

Tradução livre por Mateus C. Silva. Para citações, por gentileza se referir ao artigo original: **Silva MC, Moonlight P, Oliveira RS, Pennington RT and Rowland L (2022) [Toward diverse seed sourcing to upscale ecological restoration in the Brazilian Cerrado](#). *Front. Ecol. Evol.* 10:1045591. doi: 10.3389/fevo.2022.1045591**

## Título

Rumo a uma produção de sementes diversificada para dar escala à restauração ecológica no Cerrado brasileiro

## Autores e afiliações

Mateus C. Silva 1\* , Peter Moonlight 2 , Rafael S. Oliveira 3 , R. Toby Pennington 1,2 , Lucy Rowland 1

1 Department of Geography, College of Life and Environmental Sciences, University of Exeter, Exeter, UK

2 Tropical Diversity Section, Royal Botanic Garden Edinburgh, Edinburgh, UK

3 Department of Plant Biology, Institute of Biology, University of Campinas, Campinas, Brazil

## Correspondência \*

Mateus C. Silva

ms1190@exeter.ac.uk

Laver Building, North Park Road, Exeter, Devon, EX4 4QE

## Resumo

O mercado de sementes nativas é vital para dar escala à restauração ecológica no Cerrado brasileiro, lar dos campos e savanas mais ricos em espécies do mundo. Nós compilamos listas de espécies comercializadas pelas quatro principais redes de sementes que atuam no Cerrado para investigar o quão representativo são as espécies atualmente disponíveis para restauração via semeadura. Também identificamos se as espécies dominantes do estrato herbáceo estão sendo comercializadas pelas redes de sementes. Sementes de 263 espécies do Cerrado podem ser adquiridas para restauração, das quais 68% são árvores, principalmente leguminosas (24%). 63% das espécies à venda foram comercializadas por apenas uma rede de sementes. Os cinco espécies de gramíneas e ervas mais dominantes do estrato herbáceo do Cerrado estavam disponíveis no mercado, mas duas espécies raramente encontradas em áreas conservadas representaram 44% das vendas da Rede de Sementes do Cerrado, uma importante comerciante de sementes no centro do Brasil. A expansão das redes de sementes ao redor do Cerrado deve ser apoiada para aumentar ainda mais o número de espécies no mercado. Comercializar sementes de mais espécies herbáceas é fundamental para restaurar campos e savanas ricos em espécies no Cerrado. Restaurar áreas degradadas para que se assemelhem com a diversidade e funcionamento de campos e savanas conservados dependerá do aumento da oferta e da demanda por espécies típicas do estrato herbáceo do Cerrado, como o capim-fiapo (*Trachypogon spicatus*), capim-flechinha (*Echinolaena inflexa*) e capim-de-alagado (*Lagenocarpus rigidus*).

## 1. Introdução

A restauração ecológica é fundamental para reverter a crise da biodiversidade e garantir os serviços ecossistêmicos em todo o mundo (Suding, 2011). Sementes fornecem um caminho promissor para recuperar a composição e o funcionamento da vegetação após a degradação (Pedrini e Dixon, 2020). Sementes de espécies nativas podem ser coletadas de forma sustentável de populações selvagens (Pedrini et al., 2020) e usadas para estabelecer espécies-alvo em projetos de restauração, reduzindo as limitações de dispersão que podem restringir a regeneração natural (Shaw et al., 2020). É importante ressaltar que a semeadura pode ser mais econômica do que outros métodos de restauração, como o plantio de mudas (Palma e Laurance, 2015; Raupp et al., 2020). Dar escala à esforços de restauração depende do número e identidade das espécies disponíveis no mercado de sementes, bem como da origem, qualidade e quantidade das sementes comercializadas (León-Lobos et al., 2020; Nef et al., 2021). Se o mercado fornecer sementes de um conjunto diversificado de espécies espalhadas por vários locais, é possível escolher uma variedade de espécies e genótipos adaptados localmente para projetos de restauração (Erickson e Halford, 2020). Além disso, os mercados de sementes devem, idealmente, cobrir uma ampla variedade de formas de vida e linhagens evolutivas para facilitar a restauração de ecossistemas funcionalmente e filogeneticamente diversos (Fremout et al., 2021). Finalmente, quando o objetivo é restaurar uma área para se assemelhar à vegetação pré-degradação, é essencial obter sementes de espécies típicas de áreas conservadas.

A restauração ecológica é particularmente importante no Brasil. O Brasil abriga aproximadamente 34 mil espécies de plantas com flores (angiospermas) (Reflora, 2020). No entanto, as mudanças no uso da terra levaram à perda de cerca de um terço da vegetação nativa do Brasil (Mapbiomas, 2021), colocando essa diversidade sob ameaça. Espera-se que cerca de 19 milhões de hectares de terras privadas sejam restaurados no Brasil em conformidade com o Código Florestal, com prazos que variam de acordo com o estado (Guidotti et al., 2017). Além disso, o governo brasileiro se comprometeu a restaurar 12 milhões de hectares até 2030 através do PLANAVEG (MMA, 2017). As redes de sementes com foco em espécies nativas surgiram como uma estratégia chave para atingir essas metas nacionais de restauração (Urzedo et al., 2021). Essas redes são compostas principalmente por cooperativas, incluindo povos tradicionais e indígenas, que colhem, armazenam, beneficiam e vendem as sementes. O mercado de sementes nativas fornece renda para as comunidades, apoiando seus meios de subsistência e o uso sustentável de suas terras (Schmidt et al., 2019). Esse mercado precisará aumentar sua capacidade de fornecimento de sementes de 6 a 30 vezes para atingir a meta de

12 milhões de hectares (Urzedo et al., 2020). Portanto, é fundamental traçar estratégias para expandir as redes de sementes pelo Brasil até o final da década (2030).

O Cerrado brasileiro é um hotspot de biodiversidade global dominado por ecossistemas abertos (ou seja, campos e savanas) (Myers et al., 2000). Há uma expectativa de que 17–31% dos projetos de restauração via PLANAVERG ocorram no Cerrado. No entanto, em relação à Mata Atlântica, outro hotspot da biodiversidade, a restauração no Cerrado ainda é incipiente em termos de área restaurada e metodologias (ver Pinto et al., 2014; Crouzeilles et al., 2019). A expansão direcionada e estratégica da infraestrutura da restauração é essencial para atender às ambições de restauração do Cerrado (Strassburg et al., 2017), que variam de dois a seis milhões de hectares (Guidotti et al., 2017; MMA, 2017). Três fatores serão fundamentais para essa expansão. Primeiro, mais de 12 mil espécies de plantas são encontradas no Cerrado (Zappi et al., 2015), e sua distribuição é frequentemente regionalizada (Bridgewater, Ratter e Ribeiro, 2004; Françoso et al., 2020). Portanto, a comercialização de sementes precisa ocorrer em todo o Cerrado para representar essa notável diversidade de plantas. Em segundo lugar, savanas e campos cobrem cerca de 70% da área do Cerrado (Mapbiomas, 2021), sendo as plantas herbáceas a forma de vida dominante. Fornecer uma diversidade de espécies herbáceas será, conseqüentemente, essencial para restaurar ecossistemas abertos ricos em espécies (Buisson et al., 2021). Em terceiro lugar, não é claro se as espécies que dominam áreas conservadas de campos e savanas estão disponíveis no mercado de sementes, especialmente espécies típicas do estrato herbáceo (isso é, a camada da vegetação composta de gramíneas, ervas e arbustos).

Nesse estudo, nosso objetivo foi avaliar o quão bem o atual mercado de sementes representa a diversidade da flora do Cerrado brasileiro. Usamos essa informação para avaliar quais podem ser os gargalos do mercado de sementes e como esse mercado crescente pode ser expandido estrategicamente. Focamos nas quatro redes que representam os principais comerciantes de sementes para restauração ecológica no Cerrado (Caminhos da Semente, 2020): Rede de Sementes do Xingu (RSX), Rede de Sementes do Cerrado (RSC), VerdeNovo (VN) e Restauradores da RDS Nascentes Geraizeiras (RDS). Coletamos dados sobre a localização aproximada de coleta de sementes e espécies à venda por rede. Esses dados foram contrastados com estimativas de riqueza de espécies na escala do Cerrado. Além disso, reunimos dados de levantamento da vegetação na literatura para identificar espécies dominantes do estrato herbáceo. Comparamos o ranking de dominância das espécies com o registro de vendas da RSC de 2017 a 2019, a maior e mais antiga rede de sementes com foco exclusivo em espécies do Cerrado. Abordamos as seguintes questões.

1. Quão semelhante é a flora comercializada por diferentes redes de sementes?
2. Como diferentes formas de vida e famílias botânicas são representadas nas redes de sementes?
3. As espécies típicas do estrato herbáceo de campos e savanas conservados estão disponíveis no mercado de sementes?

Versão não oficial para leitura apenas

## **2. Métodos**

### **2.1. Locais de coleta de sementes**

Mapeamos o centróide dos municípios onde as redes de sementes atuam (Tabela Complementar 1). Os municípios foram obtidos no site da RSX (<https://www.sementesdoxingu.org.br/biblioteca>, 6º Boletim – p. 2) e por meio do contato direto com membros das redes RSC, VN e RDS. Calculamos o centróide de cada município usando a função “st\_centroid” do pacote “sf” (Pebesma, 2018) no R versão 4.1.2 (R Core Team, 2021). Apresentamos os centróides do município ao lado do mapa de regionalização florística do Cerrado proposto por França et al. (2020). O mapa mostra áreas que compartilham um conjunto semelhante de espécies lenhosas, denominadas aqui como “distritos biogeográficos”.

### **2.2. Riqueza de espécies**

Acessamos a lista de espécies de cada rede de sementes via contato direto com seus integrantes (VN e RDS) ou por meio de seus sites (RSX e RSC) (Tabela Complementar 2). As listas consistiam nas espécies à venda para o primeiro semestre de 2021. Usamos o pacote R “flora” (Carvalho, 2020) para padronizar os nomes científicos das espécies e verificar seu endemismo e status de ameaça de acordo com a Flora Brasileira 2020 (versão 393.291). Filtramos apenas as espécies que ocorrem no domínio do Cerrado (263 de 305 espécies), visto que a RSX está na zona de transição entre o Cerrado e a Amazônia. Além disso, verificamos se o compartilhamento de espécies entre as redes pode ser resultado de sua distância. Para isso, utilizamos a função “st\_distance” do pacote R “sf” para calcular a distância geográfica mínima entre cada par de rede de sementes (Karney, 2013). Também investigamos se a riqueza de espécies de uma determinada rede pode ser uma função de sua idade. O ano de criação de cada rede de sementes foi confirmado em seus sites (RSX: <https://www.sementesdoxingu.org.br/>, RSC: <https://www.rsc.org.br/>, VN: <https://consultoriaverdenovo.weebly.com/>) e entrando em contato com sua equipe (RDS).

### **2.3. Formas de vida e famílias**

As espécies foram agrupadas tanto por forma de vida (árvore, palmeira, liana, arbusto, subarbusto, erva e graminóide) quanto por família botânica, de acordo com a Flora Brasileira

2020, que segue o APG IV (Flora do Brasil, 2020). A classificação das formas de vida da Flora Brasileira 2020 é baseada nas notas junto às excicatas de herbários. Considerou-se graminóide todas as espécies herbáceas pertencentes às famílias Poaceae (gramíneas), Cyperaceae (ciperáceas) e Juncaceae (juncáceas). Todas as espécies herbáceas não graminóides foram atribuídas à forma de vida erva. Utilizamos a plataforma online da Flora Brasileira 2020 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>) para acessar o número de espécies por forma de vida e família em todo o domínio do Cerrado. Relativizamos o número de espécies por forma de vida e família pelo número total de espécies disponíveis nas redes de sementes e registradas no Cerrado. A riqueza relativa de espécies padronizada variou de 0 a 1. Em seguida, determinamos uma métrica de representatividade calculando a diferença entre a riqueza relativa de espécies no Cerrado inteiro e a riqueza relativa de espécies dentro das redes de sementes para cada forma de vida e família botânica. Repetimos essa análise dentro de cada rede de sementes para verificar se os vieses de representação em relação a formas de vida ou famílias eram comuns à todos os sistemas.

#### **2.4. Espécies dominantes do estrato herbáceo**

Buscamos por “Cerrado” e “Herbáceo”, no Repositório Nacional de Teses e Dissertações do Brasil (217 publicações). Também buscamos por “Cerrado” e “Herbáceo” na Web of Science (166 publicações). Seleccionamos todas as publicações que incluíam formas de vida do estrato herbáceo (ou seja, graminóide, erva e arbusto) e continham uma tabela com alguma métrica de cobertura ou densidade no nível de espécie (39 publicações). Consideramos estudos realizados em áreas conservadas. Analisamos diferentes locais de estudo separadamente quando a publicação fez essa distinção. No caso de séries temporais, seleccionamos os dados do intervalo de tempo mais recente. Quando duas ou mais publicações usaram o mesmo conjunto de dados, mantivemos a publicação mais recente para incluir os dados mais atualizados. Como nosso foco era em ecossistemas abertos, removemos dados do estrato herbáceo de ecossistemas de dossel fechado (por exemplo, matas de galeria e savanas adensadas (*encroached*); 4 locais de estudo). Nosso conjunto de dados final terminou com 66 locais de estudo obtidos de 25 publicações (Tabela Complementar 3). Padronizamos o nome das espécies e removemos todas as espécies de árvores e lianas com base na Flora Brasileira 2020 (Flora do Brasil, 2020). Calculamos o índice de abundância de cada espécie em cada local de estudo dividindo sua cobertura ou valor de densidade pelo valor total de todas as espécies para todo o local. O índice

de abundância varia de 0 a 1, com um índice de 1 representando uma espécie monodominante e 0 se a espécie estiver ausente da área de estudo. Nós, portanto, calculamos a média dos índices de abundância no nível da espécie. Calculamos a frequência relativa dividindo o número de locais de estudo onde uma determinada espécie foi encontrada pelo número total de locais. Por fim, calculamos o índice de valor de importância (IVI) pela média do índice de abundância e frequência relativa (Munhoz, Cássia; Araújo, 2011). IVIs mais próximos de 1 significam espécies que ocorrem em vários locais e são abundantes onde quer que ocorram e, portanto, são dominantes. O IVI foi escolhido para indicar as espécies dominantes pois equilibra a abundância local e frequência regional. Enfatizamos que o IVI pode não capturar a importância de algumas espécies, como engenheras de ecossistema ou espécies com forte efeito de legado. No entanto, o IVI ainda é útil para identificar as espécies mais características dos ecossistemas de referência, objetivo deste estudo.

## **2.5. recorde de vendas RSC**

Obtivemos a massa total de sementes comercializadas pela RSC no período de 2017 a 2019 por meio de contato direto com sua equipe. Apenas as espécies do estrato herbáceo foram mantidas seguindo o procedimento mencionado na seção 2.4.

### **3. Resultados**

#### **3.1. Distribuição geográfica do mercado de sementes**

As redes de sementes estão localizados aproximadamente de 9° S a 16° S (Figura 1). RSX foi o maior rede de sementes em número de municípios (18), seguido por RSC (6), RDS (5) e VN (4). A extensão atual das quatro redes de sementes avaliadas aqui forneceu uma boa representação do distrito biogeográfico centro-oeste do Cerrado (6 sítios RSC, 5 sítios RSX) e o norte do distrito sudoeste (4 sítios RDS, 1 sítio VN).

#### **3.2. Relações florísticas entre as redes de sementes**

Um total de 263 espécies foram comercializadas para restauração pelas redes de sementes incluídas no estudo (Figura 2a). 12% das espécies comercializadas eram endêmicas do Cerrado (33 espécies). Em relação ao estado de conservação das espécies comercializadas, uma espécie foi classificada como ameaçada, cinco como vulnerável, quatro como quase ameaçadas, 40 como menos preocupantes, uma como com dados deficientes e 212 não foram avaliadas. Apenas 13 das 263 espécies (~4%) foram comercializadas por todas as quatro redes. 167 espécies foram encontradas em apenas uma rede (ou seja, espécies únicas), representando cerca de 63% de todas as espécies comercializadas. A porcentagem de espécies únicas por rede de sementes variou de 57% a 10% nas redes RSX e RSC, respectivamente. A rede VN ofereceu o maior número de espécies do Cerrado (165), seguido pelas redes RSX (141), RSC (66) e RDS (48). O número de espécies compartilhadas atingiu seu máximo (55) entre as redes geograficamente mais próximos (RSC e VN) e mínimo (19) entre as redes mais distantes (RSX e RDS) (Figura 2b). RSC foi a rede mais antiga (2005), seguido por RSX (2007), VN (2016) e RDS (2017). As redes VN e RDS apresentaram a maior e a menor riqueza de espécies do Cerrado, respectivamente, embora tenham sido criadas em um período semelhante, 2016 e 2017, respectivamente (Figura 2c).

#### **3.3. Representatividade de formas de vida e famílias**

As árvores foram a forma de vida mais bem representada nas redes de sementes, enquanto as ervas foram os piores de acordo com classificação e dados da Flora do Brasil 2020 (Figura 3a). De todas as espécies comercializadas, 68% eram árvores, embora apenas 14% da flora do

Cerrado pertencesse a essa forma de vida (1.761 espécies). Por outro lado, 32% das angiospermas do Cerrado eram ervas (3.948 espécies), mas representavam apenas 3% de todas as espécies comercializadas. Fabaceae (leguminosas) foram a mais bem representada das 60 famílias comercializadas (Figura 3b). As leguminosas representaram 9% da flora total do Cerrado e 24% da flora de sementes comercializadas. Nenhuma espécie de orquídea foi comercializada, mas as Orchidaceae representaram 5% das angiospermas do Cerrado. Esses padrões permaneceram qualitativamente semelhantes quando cada rede de sementes foi analisada separadamente (Figura 3c e d). Todos os quatro sistemas tiveram uma boa representação de árvores e leguminosas e uma falta de representação de ervas e orquídeas.

### 3.4. Espécies dominantes do estrato herbáceo no mercado

As redes de sementes comercializaram 7 das 15 espécies do estrato herbáceo com maior Índice de Valor de Importância (IVI) entre 66 sítios ao redor do Cerrado (Figura 4a e b; Tabela Complementar 4). As cinco principais espécies em termos de IVI — *Trachypogon spicatus* (capim-fiapo; IVI de 0,29), *Echinolaena inflexa* (capim-flechinha; 0,28), *Lagenocarpus rigidus* (capim-de-alagado; 0,26), *Rhynchospora globosa* (capim-cabeça; 0,25) e *Axonopus brasiliensis* (capim-branquinho; 0,23) — tiveram sementes comercializadas. *Paspalum lineare* e *Tristachya leiostachya* não foram comercializadas e ocuparam a sexta e sétima posições no ranking IVI, respectivamente. A RSC vendeu 11,63 toneladas de sementes de espécies do estrato herbáceo entre 2017 e 2019, 55% do total de sementes que comercializados no mesmo período. Duas espécies, o arbusto *Lepidaploa aurea* e o capim *Andropogon fastigiatus*, representaram 44% das vendas de RSC em termos de peso. *L. aurea* teve um IVI de 0,008 (796<sup>a</sup> posição no ranking IVI) e ocorreu em aproximadamente 1,4% dos sítios estudados. *A. fastigiatus* esteve ausente de todos os 66 sítios usados para calcular o IVI das espécies. Depois de *L. aurea* e *A. fastigiatus*, *Schizachyrium sanguineum*, *Aristida riparia* e *Aristida setifolia* foram as espécies mais vendidas, representando 9%, 8,3% e 7% das vendas de sementes e ocupando a 78<sup>a</sup>, 492<sup>a</sup> e 339<sup>a</sup> posições no IVI, respectivamente (Figura 4c; Tabela complementar 5).

## Discussão

Avaliamos a localização atual das principais redes de sementes do Cerrado e seu portfólio de espécies. Descobrimos que esses sistemas se expandiram notavelmente na porção central do Cerrado em menos de 20 anos, disponibilizando mais de 260 espécies para restauração ecológica. As árvores, especialmente as leguminosas, foram bem representadas entre as redes de sementes, mas relativamente menos espécies de ervas estavam disponíveis. Espécies típicas do estrato herbáceo estavam presentes no mercado de sementes, mas as vendas da rede RSC, um importante fornecedor de sementes do Cerrado, estavam concentradas em duas espécies (*L. aurea* e *A. fastigiatus*) dificilmente encontradas em ecossistemas abertos em bom estado de conservação.

### **4.2. Os principais fornecedores de sementes do Cerrado possuem portfólios de espécies únicos e complementares**

Cada rede de sementes comercializou um conjunto distinto de espécies, sugerindo que as redes não são intercambiáveis, como encontrado em outro países ao redor do mundo (Atkinson et al., 2021; Bosshard et al., 2021). Consequentemente, expandir as redes existentes ou criar novas redes provavelmente aumentará o número de espécies disponíveis para restauração via semeadura no Cerrado. As redes de sementes estavam localizadas em distritos biogeográficos distintos, o que explica a sua dissimilaridade florística (Ratter et al., 1996; Bridgewater, Ratter e Ribeiro, 2004; Amaral et al., 2017; França et al., 2020). O número de espécies compartilhadas diminuiu à medida que a distância geográfica aumentou, sugerindo que quanto mais ampla a distribuição dos locais de coleta de sementes, mais rica a flora disponível no mercado de sementes nativas. Além disso, não houve relação clara entre o ano de criação das redes de sementes e a riqueza de espécies comercializadas. A VN foi criada há apenas aproximadamente 7 anos (2016) e já vende até 160 espécies, sugerindo que as redes de sementes são flexíveis, inovadoras e podem expandir seu portfólio de espécies ao longo de poucos anos (Schmidt et al., 2019). Estas constatações reforçam que expandir a cobertura geográfica das redes de sementes pode ser a chave para diversificar o mercado de sementes e esta diversificação pode ocorrer potencialmente até o final da década (2030).

### **4.3. As árvores estão super-representadas e as ervas estão sub-representadas no mercado de sementes nativas**

As árvores são a forma de vida mais bem representada nas redes de sementes aqui estudadas. A diversidade de espécies de árvores leguminosas à venda é um dos fatores que sustentam o domínio das árvores no mercado de sementes para restauração. A sobre-representação de árvores e leguminosas foi encontrada em todas as quatro redes de sementes. Esse resultado sugere que atualmente o mercado de sementes está equipado para fornecer propágulos para a restauração de ecossistemas de dossel fechado (por exemplo, matas de galeria) e da camada lenhosa de savanas no Cerrado. No entanto, fornecer sementes de arbóreas não é o gargalo para restaurar os campos e savanas que cobrem mais de 70% do Cerrado. As espécies arbóreas geralmente regeneram naturalmente em áreas degradadas dentro de três décadas em savanas secundárias no Cerrado (Giles et al., 2021; Silva et al., 2021). Sugerindo que a regeneração natural assistida pode ser um método proeminente para recuperar espécies arbóreas. Ervas e graminóides, por outro lado, têm um menor potencial de regeneração natural em comparação com as árvores (Cava et al., 2018; Overbeck et al., 2022) e podem ser as formas de vida mais dependentes da restauração ativa, como a semeadura direta.

Sementes de ervas foram sub-comercializadas dada a riqueza dessa forma de vida no Cerrado. Três causas podem estar por trás desse padrão encontrado nas quatro redes de sementes incluídas nesse estudo. Em primeiro lugar, ecossistemas abertos são recorrentemente subvalorizados em comparação com ecossistemas de dossel fechado (Parr et al., 2014; Silveira et al., 2021). Por extensão, é provável que as ervas sejam negligenciadas na ciência e na prática da restauração, em relação às árvores. Em segundo lugar, coletar sementes de espécies herbáceas pode ser mais trabalhoso do que árvores. As sementes das ervas são geralmente menores do que as sementes de árvores, portanto os coletores precisam investir mais tempo colhendo várias populações de ervas para coletar a mesma quantidade de sementes encontradas em uma única árvore. Em terceiro lugar, algumas linhagens herbáceas ricas em espécies, como Orchidaceae e Asteraceae, são compostas principalmente por espécies microendêmicas de distribuição restrita (Neto e Forzza, 2013; Campos et al., 2019), que podem estar ausentes ou raras na áreas de coleta. No entanto, as ervas não devem ser negligenciados ao planejar intervenções de restauração em ecossistemas abertos. Ervas das famílias Eriocaulaceae, Xyridaceae e Velloziaceae podem amplificar a resiliência da vegetação a incêndios e secas (de Oliveira Joaquim et al., 2018; Pilon et al., 2021), suportar populações de polinizadores (Rabeling et al., 2019) e acelerar a formação do solo (Teodoro et al., 2019). Incluir ervas e não

apenas graminóides nas muvucas de sementes pode, portanto, maximizar a recuperação de múltiplas funções do ecossistema em campos e savanas do Cerrado.

#### **4.4. Espécies características do estrato herbáceo estão disponíveis para venda, mas estão sob baixa demanda no mercado de sementes**

O portfólio de espécies das redes de sementes já inclui plantas características do estrato herbáceo dos ecossistemas abertos do Cerrado. Estudos anteriores relataram alta cobertura do solo pelas gramíneas *T. spicatus* e *E. inflexa* em sítios conservados de campos e savanas (Souza et al., 2021; Nogueira et al., 2022; Teixeira et al., 2022). No entanto, apesar de seu valor ecológico, essas espécies não eram as espécies mais populares para restauração via semeadura, como evidenciado pelo registro de vendas da rede RSC. As sementes de *E. inflexa* custam por volta de USD 103 por kg, quase dez vezes mais do que as espécies mais vendidas pela mesma rede (*L. aurea* e *A. fastigiatus*), o que pode explicar a baixa demanda por sementes de *E. inflexa*. *E. inflexa* se reproduz vegetativamente por meio de rizomas, o que pode facilitar seu estabelecimento por meio de técnicas de transplante (Pilon et al., 2019). *T. spicatus* tinha um preço semelhante ao de *L. aurea* e *A. fastigiatus*, portanto é improvável que o preço seja a causa de sua baixa demanda. Em vez disso, as baixas taxas de estabelecimento de *T. spicatus* podem estar por trás de sua baixa procura. Até 80% das sementes de *T. spicatus* podem estar vazias (ou seja, sem embrião) (Zanetti et al., 2020), explicando a baixa germinação e taxas de emergência dessa espécie em condições de campo (Pellizzaro et al., 2017). Sementes vazias e dormência são comuns em gramíneas do Cerrado (Le Stradic et al., 2015; Fontenele et al., 2020). É, portanto, fundamental aprimorar ainda mais as técnicas de beneficiamento, controle de qualidade e estimativas de densidade de sementes para estabelecer espécies-chave do estrato herbáceo quando a semeadura direta é escolhida como o principal método de restauração (Buisson et al., 2021).

O arbusto bienal *L. aurea* e a gramínea anual *A. fastigiatus* representaram quase metade das sementes de espécies do estrato herbáceo vendidas pela RSC de 2017 a 2019. A alta demanda por *L. aurea* e *A. fastigiatus* provavelmente está relacionado à sua capacidade de cobrir o solo durante os primeiros dois anos após a semeadura (Pellizzaro et al., 2017; Coutinho et al., 2019; Sampaio et al., 2019). Estas espécies podem desempenhar um papel importante no controle imediato da erosão do solo devido à sua rápida cobertura do solo. No entanto, *L. aurea* e *A. fastigiatus* são incomuns em ecossistemas abertos de Cerrado, sugerindo que essas espécies

podem possuir estratégias de história de vida que divergem daquelas selecionadas em áreas conservadas. Por exemplo, *A. fastigiatus* e *L. aurea* têm um ciclo de vida anual e bienal, respectivamente (Motta, 2017; Wolfsdorf et al., 2021), dependendo, assim, de sementes como principal estratégia de persistência. Espécies anuais e bienais “semeadoras” são raras em campos e savanas do Cerrado, onde o ciclo de vida perene juntamente com a recorrente rebrota subterrânea é a estratégia dominante (Pilon et al., 2021). A abundância de biomassa acima do solo produzida por espécies de vida curta, como *L. aurea* e *A. fastigiatus*, pode levar à alto acúmulo de biomassa, expondo a vegetação a incêndios intensos logo no início do processo de restauração, quando as espécies “rebrotadoras” não são suficientemente abundantes para conferir resiliência ao fogo (Giles et al., 2022). Portanto, continuar a melhorar a disponibilidade e a qualidade das sementes de espécies características de áreas conservadas, juntamente com o desenvolvimento de técnicas para incorporar essas espécies nos estágios iniciais da restauração, pode aumentar a probabilidade de restaurar ecossistemas abertos a um estado semelhante ao de áreas conservadas de referência.

#### **4.5. Considerações finais e perspectivas futuras**

Nossos resultados sugerem que: (1) as redes de sementes do Cerrado brasileiro são insubstituíveis e se complementam nas espécies que comercializam; (2) aumentar o número de espécies de ervas à venda poderia levar a uma representação mais uniforme da flora disponível para a restauração de ecossistemas abertos no Cerrado; e (3) ampliar a demanda por espécies típicas de áreas conservadas continua sendo um desafio para restaurar efetivamente o estrato herbáceo dos campos e savanas do Cerrado. Reconhecemos que, em primeiro lugar, as conclusões desse estudo são baseados em uma imagem momentânea de apenas quatro redes de sementes. No entanto, uma fotografia do estado atual do mercado de sementes é um passo vital para o seu desenvolvimento. Em segundo lugar, enfatizamos que as espécies de baixo IVI também podem ser alvo de projetos de restauração, especialmente quando aumentam uma função ecossistêmica desejada ou facilitam o estabelecimento de outras espécies. Em terceiro lugar, nossa classificação IVI não diminui a necessidade de amostrar a vegetação local para obter um estado de referência. Espécies com baixo IVI na escala do Cerrado podem ser abundantes na região onde a restauração ocorrerá. Defendemos: (1) mais apoio público e privado para a criação ou expansão das redes de sementes existentes no domínio do Cerrado ; (2) uma melhor compreensão das motivações para venda e compra de sementes de

determinadas espécies para restauração ecológica; (3) mais conscientização sobre a importância de comercializar e adquirir um conjunto diversificado de plantas herbáceas na restauração de ecossistemas abertos; e (4) diretrizes sobre quais espécies deveriam estar bem representadas nas mudanças de sementes, potencialmente *T. spicatus*, *E. inflexa*, *L. rigidus*, *R. globosa* e/ou *A. brasiliensis* quando o objetivo é restaurar campos e savanas próximo do seu estado prévio à degradação. Esperamos que essas sugestões forneçam um direcionamento para um avanço estratégico do mercado de sementes para a restauração dos ecossistemas abertos do Cerrado, especialmente durante a Década da Restauração de Ecossistemas da ONU (2021-2030).

Versão não oficial para leitura apenas

## Referências

- Amaral, A. G. et al. (2017) 'Richness pattern and phytogeography of the Cerrado herb–shrub flora and implications for conservation', *Journal of Vegetation Science*. Edited by M. De Cáceres, 28(4), pp. 848–858. doi: 10.1111/jvs.12541.
- Atkinson, R. J. et al. (2021) 'Seeding resilient restoration: An indicator system for the analysis of tree seed systems', *Diversity*, 13(8), pp. 1–13. doi: 10.3390/d13080370.
- Bosshard, E. et al. (2021) 'Are Tree Seed Systems for Forest Landscape Restoration Fit for Purpose? An Analysis of Four Asian Countries', *Diversity*, 13(11), p. 575. doi: 10.3390/d13110575.
- Bridgewater, S., Ratter, J. A. and Ribeiro, J. F. (2004) 'Biogeographic patterns, -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil', *Biodiversity and Conservation*, 13(12), pp. 2295–2317. doi: 10.1023/B:BIOC.0000047903.37608.4c.
- Buisson, E. et al. (2021) 'A research agenda for the restoration of tropical and subtropical grasslands and savannas', *Restoration Ecology*, 29(S1), p. rec.13292. doi: 10.1111/rec.13292.
- Caminhos da Semente (2020) Mapa de restauração ecológica com semeadura direta no Brasil. Available at: <https://www.caminhosdasemente.org.br/mapa> (Accessed: 28 July 2021).
- Campos-Filho, E. M. et al. (2013) 'Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil', *Journal of Sustainable Forestry*, 32(7), pp. 702–727. doi: 10.1080/10549811.2013.817341.
- Campos, L. et al. (2019) 'Biogeographical Review of Asteraceae in the Espinhaço Mountain Range, Brazil', *The Botanical Review*, 85(4), pp. 293–336. doi: 10.1007/s12229-019-09216-9.
- Carvalho, G. (2020) 'flora: Tools for Interacting with the Brazilian Flora 2020'. Available at: <https://cran.r-project.org/package=flora>.
- Cava, M. G. B. et al. (2018) 'Abandoned pastures cannot spontaneously recover the attributes of old-growth savannas', *Journal of Applied Ecology*. Edited by C. Macinnis-Ng, 55(3), pp. 1164–1172. doi: 10.1111/1365-2664.13046.

- Coutinho, A. G. et al. (2019) 'Effects of initial functional-group composition on assembly trajectory in savanna restoration', *Applied Vegetation Science*. Edited by D. Ward, 22(1), pp. 61–70. doi: 10.1111/avsc.12420.
- Crouzeilles, R. et al. (2019) 'There is hope for achieving ambitious Atlantic Forest restoration commitments', *Perspectives in Ecology and Conservation*, 17(2), pp. 80–83. doi: 10.1016/j.pecon.2019.04.003.
- Erickson, V. J. and Halford, A. (2020) 'Seed planning, sourcing, and procurement', *Restoration Ecology*, 28(S3), pp. S216–S224. doi: 10.1111/rec.13199.
- Flora do Brasil (2020) List of Species of the Brazilian Flora, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> (Accessed: 27 July 2021).
- Fontenele, H. G. V. et al. (2020) 'Burning grasses, poor seeds: post-fire reproduction of early-flowering Neotropical savanna grasses produces low-quality seeds', *Plant Ecology*, 221(12), pp. 1265–1274. doi: 10.1007/s11258-020-01080-7.
- Françoso, R. D. et al. (2020) 'Delimiting floristic biogeographic districts in the Cerrado and assessing their conservation status', *Biodiversity and Conservation*, 29(5), pp. 1477–1500. doi: 10.1007/s10531-019-01819-3.
- Fremout, T. et al. (2021) 'Diversity for Restoration (D4R): Guiding the selection of tree species and seed sources for climate-resilient restoration of tropical forest landscapes', *Journal of Applied Ecology*, (June), pp. 1–16. doi: 10.1111/1365-2664.14079.
- Giles, A. L. et al. (2021) 'Thirty years of clear-cutting maintain diversity and functional composition of woody-encroached Neotropical savannas', *Forest Ecology and Management*, 494(December 2020), p. 119356. doi: 10.1016/j.foreco.2021.119356.
- Giles, A. L. et al. (2022) 'How effective is direct seeding to restore the functional composition of neotropical savannas?', *Restoration Ecology*, 30(1), pp. 1–13. doi: 10.1111/rec.13474.
- Guidotti, V. et al. (2017) 'Números detalhados do novo código florestal e suas implicações para os pras', in *Sustentabilidade em debate*. Imaflora, p. 10.
- Karney, C. F. F. (2013) 'Algorithms for geodesics', *Journal of Geodesy*, 87(1), pp. 43–55. doi: 10.1007/s00190-012-0578-z.

León-Lobos, P. et al. (2020) ‘Lack of adequate seed supply is a major bottleneck for effective ecosystem restoration in Chile: friendly amendment to Bannister et al. (2018)’, *Restoration Ecology*, 28(2), pp. 277–281. doi: 10.1111/rec.13113.

Mapbiomas (2021) Projeto MapBiomas Alerta – v.5.0 - Sistema de Validação e Refinamento de Alertas de Desmatamento com Imagens de Alta Resolução. Available at: <https://mapbiomas.org/> (Accessed: 25 June 2021).

MMA (2017) Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. Brasília, DF: MMA. Available at: [https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/ecossistemas-1/conservacao-1/politica-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa/planaveg\\_plano\\_nacional\\_recuperacao\\_vegetacao\\_nativa.pdf](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/ecossistemas-1/conservacao-1/politica-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa/planaveg_plano_nacional_recuperacao_vegetacao_nativa.pdf).

Motta, C. P. (2017) Dinâmica populacional de uma gramínea invasora e um arbusto nativo: implicações para a restauração ecológica no Cerrado. Universidade de Brasília. Available at: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/23944%0A>.

Munhoz, Cassia; Araújo, G. M. (2011) ‘Métodos de Amostragem do Estrato Herbáceo-subarbustivo’, in *Fitossociologia no Brasil*. 1st edn. Editora UFV, pp. 213–230.

Myers, N. et al. (2000) ‘Biodiversity hotspots for conservation priorities’, *Nature*, 403(6772), pp. 853–858. doi: 10.1038/35002501.

Nef, D. P. et al. (2021) ‘Initial Investment in Diversity Is the Efficient Thing to Do for Resilient Forest Landscape Restoration’, *Frontiers in Forests and Global Change*, 3(January), pp. 1–10. doi: 10.3389/ffgc.2020.615682.

Neto, L. M. and Forzza, R. C. (2013) ‘Biogeography and conservation status assessment of *Pseudolaelia* (Orchidaceae)’, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 171(1), pp. 191–200. doi: 10.1111/j.1095-8339.2012.01304.x.

Nogueira, E. V. et al. (2022) ‘Differences in soil properties influence floristic changes in the Veredas of the Brazilian Cerrado’, *Brazilian Journal of Botany*, (0123456789). doi: 10.1007/s40415-022-00795-3.

de Oliveira Joaquim, E. et al. (2018) ‘Diversity of reserve carbohydrates in herbaceous species from Brazilian campo rupestre reveals similar functional traits to endure environmental stresses’, *Flora*, 238, pp. 201–209. doi: 10.1016/j.flora.2017.01.001.

- Overbeck, G. E. et al. (2022) 'Placing Brazil's grasslands and savannas on the map of science and conservation', *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 56(June), p. 125687. doi: 10.1016/j.ppees.2022.125687.
- Palma, A. C. and Laurance, S. G. W. (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*. Edited by R. Marris, 18(4), pp. 561–568. doi: 10.1111/avsc.12173.
- Parr, C. L. et al. (2014) 'Tropical grassy biomes: misunderstood, neglected, and under threat', *Trends in Ecology & Evolution*, 29(4), pp. 205–213. doi: 10.1016/j.tree.2014.02.004.
- Pebesma, E. (2018) 'Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data', *The R Journal*, 10(1), pp. 439–446. doi: 10.32614/RJ-2018-009.
- Pedriani, S. et al. (2020) 'Collection and production of native seeds for ecological restoration', *Restoration Ecology*, 28(S3), pp. S228–S238. doi: 10.1111/rec.13190.
- Pedriani, S. and Dixon, K. W. (2020) 'International principles and standards for native seeds in ecological restoration', *Restoration Ecology*, 28(S3), pp. S286–S303. doi: 10.1111/rec.13155.
- Pellizzaro, K. F. et al. (2017) "'Cerrado" restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species', *Brazilian Journal of Botany*, 40(3), pp. 681–693. doi: 10.1007/s40415-017-0371-6.
- Pilon, N. A. L. et al. (2019) 'Native remnants can be sources of plants and topsoil to restore dry and wet cerrado grasslands', *Restoration Ecology*, 27(3), pp. 569–580. doi: 10.1111/rec.12902.
- Pilon, N. A. L. et al. (2021) 'The diversity of post-fire regeneration strategies in the cerrado ground layer', *Journal of Ecology*. Edited by C. Staver, 109(1), pp. 154–166. doi: 10.1111/1365-2745.13456.
- Pinto, S. et al. (2014) 'Governing and Delivering a Biome-Wide Restoration Initiative: The Case of Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil', *Forests*, 5(9), pp. 2212–2229. doi: 10.3390/f5092212.
- R Core Team (2021) 'R: A Language and Environment for Statistical Computing'. Vienna, Austria. Available at: <https://www.r-project.org/>.

Rabeling, S. C. et al. (2019) 'Seasonal variation of a plant-pollinator network in the Brazilian Cerrado: Implications for community structure and robustness', *PLoS ONE*, 14(12), pp. 1–22. doi: 10.1371/journal.pone.0224997.

Ratter, J. A. et al. (1996) 'Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation II: Comparison of the woody vegetation of 98 areas', *Edinburgh Journal of Botany*, 53(2), pp. 153–180. doi: 10.1017/s0960428600002821.

Raup, P. P. et al. (2020) 'Direct seeding reduces the costs of tree planting for forest and savanna restoration', *Ecological Engineering*, 148(February), p. 105788. doi: 10.1016/j.ecoleng.2020.105788.

Reflora (2020) Brazilian Flora 2020. Available at: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/PrincipalUC/PrincipalUC.do> (Accessed: 6 October 2021).

Sampaio, A. B. et al. (2019) 'Lessons on direct seeding to restore Neotropical savanna', *Ecological Engineering*, 138(July), pp. 148–154. doi: 10.1016/j.ecoleng.2019.07.025.

Schmidt, I. B. et al. (2019) 'Community-based native seed production for restoration in Brazil – the role of science and policy', *Plant Biology*. Edited by H. Pritchard, 21(3), pp. 389–397. doi: 10.1111/plb.12842.

Shaw, N. et al. (2020) 'Seed use in the field: delivering seeds for restoration success', *Restoration Ecology*, 28(S3), pp. S276–S285. doi: 10.1111/rec.13210.

Silva, R. R. P. et al. (2015) 'Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth', *Restoration Ecology*, 23(4), pp. 393–401. doi: 10.1111/rec.12213.

Silva, T. C. et al. (2020) 'Non-Timber Forest Products in Brazil: A Bibliometric and a State of the Art Review', *Sustainability*, 12(17), p. 7151. doi: 10.3390/su12177151.

Silva, T. R. et al. (2021) 'Not only exotic grasslands: The scattered trees in cultivated pastures of the Brazilian Cerrado', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 314. doi: 10.1016/j.agee.2021.107422.

Silveira, F. A. O. et al. (2021) 'Biome Awareness Disparity is BAD for tropical ecosystem conservation and restoration', *Journal of Applied Ecology*, (March), pp. 1–9. doi: 10.1111/1365-2664.14060.

Souza, G. F. et al. (2021) 'Herbaceous-shrub species composition, diversity and soil attributes in moist grassland, shrub grassland and savanna in Central Brazil', *Brazilian Journal of Botany*, 44(1), pp. 227–238. doi: 10.1007/s40415-020-00672-x.

Le Stradic, S. et al. (2015) 'Diversity of germination strategies and seed dormancy in herbaceous species of campo rupestre grasslands', *Austral Ecology*, 40(5), pp. 537–546. doi: 10.1111/aec.12221.

Strassburg, B. B. N. et al. (2017) 'Moment of truth for the Cerrado hotspot', *Nature Ecology & Evolution*, 1(4), p. 0099. doi: 10.1038/s41559-017-0099.

Suding, K. N. (2011) 'Toward an Era of Restoration in Ecology: Successes, Failures, and Opportunities Ahead', *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42(1), pp. 465–487. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-102710-145115.

Teixeira, J. et al. (2022) 'Fire promotes functional plant diversity and modifies soil carbon dynamics in tropical savanna', *Science of The Total Environment*, 812, p. 152317. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.152317.

Teodoro, G. S. et al. (2019) 'Specialized roots of Velloziaceae weather quartzite rock while mobilizing phosphorus using carboxylates', *Functional Ecology*. Edited by S. Power, 33(5), pp. 762–773. doi: 10.1111/1365-2435.13324.

Urzedo, D. et al. (2020) 'Seed Networks for Upscaling Forest Landscape Restoration: Is It Possible to Expand Native Plant Sources in Brazil?', *Forests*, 11(3), p. 259. doi: 10.3390/f11030259.

Urzedo, D. et al. (2021) 'Indigenous and local communities can boost seed supply in the UN decade on ecosystem restoration', *Ambio*. doi: 10.1007/s13280-021-01593-z.

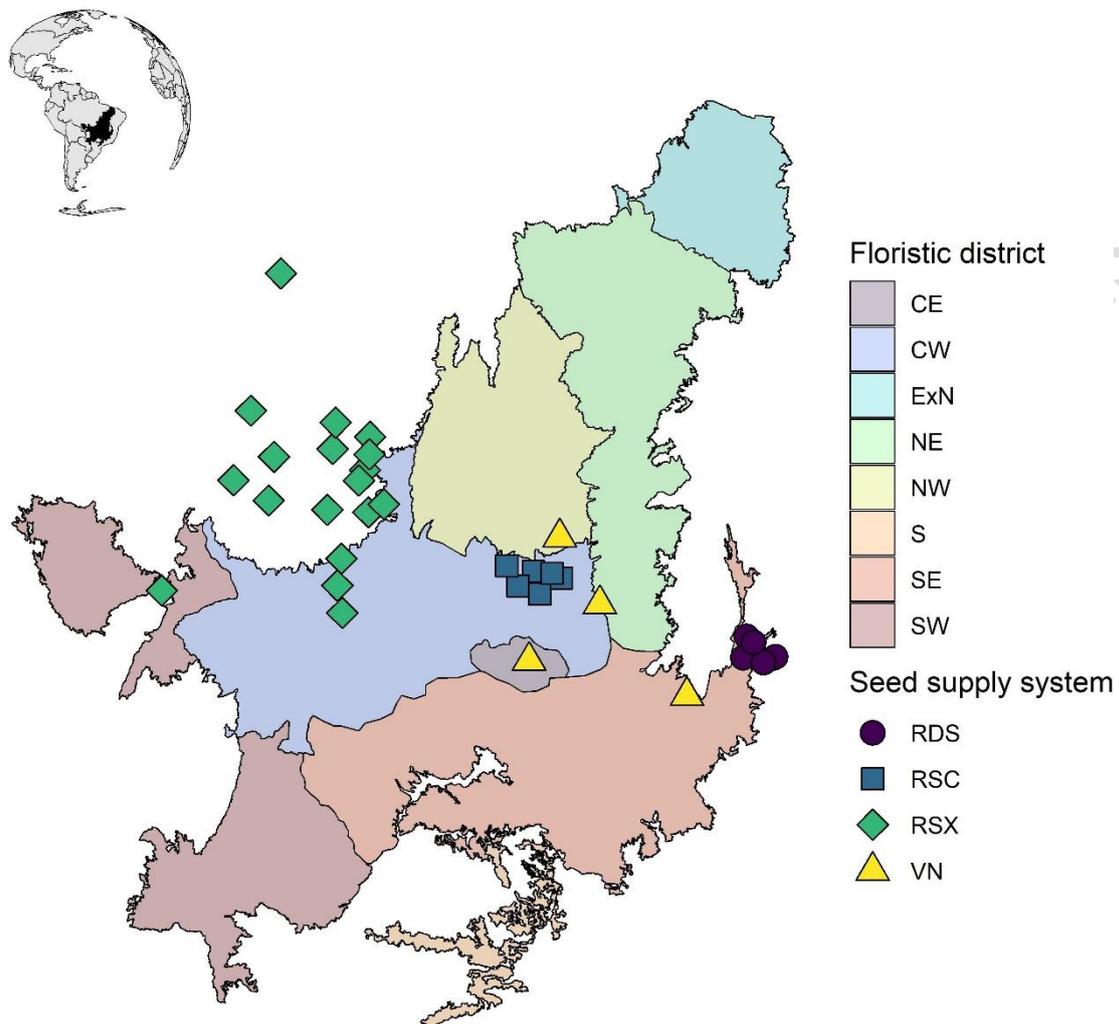
Wolfsdorf, G. et al. (2021) 'Inoculum origin and soil legacy can shape plant–soil feedback outcomes for tropical grassland restoration', *Restoration Ecology*, pp. 0–2. doi: 10.1111/rec.13455.

Zanetti, M. et al. (2020) 'Seed Functional Traits Provide Support for Ecological Restoration and ex situ Conservation in the Threatened Amazon Ironstone Outcrop Flora', *Frontiers in Plant Science*, 11(December). doi: 10.3389/fpls.2020.599496.

Zappi, D. C. et al. (2015) 'Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil', *Rodriguésia*, 66(4), pp. 1085–1113. doi: 10.1590/2175-7860201566411.

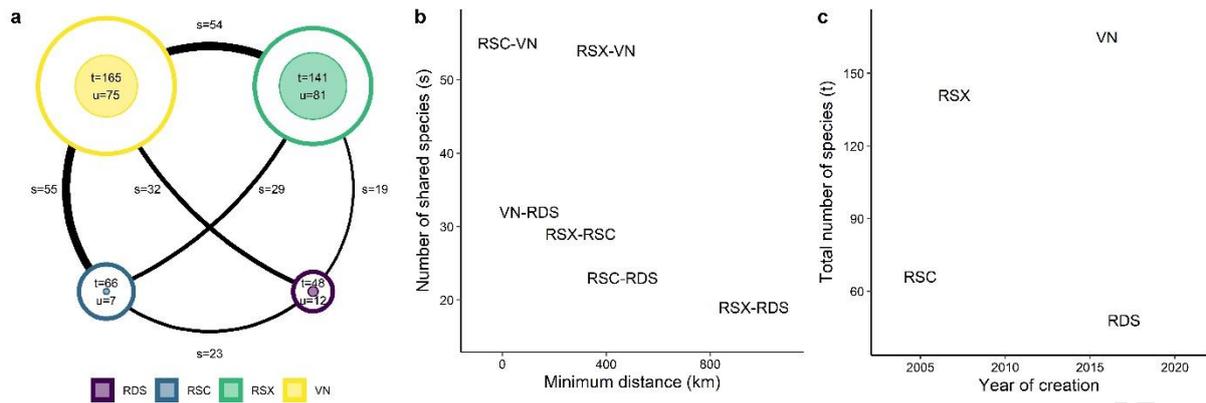
Versão não oficial para leitura apenas

## Figuras

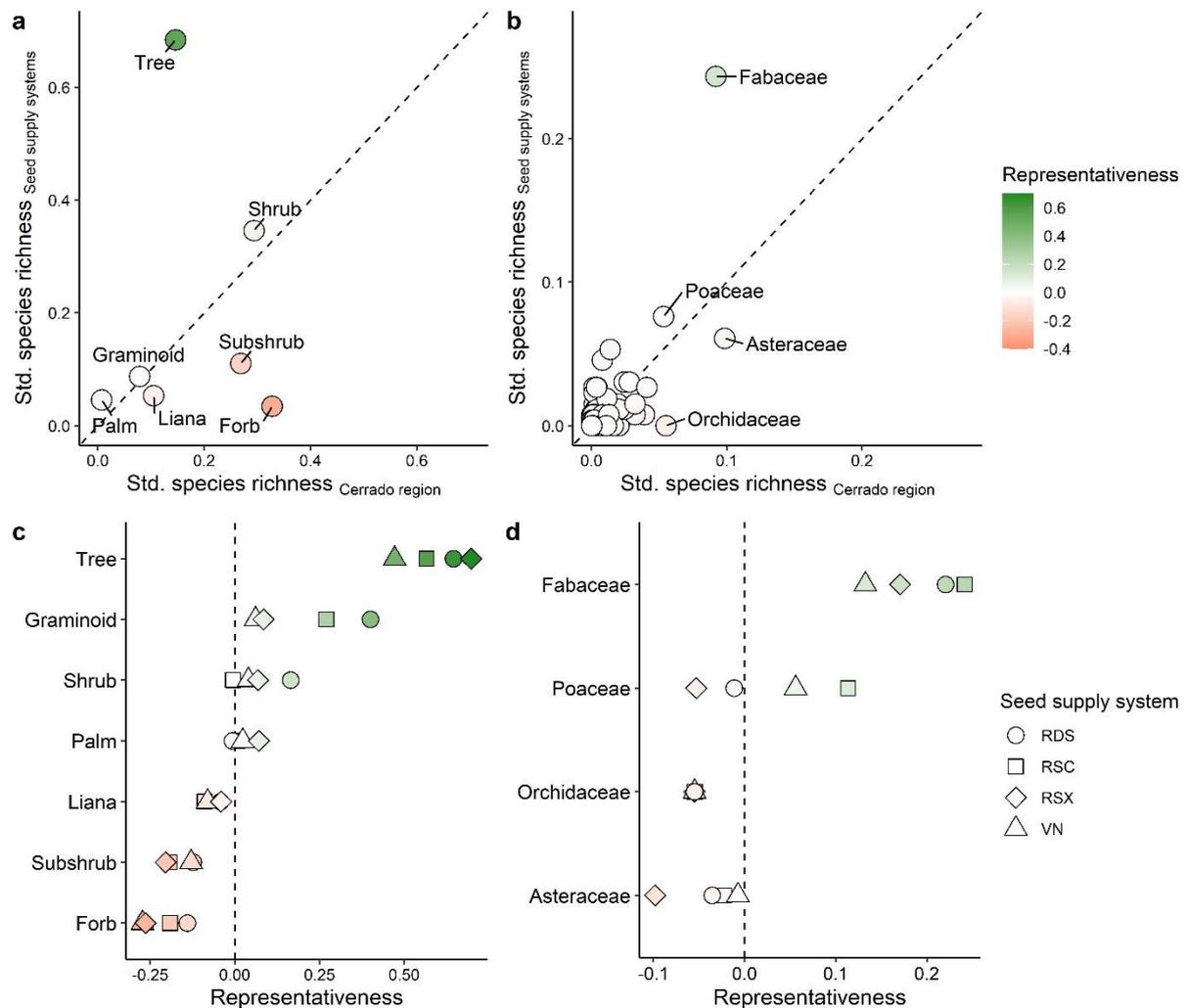


**Figura 1.** Cobertura geográfica das principais redes de sementes (*seed supply system*) que atuam no Cerrado. Os pontos correspondem aos centróides dos municípios com atividades de coleta de sementes. As redes de sementes estudadas são os Restauradores da RDS Nascentes Geraizeiras (RDS), Rede de Sementes do Xingu (RSX; que também coleta sementes fora do domínio do Cerrado), Rede de Sementes do Cerrado (RSC) e VerdeNovo (VN). Os distritos biogeográficos (*floristic districts*) representam áreas com floras lenhosas semelhantes segundo Franço et al. (2020) e foram representados por cores contrastantes. Os distritos são os distritos central (CE), centro-oeste (CW), externo norte ( ExN ), nordeste (NE), noroeste (NW), sul (S), sudeste (SE) e sudoeste (SW).

Versão não oficial para leitura apenas



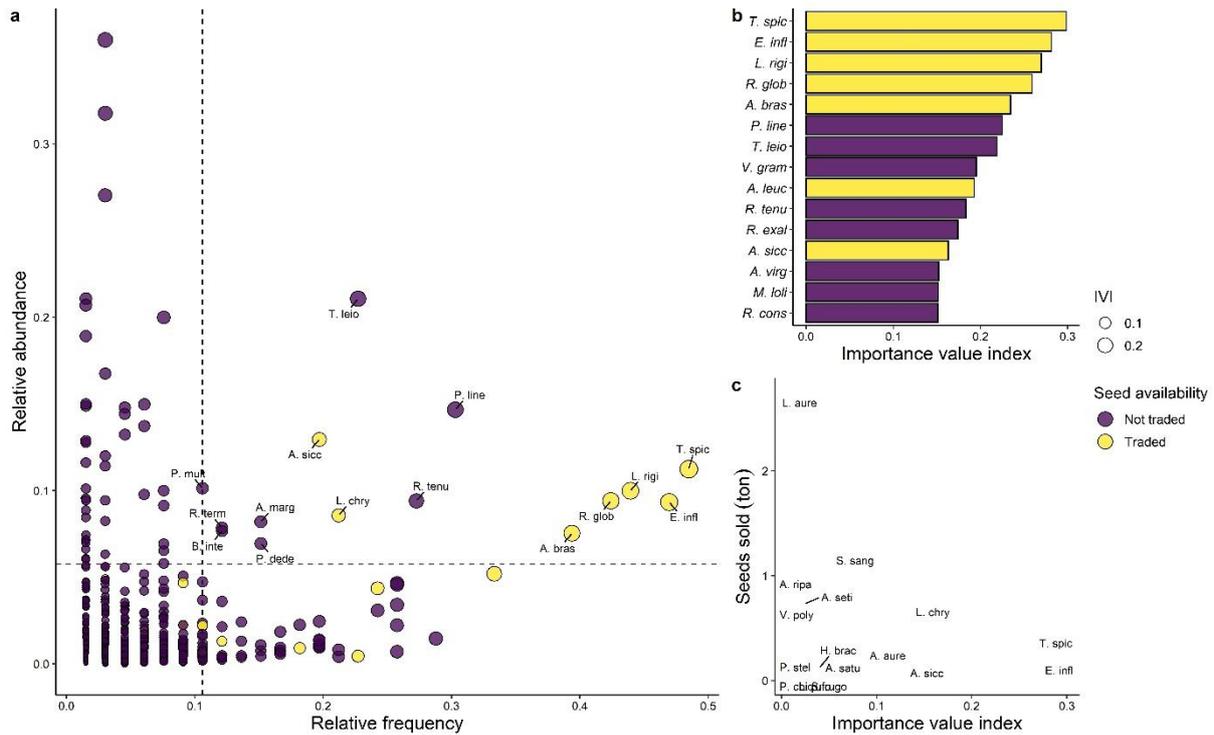
**Figura 2.** Similaridade florística entre as redes de semente ativas no Cerrado. **a** Diagrama mostrando o número de espécies totais ( $t$ ), únicas ( $u$ ) e compartilhadas ( $s$ ) entre as redes. **b** Relação entre o número de espécies compartilhadas (*number of shared species*) entre um par de rede de sementes e sua distância geográfica mínima (*minimum distance*). **c** Relação entre o número total de espécies (*total number of species*) de cada rede de sementes e o ano de sua criação (*year of creation*). Espécies únicas representam aquelas comercializadas por uma única rede. O tamanho do círculo externo no painel **a** é proporcional a  $t$ , o tamanho do círculo interno a  $u$  e a espessura da linha a  $s$ . A análise inclui apenas espécies que ocorrem no Cerrado brasileiro. As redes de sementes foram os Restauradores da RDS Nascentes Geraizeiras (RDS), Rede de Sementes do Xingu (RSX), Rede de Sementes do Cerrado (RSC) e VerdeNovo (VN).



**Figura 3.** Representatividade da flora disponível para restauração via semente em relação aos totais do Cerrado. Relação entre o número de espécies comercializadas pelas redes de semente (*species richness<sub>seed supply systems</sub>*) versus a riqueza em todo o Cerrado (*species richness<sub>Cerrado region</sub>*) para cada forma de vida no painel **a** e família botânica no painel **b**. Diferença entre a riqueza de espécies observada e esperada (ou seja, representatividade/*representativeness*) para cada forma de vida no painel **c** e família no painel **d** por rede. A riqueza de espécies nos painéis **a** e **b** foi padronizada (*Std.*) pelo número total de espécies encontradas no Cerrado (eixo x) e disponíveis nas redes de sementes (eixo y). A representatividade em todos os painéis consiste na diferença entre a riqueza de espécies relativa nas redes de sementes e a riqueza de espécies relativa no Cerrado. A linha tracejada nos painéis **a** e **b** representam a proporção 1:1. Representatividade > 0 indica grupos bem representados pelas redes de sementes dada a sua riqueza no Cerrado. Representatividade < 0 indica grupos carentes de representatividade nas redes de sementes dada a sua riqueza no Cerrado. As quatro famílias mais ricas em espécies no Cerrado estão marcadas no painel **b** e destacadas no painel

**d.** As redes de sementes foram os Restauradores da RDS Nascentes Geraizeiras (RDS), Rede de Sementes do Xingu (RSX), Rede de Sementes do Cerrado (RSC) e VerdeNovo (VN). As formas de vida foram árvore (*tree*), graminóide (*graminoid*), arbusto (*shrub*), palmeira (*palm*), trepadeira (*liana*), subarbusto (*subshrub*) e erva (*forb*).

Versão não oficial para leitura apenas



**Figura 4.** Disponibilidade de espécies típicas do estrato herbáceo entre as redes de sementes. **a** A relação entre a abundância relativa média (*relative abundance*) e a frequência relativa (*relative frequency*) de 1.108 espécies do estrato herbáceo ao longo de 66 sítios de campo e savanas conservados no Cerrado obtidos da literatura. **b** As 15 espécies com maior índice de valor de importância (IVI, *importance value index*). **c** Relação entre as toneladas de sementes vendidas (*seeds sold*) pela Rede de Sementes do Cerrado (RSC) de 2017 a 2019 por espécie e o IVI da espécie. As espécies comercializadas via mercado de sementes estão coloridas em amarelo e as espécies não comercializadas em roxo. O tamanho do ponto no painel **a** é proporcional ao IVI. A linha tracejada no painel **a** marca o percentil 95 da abundância relativa média (eixo y) e frequência relativa (eixo x). As espécies no painel **a** localizado no quadrante superior direito representam espécies localmente abundantes e geograficamente difundidas; superior esquerdo localmente abundante e geograficamente restrito; inferior esquerdo localmente e geograficamente raro; e no canto inferior direito localmente raro e geograficamente difundido. *T. spic* é uma abreviação de *Trachypogon spicatus*, *E. infl* *Echinolaena inflexa*, *L. rigi* *Lagenocarpus rigidus*, *R. glob* *Rhynchospora globosa*, *A. bras* *Axonopus brasiliensis*, *P. line* *Paspalum lineare*, *T. leio* *Tristachya leiostachya*, *V. gram* *Vellozia graminea*, *A. leuc* *Andropogon leucostachyus*, *R. tenu* *Rhynchospora tenuis*, *R. exal* *Rhynchospora exaltata*, *A. sicc* *Axonopus siccus*, *A. purp* *Axonopus purpusii*, *A. virg* *Andropogon virgatus*, *M. loli* *Mesosetum loliiforme*, *L. aure* *Lepidaploa aurea*, *S. sang*

*Schizachyrium sanguineum*, A. ripa *Aristida riparia*, V. poly *Vernonanthura polyanthes*, A. seti *Aristida setifolia*, L. chry *Loudetiopsis chrysothrix*, H. brac *Hyparrhenia bracteata*, A. aure *Axonopus aureus*, P. stel *Paspalum stellatum*, L. rufo *Lepidaploa rufogrisea*, A. satu *Achyrocline satureioides*, P. chiq *Paepalanthus chiquitensis*, S. rugo *Senna rugosa*, B. inte *Byrsonima intermedia*, P. dede *Paspalum dedeccae*, P. mult *Paspalum multicaule*, e R. term *Rhynchospora terminalis*.

Versão não oficial para leitura apenas