

Precisão Amostral na Ciência das Plantas Daninhas.

Edivaldo Domingues Velini¹; Maria Lucia Bueno Trindade¹;
Caio Antonio Carbonari¹

Faculdade de Ciências Agrônômicas / UNESP – Botucatu. Departamento de Produção Vegetal
– Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia.

Introdução

A área de matologia tem apresentado um crescimento contínuo de importância em nosso país. Tal afirmação pode ser facilmente comprovada pela análise de estatísticas referentes à produção e ao consumo nacional das várias classes de agrotóxicos. Os herbicidas correspondem à principal classe de agrotóxicos tanto em termos nacionais quanto mundiais. Deve ser ressaltado que o uso de herbicidas é apenas um dentre os vários métodos de controle de plantas daninhas amplamente utilizados em nossa agricultura.

Como resultado deste aumento de importância, elevaram-se também o número de trabalhos de pesquisa realizados na área e o número de pesquisadores dedicados à matologia. No entanto, ainda hoje são praticamente inexistentes na literatura nacional e raros na literatura mundial, trabalhos de pesquisa que tiveram por objetivo avaliar a precisão de métodos amostrais ou experimentais utilizados neste ramo da ciência.

Quando se tem por objetivo avaliar o nível de eficácia de diferentes herbicidas no controle de uma ou várias espécies de plantas daninhas, os procedimentos adotados para a instalação dos experimentos são bastante similares aos utilizados em vários outros ramos da experimentação agrícola. Em muitas situações, os sistemas experimentais usuais mostram-se pouco eficazes no controle da variabilidade dos resultados obtidos, resultante de desuniforme distribuição das plantas daninhas na área experimental. Como consequência, são freqüentes experimentos com altíssimos coeficientes de variação, dificultando a interpretação dos resultados obtidos e praticamente impossibilitando a extração de conclusões confiáveis a partir dos mesmos.

Uma outra preocupação quanto a este tipo de estudo, refere-se à análise estatística utilizada. Vários procedimentos podem ser adotados, incluindo-se testes de comparação de médias, análises de regressão e outros. Os tipos de análise estatística são praticamente os mesmos utilizados em trabalhos de pesquisa de outras áreas da agronomia. De forma específica para a matologia, são praticamente inexistentes, estudos que tiveram por objetivo avaliar a efetiva contribuição dos vários tipos de análise estatística no sentido de evitar a obtenção de conclusões parcial ou completamente incorretas, a partir de um determinado conjunto de resultados.

Muitas das metodologias empregadas em levantamentos de plantas daninhas correspondem a adaptações de metodologias utilizadas em outras áreas de conhecimento. São raros, na literatura mundial, trabalhos de pesquisa cujo objetivo tenha sido o de estabelecer critérios para a realização de levantamentos de plantas daninhas de forma a maximizar a precisão das medidas de posição e dispersão obtidas. A obtenção de estimativas precisas dos parâmetros que representam uma determinada população de plantas daninhas tem adquirido importância crescente nos últimos anos, na medida em que é fundamental para a constatação e o estudo de modificações nas características desta população em função do uso de determinados herbicidas ou de outras práticas de controle. São exemplos o desenvolvimento de resistência a herbicidas e a mudança de flora associada ao uso de herbicidas ou da adoção de diferentes práticas de manejo, como a cobertura do solo com palha.

A seleção do programa de controle de plantas daninhas mais adequado a cada condição, deve, sempre que possível, ser fundamentada em informações precisas previamente obtidas. A utilização de métodos experimentais e amostrais inadequados pode levar a conclusões desprovidas de veracidade e, conseqüentemente, a erros importantes em termos de seleção e utilização destes programas.

O objetivo deste texto é agrupar as informações bastante escassas neste tema e apresentar alguns conceitos fundamentais sobre a amostragem de plantas daninhas.

Métodos empregados em levantamentos de comunidades de plantas daninhas

São bastante escassos na literatura mundial, trabalhos que tiveram por objetivo desenvolver, comparar ou estudar possíveis métodos amostrais utilizados em matologia. Na literatura nacional, estes trabalhos são praticamente inexistentes.

A maior dificuldade em termos de amostragem de plantas daninhas resulta da distribuição irregular das mesmas. Esta desuniformidade de distribuição não é característica exclusiva das plantas daninhas. PERECIN & BARBOSA (1992) citaram, como exemplos de situações com distribuição irregular dos indivíduos, comunidades de plantas daninhas, insetos e plantas contaminantes de culturas.

TAYLOR (1961) e PERECIN & BARBOSA (1992), apresentaram 3 possíveis classificações para as distribuições em função da média e da variância. A distribuição é denominada aleatória, quando os indivíduos distribuem-se de forma independente em uma determinada área; neste caso a variância é igual a média, característica típica da distribuição de Poisson. A distribuição é denominada regular se a variância é menor que a média; normalmente este tipo de distribuição ocorre quando a presença de um indivíduo limita a ocorrência de vizinhos, ou seja, ocorre a repulsão entre os indivíduos da população. A distribuição é denominada contagiosa se a variância sobreleva a média; esta distribuição verifica-se quando a presença de um indivíduo aumenta a probabilidade de ocorrência de outros indivíduos nas proximidades, levando à agregação dos mesmos.

No caso de plantas daninhas, esta "atração" é resultante, provavelmente, de características do sistema reprodutivo. Na ausência de mecanismos ativos de dispersão, como é o caso da *Bracharia plantaginea*, a espécie estudada neste trabalho, os propágulos de uma determinada planta provavelmente produzirão novas plantas muito próximas entre si e da posição original da planta mãe, condicionando a ocorrência de reboleiras, expressão da agregação entre os indivíduos.

Efetivamente, POST (1988) estabeleceu duas causas para esta desuniforme distribuição das plantas daninhas no campo. A primeira delas refere-se ao processo de dispersão em si; a dispersão localizada de plantas irregularmente distribuídas resulta em desuniformidade. A segunda causa é a variabilidade espacial das condições que regulam a germinação; este fator pode causar variações nas densidades populacionais, mesmo quando as sementes são uniformemente distribuídas na área. Se as condições ecológicas tendem a favorecer a germinação de uma determinada semente, devem também favorecer a germinação de outras sementes próximas a ela, condicionando o surgimento de reboleiras.

Segundo PERECIN & FERNANDES (1991), os dados obtidos a partir de populações com distribuição contagiosa podem ser razoavelmente descritos por distribuições binomiais negativas ou outras distribuições compostas e, no geral, estas distribuições são denominadas de contágio. PERECIN & BARBOSA (1992) apresentaram algumas características da distribuição binomial negativa; a variância relaciona-se com a média pela expressão $s^2 = m + m^2/k$; quando k , a distribuição se aproxima da distribuição de Poisson e quando k $\rightarrow 0$, aproxima-se da série logarítmica. Um valor de k próximo a 10 é suficiente para que a distribuição possa se mostrar similar à de Poisson. Quanto menor o valor de k maior a probabilidade de ocorrência de agregações ou reboleiras (WILES et al., 1992b).

Em levantamentos de plantas daninhas, a distribuição binomial negativa já foi utilizada por ZIMMERMANN (1979), MARSHALL (1988), BERTI et al. (1992) e WILES et al. (1992b). Zanini & Berti (1989) citados por BERTI et al. (1992) e WILES et al. (1992a) desenvolveram sistemas de amostragem seqüencial de plantas daninhas fundamentados no uso desta distribuição.

Deve ser destacado o trabalho de WILES et al. (1992b). Os autores determinaram o valor de k para 13 espécies de plantas daninhas em 7 localidades. Os valores obtidos situaram-se entre 0,03 e 2,79, mas apenas 3 deles mostraram-se superiores a 1. Os mesmos resultados são apresentados por WILES et al. (1992a). A maioria das estimativas de k apresentaram valores bastante baixos, indicando elevada irregularidade de distribuição das espécies estudadas, nas localidades selecionadas. Foram considerados aproximadamente 22,5 pontos de amostragem por hectare, sendo que cada amostra correspondeu a uma faixa de 9,1 metros de comprimento e 16 cm de largura, posicionada sobre as linhas da cultura (soja). Os campos de soja selecionados apresentam área entre 1,6 e 4,0 ha. Na maioria das situações estudadas as densidades das plantas daninhas foram inferiores a 10 plantas / m². De forma coerente, BERTI et al. (1992) verificaram ajustes satisfatórios à distribuição binomial negativa somente quando as densidades de plantas daninhas foram inferiores a este valor; RUESINK & KOGAN (1975) mencionaram que, quando a média é superior a 0,5, a distribuição binomial negativa só apresenta ajuste satisfatório se os indivíduos da população distribuem-se de forma altamente agregada ou contagiosa.

O levantamento de plantas daninhas pode ter vários objetivos. A primeira idéia que surge é a determinação de medidas de posição ou dispersão de uma ou várias populações de uma comunidade. Este tipo de trabalho, tem por finalidade representar as populações que ocorrem em distintos locais ou momentos, permitindo a comparação das mesmas; são exemplos os trabalhos de STANIFORTH et al. (1965), ZIMMERMANN (1979), WILES et al. (1992b) e LEMIEUX et al. (1992). Em outras situações, os dados obtidos nos levantamentos podem ser utilizados para a elaboração de estudos fitossociológicos; um exemplo é o trabalho de SHARMA (1981). Em sistemas de amostragem seqüencial, o objetivo é o de determinar se a densidade de uma determinada espécie é superior ou inferior a um determinado valor mínimo necessário para que seja justificada a adoção de uma determinada prática de controle; um exemplo é o trabalho de BERTI et al. (1992). Em todas estas situações, é desejável que todas as características das populações em estudo, sobretudo a média, sejam adequadamente determinadas com o mínimo dispêndio de trabalho por parte do pesquisador.

CONN et al. (1982) afirmaram que, apesar de muitos pesquisadores estarem se dedicando ao estabelecimento de níveis de dano econômico de plantas daninhas em culturas em geral, muito pouco tem sido feito para o estabelecimento de métodos mais adequados para a determinação da abundância das plantas daninhas. Os autores enfatizaram que a propriedade das decisões tomadas quanto à determinação da necessidade de controle e a seleção da prática mais adequada, depende de estimativas precisas da abundância de plantas daninhas, e que em programas de manejo integrado, a seleção de esquemas de amostragem deve também levar em consideração os custos desta operação. É considerado adequado um sistema de amostragem que permita estabelecer, com precisão, a abundância das plantas daninhas com o mínimo consumo de trabalho, ou seja, com o mínimo custo.

Em praticamente todos os trabalhos consultados, referentes a levantamentos de plantas daninhas, os autores não mencionaram a forma de seleção do tamanho, formato e número das amostras utilizadas, sugerindo que estas características tenham sido estabelecidas de forma aleatória ou em função de observações anteriores dos autores. A única exceção é o trabalho de SHARMA (1981) em que o tamanho e número das amostras foram estabelecidos com base no método apresentado por MUELLER - DOMBOIS & ELLENBERG (1974), aplicado com freqüência em levantamentos fitossociológicos de comunidades naturais, mas com adequabilidade ainda não comprovada a levantamentos de plantas daninhas. Neste trabalho, o autor utilizou 104 e 50 quadros de amostragem de 2 m², em duas épocas de avaliação.

Outra limitação do método de MUELLER - DOMBOIS & ELLENBERG (1974) refere-se à forma de determinação do tamanho ideal da unidade de amostragem, que é feita a partir de uma curva (geralmente uma exponencial assintótica) que relaciona o número de espécies encontradas e a área total avaliada (produto do número de pontos de amostragem pela área do amostrador inicial, de dimensões prévia e aleatoriamente estabelecidas). Este método não poderia ser utilizado para avaliação de comunidades compostas por uma ou poucas espécies de plantas daninhas; tais comunidades são comuns quando alguma prática de controle é previamente utilizada ou em função da pressão de seleção exercida pelos herbicidas ao longo de vários anos de uso.

Especificamente quanto a níveis de dano econômico, em muitos trabalhos os autores tiveram por objetivo apenas determinar a densidade mínima de uma dada espécie de planta daninha que justificasse a

adoção de práticas de controle. THORNTON et al. (1990), NAVAS (1991), MAXWELL & GHERSA (1992), WILES et al. (1992a), WILES et al. (1992b) e WILES et al. (1993) constataram que as reduções de produtividade impostas pelas plantas daninhas dependem da densidade média e, também, da distribuição das mesmas no campo.

WILES et al. (1992a) observaram que, quando a relação entre a densidade populacional da planta daninha e as perdas de produtividade não é linear, o erro que se comete ao tentar prever as perdas de produtividade a partir da densidade populacional média é equivalente ao erro que seria cometido se fosse admitida relação linear entre as duas características (densidade populacional e redução de produtividade). Devido à competição entre as próprias plantas daninhas, as reduções de produtividade impostas às culturas são tanto menores quanto maior o nível de agregação ou contagiosidade; quando se admite erroneamente a distribuição regular das plantas daninhas no campo, as perdas de produtividade e a necessidade de controle são superestimadas. Os autores salientaram ainda que o desenvolvimento de sistemas de manejo integrado que considerem também a distribuição das plantas daninhas tem sido limitado pela ausência de informações a este respeito.

Desta forma, é fundamental que, em trabalhos de pesquisa referentes ao estudo e desenvolvimento de sistemas de amostragem, sejam estabelecidas as características que tais sistemas devem apresentar para que, além da média, a distribuição da espécie em estudo possa ser avaliada com a necessária precisão.

Especificamente quanto à comparação de sistemas de amostragem de plantas daninhas, serão discutidos a seguir os trabalhos encontrados na literatura. No primeiro deles, CONN et al. (1982) determinaram o número de repetições necessárias, o consumo de tempo e as variâncias associadas a 3 formatos de amostras (0,6 m x 0,6 m; 0,6 m x 1,5 m e 1,2 m x 2,1 m) e 2 sistemas de determinação dos pontos de amostragem; o primeiro sistema corresponde ao estabelecimento aleatório de tais pontos, ao passo que, no segundo sistema, o amostrador estabelece um novo ponto de amostragem sempre que encontra uma nova espécie ou avalia que a escolha do ponto auxiliará na representação da comunidade infestante. O trabalho foi realizado em pomares de macieira naturalmente infestados com várias espécies de plantas daninhas. Os 2 procedimentos mostraram-se mais adequados para *Muhlenbergia schreberi* e *Taraxacum officinale*, respectivamente, sendo que os autores não apresentaram justificativas para este comportamento. Duas horas de trabalho foram suficientes para que as variâncias observadas para os dados de abundância das espécies em estudo fossem drasticamente reduzidas; neste intervalo de tempo, foi possível a avaliação de 48, 38 e 28 amostras de 0,6 m x 0,6 m; 0,6 m x 1,5 m e 1,2 m x 2,1 m, respectivamente. Para a espécie *Muhlenbergia schreberi*, os 2 menores quadros de amostragem apresentaram eficiência similar e condicionaram, para quantidades de trabalho equivalentes, menores variâncias do que as verificadas para o amostrador de 1,2 m x 2,1 m. Para *Taraxacum officinale*, as menores variâncias (também para quantidades equivalentes de trabalho) foram verificadas para o amostrador de tamanho intermediário (0,6 m x 1,2 m), não havendo diferenças substanciais entre as variâncias verificadas para os demais amostradores. Para as 2 espécies em conjunto, os autores concluíram pela maior eficiência do amostrador de 0,6 m x 1,2 m. A maior falha do trabalho correspondeu à ausência de informações referentes aos níveis de infestação da área pelas espécies de plantas daninhas em estudo; a ausência destas informações impossibilitou a adequada avaliação da magnitude da dispersão dos dados. As variâncias situaram-se entre 5,8 e 80 e entre 0,23 e 10,2; para *Muhlenbergia schreberi* e *Taraxacum officinale*, respectivamente.

LEMIEUX et al. (1992) estudaram e compararam vários sistemas para avaliação da abundância de *Elytrigia repens*, uma espécie que se reproduz vegetativamente através de rizomas. Os autores salientaram que os procedimentos de amostragem utilizados para a avaliação da quantidade acumulada de rizomas de *E. repens*, não haviam sido testados anteriormente quanto à acuracidade das informações obtidas. A planta daninha foi implantada em 24 parcelas de 2 m x 2 m, permitindo-se que a mesma crescesse por um longo período antes da realização das avaliações. As avaliações foram realizadas com o auxílio de um amostrador de 0,9 m x 0,9 m, subdividido em 36 sub-unidades de 0,15 m x 0,15 m, determinando-se individualmente a abundância de *E. repens* em cada uma das sub-unidades; conhecendo-se a variância entre as sub-unidades, os autores simularam várias densidades populacionais e tamanhos de parcelas. Foram também consideradas 3 profundidades de avaliação (0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm); serão apresentadas somente as conclusões estabelecidas para as 3 profundidades em conjunto. Os resultados obtidos com parcelas reais de 0,9 m x 0,9 m e parcelas simuladas de 6 m x 6 m mostraram variâncias similares, indicando níveis similares de precisão;

os autores não justificaram esta observação e é possível que apresente pouca validade na medida em que as parcelas maiores foram simuladas mantendo-se os padrões de dispersão observados nas parcelas menores. Considerando ainda os resultados obtidos para as 36 sub-unidades, os autores simularam 4 diferentes sistemas de amostragem: **primeiro sistema (S1)** - 8 sub-unidades foram selecionadas de forma aleatória; **segundo sistema (S2)** - as 8 sub-unidades foram selecionadas de forma a agruparem-se 2 a 2, sendo unidas por uma aresta; **terceiro sistema (S3)** - as 8 sub-unidades foram selecionadas de forma a estabelecer dois quadrados de 0,3 m x 0,3 m; **quarto sistema (S4)** - as oito sub-unidades foram selecionadas de forma a estabelecer dois retângulos de 0,15 m x 0,6 m. Considerando somente o primeiro sistema de amostragem, as variâncias tornaram-se progressivamente maiores com o aumento das densidades populacionais de *E. repens*. De forma geral, fixando-se o número de pontos de amostragem, as variâncias obtidas com os quatro sistemas foram bastante próximas; quando ocorreram diferenças, os sistemas puderam ser dispostos na seguinte ordem crescente quanto às variâncias obtidas: $S1 < S2 < S4 < S3$; ou seja, quanto maior a proximidade entre as sub-unidades selecionadas, maiores as variâncias e menor o nível de precisão dos levantamentos. Em todas as situações estudadas, a precisão dos levantamentos mostrou-se progressivamente crescente com o aumento do número de pontos de amostragem, não havendo estabilização; assim, os autores salientaram que o número de pontos de amostragem deve ser selecionado considerando-se em conjunto o nível mínimo de precisão a ser alcançado e as quantidades de recursos disponíveis. Em termos metodológicos, os autores mencionam que os ajustes entre o número de pontos de amostragem e o logaritmo da variância mostraram-se bastante satisfatórios para a representação da relação entre estas duas características; para cada condição experimental considerada, foram realizadas 1000 simulações envolvendo a seleção aleatória de grupos distintos de sub-unidades para compor cada amostra.

STANIFORTH et al. (1965) tiveram por objetivo estudar e comparar procedimentos de amostragem utilizados para a estimativa dos acúmulos de matéria seca de *Setaria glauca* presentes em parcelas de milho. Os autores já destacavam a necessidade de desenvolvimento de sistemas de amostragem com elevada eficiência em função do elevado custo do processo de amostragem de plantas daninhas. Os estudos foram realizados em uma área com alta infestação (acúmulo médio de matéria seca 2634 kg / ha) e outra com infestação menor (acúmulo médio de matéria seca de 527 kg / ha), envolvendo 39 e 30 parcelas, respectivamente. As parcelas corresponderam a 2 linhas da cultura com 9,84 m de comprimento. Os acúmulos de matéria seca foram avaliados individualmente nos 30 possíveis segmentos de linha com 0,98 m de comprimento em cada parcela; de posse destes resultados, os autores simularam a realização de amostragens em 5, 10, 20, 25, 40, 50, 60, 75, 80 e 100 % das parcelas, utilizando os seguintes tipos de unidades de amostragem: 1 ou 2 linhas com 0,984 m de comprimento; 1 ou 2 linhas com comprimento de 1,968 m; 1 ou 2 linhas com 4,92 m de comprimento; e 1 ou 2 linhas com 9,84 m de comprimento, sendo que a última condição correspondeu à parcela toda. Nem todas as combinações entre as intensidades de amostragem (5 a 100 %) e tipos de unidades de amostragem puderam ser estabelecidas; por exemplo, a partir de unidades compostas por 1 segmento com 9,84 m de comprimento, só foi possível estabelecer intensidades de amostragem correspondentes a 50 e 100 % da parcela toda. Foram calculadas as variâncias observadas para os 2 conjuntos de parcelas (alta e baixa densidade de plantas daninhas), considerando-se as várias intensidades de amostragem (5 a 100 %) e os vários tipos de unidades de amostragem. Para comparação das variâncias obtidas, os autores definiram a característica **p**, como sendo a proporção entre a variância obtida com o uso de 100 % da área da parcela e a variância obtida na condição em estudo (combinação entre tipo de unidade e intensidade de amostragem); quanto maior a proximidade de **p** a 1, maior a precisão do sistema de amostragem utilizado. Os valores de **p** variaram entre 0,26 e 0,96 e entre 0,21 e 0,95 para as áreas com maior e menor infestação, respectivamente; os valores mínimos e máximos foram observados quando a amostragem foi realizada em 5 e 80 % da área das parcelas, respectivamente. Segundo os autores, o efeito do tipo de unidade de amostragem foi pequeno se comparado ao efeito da intensidade de amostragem; contudo, a análise dos resultados evidenciou que, fixando-se a intensidade de amostragem, foi possível, na quase totalidade das situações, elevar os valores de **p** reduzindo-se as dimensões das unidades de amostragem. Por exemplo, a amostragem de 50 % da área das parcelas pode ser feita, dentre várias maneiras, coletando-se as plantas daninhas presentes em um segmento de linha com 9,84 m de comprimento ou em 10 segmentos de 0,984 m; considerando-se, respectivamente, as

2 áreas com maior e menor incidência de plantas daninhas, os valores de p foram elevados de 0,73 a 0,87 e de 0,73 a 0,83, com o uso das menores unidades de amostragem.

Em termos de Brasil, possivelmente o trabalho mais completo sobre amostragem de plantas daninhas é o desenvolvido por Velini (1995). O estudo foi conduzido em Botucatu – SP – Brasil buscando estabelecer as condições para melhor estudar e representar uma população de *Brachiaria plantaginea* em área de cultivo de culturas anuais. Foram comparados 8 formatos de quadros de amostragem, para levantamentos de plantas daninhas; foram utilizados 6 tamanhos de quadrados (0,1 m x 0,1 m; 0,2 m x 0,2 m; 0,4 m x 0,4 m; 0,6 m x 0,6 m; 0,8 m x 0,8 m e 1,0 m x 1,0 m) além de um amostrador em forma de moldura e outro em forma de cruz, ambos com área de 0,36 m². A partir dos resultados obtidos, o autor observou que as medidas de posição mostraram-se efetivamente características da população, ao passo que as medidas de dispersão caracterizaram a população e o sistema de amostragem utilizado. É possível a realização de levantamentos precisos com qualquer tipo de amostrador, desde que o número de pontos de amostragem seja adequadamente estabelecido. O uso de quadros de amostragem com maior heterogeneidade interna ou com menor área unitária, permitiu grandes reduções na área total amostrada para que um mesmo nível de precisão dos levantamentos fosse alcançado. A variabilidade das condições pontuais amostradas mostrou-se mais importante do que a área do amostrador, para definição das características do levantamento. O autor observou ainda que quando se utilizou um número insuficiente de repetições, ocorreu uma grande interferência do acaso nas estimativas de medidas de posição e de dispersão. Também ficou claro que a partir de determinados números de repetições, o acréscimo de novos pontos de amostragem não resultaram em ganhos substanciais em termos de qualidade dos resultados, embora tais ganhos tenham sempre ocorrido. A seleção do tamanho ou formato adequado do quadro de amostragem pode permitir drásticas reduções na quantidade de trabalho gasta na realização de um levantamento, ou na melhoria dos resultados obtidos; o inverso também é verdadeiro.

Procedimentos de amostragem de plantas daninhas em experimentos para a avaliação da eficácia de herbicidas e outras práticas de controle.

Segundo AZZI & FERNANDES (1968) o efeito dos herbicidas sobre as plantas daninhas pode ser avaliado de diversas formas. As principais características avaliadas referem-se à densidade de plantas daninhas vivas (sobreviventes ao controle) ou mortas, o peso das plantas daninhas presentes em cada parcela, altura e estágio de desenvolvimento, porcentagem de cobertura da área ou a necessidade de trabalho para a eliminação das mesmas. Os autores observaram que todos estes métodos são extremamente laboriosos, demorados e pouco precisos; os critérios de avaliação, normalmente desuniformes nos vários trabalhos dificultam sobremaneira a confrontação de resultados. HOLSTUN & McWHORTER (1961) e AZZI & FERNANDES (1968) observaram que os resultados obtidos normalmente apresentam grande desuniformidade, condicionando coeficientes de variação freqüentemente superiores a 20 %, para todos estes tipos de medidas. Mencionaram ainda que estas dificuldades têm se constituído nas maiores justificativas para o uso de sistemas visuais de avaliação. Avaliações visuais podem estar sujeitas a erros por parte do avaliador (HOLSTUN & McWHORTER, 1961; AZZI & FERNANDES, 1968), mas são levadas a termo considerando a totalidade da área das parcelas, minimizando os erros de amostragem (HOLSTUN & McWHORTER, 1961; HAMILL et al., 1977).

A maioria dos trabalhos encontrados na literatura referem-se ao estudo ou comparação de diferentes intensidades de amostragem das plantas daninhas, quando o efeito de herbicidas de pré-emergência é avaliado através das densidades de plantas daninhas presentes nas áreas tratadas (sobreviventes ao herbicida) e em áreas não tratadas (testemunhas).

ARRUDA & LEIDERMAN (1962) observaram que, quando as densidades de plantas daninhas são estimadas utilizando-se amostragens, o erro utilizado para testar a significância da diferença entre 2 médias tem 2 componentes: **a** - o erro devido à variação entre as amostras de uma mesma parcela (canteiros para os autores); **b** - o erro devido à variação entre as parcelas de um mesmo tratamento, referido como erro experimental. Os autores salientaram que o desenvolvimento de métodos experimentais mais eficientes depende da adequada avaliação da magnitude destes 2 tipos de erros. Com este objetivo, conduziram

um experimento considerando a aplicação de 5 herbicidas pré-emergentes na cultura da batata; um sexto tratamento, testemunha sem capina, foi incluído para referenciar as avaliações. Foram utilizadas parcelas de 17,6 m², correspondendo a 5 linhas da cultura com 4,4 m (11 covas) de comprimento; o espaçamento entre as linhas foi de 0,8 m. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições. Para avaliar o erro de amostragem, foram contadas as plantas daninhas presentes em 0,09 m² (quadrado de 0,3 m x 0,3 m) posicionados em cada uma das cinco linhas de cada parcela. As espécies de plantas daninhas predominantes na área experimental foram *Melinis minutiflora* (capim-gordura) e *Amaranthus* sp (caruru). Todos os resultados obtidos foram transformados a $(x+1)$. Para as 2 espécies, os erros de amostragem **a** foram menores do que os erros experimentais **b**; os autores não apresentaram claramente o procedimento utilizado para que esta conclusão fosse alcançada. Os coeficientes de variação obtidos para o capim-gordura e o caruru foram de 30 e 35 %, respectivamente. Segundo os autores, os resultados obtidos não permitiram decidir com segurança pela superioridade ou inferioridade de alguns tratamentos em relação a outros, principalmente quando ocorreram pequenas diferenças entre os números de plantas sobreviventes ao controle.

IGUE et al. (1974) instalaram um experimento com o objetivo de determinar o número mínimo de amostras a serem tomadas em experimentos com herbicidas, para a avaliação das densidades das plantas daninhas remanescentes na área após a aplicação. Foram considerados 4 tratamentos, correspondentes a uma testemunha sem controle da comunidade infestante e os herbicidas trifluralina, atrazina e 2,4-D aplicados, respectivamente, em pré, pré e pós-emergência das plantas daninhas; cada herbicida foi aplicado em uma única dose. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 5 repetições. As parcelas apresentaram área de 12,5 m²; as dimensões lineares das mesmas não foram apresentadas no trabalho. Foram contadas as plantas daninhas presentes em 25 amostras de 0,2 m² por parcela. De posse de todos os resultados, os dados foram então combinados de forma a simular a obtenção dos resultados a partir de 3, 4, 5, 10, 15, 20 e 25 amostras por parcela. Os números de 3 e 25 amostras por parcela corresponderam à realização das avaliações em 4,8 e 40 % da área das parcelas. Os resultados obtidos para cada número de amostras por parcela foram submetidos à análise de variância; as médias foram comparadas com o auxílio do teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. Quando foram consideradas somente plantas daninhas gramíneas, os resultados obtidos através da aplicação do teste de Tukey foram os mesmos, com o uso de quaisquer dos números de amostras por parcela. Para todo o conjunto de dicotiledôneas, a utilização de 3 amostras por parcela proporcionou a obtenção de resultados distintos dos obtidos com o uso de 4, 5, 10, 15, 20 ou 25 amostras por parcela; considerando-se 4 ou mais amostras por parcela, os resultados foram sempre similares. Houve a necessidade de avaliar entre 4,8 e 6,4 % da área das parcelas, quando o objetivo foi representar plantas daninhas gramíneas e dicotiledôneas, respectivamente; os autores estabeleceram uma recomendação geral de que as amostragens devem ser realizadas em aproximadamente 5 % da área tratada.

O trabalho realizado por PERECIN et al. (1976) teve como objetivo comparar 2 distintos procedimentos para a amostragem de plantas daninhas em experimentos com herbicidas. Foi instalado um experimento com um total de 13 tratamentos correspondentes a uma testemunha e outros 12 tratamentos com a aplicação de herbicidas de pré ou pós-emergência à cultura da cana-de-açúcar. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com 4 repetições. Cada parcela correspondeu a uma área de 33 m², considerando-se 20 m² como área útil para avaliações. Foram testados 2 métodos de amostragem: Método **a** - coleta de 4 amostras de 0,5 m² por parcela; Método **b** - coleta de 20 amostras de 0,1 m² por parcela. Nos 2 métodos foram contadas todas as plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas presentes na área avaliada; as maiores densidades populacionais foram verificadas para a classe das monocotiledôneas. Previamente à análise de variância, os dados foram transformados a $(x+0.5)$. Os resultados das análises indicaram que os quadrados médios do resíduo (QMR) obtidos tanto para mono quanto para dicotiledôneas, foram menores quando se utilizou o método **b** (maior número de amostras com menores dimensões); a utilização deste método condicionou maior precisão para as avaliações das 2 classes de plantas. Os autores calcularam também o número de amostras por parcela a ser considerado para que um determinado nível de estabilidade da variância da média fosse alcançado; na ausência de informações prévias, os autores consideraram que a aceitabilidade havia sido alcançada quando a inclusão de uma nova amostra implicava em modificações desta característica inferiores a um milésimo da média geral; este estudo foi realizado somente para o método de amostragem **b**,

considerando possíveis experimentos com números de blocos entre 2 e 9. Os autores concluíram que, quando o número de blocos é igual ou superior a 4, o número máximo de amostras necessárias para que o critério de estabilidade fosse atingido foi de 6 e 10, para dicotiledôneas e monocotiledôneas, respectivamente; estes resultados indicaram a necessidade de avaliar no máximo 3 e 5 % da área útil das parcelas, também de forma respectiva, para que as densidades destas 2 classes de plantas pudessem ser adequadamente representadas.

HOLSTUN & McWHORTER (1961) realizaram um trabalho de pesquisa cujo objetivo foi estudar e comparar diferentes métodos de avaliação da eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência, em algodão. Foram considerados 16 tratamentos correspondentes a 2 herbicidas aplicados em 7 diferentes doses e 2 outros tratamentos (testemunhas) em que as plantas daninhas foram capinadas ou cultivadas mecanicamente; o número total de parcelas por bloco foi de 22, na medida em que as testemunhas foram repetidas 4 vezes em cada bloco. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições, totalizando 88 parcelas. Cada unidade experimental correspondeu a 2 linhas da cultura, espaçadas 1,016 m, com comprimento de 24,14 m. O mesmo experimento foi conduzido 3 vezes, em datas diferentes. Foram avaliadas as densidades e peso fresco das plantas daninhas presentes em 4 quadros de 1,93 m x 0,254 m (0,49 m²) por parcela; o tempo necessário para capinar cada uma das unidades experimentais; estimativas visuais das densidades populacionais e das porcentagens de cobertura do solo; avaliações visuais das porcentagens de controle (referenciadas pelas testemunhas); e a produtividade da cultura. Dentre as características selecionadas para avaliar a abundância das plantas daninhas, a mais estável foi o tempo de capina. As características que apresentaram maior variabilidade foram os dados de contagem e peso fresco das plantas daninhas; os autores salientaram que as contagens e coletas de plantas daninhas consomem tanto tempo que normalmente são realizadas em apenas uma pequena fração das parcelas, introduzindo o erro de amostragem como uma importante fonte de variabilidade dos resultados. Outro aspecto a ser ressaltado é que os níveis de variabilidade dos resultados foram similares em áreas tratadas e não tratadas, havendo proporcionalidade entre as variâncias e as médias dos tratamentos, sendo necessária a transformação dos dados a **log x**, para que as análises de variância pudessem ser realizadas sem limitações. A correção dos resultados referentes aos tempos de capina em função dos valores observados nas testemunhas mais próximas a cada uma das parcelas, muito pouco reduziu a variabilidade dos resultados, de forma que os autores concluíram que teria sido mais interessante o uso de apenas uma parcela de cada testemunha nos blocos, permitindo o aumento de uma repetição no ensaio e a redução do número total de parcelas para 80; ou seja, os pesquisadores seguramente trabalhariam menos e provavelmente obteriam resultados de melhor qualidade.

ARRUDA & SANTOS (1968) conduziram experimentos com o objetivo de avaliar a eficácia de vários herbicidas. Para reduzir a variabilidade dos resultados, os autores incluíram uma área testemunha para cada parcela com aplicação de herbicidas. Foram realizados 8 experimentos, sendo que nos 5 primeiros foram constituídas parcelas de 1,6 m x 3,0 m (4,8 m²), nos 3 últimos o tamanho das parcelas foi de 4,8 m x 1,5 m (7,2 m²); metade da área de cada parcela recebeu tratamento e a outra metade foi utilizada como testemunha. Os autores não mencionaram os herbicidas utilizados, ou mesmo o número de tratamentos considerados; também não foram apresentados resultados referentes aos níveis de controle alcançados. A análise dos resultados referentes às densidades populacionais de *Galinsoga parviflora* (picão-branco) e *Amaranthus* sp (caruru-de-folha-larga, segundo os autores) verificadas nas testemunhas foram submetidos à análise de variância, após transformação a **log x**. Os coeficientes de variação oscilaram entre 3,9 e 35,3 % e entre 1,7 e 30 %, para *G. parviflora* e *Amaranthus* sp, respectivamente; em função destes valores, os autores concluíram pela relativa uniformidade das 2 espécies nas áreas estudadas. Os autores interpretaram a ocorrência de significância para o **F** de blocos, como indicativo de irregularidade de distribuição das espécies estudadas; tal significância foi verificada em 4 e 5 experimentos, para *G. parviflora* e *Amaranthus* sp, respectivamente. Não foram estabelecidas conclusões objetivas sobre a necessidade ou não da utilização de testemunhas laterais.

KEULS et al. (1967) observaram que a avaliação da eficácia de herbicidas de pré-emergência normalmente é bastante difícil, na medida em que não se conhecem as densidades originais das várias espécies de plantas daninhas nas parcelas; como as densidades geralmente são muito variáveis e a distribuição é desuniforme, há a necessidade de considerar um grande número de repetições para que os resultados se mostrem confiáveis. Os autores propuseram a utilização de áreas testemunha (sem aplicação de herbicidas), ao

redor ou ao lado das áreas que efetivamente foram tratadas, sendo o objetivo das áreas testemunha, somente o de referenciar as avaliações realizadas, permitindo corrigir parcialmente os erros resultantes da distribuição irregular das plantas daninhas no campo. Para avaliar a eficiência do sistema experimental proposto, os autores conduziram 5 experimentos, nos quais foram considerados 3 tratamentos correspondentes à aplicação de diallate ou triallate na dose de 3 l / ha (os autores não esclarecem se a dose refere-se aos ingredientes ativos ou aos produtos comerciais), além de uma testemunha em que as plantas daninhas foram controladas por capinas. O objetivo dos tratamentos foi o controle de *Avena fatua*. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 5 repetições, em todos os experimentos. As dimensões das parcelas com tratamento foram de 2 m x 10 m; cada área tratada tinha a seu lado 2 áreas testemunha com 1 m x 10 m; foram contadas as panículas de *Avena fatua* presentes em 1 m² de cada área tratada ou testemunha. Quando foram analisados os resultados obtidos nas áreas tratadas somente, os valores dos F de blocos foram bastante altos; os coeficientes de variação oscilaram entre 24 e 113 %, com média de 50 %. Quando os dados foram expressos em porcentagem dos valores observados nas áreas testemunha, os valores dos F de blocos foram drasticamente reduzidos, indicando que os efeitos da desuniformidade de infestação foram corrigidos em parte; os coeficientes de variação oscilaram entre 24 e 50 %, com média de 35 %. Embora os autores não tenham testado esta alternativa, mencionaram a possibilidade de que testemunhas sejam estabelecidas internamente às parcelas que recebem tratamento com herbicidas; tais testemunhas poderiam ser criadas cobrindo-se parte da área das parcelas quando da aplicação dos herbicidas.

Em termos de Brasil, novamente um dos trabalhos mais completos corresponde ao desenvolvido por Velini (1995). O estudo foi conduzido em Botucatu – SP – Brasil buscando estabelecer as condições para melhor estudar e representar uma população de *Brachiaria Plantaginea* em área de cultivo de culturas anuais. foram estudadas as combinações entre 5 sistemas experimentais, 8 ou 16 intensidades de amostragem nas parcelas e números de repetições variando de 2 a 10. A partir de avaliações de densidades de *B. plantaginea*, simulou-se a constituição de experimentos para cada uma das 284 combinações testadas, considerando supostos herbicidas com porcentagens reais de controle de 50, 60, 70, 80, 85, 90, 93, 96 e 99%. Foram considerados os seguintes sistemas experimentais: **Sistema 1:** testemunhas convencionais com o cálculo das porcentagens de controle a partir das densidades médias de *B. plantaginea* obtidas para cada tratamento em todo o experimento; **Sistema 2:** testemunhas convencionais, mas o cálculo das porcentagens de controle foi feito para cada bloco; **Sistema 3:** testemunhas laterais; **Sistema 4:** testemunhas internas às parcelas; **Sistema 5:** testemunhas internas aos quadros de avaliação. Quanto maior a proximidade entre as áreas utilizadas para estimar as densidades originais de *B. plantaginea* e as áreas destinadas à avaliação das densidades populacionais remanescentes após a suposta aplicação de herbicidas, menores foram os coeficientes de variação e a variabilidade das estimativas das médias. O aumento da área amostrada mostrou-se mais eficiente em termos de redução da variabilidade dos resultados, do que o aumento do número de repetições dos experimentos. Os sistemas experimentais estudados podem ser dispostos na seguinte ordem crescente em termos de coeficientes de variação: Sistema 5 < Sistema 4 < Sistema 3 < Sistema 2 < Sistema 1. Os sistemas experimentais estudados podem ser dispostos na seguintes ordem crescente em termos de estabilidade e precisão das estimativas das médias: Sistema 2 < Sistema 1 < Sistema 3 < Sistema 4 < Sistema 5. A precisão das estimativas das médias obtidas mostrou-se inversamente proporcional às porcentagens reais de controle consideradas. Para todas as condições estudadas, foi impossível estimar, com a adequada precisão, o nível de eficiência de herbicidas com porcentagens reais de controle inferiores a 70 %. Os maiores erros ocorreram para os supostos tratamentos com menores porcentagens reais de controle, destacando-se os três primeiros tratamentos, em que esta característica situou-se entre 50 e 70%; em algumas situações os limites máximos para os intervalos que contiveram as estimativas das médias destes tratamentos estiveram acima de 80%.

- ARRUDA, H.V.de, LEIDERMAN, L. Amostragem em experimentos com herbicidas de "pré-emergência". In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 4, REUNIÃO LATINOAMERICANA DE LUTA CONTRA AS ERVAS MÃS, 1, 1962, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura-Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, 1962. p.444-48.
- ARRUDA, H.V. de, SANTOS, C.A.L. Estudo comparativo da dispersão de duas ervas - picão -branco *Galinsoga parviflora Cav.* e caruru de folha larga - *Amaranthus hybridus L.* em áreas experimentais. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 6, 1966, Sete Lagoas. Anais... Sete Lagoas: Fundo Federal Agropecuário- Ministério da Agricultura - Conselho Nacional de Pesquisas, Sociedade Brasileira de Herbicidas e Ervas Daninhas, 1968. p.17-20.
- AZZI, G.M., FERNANDES, J. Método de julgamento do efeito herbicida. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 6, 1966, Sete Lagoas. Anais... Sete Lagoas: Fundo Federal Agropecuário- Ministério da Agricultura - Conselho Nacional de Pesquisas, Sociedade Brasileira de Herbicidas e Ervas Daninhas, 1968. p.21-29.
- BERTI, A. et al. Frequency distribution of weed counts and applicability of a sequential sampling method to integrated weed management. *Weed Research*, v.32, p.39-44, 1992.
- CONN, J.S., CHARLES, H.P., SKROCH, W.A. Selection of sampling methods to determinate weed abundance in apple (*Malus domestica*) orchards. *Weed Science*, v.30, p.30-5, 1982.
- HAMILL, A.S., MARRIAGE, P.B., FRIESEN, G. A method for assessing herbicide performance in small plot experiments. *Weed Science*, v.25, p.386-89, 1977.
- HOLSTUN, J.T., McWHORTER, C.G. Methods of evaluating pre-emergence herbicides for cotton. *Weeds*, v.9, p.527-37, 1961.
- IGUE, T., FORSTER, R., DEUBER, R. Amostragem mínima em contagem de ervas em experimentos com herbicidas. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 10, 1974, Santa Maria. Anais... Santa Maria, 1974. p.54-5.
- KEULS, M. et al. An experimental design for field evaluation of pre-emergence herbicide treatments. *Weed Research*, v.7, p. 234-38, 1967.
- LEMIEUX, C., CLOUTIER, D.C., LEROUX, G.D. Sampling quackgrass (*Eltrigia repens*) populations. *Weed Science*, v.40, p.534-41, 1992.
- MARSHALL, E.J.P. Field-scale estimates of grass weed populations in arable land. *Weed Research*, v.28, p.191-8, 1988.
- MAXWELL, B.D., GHERSA, C. The influence of weed seed dispersion versus the effect of competition on crop yield. *Weed Technology*, v.6, p.196-204, 1992.
- MUELLER-DOMBOIS, D., ELLENBERG, H. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: Wiley, 1974. 547 p.
- NAVAS, M.L. Using plant population biology in weed research: a strategy to improve weed management. *Weed Research*, v.31, p.171-79, 1991.
- PERECIN, D., VICTORIA-FILHO, R., ANTIQUEIRA, L.R. Amostragem para avaliação de herbicidas em cana-de-açúcar. *Científica (Jaboticabal)*, v.4, p.211-16, 1976.
- PERECIN, D., BARBOSA, J.C. Amostragem e análise estatística de dados de distribuição de contágio. *Rev. Mat. Estat.* (São Paulo), v.10, p.207-16, 1992.
- PERECIN, D., FERNANDES, E.J. Métodos de amostragem para dados com distribuições discretas de contágio. *Rev. Mat. Estat.* (São Paulo), v.9, p.119-23, 1991.
- POST, B.J. Multivariate analysis in weed science. *Weed Research*, v.28, p.425-30, 1988.
- RUESINK, W.G., KOGAN, M. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. In: METCALF, R. L., LUCKMANN, W.H. *Introduction to insect pest management*. New York: Wiley, 1975. p.309-52.
- SHARMA, B.M. A phytosociological study of a weed community in Fallow Land in the Semi-arid zone of India. *Weed Science*, v.29, p.287-91, 1981.
- STANFORTH, D.W., LOVELY, W.G., CADY, F.B. Sampling procedures for estimates of weed yields in corn plots. *Weeds*, v.13, p.357-60, 1965.
- TAYLOR, L. R. Aggregation, variance and the mean. *Nature*, v.189, p.732-5, 1961.
- THORNTON, P.K. et al. Spatial weed distribution and economic thresholds for weed control. *Crop Protection*, v.9, p.337-42, 1990.
- VELINI, E. D. Estudo e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia. 1995. 250 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.
- WILES, L.J. et al. Modelling weed distribution for improved post-emergence control decisions. *Weed Science*, v.40, p.546-53, 1992a.
- WILES, L. J. et al. Spatial distribution of broadleaf weeds in North Carolina soybean (*Glycine max*) fields. *Weed Science*, v.40, p.554-57, 1992b.
- ZIMMERMANN, H.G. Herbicidal control in relation to ditribution of *Opuntia aurantiaca* Lindley and effects on cochineal populations. *Weed Research*, v.19, p.89-93, 1979.