

O Uso de Biomassa Reduz a Reintrodução de *Urochloa* sp e Favorece a Sucessão Ecológica em Área de Pós-Controle?

Does the Use of Biomass Reduce the Reintroduction of *Urochloa* sp and Favor Ecological Succession in a Post-Control Area?

Marcela Peuckert Kamphorst Leal da Silva^{*a}; Ana Paula Moreira Rovedder^b; Jaqueline Beatriz Brixner Dreyer^a; Djoney Procknow^a; Jhonithan Matiello^a

^aUniversidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. RS, Brasil.

^bUniversidade Federal de Santa Maria, Departamento de Ciências Florestais. RS, Brasil

^aUniversidade Federal de Santa Maria, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas. RS, Brasil

*E-mail: marcelaplkl@gmail.com

Resumo

O Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC) apresenta grande importância na manutenção da biodiversidade do Bioma Mata Atlântica no Rio Grande do Sul, no entanto estão presentes, em seus limites, grandes porções de áreas degradadas com a existência de espécies exóticas invasoras. Buscando solucionar essa problemática, foi implementado, pela direção do PEQC, um controle prévio das espécies invasoras, no entanto, mesmo após o fim da execução das atividades de controle foram observadas novas investidas dessas espécies no local. Este estudo tem como objetivo analisar estratégias de biomassas que possam favorecer a sucessão ecológica em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no PEQC. O experimento seguiu o delineamento experimental de blocos casualizados, sendo testados quatro tratamentos: Resíduos lenhosos (T1), Cascas de arroz (T2), Espécies de cobertura (T3) e Controle (T4). Foram aplicadas metodologias para a avaliação da cobertura do solo, quantificação de biomassa e levantamento da regeneração natural. Os dados foram submetidos a ANOVA e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Também foram calculados índices fitossociológicos para o estrato subarbustivo e arbustivo-arbóreo. O tratamento mais eficaz para o objetivo foi a biomassa de Resíduos lenhosos (T1). A regeneração natural está se expressando positivamente, levando em consideração o grau de degradação da área. Como a maioria das espécies apresenta dispersão zoocórica, indica-se que após a implementação de T1 sejam instaladas técnicas ativas de restauração para potencializar a relação planta-animal e, consequentemente, favorecer a sucessão ecológica em áreas de pós-controle.

Palavras-chave: Invasão Biológica. Restauração Ecológica. Unidades de Conservação. Biomassa.

Abstract

The Quarta Colônia State Park (PEQC) is of great importance in maintaining the biodiversity of the Atlantic Forest Biome in Rio Grande do Sul, however, large portions of degraded areas are present in its limits, with the presence of invasive exotic species, a prior control of invasive species was implemented by the management of the PEQC, however even after the end of the execution of the control activities new investitures of these species were observed in the place. This study aims to analyze biomass strategies that may favor ecological succession in a post-control area of *Urochloa* sp. in PEQC. The experiment followed the experimental design of randomized blocks, with four treatments being tested: Woody residues (T1), Rice husks (T2), Coverage species (T3) and Control (T4). Methodologies were applied to assess soil cover, quantify biomass and survey natural regeneration. Data were submitted to ANOVA and treatment means were compared by Tukey's test ($p < 0.05$). Phytosociological indices were also calculated for the subshrub and shrub-tree stratum. The most effective treatment for the objective was the biomass of woody residues (T1). Natural regeneration is expressing itself positively, considering the degree of area degradation. As most species present zoochoric dispersion, we suggest that, after the implementation of T1, active restoration techniques be installed to enhance the plant-animal relationship and, consequently, favor ecological succession in post-control areas.

Keywords: Biological Invasion. Ecological Restoration. Protected Areas. Biomass.

1 Introdução

A invasão biológica é considerada uma das principais ameaças à conservação da biodiversidade em nível global (IPBES, 2019). No Brasil, há o registro de mais de 250 espécies exóticas invasoras, sendo 25 de gramíneas (Ziller; Dechoum, 2013). As espécies da família Poaceae, geralmente, ocorrem em ambientes abertos, ameaçando a conservação da biodiversidade desses locais (Ribeiro, 2022). A elevada capacidade de dispersão e estabelecimento, aliada a sua extensa flexibilidade ambiental são características ecológicas ideais para a modificação dos habitats naturais nos quais se estabelecem.

As espécies do gênero *Urochloa* (braquiária) são utilizadas como pastagens para bovinos em todo o país (Brossard; Barcellos, 2005). No entanto, além de possuírem características que facilitam seu uso como espécie forrageira, as espécies de braquiária também apresentam características que explicam o seu potencial como espécie invasora ao apresentar acúmulo elevado de biomassa (Baptistella *et al.*, 2020) e rápido crescimento após distúrbios ambientais (Assis *et al.*, 2021).

No estado do Rio Grande do Sul se registra um aumento expressivo da fragmentação dos ambientes naturais, a partir da ocupação e conversão destes ambientes em áreas para atividades altamente degradadoras: urbanização não

planejada, plantios de monoculturas e plantios comerciais de árvores exóticas (Cezimbra *et al.*, 2021). Além destas atividades, também há a crescente problemática da invasão biológica em ambientes naturais, inclusive, em Unidades de Conservação (UC), áreas cuja finalidade deveria ser a proteção ambiental (Cezimbra *et al.*, 2021; Rovedder *et al.*, 2018). Assim, a presença de espécies exóticas invasoras em UC causa desequilíbrios ambientais graves. Essas espécies exóticas alteram a composição e estrutura da comunidade, dificultam a regeneração de espécies nativas, modificam os processos ecológicos e os serviços ecossistêmicos e, inclusive, geram grandes custos de controle (Diagne *et al.*, 2021; Pyšek *et al.*, 2020; Schmidt; Castellani; Dechoum, 2020).

O Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC) apresenta grande importância na manutenção da biodiversidade, dos recursos genéticos e serviços ecossistêmicos do Bioma Mata Atlântica, compondo o Corredor Ecológico da Quarta Colônia na região Central do estado. O PEQC é classificado como UC de Proteção Integral, no entanto estão presentes, em seus limites, grandes porções de áreas degradadas e acometidas pela presença de espécies exóticas invasoras, causando impactos negativos nos processos de sucessão natural (Mallmann, 2018). Uma, entre tantas espécies exóticas invasoras presentes no PEQC, é a *Urochloa* sp. Buscando solucionar essa problemática, foram implementadas, pela gestão do PEQC, ações de manejo e controle (Mallmann, 2018), no entanto, mesmo após o controle, foram observadas novas investidas de espécies de braquiária nessas áreas.

O presente estudo teve como objetivo analisar estratégias de biomassas que possam favorecer a sucessão ecológica em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual da Quarta Colônia, a fim de gerar subsídios para o início de um projeto de restauração ecológica na área.

2 Material e Métodos

A presente pesquisa foi desenvolvida nos limites territoriais da Unidade de Conservação Parque Estadual Quarta Colônia, na região central do Rio Grande do Sul. O PEQC se localiza no Rebordo do Planalto Rio-Grandense, criado a partir do Decreto Estadual nº 44.186/2005, sendo resultado de uma medida compensatória proveniente do licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca (UHDF), situada no rio Jacuí. Possui área total de 1.847,9 ha, abrangendo os municípios de Agudo e Ibarama (Prado *et al.*, 2015).

O PEQC está inserido no Corredor Ecológico da Quarta Colônia, compondo importante estratégia para conservação e proteção dos remanescentes da Mata Atlântica na região. A classificação fitogeográfica da região é Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2012) e o clima é do tipo “Cfa”, apresentando características de subtropical úmido, sem estação seca, com temperatura média anual de 19,4 °C (Alvares *et al.*, 2013).

Atualmente, mais de 30% do território do PEQC é

classificado como de áreas degradadas, compreendendo grande foco de dispersão de espécies exóticas invasoras (Prado *et al.*, 2015). A presença desse elevado número de espécies invasoras tem origem nos usos antrópicos anteriores a sua criação (Piazza, 2015). Frente a esse cenário, em 2019, a gestão da UC desenvolveu e colocou em prática um controle prévio utilizando os métodos mecânico e químico combinados (Mallmann, 2018).

A área do estudo compreende uma área de pós-controle de uma grande mancha de braquiária. Em junho de 2021, foi realizado o isolamento da área com braquiária (2.500 m²), seguida pela instalação do presente experimento.

O delineamento experimental envolveu o uso de blocos casualizados, em função da heterogeneidade encontrada na área do experimento. Foram demarcados cinco blocos ao longo da área e testados quatro tratamentos (5x4). Para isso, foram demarcadas, a partir de sorteio, 20 parcelas permanentes de 25 m² cada.

A preparação da área consistiu na roçada mecânica e capina manual das 20 parcelas para retirar todos os resíduos e vegetação presentes na parcela. Essa ação foi necessária para que fosse possível testar apenas o fator de abafamento dos tratamentos. Após a preparação da área foram depositados os materiais de abafamento referentes a cada tratamento. Os tratamentos testados foram: Resíduos lenhosos (T1), Cascas de Arroz (T2), Plantio de espécie de cobertura (T3) e Controle (T4). Os tratamentos foram escolhidos levando em consideração questões referentes ao reaproveitamento de resíduos, custos e logística.

Os Resíduos lenhosos (T1) foram obtidos a partir das toras de madeira das espécies invasoras controladas no plano de manejo realizado anteriormente. Essas toras foram trituradas no picador, resultando em “cavacos de madeira”. As Cascas de arroz (T2) foram adquiridas com produtores rurais da região. Há a presença de muitas plantações de arroz no entorno do PEQC e esse resíduo não tem destinação. Então, em função do fácil acesso e a busca de uma destinação para o resíduo, esse material foi escolhido para ser uma das estratégias de biomassa testadas. A espécie de cobertura (T3) escolhida para o plantio foi a Aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb). O plantio foi realizado a partir da semeadura em linhas com densidade de 80 Kg/ha. Por fim, o tratamento Controle (T4) foi instalado para que houvesse a comparação dos demais tratamentos.

A cobertura do solo foi avaliada, ao longo do tempo, a partir da demarcação de subparcelas permanentes de 1m x 1m no interior das parcelas de 25 m². As avaliações aconteceram após um, três e doze meses da instalação do experimento. Para essa ação foi utilizado o método de avaliação da cobertura do solo adaptado de Booth, Cox e Berryman (2006), utilizando o software SamplePoint® versão 1.60. Foram realizadas coletas de imagens zenitais de cada subparcela a aproximadamente 1,8 metros de altura da superfície, com auxílio de dispositivo móvel com câmera de 14MP e abertura f/1,8. Para isso, foi

realizado o enquadramento dos quatro vértices da parcela para a fotografia e, posteriormente, realizado o recorte das bordas.

As porcentagens da cobertura do solo para cada parcela foram obtidas pela análise manual das imagens no software, sendo atribuída sobre essas uma malha regular subdividida em pixels para a classificação em categorias criadas e definidas como: (i) braquiária, (ii) solo exposto, (iii) miscelânea (toda vegetação regenerante, excluindo a gramínea exótica invasora) e (iv) material de abafamento cobrindo o solo (biomassas utilizadas nos tratamentos). Os dados em porcentagem gerados pelo software foram exportados e configurados no programa Excel® para posterior análise estatística.

Visando compreender o comportamento da gramínea exótica invasora, da vegetação regenerante e do próprio material de abafamento utilizado em cada tratamento, ao longo do tempo, foram realizadas coletas de amostras de biomassa a um, três e doze meses após a instalação do experimento. A coleta das amostras de biomassa seguiu a metodologia da “Técnica do quadrado”. O procedimento de coleta ocorreu a partir do lançamento aleatório de uma moldura de madeira de 0,25 m² em cada parcela e, em seguida, a coleta de todo o material presente acima do solo (materiais de abafamento e vegetação).

O material coletado foi levado ao Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (NEPRADE – UFSM), no qual foi feita a triagem. Cada amostra foi analisada visualmente e dividida de acordo com a classificação: (i) braquiária: gramínea exótica invasora, (ii) miscelânea: refere-se ao restante da vegetação coletada, (iii) material de abafamento cobrindo o solo (biomassas utilizadas nos tratamentos). Após a triagem as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada regulada a 65 - 70 °C por 72 horas até atingirem peso constante. Após esse processo, todas as amostras foram pesadas. Os dados de biomassa foram expressos em Kg/ha e organizados no software Microsoft Excel®.

Para a avaliação da regeneração natural foram demarcadas subparcelas permanentes de 2x2m no centro das 20 parcelas de 25 m². Tornou-se necessário essa delimitação de parcelas centrais, pois a metodologia de amostragem de biomassa é destrutiva e se não houvesse essa delimitação poderia haver influências na avaliação da dinâmica da regeneração natural. Após 12 meses da instalação do experimento, todos os indivíduos arbustivo-arbóreos vivos com altura igual ou superior a 20 cm, bem como todos os indivíduos de *Urochloa* sp. vivos foram contados e identificados. A identificação botânica foi realizada em campo, seguindo a classificação Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016) e a confirmação dos nomes das espécies por meio do herbário virtual Flora do Brasil (Reflora, 2020). Além de consulta em bibliografia especializada, foi realizada a verificação em herbários e com especialistas. As espécies foram classificadas quanto: origem (exóticas ou nativas), hábito de vida (arbusto

ou árvore) baseada no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012). Também foram contadas e identificadas todas as espécies do estrato herbáceo regenerantes.

Os dados de cobertura do solo, biomassa, bem como os dados de abundância e riqueza da regeneração natural das espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreas foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade ($p > 0,05$) e Levene para a homogeneidade de variância ($p > 0,05$). Quando os pressupostos não foram atendidos, os dados foram transformados ($\ln + 1$). Em seguida, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Índices fitossociológicos (densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA) e frequência relativa (FR)) foram calculados para avaliação da composição de espécies da regeneração natural das espécies subarbustivas e arbustivas-arbóreas nos tratamentos utilizados (Mueller-Dombois; Ellenberg, 1974). Todas as análises estatísticas foram processadas no Software R (versão 3.6.1).

3 Resultados e Discussão

Na avaliação da cobertura do solo, considerando as quatro variáveis analisadas, apenas Material de abafamento não apresentou diferença significativa no segundo e no terceiro período de monitoramento (três e doze meses). Para as demais variáveis, a ANOVA demonstrou diferença significativa em todos os períodos analisados.

Ao longo de doze meses de experimento se constatou que o tratamento que apresentou maior percentual de cobertura do solo por braquiária foi o T4 (64%), demonstrando que o uso de qualquer uma das biomassas testadas é eficiente no abafamento dessa gramínea exótica invasora. No mesmo período de avaliação, entre as biomassas testadas, o tratamento com Cascas de arroz (T2) foi o que obteve maior percentual de cobertura do solo pela gramínea exótica invasora (28%), diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos T1 (10%) e T3 (16%).

Considerando o percentual de cobertura do solo por Miscelânea (restante da vegetação, descartando braquiária), após doze meses da instalação do experimento, os tratamentos Resíduos lenhosos (T1) e Cascas de arroz (T2) foram os que obtiveram maiores valores (46% ambos). Em contrapartida, o tratamento Espécies de cobertura (T3) apresentou o menor percentual de cobertura do solo por miscelânea (24%), valor inferior ao encontrado até no tratamento controle (30%), demonstrando que a biomassa de espécies de cobertura abafou e prejudicou a regeneração das demais espécies em áreas de pós-controle.

Ao se implementar estratégias que melhoram a resistência a reintrodução da gramínea invasora, visando o retorno da biodiversidade e processos ecossistêmicos que foram afetados (Ziller; Dechoum, 2013) na área do PEQC, identificou-se uma situação ambígua em relação ao tratamento de Espécies de cobertura (T3), pois a estratégia auxilia ao evitar a reintrodução

de braquiária em áreas de pós-controle de maneira satisfatória, também prejudica o surgimento de outras formas de vida nessas áreas, não conseguindo atingir o objetivo principal proposto.

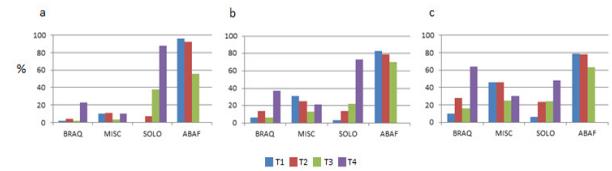
Tokura e Nóbrega (2006), ao estudarem diferentes tipos de espécies de cobertura visando redução de populações de espécies exóticas invasoras, encontraram resultados positivos ao testarem a aveia-preta como estratégia. Esse resultado não corrobora com o encontrado no presente estudo e isto pode ser explicado pelo fato de que, sim, o plantio de espécies de cobertura melhora a fertilidade e biologia do solo, no entanto, com a concentração de nutrientes nos primeiros centímetros do solo há tanto a estimulação da germinação, quanto a deterioração das sementes presentes no banco do solo das demais espécies (Ferreira, 2006).

Outra questão que deve ser levada em consideração é que a partir da introdução de plantas de cobertura, há a preservação da qualidade do ambiente, porém muitas dessas espécies possuem substâncias químicas que, quando liberadas no ambiente podem prejudicar o crescimento e desenvolvimento das demais espécies (Mauli, 2009). Levando em consideração essa informação, a aveia-preta é uma espécie que reduz a população de espécies exóticas invasoras em razão do seu efeito alelopático (Mauli, 2009), faltando estudos para confirmar se sua alelopatia afeta, também, o banco de sementes de espécies nativas presentes no mesmo local. No entanto, não se pode descartar, também, que a própria *Urochloa* sp. possui propriedade alelopática, podendo inibir a germinação de outras espécies, principalmente, quando encontrada em elevadas porcentagens de recobrimento do solo (Souza Filho, 2006).

Ao se compararem os diferentes tipos de materiais de abafamento (biomassas utilizadas), observou-se que o comportamento ao longo do tempo desses diferiu (Figura 1a, 1b e 1c). Enquanto Resíduos lenhosos (T1) e Cascas de arroz (T2) apresentaram redução da cobertura do solo de 17% e 14%, respectivamente, o tratamento de Plantas de cobertura (T3) apresentou um aumento de 7% da cobertura do solo ao longo de onze meses.

Todas as biomassas apresentaram valores positivos na permanência dos seus materiais de abafamento no solo ao longo do tempo, o que é evidenciado quando se analisa a variável “solo exposto”, que apresentou valores baixos nas diferentes biomassas testadas (T1, T2 e T3), diferindo dos elevados valores encontrados no Tratamento Controle em todos os períodos analisados (Figura 1a, 1b e 1c).

Figura 1 - Porcentagens médias das variáveis de cobertura do solo ao longo do tempo em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS: a) período de avaliação 1 mês; b) período de avaliação 3 meses; c) período de avaliação 12 meses



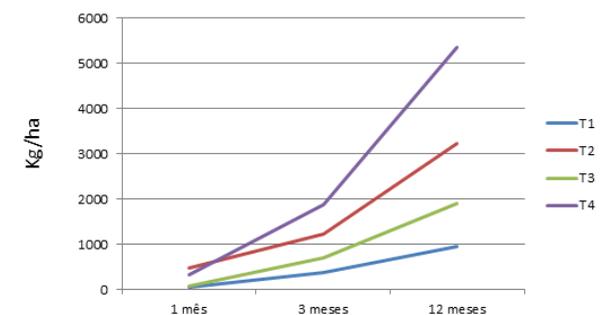
Legenda: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle, BRAQ= porcentagem média da cobertura do solo por *Urochloa* sp., MISC= porcentagem média da cobertura do solo por miscelânea (vegetação regenerante descartando as espécies de braquiárias), SOLO= porcentagem média de solo exposto e ABAF= porcentagem média do material de abafamento.

Fonte: dados da pesquisa.

A partir da análise dos dados foi possível constatar diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos na produção média de biomassa seca para todas as variáveis analisadas nos distintos períodos. De acordo com o teste Tukey, todos os tratamentos (T1, T2 e T3) diferiram significativamente do tratamento controle (T4) e diferiram entre si em todas as variáveis analisadas. Entre os tratamentos testados, o Controle (T4) foi o que obteve maior produção média de biomassa de braquiária de 5.357,44 Kg/ha ao longo de doze meses, seguido pelo tratamento de Cascas de arroz (T2) que também obteve elevado valor médio de 3.220,8 Kg/ha.

Por outro lado, referindo-se ao mesmo período, o tratamento de Resíduos lenhosos (T1) obteve a menor produção média de biomassa de braquiária com valor de 952 Kg/ha. A Figura 2 demonstra o comportamento temporal da produção média de biomassa de braquiária nos diferentes tratamentos testados.

Figura 2 - Produção média de biomassa seca de *Urochloa* sp. ao longo do tempo em área de pós-controle no Parque Estadual Quarta Colônia, RS



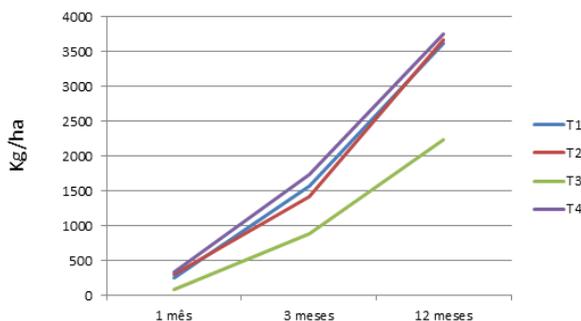
Legenda: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

Fonte: dados da pesquisa.

Em todos os períodos de avaliação, o tratamento de Resíduos lenhosos (T1) foi o mais eficiente no abafamento de braquiária (Figura 2). Além disso, o T1 demonstra favorecer a regeneração natural de outras espécies ao se analisar a

categoria miscelânea (Figura 3) e resistir no recobrimento do solo ao longo do tempo, quando comparado aos outros tratamentos (Figura 4).

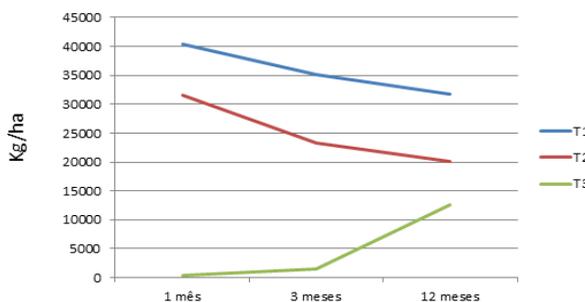
Figura 3 - Produção média de biomassa seca de “miscelânea” ao longo do tempo em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS



Legenda: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

Fonte: dados da pesquisa.

Figura 4 - Representação gráfica da produção média de biomassa seca dos materiais de abafamento ao longo do tempo em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS



Legenda: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

Fonte: dados da pesquisa.

O uso das diferentes biomassas testadas funcionou como barreira à reintrodução de gramíneas exóticas em áreas de pós-controle, expressado pela quantificação da produção média de biomassa de *Urochloa* sp. As gramíneas exóticas invasoras são melhores competidoras do que as espécies nativas, alterando a composição e função dos ecossistemas e, conseqüentemente, prejudicam a sucessão ecológica nessas áreas invadidas (Brooks *et al.*, 2010). Dessa forma, o uso de estratégias que abafem *Urochloa* sp. são usadas em planos de controle, em função da formação da barreira física gerar sombreamento às gramíneas exóticas invasoras C4 (Rodrigues *et al.*, 2009).

Com o uso da biomassa Resíduos Lenhosos (T1), como a estratégia mais eficaz para o abafamento de *Urochloa* sp. e no favorecimento da regeneração de outras espécies, demonstra-se que é possível o reaproveitamento desse material que, muitas vezes, fica sem uma destinação adequada. Segundo Gisi *et al.* (2016), o reaproveitamento de resíduos lenhosos

é uma importante estratégia no que diz respeito à diminuição da extração de recursos naturais e à redução do acúmulo de materiais em lixões e aterros sanitários, levando em consideração que este tipo de resíduo é gerado em abundância e que nem sempre é reaproveitado ou tem um destino correto.

Além da questão de reaproveitamento de material, a estratégia testada de resíduos lenhosos se torna ainda mais viável como solução para a problemática da reintrodução de gramíneas exóticas invasoras em áreas de pós-controle, considerando que, em áreas dominadas pela invasão biológica (com elevada abundância), o uso de técnicas que sejam aplicáveis em larga escala irá permitir o sucesso dos planos de controle e manejo em longo prazo (García Díaz, 2020).

Ao avaliar a cobertura do solo e a quantificação da biomassa se pode concluir que o Tratamento de Resíduos Lenhosos é o mais indicado para cumprir o objetivo deste trabalho, levando em consideração seu desempenho positivo em favorecer a regeneração da vegetação e em abafar a braquiária em área de pós-controle. Estes dois indicadores são de simples mensuração e de fácil entendimento, no entanto, apenas com essas metodologias não se pode identificar quais espécies compõem a categoria “miscelânea”, dessa forma, o levantamento e identificação da regeneração natural vem como metodologia complementar para o entendimento de quantas e quais espécies estão sendo favorecidas com a implementação das diferentes estratégias de biomassas testadas.

Após um ano da instalação do experimento, foram amostrados 392 indivíduos subarbustivos e arbustivo-arbóreos regenerantes, distribuídos em 20 espécies e pertencentes a 10 famílias botânicas. Além disso, foram amostrados 140 indivíduos de *Urochloa* sp. nos distintos tratamentos.

Analisando as variáveis amostradas na regeneração natural, apenas a abundância de braquiária e a abundância de indivíduos subarbustivos e arbustivo-arbóreos exóticos apresentaram diferença significativa quando analisados estatisticamente.

O tratamento que apresentou maiores médias de abundância de braquiária foi o Tratamento controle (T4) com valor de 10,6, seguido pelo Tratamento Cascas de arroz (T2) com 11,4. Essa análise corrobora com os resultados encontrados na análise dos dois indicadores anteriores (cobertura do solo e quantificação de biomassa). Seguindo a mesma linha dos indicadores anteriores, levando em consideração a abundância de indivíduos de braquiária, os tratamentos que apresentaram menores médias foram: Tratamento Resíduos lenhosos (T1) e Espécies de cobertura (T3) com valores de 2,6 e 3,4, respectivamente. No entanto, quando se analisa a abundância de indivíduos subarbustivos e arbustivo-arbóreos exóticos, o T1 destaca-se por apresentar menor média (2,0), diferindo dos demais tratamentos. Por outro lado, salienta-se que o tratamento T2 não apresentou diferença quando comparado ao Tratamento controle, sendo os tratamentos com maiores valores de abundância de indivíduos subarbustivos e arbustivo-arbóreos exóticos (8,8

e 10 respectivamente).

A partir dessa análise é possível constatar que o T1, além de ser eficiente ao evitar novas investidas de braquiária, também é o mais eficaz ao abafar a regeneração de indivíduos

arbustivo-arbóreos exóticos em áreas de pós-controle. As espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreas amostradas e identificadas na regeneração natural, em cada tratamento, estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Ocorrência de espécies regenerantes subarbustivas e arbustivo-arbóreas amostradas por famílias botânicas e classificadas quanto a suas estratégias ecológicas em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após doze meses da instalação do experimento

Família/espécie	T1	T2	T3	T4	O	FV	CS	SD
Anacardiaceae								
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	11	4	7	2	N	A	P	Zoo
Asteraceae								
<i>Austroeupeatorium inulaefolium</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	3	6	2	8	N	Ar	P	Ane
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC	8	11	19	16	N	Ar	P	Ane
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	0	1	0	1	N	Ar	P	Ane
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	3	1	2	2	N	Sub	P	Ane
<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	2	6	5	17	N	Ar	P	Ane
<i>Chromolaena pedunculosa</i> (Hook. & Arn.) R.M.King & H.Rob.	9	9	8	3	N	Ar	P	Ane
Erythroxylaceae								
<i>Erythroxylum myrsinifolium</i> Mart.	1	0	0	0	N	A	St	Zoo
Fabaceae								
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	6	4	7	6	N	A	P	Aut
Malvaceae								
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	3	0	0	1	N	A	Si	Ane
Myrtaceae								
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	1	0	0	N	A	Si	Zoo
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	13	2	11	0	N	A	Si	Zoo
<i>Psidium guajava</i> L.	10	44	25	50	E	A	P	Zoo
Primulaceae								
<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	4	1	0	0	N	A	Si	Zoo
Sapindaceae								
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. Ex Niederl.	1	0	0	3	N	A	Si	Zoo
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk	4	0	0	0	N	A	Si	Zoo
Solanaceae								
<i>Cestrum strigillatum</i> Ruiz & Pav.	2	0	1	1	N	Ar	P	Zoo
<i>Solanum aculeatissimum</i> Jacq.	1	2	0	0	N	Ar	P	Zoo
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	0	0	0	1	N	A	P	Zoo
Verbenaceae								
<i>Lantana</i> sp.	8	6	3	3	N	Sub	P	Aut

Legenda: T1= Tratamento Resíduos lenhosos; T2= Tratamento Cascas de arroz; T3 = Tratamento Espécies de cobertura; T4 = Tratamento Controle; O = origem (N = nativa e E = exótica); FV = forma de vida (Arb = arbustiva e A = arbórea); CS = classe sucessional (Pi = pioneira, Si = secundária inicial, St = secundária tardia); SD = síndrome de dispersão (Zoo = zoocórica, Ane = anemocórica, aut = autocórica).

Fonte: dados da pesquisa.

As famílias que apresentaram maior riqueza de espécie foram: *Asteraceae* (6), *Solanaceae* (3), *Myrtaceae* (3) e *Sapindaceae* (2). As demais apresentaram apenas uma espécie por família.

Entre as vinte espécies amostradas, dezenove foram classificadas como nativas (95%) e uma como exótica (5%). Referindo-se à forma de vida, onze foram classificadas como arbóreas (55%), sete como arbustivas (35%) e duas como subarbustivas (10%). Na classificação de síndrome de dispersão, onze apresentam síndrome de dispersão zoocórica (55%), sete espécies apresentam síndrome de dispersão anemocórica (35%) e duas espécies foram classificadas como autocóricas (10%). E de acordo com o grupo sucessional, foram classificadas: treze Pioneiras (65%), seis secundárias iniciais (30%) e uma secundária tardia (5%).

Analisando os dados da regeneração se pode inferir que a área de estudo apresenta capacidade de se restabelecer quando aplicadas técnicas de manejo, podendo recuperar suas populações, que foram inibidas pela influência de gramíneas exóticas invasoras, sendo que esta capacidade pode ser potencializada com ações que visem o enriquecimento dessas áreas (Miyamura *et al.*, 2019).

Mesmo sendo baixa a porcentagem de espécies exóticas subarbustivas e arbustivas-arbóreas, o número de indivíduos exóticos amostrados é elevado, sendo que todos os indivíduos amostrados são da espécie *Psidium guajava*. Além de ser exótica, essa espécie é classificada como invasora (Hórus, 2021) e demonstra estar colonizando todas as áreas de pós-controle presentes no PEQC. Este fato pode estar associado a certas

características da espécie como: alta capacidade de rebrota, elevada produção de sementes e dispersão zoocórica (Berens, 2008).

De acordo com Miyamura *et al.* (2019), as espécies exóticas invasoras mais abundantes no estrato regenerante têm sucesso, principalmente, por estabelecerem relações com a fauna polinizadora e dispersora local. Dessa forma, recomenda-se que a espécie seja alvo preferencial para ações de manejo, a fim de diminuir a pressão de propágulos e de rebrotas.

A predominância de espécies nativas com síndrome de dispersão zoocórica é um bom indicador para inferir sobre o sucesso da sucessão ecológica nas áreas de pós-controle presentes no PEQC. Segundo Martins (2013), espécies que são atrativas à fauna são as mais recomendadas para a restauração de áreas degradadas, em função do fato dessas espécies servirem como poleiros no estágio adulto, servindo como fonte de alimentos. Além disso, a fauna se desloca a grandes distâncias, espalhando as sementes de outros fragmentos e as dispersando no local e nas áreas ao redor, auxiliando o processo de sucessão.

A dispersão de sementes é considerada um processo propulsor para o desenvolvimento da sucessão ecológica, além disso, o comportamento do animal em transportar as sementes e, então, plantá-las em novos ambientes é de fundamental importância na recuperação de áreas, que não têm banco de sementes e plântulas ativos, o que pode ser o caso de áreas infestadas por gramíneas exóticas invasoras (Reis; Kageyama, 2003).

A predominância de espécies pioneiras pode ser explicada pelo histórico de degradação da área de estudo. O grupo das pioneiras possui ampla capacidade para o desenvolvimento em áreas degradadas e abertas, realidade encontrada no local. Além disso, estas espécies podem produzir grande número de sementes, sendo dispersas tanto por animais, quanto por vetores abióticos, formando um banco de sementes com viabilidade por longos períodos de tempo (Souza, 2015). Espera-se que haja diminuição da porcentagem de espécies pioneiras ao longo do avanço da sucessão ecológica, aumentando assim a porcentagem de espécies não pioneiras e de sub-bosque.

A regeneração natural de espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreas em áreas invadidas ocorre lentamente após as ações de manejo com novas reintroduções das espécies exóticas invasoras (Ogden; Rejmanek, 2005). Dessa forma, pode-se esperar que a sucessão das espécies subarbustivas e arbustivas-arbóreas no PEQC esteja iniciando positivamente e que com o passar do tempo da sucessão a regeneração comece a se manifestar mais satisfatoriamente.

Após calcular os índices fitossociológicos, as espécies com maior densidade para o T1 foram *Psidium cattleianum* (14,11%), seguida por *Schinus terebinthifolia* (12,22%). Já as espécies mais frequentes para T1 foram: *Psidium guajava* e *Peltophorum dubium* com valores de 12,82% e 10,26% respectivamente.

Ao representar a espécie com maior densidade no tratamento mais indicado para abafar a gramínea exótica invasora em área de pós-controle, *P. cattleianum* também serve como indicadora do sucesso da sucessão ecológica presente no local. Uma

espécie Secundária inicial demonstra que já há a formação de um microclima ideal, formado a partir da presença de espécies pioneiras, para o estabelecimento de espécies não pioneiras (Silva *et al.*, 2020).

Além disso, tanto *Psidium cattleianum* quanto *Schinus terebinthifolia* apresentam síndromes de dispersão zoocórica e são consideradas espécies chaves para a restauração de áreas degradadas, ou seja, espécies chaves que facilitam o retorno dos processos ecológicos, por conterem frutos e flores atrativos à fauna (Davide *et al.*, 2015). Nesse sentido, Silva *et al.* (2019), ao estudar o potencial de diferentes espécies para a restauração ecológica em matas ciliares na Mata Atlântica do Rio Grande do Sul, concluíram que entre dez espécies, *Psidium cattleianum* e *Schinus terebinthifolia* foram as duas primeiras a apresentarem padrões fenológicos de frutificação e floração, evidenciando o quanto essas espécies podem auxiliar na sucessão ecológica e retorno de processos e serviços ecossistêmicos em áreas invadidas.

Espécies que têm uma permanência elevada de floração e frutificação ao longo do ano são consideradas de grande relevância para a dinâmica das populações e para a própria sobrevivência das espécies, além de auxiliarem no retorno dos processos ecológicos (Homen, 2011). A espécie *S. terebinthifolia* possui resultados satisfatórios e promissores sob o contexto da restauração, além de ser amplamente utilizada e indicada em projetos de restauração ecológica em ambientes florestais no estado do Rio Grande do Sul (Piaia *et al.*, 2020, 2021, Procknow *et al.*, 2023).

Por outro lado, nos tratamentos Cascas de arroz (T2), Espécies de cobertura (T3) e Tratamento Controle (T4), a espécie com maior densidade e frequência relativas foi *Psidium guajava*. A espécie é considerada exótica invasora com distribuição global (Richardson; Rejmanek, 2011), sendo listada na Base Nacional de Espécies Exóticas Invasoras no Brasil (Instituto Hórus, 2021). A espécie tem como características rápido crescimento, rusticidade, colonização de áreas abertas a pleno Sol, além da capacidade de alterar a composição da comunidade e, inclusive, as propriedades do solo (Ruwanza; Dondofema, 2019). A razão desta espécie ser tão presente nas áreas de pós-controle do PEQC pode ser explicada, principalmente, pela capacidade de rebrota, alta produção e formação de banco de sementes e dispersão zoocórica (Berens, 2008; Kawawa *et al.*, 2016).

Dessa forma, fica evidente a diferença do Tratamento Resíduos Lenhosos em relação aos demais tratamentos, quando analisada a composição da regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas. Com esta análise se pode confirmar que o melhor tratamento para o favorecimento da sucessão ecológica, em áreas de pós-controle de braquiária, bem como para o impedimento de novas investidas da gramínea exótica invasora é o T1. Referindo-se ao estrato herbáceo, após um ano da instalação do experimento, foram amostrados 2.122 indivíduos regenerantes, distribuídos em 40 espécies e pertencentes a 17 famílias botânicas (Quadro 2).

Quadro 2 - Ocorrência de espécies regenerantes do estrato herbáceo amostradas por famílias botânicas e classificadas quanto à origem em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento

Família/Espécie	T1	T2	T3	T4	O
Acanthaceae					
<i>Ruellia</i> sp.	2	0	0	0	N
Apiaceae					
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	3	2	4	7	E
<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) Sprague ex Britton & P.Wilson	10	10	10	107	N
<i>Eryngium elegans</i> Cham. & Schtdl.	0	12	3	13	N
Asteraceae					
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	0	0	0	14	N
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	0	0	12	0	N
<i>Bidens pilosa</i> L.	0	2	4	5	E
<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Pol.	8	0	2	2	N
<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	0	0	0	1	N
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	0	12	14	2	N
<i>Hypochaeris</i> sp.	0	0	3	1	N
<i>Mikania cordifolia</i> (L.f.) Willd	5	2	16	9	N
<i>Orthopappus angustifolius</i> (Sw.) Gleason	0	0	1	0	N
<i>Porophyllum ruderales</i> (Jacq.) Cass.	1	0	5	7	N
<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less	0	0	2	2	N
<i>Solidago chilensis</i> Meyen	46	46	12	32	N
Asparagaceae					
<i>Asparagus setaceus</i> (Kunth) Jessop	0	0	0	3	E
Commelinaceae					
<i>Commelina</i> sp.	0	0	0	13	N
Convolvulaceae					
<i>Dichondra sericea</i> Sw	153	148	19	140	N
<i>Ipomea</i> sp.	24	40	39	47	N
Cyperaceae					
<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.) Endl.	2	9	10	19	N
<i>Cyperus sesquiflorus</i> (Torr.) Mattf. & Kuk.	3	0	6	2	N
Fabaceae					
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	81	93	37	99	N
Iridaceae					
<i>Sisyrinchium</i> sp.	2	2	0	1	N
Lamiaceae					
<i>Ocimum</i> sp.	17	11	13	12	N
Malvaceae					
<i>Sida rhombifolia</i> L.	0	8	3	8	N
Oxalidaceae					
<i>Oxalis</i> sp.	16	8	20	24	N
Piperaceae					
<i>Piper</i> sp.	2	0	0	0	N
Plantaginaceae					
<i>Plantago tomentosa</i> Lam.	1	1	1	11	N
Poaceae					
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv.	9	20	1	59	E
<i>Eustachys distichophylla</i> (Lag.) Nees	1	0	0	5	N
<i>Paspalum umbrosum</i> Trin.	1	23	4	13	N
<i>Saccharum angustifolium</i> (Nees) Trin.	2	6	5	2	N
<i>Schizachyrium microstachyum</i> (Desv. ex Ham.) Roseng., B.R.Arrill. & Izag.	11	37	23	3	N
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelen	6	30	0	18	N
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	10	46	12	42	E
<i>Urochloa humidicola</i> (Rendle) Morrone & Zuloaga	3	11	5	12	E
<i>Zoysia japonica</i> Steud.	0	6	29	0	E
Rubiaceae					
<i>Galianthe brasiliensis</i> (Spreng.) E.L.Cabral & Bacigalupo	3	2	11	3	N
Verbenaceae					
<i>Verbena</i> sp.	4	14	14	20	N

Legenda: T1= Tratamento Resíduos lenhosos; T2= Tratamento Cascas de arroz; T3 = Tratamento Espécies de cobertura; T4 = Tratamento Controle; O = origem (N = nativa e E = exótica).

Fonte: dados da pesquisa.

As famílias que apresentaram maior riqueza de espécies herbáceas foram: *Asteraceae* (12), *Poaceae* (9), *Apiaceae* (3), *Cyperaceae* (2) e *Convolvulaceae* (2). As demais apresentaram apenas uma espécie por família.

Entre as quarenta espécies amostradas, trinta e três foram classificadas como nativas (82,5%) e sete como exóticas (17,5%).

As duas famílias mais representativas presentes na regeneração natural do estrato herbáceo são responsáveis por importantes serviços ecossistêmicos, devido a certas características, como: alta capacidade de regeneração em áreas antropizadas, conservação dos solos frágeis, manutenção da biodiversidade e, ainda, o fornecimento de alimento à fauna (Boldrini, 2009). Essas famílias são geralmente compostas por espécies pioneiras, que produzem elevado número de sementes durante o ano, além de apresentarem longo período de dormência no solo como estratégia de sobrevivência (Costa *et al.*, 2020). Na mesma região, estudos anteriores demonstram a presença predominante destas famílias no banco de sementes do solo (Piaia *et al.*, 2017; Procknow *et al.*, 2023).

A composição do estrato herbáceo amostrado é composta por grande parte de espécies consideradas espontâneas e/ou ruderais. Estas espécies desempenham importante papel na restauração de ecossistemas degradados, pois são as primeiras espécies a se estabelecerem e realizam a cobertura inicial do solo (Deprá, 2018). Além disso, a elevada abundância de espécies ruderais presentes na sucessão ecológica da área de estudo beneficia o retorno de um processo ecológico importantíssimo, a polinização. Se isso acontecesse, auxiliariam na manutenção de polinizadores fornecendo recursos o ano todo aos habitats. Dessa forma, haverá recursos para os polinizadores chegarem até a área degradada e, com o tempo, polinizam espécies de outros estratos (Fragoso, 2014).

De acordo com Hummel (2019), que estudou a importância das espécies ruderais na restauração florestal no Bioma Mata Atlântica, com o passar da sucessão ecológica, estas espécies deixaram de existir, mas não antes de atraírem a fauna, aumentarem a biomassa e matéria orgânica presentes no solo, melhoram o microclima, potencializando a sucessão e auxiliando no retorno dos processos ecológicos dessas áreas.

4 Conclusão

Planejar e traçar estratégias que reduzam a recolonização de gramíneas exóticas invasoras em áreas de pós-controle se tornam ações de suma importância para que haja a potencialização da sucessão ecológica dessas áreas.

A partir do cenário encontrado de novas investidas de braquiária, mesmo após o fim da execução das ações de manejo e controle na área de estudo, permite concluir que o uso de estratégias de biomassa é eficiente tanto no abafamento da gramínea exótica invasora, quanto no favorecimento da sucessão ecológica de espécies nativas. Sendo identificado por este estudo que o tratamento mais eficaz foi tratamento “Resíduos lenhosos” (T1).

Referências

- ALVARES, C.A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift.*, v.22, n.6, p.711-728, 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- APG IV - Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linnean Soc.*, n.181, p.1-20, 2016.
- ASSIS, G.B. *et al.* Effectiveness and costs of invasive species control using different techniques to restore cerrado grasslands. *Rest. Ecol.*, v.29, n.1, 2021. doi: 10.1111/rec.13219.
- BAPTISTELLA, J.L.C. *et al.* *Urochloa* in Tropical Agroecosystems. *Front. Sust. Food Syst.*, v.4, p.119. 2020. doi: 10.3389/fsufs.2020.00119.
- BERENS, D.G. *et al.* Exotic guavas are foci of forest regeneration in Kenyan farmland. *Biotropica*, v.40, n.1, p.104-112, 2008. doi: 10.1111/j.1744-7429.2007.00338.x
- BOLDRINI, I.L. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V.P. *et al.* (Ed). Campos Sulinos. Brasília: MMA, 2009. p.63-77.
- BOOTH, D.T.; COX, S.E.; BERRYMAN, R.D. Point sampling digital imagery with ‘SamplePoint’. *Environ. Monitor. Assessment*, v.123, n.1, p.97-108, 2006.
- BROOKS, K.J. *et al.* Exotic grass invasions: Applying a conceptual framework to the dynamics of degradation and restoration in Australia's tropical savannas. *Rest. Ecol.*, v.18, n. 2, p.188-197. 2010. doi:10.1111/j.1526-100X.2008.00470.x.
- BROSSARD, M.; BARCELLOS, A.O. Conversão do Cerrado em pastagens e cultivadas e funcionamento de latossolos. *Cad. Ciênc. Tecnol.*, v. 22, n.1, p.153-168, 2005. doi: 10.35977/0104-1096.cct2005.v22.8694.
- CLAVEL, P.S. Áreas vulnerables a invasión de gramíneas exóticas invasoras em México en escenarios climáticos actuales y futuros. México: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2021.
- COSTA, P.F. *et al.* O Banco de sementes do solo em áreas restauradas no sul do estado do Mato Grosso do Sul – MS. *Ciênc. Flores.*, v.30, n.1, p.104-116. 2020. doi: doi.org/10.5902/1980509832896.
- CEZIMBRA, L.D. *et al.* Invasão por gramíneas exóticas em campos sobre paleodunas: efeitos na diversidade florística. *Oecol. Aust.*, v.25, n.4, p.821-833, 2021. doi: 10.4257/oeco.2021.2504.03.
- DAVIDE, A.C. *et al.* Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. In: Davide, A.C; Botelho, S.A. Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais. Lavras: UFLA, 2015. p.181-274.
- DIAGNE, C. *et al.* High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature*, v.592, p.571-576, 2021.
- DEPRÁ, M.S. Interações plantas-visitantes florais em áreas de restinga: estrutura e redes ecológicas. Rio de Janeiro: UENF, 2018.
- FERREIRA, O.G.L. Ecofisiologia da regeneração de espécies espontâneas do banco de sementes do solo em campo nativo submetido a diferentes sistemas de cultivo. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2006.
- FRAGOSO, F.P. Restabelecimento das interações entre plantas e visitantes florais em áreas restauradas de Floresta Estacional Semidecidual. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2014.

- GARCÍA DÍAZ, M. Detección de especies potencialmente toxígenas de *Aspergillus* y *Fusarium* en maíz y avena. Diseño de nuevas estrategias sostenibles para su control. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2020.
- GISI, S. *et al.* Characteristics and adsorption capacities of low-cost sorbents for wastewater treatment: a review. *Sust. Mat. Technol.*, v.9, p.10-40, 2016. doi: 10.1016/j.susmat.2016.06.002.
- HOMEN, M.N.G. Padrões fenológicos em ecossistemas em processo de restauração e em fragmento florestal vizinho. Botucatu: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2011.
- HUMMEL, R.B. Para além do dossel: restauração florestal baseada em processos ecológicos. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2019.
- IPBES - Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Bonn: IPBES secretariat, 2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais técnicos em geociências: manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, 2012.
- INSTITUTO HÓRUS. Base de dados de espécies exóticas invasoras do Brasil. Florianópolis: Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, 2021.
- KAWAWA, R.C.A. *et al.* Allelopathic potential of invasive *Psidium guajava* L., against selected native tree species in Kakamega Tropical Forest, Western Kenya. *J. Pharm. Biol. Sci.*, v.11, n.5, p.80-86, 2016.
- MALLMANN, C. Ações de manejo e controle de plantas exóticas invasoras no parque estadual quarta colônia. Porto Alegre: SEMA, 2018.
- MAULI, M.M. Manejo da cultura da sola e plantas invasoras sob cobertura vegetal de aveia preta, ervilhaca comum e nabo forrageiro. Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2009.
- MARTINS, S.V. *et al.* Uma abordagem sobre a diversidade e técnicas de restauração ecológica. In: MARTINS S.V. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. Viçosa: UFV, 2015. p.19-41.
- MIYAMURA, F.Z. *et al.* Influência de espécies exóticas invasoras na regeneração natural de um fragmento florestal urbano. *Sci. Plena*, v.15, n.8, 2019. doi: 10.14808/sci.plena.2019.082401.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Aims and methods of vegetation ecology. *Wiley.*, p.1974. doi: 10.2307/213332.
- OGDEN, J.A.E.; REJMANÉK, M. Recovery of native plant communities after the control of a dominant invasive plant species, *Foeniculum vulgare*: implications for management. *Biol. Conserv.*, v.125, p.427-439. 2005. doi: 10.1016/j.biocon.2005.03.025.
- PIAIA, B.B. *et al.* Análise do banco de sementes visando estratégia de transposição para a restauração ecológica no Rio Grande do Sul. *Floresta*, v.47, n.3, p.221-228, 2017.
- PIAIA, B.B. *et al.* Natural regeneration as an indicator of ecological restoration by applied nucleation and passive restoration *Ecol. Eng.*, 2020. doi: 10.1016/j.ecoleng.2020.105991.
- PIAIA, B. B. *et al.* Avaliação de indicadores ecológicos na restauração por plantio em núcleo com diferentes idades. *Ciênc. Florestal*, v.31, n.3, p.1512-1534, 2021. doi: 10.5902/1980509848105.
- PIAZZA, E. Levantamento fitossociológico e etnobotânico como ferramenta para o uso sustentável e conservação dos recursos florestais. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
- PIJL, V.D. Principles of dispersal in higher plants. New York: Springer-Verlag, 1982.
- PRADO, D.A.; MALLMANN, C.; PEREIRA FILHO, W. Índice de vegetação por diferença normalizada para caracterização da dinâmica florestal no parque estadual Quarta Colônia, estado do Rio Grande do Sul – Brasil. *Rev. Bras. Geog. Fis.*, v.8, n.5, 2015. doi: 10.5935/1984-2295.20150080
- PROCKNOW, D. *et al.* Potential for natural regeneration in ecological restoration areas in the pampa: what does the soil seed bank tell us? In: FELSEMBURGH, C.A. (Org.). *Innovate: Engenharia Florestal*. Ponta-Grossa: Atena, 2023. p.27-39.
- PROCKNOW, D. *et al.* Monitoring ecological restoration of riparian forest: Is the applied nucleation effective ten years after implementation in the Pampa? *Ecol. Eng.*, 2023. doi: 10.1016/j.foreco.2023.120955
- PYŠEK, P. *et al.* Scientists' warning on invasive alien species. *Biol. Rev.*, v.95, n.6, p.1511-1534, 2020.
- RIBEIRO, G.F.O.D. Invasões por gramíneas africanas e restauração de formações abertas de cerrado: uma abordagem de modelo de estado-e-transição. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2022.
- RICHARDSON, D.M.; REJMANÉK, M. Trees and shrubs as invasive alien species – a global review. *Diver. Distrib.*, v.17, p.788-809, 2011. doi: 10.1111/j.1472-4642.2011.00782.x.
- REIS, A.; KAGEYAMA, P.Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P.Y. *et al.* Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2003. p.91-110.
- REFLORA. Flora do Brasil 2020. Disponível em: <<https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP>>. Acesso em: 23 fev. 2023.
- RODRIGUES, R.R. *et al.* On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biol. Conserv.*, v.142, p.1242-1251, 2009. doi: 10.1016/j.biocon.2008.12.008.
- ROVEDDER, A.P.M. *et al.* Natural regeneration in a conservation unit: subsidy for restoration actions. *Floresta Amb.*, v.25, p.1-10. 2018. doi: 10.1590/2179-8087.082117.
- RUWANZA, S.; DONDOFEMA, F. Effects of exotic guava (*Psidium guajava* L.) invasion on soil properties in Limpopo, South Africa. *Afr. J. Ecol.*, p.1-9, 2019.
- SCHMIDT, A.D.; CASTELLANI, T.T.; DECHOUM, M.S. Biotic and abiotic changes in subtropical seasonal deciduous forest associated with invasion by *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae). *Biol. Invasions*, v.22, p.293-306, 2020.
- SILVA, M.P.K.L.D. *et al.* Desenvolvimento inicial e fenologia em núcleos de restauração no bioma Mata Atlântica, Sul do Brasil. *Rev. Bras. Ciênc. Agr.*, v.14, 2019. doi: 10.5039/agraria.v14i1a5612.
- SILVA, L.G. *et al.* Florística, fitossociologia e caracterização ecológica numa área de capoeirão do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco. *Braz. J. Develop.*, v.6, n.6, p.34519-34540, 2020. doi: 10.34117/bjdv6n6-118.
- SOUZA FILHO, A.P. Alelopatia e as plantas. Belém: Embrapa, 2006.
- SOUZA, J.C. Regeneração natural da comunidade arbórea da

Floresta Ombrófila Densa Montana do Parque Estadual da Serra Furada, Sul de Santa Catarina, Brasil. Criciúma: Unesc, 2015.

TOKURA, L.K.; NÓBREGA, L.H.P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. *Acta Sci. Agron.*, v.28, n.3, p.379-384. 2006

VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. O melhoramento

de forrageiras tropicais no Brasil. *Ceres*, v.5, n.4, p.460-472, 2009.

ZILLER, S.R.; DECHOUM, M.D.S. Plantas e vertebrados exóticos invasores em unidades de conservação no Brasil. *Biodivers. Bras.*, v.3, n.2, p.4-31, 2013. doi: 10.37002/biobrasil.v%025vi%25i.328.