO GERAL

O aumento da população mundial nos últimos anos levou a novas demandas por bens, consumo e ocupação territorial (RESENDE e PINTO, 2013). No entanto, o processo de geração de novos produtos e demarcações de terras tem sido caracterizado por falta de planejamento e consequente destruição de recursos naturais (MARTINS, 2009).

As mudanças ambientais causadas por diferentes formas de uso e ocupação do solo causam, historicamente, inúmeros problemas ecossistêmicos (GIBBS e SALMON, 2015). Atualmente, a conscientização e a necessidade de controle, recuperação / reabilitação de áreas degradadas estão presentes em níveis crescentes, e a adoção de medidas para minimizar os impactos causados aos serviços ecossistêmicos é fundamental para o bem-estar humano (BARLOW et al., 2016; DÍAZ et al., 2018).

Dentre os inúmeros passivos ambientais decorrentes da ação humana que vêm aumentando consideravelmente nos últimos anos, destacam-se os depósitos de resíduos sólidos ao ar livre. Suas áreas e capacidade de resiliência (tendência a retornar ao estado anterior) se perdem ou retornam lentamente, exigindo ações de intervenção antrópica para a sua recuperação (CARPANEZZI et al., 1990; FULLEN e CATT; 2004; PIAZ; FERREIRA, 2011).

Categorizados como lixões, um dos tipos de passivo ambiental, quando desativados, requerem a preparação de um plano de recuperação (BELI et al., 2005). Para determinar o(s) método(s) mais eficaz(es) a ser empregado(s), é necessário estar atento ao potencial de auto recuperação do local. Isto está normalmente condicionado à presença e caracterização de bancos de sementes, mudas e estabelecimento inicial das espécies presentes, além da análise de vegetação adjacente e a existência de mudas introduzidas. Todos estes fatores colaboram com os processos iniciais de sucessão ecológica envolvidos no processo de recuperação (HARPER, 1977; UHL et al., 1981; WHITMORE, 1984).

O termo reabilitar é amplamente utilizado, e pode ser entendido como um conjunto de medidas destinadas a reconstruir um ecossistema de maneira artificial. Está técnica busca sempre que possível, retomar os processos de sucessão o mais semelhante possível às condições de pré-perturbação (SILVA, 1996; BECHARA et al., 2007), permitindo que o ambiente tenha sua resiliência de acordo com sua capacidade de uso (SANTOS, 2010).

A reabilitação deve envolver um conjunto de fatores ambientais que possibilitem a manutenção do ecossistema por meio de processos rápidos, baratos e sustentáveis, e isso só é alcançado de acordo com a resiliência de cada ambiente (VALCARCEL e SILVA, 2000; BAYLÃO et al., 2013; TEIXEIRA et al., 2014). No entanto, os modelos, por mais bem

planejados, não garantem necessariamente que todos os processos ecológicos e suas funcionalidades sejam estabelecidos (MARTINS, 2009).

Normalmente, em processos iniciais de recuperação, gramíneas são semeadas para proteger inicialmente o substrato e proporcionar colonização primária. No entanto, a maioria das espécies utilizadas neste processo são espécies exóticas que causam sérios danos aos ecossistemas. Espécies de gramíneas de origem africana foram introduzidas acidentalmente ou para fins forrageiros no Brasil, tornando-se invasoras de ecossistemas naturais, principalmente em ambientes abertos, como campos e cerrados (PIVELLO, 2011). A invasão biológica é considerada a segunda maior ameaça à perda de biodiversidade (MMA, 2012). Assim, é importante conhecer as características dos indivíduos inseridos e priorizar o enriquecimento de sítios degradados com outras espécies e formas de vida, a fim de garantir o estabelecimento da diversidade de plantas e a auto sustentabilidade do ecossistema criado (BOURLEGAT et al. 2013).

A semeadura direta tem se apresentado promissora entre as técnicas de recuperação ambiental (FERREIRA et al., 2007; FERREIRA et al., 2009; SANTOS et al., 2012; PELLIZZARO et al. 2017; SILVA et al., 2017). Trata-se de um procedimento que, além de reduzir custos, elimina toda a fase de produção de mudas em viveiro e pode ser realizada em locais de difícil acesso e alta declividade (BARNETT; BAKER, 1991). Apresenta ainda a possibilidade de mecanização em grandes áreas (CAMPOS-FILHO et al., 2013).

Sementes de espécies da família Fabaceae normalmente compõem a semeadura direta por promover a continuidade ao processo de sucessão iniciado por gramíneas. As leguminosas que normalmente são usadas caracterizam-se pela alta capacidade de cobrir as áreas rapidamente, fornecendo um revestimento permanente de superfícies sujeitas à erosão. Além disso, promovem a fixação de nitrogênio no solo e o supre com matéria orgânica a um custo biológico economicamente compensador (FRANCO et al., 1995; BELTRAME e RODRIGUES, 2008; FIALLOS et al., 2012). Neste sentido, podem melhorar as condições do substrato e torná-lo mais apto e receptivo às sementes nativas da região e, assim, favorecer e antecipar a revegetação do local (FRANCO et al., 1995). A vantagem do seu uso consiste no fato de não se comportarem como espécies de plantas invasoras, que podem excluir competitivamente plantas nativas, impedir os processos de sucessão ecológica e alterar o funcionamento dos ecossistemas (VELLEND et al. 2007).

A área degradada onde foi desenvolvido este estudo trata-se de um lixão desativado, no município de Diamantina, Cerrado brasileiro, um dos biomas mais afetados pela antropização (SANO et al., 2010). Sua degradação é um problema ambiental progressivo que

requer estudos ligados a medidas mitigadoras nos locais afetados (MARTINS et al., 2011; HOROWITZ et al., 2013).

Com o intuito de testar procedimentos para a promoção da recuperação desse lixão desativado por tratamentos de semeadura direta de espécies arbóreas do Cerrado e de cobertura em parcelas alocadas em quatro ambientes foi necessário diagnosticar as condições edáficas da área e procedimentos de controle químico de gramíneas exóticas. Neste sentido, o trabalho fornece um diagnóstico sobre a química do substrato; avaliação do banco de sementes da área, quantificação de biomassa fresca e seca nas parcelas pré-semeadura direta e uso do controle químico de *U. decumbes* (braquiária) e *M. minutiflora* (capim gordura). Por fim, apresentou-se os resultados da semeadura direta.

Assim, os objetivos dessa tese foram (i) caracterizar os atributos químicos do substrato na área em recuperação, (ii) analisar a composição do banco de sementes do substrato em processo de recuperação (iii) mensurar as espécies de gramíneas dominantes quantificando sua biomassa e (iv) avaliar eficácia da mistura de sementes via semeadura direta em áreas degradadas por resíduos sólidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARLOW, J.; LENNOX, G. D.; FERREIRA, J.; BERENQUER, E.; LEES, A. C.; MAC NALLY, R.; PARRY, L. (2016). Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. **Nature**, 535(7610), 144-147. <https://doi.org/10.1038/nature18326>

BARNETT, J.P.; BAKER, J. B. (1991). Regeneration methods. In: DURYEA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Ed.). **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic, 35-50. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-3800-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-011-3800-0_3)

BAYLÃO, H. F.; VALCARCEL, R; NETTESCHEIN, F. C. (2013). Fatores do meio físico associados ao estabelecimento de espécies rústicas em ecossistemas perturbados na Mata Atlântica, Pirai, RJ-Brasil. **Ciência Florestal**, 23(3), 305-315. <https://doi.org/10.5902/1980509810542>

BECHARA, F. C.; CAMPOS FILHO, E. M.; BARRETTO, K. D. ; GABRIEL, V. A.; ANTUNES, A. Z. ; REIS, A. (2007). Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, 5(1), 9-11. Disponível em: [https://casadafloresta.com.br/img/publicacoes/C008\\_Bechara\\_et\\_al\\_2007.pdf](https://casadafloresta.com.br/img/publicacoes/C008_Bechara_et_al_2007.pdf)>

BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. (2008). Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no

Pontal do Paranapanema, SP. **Scientia Forestalis**, 36(80), 317-327. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr80/cap07.pdf>>

BOURLEGAT, J. M. G.; GANDOLFI, S.; BRANCALION, P. H. S.; DIAS, C. T. D. S. (2013). Enriquecimento de floresta em restauração por meio de sementeira direta de lianas. **Hoehnea**, 40(3), 465-472. <https://doi.org/10.1590/S2236-89062013000300006>

CAMPOS-FILHO, E. M.; DA COSTA, J. N. M. N.; DE SOUZA, O. L.; JUNQUEIRA, R. G. P. (2013). Mechanized direct-seeding of native forests in Xingu, Central Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, 32(7), 702-727. <https://doi.org/10.1080/10549811.2013.817341>

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: a observação de laboratórios naturais. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6 – SBS/SBEF, **Anais...** Campos do Jordão, 216-221, 1990. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/287603/1/EspeciesPioneiras0001.pdf>>

DÍAZ, S.; PASCUAL, U.; STENSEKE, M.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; WATSON, R.T.; MOLNÁR, Z.; POLASKY, S. (2018). Assessing nature's contributions to people. **Science**, 359 (6373), 270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>

FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A. C.; BEARZOTI, E.; MOTTA, M. S. (2007). Sementeira direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. **Cerne**, 13(3), 21-279. Disponível em: <<http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/319>>

FIALLOS, F. R. G.; SILVA, W. M.; BENAVIDES, O. P. Germination and health quality of mucuna white and black seeds used as a green manure in Quevedo, Ecuador. **Scientia Agropecuaria**, v.1, n. 3, p. 15-21, 2012.

FRANCO, A. A.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. DE; CAPELLO, E. F. C.; SILVA, E. M. DA. (1995). Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida no solo: um modelo tecnológico. **Oecologia Brasilienses**, 1, 459-467.

FULLEN, M. A.; CATT, J. A. (2004). **Soil management: problems and solutions**. Oxford: Oxford University Press, 269p. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=jCZIAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Soil+management:+problems+and+solutions.+Oxford&ots=aBB\\_XGUt0G&sig=a-hwtURbAcJ4payUP06i8Jd-41s#v=onepage&q=Soil%20management%3A%20problems%20and%20solutions.%20Oxford&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=jCZIAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Soil+management:+problems+and+solutions.+Oxford&ots=aBB_XGUt0G&sig=a-hwtURbAcJ4payUP06i8Jd-41s#v=onepage&q=Soil%20management%3A%20problems%20and%20solutions.%20Oxford&f=false)>

HARPER, J. L. (1977). **Population biology of plants**. New York: Academic, 892. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19782321379>>

GIBBS, H. K.; SALMON, J. M. Mapping the world's degraded lands. **Applied geography**, v. 57, p. 12-21, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024>

HOROWITZ, C.; OLIVEIRA, A. S.; DA SILVA, V.; PACHECO, G. SOBRINHO, R. I. (2013). Manejo da flora exótica invasora no Parque Nacional de Brasília: contexto histórico e atual. **Biodiversidade Brasileira- BioBrasil**, (2), 217-236. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.354>

MARTINS, S. V. (2009). **Recuperação de áreas degradadas: Ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 270.

PIVELLO, V. R. (2011). Invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro: Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade. *ECOLOGIA. INFO* 33. Disponível em: < <http://www.ecologia.info/cerrado.htm> >

MARTINS, C. R.; HAY, J. D. V.; WALTER, B. M. T.; PROENÇA, C. E. B. & VIVALDI, L. J. (2011). Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito. *Brazilian Journal of Botany*, 34(1), 73-90. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000100008>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). (1998). **Primeiro relatório nacional para a Conservação sobre Diversidade Biológica.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 284 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). (2012). **Resolução CONABIO n.º 05**, de 21 de outubro de 2009.

PELLIZZARO, K. F., CORDEIRO, A. O., ALVES, M., MOTTA, C. P., REZENDE, G. M., SILVA, R. R., ... & SCHMIDT, I. B. “Cerrado” restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. *Brazilian Journal of Botany*, v. 3, n. 40, p. 681- 693, 2017. <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0371-6>

RESENDE, L. A.; PINTO, L. V. A. (2013). Emergência e desenvolvimento de espécies nativas em área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. *Revista Agrogeoambiental*, 5(1). <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v5n12013438>

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S. FERREIRA-JUNIOR., L.G. (2010). Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental monitoring and assessment*, 166(1-4), 113-124. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0988-4>

SANTOS, J. F. (2010). **Avaliação da Reabilitação em Área de Empréstimo a Partir de Reflorestamentos na Mata Atlântica.** Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 186. Disponível em: < <https://tede.ufrjr.br/jspui/handle/jspui/1974> >

SILVA, Z. S. (1996). **Sucessão Vegetal em área de empréstimo: Proposta Metodológica.** Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 73f.

SILVA, R. R. P.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. *Applied Vegetation Science*, v. 20, n. 3, p. 410- 421, 2017.

TEIXEIRA, G. M.; FIGUEIREDO, P.H.A.; VALCARCEL, R.; AMORIM, T.A. (2014). Regeneração de floresta atlântica sob níveis diferenciados de perturbação antrópica:

implicações para restauração. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, 42(104), 533-544. Disponível em: < <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr104/cap08.pdf> >

UHL, C.; MURPHY, P. G. (1981). Composition, structure, and regeneration of a “tierra firme” forest in the Amazon Basin of Venezuela. **Tropical Ecology**, 22(2), 219-237.

VALCARCEL, R.; SILVA, Z. S. (2000). A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Floresta**, 27, 101-114. <https://doi.org/10.5380/rf.v27i12.2303>

VELLEND, M., HARMON, L. J., LOCKWOOD, J. L., MAYFIELD, M. M., HUGHES, A. R., WARES, J. P., & SAX, D. F. (2007). Effects of exotic species on evolutionary diversification. **Trends in Ecology & Evolution**, 22(9): 481-488. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.02.017>

WHITMORE, T. C. (1984). **Tropical Rain Forest of the Far East**. 2<sup>a</sup> ed. Oxford: Oxford University Press, 352p.

## RECUPERAÇÃO DE UMA ÁREA DE DEPÓSITO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM DIAMANTINA, MG

### 1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas da sociedade moderna está relacionado à geração excessiva de resíduos sólidos pelas atividades humanas (NASCIMENTO et al. 2019). A quantidade de resíduos diária acompanha o crescimento populacional, atingindo volumes cada vez mais alarmantes (RENOU et al., 2008; COLVERO et al., 2017).

Esses materiais, quando dispostos inadequadamente devido à falta de planejamento ou políticas públicas, acarretam consequências negativas para o ecossistema afetado (BISARO et al., 2014; VARVEKOVÁ et al., 2018). No Brasil, o descarte final de resíduos sólidos, em especial, de origem doméstica, varia de acordo com a região, e no Sudeste cerca de 27% ainda são destinados a aterros controlados ou lixões (ABRELPE, 2019). Neste sentido, o monitoramento e gerenciamento de depósitos de resíduos sólidos visando a recuperação de áreas afetadas são necessárias (ERDOGAN et al., 2007; LIRA et al., 2016).

Há uma pluralidade e, às vezes, definições contraditórias nas especificações legais para a gestão de termos relacionados a reabilitação e restauração (HIGGS et al., 2014). A maioria dos projetos de restauração e reabilitação para lixões vislumbram estratégias que não se baseiam em ciclos naturais, mas sim em soluções locais (KEESSTRA et al., 2018; VARVEKOVÁ et al., 2018). Tal fato em muitos casos compromete o sucesso de intervenções ambientais (PERRING et al., 2016), principalmente em ecossistemas brasileiros (VIRAH-SAWMY et al., 2014).

A reabilitação é uma ferramenta essencial para atividades relacionadas à restauração florestal em locais que já foram degradados (HOBBS e HARRIS, 2001). Sua função é reparar a produtividade e os serviços naturais, no todo ou em parte, das condições 'pré-perturbação' (SER, 2004; MANSOURIAN, 2005). Isso só pode ser alcançado por meio do restabelecimento das funções do ecossistema de maneira sustentável, mesmo em situações ambientais desfavoráveis (ERDOGAN et al., 2008; GASTAUE et al., 2019).

O uso da semeadura direta a partir de mistura de sementes de espécies nativas arbóreas (PELLIZZARO et al., 2017) ou conjugada às sementes de espécies de cobertura (RESENDE e PINTO, 2013) tem funcionado na recuperação de áreas degradadas; seu baixo custo e bons índices germinativos normalmente proporcionam ótimos resultados. Sua utilização, quando bem executada, permite uma cobertura vegetal em pouco tempo e

desempenha um papel importante na redução da erosão e conservação da umidade (MAITI; MAITI, 2015).

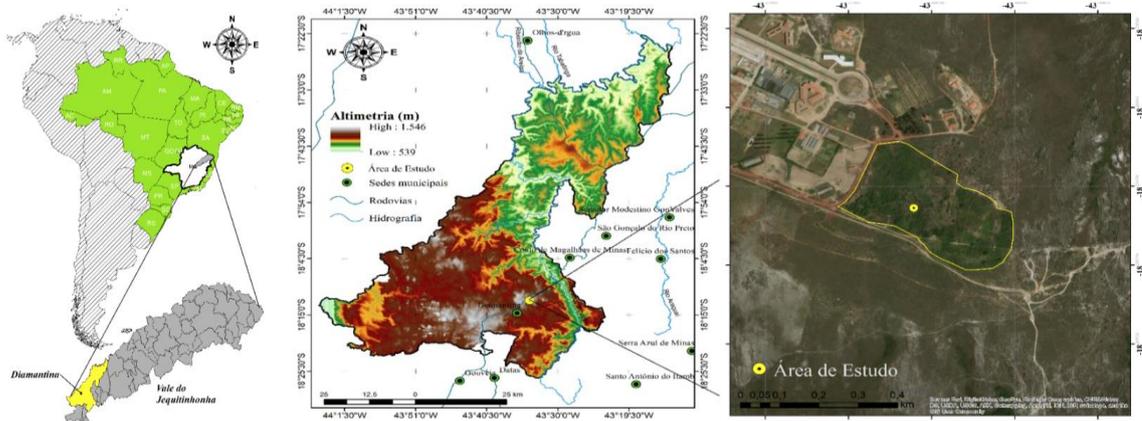
Neste sentido, hipotetizamos que a semeadura direta poderia influenciar positivamente na recuperação de uma área de lixão desativado há cerca de 17 anos em Diamantina, Minas Gerais.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo (i) caracterizar os atributos químicos do substrato na área em recuperação, (ii) analisar a composição do banco de sementes do substrato em processo de recuperação (iii) mensurar as espécies de gramíneas dominantes quantificando sua biomassa e (iv) avaliar eficácia da mistura de sementes via semeadura direta em áreas degradadas por resíduos sólidos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em uma área de 1 ha, nas coordenadas 18°12'18,85" S de latitude e 43°34'9,12" O de longitude (Datum WGS 84). Localiza-se no Campus Juscelino Kubitschek da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), município de Diamantina, Mesorregião do Alto Jequitinhonha, MG (Figura 1).

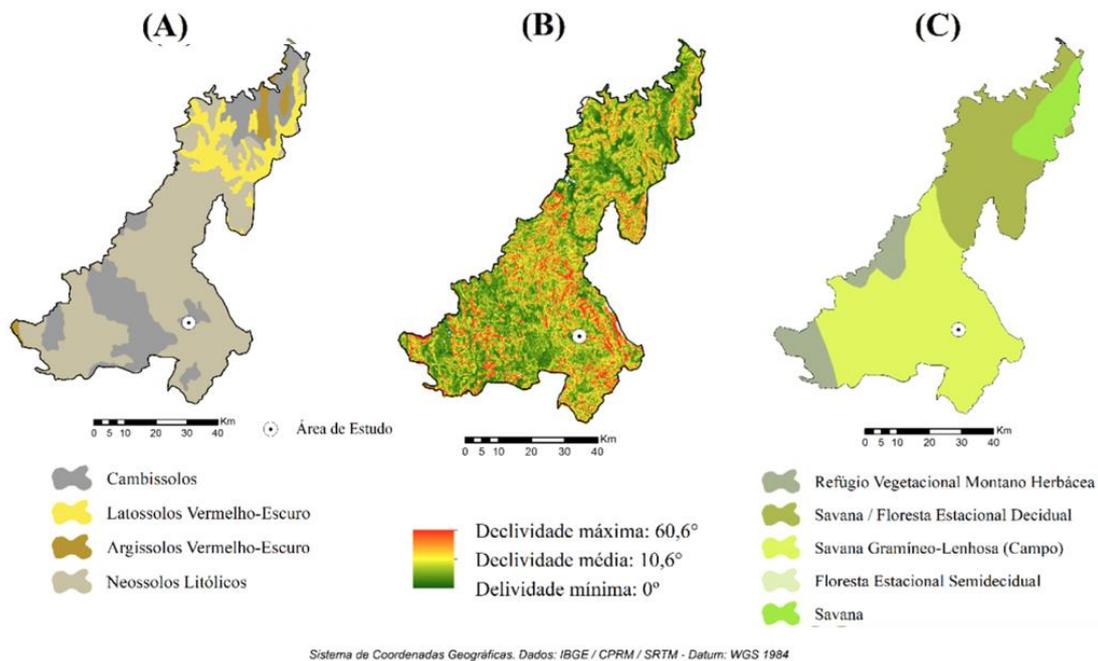


**Figura 1:** Localização da área de estudo no município de Diamantina, Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil. Dados de altimetria do município com localização da área de estudo na UFVJM.

O clima da região é do tipo mesotérmico (Cwb), de acordo com o sistema internacional de Köppen, com verões chuvosos e invernos secos (ALVARES et al., 2013).

Os solos predominantes são Neossolo Litólico e Cambissolo (Figura 2A), associados às rochas quartzíticas e filíticas do Supergrupo Espinhaço. Situa-se a cerca de 1.380 m de altitude e o relevo na área experimental é plano a suave alongado, mas no entorno as inclinações podem alcançar até 60° (Figura 2B) (FRANÇA et al., 2018). A cobertura vegetal típica da região é caracterizada por predominância de formações savânicas (Cerrados Sentido Restrito e Rupestre), campestres (Campos Limpos, Úmidos e Rupestres) e florestais (Florestas Estacionais Semidecíduais) (Figura 2C) constituindo um ecótono entre o Cerrado e a Mata Atlântica.

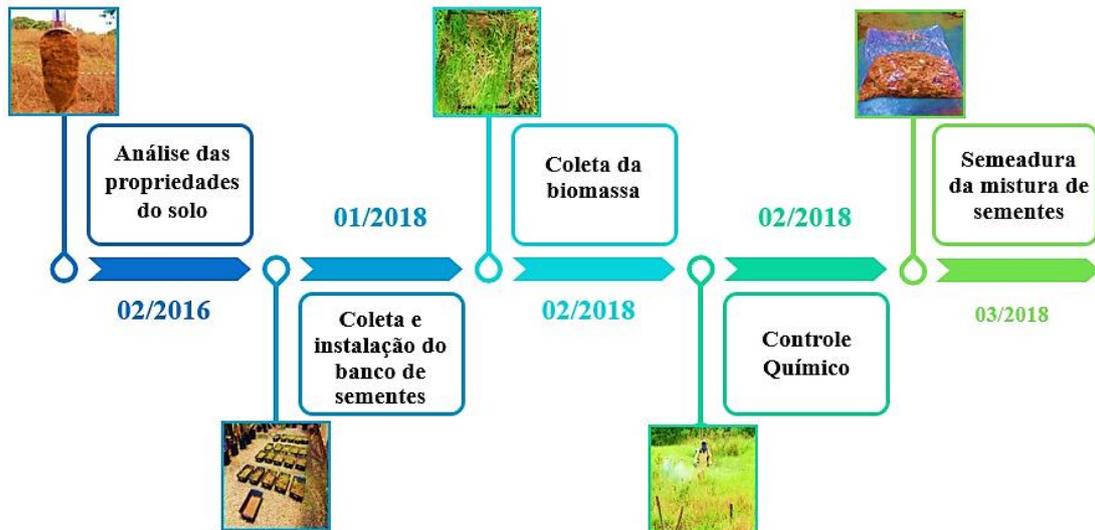
A área de estudo foi destinada ao descarte de resíduos sólidos urbanos entre 1993 e 2003. Após a desativação, a revegetação não ocorreu espontaneamente e a maior parte da superfície permaneceu exposta (MIRANDA et al., 2012). Realizou-se a recomposição vegetal por meio da introdução de mudas de algumas espécies arbóreas e as gramíneas exóticas *Urochloa decumbes* (Stapf) RD, Wabster e *Melinis minutiflora* P. Beauv (MACHADO et al., 2013; MEIRA JÚNIOR et al., 2014; SILVEIRA et al., 2016; 2018).



**Figura 2:** Mapas temáticos de caracterização fisiográfica da região de estudo. (A) Fitofisionomia; (B) Declividade do terreno e (C) Classes de solos. Modificado de França et al. (2018).

## 2.2 Metodologia

O presente trabalho seguiu a seguinte sequência metodológica: (i) análise química do substrato; (ii) amostragem de solo para avaliação do banco de sementes em casa de vegetação; (iii) coleta de biomassa. Além disso, foi realizado um controle químico das gramíneas invasoras na área experimental. Após estes diagnósticos e procedimentos, em março de 2018 iniciou-se o experimento de semeadura da mistura de sementes e avaliação (Figura 3).



**Figura 3:** Etapas das atividades realizadas durante o período experimental

### 2.2.1 Implantação do experimento

Delimitou-se quatro ambientes ao longo da área com dimensões 11 m x 29 m cada, totalizando 319 m<sup>2</sup> (Figura 4), cada um contendo dez parcelas de 5x5 m (25 m<sup>2</sup>). Cada ambiente tinha características distintas (ambientes heterogêneos com maior uniformidade possível), mas homogeneidade interna (parcelas aproximadamente semelhantes).



**Figura 4:** Fotografias que ilustram os ambientes 1 a 4 do lixão desativado no município de Diamantina, Minas Gerais, antes das intervenções.

### 2.2.2 Análise química do substrato

Com o intuito de aumentar o conhecimento das condições edáficas e favorecer uma melhor discussão da composição e interações ecológicas na área em estudo, realizou-se a análise química do substrato por ambiente antes das intervenções a serem realizadas. Coletou-se 5 (cinco) amostras simples na profundidade de 0-10 cm do substrato nas extremidades e centro de cada ambiente, as quais foram homogeneizadas em uma amostra composta por ambiente. As análises químicas foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), seguindo os padrões da EMBRAPA (1997); (2006). As variáveis analisadas foram: pH, P, K,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , H + Al, SB, CTC (t), CTC (T), V (%), MO, m (%), Zn, Fe, Mn, Cu e B.

### 2.2.3 Coleta de banco de sementes do substrato

O banco de semente foi coletado com o intuito de avaliar a influência das gramíneas invasoras no banco de sementes do substrato da área. O banco de semente foi composto por 40 amostras, sendo uma coleta por parcela, utilizando um gabarito metálico (25 x 25 x 5 cm). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos pretos, identificados por etiquetas e transportadas para o Centro Integrado de Propagação de Mudas da Engenharia Florestal (CIPEF) da (UFVJM). Posteriormente, passaram por peneira grossa (4,0 mm) para retirada de material vegetal, foram homogeneizadas e acondicionadas em bandejas plásticas de 0,004106

m<sup>3</sup>. Estas bandejas foram previamente perfuradas e preenchidas com uma camada de 4,0 cm de vermiculita para facilitar a drenagem do substrato. As bandejas com substrato foram alocadas dentro da casa de vegetação juntamente com uma bandeja contendo apenas vermiculita, para verificar a existência de contaminação por propágulos externos.

O experimento manteve-se acondicionado em casa de vegetação sob irrigações diárias controladas, mantendo a sua umidade próxima à capacidade de campo. As plântulas foram contabilizadas para cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) (NAKAGAWA, 1999) e tempo médio de germinação mensal (TMG) (EDMOND e DRAPALA, 1958) mensalmente, até o 6º mês. Considerou-se como critério de emergência, o aparecimento das radículas e a propulsão da casca, sendo anotada e datada de acordo com o aparecimento.

Após 365 dias, realizou-se a identificação das plântulas emergentes por meio de comparação com material depositado no Herbário Dendrológico Jeanine Felfili – HDJF da UFVJM e por comparação com imagens de herbários virtuais disponíveis na internet, além de consulta à literatura e especialistas. A classificação dos indivíduos em famílias botânicas seguiu o sistema Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016) e a confirmação dos nomes científicos foi feita a partir de consulta à lista da Flora do Brasil (LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2018).

Foram estimados os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') (MAGURRAN, 1988), equabilidade (J') (PIELOU, 1975), índice de importância do banco de sementes (IVB) de cada espécie (CALDATO et al., 1996). A riqueza de espécies para os ambientes amostrados foi calculada pelo índice de Margalef (DMg), considerando a abundância numérica de espécies em uma determinada área geográfica (MENEZES et al., 2018). Todos os procedimentos foram realizados utilizando software PAST 3.14 (HAMMER et al., 2016).

#### **2.2.4 Quantificação da Biomassa Fresca e Seca das gramíneas exóticas pré-controle químico**

Para mensurar a biomassa das gramíneas invasoras, foram colhidas e mensuradas a biomassa fresca e seca das plantas. Para isso, utilizou-se um gabarito metálico (25 x 25 x 5 cm) alocado em cada parcela dos quatro ambientes, totalizando 40 amostras. As gramíneas foram cortadas próximas ao substrato com o auxílio de tesoura e as demais espécies foram mantidas no local. Após a coleta, o material fresco foi acondicionado em sacos de papel e pesado por amostra. Posteriormente, foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a

aproximadamente 65° C, por 72 horas até atingirem o peso constante para realização das avaliações da biomassa seca.

Realizou-se à ANOVA e teste de Tukey para as variáveis biomassa fresca e seca. Utilizou-se, ainda, o Box-plot com a finalidade de possibilitar a para melhor visualização do comportamento das variáveis. Esses procedimentos foram executados em ambiente R versão 3.5.1 (R Core Team, 2017).

### 2.2.5 Controle Químico

Após a coleta de biomassa das espécies invasora *U. decumbes* e *M. minutiflora*, realizou-se o controle químico para que estas não comprometessem o experimento da semeadura direta. Para tal, em fevereiro de 2018, aplicou-se o herbicida glifosato (Roundup Original®) método mais eficaz no controle destas espécies na área (SILVEIRA et al., 2018). A aplicação ocorreu quando as gramíneas apresentavam aproximadamente 1,0 m de altura. Houve um intervalo de 15 dias para dessecação da biomassa e o material seco foi mantido no local e incorporado ao substrato com o auxílio de um trator.

### 2.2.6 Semeadura de sementes

Para esta etapa do experimento a semeadura, de sementes arbóreas do Cerrado e de espécies de cobertura, foi realizada na estação chuvosa, em março de 2018. As médias de precipitação durante o período pós semeadura foram de 19,4 mm e temperaturas mínima e máxima de 16,4° C e 25,6° C, respectivamente, conforme registros no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, contendo dez tratamentos cada (Tabela 1).

**Tabela 1:** Tratamentos testados na mistura de sementes em área degradada, Diamantina, Minas Gerais.

Tratamentos	
T1	Testemunha sem intervenção
T2	Testemunha com adubação orgânica
T3	Densidade 1 + Semeadura em terra com esterco
T4	Densidade 1 + Semeadura em terra sem esterco
T5	Densidade 1 + Semeadura com serragem e esterco
T6	Densidade 1 + Semeadura com serragem sem esterco
T7	Densidade 2 + Semeadura em terra com esterco
T8	Densidade 2 + Semeadura em terra sem esterco
T9	Densidade 2 + Semeadura com serragem e esterco
T10	Densidade 2 + Semeadura com serragem sem esterco

Foram testadas misturas de sementes de espécies arbóreas do Cerrado, coletadas em áreas adjacentes ao local do estudo e beneficiadas no CIPEF e de plantas de cobertura adquiridas em lojas especializadas (Tabela 2).

**Tabela 2:** Lista de espécies utilizadas na muvuca de sementes em área degradada, Diamantina, Minas Gerais.

<b>ESPÉCIES ARBÓREAS DO CERRADO</b>			
	<b>FV</b>	<b>ORIGEM</b>	<b>ENDEMISMO</b>
<b>Asteraceae</b>			
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.	Árvore	N	E
<b>Bignoniaceae</b>			
<i>Anemopaegma arvense</i> (Vell.) Stellfeld ex de Souza	Arbusto	N	NE
<b>Calophyllaceae</b>			
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	Árvore	N	NE
<b>Fabaceae</b>			
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Árvore	N	E
<b>Solanaceae</b>			
<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	Arbusto	N	NE
<b>ESPÉCIES DE COBERTURA</b>			
<b>Asteraceae</b>			
<i>Helianthus annuus</i> L.	Erva	C	NE
<b>Brassicaceae</b>			
<i>Raphanus sativus</i> L.	Erva	NA	NA
<b>Fabaceae</b>			
<i>Arachis pintoii</i> Krapov. & W.C.Greg.	Erva	N	E
<i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth	Arbusto	C	NE
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	Liana	C	NE
<i>Centrosema pubescens</i> Benth	Liana	N	NE
<i>Crotalaria ochroleuca</i> G. Don ou <i>Crotalaria spectabilis</i> Röth	Subarbusto	C	NE
<i>Dolichos lablab</i> L.	Liana	NA	NE
<i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland	Liana	N	NE
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	Liana	N	NE
<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth.	Liana	NA	NE
<i>Stylosanthes capitata</i> Vogel	Subarbusto	N	NE
<b>Poaceae</b>			
<i>Lolium multiflorum</i> L.	Erva	C	NE
<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R.Br.	Erva	NA	NE
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Erva	NA	NE

FV= Forma de vida; N= Nativa; NA= Naturalizada; C= Cultivada; E= Endêmica; NE= Não endêmica

Aplicamos nos tratamentos duas densidades de sementes para as espécies de Cerrado, com a finalidade de verificar se ocorreriam maiores taxas de germinação, mantendo a densidade de espécies de cobertura (Tabela 3). Utilizamos, ainda, terra e serragem como

materiais de preenchimento para homogeneização e a adubação orgânica com e sem esterco. As misturas de sementes de cada tratamento foram distribuídas a lanço.

**Tabela 3:** Densidades da mistura de sementes em área degradada, Diamantina, Minas Gerais.

Espécies Arbóreas do Cerrado	Densidade 1		Densidade 2	
	Sementes (m <sup>2</sup> )	Sementes por parcela	Sementes (m <sup>2</sup> )	Sementes por parcela
<i>Eremanthus incanus</i>	100	500	150	750
<i>Anemopaegma arvense</i>	10	50	20	100
<i>Kielmeyera coriacea</i>	5	25	10	50
<i>Dalbergia miscolobium</i>	10	50	20	100
<i>Solanum lycocarpum</i>	50	250	100	500
<b>de cobertura</b>	5	25	10	50

Aos 90 dias após a semeadura (junho de 2018), avaliou-se o estabelecimento, sobrevivência e identificação botânica por meio de consultas a referências bibliográficas, registros fotográficos e Herbário Dendrológico Jeanine Felfili da UFVJM. A identificação das espécies pautou-se nas plântulas emergidas, com protófilos visíveis.

Calculou-se os parâmetros fitossociológicos de densidade absoluta (DA) e frequência absoluta (FA) descritos por Müller-Dombois e Ellenberg (1974). As outras avaliações foram submetidas à análise de independência de resíduos pelo teste de Durbin-Watson e de Deviance (ANADEV), empregando Modelos Lineares Generalizados (GLM – Generalized Linear Models) com distribuição quasi-Poisson. A escolha do método GLM ocorreu em virtude da ausência de normalidade e homogeneidade de variâncias pelo teste de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. O teste de comparações múltiplas foi o de Tukey–Kramer (HSD). Todas as análises estatísticas foram realizadas a 5,0 % de significância, com auxílio do software R (R CORE TEAM, 2018).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Características químicas do substrato

A partir das coletas de substratos realizadas na área de estudo nos quatro ambientes, foi possível observar as características químicas, representadas por teores conforme apresentados na Tabela 4. Todos os ambientes apresentaram concentrações de macronutrientes de muito baixa a baixa, com exceção do K no Ambiente 3, que apontou concentração mediana.

**Tabela 4:** Análise físico-química do substrato em diferentes ambientes do lixão desativado do município de Diamantina, Minas Gerais.

Atributos	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Ambiente 4
<b>pH</b> <sup>1</sup>	4,6	4,4	4,8	4,9
<b>P</b> (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	0,8	1,3	2,3	2,5
<b>K</b> (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	30	26	51	37
<b>Al</b> <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	0,2	0,4	0,2	0,2
<b>Ca</b> <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	0,2	0,1	0,8	0,6
<b>Mg</b> <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	0,1	0	0,3	0,1
<b>H+Al</b> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>4</sup>	2,97	2,64	2,31	1,98
<b>SB</b> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>5</sup>	0,38	0,17	1,23	0,79
<b>CTC (t)</b> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>6</sup>	0,58	0,57	1,43	0,99
<b>CTC (T)</b> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>7</sup>	3,35	2,81	3,54	2,77
<b>V</b> (%) <sup>8</sup>	11,26	5,94	34,76	28,65
<b>MO</b> (dag/kg) <sup>9</sup>	1,86	1,55	1,86	1,65
<b>m</b> (%)	34,67	70,59	13,98	20,1
<b>Zn</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	0,9	0,5	1,4	3,1
<b>Fe</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	71,7	99,7	93,2	170,5
<b>Mn</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	1,4	0,4	2,9	5
<b>Cu</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	0,4	0,2	0,3	0,7
<b>B</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	0,1	0,1	0,1	0,1

<sup>1</sup>pH em H<sub>2</sub>O 1:2,5; <sup>2</sup>Extrator Mehlich-1; <sup>3</sup>Extrator KCl 1,0 mol/L; <sup>4</sup>Extrator CaOAc 0,5 mol/L, pH 7,0; <sup>5</sup>SB= K<sup>+</sup> + Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>; <sup>6</sup>Capacidade de troca catiônica efetiva; <sup>7</sup>Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; <sup>8</sup>Índice de saturação por bases; <sup>9</sup>Matéria orgânica (MO= C. org. x 1,724).

Os teores de Al mostraram-se de bom a tolerável, o Fe valores elevados em especial no ambiente 4, e a MO baixas quantidades em todos os ambientes avaliados.

### 3.2 Banco de sementes

O índice de velocidade de emergência demonstrou padrões semelhantes na germinação das espécies presentes no banco de sementes da área degradada (Tabela 5). Os menores valores foram encontrados nos primeiros 30 dias para todos os ambientes, passando por aumento e estabilização aos 150 e 180 dias.

**Tabela 5:** Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Tempo Médio de Germinação (TMG) do banco de sementes em diferentes ambientes do lixão desativado do município de Diamantina, Minas Gerais.

Ambientes	30 dias		60 dias		90 dias		120 dias		150 dias		180 dias	
	IVE	TMG	IVE	TMG	IVE	TMG	IVE	TMG	IVE	TMG	IVE	TMG
1	0,68	20,40	2,35	140,80	2,18	196,40	1,72	206,40	1,39	208,40	1,16	209,40
2	0,64	19,20	2,39	143,60	2,26	203,40	1,78	213,40	1,44	215,40	1,20	216,40
3	0,68	20,40	2,07	124,00	2,31	208,00	1,82	218,00	1,47	220,00	1,23	221,00
4	0,64	19,20	2,46	147,80	2,45	220,80	1,92	230,80	1,55	232,80	1,30	233,80

Aos 365 dias, foram identificadas 4.416 plântulas, pertencentes a 22 espécies e 10 famílias botânicas. De forma geral, houve predominância de ervas nativas ou naturalizadas, e não endêmicas da região, com exceção da espécie *Eragrostis rufescens* Schrad. ex Schult (Tabela 6).

As espécies que compõem o banco de sementes são predominantemente pertencentes as famílias Asteraceae, Cyperaceae e Poaceae. Espécies das famílias Fabaceae, Eriocaulaceae e Portulacaceae foram exclusivas no banco de sementes dos ambientes 2, 4 e 1, respectivamente. Entre as espécies destacaram-se *Hyptis suaveolens* Poit., *Melinis minutiflora* P. Beauv, *Diodella teres* (Walter) Small., *Emilia fosbergii* Nicolson, *Ageratum fastigiatum* (Gardner) R.M.King & H.Rob. e *Acanthospermum australe* (Loefl.) Kuntze com os maiores IVB, contemplando uma densidade de 5900000 ind.m<sup>2</sup> (590 ind.ha<sup>-1</sup>), correspondente 44,02% do total (Tabela 6).

**Tabela 6:** Espécies amostradas no banco de sementes, forma de vida (FV), origem e parâmetros fitossociológicos: densidade absoluta (DA); densidade relativa (DR); frequência absoluta (FA); frequência relativa (FR) e Valor de Importância do Banco de Sementes (IVB).

Família/Espécie	Ocorrência nos ambientes				FV	Origem	Parâmetros fitossociológicos				
	1	2	3	4			DA	DR	FA	FR	IVB
<b>Asteraceae</b>											
<i>Ageratum fastigiatum</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob.	x	x	x		Arb	N	70	5.22	75	5.77	10.99
<i>Ageratum conyzoides</i>	x	x	x		Arb	N	80	5.97	50	3.85	9.82
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	x		x	x	E	N	80	5.97	75	5.77	11.74
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	x	x			E	N	30	2.24	25	1.92	4.16
<i>Acanthospermum australe</i> (Loefl.) Kuntze		x	x	x	E	C	70	5.22	75	5.77	10.99
<i>Vernonanthura phosphorica</i> (Vell.) H.Rob		x	x	x	Sub	C	70	5.22	50	3.85	9.07
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.		x		x	Arb	N	10	0.75	25	1.92	2.67
<i>Tagetes patula</i> L.				x	E	N	10	0.75	25	1.92	2.67
<b>Cyperaceae</b>											
<i>Cyperus</i> sp.	x	x	x		E	N	60	4.48	50	3.85	8.33
<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb.			x	x	E	N	60	4.48	50	3.85	8.33
<i>Fimbristylis complanata</i> (Retz.) Link	x	x			E	N	70	5.22	50	3.85	9.07
<i>Kyllinga odorata</i> Vahl	x				E	N	10	0.75	25	1.92	2.67
<i>Bulbostylis hirtella</i> (Schrad.) Urb.	x				E	N	40	2.99	25	1.92	4.91
<b>Eriocaulaceae</b>											
<i>Eriocaulaceae</i> Martinov				x	E	N	20	1.49	25	1.92	3.41
<b>Euphorbiaceae</b>											
<i>Ricinus communis</i> L.		x		x	Arb	C	30	2.24	50	3.85	6.09
<b>Fabaceae</b>											
<i>Crotalaria ochroleuca</i> G. Don		x			Sub	N	30	2.24	25	1.92	4.16
<b>Lamiaceae</b>											
<i>Hyptis suaveolens</i> Poit.	x		x	x	Sub	N	110	8.21	75	13.98	22.19
<b>Poaceae</b>											
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv	x	x	x	x	E	Na	140	10.45	100	7.69	18.14
<i>Eragrostis rufescens</i> Schrad. ex Schult*.		x	x		E	N	40	2.99	50	3.85	6.84
<b>Polygalaceae</b>											
<i>Polygala paniculata</i> L.	x		x		E	N	30	2.24	50	3.85	6.09
<b>Portulacaceae</b>											
<i>Portulaca oleracea</i> L.	x				E	N	20	1.49	50	3.85	5.34
<b>Rubiaceae</b>											
<i>Diodella teres</i> (Walter) Small	x	x	x		E	N	120	8.96	75	5.77	14.73

FV= Forma de vida; N= Nativa; Na= Naturalizada; C= Cultivada; E=erva; Sub = Subarbusto; Arb + Arbusto  
\*- Endêmica

O Ambiente 1 apresentou densidade superior, reflexo da presença predominante das espécies com maior FA e IVB nesse ambiente (Tabela 7). Os valores de riqueza de Margalef mostraram valores intermediários, variando entre 4,43 e 3,91 (tabela 7). Valores inferiores a 2,0 denotam áreas de baixa riqueza e valores superiores a 5,0 são considerados como indicador de grande biodiversidade. A diversidade de Shannon foi baixa, ( $H'$  variou entre 2,30 e 2,52). Para a equabilidade de Pielou, os valores foram semelhantes entre os ambientes (Tabela 7) representando uniformidade florística nos locais estudados, ou seja, as espécies se distribuem no mesmo padrão ao longo dos ambientes. Vários fatores e modificações ocorridos ao longo do depósito de resíduos na área e diante da elevada ocorrência das gramíneas exóticas podem influenciar esse resultado, sendo essa relação diretamente proporcional aos índices verificados (Tabela 7).

**Tabela 7:** Parâmetros fitossociológicos e de diversidade e riqueza das espécies amostradas no banco de sementes em área degradada por ambiente, Diamantina, Minas Gerais. NE: número de espécies; DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; FA: frequência absoluta e FR: frequência relativa; DMg: Riqueza de Margalef;  $H'$ : Diversidade de Shannon e J: Equabilidade de Pielou.

Ambiente	NE	DA	DR	Diversidade e Riqueza		
				DMg	$H'$	J'
1	14	1480	27.61	4.43	2.52	0.99
2	13	1280	23.88	4.17	2.44	0.98
3	13	1440	26.87	4.02	2.37	0.92
4	12	1160	21.64	3.91	2.30	1.00

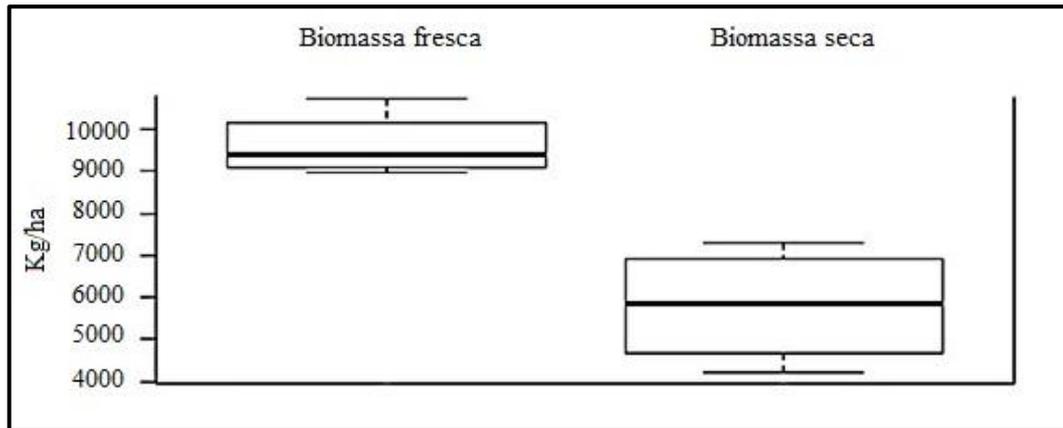
### 3.3 Biomassa

Constatou-se diferença significativa entre a produção de biomassa fresca e seca nos diferentes ambientes. O ambiente 2, foi o único que se diferenciou estatisticamente dos demais apresentando menor média (Tabela 8).

**Tabela 8:** Valores médios de biomassa fresca e biomassa seca das espécies dominantes em 4 ambientes do lixão desativado do município de Diamantina, Diamantina, Minas Gerais.

Ambientes	Biomassa fresca (kg ha <sup>-1</sup> )	Biomassa seca (kg ha <sup>-1</sup> )
1	10724 ab	5119 ab
2	8964 c	4227 c
3	9210 b	6561 ab
4	9557 b	7313 a
CV (%)	12,3	11,8

Pelos diagramas *box plot* é possível observar variações nas proporções de biomassa encontradas, com diferenças discretas entre as médias de biomassa fresca e seca (Figura 5). A biomassa fresca apresentou mediana em 961,37 g/m<sup>2</sup> (9613,7 kg ha<sup>-1</sup>) em variando entre 896,4 g/m<sup>2</sup> e 1072,4 g/m<sup>2</sup> correspondentes a 8964,1 kg ha<sup>-1</sup> e 10724,7 kg ha<sup>-1</sup>. A biomassa seca teve média de 580,5 g/m<sup>2</sup> (5805,1 kg ha<sup>-1</sup>) e variação entre 422,7 g/m<sup>2</sup> e 731,4 g/m<sup>2</sup> equivalentes a 4227,1 kg ha<sup>-1</sup> e 7314,4 kg ha<sup>-1</sup> para o material coletado área degradada.



**Figura 5:** *Box plot* da biomassa fresca e seca em kg ha<sup>-1</sup> das espécies dominantes em área degradada, Diamantina, Minas Gerais.

### 3.4 Semeadura Direta

Foram observadas 737 plântulas das espécies semeadas na área do experimento, com 24 de espécies do Cerrado e 726 de cobertura, demonstrando o sucesso das últimas em campo. Os resultados, por tratamento, indicaram que as testemunhas sem intervenção (T1) e com adubação orgânica (T2) não apresentaram estabelecimento de espécies da mistura de sementes. A densidade (indivíduos por ha) e frequência (%) de plantas estabelecidas via mistura de sementes de espécies do Cerrado e espécies de cobertura (T3 a T10) variou entre os tratamentos aplicados (Tabela 9).

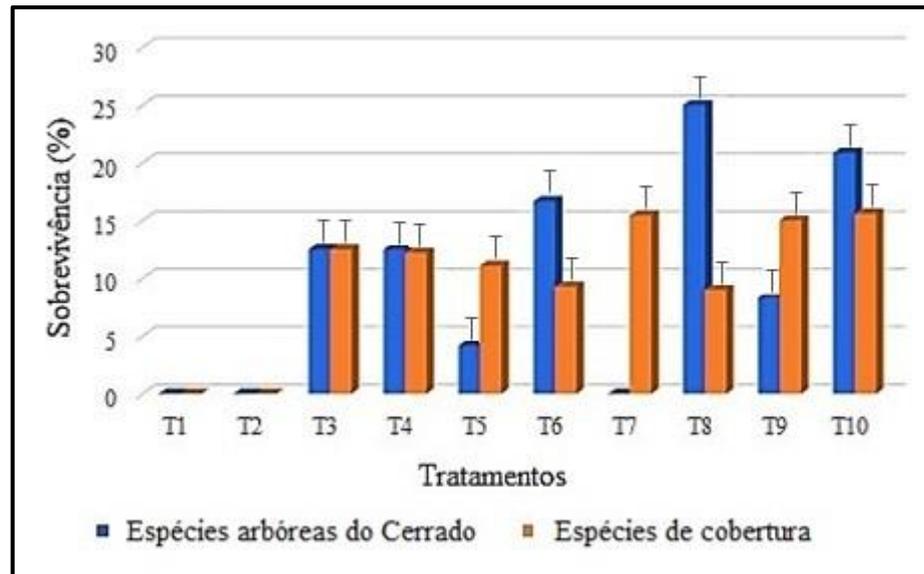
O padrão de estabelecimento e sobrevivência superiores para espécies de cobertura foi constatado nas análises individuais (Tabela 9). A porcentagem de sobrevivência dessas espécies 96,74 % evidencia a adaptação na área experimental.

**Tabela 9:** Densidade e frequência absoluta das plantas estabelecidas via mistura de sementes por meio de diferentes tratamentos e número de plantas estabelecidas e taxa de sobrevivência e via mistura de sementes aos 90 dias em área degradada, Diamantina, Minas Gerais.

Tratamentos	Árbóreas do Cerrado		Cobertura	
	Densidade Absoluta (ind. m <sup>-2</sup> )	Frequência Absoluta (%)	Densidade Absoluta (ind. m <sup>-2</sup> )	Frequência Absoluta (%)
Testemunha sem intervenção (T1)	0	0	0	0
Testemunha com adubação orgânica (T2)	0	0	0	0
Densidade 1 + semeadura em terra com esterco (T3)	12	30	34,8	740
Densidade 1 + semeadura em terra sem esterco (T4)	4	30	33,6	730
Densidade 1 + semeadura com serragem e esterco (T5)	4	10	31,6	980
Densidade 1 + semeadura com serragem sem esterco (T6)	16	30	26,4	640
Densidade 2 + semeadura em terra com esterco (T7)	0	0	35,6	1010
Densidade 2 + semeadura em terra sem esterco (T8)	24	60	25,6	620
Densidade 2 + semeadura com serragem e esterco (T9)	8	20	42,8	1060
Densidade 2+ semeadura com serragem sem esterco (T10)	20	50	44,4	1150
Estabelecimento de espécies (plantas. m <sup>-2</sup> )	2,4		71,3	
Sobrevivência de espécies (%)	3,26		96,74	

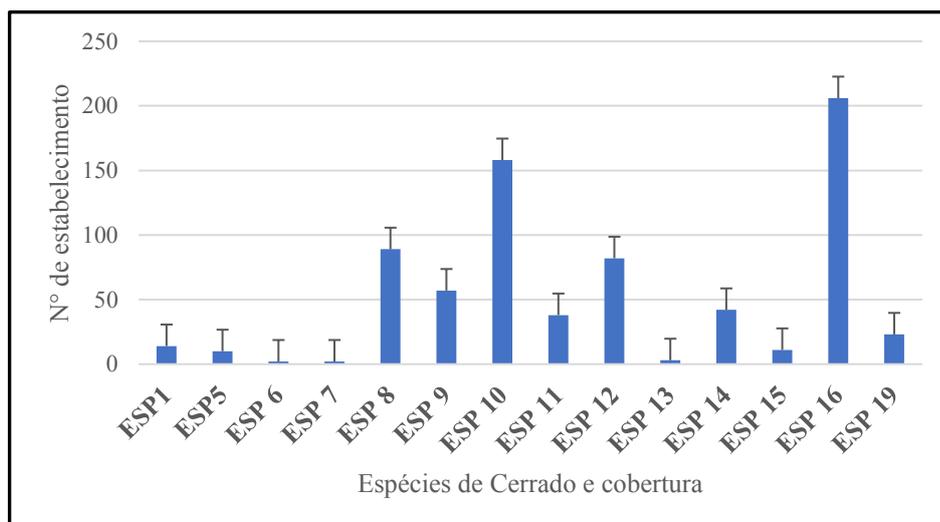
O tratamento T7 (Densidade 2 com semeadura em terra com esterco) apresentou maior número de plântulas de cobertura e as espécies do Cerrado não se estabeleceram. O tratamento T8 (Densidade 2 com semeadura em terra sem esterco) apresentou a maior densidade absoluta para espécies do Cerrado. Este resultado difere para as espécies de cobertura, onde a maior densidade absoluta foi encontrada para T10 (Densidade 2 com semeadura com serragem sem esterco). Já para a frequência absoluta, os tratamentos T8 (Densidade 2 com semeadura em terra com esterco) e T10 (Densidade 2 com semeadura com serragem sem esterco) apresentaram a maior frequência para as espécies arbóreas do Cerrado e de cobertura, respectivamente.

O paralelo entre os tratamentos para as espécies de cobertura e arbóreas demonstra uma tendência igualitária no T3 (Densidade 1 + Semeadura em terra com esterco) e T4 (Densidade 1 + Semeadura em terra sem esterco). A superioridade de sobrevivência das espécies de cobertura ocorreu apenas no T7 (Densidade 2 + semeadura em terra com esterco), T9 (Densidade 2 + semeadura com serragem e esterco) e T10 (Densidade 2+ semeadura com serragem sem esterco), assim como para espécies de Cerrado no T8 (Densidade 2 + semeadura em terra sem esterco) (Figura 6).



**Figura 6:** Sobrevivência das plantas da mistura de sementes compostas por espécies arbóreas do Cerrado espécies de cobertura, por tratamento, aos 90 dias de implantação do experimento em área degradada, Diamantina, Minas Gerais.

Os resultados totais retrataram valores de estabelecimento inicial de plântulas relativamente baixos. Foi observado que a Candeia (*E. incanus*) apresentou maior número dentre as plantas do Cerrado estabelecidas, entretanto, o Pau Santo (*K. coriacea*) foi a espécie com maior percentagem de estabelecimento inicial nas diferentes densidades. Lobeira (*S. lycocarpum*), Caviúna (*D. miscolobium*) e Catuabinha (*A. arvense*) não emergiram (Figura 7).



**Figura 7:** a) Estabelecimento de espécies arbóreas do Cerrado e de cobertura a partir da mistura de sementes para todos os tratamentos. ESP 1- *E. incanus*; ESP 5-*K. coriacea*; ESP 6- *A. pintoii*; ESP 7- *L. multiflorum*; ESP 8- *D. lablab*; ESP 9- *C. ochroleuca* ou *C. spectabilis*; ESP 10- *C.*

*ensifformis*; ESP 11- *C. cajan*; ESP 12- *H. annuus*; ESP 13- *C. pubescens*; ESP 14- *P. glaucum*; ESP 15- *M. aterrima* ou *M. pruriens*; ESP 16- *R. sativus*; ESP 19- *S. capitata* ou *S. macrocephala*. As espécies ESP 2- *A. arvense*; ESP 3- *D. miscolobium*; ESP 4- *S. lycocarpum*; ESP 17- *P. phaseoloides* e ESP 18- *S. bicolor* não estão representadas pois não germinaram.

Entre as variedades de cobertura, as espécies Nabo Forrageiro (*R. sativus*) e Feijão de Porco (*C. ensiformis*) foram superiores quanto ao estabelecimento. A Puerária (*P. phaseoloides*) e Sorgo (*S. bicolor*) não germinaram (Figura 7).

Foram submetidas aos testes estatísticos as espécies que germinaram. A premissa de independência de resíduos foi atendida. A análise de Deviance com o teste F (Tabela 10) indicou diferença estatística significativa entre os tratamentos referente às densidades relativas de *E. incanus*, *K. coriacea*, *A. pintoii*, *L. multiflorum*, *C. pubescens* e *S. capitata* ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 10:** Resumo da análise de *deviance* para riqueza e abundância de espécies identificadas aos 90 dias após instalação experimental

Atributos	Ambientes*	Tratamentos	Resíduos	Teste F	Média geral
	----- Deviance -----			P	
<sup>1</sup> Riqueza	13,79	5,13	10,12	0,2237	0,34
<sup>1</sup> Abundância	40,42	11,91	17,81	0,2034	0,75
<sup>2</sup> Riqueza	3,59	2,53	8,28	0,5166	5,75
<sup>2</sup> Abundância	48,16	28,60	114,79	0,6728	22,28
<sup>1</sup> <i>E. incanus</i>	183,71	121,23	53,12	0,0045	2,67%
<sup>1</sup> <i>K. coriacea</i>	109,46	92,48	41,09	0,0123	1,91%
<sup>2</sup> <i>A. pintoii</i>	24,64	43,79	13,66	0,0000	0,43%
<sup>2</sup> <i>L. multiflorum</i>	27,07	27,07	0,00	0,0000	0,31%
<sup>2</sup> <i>D. lablab</i>	66,25	29,43	167,18	0,7812	11,85%
<sup>2</sup> <i>C. ochroleuca</i>	66,01	34,03	165,22	0,6472	7,00%
<sup>2</sup> <i>C. ensiformis</i>	9,12	39,21	139,24	0,4910	22,02%
<sup>2</sup> <i>C. cajan</i>	38,48	93,05	140,65	0,0841	4,36%
<sup>2</sup> <i>H. annuus</i>	198,31	65,44	133,94	0,1529	9,80%
<sup>2</sup> <i>C. pubescens</i>	7,66	33,77	10,13	0,0000	0,33%
<sup>2</sup> <i>P. glaucum</i>	40,05	102,04	178,80	0,0918	5,97%
<sup>2</sup> <i>M. aterrima</i>	27,15	36,46	56,54	0,0858	1,41%
<sup>2</sup> <i>R. sativus</i>	45,59	23,84	163,98	0,8257	29,00%
<sup>2</sup> <i>S. capitata</i>	65,18	194,34	128,48	0,0037	2,93%

<sup>1</sup> e <sup>2</sup> relacionam-se às espécies arbóreas e de cobertura, respectivamente;

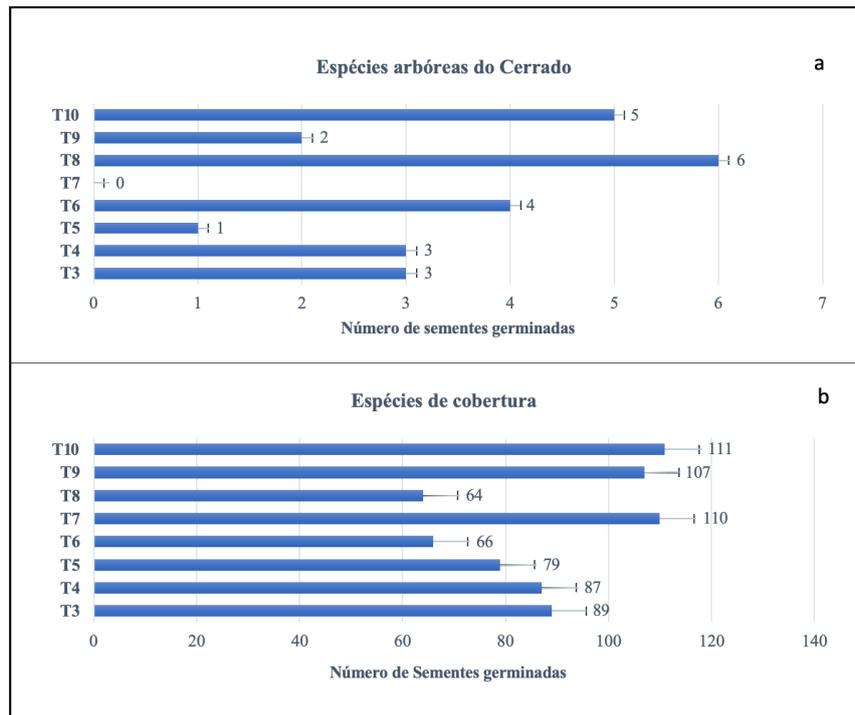
A maior frequência relativa de indivíduos agrupados como nativos arbóreo foi encontrada no tratamento T6 (duas espécies e DR de 8,14%) (Tabela 11).

**Tabela 11:** Densidade relativa das espécies *Eremanthus incanus* (ESP 1), *Kielmeyera coriacea* (ESP 2), *Arachis pintoi* (ESP 3), *Lolium multiflorum* (ESP 4), *Centrosema pubescens* (ESP 10) e *Stylosanthes capitata* (ESP 14) identificadas aos 90 dias após instalação experimental.

Tratamentos	ESP 1	ESP 2	ESP 3	ESP 4	ESP 10	ESP 14
	----- % -----					
T3	7,50 a	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 C
T4	2,00 bc	4,17 a	0,00 b	0,00 c	0,00 b	13,28 A
T5	0,00 c	0,78 bc	2,78 a	0,00 c	0,00 b	6,68 B
T6	4,55 ab	3,59 ab	0,00 b	0,00 c	2,15 a	0,00 C
T7	0,00 c	0,00 c	0,68 b	1,19 b	0,00 b	0,00 C
T8	6,82 a	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 b	2,70 Bc
T9	0,49 c	0,49 bc	0,00 b	0,00 c	0,49 b	0,00 C
T10	0,00 c	6,25 a	0,00 b	1,25 a	0,00 b	0,81 C

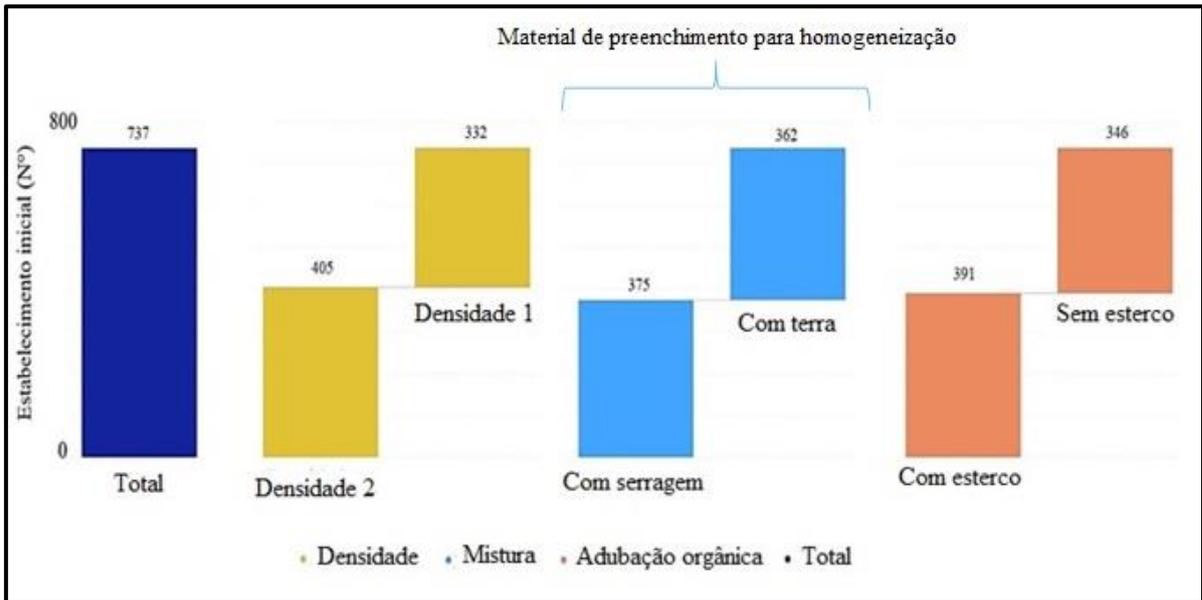
Média seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey–Kramer (HSD) a 5% de significância.

O tratamento T8 (Densidade 2 + semeadura em terra sem esterco) obteve um melhor estabelecimento inicial com as espécies arbóreas do Cerrado. O T10 (Densidade 2 + semeadura com serragem sem esterco) apresentou maior número de plântulas de indivíduos não invasores (111) e do Cerrado (5) (Figura 8a; 8b), totalizando 116.



**Figura 8:** Estabelecimento inicial de plântulas por tratamento: (a) espécies arbóreas do Cerrado por tratamento: b) espécies de cobertura.

Houve maior germinação em tratamentos da densidade 2 (T7 a T10) com 405 indivíduos se comparados a tratamentos de densidade 1 (T3 a T6) com 332 (Figura 9). Em relação ao material de preenchimento foi observado que as sementes que foram homogeneizadas com serragem obtiveram maior estabelecimento, 375 indivíduos (Figura 9). O uso de esterco em algumas parcelas proporcionou maiores quantidades de sementes germinadas na maioria dos tratamentos, exceto para T10 (densidade 2 com serragem e sem esterco) (Figura 9).



**Figura 9:** Aspecto geral do estabelecimento de plântulas da mistura de sementes de espécies arbóreas do Cerrado em diferentes densidades e de cobertura de acordo com materiais adicionados ou não às sementes (terra, serragem, esterco) nos tratamentos em uma área degradada no município de Diamantina-MG.

A análise dos tratamentos por ambiente com dados de germinações e totais de plântulas considerando as espécies arbóreas do Cerrado e de cobertura são apresentados na Tabela 12. Os resultados apontam para o ambiente 4 com os menores números totais de plântulas por m<sup>2</sup> e sem germinação de espécies do Cerrado, o ambiente 3 com maior número de plântulas por m<sup>2</sup> e o ambiente 2 com maior número de espécies do Cerrado germinadas.

**Tabela 12:** Aspectos gerais de espécies estabelecidas inicial de plântulas nos 4 ambientes do lixão desativado de Diamantina, Minas Gerais.

Germinação	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Ambiente 4
Espécies arbóreas do Cerrado	3	20	1	0
Espécies de cobertura	216	130	232	135
Nº total de plântulas	219	150	233	135
Nº total de plântulas por m <sup>2</sup>	0,69	0,50	0,73	0,42
Área de cada ambiente (m <sup>2</sup> )				319

## 4. DISCUSSÕES

### 4.1 Diagnóstico da área pré-semeadura direta

#### 4.1.1 O substrato

Em nosso estudo, a maioria dos elementos para os 4 ambientes apresentou baixos teores, em especial os níveis de P e K, se comparados a valores nutricionais de solos do estado de Minas Gerais (ALVAREZ VENEGAS et al., 1999). Entretanto, ressalta-se que valores médios para estes elementos, obtidos em 2017, são mais elevados se comparados a dados de 2007 (MIRANDA et al., 2012), o que indica uma melhora quanto à fertilidade, mas ainda pouco significativa quanto aos padrões da 5ª aproximação da EMBRAPA (2006). Como regeneração e fixação da vegetação local dependem na de vários fatores, incluindo o substrato (REICHERT et al., 2009) avaliamos uma melhoria na qualidade deste em relação às condições em 2007.

Os baixos valores da maioria dos nutrientes (altas concentrações de Fe e pH's ácidos) estão relacionados à deposição dos resíduos nos ambientes, apesar de haver locais próximos com alta concentração de Fe. A baixa disponibilidade/acumulação nutricional agrava-se à medida que ocorre a decomposição dos mais diversos materiais que, em sua maioria, conseguem promover modificações químicas (incorporação de metais pesados e demais elementos tóxicos, contaminação de águas superficiais e subterrâneas), física (alterações na estrutura e mudanças na topografia local) e biológicas (perda de matéria orgânica e atração de animais antes inexistente).

Entre os elementos, o Fe que, apesar de ser importante para o desenvolvimento vegetal, processos metabólicos, como fotossíntese e respiração, apresentou elevados percentuais, o que podem ocasionar fitotoxicidade. Miranda et al. (2012) observaram por meio de análises em amostras de gramíneas presentes na área, baixas concentrações na maioria dos nutrientes, e seguindo a descrição de Malavolta et al. (1997), que observou que os teores de metais pesados (Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Ni e Co) estavam abaixo de níveis tóxicos para as plantas.

Os baixos teores de matéria orgânica (MO) encontrados neste trabalho também foram verificadas por Machado et al. (2012); no entanto, quando comparados a valores de 2007 (Miranda et al., 2012) ( $0,1 \text{ dag kg}^{-1}$ ) nota-se que este parâmetro apresentou mudanças positivas no lixão nos últimos 10 anos. Substratos com níveis baixos de matéria orgânica normalmente afetam a disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca catiônica e a complexação de elementos tóxicos (BAYER e MIELNICZUK, 1997; 1999) o que pode ser um fator que afeta diretamente o desenvolvimento de plantas na área (ERDOGAN et al., 2008).

De maneira geral, parâmetros químicos do substrato têm aumentado gradativamente quanto ao valor nutricional para a vegetação se comparados aos dados de

Miranda et al. (2012) e Machado et al. (2013). Entretanto, atributos ecofisiológicos de gramíneas exóticas favorecem seu desenvolvimento em áreas que sofreram elevado distúrbio, como o local em estudo (MELO JÚNIOR et al., 2015; VAVERKOVÁ et al., 2019). Neste sentido, seu controle torna-se indispensável até que outras plantas possam se estabelecer e desenvolver efetivamente (SILVEIRA et al., 2018).

#### 4.1.2 Banco de Sementes

No banco de sementes da área em questão, o grupo de espécies classificadas como “ervas” constituíram a maioria das plantas encontradas o que, normalmente, compreendem um dos principais componentes de banco de sementes do solo, comum em levantamentos em depósitos de resíduos sólidos (SANOU et al., 2018; VARVEKOVÁ et al. 2019). A baixa presença de outros indivíduos acarreta uma diversidade reduzida, afetando diretamente os processos de regeneração natural e sucessão ecológica (DREBER et al., 2011; TESSEMA et al., 2012; SANTOS et al., 2016).

As espécies que compõem o banco de sementes deste estudo são predominantemente pertencentes as famílias Asteraceae, Cyperaceae e Poaceae, sendo a primeira e terceira famílias também predominantes em experimento com banco de sementes realizado em 2010 no mesmo lixão desativado (MACHADO et al., 2013). As plantas apresentam respostas diferentes as espécies em convivência nas condições ambientais inerentes (VALLADARES et al., 2016). Essa interação em uma comunidade pode ser positiva (facilitação) ou negativa (competição) (LAURENT et al., 2017). Citamos como uma interação negativa a espécie invasora *M. minutiflora* recorrente no banco de sementes da área com histórico de infestação superior a oito anos (MACHADO et al., 2013). A espécie apresenta alta adaptabilidade nas mais diversas circunstâncias, seus mecanismos de dispersão são extremamente eficazes a curta e longa distância, além de atingirem maturidade precoce, possuem longevidade e alta taxa de crescimento (SIMBERLOFF, 2014; ZENNI et al., 2016). Essas características evidenciam o prejuízo da ocupação dessas espécies invasoras após distúrbios (STRASSBURG et al., 2017), como é o caso da área de estudo.

Todas essas características mencionadas prejudicam o crescimento e sobrevivência das espécies nativas. Os poucos indivíduos nativos que conseguem prosperar na presença de gramíneas não atingem densidade e diversidade satisfatórias, muitas vezes levando ao fracasso dos esforços de recuperação a longo prazo (FLORY e CLAY, 2010).

Quanto aos valores de diversidade e equabilidade verificamos aumento expressivo quando comparados aos resultados de banco de sementes obtidos em 2010, tanto para estação

seca quanto chuvosa (MACHADO et al., 2013). Tal constatação evidencia uma condição positiva e progressiva em termos de qualidade do banco de sementes do lixão. Entretanto, os valores encontrados em 2018 indicam baixa riqueza e diversidade comparando-se com outras áreas degradadas em regeneração natural de Cerrado Rupestre a cerca de 1,5 km do local (H' de 2,742 a 3,921) (AMARAL et al., 2013). Tal fato permite inferir que a formação densa de gramíneas exóticas pode afetar negativamente a diversidade em espécies nativas (GRANT e PASCHKE, 2012).

#### 4.1.3 Biomassa

O rendimento total de matéria seca foi maior em todos os ambientes quando comparado aos valores encontrados por Miranda et al. (2012) para *U. decumbens* (3.610 kg ha<sup>-1</sup>). Os valores médios (5.805 kg ha<sup>-1</sup>) também foram superiores àquele observado em outras espécies de gramíneas forrageiras verificadas pelos autores supracitados. A relação entre a biomassa de gramíneas e a riqueza e densidade de espécies lenhosas tem se mostrado negativa, por muitos anos, em estudos em áreas degradadas (FRAGOSO et al., 2017), como é o caso da área de estudo.

A dominância de plantas exóticas invasoras é um desafio na recuperação de ecossistemas degradados (DURIGAN et al., 2013; HOLL et al., 2014). As duas espécies dominantes, quando estabelecidas, exercem uma forte concorrência com a comunidade nativa; há indícios que a *M. minutiflora* se estabelece primeiro nas áreas, principalmente em ambientes abertos, seguido pela chegada da *U. decumbens*, sendo essa mais agressiva (PIVELLO, 2008). Em locais com elevada predominância de indivíduos herbáceos, as gramíneas convertem-se a um problema permanente (DURIGAN et al., 2013).

#### 4.2 Semeadura direta

Aos noventa dias após implantação do experimento, havia espécies com 42% de plântulas estabelecidas. A análise desses dados corrobora estudos realizados recentemente sobre baixos valores de estabelecimento no uso da semeadura direta para restauração (MELI et al., 2017; PALMA e LAURENCE, 2015). Normalmente são observados valores entre 18 e 50% de estabelecimento (PALMA e LAURANCE, 2015; CECCON et al., 2016), sendo 10% aceitável por muitos pesquisadores (ENGEL e PARROTTA, 2001; CAMPOS FILHO et al., 2013).

Na maior parte dos tratamentos, o ambiente 4 apresentou os menores índices de indivíduos fixados, os quais podem estar relacionados à alta presença de mamoneiras (*Ricinus communis* L.), além de ser o ambiente que apresentou maior quantidade de biomassa seca de

espécies dominantes exóticas. Outro fator que pode ter afetado vincula-se às maiores concentrações de Ferro, Manganês, Zinco e Cobre. O Ferro apresentou um valor muito superior quando comparado aos demais ambientes. Além disso, fatores relacionados à má estrutura do solo, deficiência de micro e macro nutrientes, compactação da cobertura superior, baixa capacidade de retenção de água, existência de gases e componentes tóxicos, como metais pesados, são os principais aspectos que limitam a germinação das sementes (KOSTOPOULOU et al., 2010; SHEORAN et al., 2010; RAHMAN et al., 2013; CHEN et al., 2015).

Observamos pouco estabelecimento de plântulas para as espécies arbóreas do Cerrado se comparados às espécies de cobertura. Este resultado já era esperado, visto que estas espécies apresentam rápido crescimento, promovem a cobertura do solo, dificultando as ações colonizadoras por gramíneas invasoras, favorecendo a produção de matéria orgânica e fertilidade do solo (KODA et al., 2013). Assim, a função delas seria promover melhorias no ambiente para facilitar o estabelecimento das espécies arbóreas.

Os tratamentos com os melhores resultados considerando as espécies do Cerrado foram aqueles com maior densidade de sementes (D2) por unidade de área. A semeadura em altas densidades, quando bem executada, fornece respostas semelhantes a taxas de germinação verificada em clareiras naturais (MUEHLETHALER e KAMM, 2009; SOVU et al., 2010; SCHNEEMANN e MCELHINNY, 2012; CAMPOS-FILHO et al., 2013). A limitação do uso de altas densidades está principalmente relacionada à vulnerabilidade a extremos climáticos e a baixas taxas de crescimento nos primeiros anos (PALMA e LAURANCE, 2015; SILVA et al., 2015).

As altas taxas de germinação das espécies estão condicionadas a fatores ambientais favoráveis e, principalmente, genéticos. A morfologia de sementes influencia a germinação (JIMENEZ-ALFARO et al., 2016); sementes grandes (reservas maiores) suportam condições desfavoráveis por mais tempo (HALLETT et al., 2011), aumentando sua sobrevivência (PALMA e LAURANCE, 2015). Já as menores colonizam o local rapidamente, seu fino revestimento contribui para os processos de germinação e absorção de água nos períodos iniciais (GARCIA-ORTH, MARTINEZ-RAMOS; 2008; TUNJAI e ELLIOTT; 2012). Essas observações auxiliam na escolha das melhores espécies a serem utilizadas.

O uso de esterco como fonte de nutriente é uma alternativa acessível e eficiente nos processos iniciais de estabelecimento das plântulas. O uso desse método e da semeadura direta em locais de deposição de resíduos sólidos é pouco conhecido, mas promissor e recomendado para a recuperação de áreas similares ao deste estudo (RESENDE e PINTO, 2013).

Nos processos de recuperação, há uma busca por alternativas que gerem bons resultados a baixo custo. Com a semeadura direta, essas duas premissas podem ser atendidas (WALLIN et al., 2009), e é provável que se reduza até 40% das despesas finais (COLE et al., 2011). Os custos associados a cada técnica devem ser considerados no planejamento da restauração (HOLL e AIDE, 2011). Os gastos de implantação são verificados no estudo de Cava et al. (2016) onde o plantio de mudas (R\$ 3.300,00) apresentou o maior custo de restauração por hectare, seguido pela semeadura em linhas (R\$ 2.100,00), semeadura a lanço (R\$ 1.900,00), regeneração natural assistida (R\$ 200,00).

A riqueza e abundância das espécies arbóreas do Cerrado e de cobertura se mantiveram constantes entre os tratamentos, fato que pode estar relacionado a aspectos inerentes às próprias condições ambientais das áreas. Por outro lado, os tratamentos estudados tiveram efeitos distintos para a densidade relativa de algumas espécies. O tratamento que contemplou a densidade 1 e semeadura com serragem sem esterco favoreceu a densidade relativa das espécies arbóreas *E. incanus* e *K. coriacea*. *E. incanus* tem sido apontada como espécie com superioridade na colonização de áreas degradadas e, ou valor de importância (VI) do entorno (AMARAL et al., 2013; GONZAGA et al., 2017). Este resultado fornece indícios de que o local supriu a demanda nutricional destas espécies durante o período experimental, não demandando fonte externa de adubo orgânico.

Entretanto, apesar do baixo percentual de estabelecimento (menos de uma planta por metro quadrado), foi possível observar 5.807 plantas estabelecidas por ha<sup>-1</sup>. Esse valor é consideravelmente maior quando comparado ao modelo de plantio de mudas, onde é obtida uma rápida cobertura inicial e formação de dossel na área a ser recuperada em cerca de dois anos usando espaçamento de 3x2m, equivalente a 1.667 indivíduos ha<sup>-1</sup> (RODRIGUES, 2009).

As espécies de cobertura (*A. pintoii*, *L. multiflorum*, *C. pubescens* e *S. capitata*) tiveram comportamentos distintos entre os tratamentos. *A. pintoii* foi favorecida pela densidade 1 com semeadura com serragem e esterco; *L. multiflorum* pela densidade 2 com semeadura com serragem sem esterco; *C. pubescens* pela densidade 1 e semeadura com serragem sem esterco e; *S. capitata* pela densidade 1 com semeadura em terra sem esterco. Assumindo que o plano de recuperação deve ser de baixo custo e que aproximou ao máximo à formação vegetal original, recomenda-se o tratamento T8 para a área de estudo ou outros sítios similares.

Nossos resultados fornecem informações positivas na mitigação de impactos em áreas com resíduos, e há uma clara necessidade de avanços na ciência da recuperação de áreas utilizadas como depósitos de resíduos sólidos. As características do substrato e a predominância de plantas exóticas invasoras pode ter sido um dos principais obstáculos nos esforços de

recuperação e distribuição das espécies via semeadura direta em ecossistemas degradados (MARTINS et al., 2011; HOLL et al., 2014). O uso das espécies herbáceas de cobertura e rápido crescimento somado a cobertura morta oriunda do efeito químico pode atuar com o tempo no controle da *U. decumbes* e *M. minutiflora* por meio do sombreamento e competição (BRAZ et al., 2010). Assim, aumenta as chances de sobrevivência e desenvolvimento de espécies nativas e endêmicas (PEREIRA et al., 2013).

## 5. CONCLUSÕES

A presença de resíduos influencia negativamente a recuperação da área deste estudo, seu substrato e as espécies vegetais presentes na área. Os quatro ambientes analisados apresentaram características de fertilidade similares como o pH de elevada acidez, baixas concentrações de matéria orgânica e na maioria dos macros e micronutrientes. Entretanto, quando comparado com dados da literatura anteriores, obtidos há 13 anos, nota-se que houve um aumento da MO, e de macronutrientes como P e K, o que pode indicar um processo de melhoria progressiva do substrato.

Verificou-se que o banco de sementes da área de estudo é predominantemente composto por espécies herbáceas, muitas delas invasoras, com menor densidade de propágulos de arbustos e plantas arbóreas, corroborando dados de estudo de sete anos atrás, o que interfere na fixação, estabelecimento e sobrevivência de indivíduos nativos. Nesse sentido, recomenda-se o uso de técnicas para contribuir com o aumento de sementes de espécies locais.

As espécies exóticas dominantes apresentam valores médios maiores de biomassa fresca e seca se comparados a estudos anteriores. Tal constatação atua negativamente, a médio prazo, no estabelecimento de espécies arbóreas. O conteúdo de massa seca não variou muito entre os ambientes, consistindo no ambiente 4, aquele com maior média de material ausente de água.

Os resultados totais da mistura de sementes mostraram uma taxa de germinação muito inferior de estabelecimento para as espécies arbóreas do Cerrado. Em especial, no ambiente 4 que não apresentou germinação dessas espécies. Entendemos que os valores mais elevados de Fe, Mn, Zn, Cu para o substrato, neste ambiente, podem ter afetado sua germinação.

A Candeia (*E. incanus*) apresentou maior estabelecimento de plantas entre as espécies do Cerrado, o Pau Santo (*K. coriacea*) foi a espécie com maior percentagem de estabelecimento nas diferentes densidades. Estas espécies devem ser consideradas em estudos futuros de recuperação de lixões e aterros em ambientes semelhantes ao deste trabalho. No caso de mistura de sementes de cobertura, a associação com o Nabo Forrageiro (*R. sativus*) e Feijão

de Porco (*C. ensiformis*), que se estabeleceram em maiores quantidades, são viáveis. Pelas premissas do trabalho, o procedimento mais satisfatório foi o tratamento T8, visto que houve uma maior taxa de germinação de espécies arbóreas do Cerrado e uma germinação satisfatória de espécies de cobertura.

Como observado, estudos sobre vantagens da mistura de sementes, apesar de promissoras, ainda são incipientes em ambientes e mais pesquisas são necessárias para fornecer informações detalhadas sobre o comportamento de algumas plantas e seu potencial em condições de lixão desativado.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019. Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019> >. Acesso em 20 jul. 2020.
- ALI, S. M.; PERVAIZ, A.; AFZAL, B.; HAMID, N.; YASMIN, A. (2014). Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. *Journal of King Saud University-Science*, 26(1), 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.08.003>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ALVAREZ VENEGAS, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. (1999). Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO A.C.; GUIMARÃES P.T.G.; ALVAREZ VENEGAS V.H. (eds). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5a Aproximação*. Viçosa: CFSEMG, 25–32.
- AMARAL, W. G., PEREIRA, I. M., AMARAL, C. S., MACHADO, E. L. M., & RABELO, L. D. O.. (2013). Dinâmica da flora arbustivo-arbórea colonizadora em uma área degradada pela extração de ouro em Diamantina, MG. *Ciência Florestal*, 23(4), 713-725. <https://doi.org/10.5902/1980509812355>
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. (1999). Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Genesis, 9-26.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. (1997). Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21(2), 235-239. Disponível em: < <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=2824240> >. Acesso em 20 jul. 2020.
- BISARO, A.; KIRK, M.; ZDRULI, P.; ZIMMERMANN, W. (2014). Global drivers setting desertification research priorities: insights from a stakeholder consultation forum. *Land Degradation & Development*, 25(1), 5-16. <https://doi.org/10.1002/ldr.2220>
- BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. D. (2010). Produtividade de palhada de plantas de cobertura. *Plantas de cobertura dos solos do cerrado*. Santo Antônio de Goiás, Brazil. Embrapa Arroz e Feijão. 13-43.
- CAMPOS-FILHO, E. M.; DA COSTA, J. N.; SOUSA, O. L.; JUNQUEIRA, R. G. (2013). Mechanized direct-seeding of native forests in Xingu, Central Brazil. *Journal of Sustainable Forestry*, v.32, n.7, p. 702-727. 2013. <https://doi.org/10.1080/10549811.2013.817341>
- CAVA, M. G. D. B.; ISERNHAGEN, I.; MENDONÇA, A. H. D.; DURIGAN, G. (2016). Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. *Hoehnea*, 43(2), 301-315. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-18/2016>

- CECCON, E.; GONZÁLEZ, E. J.; MARTORELL, C. (2016). Is direct seeding a biologically viable strategy for restoring forest ecosystems? Evidences from a Meta-analysis. *Land Degradation & Development*, 27(3), 511-520. <https://doi.org/10.1002/ldr.2421>
- COLE, R. J.; HOLL, K. D.; KEENE, C. L.; ZAHAWI, R. A. (2011). Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1590-1597. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.038>
- COLVERO, D. A.; GOMES, A. P. D.; CRUZ TARELHO, L. A.; MATOS, M. A. A. (2017). Municipal solid waste in Goiás (Brazil): current scenario and projections for the future. *Journal of Sedimentary Environments*, 2(3), 236-24. <https://doi.org/10.12957/jse.2017.31131>
- CHEN, X. W.; WONG, J. T. F.; MO, W. Y.; MAN, Y. B.; NG, C. W. W.; WONG, M. H. (2016). Ecological performance of the restored south east new territories (SENT) landfill in Hong Kong (2000–2012). *Land Degradation & Development*, 27(6), 1664-1676. <https://doi.org/10.1002/ldr.2366>
- DREBER, N.; OLDELAND, J.; GRETEL, M.V.; ROOYEN, V. (2011). Species, functional groups and community structure in seed banks of the arid Nama Karoo: grazing impacts and implications for rangelands restoration. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 141, 399-409, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.04.004>.
- DURIGAN, G.; GUERIN, N.; COSTA, J. N. M. N. (2013). Ecological restoration of Xingu Basin headwaters: motivations, engagement, challenges and perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1619), 20120165. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0165>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. (1997). Manual de Métodos de Análise de Solo. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 212.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (2006). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306.
- ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. (2001). An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central Sao Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 152(1-3), 169-181. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00600-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00600-9)
- ERDOGAN, R.; ZAIMOGLU, Z.; SUCU, M. Y.; BUDAK, F.; KEKEC, S. (2008). Applicability of leachates originating from solid-waste landfills for irrigation in landfill restoration projects. *Journal of Environmental Biology*, 29(5), 779-784. Disponível em: < <https://europepmc.org/article/med/19295082> >. Acesso em 10 out. 2019.
- FRANÇA, L. C. J.; MUCIDA, D. P.; DE MORAIS, M. S.; MENEZES, E. S.; MORANDI, D. T. (2018). Delimitação automática e quantificação das Áreas de Preservação Permanente de encosta para o município de Diamantina, Minas Gerais, Brasil. *Revista Espinhaço*, 7(2), 60-71. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3952853>

FRAGOSO, R.O.; CARPANEZZI, H.S.; KOEHLER, H.S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C. (2017). Barreiras ao estabelecimento da Regeneração Natural em áreas de pastagens abandonadas. *Ciência Florestal*, 27(4), 1451-1464. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509830331>.

FRANKE, J.; BARRADAS, A. C. S.; BORGES, M. A.; COSTA, M. M.; DIAS, P. A.; HOFFMANN, A. A.; SIEGERT, F. (2018). Fuel load mapping in the Brazilian Cerrado in support of integrated fire management. *Remote Sensing of Environment*, 217, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.018>

FLORY, S.L.; CLAY, K. (2010). Non-native grass invasion suppresses forest succession. *Oecologia*, 164, 1029-1038, <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1697-y>

GARCIA-ORTH, X.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. (2008). Seed dynamics of early and late successional tree species in tropical abandoned pastures: seed burial as a way of evading predation. *Restoration Ecology*, 16(3), 435-443. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00320.x>

GASTAUER, M.; SOUZA FILHO, P. W. M.; RAMOS, S. J.; CALDEIRA, C. F.; SILVA, J. R.; SIQUEIRA, J. O.; NETO, A. E. F. (2019). Mine land rehabilitation in Brazil: Goals and techniques in the context of legal requirements. *Ambio*, 48(1), 74-88. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1053-8>

GIBSON-ROY, P., MOORE, G., DELPRATT, J., GARDNER, J. (2010). Expanding horizons for herbaceous ecosystem restoration: the Grassy Groundcover Restoration Project. *Ecological Management & Restoration*, 11(3), 176-186. <https://doi.org/10.1111/j.1442-8903.2010.00547.x>

GONZAGA, A.P.D.; PEREIRA, I.M.; SILVA, M.A.P.; MACHADO, E.L.M.; OLIVEIRA, M.L.R. (2017). Vegetação arbustivo-arbórea em área degradada pela extração de ouro no Parque Estadual do Biribiri, Diamantina-MG. *Agrarian Academy*, v.4, n.7; p.450-462.

GRANT, T. A.; PASCHKE, M. W. (2012). Invasive plant impacts on soil properties, nutrient cycling, and microbial communities. In: MONACO, T. A.; SHELEY, R. L. *Invasive plant ecology and management: linking processes to practice*. London: British Library, 216.

HALLETT, L. M.; STANDISH, R. J.; HOBBS, R. J. (2011). Seed mass and summer drought survival in a Mediterranean-climate ecosystem. *Plant Ecology*, 212(9), 1479. <https://doi.org/10.1007/s11258-011-9922-2>

HAMMER, O.; HARPER, D. A.; RYAN, P. D. (2001). Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9. Disponível em: < [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf) >. Acesso em: 23 mai. 2020.

HIGGS, E.; FALK, D. A.; GUERRINI, A.; HALL, M.; HARRIS, J.; HOBBS, R. J.; THROOP, W. (2014). The changing role of history in restoration ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(9), 499-506. <https://doi.org/10.1890/110267>

- HOBBS, R. J.; HARRIS, J. A. (2001). Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration ecology*, 9(2), 239-246. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009002239.x>
- HOLL, K. D.; AIDE, T. M. (2011). When and where to actively restore ecosystems?. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1558-1563. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>
- HOLL, K. D.; HOWARD, E. A.; BROWN, T. M.; CHAN, R. G.; DE SILVA, T. S.; MANN, E. T.; SPANGLER, W. H. (2014). Efficacy of exotic control strategies for restoring coastal prairie grasses. *Invasive Plant Science and Management*, 7(4), 590-598. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-14-00031.1>
- JIMÉNEZ-ALFARO, B.; SILVEIRA, F. A.; FIDELIS, A.; POSCHLOD, P.; COMMANDER, L. E. (2016). Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. *Journal of Vegetation Science*, 27(3), 637-645. <https://doi.org/10.1111/jvs.12375>
- KODA, E., PACHUTA, K.; OSINSKI, P. (2013). Potential of Plant Applications in the Initial Stage of the Landfill Reclamation Process. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22 (6): 1731-1739.
- KOSTOPOULOU, P.; KARAGIANNIDIS, A.; RAKIMBEI, P.; TSIIOUVARAS, K. (2010). Simulating the water balance in an old non-engineered landfill for optimizing plant cover establishment in an arid environment. *Desalination*, 250(1), 373-377. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.059>.
- LAURENT, L.; MARELL, A.; KORBOULEWSKY, N.; SAÏD, S.; BALANDIER, P. (2017). How does disturbance affect the intensity and importance of plant competition along resource gradients? *Ecology and Management*, 391, 239–245. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.003>.
- LIRA, E.; NORONHA, C. R. B.; NETO, F. C. R.; COSTA, A. R. S. (2016). Legal aspects of waste disposal in landfills in Brazil| Aspectos legais da eliminação de resíduos em aterros sanitários no Brasil. *Revista Geama*, 2(4), 492-501. Disponível em: < <http://journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/921> >. Acesso em: 12 nov. 2019.
- MAGURRAN, A. E.; HIGHAM, A. (1988). Information transfer across fish shoals under predator threat. *Ethology*, 78(2), 153-158. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1988.tb00226.x>.
- MACHADO, V. M.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, I. M.; LARA, R. O.; CABRAL, C. M.; AMARAL, C. S. (2013). Avaliação do banco de sementes de uma área em processo de recuperação em cerrado campestre. *Planta Daninha*, 31(2), 303-312. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200007>.
- MAITI, S. K.; MAITI, D. (2015). Ecological restoration of waste dumps by topsoil blanketing, coir-matting and seeding with grass–legume mixture. *Ecological Engineering*, 77, 74-84. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.01.003>.

- MANSOURIAN, S. (2005). Overview of forest restoration strategies and terms. In Forest restoration in landscapes. Springer, New York, NY. 8-13. [https://doi.org/10.1007/0-387-29112-1\\_2](https://doi.org/10.1007/0-387-29112-1_2).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319.
- MARTINS, C. R.; HAY, J. D. V.; WALTER, B. M. T.; PROENÇA, C. E. B.; VIVALDI, L. J. (2011). Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito. Brazilian Journal of Botany, 34(1), 73-90. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000100008>
- MEIRA JÚNIOR, M. S.; MACHADO, E. L. M.; DE OLIVEIRA, M. L. R.; PINTO, J. R. R.; MOTA, S. D. L. L. (2014). Qualidade das sementes de indivíduos nativos de *Dalbergia miscolobium* Benth. (Fabaceae) em área de cerrado em processo de recuperação. Heringeriana, 7(1), 73-78. Disponível em: <<http://revistas.jardimbotanico.ibict.br/index.php/heringeriana/article/view/7>>. Acesso em: 08 dez. 2019.
- MELI, P.; ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P. H.; ISERNHAGEN, E. C.; BEHLING, M.; RODRIGUES, R. R. (2018). Optimizing seeding density of fast-growing native trees for restoring the Brazilian Atlantic Forest. Restoration Ecology, 26(2), 212-219. <https://doi.org/10.1111/rec.12567>
- MELO JÚNIOR, J. C. F.; AMORIM, M. W.; SEVERINO, A. L.; DE OLIVEIRA, T. M. N.; BARROS, V. G. (2015). Diversidade e estrutura comunitária da vegetação em regeneração natural em uma área de lixão desativado. Acta Biológica Catarinense, 2(1), 32-47. <https://doi.org/10.21726/abc.v2i1.153>
- MIRANDA, V. S.; RIBEIRO, K. G.; SILVA, A. C.; PEREIRA, R. C.; PEREIRA, O. G.; TORRADO, P. V.; OLIVEIRA, M. C. (2012). Rehabilitation with forage grasses of an area degraded by urban solid waste deposits. Revista Brasileira de Zootecnia, 41(1), 18-23. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100003>
- MUEHLETHALER, U.; KAMM, U. (2009). Innovative direct seeding method in the forest. Agrarforschung, 16(10), 384-389. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093290674>>. Acesso em: 05 mar. 2012.
- MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. (1974). Aims and methods of vegetation ecology. New York: Wiley. 584. Disponível em: <[https://www.geobotany.org/library/pubs/MuellerDombois1974\\_AimsMethodsVegEcol\\_ch5.pdf](https://www.geobotany.org/library/pubs/MuellerDombois1974_AimsMethodsVegEcol_ch5.pdf)>. Acesso em: 09 jul. 2020.
- NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A. C.; FEHR, M.; YESILLER, N.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H. B. (2019). Municipal solid waste disposal in Brazil: improvements and challenges. International Journal of Environment and Waste Management, 23(3), 300-318. <https://doi.org/10.1504/IJEW.2019.099007>

OLIVEIRA ALCÂNTARA, A. J.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, C. A.; SOUZA, J. B. (2011). Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geociências*, 41(3), 539-548. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7849/0>>. Acesso em 20 mar. 2020>

OLIVEIRA, M. C.; LEITE, J. B.; DA SILVA GALDINO, O. P.; OGATA, R. S.; DA SILVA, D. A.; RIBEIRO, J. F. (2019). Sobrevivência e crescimento de espécies nativas do Cerrado após semeadura direta na recuperação de pastagem abandonada. *Neotropical Biology and Conservation*, 14, 313. Disponível em: <<https://neotropical.pensoft.net/article/38290/download/pdf/>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

PALMA, A. C.; LAURANCE, S. G. (2015). A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? *Applied Vegetation Science*, 18(4), 561-568. <https://doi.org/10.1111/avsc.12173>

PELLIZZARO K. F., CORDEIRO, A. O., ALVES, M., MOTTA, C. P., REZENDE, G. M., SILVA, R. R., ... & SCHMIDT, I. B. "Cerrado" restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. *Brazilian Journal of Botany*, v. 3, n. 40, p. 681- 693, 2017. <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0371-6>

PEREIRA, I.M.; GONZAGA, A.; MACHADO, E.; OLIVEIRA, M.; MARQUES, I. (2015). Estrutura da vegetação colonizadora em ambiente degradado por extração de cascalho em Diamantina, MG. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 35(82), 77-88. <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.82.769>

PEREIRA, K. (2014). Produção de alimentos: desafio e perspectiva sistêmica. 2010. Artigo em Hypertexto em, 11(05).

PEREIRA, S. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. (2013). Establishment of Fabaceae tree species in a tropical pasture: influence of seed size and weeding methods. *Restoration Ecology*, 21(1), 67-74. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00858.x>

PERRING, M. P.; STANDISH, R. J.; PRICE, J. N.; CRAIG, M. D.; ERICKSON, T. E.; RUTHROF, K. X.; HOBBS, R. J. (2015). Advances in restoration ecology: rising to the challenges of the coming decades. *Ecosphere*, 6(8), 1-25. <https://doi.org/10.1890/ES15-00121.1>

PIELOU, E.C. (1975). *Ecological diversity*. New York: Jonhon Willey, 165.

PIVELLO, V. R. (2011). Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia. info*, 33. Disponível em: <<http://ecologia.info/cerrado.htm>>. Acesso em: 08 fev. 2020.

RAHMAN, M. L.; TARRANT, S.; MCCOLLIN, D.; OLLERTON, J. (2013). Plant community composition and attributes reveal conservation implications for newly created grassland on capped landfill sites. *Journal for Nature Conservation*, 21(4), 198-205. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2012.12.008>

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. Disponível em: < <https://www.R-project.org/> >.

REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; RIQUELME, U. F. B. (2009). Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(3), 310-319. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300013>

RENOU, S.; GIVAUDAN, J. G.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MOULIN, P. (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of hazardous materials*, 150(3), 468-493. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.077>

RESENDE, L. A.; PINTO, L. V. A. (2013). Emergência e desenvolvimento de espécies nativas em área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. *Revista Agrogeoambiental*, 5(1). <https://doi.org/10.18406/2316-1817v5n12013438>

SER - Society for Ecological Restoration. (2004). *The SER International primer on ecological restoration*. Tucson, Arizona, USA: Society for Ecological Restoration International.

SCHNEEMANN, B.; MCELHINNY, C. (2012). Shrubby today but not tomorrow? Structure, composition and regeneration dynamics of direct seeded revegetation. *Ecological Management & Restoration*, 13(3), 282-289. <https://doi.org/10.1111/emr.12007>

SHEORAN, V.; SHEORAN, A. S.; POONIA, P. (2010). Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: a review. *International journal of soil, sediment and water*, 3(2), 13. Disponível em: < <https://scholarworks.umass.edu/intljssw/vol3/iss2/13/> >. Acesso em: 20 abr 2020.

SILVA, R. R.; OLIVEIRA, D. R.; DA ROCHA, G. P.; VIEIRA, D. L. (2015). Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth. *Restoration Ecology*, 23(4), 393-401. <https://doi.org/10.1111/rec.12213>

SILVEIRA, L. P.; PIUZANA, D.; PEREIRA, I. M.; LAFETA, B. O.; DOS SANTOS, J. B. (2018). Evaluation of different methods to control invasive alien grass weeds in a degraded area. *African Journal of Agricultural Research*, 13(32), 1655-1660. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13276>

SILVEIRA, L. P.; PIUZANA, D.; PEREIRA, I. M.; OLIVEIRA, M. L. R.; SANTOS, J. B. (2016). Estimativa da cobertura de gramíneas invasoras em área degradada de cerrado por meio do Software Imagej. *Revista espacios*, 37 (31). Disponível em: < <http://www.revistaespacios.com/a16v37n31/16373126.html> >. Acesso em: 08 out. 2019.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; ALENCAR, A. (2014). Cracking Brazil's forest code. *Science*, 344(6182), 363-364. <https://doi.org/10.1126/science.1246663>

DE RESENDE, L. A.; PINTO, L. V. A. (2013). Emergência e desenvolvimento de espécies nativas em área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. *Revista Agrogeoambiental*, 5(1). <https://doi.org/10.18406/2316-1817v5n12013438>

- RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. (2009). On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological conservation*, 142(6), 1242-1251. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.12.008>
- SALAZAR, A.; GOLDSTEIN, G.; FRANCO, A. C.; WILHELM, F.M. Timing of seed dispersal and dormancy, rather than persistent soil seed-banks, control seedling recruitment of woody plants in Neotropical savannas. *Seed Science Research*, v. 21, p. 103–116, 2011. <https://doi.org/10.1017/S0960258510000413>.
- SANOUE, L.; ZIDA, D.; SAVADOGO, P.; THIOMBIANO, A. Comparison of aboveground vegetation and soil seed bank composition at sites of different grazing intensity around a savanna-woodland watering point in West Africa. *Journal of plant research*, v. 131, n. 5, p. 773-788, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10265-018-1048-3>.
- SANTOS, D.M.; SANTOS, J.M.F.F.; SILVA, K.A., ARAÚJO, V.K.R.; ARAÚJO, E.L. (2016). Composition, species richness, and density of the germinable seed bank over 4 years in young and mature forests in Brazilian semiarid regions. *Journal of Arid Environments*. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.02.012>.
- SAVADOGO, P.; TIGABU, M.; ODÉN, P. C. (2010). Restoration of former grazing lands in the highlands of Laos using direct seeding of four native tree species: seedling establishment and growth performance. *Mountain Research and Development*, 30(3), 232-243. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-10-00031.1>
- SCOTT, K.; SETTERFIELD, S.; DOUGLAS, M.; ANDERSEN, A. Soil seed banks confer resilience to savanna grass-layer plants during seasonal disturbance. *Acta Oecologica* v. 36, p. 202–210, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.12.007>.
- SIMBERLOFF, D. Biological invasions: What's worth fighting and what can be won? *Ecological Engineering*. v. 65, n. 1, p. 112–121. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.08.004>.
- STEIN, R. J. (2009). Excesso de ferro em arroz (*Oryza sativa* L.): efeitos tóxicos e mecanismos de tolerância em distintos genótipos. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/15813> >. Acesso em: 12 nov. 2019.
- STRASSBURG, B. B.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; SOARES-FILHO, B. (2017). Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, 1(4), 1-3. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>.
- STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, T.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, A. (2017). Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nat. Ecol. Evol*, 1(99). <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>.
- TESSEMA, Z.K.; BOER W.F.; BAARS, RM.; PRINS, H.H. Influence of Grazing on Soil Seed Banks Determines the Restoration Potential of Aboveground Vegetation in a Semi-arid Savanna of Ethiopia. *Biotropica*, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00780.x>.

TUNJAI, P.; ELLIOTT, S. (2012). Effects of seed traits on the success of direct seeding for restoring southern Thailand's lowland evergreen forest ecosystem. *New Forests*, 43(3), 319-333. <https://doi.org/10.1007/s11056-011-9283-7>

VAVERKOVÁ, M. D., RADZIEMSKA, M., BARTOŇ, S., CERDÀ, A., & KODA, E. (2018). The use of vegetation as a natural strategy for landfill restoration. *Land Degradation & Development*, 29(10), 3674-3680. <https://doi.org/10.1002/ldr.3119>

VAVERKOVÁ, M. D.; WINKLER, J.; ADAMCOVÁ, D.; RADZIEMSKA, M.; ULDRIJAN, D.; ZLOCH, J. (2019). Municipal solid waste landfill–Vegetation succession in an area transformed by human impact. *Ecological Engineering*, 129, 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.01.020>

VIRAH-SAWMY, M.; EBELING, J.; TAPLIN, R. (2014). Mining and biodiversity offsets: A transparent and science-based approach to measure “no-net-loss”. *Journal of environmental management*, 143, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.03.027>

WALLIN, L.; SVENSSON, B. M.; LÖNN, M. (2009). Artificial dispersal as a restoration tool in meadows: sowing or planting?. *Restoration Ecology*, 17(2), 270-279. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00350.x>

IUSS Working Group WRB. (2015). World Reference Base for Soil Resources (WRB), sistema universal reconhecido pela International Union of Soil Science (IUSS) e FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf>.

VALLADARES, F.; LAANISTO, L.; NIINEMETS, U.; ZAVALA, M.A. Shedding light on shade: ecological perspectives of understorey plant life. *Plant Ecology & Diversity* 9(3): 1-15, 2016. <https://doi.org/10.1080/17550874.2016.1210262>.

ZENNI, R. D.; DICKIE, I. A.; WINGFIELD, M. J.; HIRSCH, H.; CROUS, C. J.; MEYERSON, L. A.; ERFMEIER, A. (2017). Evolutionary dynamics of tree invasions: complementing the unified framework for biological invasions. *AoB Plants*. 9(1). <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw085>