

Pelotas, RS / Abril, 2024

Método ecológico de avaliação da ocorrência de plantas daninhas em áreas de terras baixas do Sul do Brasil

Germani Concenção⁽¹⁾, André Andres⁽¹⁾, Leandro Galon⁽²⁾, Thais Stradioto Melo⁽³⁾, Laryssa Barbosa Xavier da Silva⁽⁴⁾, Nathalia Dalla Corte Bernardi⁽³⁾ e Alexandre Ferreira da Silva⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Pesquisadores, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. ⁽²⁾ Professor, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS. ⁽³⁾ Estudantes de doutorado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. ⁽⁴⁾ Estudante de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, RS.

Introdução

A região Sul do Brasil é tida como uma das potências da agricultura nacional, destacando-se pela produção em alta escala de grãos, principalmente arroz e soja (Conab, 2024). Nos sistemas de produção do Rio Grande do Sul, por exemplo, áreas de terras baixas são comuns e altamente produtivas, sendo tradicionalmente utilizadas para o cultivo de arroz irrigado. O termo terras baixas representa áreas planas com solos de caráter hidromórfico, com camada superficial pouco profunda, o que resulta em ambiente com ineficiente drenagem e umidade excessiva.

O aumento da ocorrência de plantas daninhas em arrozais de terras baixas é caracterizado principalmente pelo fato de o arroz irrigado ser – até recentemente – a única cultura cultivada nessas áreas. Mesmo com a inserção de outras culturas no sistema de rotação, como a soja, as condições edafoclimáticas regionais, como temperatura e luminosidade, aliadas à alta umidade do solo, favorecem o crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas, principalmente aquelas adaptadas às condições de alagamento (Andres et al., 2013). Assim, o levantamento fitossociológico da comunidade infestante é fundamental, uma vez que auxilia na tomada de decisão (como e quando agir) em relação ao manejo de plantas daninhas no sistema de produção (Batista et al., 2014).

No âmbito da ecologia, um levantamento fitossociológico consiste em um conjunto de métodos de avaliação que busca fornecer uma visão abrangente, tanto da composição quanto da distribuição de espécies de plantas em uma determinada comunidade vegetal (Figura 1). Esse tipo de estudo oferece dados valiosos sobre a dinâmica ecológica dos ecossistemas, permitindo a compreensão aprofundada das interações entre as plantas e o ambiente que as cerca (Forte et al., 2018; Costa et al., 2019; Melo et al., 2019; Vieira et al., 2023). Esses métodos foram originalmente desenvolvidos para descrever comunidades vegetais relativamente estáveis e sólidas, como florestas e áreas sem influência antropogênica (Pandeya et al., 1968; Kent, 2012). No entanto, vêm sendo amplamente aplicados em estudos de sistemas agrícolas, para verificar a importância de cada espécie de planta daninha infestante de uma determinada cultura, bem como a de delimitar espécies que ocorrem usualmente agrupadas. Isso permite a otimização da escolha do método de manejo a ser aplicado, com maior precisão. Porém, os métodos fitossociológicos usuais não devem ser diretamente adotados em áreas cultivadas, sob risco de inexatidão das informações, uma vez que foram pensados para ambientes não agrícolas (Silva, 2022), em que se trata de sistemas invariáveis,



Figura 1. Infestação mista de plantas daninhas em terras baixas, onde o método fitossociológico auxilia na compreensão mais abrangente da dinâmica das espécies daninhas.

Ecologicamente, o tipo de espécie vegetal ocorrente em uma área depende primariamente – mas não exclusivamente – das naturezas e intensidades dos estresses e distúrbios que ocorrem no local (Tabela 1). Os estresses são fenômenos externos que limitam a produção, como excesso ou falta de radiação solar, de água ou de nutrientes. O distúrbio, por outro lado, pode ser compreendido como a alteração parcial ou total do ambiente ou da biomassa da planta, como, por exemplo, pelo fogo, roçadas ou mesmo a aplicação de herbicidas de amplo espectro de ação, principalmente aqueles que têm prolongado efeito residual no solo (Radosevich et al., 2007).

Tabela 1. Estratégia evolucionária de plantas em função dos níveis ambientais de distúrbio e estresse.

Intensidade do distúrbio	Intensidade do estresse	
	Alto	Baixo
Alto	Mortalidade	Ruderais
Baixo	Tolerantes ao estresse	Competidoras

Fonte: Adaptado de Radosevich, Holt e Ghersa (2007).

No contexto das mudanças na comunidade vegetal, após um estresse severo, a área pode ficar praticamente sem cobertura vegetal e surgem as plantas ruderais nas primeiras fases da sucessão ecológica; essas dirigem os recursos à reprodução e ocupação da área. As ruderais então começam a se decompor, depositando matéria orgânica e nutrientes no solo, criando uma cobertura vegetal de massa vegetal viva ou morta, criando as bases para o próximo passo da sucessão, com as plantas competidoras. Essas são hábeis em obter o recurso de que necessitam e/ou utilizam mais eficientemente,

e constituem a maioria das plantas daninhas de importância econômica.

As plantas predominantemente tolerantes ao estresse, em termos gerais, somente são plantas daninhas importantes quando apresentam, concomitantemente, forte componente competitivo. Existem mais plantas competidoras do que plantas ruderais em ambientes com grande influência antropogênica, como as lavouras; esse ambiente é propício ao desenvolvimento vegetal, sendo que as competidoras já sementaram abundantemente em safras anteriores. É evidente que, se o produtor almeja elevada produtividade da sua lavoura, terá que atenuar os estresses, fornecendo níveis adequados de recursos como água e nutrientes, e também deverá controlar os distúrbios, por exemplo, definindo a época das arações, gradagens ou aplicações de herbicidas. A sementeira de plantas de cobertura nas entressafras, para que o solo permaneça descoberto pelo menor tempo possível, colabora para reduzir a germinação de plantas daninhas.

Para compreender a aplicabilidade de levantamentos fitossociológicos como ferramenta para a ciência de plantas daninhas, e as devidas adaptações para que se apliquem a ambientes com grande influência antropogênica, é necessário entender suas bases ecológicas e escolher os métodos mais adequados. Áreas com uso agrícola apresentam um grupo relativamente distinto de fatores seletivos, quando comparadas a comunidades vegetais nativas. A operação de aração ou a aplicação de herbicidas tornam-se fatores de seleção mais poderosos e instantâneos do que a maioria dos fatores encontrados em uma floresta natural ou área não perturbada (Frenedoso-Soave, 2003; Malik et al., 2007).

Método de levantamento

O primeiro passo é o levantamento da ocorrência das plantas daninhas no campo. A composição de espécies de um ambiente representa a tipificação da comunidade vegetal ou a classificação das comunidades vegetais num sistema (Dengler et al., 2008). Embora a literatura na área de plantas daninhas faça referência constante ao método do quadro-inventário (ou Braun-Blanquet), na verdade o método adotado é o dos **quadrados aleatórios** (Barbour et al., 1998). Esse método consiste em encontrar subjetivamente padrões dentro da comunidade a ser amostrada e realizar a amostragem de maneira a não favorecer um padrão específico (Pandeya et al., 1968). Isso significa que, para que os dados sejam os mais confiáveis possíveis, pode

ser necessário que a amostragem tenha que ser feita de maneira pré-determinada. Esses padrões podem consistir em regiões com características distintas (como solo úmido oposto a solo seco), com maior adubação ou com uso distinto em anos anteriores. Em lavouras de plantas perenes, todos os lados da planta devem ser contemplados na avaliação.

Além disso, o sistema de cultivo pode influenciar a população de plantas daninhas, pois cada sistema tem características específicas que podem, ou não, favorecer o desenvolvimento das espécies infestantes. Por exemplo, o sistema pré-germinado de cultivo de arroz induz uma predominância de plantas daninhas aquáticas. Em contraste, o sistema convencional de cultivo, em comparação com o plantio direto, apresenta densidades menores de plantas daninhas (Ulguim et al., 2018).

Além da identificação correta dos padrões, a precisão empírica desse método também depende do número e tamanho dos quadrados individuais utilizados para a amostragem (Pandeya et al., 1968). Algumas considerações para áreas cultivadas podem ser destacadas (Barbour et al., 1998): (1) a forma da amostra deve ser preferencialmente quadrada; isso tornará a amostragem menos propensa a seguir um padrão específico (por exemplo, entre linhas de cultivo); e (2) o tamanho do quadrado deve ser suficiente para diluir o efeito de borda – decidir se as plantas próximas à borda estão dentro ou fora do quadrado. Greig-Smith (1964) afirma que o tamanho do quadrado amostral deve ser pelo menos o dobro da extensão média do dossel da maior espécie. Considerando-se culturas anuais, um quadrado com 0,5 m de lado (0,25 m²) é adequado para a maioria das situações.

Amostragem

A amostragem pode ser realizada por meio do espaçamento uniforme, no entanto esse método requer conhecimento prévio da área e planejamento prévio das localizações a serem amostradas. Esse requisito geralmente não é problema para áreas cultivadas, sendo os quadrados igualmente distribuídos na área (Figura 2A). A amostragem por distribuição aleatória implica uma escolha completamente ao acaso das localizações a serem amostradas, o que aumenta a possibilidade de não se detectar espécies raras ou então aquelas de alta densidade, mas que não são frequentes (esse problema será abordado posteriormente). Podem ocorrer,

ainda, grandes lacunas de áreas de uniformidade desconhecida (zonas cinzas na Figura 2B) sem amostragem.

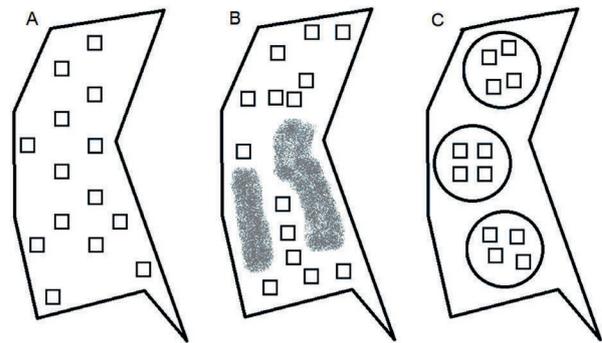


Figura 2. Distribuição dos pontos amostrados em uma área hipotética: (A) distribuição com espaçamento uniforme, (B) distribuição aleatória, e (C) distribuição por zonas características.

A amostragem aleatória por zonas características consiste em realizar o levantamento em subáreas previamente definidas com características distintas entre si, escolhendo aleatoriamente as localizações a serem amostradas dentro de cada zona. Nesse método, o número de quadrados a ser amostrado em cada zona dependerá da proporção da área total que ela representa (Figura 2C). Por exemplo, em pastagens sob pastejo, os animais tendem a se concentrar durante a noite em locais específicos, onde a maioria das fezes (e sementes de algumas plantas daninhas) tende a se concentrar. Se a área noturna representar cerca de 15% do total, apenas ~15% dos quadrados devem ser amostrados dentro dessa área. Na análise dos dados essas zonas diferenciais podem inclusive ser consideradas separadamente, como se fossem tratamentos de um experimento.

Independentemente do tipo de amostragem, deve-se **ter em mãos um caderno de campo e, em cada quadrado, contabilizar as plantas de cada espécie, e a área de cobertura de solo que aproximadamente ocupam**. Essas duas informações serão a fonte das estimativas de três parâmetros fitossociológicos: densidade, frequência e cobertura das espécies (Gurevitch et al., 2009). Densidade é o número de plantas enraizadas em cada quadrado amostral. Frequência é a proporção de quadrados que contêm pelo menos um indivíduo enraizado de uma determinada espécie. Cobertura é o percentual da área amostral que é ocupada por cada espécie – esse valor pode ser superior a 100% na planilha de campo, pois as espécies se sobrepõem (Figura 3). O método fará as devidas correções nos cálculos posteriormente.

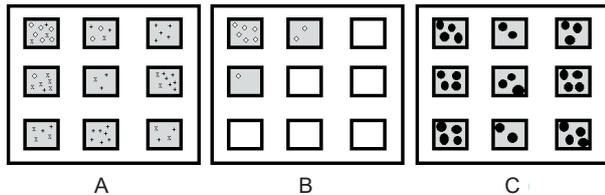


Figura 3. Ilustração da (A) densidade, (B) frequência e (C) cobertura de espécies durante as amostragens.

O método fitossociológico padrão não adota a cobertura, mas a dominância das espécies como o terceiro parâmetro a ser calculado para estimar o valor de importância da espécie como daninha. Essa é uma característica de difícil determinação e que demanda muita mão de obra.

A área de solo coberta pela parte aérea de uma planta é denominada “cobertura” (Barbour et al., 1998); ela determina, majoritariamente, o acesso da espécie à luz solar e o sombreamento resultante sobre as demais espécies em estratos mais baixos da vegetação (Pandeya et al., 1968; Radosevich et al., 2007). A área de solo coberta por determinada espécie é usada, portanto, para expressar sua dominância sobre as demais; quanto maior a cobertura, maior a dominância da espécie Greigh-Smith, 1964; Pandeya et al., 1968; Gurevitch et al., 2009; Kent, 2012).

A cobertura da espécie pode ser avaliada por meio do julgamento visual quanto à proporção que as plantas daquela espécie ocupam na área amostral, enquanto a dominância requer a coleta das plantas para posterior aferição da massa seca, para haver mais precisão (Barbour et al., 1998). Assim, a avaliação da dominância demanda consideravelmente mais mão de obra do que a avaliação da cobertura, embora ambas estejam correlacionadas. Os dados e observações de campo mostraram que, para áreas cultivadas, a cobertura cumpre adequadamente o papel como o terceiro parâmetro a ser analisado na estimativa do valor de importância, substituindo com adequada consistência a dominância da espécie.

Análise dos dados

Com as informações acerca do número de exemplares de cada espécie em cada quadrado amostrado, bem como a estimativa da área que ocupam, segue-se para a parte dos cálculos, que pode ser toda realizada em um editor de planilhas, como o LibreOffice Calc ou outro software similar.

• Índices fitossociológicos

$$rDe = \frac{I}{RI} * 100$$

$$rFr = \frac{Q}{tQ} * 100$$

$$rCo = \frac{Co}{tCo} * 100$$

$$IV = \frac{rDe + rFr + rCo}{3}$$

Onde:

rDe = densidade relativa (%);

rFr = frequência relativa (%);

rCo = cobertura relativa (%);

IV = valor de importância relativa (%);

I = número de indivíduos da espécie “x” no quadrado;

RI = número total de indivíduos (todas as espécies) no quadrado;

Q = número de quadrados avaliados na área em que a espécie “x” está presente;

tQ = número total de quadrados avaliados na área;

Co = área aproximada do quadrado ocupada pelos indivíduos da espécie “x”;

tCo = cobertura total (pode ser maior que 100%) de plantas daninhas na área do quadrado;

IV = valor de importância relativa (%).

O valor de importância (IV) fornece uma métrica composta, que leva em consideração os três parâmetros mencionados, permitindo avaliação holística da importância de cada espécie de planta daninha na comunidade. Mais uma alteração na metodologia usual deve ser feita: no método original o IV não é obtido em base percentual (%), mas sim em base 300 (trezentos), o que torna o resultado sem sentido prático, considerando-se que se almeja estimar o percentual do problema com plantas daninhas na área, atribuído a determinada espécie em particular. Assim, recomenda-se cautela ao interpretar resultados de trabalhos publicados que estejam em base 300.

Teoricamente, a espécie com maior IV é aquela que apresenta maior capacidade na exploração dos recursos disponíveis em seu habitat (Kent, 2012). A análise de cada parâmetro que compõe o IV possibilita a compreensão da dinâmica da espécie no ambiente, sua distribuição agrupada ou dispersa, e também reflete na capacidade de acúmulo de biomassa, fornecendo informações sobre densidade populacional, distribuição espacial e a extensão alcançada pela população, em comparação com outras espécies (Dengler et al., 2008).

A interpretação dos índices fitossociológicos para fins agropecuários pode ocorrer de formas distintas, quando comparada a ambientes nativos, devido ao fato de que nas lavouras algumas espécies lidam melhor com o estresse e o distúrbio que outras. Em termos práticos, embora ainda não consolidado pelos dados coletados até o momento, propõe-se planejar o controle de espécies densas, preferencialmente em pré-emergência, das espécies menos frequentes, por meio de aplicações ou práticas de manejo localizadas, e das com maior cobertura de dossel em pós-emergência, evitando que acumulem massa e dominem a lavoura.

Diversidade e sustentabilidade

O índice de diversidade é destinado a compreender a variedade de indivíduos de uma determinada população, permitindo inferências sobre uma comunidade de plantas, específica em termos tanto do número de espécies encontradas quanto do equilíbrio no número de indivíduos entre as espécies (Barbour et al., 1998). Para áreas cultivadas, propõe-se escolher os índices de diversidade de Simpson (D) e de Shannon-Weiner (H') dentre tantos outros, em função da mais fácil interpretação prática de seus resultados.

O índice de Simpson (D) relaciona a probabilidade de dois indivíduos, selecionados aleatoriamente em uma comunidade infinitamente grande, pertencerem a espécies diferentes, considerando-se mais a densidade das espécies na amostra e sendo menos sensível à riqueza de espécies. Por outro lado, o índice de Shannon-Weiner (H') é mais sensível à ocorrência de espécies raras, em que os erros de amostragem podem ser mais pronunciados (Simpson, 1949; Barbour et al., 1998), e muito útil para prever alterações que estão se iniciando na comunidade daninha da área. O coeficiente de sustentabilidade de Shannon-Weiner (SEP), por sua vez, tem

a rara habilidade de possibilitar inferências quanto à sustentabilidade de sistemas produtivos a partir de dados estáticos, devido a uma série de características, conforme discutido por Barbour et al. (1998).

Existem fórmulas opcionais, com diferentes parâmetros, para calcular tanto D quanto H' (Barbour et al., 1998), sendo que apresentam resultados levemente diferentes. Optou-se pelas fórmulas mais complexas, porém mais exatas:

$$D = 1 - \frac{\sum ni*(ni-1)}{N+(N-1)}$$

$$H' = \sum (pi * \ln_{(pi)})$$

$$SEP = \frac{Hc'}{H'}$$

Onde:

D = coeficiente de diversidade de Simpson;

H' = coeficiente de diversidade de Shannon-Weiner com base em densidade;

SEP = coeficiente de sustentabilidade de Shannon-Weiner;

ni = número de indivíduos da espécie "i";

N = número total de indivíduos na amostra;

pi = proporção de indivíduos na amostra que pertencem à espécie "i";

Hc' = coeficiente de diversidade de Shannon-Weiner com base em cobertura.

Assim, os índices de similaridade estabelecem uma correlação entre áreas sujeitas às mesmas condições ambientais, onde as discrepâncias podem ser atribuídas tanto à intervenção humana quanto aos diferentes métodos de manejo empregados (Caldeira et al., 2013). A partir da análise do índice de similaridade, é possível determinar se as espécies de plantas daninhas presentes na área são comparáveis ao longo de todo o ciclo ou em momentos específicos do cultivo. Assim, torna-se possível avaliar a viabilidade de estratégias de manejo durante o ciclo da cultura, em casos de alta similaridade, ou se é necessário adotar abordagens distintas ao longo do desenvolvimento da cultura, quando a similaridade entre as espécies de plantas daninhas é baixa.

Validação do método de levantamento

A validação do método de levantamento foi realizada em condições de campo, na Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil, pela avaliação de áreas cultivadas com arroz sob diferentes manejos. As lavouras foram conduzidas conforme as indicações para a cultura do arroz no Sul do Brasil (Sosbai, 2022), exceto pelos manejos diferenciais em questão. No inverno a cultura do azevém foi implantada em toda a área, e na safra de verão subsequente, antes de se iniciar os preparos para a nova semeadura de arroz, as áreas foram avaliadas conforme os tratamentos previamente marcados. Os tratamentos (considerados como diferentes “áreas”) consistiram em submeter o arroz a três fatores de manejo, da seguinte forma:

Fator A: sistema de cultivo	Fator B: manejo de plantas daninhas	Fator C: manejo da irrigação
– convencional	– com herbicida (tradicional)	– contínuo alagado
– cultivo mínimo	– sem herbicida (semiecológico)	– irrigação intermitente
– plantio direto		

Os dados coletados foram utilizados para estimar a densidade, a frequência, a cobertura e o valor de importância relativos das espécies que foram capazes de se estabelecer na sucessão arroz-azevém. Somente as quatro principais espécies daninhas são apresentadas, uma vez que, frequentemente, representaram em torno de 90% da importância de infestação (IV). As demais espécies foram agrupadas antes da análise dos dados. Os dados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Densidade, frequência e cobertura relativas (%), bem como o resultante valor de importância (%) de espécies daninhas em pré-semeadura do arroz irrigado em áreas de terras baixas do Sul do Brasil.

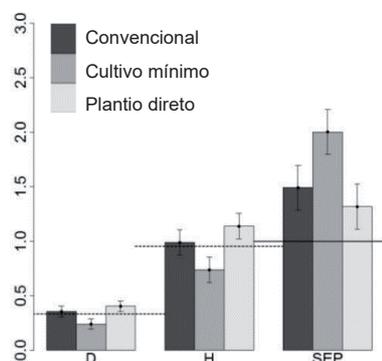
Espécie de planta daninha ⁽¹⁾	Fator A: sistema de cultivo				Fator B: controle químico				Fator C: manejo da irrigação			
	rDe	rFr	rCo	IV	rDe	rFr	rCo	IV	rDe	rFr	rCo	IV
	Convencional				Sem herbicida				Irrigação contínua			
<i>Coryza</i> sp.	0,42	10,91	0,83	4,05	0,17	5,56	0,25	1,99	0,33	20,0	0,87	7,07
<i>Fimbristylis</i> sp.	1,04	16,36	9,74	9,05	1,27	29,17	11,61	14,02	1,43	20,0	7,95	9,79
<i>L. multiflorum</i>	78,66	29,09	67,26	58,34	88,71	33,33	74,76	65,6	79,7	20,0	67,8	55,84
<i>Polypogon</i> sp.	4,33	18,18	11,59	11,37	0,28	5,56	0,49	2,11	8,6	20,0	13,8	14,12
Outras espécies	15,54	25,45	10,57	17,19	9,57	26,39	12,89	16,28	9,91	20,0	9,64	13,18
	Cultivo mínimo				Com herbicida				Manejo intermitente			
<i>Coryza</i> sp.	0,2	4,55	0,31	1,69	0,54	10,26	1,66	4,15	0,28	20,0	0,97	7,08
<i>Fimbristylis</i> sp.	0,85	25,0	9,74	11,86	1,18	10,26	5,08	5,51	1,05	20,0	9,11	10,05
<i>L. multiflorum</i>	86,7	36,36	65,91	62,99	66,75	30,77	56,91	51,48	81,66	20,0	64,69	55,45
<i>Polypogon</i> sp.	8,35	15,91	14,81	13,02	22,38	26,92	30,48	26,59	8,07	20,0	15,76	14,61
Outras espécies	3,9	18,18	9,23	10,44	9,15	21,79	5,87	12,27	8,94	20,0	9,47	12,8
	Plantio direto											
<i>Coryza</i> sp.	0,27	8,0	1,41	3,23								
<i>Fimbristylis</i> sp.	2,05	16,0	6,93	8,33								
<i>L. multiflorum</i>	75,51	32,0	66,0	57,84								
<i>Polypogon</i> sp.	14,09	16,0	16,45	15,51								
Outras espécies	8,07	28,0	9,21	15,09								
Correlação cofenética	97,43				92,81				89,36			

⁽¹⁾ os valores da tabela são apresentados em escala percentual. rDe= densidade relativa; rFr = frequência relativa; rCo = cobertura relativa; IV = importância relativa.

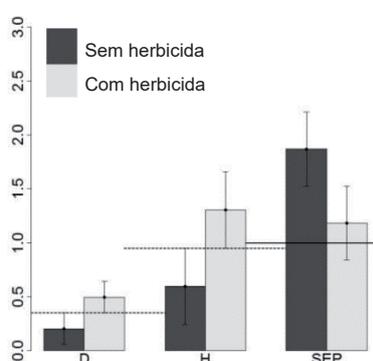
A validação do método (confiabilidade da amostragem e consistência das informações) se deu pela correlação cofenética entre a matriz de dissimilaridade e a matriz fenética (dados não mostrados). Inicialmente, foi realizado o agrupamento hierárquico multivariado dos dados de IV das espécies, nas diferentes áreas e tratamentos, pelo método *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (método UPGMA) (Sneath; Sokal, 1973). O nível crítico para a separação de grupos foi baseado na média aritmética das similaridades na matriz original (Barbour et al., 1998). Obteve-se, assim, a matriz de dissimilaridade pela “fórmula 1 -similaridade”. Foi feito, então, o

caminho inverso para se obter a matriz fenética a partir da matriz de dissimilaridade. As matrizes de dissimilaridade e fenética foram então submetidas à análise de correlação linear de Pearson, obtendo-se assim o coeficiente de correlação cofenética (Sokal; Rohlf, 1962). O método de levantamento fitossociológico adaptado para ambientes com influência antropogênica foi considerado eficiente e fidedigno (Sokal; Rohlf, 1962; Silva; Dias, 2013), uma vez que os valores de correlação cofenética estiveram sempre acima de 89% (Tabela 2). As informações de diversidade e sustentabilidade das áreas amostradas constam na Figura 4.

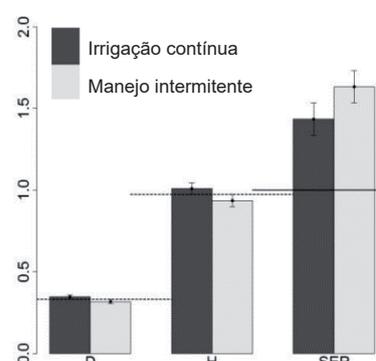
Fator A: sistema de cultivo



Fator B: controle químico



Fator C: manejo da irrigação



Coeficientes

Figura 4. Diversidades de Simpsom (D) e de Shannon-Weiner (H'), e sustentabilidade de Shannon-Weiner (SEP) em função das áreas amostradas em pré-semeadura do arroz irrigado em áreas de terras baixas do Sul do Brasil.

Associações colaborativas entre espécies

Comprovar a existência de associações colaborativas entre espécies daninhas significa dizer que essas ocorrem juntas, com mais frequência que o esperado. O método de controle a ser adotado, portanto, deve ser eficiente sobre todas as espécies associadas, para que o manejo das plantas daninhas seja efetivo. Considera-se tal análise opcional no método proposto, uma vez que demanda mão de obra e tempo adicionais, devido à necessidade da avaliação de grande número de quadrados em cada área e tratamento de interesse.

A operacionalização se dá pelo **lançamento de 100 quadrados em cada área e tratamento de interesse na lavoura, anotando-se para cada quadrado amostral apenas seu número (de 1 a 100), e as espécies presentes em cada amostra** – independentemente do número de indivíduos. Essas informações devem ser lançadas em matrizes de

contingência, que precedem o cálculo dos valores de qui-quadrado (X^2). Para facilidade de demonstração, adota-se no exemplo a seguir apenas as quatro principais espécies constatadas nas áreas amostradas (total de 100 quadrados).

Para o preenchimento das tabelas de contingência, os valores observados são aqueles anotados na caderneta de campo, ou seja, o número de quadrados (entre os 100 amostrados), em que as duas espécies ocorreram conjuntamente. Para o cálculo dos valores esperados, também será necessário saber quantos quadrados continham a espécie “1” mas não a “2” e vice-versa, além do número de quadrados que não continham nenhuma das espécies. Para facilitar a obtenção desses valores observados, recomenda-se organizar uma tabela com os dados observados, no editor de planilhas (Tabela 3). Esses dados subsidiarão o preenchimento das matrizes de contingência (Tabela 4) e os posteriores cálculos dos valores de qui-quadrado.

Tabela 3. Planilha auxiliar à tabela de contingência, contendo as 100 amostras, para facilitar a referência dos valores observados e esperados.

Amostra ⁽¹⁾	Espécie			
	<i>Conyza</i> sp.	<i>Fimbristylis</i> sp.	<i>L. multiflorum</i>	<i>Polypogon</i> sp.
1	X		X	X
2		X	X	X
...
100	X		X	

⁽¹⁾No exemplo acima, o "X" marca a presença da espécie naquela amostra.

Tabela 4. Matrizes de contingência 2 x 2, com os valores observados e esperados, para ocorrência de cada espécie daninha na área amostrada.

Contingência de valores observados				Obtenção dos valores esperados	Contingência de valores esperados					
Espécie "2"					Espécie "2"					
Espécie "1"		+	-	Espécies "1" e "2" presentes $[(a + b) / n] \times (a + c) = K$ Espécie "1" presente, "2" ausente $(a + b) - K = L$ Espécie "1" ausente, "2" presente $(a + c) - K = M$ Espécies "1" e "2" ausentes $n - (K + L + M) = N$	Espécie "2"		+	-		
	+	a	b			a+b	+	K	L	
	-	c	d			c+d	-	M	N	
		a+c	b+d			n				

Com as tabelas de contingência (valores observados e esperados) em mãos, calculam-se os valores de qui-quadrado (X^2) para as posições a/K, b/L, c/M e d/N. Como a análise de associação usa tabelas de contingência 2 x 2, há apenas um grau de liberdade para o teste X^2 .

$$X^2 = \frac{(X_{obs} - X_{esp})^2}{esp}$$

$$\sum X^2 = X^2_{(a/K)} + X^2_{(b/L)} + X^2_{(c/M)} + X^2_{(d/N)}$$

O valor resultante do somatório de X^2 deve ser confrontado com a tabela de significância desse teste. Se o valor calculado for maior que o valor tabelado, uma espécie não está distribuída aleatoriamente em relação à outra, podendo ambas estarem associadas positivamente ou negativamente. Nas observações de campo para este estudo, nas diversas áreas amostradas, houve a máxima consistência entre a análise numérica e a análise visual (com três avaliadores independentes), para sistemas agrícolas, quando a probabilidade adotada na tabela de X^2 foi dez vezes menor que a usual ($p = 0,05$), ou seja, foi preciso adotar probabilidade de 0,5 % ($p \leq 0,005$) para a presente análise. O preenchimento da matriz de resultados (Tabela 5) finaliza a análise numérica.

Tabela 5. Matriz de resultados para identificação das interações, positivas ou negativas, entre espécies daninhas de áreas cultivadas.

	<i>Conyza</i> sp.	<i>Fimbristylis</i> sp.	<i>L. multiflorum</i>	<i>Polypogon</i> sp.
<i>Conyza</i> sp.		Esperado = Observado = $X^2_c = sig$	Esperado = Observado = $X^2_c = sig$	Esperado = Observado = $X^2_c = sig$
<i>Fimbristylis</i> sp.	Esperado = Observado = $X^2_c = sig$		Esperado = Observado = $X^2_c = sig$	Esperado = Observado = $X^2_c = sig$

Continua...

Tabela 5. Continuação.

	<i>Conyza</i> sp.	<i>Fimbristylis</i> sp.	<i>L. multiflorum</i>	<i>Polypogon</i> sp.
<i>L. multiflorum</i>	Esperado = Observado = $\chi^2_c = \text{sig}$	Esperado = Observado = $\chi^2_c = \text{sig}$		Esperado = Observado = $\chi^2_c = \text{sig}$
<i>Polypogon</i> sp.	Esperado = Observado = $\chi^2_c = \text{sig}$	Esperado = Observado = $\chi^2_c = \text{sig}$	Esperado = Observado = $\chi^2_c = \text{sig}$	

Considerações finais

O método ecológico de levantamento de ocorrência de plantas daninhas proposto, adaptado para as condições específicas de ambientes cultivados nas terras baixas do Sul do Brasil, é uma ferramenta importante para acompanhamento de médio e longo prazo das alterações da flora infestante. Sua aplicação frequente nas áreas cultivadas permitirá tanto averiguar se os métodos de manejo de plantas daninhas estão sendo efetivos na supressão das espécies consideradas mais problemáticas, como também subsidiará a escolha de métodos de controle de plantas daninhas – seja químico, cultural ou mecânico, efetivos sobre todas as espécies que ocorrem associadas, em pontos estratégicos da lavoura.

O método demanda considerável mão de obra tanto para os levantamentos em campo como para os cálculos dos parâmetros e coeficientes. Portanto, não substitui as avaliações tradicionais de nível de infestação – usualmente visuais, sobre as quais atualmente se baseiam as recomendações de manejo e controle. Propõe-se, com a aplicação do método ecológico, complementarmente à avaliação visual, parametrizar o acompanhamento das alterações na flora daninha e, assim, permitir inferências sobre a eficiência e a escolha dos métodos mais adequados de manejo em médio e longo prazos, viabilizando melhores estratégias no controle de plantas daninhas nesses sistemas. Isso colabora grandemente para a sustentabilidade dos sistemas de produção de grãos e carne nas terras baixas do Sul do Brasil.

Referências

- ANDRES, A.; THEISEN, G.; CONCENCO, G.; GALON, L. Weed resistance to herbicides in rice fields in Southern Brazil. In: PRICE, A. J.; KELTON, J. A. (ed.). **Herbicides: current research and case studies in use**. Rijeka: In Tech, 2013. p. 3-25.
- BARBOUR, M. G.; BURK, J. H.; PITTS, W. D.; GILLIAM, F. S.; SCHWARTZ, M. W. **Terrestrial plant ecology**. Menlo Park: Benjamin Cummings, 1998. 688 p.
- BATISTA, K.; GIACOMINI, A. A.; GERDES, L.; MATTOS, W. T.; ANDRADE, J. B. Phytosociological survey of weeds in areas of crop-livestock integration. **American Journal of Plant Sciences**, v. 2014, 2014.
- CALDEIRA, D. S. A.; MOREIRA, M. D. S.; CASADEI, R. A. Levantamento fitossociológico em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com diferentes idades em Mato Grosso. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 1, p. 35-40, 2013.
- CONAB. Companhia Nacional De Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos: quinto levantamento: safra 2023/24**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>. Acesso em: 13 fev. 2024.
- COSTA, R. N.; SILVA, D. M. R.; ROCHA, A. O.; LIMA, A. N. SILVA da; SILVA, L. K. dos S.; ACCHILE, S. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em área de produção de mamão. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 172-182, 2019.
- DENGLER J.; CHYTRÝ M.; EWALD, J. Phytosociology. In: JORGENSEN, S. E. (ed.) **Encyclopedia of ecology**. 1st ed. Amsterdam: Elsevier, 2008. p. 2767–2779.
- FORTE, C. T.; GALON, L.; BEUTLER, A. N.; BASSO, F. J. M.; NONEMACHER, F.; REICHERT JÚNIOR, F. W.; PERIN, G. F.; TIRONI, S. P. Soil management systems and their effect on the weed seed bank. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 435-442, abr. 2018.

FRENEDOSO-SOAVE, R. C. Phytosociological studies on natural establishment of vegetation in an unreclaimed limestone mining. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 2, p. 259-269, 2003.

GREIG-SMITH, P. **Quantitative plant ecology**. London: Butterworths, 1964. 256 p.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 574 p.

KENT, M. **Vegetation description and data analysis**. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012.

MALIK, N. Z.; ARSHAD, M.; MIRZA, S. N. Phytosociological attributes of different plant communities of Pir Chinasi hills of Azad Jammu and Kashmir. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 9, n. 4, p. 569-574, 2007.

MELO, T. S.; MAKINO, P. A.; CECCON, G. Weed diversity in corn with different plant arrangement patterns grown alone and intercropped with palisade grass. **Planta Daninha**, v. 37, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100103>.

PANDEYA, S. C.; PURI, G. S.; SINGH, J. S. **Research methods in plant ecology**. New York: Asia Publishing House, 1968. 272 p.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 2007. 472 p.

SILVA, A. R.; DIAS, C. T. S. A cophenetic correlation coefficient for Tocher's method. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 6, p. 589596, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000600003>.

SILVA, A. S.; PADRÃO, V. A.; CONCENÇO, G.; GALON, L.; ASPIAZÚ, I. Control efficacy and phytosociological characterization of weeds as a function of post-emergence herbicides applied to maize. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 21, p. e1240, 2022.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, n. 4148, p. 688, 1949.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573 p.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v. 11, n. 1, p. 33-40, 1962.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira do Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações da pesquisa para o sul do Brasil**. Porto Alegre: Sosbai, 2022. 200 p.

ULGUIM, A. D. R.; CARLOS, F. S.; SANTOS, R. A. D. S.; ZANON, A. J.; WERLE, I. S.; BECK, M. Weed phytosociological in irrigated rice under different cultivation systems and crop rotation intensity. **Ciência Rural**, v. 48, p. e20180230, 2018.

VIEIRA, M. de O.; PINHEIRO, E. C. N. M.; LIMA, J. P.; TORRES, L. S. G.; SANTOS, G. A. N. dos. Levantamento fitossociológico das plantas daninhas na cultura do mamão no município de Manacapuru-AM: estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 5, p. 18247-18257, 2023.

Embrapa Clima Temperado

BR-392, Km 78, Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*

Secretária-executiva: *Rosângela Costa Alves*

Membro: *Newton Alex Mayer, Rosângela Costa Alves, Bárbara Chevallier Cosenza, Cláudia Antunez Arrieche, Sonia Desimon*

Comunicado Técnico 402

e-ISSN 1806-9185
ISSN 1516-8654
Abril, 2024

Edição executiva: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Revisão de texto: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Normalização bibliográfica: *Cláudia Antunez Arrieche* (CRB-10/1594)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Nathália Santos Fick*

Publicação digital: PDF



Todos os direitos reservados à Embrapa.