



## Avaliação de técnicas de restauração em área degradada desprovida das camadas iniciais de solo na Caatinga

Evaluation of restoration techniques in a degraded area without initial soil layers in the Caatinga

R. A. de Castro<sup>1\*</sup>; P. D. de Souza<sup>3</sup>; L. B. Rodrigues<sup>3</sup>; R. G. Rodrigues<sup>3</sup>; M. V. Meiado<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

<sup>2</sup>Laboratório de Fisiologia de Sementes, Departamento de Biociências, Universidade Federal de Sergipe, 49506-036, Itabaiana, Sergipe, Brasil.

<sup>3</sup>Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, 56304-917, Petrolina, Pernambuco, Brasil

\*rapha.aguiarcastro@hotmail.com

(Recebido em 05 de julho de 2023; aceito em 07 de maio de 2024)

O objetivo do estudo foi avaliar qual técnica de restauração florestal proporciona maior advento de riqueza, densidade, diversidade e cobertura vegetal da área em restauração. Para isso, foram testados os seguintes tratamentos: T1) Condução da regeneração natural; T2) Condução da regeneração natural com plantio de mudas; T3) Transposição de solo; T4) Transposição de solo com plantio de mudas. Os tratamentos foram conduzidos em 15 repetições. Após três anos, foi visualizado que para riqueza (média de  $12,14 \pm 3,77$  espécies), densidade (média de  $510,3 \pm 222,9$  indivíduos/m<sup>2</sup>) e cobertura (média de  $90,26 \pm 9,19\%$ ) não houve diferença entre os tratamentos. A colonização está sendo realizada majoritariamente por espécies herbáceas, nativas e anemocóricas, além de espécies arbustivas e arbóreas similares as áreas de referência positiva. As mudas plantadas que sobreviveram também não foram suficientes para contribuir no advento de novas espécies. Porém, o crescimento lento das arbóreas em campo pode gerar contribuições apenas a longo prazo. Portanto, as intervenções realizadas melhoraram os parâmetros gerais e os resultados mais expressivos foram observados nos tratamentos com maior intervenção. No entanto, a falta de efetividade de alguns tratamentos não proporcionou a diferença esperada entre eles.

Palavras-chave: RAD, plantio de mudas, transposição de solo.

The objective of the study was to evaluate which forest restoration technique provides the greatest increase in richness, density, diversity and vegetation cover in the area under restoration. The following trail plots were carried out on: T1) Conducting natural regeneration; T2) Conducting natural regeneration by seedlings planting; T3) Transposition of soil; T4) Transposition of soil with planting of seedlings. The treatments were carried out in 15 repetitions. After three years, it was observed that for richness (average of  $12.14 \pm 3.77$  species), density (average of  $510.3 \pm 222.9$  individuals/m<sup>2</sup>), and coverage (average of  $90.26 \pm 9.19\%$ ) there was no difference between treatments. Colonization is being carried out mainly by herbaceous, native, and anemochoric species. As well as shrubs and trees similar to positive reference areas. The planted seedlings not enough to contribute to the advent of new species. However, the slow growth of trees on the field can only generate contributions in the long term. Therefore, the interventions performed improved the general parameters and the most expressive results were observed in the treatments with higher intervention. However, the lack of effectiveness of some treatments did not provide the expected difference between them.

Keywords: RAD, seedlings planting, transposition of soil.

### 1. INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de definição de técnicas de restauração florestal em áreas de Caatinga bem consolidadas e com resultados satisfatórios para cada ecossistema em específico, ressalta que estudos locais devem ser impulsionados. A Caatinga apresenta diversas fitofisionomias, variações de tipos de solos, amplitude de precipitação e índices de aridez [1, 2], que inviabilizam determinar técnicas gerais, comumente aplicadas e já consolidadas para outros ecossistemas. As técnicas utilizadas nos demais biomas brasileiros não devem ser fielmente replicadas em ambiente semiáridos como a Caatinga, pois as características edafoclimáticas são intrínsecas desse bioma.

Segundo Gómez-Aparicio et al. (2005) [3], o reflorestamento em regiões áridas e semiáridas, frequentemente é limitado pelas condições hídricas. Leal et al. (2003) [4] afirmaram que a limitação de água interfere em todo o ciclo de vida da planta e, conseqüentemente, na taxa de reposição do banco de sementes, essenciais para a ocorrência de regeneração natural. O estudo para restauração florestal deve ser realizado caso a caso, avaliando as condições locais e gerando os diagnósticos ambientais.

Durante o diagnóstico ambiental da área degradada, os fatores de degradação devem ser analisados para inferir as conseqüências geradas e determinar o grau de degradação e o que deve ou pode ser recuperado. Diferente de áreas em que a perda do solo ocorreu em camadas profundas, áreas em que o solo foi degradado, perdendo as camadas iniciais, o banco de sementes, e conseqüentemente a matéria orgânica e a fauna do solo, costumam ser consideradas áreas com alto índice de degradação, mas que ainda podem ter seus efeitos negativos mitigados. Para áreas assim, as técnicas a serem aplicadas precisam ter como prioridade recuperar o solo [5]. Entende-se, cada vez mais, que não adianta focar em apenas um fator de degradação ou mitigação da mesma, vê-se a necessidade de manejar todos os possíveis fatores ambientais, envolvidos no processo de degradação e restauração ecológica. Por isso, após a análise de diagnóstico, o planejamento é realizado com a definição da melhor ou melhores técnicas para implantação e a conseqüente definição do caminho a ser seguido [6].

A compilação de técnicas de restauração florestal e a comparação entre eles podem fornecer a base necessária que falta para a aplicação prática, exigida atualmente para a aplicação dos programas de restauração de áreas degradadas. Os estudos de Reis et al. (2003) [7] já demonstraram que associar técnicas de nucleação promove a multiplicação e variação de efeitos funcionais, com maior estabilidade da comunidade e melhoramento do seu ritmo sucessional [8]. Em todo caso, para que o processo de restauração seja realizado de forma efetiva, deve haver uma boa relação custo-benefício [9]. Cada técnica terá insumos e necessidade de mão de obra que geram custos distintos.

A técnica de restauração florestal menos ativa é feita através da condução da regeneração natural, pois modifica pequenos fatores que interferem diretamente na sucessão natural, seja a retirada de animais de pastoreio, manejo de plantas exóticas invasoras ou fazendo preparo do solo [10]. Todos com objetivo de favorecer a chegada e o estabelecimento de propágulos, assim sendo, dependem diretamente da vegetação remanescente no entorno e do grau de perturbação da área.

A transposição de solo, já demanda mais ação do que a já citada “condução da regeneração natural”, pois traz para área degradada, banco de sementes, matéria orgânica e organismos, coletados em uma área conservada, o mais adjacente possível, com o objetivo de melhorar as características edafoclimáticas do solo degradado [10]. Dessa forma, tem-se o aumento na riqueza de espécies vegetais, sendo estas provenientes da área doadora, com conseqüente aumento da cobertura vegetal e das condições locais, como retenção de umidade e redução da temperatura do solo, além do advento de espécies vegetais que formarão abrigo para atração de fauna [10, 11]. Os custos financeiros dessa técnica são referentes principalmente ao maquinário necessário para retirada do solo, transporte e alocação na nova área, além de mão de obra especializada, sendo está normalmente mais dispendiosa nos projetos de recuperação de áreas degradadas [12].

Outra técnica que podemos citar, a mais comumente utilizada, é o plantio de mudas caracterizado pela introdução de espécies específicas, normalmente de arbóreas, com características desejáveis, como facilitadoras, pioneiras e de rápido crescimento, que irão agilizar a estruturação do ecossistema, trazendo modificações no microambiente [11, 13]. Os custos financeiros e a necessidade de mão de obra e insumos para essa técnica devem considerar desde a coleta das sementes, semeio e produção das mudas no viveiro, transporte ao local e transplântio [11]. É importante citar que o monitoramento referente à técnica do plantio de mudas não deve ser analisado apenas a mortalidade e crescimento dos indivíduos, como ocorre na maioria dos estudos sobre o assunto, mas em como a introdução da espécie favorece o entorno e a sucessão local. Esse fato, no entanto, leva tempo, considerando as taxas de crescimento das arbóreas na Caatinga.

É essencial que todas as técnicas sejam escolhidas, conduzidas e monitoradas por especialistas. Porém, os trabalhos de monitoramento e definição de sucesso das técnicas são poucos e não se tem protocolos para Caatinga, como tem para o pacto da Mata Atlântica [14]. É importante a

análise periódica da formação da estruturação da comunidade na sucessão, com parâmetros de riqueza, densidade e diversidade.

A curto prazo, através da avaliação da composição florística também pode ser feita uma análise se haverá ausência ou presença de espécies específicas, quais espécies estão dominando, suas origens e hábitos. Por exemplo, algumas espécies são mais favoráveis dentro da comunidade, normalmente pelo seu uso biocultural, e já darão indicativos de que a estrutura da comunidade em formação terá benefícios futuros, como a presença de produtoras de frutas, determinando que aquele ecossistema prestará o serviço de abastecimento de alimentos, e a presença de espécies de madeira dura pode indicar o futuro uso como matéria-prima (fibra, madeira). Além disso, a presença de espécies mais raras dá indicativo da manutenção da diversidade genética [15].

A partir da identificação das espécies pode-se determinar também as síndromes de dispersão e polinização que estão ocorrendo nas áreas em restauração. Esses parâmetros podem dar respostas de comportamento da sucessão na área e dos fatores que podem estar afetando o desenvolvimento. Além de visualizar retorno de grupamentos funcionais essenciais. No monitoramento também é determinado a necessidade de ações posteriores como o manejo de exóticas invasoras, coroamento de mudas, replantio, recercamento e outros [13]. Essas ações já devem ser previstas no planejamento.

Em decorrência da importância de protocolos de restauração para áreas degradadas na Caatinga com técnicas viáveis, as hipóteses deste trabalho sugerem que: i) Quanto maior o nível de intervenção e compilação de técnicas, maior a resposta da área à sucessão, com melhoria dos parâmetros de riqueza, densidade, diversidade e cobertura vegetal; ii) Técnicas distintas proporcionam alterações distintas da composição florística dos regenerantes locais; iii) Quanto maior a intervenção de restauração maior será o surgimento de espécies com diferentes funcionalidades. Para isso, o objetivo deste artigo foi avaliar qual técnica de restauração florestal proporciona maior advento de riqueza, densidade, diversidade e cobertura vegetal da área em restauração.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local de estudo

A área experimental está localizada no *Campus* de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), em Petrolina/PE (Figura 1). O clima predominante é o Tropical Semiárido, com médias anuais de 26 °C de temperatura, com amplitudes que variam de 14 °C a 37 °C, precipitação média anual de 535,5 mm [16]. A vegetação local é composta por fragmentos de Caatinga hiperxerófila [17]. As áreas consideradas de referências positivas apresentam uma estrutura da comunidade com espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas de grande porte como: *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm. e *Pseudobombax simplicifolium* A.Robyns. A cobertura do solo era majoritariamente formada por *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez, com alta abundância, possuem 4,8 e 4,1 ha e estão localizadas a cerca de 400 e 920 m de distância da área em restauração, respectivamente. Essas áreas foram escolhidas pela proximidade e influência na área de estudo.

A partir dos dados históricos de imagens disponíveis pelo Google Earth e pesquisas bibliográficas da região, foi observado que a área experimental serviu como empréstimo de solo para construção da estrada que rodeia a área da universidade. Essa construção foi iniciada em 2004, com área total de 1 ha e retirada de pelo menos 1,5 m de profundidade de solo do local. Após esse procedimento, a área foi abandonada e se encontrava há 18 anos sem interferência de restauração ativa e sem observação de regeneração natural.



Figura 1. Foto aérea da área experimental após o revolvimento do solo, onde foram implantadas técnicas de restauração de áreas degradadas na Caatinga, no Campus de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE. Foto de fevereiro de 2019.

## 2.2 Delineamento experimental

Para avaliar o funcionamento das técnicas de restauração na Caatinga, foram instalados quatro tratamentos, sendo: i) Condução da regeneração natural; ii) Condução da regeneração com plantio de mudas; iii) Transposição de solo; e iv) Transposição de solo com plantio de mudas. As parcelas possuíam 4 x 8 m (32m<sup>2</sup>), que foram realizadas em 15 repetições.

A técnica de condução da regeneração e a transposição do solo foram realizadas em março de 2019, com intuito de favorecer a regeneração natural de plantas herbáceas que poderiam promover melhorias das características químicas e físicas do solo para posterior adição das espécies arbóreas por plantio de mudas. Para isso, toda a área foi limpa e revolvida, com gradagem a pelo menos 30 cm de profundidade, a fim de descompactar o solo.

Para transposição, o solo foi adicionado por meio de oito faixas com dimensões de 4 x 0,3 e 0,05 m de altura, distantes 0,7 m uma faixa da outra, representando 30% de cobertura total da parcela. As mudas das espécies arbóreas nativas da Caatinga, produzidas em sacos plástico de polietileno, foram plantadas de forma aleatória com espaçamento de 1,5m entre elas em janeiro de 2020, no início da estação chuvosa. Foram utilizadas cinco mudas de cada espécie florestal por parcela, sendo: faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) e catingueira (*Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis).

## 2.3 Coleta e análise dos dados

A análise da cobertura vegetal e da composição florística das parcelas foram realizadas no período chuvoso, três anos após o início de implantação dos experimentos. Para avaliação da riqueza, densidade e diversidade das espécies, foram amostradas em cada parcela quatro subparcelas de 50 x 50 cm, totalizando 1 m<sup>2</sup>. A análise das espécies arbustivas-arbóreas foi realizada em toda a dimensão da parcela (32 m<sup>2</sup>), onde foram considerados indivíduos arbustivo-arbóreos aqueles com diâmetro no nível do solo (DNS) igual ou superior a 2 cm. Nos resultados



de riqueza houve somatório das espécies herbáceas, arbustivas, arbóreas, bem como, a inclusão das mudas transplantadas sobreviventes. Para densidade e diversidade, fez-se cálculo proporcional de área.

A análise da cobertura vegetal foi realizada por meio de fotografia das mesmas subparcelas com adição de mais quatro, formando 2 m<sup>2</sup>, a uma altura média de 1,5 m, com auxílio de um gabarito feito de madeira nas dimensões exatas que definiram as margens da subparcela. As fotos foram analisadas no programa IPWIN 32, plotando um GRID com 400 quadrantes para contabilização daqueles que estavam cobertos com espécies vegetais e determinação da porcentagem de cobertura.

Para análise da lista florística realizou-se um levantamento nas parcelas, com a coleta de material reprodutivo de todas as espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas. O material foi depositado no Herbário do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA-UNIVASF), onde foi feita a identificação através de consulta a especialista e comparação com material já coletado na região. Posteriormente, foi feita a categorização das espécies quanto ao hábito, origem (nativas, exóticas e exóticas invasoras) e ao tipo de dispersão. Essas informações foram retiradas da Flora e Funga do Brasil (2020) [18].

Além disso, através da identificação das espécies e da abundância também foi realizada a análise de similaridade (ANOSIM) entre os tratamentos e Escalonamento multidimensional não paramétrico (NMDS), para informação de quão distante cada tratamento está dos outros em relação à composição de espécies. Para as análises fitossociológicas as inclusões das arbustivas e arbóreas também foram feitas com cálculo proporcional de área. Os parâmetros calculados foram: Frequência relativa (FR) e Densidade relativa (DR) [19]. Além do valor de importância (VI), somando-se a densidade relativa e a frequência relativa de cada espécie, como proposto por Fabricante et al. (2016) [20].

As premissas de análise dos dados, como homoscedasticidade, normalidade, independência e esfericidade foram calculadas anteriormente à análise de variância [21]. As análises de riqueza, densidade, diversidade e cobertura vegetal foram realizadas pelo procedimento GLM da ANOVA [22], com posterior teste Duncan. Todas as análises estatísticas foram realizadas nos programas STATISTICA 13, com  $\alpha = 5\%$  [23] e no software R [24].

### 3. RESULTADOS

A riqueza média observada na área experimental dos tratamentos de restauração florestal testados, após três anos de condução do experimento foi de  $12,14 \pm 3,77$  espécies (Figura 2), não sendo observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 1).

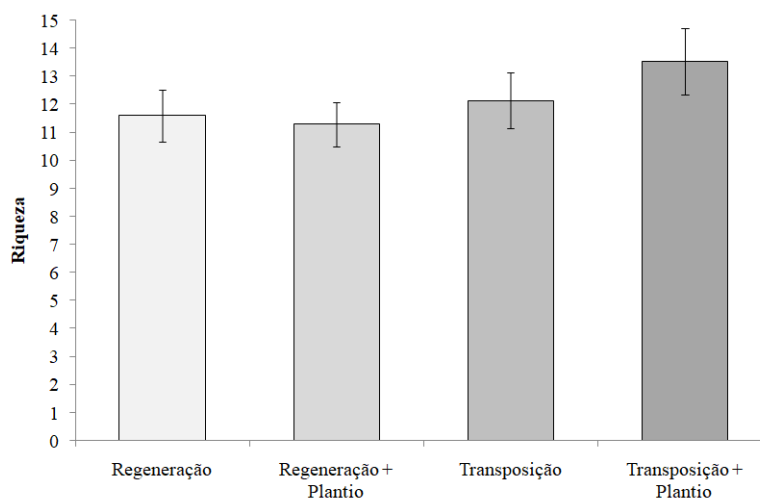


Figura 2. Avaliação de riqueza dos tratamentos de restauração florestal na Caatinga em área degradada, no município de Petrolina, PE. As barras apresentam o erro padrão.

Tabela 1. Resultados da ANOVA (GLM) para os parâmetros de riqueza, densidade, diversidade e cobertura do solo em tratamentos de restauração na Caatinga, no município de Petrolina, PE.

<b>Riqueza</b>	DF	Sum	Mean	F	P
Tratamentos	3	43,7	14,6	0,99	0,4
Resíduos	54	789,9	14,6		
<b>Densidade (indivíduos/m<sup>2</sup>)</b>					
Tratamentos	3	346869	115623	2,51	0,06
Resíduos	52	2385649	45878		
<b>Diversidade</b>					
Tratamentos	3	0,57	0,19	4,11	0,01
Resíduos	52	2,36	0,05		
<b>Cobertura</b>					
Tratamentos	3	617	205,7	2,2	0,09
Resíduos	55	5054	91,9		

A avaliação relacionada à densidade também não mostrou diferença do número de indivíduos entre os tratamentos, com média final de  $510,3 \pm 222,9$  indivíduos/m<sup>2</sup> (Tabela 1). Porém, o tratamento que teve a transposição de solo associado ao plantio de mudas apresentou os maiores valores ( $632,7 \pm 196$  indivíduos/m<sup>2</sup>), enquanto as menores densidades de indivíduos regenerantes foram observadas no tratamento em que a regeneração natural foi conduzida ( $435,4 \pm 177,7$  indivíduos/m<sup>2</sup>) (Figura 3).

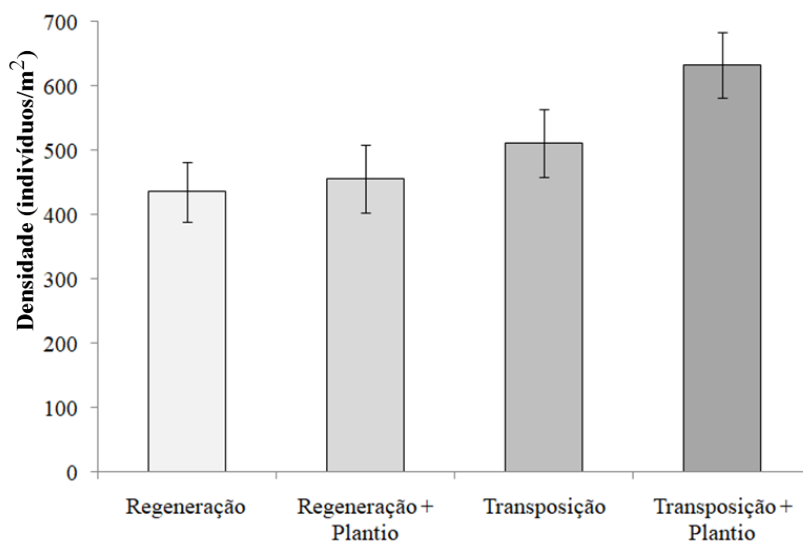


Figura 3. Avaliação da densidade de indivíduos arbustivos e arbóreos em área degradadas após a implementação de diferentes técnicas de restauração florestal, no município de Petrolina, PE. As barras apresentam o erro padrão.

Para avaliação do parâmetro de diversidade (Simpson) os valores entre os tratamentos foram distintos (Tabela 1). Apenas o tratamento de transposição (média de  $0,33 \pm 0,26$ ) resultou em uma diversidade divergente do tratamento de regeneração com plantio de mudas (média de  $0,61 \pm 0,15$ ) (Figura 3). Para cobertura do solo todos os tratamentos apresentaram valores bastante satisfatórios, com média geral de  $90,26 \pm 9,19$  % e sem diferença entre os tratamentos (Tabela 1 e Figura 4).

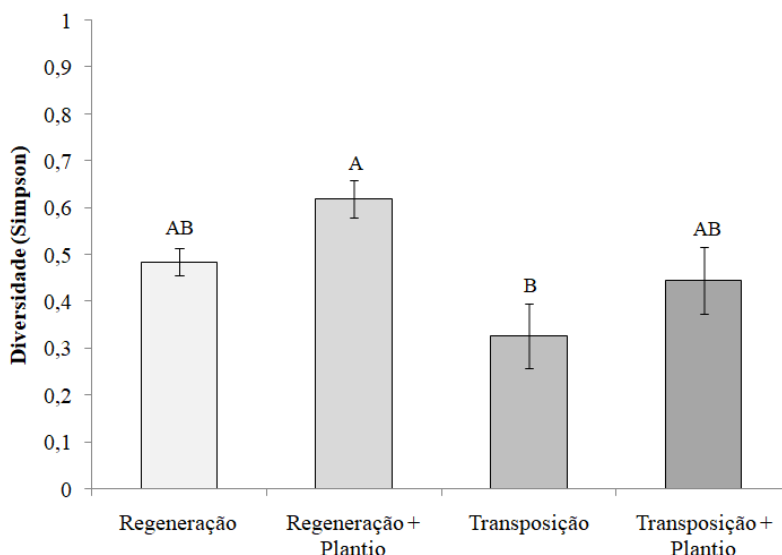


Figura 3. Avaliação da diversidade (Simpson) dos tratamentos de restauração em área degradada, no município de Petrolina, PE. \*Médias seguidas pela mesma letra correspondem a igualdade estatística (5%). As barras apresentam o erro padrão.

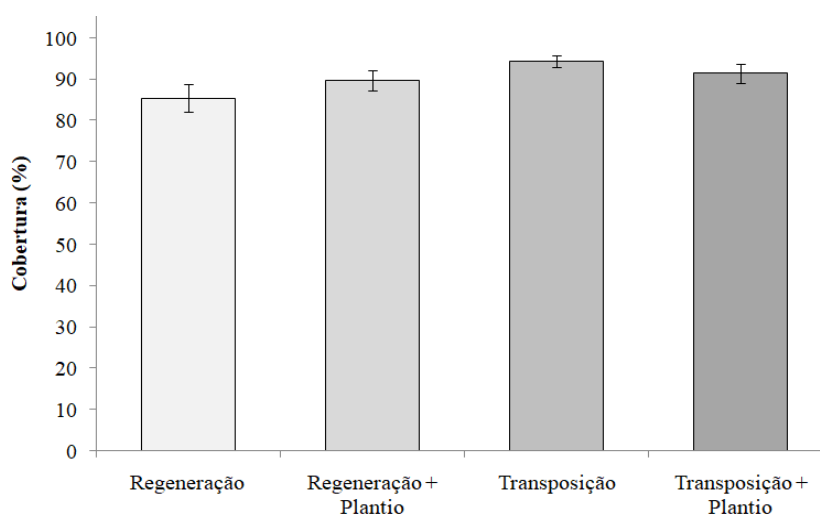


Figura 4. Avaliação de cobertura do solo (%) dos tratamentos de restauração em área degradada, no município de Petrolina, PE. As barras apresentam o erro padrão.

Estima-se que na área experimental regeneravam cerca de, 28.580 indivíduos arbustivos e arbóreos, sendo: 33% no tratamento de transposição com plantio de mudas, 23% no tratamento de transposição, 23% no tratamento de regeneração e 21% no tratamento de regeneração mais plantio. Esse total de arbustos e árvores encontra-se distribuídos em 18 famílias botânicas, 43 gêneros e 53 espécies (Figura 5). As famílias mais representativas foram Fabaceae, Malvaceae e Poaceae, seguidas de Euphorbiaceae e Rubiaceae (Tabela 2). Em relação ao hábito das espécies identificadas, 44% das espécies são classificadas herbáceas, 14,5% apenas como arbusto, 0,04% de arbustos ou árvores e as demais se encaixam em mais de uma classificação (Tabela 2). Quanto a origem, a maioria das espécies observadas são nativas (89,6%), mas há exóticas invasoras (14,4%). Em relação às síndromes de dispersão de sementes, tem-se: autocórica (57,5%), anemocórica (22,0%), zoocórica (18,5%), e hidrocórica (2%), sendo que 5 tinham mais de um tipo.

Do total, 55% das espécies se encontravam presentes em todos os tratamentos testados, como *H. crista*, enquanto que *W. brachypetala*, *Z. latifolia*. Ainda, *V. leucocephala*, *J. ribifolia* e

*M. suavelons* foram amostradas apenas no tratamento em que houve transposição de solo. Bem como, *C. urens* e *M. repens*, espécie exótica invasora, foram encontradas apenas no tratamento em que regeneração natural foi conduzida. Vale ressaltar que outras espécies não surgiram no momento da análise em alguns tratamentos, mas foram visualizadas com abundância em anos anteriores, como *R. brasiliensis*.

A análise da composição das espécies ressalta a diferença entre os tratamentos. Os resultados de ANOSIM permitem inferir na diferença de espécies que estão colonizando as áreas apenas com condução da regeneração em relação aos demais tratamentos (Tabela 3). A plotagem do NMDS não permite diferir os tratamentos com sobreposição de todos os polígonos (Figura 6), apenas com o tratamento de condução da regeneração tendo menor amplitude que os demais.

Em relação aos parâmetros fitossociológicos, *A. adscensionis*, *P. elatior* e *R. grandiflora* estão entre as três mais importantes na composição de todos os tratamentos, com *A. adscensionis*, espécie exótica invasora, apresentando maior densidade absoluta que as demais (Tabela 4). Inclusive, no tratamento com menor intervenção corresponde a 58% do total de indivíduos nas parcelas. A herbácea nativa *P. elatior* teve sua importância maior nos tratamentos com maior intervenção, sempre com alta densidade de indivíduos.





Figura 5. Técnicas de restauração florestal da Caatinga, em Petrolina, PE. A e B: Área em restauração com transposição de solo e plantio de mudas. C e D: Área em restauração com condução da regeneração natural.

Tabela 2. Lista florística dos tratamentos de restauração na Caatinga, no município de Petrolina, PE. Sendo: Os valores descritos referem-se a densidade da espécie em cada tratamentos (indivíduos/m<sup>2</sup>). Anem: Anemocórica, Zoo: Zoocórica, Auto: Autocórica, Hidro: hidrocórica.

Código (NMDS)	Família/Espécie	Regeneração	Regeneração + Plantio	Transposição	Transposição + Plantio	Hábito	Origem	Dispersão
sp37	<b>Amaranthaceae</b> <i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	0	11	0	0	Subarbusto	Nativa	Zoo
sp42	<b>Asteraceae</b> <i>Ageratum conyzoides</i> L.	1	0	0	0	Erva/ Subarbusto	Nativa	Anem
sp27	<b>Boraginaceae</b> <i>Euploca procumbens</i> (Mill.) Diane & Hilger	0	0	1	0	Erva/ Subarbusto	Nativa	Zoo
sp53	<i>Varronia leucocephala</i> (Moric.) J.S.Mill.	0	0	0	0,03	Arbusto	Nativa	Zoo
sp45	<b>Cactaceae</b> <i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	2	0	0	3	Suculenta/ Subarbusto	Nativa	Zoo
sp9	<b>Cyperaceae</b> <i>Cyperus fugax</i> Liebm.	94	32	3	36	Erva	Nativa	Anem
sp11	<i>Cyperus squarrosus</i> L.	26	3	21	34	Erva	Nativa	Auto
sp48	<i>Scleria</i> sp.	11	1	5	5	Erva		Auto
sp51	<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl	8	2	52	37	Erva	Nativa	Anem/ Auto
sp6	<b>Euphorbiaceae</b> <i>Cnidoscolus urens</i> (L.) Arthur	0,025	0,18	0	0	Erva/ Subarbusto/ Arbusto	Nativa	Auto
sp24	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	0,03	0	0	0,06	Arbusto	Nativa	Auto
sp25	<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill	0	0	0,03	0,06	Arbusto	Nativa	Auto
sp34	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	0	1	0	0	Arbusto	Nativa	Auto
sp2	<b>Fabaceae</b> <i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W. Jobson	0,125	0,25	0,06	0,1	Árvore/ Arbusto	Nativa	Auto/ Zoo
sp8	Fabaceae sp.	0	5	0	0	Subarbusto	Nativa	
sp14	<i>Stylosanthes macrocephala</i> M.B.Ferreira & Sousa Costa	5	2	1	10	Subarbusto	Nativa	Auto
sp16	<i>Zornia latifolia</i> Sm.	142	17	121	21	Subarbusto	Nativa	Auto
sp18	<i>Ctenodon</i> cf. <i>marginatus</i>	11	113	0	0	Subarbusto/	Nativa	Auto

	(Benth.) D.B.O.S.Cardoso, P.L.R.Moraes & H.C.Lima					Arbusto			
sp21	<i>Chamaecrista pilosa</i> (L.) Greene	45	11	39	1	Subarbusto	Nativa	Auto	
sp26	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	3	3	0	2	Árvores/Subarbusto/Arbusto	Nativa	Auto	
sp38	<i>Calliandra</i> sp.	0,06	0	0	0			Auto	
sp43	<i>Mimosa pudica</i> L.	12	16	0	15	Erva/ Subarbusto	Nativa	Auto	
sp49	<i>Senna uniflora</i> (Mill.) H.S.Irwin& Barneby	0	0	18	4	Erva	Nativa	Auto	
sp52	<i>Centrosema pascuorum</i> Mart. ex Benth.	0	1	0	1	Liana/ volúvel/ trepadeira	Nativa	Auto	
<b>Lamiaceae</b>									
sp36	<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	0	0	2	5	Erva/Subarbusto/ Arbusto	Nativa	Auto	
sp47	<i>Rhaphiodon echinus</i> (Nees & Mart.) Schauer	49	156	11	8	Erva	Nativa	Auto	
<b>Malvaceae</b>									
sp7	<i>Corchorus argutus</i> Kunth	4	0	1	2	Subarbusto	Nativa	Auto	
sp28	<i>Waltheria operculata</i> Rose	11	2	12	30	Arbusto	Nativa	Auto	
sp29	<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	22	4	1	20	Erva/Subarbusto/ Arbusto	Nativa	Anem	
sp30	<i>Waltheria brachypetala</i> Turcz.	1	0	3	1	Arbusto	Nativa	Auto	
sp31	<i>Pavonia cancellata</i> (L.) Cav.	5	0	0	2	Erva	Nativa	Auto	
sp32	<i>Sida</i> sp.	0	5	0	1				
sp33	<i>Waltheria rotundifolia</i> Schrank	0	0	2	0	Subarbusto	Nativa	Auto	
sp50	<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	1167	0	5	5	Subarbusto	Nativa	Auto	
<b>Molluginaceae</b>									
sp17	<i>Mollugo verticillata</i> L.	0	1	0	2	Erva	Nativa	Zoo	
<b>Onagraceae</b>									
sp22	<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H.Hara	4	2	4	15	Arbusto	Nativa	Anem/ Hidro	
<b>Plantaginaceae</b>									
sp12	<i>Scoparia dulcis</i> L.	1	1	0	2	Erva	Nativa	Auto	
sp13	<i>Angelonia cornigera</i> Hook.f.	7	1	0	0	Erva	Nativa	Auto/ Zoo	
<b>Poaceae</b>									
sp1	<i>Aristida adscensionis</i> L.	4443	2078	1782	4031	Erva	Exótica invasora	Anem	

sp5	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	0	24	32	25	Erva	Nativa	Zoo	
sp15	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	3	2	18	8	Erva	Exótica invasora	Anem	
sp19	<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Vignolo ex Janch.	16	13	43	278	Erva	Exótica invasora	Anem	
sp20	Poaceae sp. 1	30	576	0	118	Erva			
sp35	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	1	1	0	0	Erva	Exótica invasora	Auto	
sp39	<i>Digitaria nuda</i> Schumach.	52	179	235	53	Erva	Exótica invasora	Anem/ Auto	
sp40	<i>Chloris</i> sp.	55	7	36	96	Erva	Nativa	Anem	
sp41	Poacea sp. 2	16	95	0	67				
<b>Portulacaceae</b>									
sp44	<i>Portulaca elatior</i> Mart. ex Rohrb.	174	1810	3679	3324	Erva	Nativa	Anem	
<b>Rubiaceae</b>									
sp3	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	83	3	0	0	Erva	Nativa	Zoo	
sp4	<i>Staelia virgata</i> (Link ex Roem. & Schult.) K.Schum.	27	1	17	44	Erva/ Subarbusto	Nativa	Zoo	
sp46	<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. &Schltdl.) Steud.	1058	704	471	1069	Erva/ Subarbusto	Nativa	Auto	
<b>Solanaceae</b>									
sp23	<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	0	1	2	0	Liana/ Subarbusto	Nativa	Anem	
<b>Verbenaceae</b>									
sp10	<i>Stachytarpheta sessilis</i> Moldenke	4	0	0	25	Erva	Nativa	Auto	

Tabela 3. Análise de similaridade (ANOSIM) entre os tratamentos de Regeneração; Regeneração + Plantio; Transposição e transposição + Plantio em área degradada em restauração na Caatinga, no município de Petrolina, PE. Sendo: \* Significativo a 5%.

	<b>Regeneração</b>	<b>Regeneração + Plantio</b>	<b>Transposição</b>	<b>Transposição + Plantio</b>
<b>Regeneração</b>	-	0,004 *	0,001 *	0,01 *
<b>Regeneração + Plantio</b>	-	-	0,09	0,2
<b>Transposição</b>	-	-	-	0,28
<b>Transposição + Plantio</b>	-	-	-	-

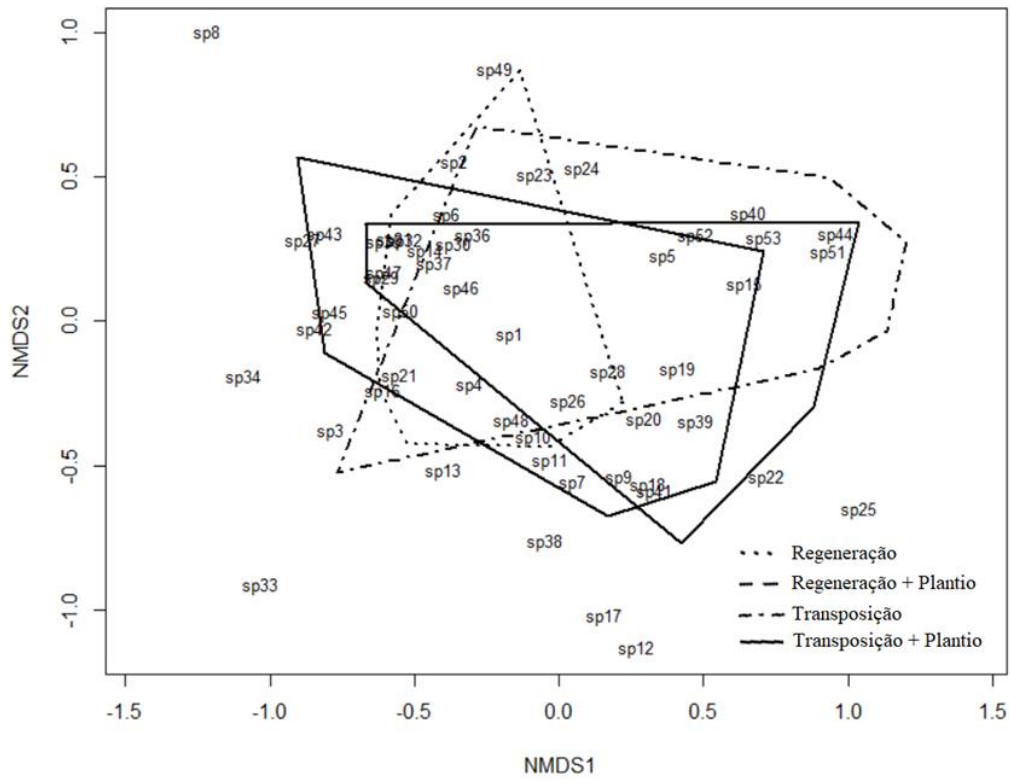


Figura 6. Escalonamento multidimensional não paramétrico (NMDS) entre os tratamentos de restauração na Caatinga, no município de Petrolina, PE.

Tabela 4. Parâmetros fitossociológicos das espécies emergidas nos tratamentos de restauração na Caatinga, no município de Petrolina, PE. Sendo: FR, frequência relativa; DR, densidade relativa (%); VI, índice de valor de importância (%); PR, Posição no ranking a partir de VI do tratamento de Regeneração. A estrutura foi montada com base na posição do ranking de valor de importância do tratamento de Regeneração Natural.

Espécies	DA	Regeneração				Regeneração + Plantio				Transposição				Transposição + Plantio			
		FR	DR	VI	PR.	FR	DR	VI	Pos.	FR	DR	VI	Pos.	FR	DR	VI	Pos.
<i>A. adscensionis</i>		8,1	58	66,2	1°	10,2	35,1	45,3	1°	7,5	26,8	34,3	2°	10,7	42,9	53,6	1°
<i>R. grandiflora</i>		7,6	13,8	21,4	2°	6,3	11,9	18,2	3°	5,8	7,1	12,9	3°	8,6	11,4	19,9	3°
<i>S. galheirensis</i>		4,9	15,3	20,1	3°	-	-	-	-	3,3	0,1	3,4	14°	2,9	0,1	2,9	16°
<i>C. pilosa</i>		7,6	1,3	8,9	4°	5,5	0,8	6,3	7°	5,8	0,7	6,5	4°	0,7	0,01	0,7	33°
<i>Z. latifolia</i>		4,9	1,9	6,7	5°	1,6	0,3	1,9	19°	4,2	1,8	6,0	5°	2,9	0,2	3,1	13°
<i>P. elatior</i>		3,8	2,3	6,1	6°	8,7	30,5	39,2	2°	10,0	55,4	65,4	1°	9,3	35,4	44,7	2°
<i>R. echinus</i>		4,9	0,6	5,5	7°	3,9	2,6	6,6	6°	3,3	0,2	3,5	13°	4,3	0,1	4,4	9°
<i>C. fugax</i>		3,8	1,2	5,0	8°	3,9	0,5	4,5	10°	1,7	0,1	1,7	24°	3,6	0,4	4,0	10°
<i>H. crispa</i>		4,3	0,3	4,7	9°	2,4	0,1	2,4	15°	3,3	0,01	3,4	15°	3,6	0,2	3,8	11°
<i>W. brachypetala</i>		4,3	0,01	4,4	10°	4,7	0,1	4,8	9°	4,2	0,1	4,2	9°	0,7	0,01	0,7	34°
<i>Sida</i> sp.		4,3	0,01	4,3	11°	3,2	0,1	3,2	11°	3,3	0,01	3,4	16°	0,7	0,01	0,7	35°
<i>R. brasiliensis</i>		3,2	1,1	4,3	12°	0,8	0,1	0,8	29°	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. cancellata</i>		3,2	0,1	3,3	13°	-	-	-	-	0,8	0,01	0,8	33°	1,4	0,01	1,5	27°
<i>S. virgata</i>		2,7	0,4	3,1	14°	0,8	0,01	0,8	31°	3,3	0,3	3,6	12°	1,4	0,5	1,9	19°
<i>M. pudica</i>		2,7	0,2	2,9	15°	1,6	0,3	1,8	20°	-	-	-	-	2,9	0,2	3,0	15°
<i>W. operculata</i>		2,7	0,1	2,9	16°	1,6	0,01	1,6	24°	1,7	0,2	1,9	23°	5,0	0,3	5,3	5°
<i>C. squarrosus</i>		2,2	0,3	2,5	17°	2,4	0,1	2,4	17°	1,7	0,3	2,0	21°	1,4	0,4	1,8	21°
Poaceae sp1.		2,2	0,2	2,4	18°	1,6	1,6	3,2	12°	-	-	-	-	0,7	0,7	1,4	28°



<i>Chloris</i> sp.	1,6	0,7	2,3	19°	2,4	0,1	2,5	14°	3,3	0,5	3,9	11°	4,3	1,0	5,3	6°
<i>A. cornigera</i>	2,2	0,1	2,3	20°	0,8	0,01	0,8	33°	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>M. tenuiflora</i>	2,2	0,01	2,2	21°	2,4	0,1	2,4	16°	5,8	0,01	5,9	6°	1,4	0,01	1,5	26°
<i>C. marginatus</i>	1,6	0,1	1,8	22°	3,9	2,0	5,9	8°	4,2	0,1	4,3	8°	-	-	-	-
<i>D. nuda</i>	1,1	0,7	1,8	23°	5,5	3,0	8,5	5°	1,7	3,5	5,2	7°	4,3	0,6	4,9	7°
<i>P. moniliformis</i>	1,6	0,01	1,6	24°	1,6	0,01	1,6	26°	1,7	0,01	1,7	26°	-	-	-	-
<i>Scleria</i> sp.	1,1	0,1	1,2	25°	0,8	0,01	0,8	37°	0,8	0,1	0,9	27°	1,4	0,1	1,5	24°
<i>S. macrocephala</i>	1,1	0,1	1,2	26°	1,6	0,01	1,6	21°	0,8	0,01	0,9	32°	1,4	0,1	1,5	22°
<i>C. argutus</i>	1,1	0,1	1,1	27°	-	-	-	-	0,8	0,01	0,9	31°	0,7	0,01	0,7	30°
<i>L. erecta</i>	1,1	0,1	1,1	28°	1,6	0,01	1,6	23°	0,8	0,1	0,9	28°	2,9	0,2	3,0	14°
<i>T. inamoena</i>	1,1	0,01	1,1	29°	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	0,01	1,5	25°
<i>C. urens</i>	1,1	0,01	1,1	30°	0,8	0,01	0,8	40°	-	-	-	-	-	-	-	-
Poaceae sp2.	0,5	0,4	0,9	31°	5,5	9,7	15,2	4°	-	-	-	-	3,6	1,3	4,8	8°
<i>E. cilianensis</i>	0,5	0,2	0,8	32°	2,4	0,2	2,6	13°	2,5	0,7	3,2	17°	5,0	3,0	8,0	4°
<i>F. dichotoma</i>	0,5	0,1	0,7	33°	0,8	0,01	0,8	30°	3,3	0,8	4,1	10°	1,4	0,4	1,8	20°
<i>S. sessilis</i>	0,5	0,1	0,6	34°	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1	0,3	2,4	17°
<i>D. aegyptium</i>	0,5	0,01	0,6	35°	1,6	0,01	1,6	22°	2,5	0,3	2,8	18°	2,1	0,1	2,2	18°
<i>A. conyzoides</i>	0,5	0,01	0,6	36°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>M. repens</i>	0,5	0,01	0,6	37°	0,8	0,01	0,8	36°	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. dulcis</i>	0,5	0,01	0,6	38°	0,8	0,01	0,8	32°	-	-	-	-	0,7	0,01	0,7	31°

<i>E. procumbens</i>	0,5	0,01	0,5	39°	0,8	0,01	0,8	39°	2,5	0,01	2,5	19°	-	-	-	-
<i>Calliandra</i> sp.	0,5	0,01	0,5	40°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>J. mollissima</i>	0,5	0,01	0,5	41°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. brasiliana</i>	-	-	-	-	0,8	0,2	1,0	27°	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. echinatus</i>	-	-	-	-	1,6	0,4	2,0	18°	1,7	0,5	2,2	20°	2,9	0,3	3,1	12°
<i>C. pascuorum</i>	-	-	-	-	0,8	0,01	0,8	38°	0,8	0,01	0,8	34°	0,7	0,01	0,7	36°
<i>I. asarifolia</i>	-	-	-	-	1,6	0,01	1,6	25°	1,7	0,01	1,7	25°	-	-	-	-
<i>J. ribifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,01	0,8	35°	-	-	-	-
<i>M. esculenta</i>	-	-	-	-	0,8	0,01	0,8	35°	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>M. suaveolens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,01	0,9	30°	1,4	0,1	1,5	23°
<i>M. verticillata</i>	-	-	-	-	0,8	0,01	0,8	34°	-	-	-	-	0,7	0,01	0,7	32°
<i>S. uniflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	0,3	1,9	22°	0,7	0,01	0,8	29°
<i>V. leucocephala</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,01	0,8	36°	-	-	-	-
<i>W. rotundifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,01	0,9	29°	-	-	-	-

#### 4. DISCUSSÃO

A análise florística da área de referência do estudo com as mesmas dimensões analisadas apresentaram média de riqueza de 10,5 espécies entre herbáceas, arbustivas e arbóreas, ou seja, similar, mas menor que todos os tratamentos de restauração implantados desse estudo que teve média de 12,14 espécies, indicando que esse parâmetro teve o sucesso esperado. Como visto, as áreas de Caatinga são variadas e essa riqueza pode ser menor que a encontrada em outros estudos, mas em relação à área de referência foi equivalente. A área de referência tem a cobertura do solo majoritariamente formada pela espécie *N. variegata*, com alta abundância, o que pode formar uma barreira física para dispersão de outras espécies vegetais e interfere diretamente na composição florística local.

Os valores das diversidades encontrados nos tratamentos indicam que existem maior quantidade de espécies dominando as áreas de regeneração, pois quanto mais próximo de 1, maior a probabilidade dos indivíduos serem da mesma espécie e menor a diversidade [25]. Esse valor corrobora com as análises posteriores que comprovaram a exótica invasora *A. adscensionis* dominando as áreas desse tratamento.

A cobertura média do solo na área de referência é de 86,6%, também um pouco menor que a média geral do estudo (90,26%). A cobertura vegetal, como já visto, é essencial na regeneração natural, pois favorece retenção de umidade, reduz temperatura do solo, atrai microrganismos e fauna, favorecendo incremento de matéria orgânica no solo e ciclagem de nutrientes [26, 27]. Dessa forma, permitindo a melhoria local para favorecer a sucessão.

A alta densidade observada (435,4 indivíduos/m<sup>2</sup>) nos tratamentos se deve ao fato de que áreas em colonização tendem a ter maior número de indivíduos herbáceos inicialmente, diferente de áreas conservadas estabilizadas. O estudo de caracterização dessa área de referência determinou que provavelmente a mesma está estável e em franco processo de sucessão ecológica [28], enquanto as áreas em restauração não têm limitação de espaço e luz e os propágulos que chegam encontram o ambiente propício para expandir a população [29]. Apesar de isso acontecer apenas com as espécies pioneiras e adaptadas as condições hostis das áreas degradadas, reduzindo a lista de espécies possíveis.

Vale ressaltar que apesar do tratamento com transposição de solo não ter dado diferença nos parâmetros de riqueza, densidade e cobertura do solo, avaliados nesse estudo, outros resultados devem ser levados em consideração. A avaliação do banco de sementes nas áreas com e sem transposição do solo nesse mesmo experimento, demonstraram aumento da densidade de indivíduos e alteração na composição de espécies nas áreas transpostas (Estudo em andamento). Ainda, o solo é um recurso complexo e alterações mesmo com diretrizes de engenharia ecológica, como realizados por Bullot et al. (2014) [30], não permitem restaurar totalmente a integridade da comunidade vegetal a curto prazo.

Outro fator a ser destacado é o plantio de mudas. As mudas utilizadas tiveram porcentagem final de sobrevivência, sendo: *C. quercifolius* (80 ± 27%) *M. tenuiflora* (22,7 ± 37%) e *C. pyramidale* (8 ± 22%). Dois anos de implantação das arbóreas pode não ter gerado consequências diretas na regeneração natural ainda. Porém, espera-se que com o passar do tempo as árvores implantadas promovam as modificações edáficas e microclimáticas suficientes para favorecer a sucessão. Além disso, utilizar espécies arbóreas já desenvolvidas é acrescentar espécies específicas com características desejadas, como facilitadoras, espécies atrativas à fauna, que forma abrigos e alteram microclima, que modificam características do solo, como leguminosas que formam associação com bactérias fixadoras de nitrogênio e espécies que tem facilidade em formar associações micorrízicas (13, 14, 30). Dessa forma, acelera-se o processo sucessional da área degradada.

As famílias com maiores quantidades de espécies vegetais encontradas são as mesmas observadas em estudos da florística da Caatinga [3] e nos estudos de restauração na Caatinga [28, 31] o que permite inferir que a sucessão está em andamento no sentido de ter a composição similar as áreas de referência.

A presença majoritária de espécies herbáceas é um importante indicativo de colonização das áreas, pois essas espécies com características de pioneiras são normalmente as primeiras a surgir. Essas espécies são fundamentais no processo de sucessão, proporcionando alterações locais para

estabelecer outras espécies vegetais e da fauna [32]. Esse fato também explica a alta cobertura do solo em todos os tratamentos testados.

Bem como, o aparecimento de arbustivas e arbóreas, como *P. moniliformis* e *M. tenuiflora* corrobora para a intenção da formação de uma comunidade estruturalmente dinâmica. Principalmente na área de estudo que é altamente degradada. *M. tenuiflora* é extremamente importante para a diversidade local, em levantamento florístico e fitossociológico das áreas conservadas no mesmo local das áreas de referência desse estudo ela teve o maior VI dentre as espécies arbustivas e arbóreas amostradas na composição do ecossistema [28].

Em relação à origem das espécies é preocupante a presença de espécies exóticas invasoras, principalmente em alta distribuição. Além de *A. adscensionis*, *M. repens* e *D. aegyptium* também são espécies comprovadamente invasoras na Caatinga, causando prejuízos na flora local e afetando arranjos produtivos [33, 34]. Essas espécies são visualizadas nas áreas de entorno do experimento, o que deve ter promovido a dispersão das sementes que foram beneficiadas pelos tratamentos para se estabelecer.

Sobre a dispersão de diásporos, a alta presença de espécies autocóricas indica que a dispersão está sendo realizada mesmo sem a presença de agentes dispersores da fauna. A dispersão anemocórica permite a chegada de propágulos de forma facilitada ao solo em locais e áreas abertas [35]. Ainda, Fenner e Thompson (2005) [36] determinam a anemocoria como uma adaptação das espécies aos ambientes desfavoráveis. Porém, o baixo comparecimento de espécies vegetais zoocóricas indica a baixa presença ou ausência de animais dispersores no local e entorno e sabe-se que o comparecimento de atores biológicos dispersores é vital em locais degradados e distantes de ilhas de diversidade, levando os propágulos para regiões distantes da planta mãe. Por isso, Piña-Rodrigues e Aoki (2014) [37] indicam a necessidade de enriquecimento das áreas em restauração com espécies zoocóricas.

Ressalta-se que a transposição também pode introduzir espécies que não seriam facilmente dispersadas a ponto de colonizar as áreas degradadas, por isso algumas espécies não ocorreram nas áreas de regeneração natural, como *V. leucocephala*, *J. ribifolia* e *M. suavelons*, só sendo observadas nos tratamentos com transposição. Em levantamento florístico e fitossociológico realizado por Reis et al. (2022) [28] na mesma área de referência do presente estudo, a espécie *V. leucocephala* também foi identificada como uma das mais importantes na composição do ecossistema. Além disso, é uma espécie endêmica da Caatinga [18]. *J. ribifolia* e *M. suavelons* também são espécies facilmente encontradas nas áreas de referência.

A ocorrência da espécie *C. urens* ocorreu apenas em parcelas com regeneração. A espécie é arbustiva e promove alteração na estrutura da comunidade, além de ser polinizada por beija-flores, atraindo esse importante polinizador para área [38].

Em relação aos VI's das espécies, a *A. adscensionis* ser a mais importante na maioria dos tratamentos ressalta o potencial invasor da espécie. Ela consegue se estabelecer em diversos solos, amplitudes térmicas e hídricas, além de ter dispersão facilitada e florescer o ano inteiro [33]. Ferreira et al. (2015) [39] em estudo de sucessão em solo transposto também demonstrou a alta colonização por gramíneas invasoras e reforçou a necessidade de manejo.

Apesar disso, outra análise realizada na mesma área do presente estudo verificou a correlação de *A. adscensionis* com riqueza e abundância de espécies arbustivas, arbóreas e herbáceas nativas e demonstrou que a presença da invasora não causa interferência direta na riqueza e densidade das nativas ao longo de três anos, porém, vale ressaltar que a análise da densidade ao longo do tempo mostrou aumento significativo de indivíduos de *A. adscensionis* com picos de 124 indivíduos/m<sup>2</sup> para 184 indivíduos/m<sup>2</sup> de um período chuvoso para o outro, o que demonstra que a espécie continua seu processo de estabelecimento. Por isso, a influência da espécie na restauração da área só poderá ser avaliada após anos de estudo.

A respeito da *P. elatior*, o VI atribuído pode ser explicado pela alta produção de sementes, conferindo uma vantagem para obter sucesso em ocupar espaço. Segundo Lorenzi (2008) [40], o gênero *Portulaca* é constituído de espécies muito prolíferas, na qual uma única planta pode produzir cerca de 10 mil sementes. A espécie *R. grandiflora* que também está entre as mais importantes, tem ampla distribuição, é considerada uma espécie ruderal e adaptada as condições extremas e ainda é importante para a manutenção das populações de abelhas polinizadoras [41].

A ocorrência da espécie arbórea *P. moniliformis* reforça como o entorno é essencial para aporte de propágulos, visto que a espécie não é observada com abundância dentro da área de referência, mas alguns indivíduos circundam a área experimental. Em relação às espécies que surgiram em análises anteriores, porém não ocorreram nessa análise de três anos, a possível explicação é que as espécies herbáceas da Caatinga têm diferentes ciclos de vida que por vezes é bianual, não sendo incomum visualizar espécies em um ano e não ocorrer em outro. Além disso, as herbáceas podem ter padrões de distribuição inconstantes e altamente dependentes da sazonalidade climática, afetando tamanhos e dinâmicas populacionais [29].

A análise da composição das espécies também permitiu comprovar como as áreas de condução da regeneração se comportam diferente das áreas com maiores intervenções, justamente por depender exclusivamente da chegada de propágulos do entorno. Por isso, algumas espécies só foram observadas nessas parcelas. Além disso, a colonização dessas parcelas está sendo feita em abundância pela exótica invasora *A. adscensionis* e estudos a longo prazo do efeito da presença dessa espécie devem ser realizados.

## 5. CONCLUSÃO

De toda forma, a área experimental estava sem regeneração por 18 anos e o aumento dos parâmetros estudados indicam que pequenas intervenções, como a descompactação do solo nas áreas de condução da regeneração, já afetam significativamente a área anteriormente degradada. Considerando os custos relacionados à condução da regeneração e, a depender do prazo e objetivo final da restauração, a técnica em si foi considerada promissora. Porém, deve ser levada em consideração a necessidade de monitoramento e manejo de exóticas invasoras.

Os tratamentos com transposição de solo devem ser considerados quando a necessidade de restauração exige incremento mais rápido de densidade com espécies específicas e consequentemente funcionalidade ao ecossistema. Os custos de transporte e implantação e a necessidade de áreas doadoras do solo precisam ser considerados no momento de escolha da técnica.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a toda equipe do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA/UNIVASF) pela estrutura disponibilizada e orientação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Siqueira-Filho JA et al. Flora das caatingas do rio São Francisco: História natural e conservação. Rio de Janeiro (RJ): Andrea Jakobsson Estúdio Editorial; 2012.
2. Meiado MV, Rafael LM, Castro RA, Rodrigues RG. Challenges and perspectives for recovering socioecological systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. In: Severino RR, Pinto FC, Santos CP, editores. Forest landscape restoration and social opportunities in the tropical world. 1. ed. Recife (PE): Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste; 2020. p. 126-56.
3. Gómez-Aparicio L, Gómez JM, Zamora R. Microhabitats shift rank in suitability for seedling establishment depending on habitat type and climate. J Ecol. 2005 Jul;93:1194-202. doi: 10.1111/j.1365-2745.2005.01047.x
4. Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC. Ecologia e conservação da Caatinga. Recife (PE): Editora Universitária da UFPE; 2003.
5. Alves MC, Souza ZM. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. Rev Bras Cienc. 2008 Dec;32:2505-16. doi: 10.1590/S0100-06832008000600027
6. Sampaio AB, Ribeiro KT, Vieira DM, Silva DCB. Guia de restauração ecológica para gestores de unidades de conservação. 1. ed. Brasília (DF): Instituto Chico Mendes; 2021.
7. Reis A, Becchara FC, Espíndola MB, Vieira NK, Souza LL. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. Nat Conserv. 2003 Apr;1(1):28-36.
8. Boaneres D, Azevedo CS. The use of nucleation techniques to restore the environment: a bibliometric analysis. Nat Conserv. 2014 Dec;12(2):93-8. doi: 10.1016/j.ncon.2014.09.002

9. Brancalion PHS, Schweizer D, Gaudare U, Mangueira JR, Lamonato F, Farah FT, et al. Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. *Biotropica*. 2016 Nov;48(6):856-67. doi: 10.1111/btp.12383
10. Brancalion PHS, Gandolfi S, Rodrigues RR. *Restauração florestal*. São Paulo (SP): Oficina de Textos; 2015.
11. Martins SV. *Recuperação de áreas degradadas: Ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração*. Viçosa (MG): Aprenda Fácil; 2014.
12. Tymus JRC, Lenti FEB, da Silva APM, Benini RM, Isernhagen I. The Nature Conservancy (TNC). *Relatório de Pesquisa: Restauração da vegetação nativa do Brasil: Caracterização de técnicas e estimativas de custo como subsídio a programas e políticas públicas e privadas de restauração em larga escala*. Brasília (DF): TNC; 2018 Disponível em: <https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/restauracao-da-vegetacao-nativa-no-brasil.pdf>
13. Rodrigues RR, Lima RAF, Gandolfi S, Nave AG. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biol Conserv*. 2009 Sep;142:1242-51. doi: 10.1016/j.biocon.2008.12.008.
14. Rodrigues, RR. *Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal*. Pacto pela restauração da Mata Atlântica [Internet]; 2013. Disponível em: [http://media.wix.com/ugd/5da841\\_c228aedb71ae4221bc95b909e0635257.pdf](http://media.wix.com/ugd/5da841_c228aedb71ae4221bc95b909e0635257.pdf)
15. Schaal BA, Leverich WJ, Rogstad SH 1991. Comparison of methods for assessing genetic variation in plant conservation biology. In: Falk DA, Holsinger KE, editores. *Genetics and conservation of rare plants*. New York (US): Oxford University Press; 1991. p. 123-34.
16. Labmet: Laboratório de meteorologia da Universidade Federal do Vale do São Francisco [Internet]; 2023. Disponível em: <http://labmet.univasf.edu.br/>
17. Correia MF, Dias MAFS, Aragão MRS. Soil occupation and atmospheric variations over Sobradinho Lake area. Part One: An observational analysis. *Meteo Atmosp Phys*. 2006;94:103-13. doi: 10.1007/s00703-005-0173-4
18. *Flora e Funga do Brasil* [Internet]. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2020 [citado em 12 out 2022]. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>
19. Müeller-dombois D, Ellemerberg H. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York (US): J. Wiley & Sons; 1974.
20. Fabricante JR, Araújo KC, Castro RA, Cotarelli VM. Banco de sementes do solo de sítios de Caatinga sob influência do Projeto de Integração do Rio São Francisco. *Sci Plena*. 2016 Apr;12(4):041001. doi: 10.14808/sci.plena.2016.041001
21. Gomes FP. *Curso de estatística experimental*. 13. ed. Piracicaba (MG): Nobel; 1990.
22. Rocha KR, Bacelar Júnior AJ. Anova medidas repetidas e seus pressupostos: análise passo a passo de um experimento. *RevElet Persp Cie Tecn*. 2018 Aug;10:29-51. doi: 10.22407/1984-5693.2018.v10.p.29-51
23. StatSoft. *STATISTICA 13*. StatSoft South America; 2012 [citado em 10 jan 2022]. Disponível em: <http://www.statsoft.com.br>
24. R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2013 [citado em 10 abr 2018]. Disponível em: <https://www.r-project.org/about.html>
25. Uramoto K, Walder JM, Zucchi RA. Análise quantitativa e distribuição de populações de espécies de *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) no campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. *Neotrop Entomol*. 2005 Jan-Feb;34(1):33-9. doi: 10.1590/S1519-566X2005000100005
26. Peichl M, Leava NA, Kiely G. Above- and below-ground ecosystem biomass, carbon and nitrogen allocation in recently afforested grassland and adjacent intensively managed grassland. *Plant Soil*. 2012 Jul;350:281-96. doi: 10.1007/s11104-011-0905-9
27. Guo MM, Wang WL, Kang HL, Yang B, Li JM. Changes in soil properties and resistance to concentrated flow across a 25-year passive restoration chronosequence of grasslands on the Chinese Loess Plateau. *Rest Ecol*. 2020 Jan;28(1):104-14. doi: 10.1111/rec.13057
28. Reis DO, Mendonça DA, Fabricante JR. Levantamento florístico e fitossociológico do estrato arbustivo-arbóreo de uma área de Caatinga em Pernambuco, Brasil. *J Env Anal Progr*. 2022 Mar;7(1):041-51. doi: 10.24221/jeap.7.01.2022.4540.041-051
29. Begon M, Townsend CR, Harper JL. *Ecologia de indivíduos a ecossistemas*. 4. ed. Porto Alegre (RS): Artmed Editora S/A; 2007.
30. Bulot A, Provost E, Dutoit T. A comparison of different soil transfer strategies for restoring a Mediterranean steppe after a pipeline leak (La Crau plain, South-Eastern France). *Ecol Eng*. 2014 Oct;71: 690-702. doi: 10.1016/j.ecoleng.2014.07.060



31. Sousa FQ, Souto JS, Leite AP, Holanda AC, Agra PFM, Santos LC. Transposição do banco de sementes do solo para restauração ecológica da caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. *Braz J Dev.* 2020 Jul;6(7):50120-38. doi: 10.34117/bjdv6n7-605
32. Ferreira JMC, Vieira DLM, Walter BMT. Transposição de “Topsoil” (camada superficial do solo) para a restauração ecológica no Cerrado. Brasília (DF): Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; 2015. (Comunidade Técnico 197).
33. Fabricante JR, editor. Plantas exóticas e exóticas invasoras da Caatinga. 1. ed. Santa Catarina: Bookess; 2013.
34. Fabricante JR, editor. Plantas exóticas e exóticas invasoras da Caatinga. 4. ed. Santa Catarina: Bookess; 2014.
35. Almeida-Cortez JS. Dispersão e banco de sementes. In: Ferreira AG, Borghetti F, editores. *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre (RS): Artmed; 2004.
36. Fenner M, Thompson K. *The ecology of seeds*. New York (US): Cambridge University Press; 2005.
37. Piña-Rodrigues FCM, Aoki J. Chuva de sementes como indicadora do estágio de conservação de fragmentos florestais em Sorocaba-SP. *Cienc Florest.* 2014 Dec;24:911-23. doi: 10.5902/1980509816603
38. Araújo LDA, Souza AL, QuirinoZGM. Fenologia e biologia floral da urtiga cansação (*Cnidoscolus urens* L., Euphorbiaceae). *Rev Biol. Ciênc Terra.* 2012 Apr.-Jun;10(2):140-6.
39. Ferreira JMC, Vieira DLM, Walter BMT. Topsoil translocation for Brazilian savanna restoration: propagation of herbs, shrubs, and trees. *Rest Ecol.* 2015 Jul;23(6):723-8. doi: 10.1111/rec.12252
40. Lorenzi H. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas e tóxicas*. 4. ed. São Paulo (SP): Instituto Plantarum; 2008.
41. Cruz RM, Martins CF. Pollinators of *Richardia grandiflora* (Rubiaceae): an important ruderal species for bees. *Neotrop Entomol.* 2013 Feb;44:21-9. doi: 10.1007/s13744-014-0252-7